

آشکارسازی ماهیت گرد و غبار جوی با استفاده از مدل WRF-Chem و داده‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: غرب و جنوب غرب ایران)

مرتضی میری^{۱*}، راضیه پیله وران^۲، مهرازان زند^۳، علی اکبر نوروزی^۴

^{۱*} استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^{*} نویسنده مسئول مکاتبات: morteza.miri64@gmail.com

^۲ کارشناس ارشد، اداره کل هواشناسی استان لرستان، لرستان، ایران.

^۳ دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۴ دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۱

چکیده:

هدف مطالعه حاضر، شبیه‌سازی اندازه ذرات گرد و غبار جوی به منظور آشکارسازی چشمه‌های گسیل آن‌ها به مناطق غرب و جنوب غرب ایران می‌باشد. در این راستا از روش‌های مدل‌سازی عددی و سنجش از دوری برای رخدادهای شدید ژوئیه ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ استفاده شد. داده‌های مورد استفاده شامل کدهای هواشناسی و میزان دید افقی ایستگاه‌های سینوپتیک، محصول AOD سنجنده مودیس و داده‌های NCEP/NFL برای اجرای مدل WRF Chem است. نتایج بررسی اندازه ذرات معلق جو روی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که ذرات موجود در جو اندازه‌های کمتر از یک میکرومتر دارند که این اندازه بیانگر ماهیت گرد و خاکی بودن آنها در جو مناطق غرب و جنوب غرب ایران طی دوره‌های مورد مطالعه است. بر طبق خروجی مدل عددی WRF-Chem در هر دو رویداد گرد و غبار، مناطق واقع در شمال غرب کشور عراق (مرز بین عراق و سوریه)، مناطق شرقی سوریه و مناطق شرقی عراق (هورالعظیم) به عنوان چشمه‌های اصلی گسیل ذرات گرد و خاک برای منطقه مورد مطالعه، شناسایی شدند. گرد و غبارهای منشاء گرفته از این مناطق در یک راستای شمال غربی - جنوب شرقی و با گستردگی مکانی و زمانی قابل توجه (تداوم بیش از ۳ روز و گسترش مکانی بیش از ۳ استان) مناطق غربی و جنوب غربی ایران را تحت تاثیر قرار می‌دهند. براساس نتایج بدست آمده از این پژوهش، تصاویر AOD سنجنده مودیس و شبیه‌سازی‌های مدل WRF Chem برای شناخت ویژگی‌ها و مناطق منشاء گرد و غبارهای شدید ورودی به منطقه غرب و جنوب غرب ایران از کارایی قابل قبولی برخوردار می‌باشند.

کلید واژه‌ها: سنجش از دور؛ عمق نوری؛ انگستروم؛ WRF؛ شبیه‌سازی؛ گرد و غبار

مقدمه

آتشفشانی و چشمه‌های انسان ساخت (Anthropogenic)

از قبیل فعالیت‌های صنعتی، حمل و نقل و سوخت ایجاد شوند (Seinfeld and Pandis, 1998). این ذرات بسته به ماهیت شان، با جذب، ذخیره‌سازی یا پراکنش تابش

هواویزهای جوی ذرات جامد و مایع معلق در هوا هستند که می‌توانند توسط چشمه‌های طبیعی (ذرات گرد و خاک، نمک دریا و ذرات ناشی از فعالیت‌های

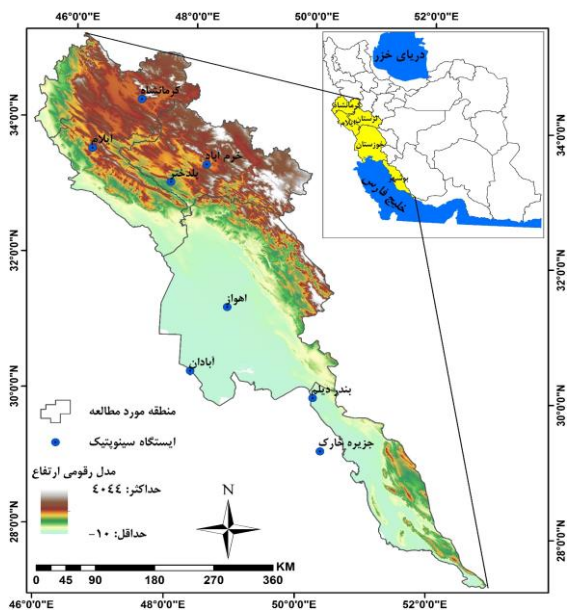
(Wang and Sundar, 2003). با توجه به مزیت‌های مدل‌سازی عددی و داده‌های دورسنجی، امروزه شبیه‌سازی عددی و روش‌های دورسنجی به عنوان یکی از مناسب‌ترین ابزارهای افزایش آگاهی نسبت به پدیده گرد و غبار در بسیاری از مطالعات مورد توجه قرار گرفته است و در سطح جهان مطالعات زیادی با هدف تعیین غلظت ذرات و شناسایی چشمه‌های گسیل گرد و غبار با استفاده از این روش‌ها انجام شده است. در برخی از تحقیقات به ارزیابی دقت محصول عمق نوری هواویزها (AOD) ماهواره‌های ترا و آکوا سنجنده مودیس در بارزسازی پدیده گرد و غبار و همچنین مزیت آنها نسبت به هم پرداخته شده است (Tao *et al.*, 2015; Arfan Ali *et al.*, 2015; Li and Sokolik, 2018; Bilal *et al.*, 2018). علاوه بر استفاده از محصولات آماده سنجنده مودیس، در برخی از تحقیقات با استفاده از شاخص‌های تجربی و تصاویر سطح دوم سنجنده مودیس، مناطق منشاء گرد و غبار بارزسازی شده است (Miller, 2003; Azizi *et al.*, 2012; Ginoux *et al.*, 2012). علاوه بر تکنیک‌های سنجنش از دوری، استفاده از روش‌های مدل‌سازی عددی نیز مورد توجه پژوهشگران زیادی قرار گرفته است که می‌توان به تحقیقات (Kang *et al.*, 2011; Karagulian *et al.*, 2019; Parajuli *et al.*, 2019; Saidou Liu *et al.*, 2020) اشاره کرد. در این خصوص و همکاران (۲۰۱۱) با شبیه‌سازی عمق نوری هواویز MODIS با استفاده از مدل WRF-Chem و GIS در چین به این نتیجه رسیدند که شبیه‌سازی گرد و خاک با استفاده از مدل‌سازی عددی، تجزیه و تحلیل کیفیت هوا و پیش‌بینی‌های بعدی را بهبود می‌بخشد. نتایج مطالعه‌ی Eltahan و همکاران (۲۰۱۸) در ارتباط با شبیه‌سازی رخدادهای شدید گرد و غبار مصر با استفاده از طرح واره‌های WRF_Chem و شاخص AOD نشان داد که بسته به شرایط هر رخداد و با بکارگیری ضرایب متفاوت می‌توان نتایج مدل را به نتایج حاصل از شاخص‌های ماهواره‌ای و AERONET نزدیک کرد.

