

آشکارسازی مسیرهای طوفان گرد و غبار با استفاده از مدل‌های عددی و تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: استان اصفهان)

مهدی جعفری^{۱*}، غلامرضا زهتابیان^۲، حسن احمدی^۳، طیبه مصباح‌زاده^۳ و علی‌اکبر نوروزی^۴

۱- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته دکترای بیابان‌زدایی، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، پست الکترونیکی: meh_jafari@alumni.ut.ac.ir

۲- استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۳- استادیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

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

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۵

چکیده

یکی از مهمترین چالش‌های زیست محیطی سال‌های اخیر در منطقه خاورمیانه و ایران، رخداد گرد و غبار می‌باشد. پایش و کنترل کیفیت ذرات گرد و غبار، در سطح وسیع و با روش‌هایی که از سرعت و دقت بیشتر و هزینه کمتری برخوردار باشند، از اهمیت فراوانی برخوردار است. این پژوهش بر آن است که با استفاده از بارزسازی و تحلیل عددی نسبت به تعیین منابع ریزگردها و چگونگی حرکت آنها بر فراز ایران و استان اصفهان در می ۲۰۱۳ پردازد. در این پژوهش از مدل‌های HYSPLIT، NAAPS، COAMPS و تصاویر MODIS استفاده شده است. بارزسازی گرد و غبار بر اساس خصوصیات مربوط به دمای درخشندگی در محدوده مادون قرمز حرارتی سنجنده مادیس ارائه و آستانه‌های دمایی به منظور تفکیک این رخداد از اراضی بیابان و ابرها تعیین گردید. به منظور ردیابی مسیر حرکت ذرات گرد و غبار از مدل HYSPLIT استفاده شد. بر اساس نتایج بدست آمده از پردازش تصاویر و خروجی مدل شمال عربستان و مسیر جنوب‌غربی- شمال‌شرقی به ترتیب منشأ و مسیر اصلی ورود گرد و غبار برای اصفهان محسوب می‌شوند. نتایج مدل HYSPLIT با نتایج مدل COAMPS و NAAPS از لحاظ عمق اپتیکی گرد و غبار و غلظت گرد و غبار سطحی و نحوه حرکت توده غلظت مقایسه و تأیید شده است. بارزسازی تصاویر ماهواره‌ای MODIS نیز ایجاد توده گرد و غبار و حرکت آن را به سمت مرکز ایران و استان اصفهان تصدیق می‌کند.

واژه‌های کلیدی: گرد و غبار، اصفهان، MODIS، HYSPLIT، NAAPS.

مقدمه

توفان گرد و غبار از خطرات طبیعی است که هر ساله ۲۰۰ میلیون تن خاک به اتمسفر وارد می‌کند که ۷۵ درصد آن در زمین و ۲۵ درصد آن در اقیانوس‌ها ترسیب می‌شود (shao et al., 2011). این ذرات بر روی شرایط جوی، تولیدات کشاورزی،

سلامت انسان و اکوسیستم تأثیرگذار است (Akhlaq et al., 2012; Hahnenberger & Nicoll, 2014). گرد و غبار حاصل از دو منبع طبیعی و انسانی، بیشترین مقدار ریزگرد در جو می‌باشد (Alizadeh choobari et al., 2014). وقوع توفان گرد و غبار در مناطق خشک سبب افزایش ذرات معلق نسبت به