خورشیدی و زمینی، باعث تغییر در بودجه تابشی زمین می‌شوند (نیک‌فال، ۱۳۹۳). در نظر گرفتن تأثیر هواویزهای جوی بر بودجه تابشی جو در مدل‌های اقلیمی موجب یکی از بزرگترین عدم قطعیت‌ها می‌شود (Haywood, 2000). این اثر به صورت واداشت تابشی هواویزهای جوی اعمال می‌شود. تغییرات دمایی، تغییرات در وسعت یخچال‌های طبیعی و اثرگذاری بر فرآیندهای شکل‌گیری ابرها با افزایش در تعداد هسته‌های تراکم از آثار قابل توجه هواویزهای جوی محسوب می‌شود (نیک فال، ۱۳۹۳). همچنین همانند گازهای گلخانه‌ای نقش مهمی در شیمی اتمسفر بازی می‌کنند (Zhanqing *et al.*, 2000). از این رو، هرگونه تحقیق در زمینه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و نوری هواویزها می‌تواند در درک بهتر هواویزهای جوی یک منطقه و اثر آن بر شرایط زیست انسانی و طبیعی، بسیار حائز اهمیت باشد. شناسایی اندازه ذرات هواویزهای موجود در جو بطور معمول از طریق اندازه‌گیری و بررسی‌های آزمایشگاهی انجام می‌شود که نیازمند صرف هزینه‌های اقتصادی و زمانی زیادی است. طی دهه‌های اخیر آشکارسازی ویژگی‌های پدیده گرد و خاک با استفاده از قابلیت‌های مدل‌سازی‌های عددی و همچنین با تکیه بر رفتار طیفی منحصر به فرد ذرات گرد و خاک در طول موج‌های مرئی تا فروسرخ حرارتی و در پی راه‌اندازی ماهواره‌های هواشناسی و محیطی صورت گرفته است (Taghavi and Asadi, 2008). استفاده از روش‌های مدل‌سازی و بویژه روش‌های سنجنش از دور و تصاویر ماهواره‌ای یکی از بهترین منابع جهت بررسی مشخصات و مسیر حرکت گرد و خاک محسوب می‌شوند (Myhre *et al.*, 2005). تصاویر ماهواره‌ای پهنای وسیعی را پوشش داده و محدودیت‌های ایستگاه‌های زمینی را برطرف می‌کنند و این توانایی را دارند که به عنوان مکمل ایستگاه‌های زمینی مورد استفاده قرار گیرند (Grell *et al.*, 2005). همچنین به دلیل قابلیت تکرار، ابزار بسیار مهمی برای کنترل گرد و غبار و انتقال آن‌ها به شمار می‌روند

گرد و غبارهای فراگیر در منطقه غرب و جنوب ایران شناسایی و چشمه‌های انتشار آنها شناسایی شود.

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در برگرنده استان‌های واقع در غرب و جنوب غرب ایران شامل استان ایلام، کرمانشاه، لرستان و خوزستان، بوشهر می‌باشد (شکل ۱). این منطقه از یک طرف بدلیل موقعیت جغرافیایی و قرار گیری در مجاورت بیابان‌های کشورهای همسایه غربی ایران و از طرف دیگر بدلیل تغییرات زیاد کاربری و وجود مناطق بیابانی و مستعد فرسایش، همه ساله با رخداد پدیده گرد و غبار مواجه هستند. این در حالی است که این منطقه بدلیل برخورداری از تراکم جمعیتی بالا، وجود صنایع مختلف و کشت مختلف محصولات کشاورزی کشور از اهمیت راهبردی زیادی برخوردار است و رخداد پدیده گرد و غبار در این منطقه در طولانی مدت و کوتاه مدت می‌تواند مشکلات زیادی برای جامعه انسانی ساکن در آن ایجاد کند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب و منطقه مورد مطالعه در سطح ایران زمین

کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی خود و همچنین تنوع در شرایط محیطی، همواره با مخاطرات مختلف طبیعی مواجه است. پدیده گرد و غبار یکی از مخاطرات طبیعی است که از گذشته تا به امروز مناطق مختلف کشور ایران بویژه مناطق غرب، جنوب غرب و جنوب شرق آن را تحت تاثیر قرار داده است، با این تفاوت که طی سال‌های گذشته رخداد این پدیده از گسترش مکانی و زمانی بیشتری برخوردار شده است (میری، ۱۳۹۰). کشور ایران از جمله مناطقی است که برخلاف این که نقش چندانی در انتشار گرد و غبار در منطقه ندارد (Wilkerson, 1991; Bartina, 2012) اما به دلیل هم جوارگی با کشورهای مانند عراق، عربستان، کویت و اردن، خسارت‌های فراوانی از جمله مشکلات عمده اقلیمی و هواشناسی را از توفان‌های گرد و غبار متحمل شده است (Zarasvandi et al., 2011). با توجه به پیامدهای زیاد این پدیده، طی دهه‌های اخیر مطالعه این پدیده از جنبه‌های مختلف آماری (لشکری، ۱۳۸۸؛ میری، ۱۳۹۰)، همدیدی (طاووسی و همکاران، ۱۳۸۹؛ میری و همکاران، ۱۳۹۱؛ میری و همکاران، ۱۳۹۳)، بارزسازی گرد و غبار و تعیین مناطق منشاء آن (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰، فلاح زوزولی و همکاران، ۱۳۹۳؛ میری و همکاران، ۱۳۹۴؛ دانیالی و همکاران، ۱۳۹۷)، شبیه‌سازی (رضازاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ نیک فال، ۱۳۹۳؛ کارگر و همکاران، ۱۳۹۵؛ نیک فال و همکاران، ۱۳۹۶) و با فراوانی کمتری ویژگی‌های گرد و غبارهای ورودی (خوش سیما و همکاران، ۱۳۹۴؛ برومندی و بختیارپور، ۱۳۹۵) در مناطق مختلف کشور مورد توجه قرار گرفته است.

مرور مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که در مطالعات انجام شده کمتر به ویژگی‌های گرد و غبار بویژه اندازه ذرات ورودی به داخل کشور توجه شده است. از این رو در پژوهش حاضر سعی بر این شده است که با استفاده از روش‌های ترکیبی دورسنجی و مدل‌سازی عددی، اندازه و ماهیت ذرات هواویزهای ناشی از رخداد

داده‌های مورد استفاده

برای انجام پژوهش حاضر از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک استان‌های هدف، داده‌های بازتحلیل شده مرکز بایگانی پیش‌بینی آمریکا و داده‌های سطح ۳ سنجنده مودیس استفاده شد. بدین ترتیب که در ابتدا با مراجعه به سازمان هواشناسی کل کشور داده‌های مربوط به کدهای هوای حاضر برای پدیده گرد و غبار و میزان دید افقی در مقیاس ساعتی برای هشت ایستگاه در سطح منطقه مورد مطالعه با پراکنش مناسب دریافت شد (شکل ۱). همچنین، داده‌های محصول AOD سنجنده مودیس در سطح پردازشی ۳ از تارنمای <http://worldview.earthdata.nasa.gov> با فرمت HDF برای منطقه مورد مطالعه و مناطق مجاور آن با قدرت تفکیک مکانی 10×10 کیلومتر دریافت شد. در این پژوهش از جدیدترین نسخه‌ی محصول (MOD04-L2-C6) سنجنده مودیس مربوط به ماهواره ترا به منظور تعیین ماهیت هواویزهای جوی در روزهای مورد بررسی استفاده شده است. این محصول با پوشش وسیع، استخراج عمق نوری هواویز را با استفاده از دو الگوریتم بازیابی شده آبی عمیق (DB) و هدف تیره (DT) با قدرت تفکیک 10 کیلومتری ارائه می‌دهد که به صورت روزانه در وبگاه ناسا^۱ (NASA) در دسترس است. مجموعه‌ی شش سنجنده مودیس^۲ (MODIS C6) شامل نسخه‌ی بسیار پیشرفته الگوریتم DB است (Hsu, 2013). بر خلاف DT، بازیابی‌ها در این الگوریتم بر روی پیکسل‌های بدون ابر و بدون برف با تفکیک مکانی 1×1 کیلومتر اعمال می‌شود و سپس در یک بازیابی 10×10 کیلومتر متراکم می‌شود. این بازیابی‌ها بر روی سطوح بیابانی روشن و سطوح پوشش گیاهی اجرا می‌شوند (رنگزن و همکاران، ۱۳۹۳؛ Remer et al., 2006). این الگوریتم از طریق ثبت اطلاعات در طول

موج‌های کوتاه‌تر، عمدتاً شامل آبی که مناطق بیابانی کمترین میزان بازتاب را در آن دارند، فرآیند تشخیص گرد و خاک و استخراج پارامتر عمق نوری بر فراز این مناطق را ممکن می‌سازد (Shi et al., 2013).

در نهایت برای مدل‌سازی اندازه ذرات گرد و غبارهای ورودی به منطقه مورد مطالعه، داده‌های بازتحلیل شده مرکز پیش‌بینی و مرکز تحقیقات جوی ایالات متحده آمریکا (NCEP/NCAR) از تارنمای این مرکز با قدرت تفکیک مکانی 1×1 درجه طول جغرافیایی در گام‌های زمانی شش ساعته برای ورود به مدل WRF-Chem دریافت شد.

توصیف مدل WRF-Chem

مدل عددی جفت شده WRF-Chem در حال حاضر مطرح‌ترین مدل تحقیقاتی و پیش‌بینی عددی وضع هوا (کیفیت جو) در جهان است. تا به امروز، بیشترین استفاده از مدل WRF-Chem در آسیا، مربوط به شرق آن (کشورهای چین، ژاپن، ...) بوده است. مدل WRF-Chem به عنوان بخشی از مدل WRF می‌باشد. مدل WRF یک مدل هواشناسی غیرهیدروستاتیک که دارای چندین هسته دینامیکی به همراه انتخاب‌های گوناگون جهت پارامتره سازی فرآیندهای فیزیکی می‌باشد که قابلیت شبیه‌سازی توسط مدل را ندارند (Grell et al., 2005). کاربرد اصلی WRF-Chem در بررسی شیمی جو می‌باشد. از این مدل می‌توان به منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی غلظت ذرات معلق موجود در جو ناشی از مکانیسم‌های طبیعی، فعالیت‌های بشری (آلاینده‌ها) و گرد و خاک در اندازه‌های مختلف، نحوه انتشار و نهشت آنها استفاده کرد (کارگر و همکاران، ۱۳۹۵). برای پدیده گرد و خاک سه فاز گسیل، انتقال و نهشت در نظر گرفته می‌شود که در هر یک از این فازها داده‌های مختلفی مورد نیاز است، بنابراین برای پیش‌بینی پدیده گرد و خاک عمدتاً چندین مدل با یکدیگر جفت می‌شوند. به طور کلی این مدل از سه قسمت؛

¹ National Aeronautics and Space Administration

² Ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/all_Data/6/MOD04-L2

سیستم پیش پردازش مدل (WPS)، سیستم داده‌گذاری (WRF-VAR) و سیستم پس‌پردازش و ابزارهای تصویرسازی تشکیل شده است (کارگر و همکاران، ۱۳۹۵).

روش کار

در این تحقیق، ترکیبی از روش‌های آماری، مدل‌سازی و دورسنجی استفاده شد. بدین ترتیب که در ابتدا با دریافت داده‌های مربوط به کدهای هوای حاضر و میزان دید افقی از سازمان هواشناسی کل کشور برای منطقه مورد مطالعه، کدهای مربوط به گرد و غبار بر اساس میزان دید افقی طبقه‌بندی شد و رخدادهای با میزان دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر شناسایی و استخراج شد. هرچند تعداد روزهای گرد و غبار با میزان دید افقی از نظر ایستگاهی در برخی مناطق قابل توجه بود، با این وجود شرط اصلی برای انتخاب روزهای مورد بررسی برای مدل‌سازی عددی و مطالعه دورسنجی، گستردگی مکانی گرد و غبار در تمام سطح منطقه مورد مطالعه بود. از این رو دو رخداد پنجم ژوئیه ۲۰۰۹ و یکم ژوئیه ۲۰۰۸ با توجه به گسترش مکانی قابل توجه، برای بررسی ذرات گرد و غبارهای ورودی به منطقه براساس تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌سازی عددی انتخاب گردید. پس از انتخاب رخدادهای گرد و غبار، اندازه ذرات براساس تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌سازی عددی بررسی شد. به طور کلی، اندازه ذرات هواویزها به دو دسته مختلف طبقه‌بندی می‌شود، آن دسته از ذراتی که اندازه‌ی آن‌ها کمتر از ۱ میکرومتر است، ذراتی با ماهیت درشت^۲ هستند که در اثر فعالیت‌های مکانیکی تولید می‌شوند (مانند: ذرات گرد و خاک، خاکستر) و آن دسته از هواویزهایی که اندازه ذرات آن‌ها بیشتر از ۱ میکرومتر باشد، ذراتی با ماهیت نرم و ریز^۳ هستند که به دلیل فعالیت‌های شیمیایی و آلودگی‌های

ناشی از آن تولید می‌شوند (مانند: آلودگی‌های صنعتی، دود و ...). سنجنده مودیس برای اندازه‌گیری ذرات هواویزها و شناسایی ماهیت آن‌ها در نواحی خشک از الگوریتم Deep Blue Aerosol Angstrom Exponent Land Angstrom Exponent و در پهنه‌های آبی از الگوریتم Dark Target Ocean Angstrom Exponent استفاده می‌کند. نمایه انگستروم (Angstrom Exponent) اندازه‌ی تغییرات AOD در طول موج‌های مختلف نور است. شاخص عمق آپتیکی آئروسول (AOD) در طول موج‌های کوتاه تر (نور آبی) بالاتر از طول موج‌های بلندتر (نور قرمز) است. در این پژوهش در ابتدا محصول AOD سنجنده مودیس از تارنمای ناسا دریافت شد و تصحیحات اولیه مورد نیاز (هندسی) در محیط نرم‌افزار سنجش از دوری ENVI انجام شد. در ادامه اندازه ذرات براساس نمایه انگستروم (Deep Blue Aerosol Angstrom Exponent Land) این محصول در روزهای منتخب بررسی و اندازه ذرات ورودی برحسب میکرومتر تعیین و نتایج حاصل بصورت نقشه نمایش داده شد.

برای مدل‌سازی عددی اندازه ذرات گرد و غبار از جدیدترین نسخه‌ی مدل عددی جفت شده پیش بینی عددی وضع هوا- شیمی (WRF-Chem) با طرح‌واره پیشرفته MADE-SORGAM استفاده شد. در پژوهش حاضر، شبیه‌سازی با استفاده از داده‌های آنالیز GFS با گام زمانی شش ساعته به منظور شرایط اولیه و مرزی، برای دو دامنه با قدرت تفکیک ۳۰ و ۱۰ کیلومتر صورت پذیرفت. در این اجرا از طرح‌واره پیشرفته MADE-SORGAM به عنوان طرح‌واره گسیل ذرات معلق جوی استفاده شد (Ackermann and *et al.*, 1998). این طرح‌واره بر پایه مدل دینامیکی مودال برای هواویزها (Modal Aerosol Dynamic Model) در اروپا طراحی شده است و این رهیافت نیز به نوبه خود بر پایه مدل منطقه‌ای ذرات معلق طراحی شده است (Binkowski 1995). در طرح‌واره MADE ذرات معلق جوی در سه مد ایتکن با قطر کمتر

¹ WRF Preprocessing System

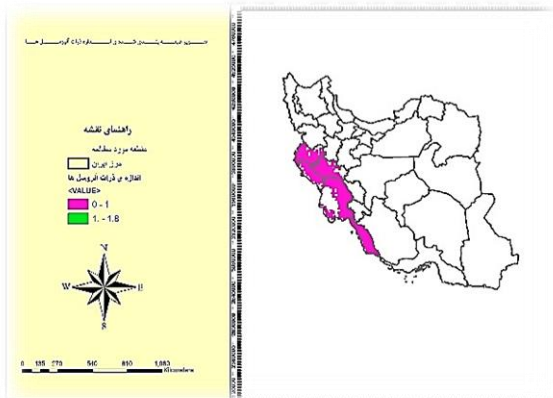
² Coarse

³ Fine

ایستگاه	زمان	۲۰۰۸/۷/۱	۲۰۰۹/۷/۵
ایلام		۱۰۰۰	۱۰۰
جزیره خارک		۱۲۰۰	۱۰۰۰
بندر دیلم		۷۰۰۰	۸۰۰۰

اندازه ذرات

اندازه ذرات هواویزها در منطقه مورد مطالعه در روز یکم ژوئیه ۲۰۰۸ براساس نمایه آنگستروم در شکل (۲) نشان داده شده است. براساس نقشه تهیه شده از نمایه آنگستروم در رخدادهای ژوئیه ۲۰۰۸ اندازه ذرات هواویزها در منطقه مورد مطالعه کمتر از یک میکرومتر است که بر طبق تعاریف، ذرات ماهیت گرد و خاکی دارند. از نظر مکانی این ذرات از کرمانشاه تا بوشهر و حتی تا عرض جغرافیایی پایین‌تر هم پراکنش یافته‌اند. در تصویر پنج ژوئیه ۲۰۰۹، تنها در قسمت‌های جنوبی و جنوب غرب خوزستان اندازه ذرات با آستانه $1/8 \leq X \leq 1$ دیده می‌شود که به دلیل فعالیت‌های شیمیایی و آلودگی‌های ناشی از پالایش نفت و گاز می‌باشد و در سایر نقاط کمتر از یک میکرومتر است شکل (۳). اکنون که با استفاده از الگوریتم Angstrom Exponent به ماهیت گرد و خاکی ذرات هواویزها پی برده شد، در ادامه غلظت ذرات PM_{10} با استفاده از مدل عددی WRF-Chem به منظور راستی آزمایی روش سنجش از دوری و آشکارسازی چشمه‌های گسیل ذرات گرد و خاک، شبیه‌سازی شد.



شکل ۲. اندازه ذرات هواویزها (میکرومتر) در منطقه مورد مطالعه در روز یک ژوئیه ۲۰۰۸

از ۰٫۱ میکرومتر، تجمعی با قطر بین ۰٫۱ تا دو میکرومتر و درشت با قطر بزرگتر از دو میکرومتر با توزیع لوگ - نرمال در فرآیند شبیه سازی کیفیت هوا وارد می‌شوند. الگوی ریاضی توابع هواویزها با معادله (۱) نمایش داده می‌شود. در معادله (۱)، N تعداد ذرات بر متر مکعب، dp قطر میانه و σ_g انحراف معیار می‌باشد (نیک فال و همکاران، ۱۳۹۶).

$$n(\ln d_p) = \frac{N}{\sqrt{2\pi} \ln \sigma_g} \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(\ln d_p - \ln d_{pg})^2}{\ln \sigma_g^2} \right] \quad (1)$$

پس از انجام مدل‌سازی، با استفاده از برنامه پس پردازشی NCL، نقشه‌های توزیع PM_{10} به همراه غلظت این پارامتر ترسیم شدند.

نتایج و بحث

دید افقی

جدول (۱)، میزان دید افقی ایستگاه منتخب در سطح منطقه مورد مطالعه طی رخدادهای ژوئیه ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ را نشان می‌دهد. داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک استان‌های هدف نشان داد که طی تاریخ‌های یکم ژوئیه ۲۰۰۸ و پنجم ژوئیه ۲۰۰۹ گرد و غبارهای شدید منطقه جنوب غرب ایران را تحت تاثیر قرار داده است چرا که این رخدادهای از نظر مکانی گستردگی قابل توجهی داشته‌اند و در بیشتر ایستگاه‌های منطقه با شدت و ضعف متفاوت ثبت شده‌اند و از طرف دیگر، میزان دید افقی در بیشتر ایستگاه‌ها به ۱۰۰۰ متر و کمتر از آن رسیده است (جدول ۱).

جدول ۱. مقادیر بعد دید افقی (متر) در تعدادی از ایستگاه‌های

جنوب غرب و غرب ایران

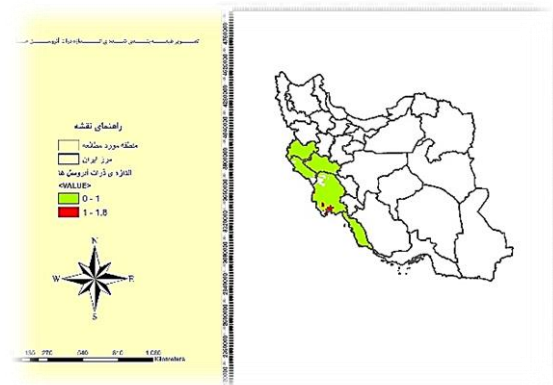
ایستگاه	زمان	۲۰۰۸/۷/۱	۲۰۰۹/۷/۵
اهواز		۳۰۰	۳۰۰
آبادان		۲۰۰	۲۰۰
خرم آباد		۱۰۰۰	۱۰۰
پلدختر		۹۰۰	۲۰۰
کرمانشاه		۲۰۰۰	۵۰۰

ژوئیه ۲۰۰۸ بتدریج غلظت ذرات PM_{10} کاهش یافته و تمرکز بیشینه ذرات گرد و خاک در جنوب غرب ایران بر روی استان‌های خوزستان و بوشهر به چشم می‌خورد شکل (۵- A, B و C).

در روز چهارم ژوئیه ۲۰۰۹ در ساعت UTC ۰۶ خروجی مدل WRF-Chem شکل‌گیری هسته گرد و خاک را بر روی شمال عراق نشان می‌دهد شکل (۷- A). ذرات گرد و خاک بتدریج با وزش بادهای غربی و شمال غربی و نیز توسعه کم فشار فصلی در ساعات ۰۹ و UTC ۱۵ علاوه بر خوزستان، در نوار غربی ایران، از جمله کرمانشاه و ایلام و تا حدودی لرستان گسترش یافته است، در روز پنجم ژوئیه ۲۰۰۹ مجدداً در ساعت UTC ۰۹ هسته‌ی دیگری در شرق عراق تشکیل می‌شود که با وزش بادهای غربی در ساعات ۱۵ و ۱۲ UTC غلظت ذرات معلق در استان‌های ایلام، خوزستان و جنوب لرستان افزایش می‌یابد شکل (۹- A و B). بر طبق جدول (۱) دید افقی در این مناطق به زیر ۱۰۰۰ متر رسیده است. در روز ۷ ام ژوئیه ۲۰۰۹ در ساعات ۰۹، ۱۲ و ۲۱ UTC با شمالی شدن جهت وزش باد و تشکیل و اچرخند از میزان غلظت ذرات معلق در جو کاسته می‌شود (۱۱- A, B و C).

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر با ترکیبی از روش‌های سنجش از دوری و مدل‌سازی و با استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر نمایه انگستروم، شناخت اندازه ذرات گرد و غبارهای ورودی به غرب ایران طی رخدادهای مختلف در دوره گرم سال مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج آماری حاصل از پردازش داده‌های گرد و غبار ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه می‌توان گفت که گرد و غبارهای ورودی به غرب ایران از گستردگی مکانی و زمانی قابل توجهی برخوردار شده‌اند و در یک راستای شمال غربی - جنوب شرقی غرب میانه و جنوب غرب

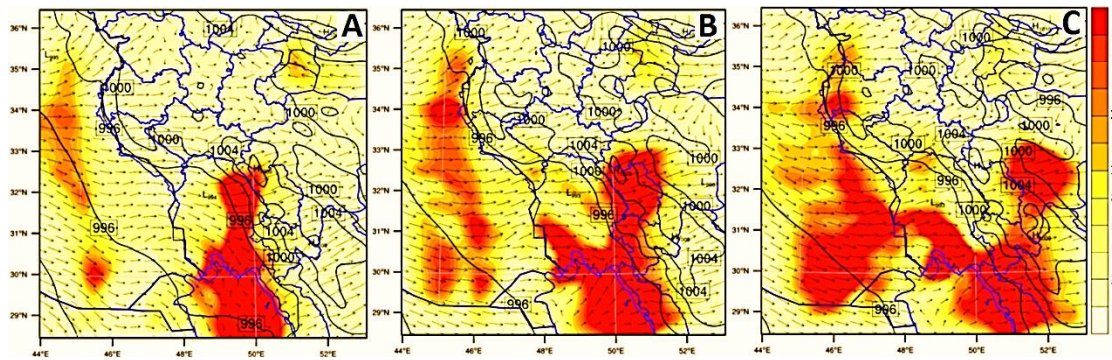


شکل ۳. اندازه ذرات هواویزها (میکرومتر) در منطقه مورد مطالعه در روز پنج ژوئیه ۲۰۰۹.

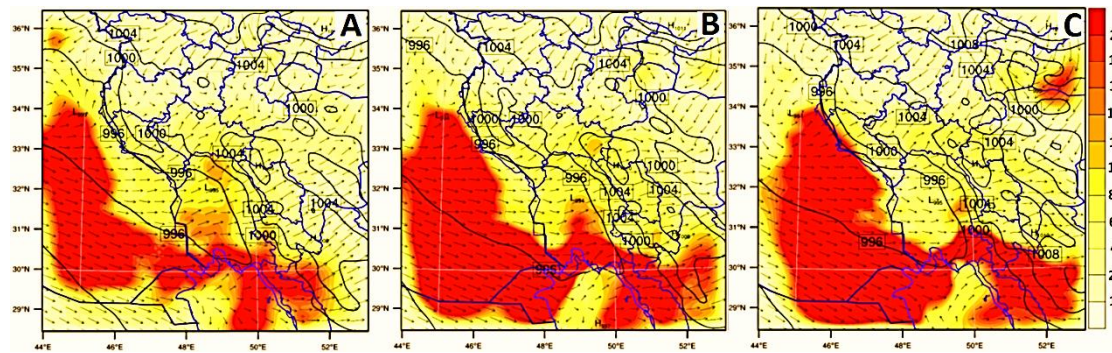
شبیه‌سازی غلظت ذرات PM_{10} با استفاده از مدل WRF-Chem

شکل (۴- A) خروجی مدل WRF-Chem در ساعت UTC ۰۹ در روز ۳۰ ام ژوئن ۲۰۰۸ آغاز شکل‌گیری هسته گرد و خاک همراه با بادهای غربی در مرکز کشور عراق نشان می‌دهد که به تدریج با گذشت زمان در ساعات ۱۲ و ۱۵ UTC شکل (۴- B و C) میزان غلظت ذرات افزایش می‌یابد که با وزش بادهای غربی و شمال غربی گرد و خاک وارد استان‌های غربی کشور شده است. بررسی نقشه‌های توزیع غلظت PM_{10} نشان می‌دهند که ابتدا گرد و خاک از شمال غرب عراق (مرز بین عراق و سوریه) تشکیل شده سپس تا مرکز عراق گسترش یافته است. این نواحی بیابانی و نیمه بیابانی هستند و عمدتاً فاقد پوشش گیاهی متراکم می‌باشند (Darvishi and *et al.*, 2012). شکل‌گیری طوفان‌های گرد و خاکی به شدت از ویژگی‌های جغرافیایی محلی، بویژه توپوگرافی متأثر می‌گردد.

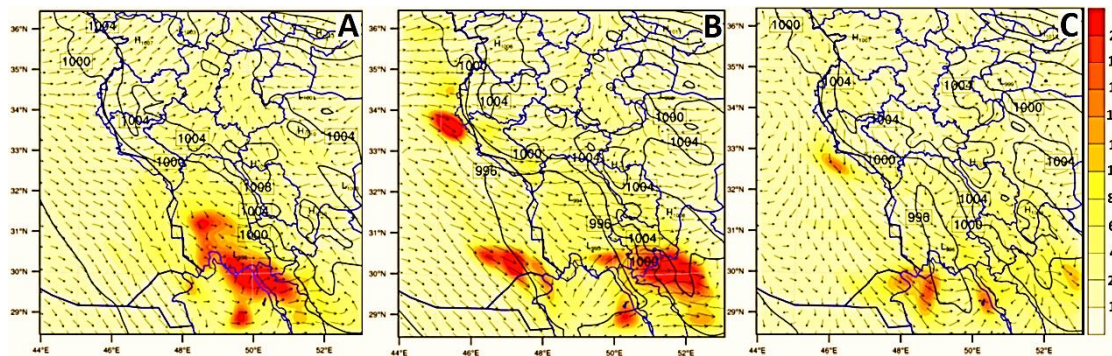
روز یکم ژوئیه ۲۰۰۸ مجدداً افزایش پتانسیل غلظت ذرات گرد و خاک در ساعات ۰۹، ۱۲ و ۱۵ UTC در شکل (۵- A, B و C) مشاهده می‌شود این افزایش در جنوب و جنوب غرب ایران (طول ۵۲ درجه شرقی) در مقایسه با مناطق غربی مشهود است. بر طبق جدول (۱) در این روز دید افقی تعدادی از ایستگاه‌های واقع در این مناطق زیر ۱۰۰۰ متر گزارش شده است. در روز دوم



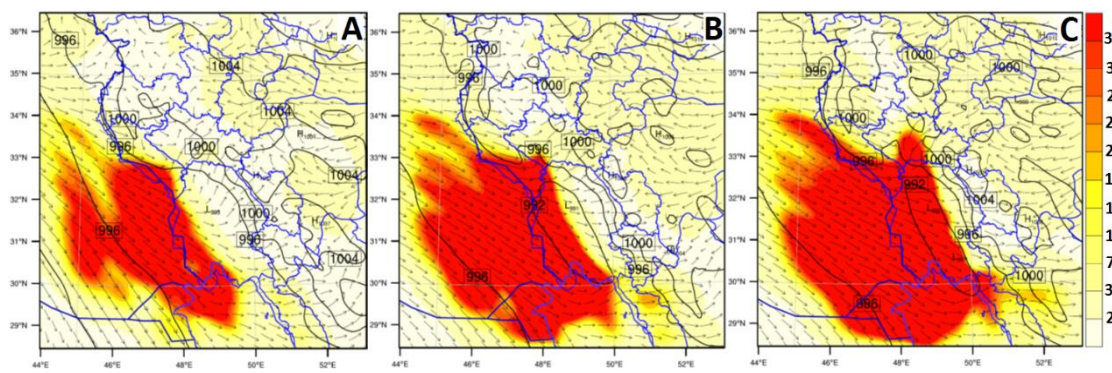
شکل ۴. نقشه‌های شبیه‌سازی شده غلظت ذرات PM_{10} و باد سطحی، A: ساعت ۰۹، B: ۱۲ و C: ساعت ۱۵ UTC مورخ ۲۰۰۸/۰۶/۳۰



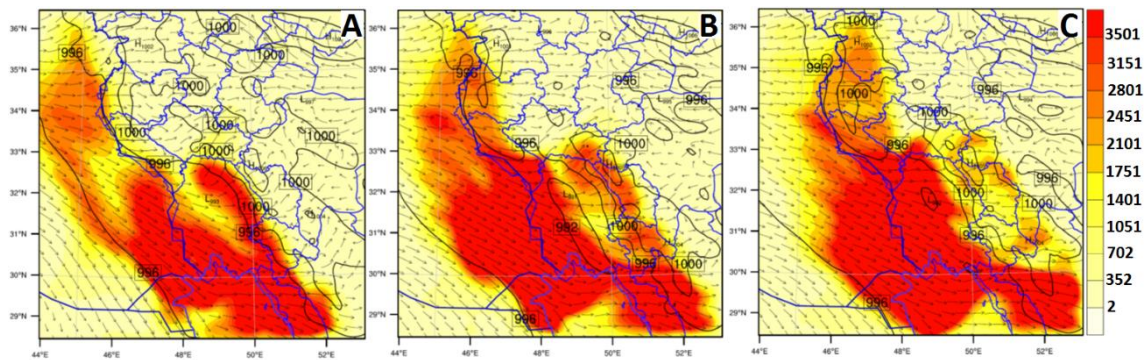
شکل ۵. نقشه‌های شبیه‌سازی شده غلظت ذرات PM_{10} و باد سطحی، A: ساعت ۰۹، B: ۱۲ و C: ساعت ۱۵ UTC مورخ ۲۰۰۸/۰۷/۰۱



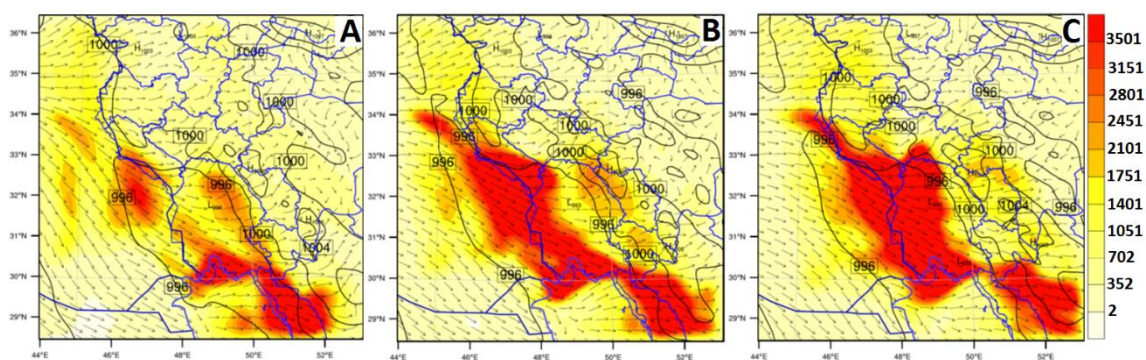
شکل ۶. نقشه‌های شبیه‌سازی شده غلظت ذرات PM_{10} و باد سطحی، A: ساعت ۰۹، B: ۱۵ و C: ساعت ۲۱ UTC مورخ ۲۰۰۸/۰۷/۰۲



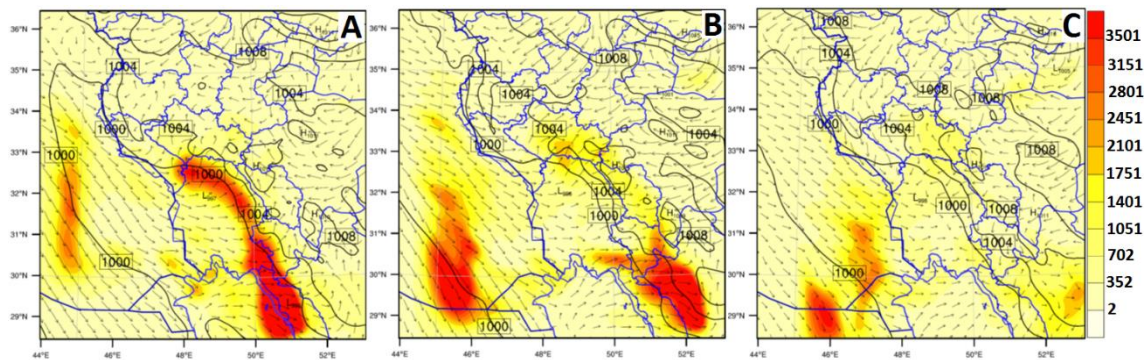
شکل ۷. نقشه‌های شبیه‌سازی شده غلظت ذرات PM_{10} و باد سطحی، A: ساعت ۰۹، B: ۱۲ و C: ساعت ۱۵ UTC مورخ ۲۰۰۹/۰۷/۰۳



شکل ۸. نقشه‌های شبیه‌سازی شده غلظت ذرات PM_{10} و باد سطحی، A: ساعت ۰۶، B: ۱۲ و C: ساعت ۱۵ UTC مورخ ۲۰۰۹/۰۷/۰۴



شکل ۹. نقشه‌های شبیه‌سازی شده غلظت ذرات PM_{10} و باد سطحی، A: ساعت ۰۹، B: ۱۲ و C: ساعت ۱۵ UTC مورخ ۲۰۰۹/۰۷/۰۵



شکل ۱۰. نقشه‌های شبیه‌سازی شده غلظت ذرات PM_{10} و باد سطحی، A: ساعت ۰۹، B: ۱۲ و C: ساعت ۲۱ UTC مورخ ۲۰۰۹/۰۷/۰۷

معلق موجود در هوا با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس نشان داد که ذرات معلق هوای منطقه در ژوئیه ۲۰۰۸ اندازه‌ای کمتر از یک میکرومتر دارند که این اندازه ذرات بیانگر وجود ذرات خاکی معلق در هوا است و آلودگی هوا در مناطق غربی طی این زمان ناشی از رخداد طوفان گرد و غبار در نواحی مجاور و انتقال آن بصورت رخداد پدیده گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران است. بررسی مقادیر اندازه ذرات معلق هوا طبق تصاویر در

ایران را تحت تاثیر قرار می‌هند. با توجه به تحقیقات انجام شده توسط سایر محققان (میری، ۱۳۹۰؛ عزیزی، ۱۳۹۱؛ نوروزی، ۱۳۹۷) و نتایج مشابه می‌توان گفت این گستردگی مکانی و زمانی می‌تواند در نتیجه کاهش رطوبت خاک و افزایش زمین‌های بایر در مناطق منشاء کشورهای مجاور (عراق و سوریه) و همچنین افزایش زمین‌های بایر در مناطق غربی کشور در نتیجه تغییرات اقلیمی و دخالت‌های انسانی باشد. بارزسازی اندازه ذرات

شمال غربی - جنوب شرقی از مناطق واقع در شمال غرب کشور عراق (مرز بین عراق و سوریه) و مرکز آن که نواحی بیابانی و نیمه بیابانی را تشکیل می دهند سرچشمه گرفته اند. مطالعات انجام شده و بررسی روند تغییرات پوشش سطح زمین آنها طی دهه های اخیر بیانگر کاهش قابل توجه پوشش گیاهی و رطوبت خاک این مناطق در کشورهای مجاور غرب ایران است. از طرف دیگر این مناطق دارای آبرفت هایی با پتانسیل زیاد فرسایش هستند که مجموع این شرایط سبب شده است که این مناطق به عنوان کانون های اصلی گرد و غبار برای غرب ایران مطرح باشند.

پیشنهادهای

در نهایت برای اطمینان بیشتر از دقت خروجی های تصاویر ماهواره ای و مدل پیشنهاد می شود هر چند که بر اساس نتایج این پژوهش و پژوهش های مشابه، محصول AOD سنجنده مودیس و مدل WRF-Chem برای شناخت اندازه گرد و غبار و مناطق منشاء از توانایی قابل قبولی برخوردارند، با این وجود چون بیشتر تحقیقات انجام شده در یک زمان و برای یک نمونه گرد و غبار مشخص (بیشتر دوره گرم سال و گرد و غبارهای شدید) مورد بررسی قرار گرفته است، در ادامه تحقیقات تکمیلی در این زمینه طی زمان های مختلف سال انجام و نتایج با اندازه گیری های میدانی مقایسه شود.

ژوئیه ۲۰۰۹ نیز بیانگر وجود گرد و غبار در جو بود با این تفاوت که در منطقه خوزستان اندازه ذرات با آستانه $1/8 \leq X \leq 1$ برآورد شده که تفاوت در اندازه ذرات معلق این منطقه می تواند نتیجه فعالیت پالایشگاه های گاز و نفت موجود باشد. از این رو مقایسه نتایج حاصل از تصاویر سنجنده مودیس با کدهای هوای حاضر ثبت شده در ایستگاه های سینوپتیک منطقه نشان داد که الگوریتم Angstrom این سنجنده از توانایی قابل قبولی در شناسایی ماهیت ذرات معلق جو دارند. در مطالعات انجام شده توسط (قربانی سالخورد و همکاران، ۱۳۹۱؛ حجازی و همکاران، ۱۳۹۳؛ عصارعنایتی و بیات؛ ۱۳۹۶) نیز بر توانایی تصاویر سنجنده مودیس در شناخت ذرات معلق جو تاکید شده است. بررسی گرد و غبارهای رخ داده در ژوئیه ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ با استفاده از مدل عددی WRF-Chem نشان داد که این مدل در مقیاس های مکانی و زمانی مختلف از قابلیت مناسبی برای شناخت پدیده گرد و غبار و ویژگی های آن برخوردار است. از این رو می توان گفت از این مدل می توان برای بررسی شبیه سازی ویژگی های گرد و غبارهای شدید استفاده کرد. در تحقیقات مشابه (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۲؛ کارگر و همکاران، ۱۳۹۵) نیز کارایی مناسب مدل WRF-Chem در شناخت مناطق منشاء و ویژگی های ذرات گرد و غبار مورد تایید قرار گرفته است. اجرای مدل با گام های زمانی سه ساعته نشان داد که در هر دو نمونه مورد بررسی، گرد و غبارهای ورودی به منطقه مورد مطالعه با راستای

منابع مورد استفاده

- حجازی، س.ع.، مابشری، م.ر. و مجیدی، د. ۱۳۹۳. استفاده از تصاویر ماهواره ای در محاسبه قابلیت دید افقی. پژوهش های اقلیم شناسی، (۱۷-۱۸): ۴۷-۵۶.
- دانیالی، م.، محمدنژاد، ب. و کریمی، ن.ا. ۱۳۹۷. تحلیل مکانی گرد و خاک استان خوزستان به کمک تصاویر ماهواره ای. نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱: ۷۳-۵۸.
- رضا زاده، م.، ایران نژاد، پ. و شائو، ی. ۱۳۹۲. شبیه سازی گسیل غبار با مدل پیش بینی عددی هوا Chem-WRF و با استفاده از داده های جدید سطح در منطقه خاورمیانه. مجله فیزیک زمین و فضا، ۱: ۲۱۲-۱۹۱.

- رنگزن، ک.، زراسوندی، ع.، عبدالخانی، ع. و مجردی، ب. ۱۳۹۳. مدلسازی آلودگی هوا با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس: مطالعه موردی توده‌های گرد و خاک استان خوزستان. مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، ۱۴: ۳۸-۴۵.
- عزیزی، ق.، شمسی پور، ع.ا.، میری، م. و صفرراد، ط. ۱۳۹۱. تحلیل آماری-همدیدی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران. مجله محیط شناسی، (۳۸) ۳: ۱۳۴-۱۲۳.
- عزیزی، ق.، میری، م. و س.ا. نبوی. ۱۳۹۰. ردیابی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران، فصلنامه مطالعات مناطق خشک. ۲(۷): ۶۳-۸۱.
- عصارعنایتی، ا. و بیات، ع. ۱۳۹۶. بررسی یک روز گرد و غباری با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، مدل هواشناسی HYSPLIT و اندازه گیری های زمین- پایه برای شهر تهران. بیست و چهارمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک، دانشگاه شهر کرد.
- فلاح ززولی، م.، وفایی نژاد، ع.ر.، خیرخواه زرکش، م.م. و احمدی دهکاء، ف. ۱۳۹۳. منشاء بابی گرد و خاک غرب و جنوب غرب ایران و تحلیل سینوپتیکی آن با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. مجله سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی و منابع طبیعی، ۴: ۷۷-۶۱.
- قربانی سالخورد، ر.، مباحثی، م.ر. و رحیم زادگان، م. ۱۳۹۱. روشی سریع در برآورد غلظت ذرات معلق با استفاده از سنجنده مودیس: یک مطالعه موردی در تهران، حکیم، ۱۵ (۲)، ۱۶۶-۱۷۷.
- کارگر، ا.، بذاق جمالی، ج.، رنجبر سعادت‌آبادی، ع.، معین‌الدینی، م. و گشتاسب، ح. ۱۳۹۵. شبیه سازی و تحلیل عددی طوفان گرد و خاک شدید شرق ایران. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴: ۱۱۹-۱۱۰.
- ملکوتی، ح.، باباحسینی، س.، نوحه‌گر، ا.، آزادی، م. و محمدپور، م.ر. ۱۳۹۲. مطالعه همدیدی و عددی نشر، انتقال و شناسایی چشمه یک توفان گرد و غبار سنگین در منطقه خاورمیانه. پژوهش‌های فرسایش محیطی، (۱۲) ۳: ۸۰-۶۹.
- میری، م. ۱۳۹۰. واکاوی آماری-همدیدی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
- میری، م.، عزیزی، ق. و شمسی پور، ع.ا. ۱۳۹۳. شناسایی الگوهای گردش جوی تابستانه و زمستانه ورود گرد و غبار به غرب ایران. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، (۴) ۲۵: ۲۲۰-۲۰۳.
- میری، م.، نوروزی، ع.ا. و خاکباز، ب. ۱۳۹۴. مدلسازی اثر تغییرات پوشش سطح زمین و رخداد گرد و غبار در استان خوزستان. اولین کنفرانس بین المللی گرد و غبار، اهواز، ۱۴-۱۲ اسفند، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- نوروزی، ع.ا. و شعاعی، ض. ۱۳۹۷. شناسایی مناطق دارای پتانسیل تولید گرد و غبار در حوضه‌های آبخیز جنوب غرب کشور. مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، (۳) ۱۰: ۳۹۸-۴۰۹.
- نیک‌فال، ا.ح. ۱۳۹۳. ارزیابی مدل میان مقیاس WRF-Chem در شبیه سازی ذرات PM_{2.5} و PM₁₀ در منطقه ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته هواشناسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- نیک‌فال، ا.ح.، کرمی، س.، رنجبر سعادت‌آبادی، ع. و صحت کاشانی، س. ۱۳۹۶. قابلیت های مدل عددی WRF-chem در برآورد غلظت گرد و خاک (مطالعه موردی طوفان گرد و خاک تهران). فصلنامه علوم محیطی، ۱: ۱۲۶-۱۱۵.
- Ackerman, I.J., Hass, H., Memmesheimer, M., Ebel, A., Binkowski, F.S. and Shankar, U. 1998. Modal Aerosol Dynamics model for Europe: Development and first applications. Atmospheric Environment, 17: 2981-2999.
- Arfan Ali, M.d.; Assiri, M., Shahid, S.H. and Dambul, R. 2015. MODIS Dark Target and Deep Blue aerosol optical depth Validation over Bangladesh. GEOGRAFIA Online TM Malaysian. Journal of Society and Space, 11: 74 - 83.
- Bartina, H. 2012. Feasibility Study of Satellite Image Use to Determine Dust Concentration and Measurement of Lead and Zinc Concentration. Thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz.

- Bilal, M., Qiu, Z., Campbell, J.R., Spak, S., Shen, S. and Nazeer, M. 2018. A new MODIS C6 dark target and Deep Blue merged aerosol product on a 3 km spatial grid. *Remote sensing*, 10(3): DOI 10.3390/rs10030463.
- Binkowski, F.S. and Shanka, U. 1995. The Regional Particulate Matter Model. 1. Model description and preliminary results. *Journal of Geophysical Research*, 100 (D12), 26191–26209.
- Darvishi, B.A, Nabavi, S.O., Bahrami, A.H., Alavipanah, S.K., Mohammadi, H., Nezammahalleh, H. and Khandan, R. 2012. Primary Study and Investigation of Dust Storm Sources in West Asia Region (With an Emphasis on Storms Came to Iran). *Geoinformatics Research Institute (GRI), University of Tehran*.
- Eltahan, M., Shokr, M. and Sherif, A.O. 2018. Simulation of Severe Dust Events over Egypt Using Tuned Dust Schemes in Weather Research Forecast (WRF-Chem). *Atmosphere*, 9(7): 246; doi.org/10.3390/atmos9070246.
- 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): DOI: 10.1029/2012RG000388.
- Grell, G.A., Peckham, S.E., Schmitz, R., McKeen, S.A., Frost, G., Skamarock, W.C. and Eder, B. 2005. Fully coupled “online” chemistry within the WRF model. *Atmospheric Environment*, 37: 6957–6975.
- Haywood, J.M. and Boucher, O. 2000. Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosols: a review. *Review of Geophysics*, 38: 513-543.
- Hsu, N.C, Jeong, M.J., Bettenhausen, C. and Sayer, A.M. 2013. Deep Blue aerosol retrieval algorithm: The second generation. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 118: 9296–9315. DOI 10.1002/jgrd.50712.
- Kang, J., Yoon, S.C., Shao, Y. and Kim, S.W. 2011. Comparison of vertical dust flux by implementing three dust emission schemes in WRF-Chem. *Journal of Geophysical Research*, 116 (D9). DOI 10.1029/2010JD014649.
- Karagulian, F., Temimi, M., Ghebreyesus, D., Weston, M., Kondapalli, N.K., Valappil, V.K., Aldababesh, A., Lyapustin, A., Chaouch, N., Al Hammadi, F. and Al Abdooli, A. 2019. Analysis of a severe dust storm and its impact on air quality conditions using WRF-Chem modeling, satellite imagery, and ground observations. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12: 453–470.
- Li, L. and Sokolik, I.N. 2018. Analysis of Dust Aerosol Retrievals Using Satellite Data in Central Asia. *Atmosphere*, 9(8), 288; https://doi.org/10.3390/atmos9080288.
- Liu, Z., Liu, Q., Lin, H.C., Schwarts, C.S. and Lee, Y.H. 2011. Assimilating MODIS aerosol optical depth using WRF-Chem and GIS: Application to a Chinese dust storm. 21 th WRF Users Workshop, Boulder, USA, 22(11). June, 52 (52).
- Miller, S.D. 2003. A Consolidated Technique for Enhancing Desert Dust Storms with MODIS. *Geophysical Research Letters*, 30: 2071-4.
- Myhre, G., Stordal, F., Johnsrud, M., Diner, D.J., Geogdzhayev, I.V., Haywood, J.M., Holben, B.N., Holzner-Popp, T., Ignatov, A., Kahn, R.A., Kaufman, Y.J, Loeb, N., Martonchik, J.V., Mishchenko, M.I., Nalli, N.R., Remer, L.A., Schroedter-Homscheidt, M., Tanré, D., Torres, O. and Wang, M. 2005. Intercomparison of satellite retrieved aerosol optical depth over ocean during the period September 1997 to December 2000. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 5: 1697– 1719.
- Parajuli, S.P., Stenchikov, G.L., Ukhov, A. and Kim, K. 2019. EDust Emission Modeling Using a New High-Resolution Dust Source Function in WRF-Chem with Implications for Air Quality. *Atmosphere*, 124(17-18):10109-10133.
- Remer, L.A., Tanré, D. and Kaufman, Y.J. 2006. Algorithm for remote sensing of tropospheric aerosol from MODIS: Collection 005. modis.gsfc.nasa.gov.
- Saidou Chaibou, A.A., Ma, X., Kumar, K.R., Jia, H., Tang, Y. and tong, S. 2020. Evaluation of dust extinction and vertical profiles simulated by WRF-Chem with CALIPSO and AERONET over North Africa. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 199: doi.org/10.1016/j.jastp.2020.105213.
- Seinfeld, H. and Pandis, N. 1998. *Atmospheric chemistry and physics, from air pollution to climate change*, New York, John Wiley & Sons, 1191pp.
- Shi, Y., Zhang, J., Reid, J.S., Hyer, E.J and Hsu, N.C. 2013. Critical evaluation of the MODIS Deep Blue aerosol optical depth product for data assimilation over North Africa. *Atmospheric Measurement Techniques*, 6: 949-969. DOI: 10.5194/amt-6-949-2013.
- Taghavi, F. and Asadi, A. 2008. The Persian Gulf 12th April 2007 dust storm: Observation and model analysis. *EUMETSAT Meteorological Satellite Conference Proceedings (P 52 Darmeschtad)*.
- Tao, M.; L. Chen , Z. Wang, J. Tao, H. Che, X. Wang and Y. Wang . 2015. Comparison and evaluation of the MODIS Collection 6 aerosol data in China. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 120: 6992–7005. DOI: 10.1002/2015JD023360.

- Wang, J. and Sundar, C.A. 2003. Intercomparison between satellite-derived aerosol optical thickness and PM2.5 mass: Implications for air quality studies. *Geophysical Research Letters*, 30: 2095. DOI: 10.1029/2003GL018174.
- Wilkerson, D. 1991. Dust and sand forecasting in Iraq and adjoining countries. Air Weather Service, Scot Air Force Base, Illinois. PP: 62225-5008.
- Zarasvandi, A., Carranza, E.J.M., Moore, F. and Rastmanesh, F. 2011. Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). *Journal of Geochemical Exploration*, 111(3): 138-151.
- Zhanqing, L.i., Khananian, A., Fraser, R.H. and Cihlar, J. 2001. Automatic Detection of Fire Smoke Using Artificial Neural Networks and Threshold Approaches Applied to AVHRR Imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39: 1859-1870.



ISSN 2251-7480

Atmospheric dust detection using WRF-Chem model and remote sensing data (Case study: West and southwest of Iran)

Morteza Miri^{*1}, Razieh Pilehvaran², Mehran Zand³ and Ali.Akbar Noroozi⁴

1^{*}) Assistant Prof, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

* Corresponding author email: morteza.miri64@gmail.com

2) ME, Lorestan Province Meteorological Administration, Lorestan, Iran.

3) Associate Prof, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

4) Associate Prof, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Received: 01-11-2020

Accepted: 05-05-2021

Abstract

Aerosols play an important role in balancing Earth and atmosphere energy. In the last two decades, aerosols have been recognized as one of the key factors in the global climate change assessment. The purpose of this study, Determine the nature of atmospheric aerosols and simulation of the concentration of these particles in order to detect the sources of their emissions to the west and southwest regions of Iran. In order to, two types of information, including horizontal visibility of data from meteorological stations and the optical depth (AOD) MODIS were used. Two dust events July 5, 2009 and July 1, 2008. In order to determine the nature of atmospheric aerosols, in the software of the ENVI 5.3, the atmospheric aerosol particle size was calculated using the Deep Blue Aerosol Angstrom Exponent Land algorithm and mapped to the Arc GIS and Then they were analyzed. In order to detect the particle emission sources and Simulation of their concentration was performed using the WRF-Chem coupled numerical model, using the advanced MADE-SORGAM scheme. The results of the remote sensing method showed that the aerosol particles in the western and southwestern regions of Iran have a dusty nature. According to the output of the WRF-Chem numerical model in the both of the dust events, the northwestern regions of Iraq and its center were identified as the main sources of dust emissions.

Keywords: Remote sensing; Optical depth; Angstrom; WRF; Simulation; Aerosol.