گرد و غبار بیان کردند. Ashrafi (۲۰۱۳)، به بررسی توفان گرد و غبار ماه ژوئن ۲۰۱۰ (خرداد ۱۳۹۰) ایران پرداخت. او در این پژوهش با به کارگیری مدل سازی عددی و تصاویر ماهواره ای پدیده گرد و غبار را مطالعه کرد. Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی نقش سطوح خشکیده تالاب گاوخونی بر تولید گرد و غبارهای داخلی با استفاده از تصاویر لندست و گل توفان در شهر اصفهان پرداختند. نتایج حاصل از تحلیل همبستگی، رابطه معکوس معنی داری را بین تعداد روزهای غبار آلود و سطوح خشکیده تالاب در فصول پاییز، بهار و تابستان و در مقیاس سالانه در ایستگاه اصفهان نشان داد. همچنین نتایج حاصل از بررسی جهت حرکت بادهای غبارزا با استفاده از گل توفان ها حکایت از عدم وزش این بادهای از سمت تالاب گاوخونی به سمت اصفهان دارد. Yousefi و Kashi Zenouzi (۲۰۱۵)، به منظور تعیین پارامترهای باد بر پیش بینی پدیده طوفان گرد و غبار در استان یزد از روش ترکیب ورودی شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که بر اساس روش های استفاده شده، بیشترین تأثیر بر پدیده طوفان گرد و غبار را در استان یزد، عوامل سرعت باد غالب، دید افقی، تداوم و میانگین سرعت باد به عهده دارد. Ensafi Moqadam و همکاران (۲۰۱۸)، به واکاوی فراوانی رخدادهای گرد و غبار و بارش همزمان بر اساس دوره مشترک آماری بلندمدت (۲۰۱۶-۱۹۸۶) در ۴۵ ایستگاه سینوپتیک واقع در جنوب غربی ایران پرداختند. نتایج بدست آمده مبتنی بر این یافته است که در منطقه مورد بررسی عمدتاً در ماه های سرد سال (ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، نوامبر و دسامبر) رابطه همبستگی معنی داری در سطح اعتماد ۹۵٪ و ۹۹٪ وجود دارد و در پنج ماه دوره گرم (ژوئن، ژوئیه، اوت، سپتامبر و اکتبر) همبستگی معنی داری مشاهده نمی شود. استان اصفهان در مرکز ایران جزء مناطقی می باشد که به طور گسترده تحت تأثیر توفان های گرد و غباری قرار گرفته است. کثرت وقوع این پدیده در این منطقه و پیامدهای گوناگون ناشی از این پدیده، از جمله پیامدهای زیست محیطی، اختلال در ناوگان هوایی، ریلی، تأثیرات آن در سلامت انسانها، نقش آن در کاهش تولید محصولات کشاورزی و ... ایجاب می کند که بر روی این موضوع مطالعات گسترده ای انجام شود.

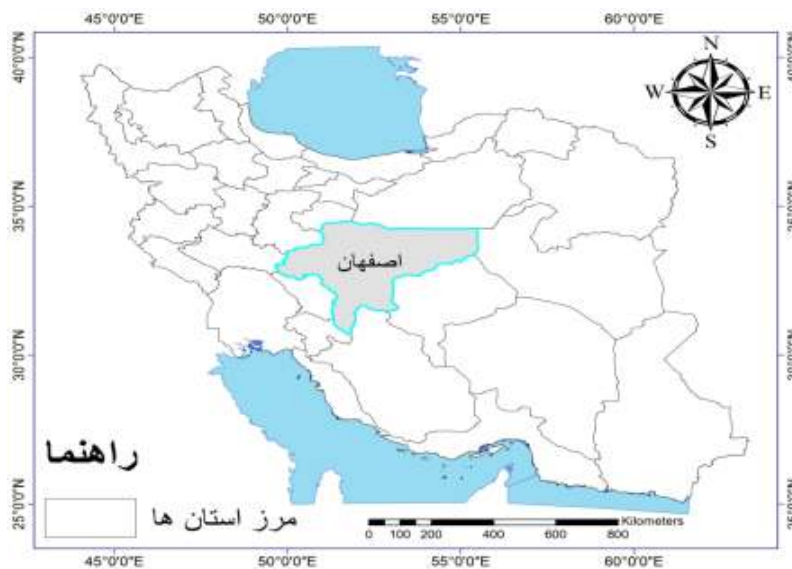
آستانه مجاز شده و این موضوع اثرهای منفی بر سلامت انسان دارد. در بعضی موارد گرد و غبار موجب انتقال باکتری ها، ویروس ها و قارچ های بیماری زا می گردد (Grineski et al., 2011; Johanston et al., 2011). گرد و غبار جزء اصلی ریزگرد اتمسفری است که نقش حیاتی در تابش خورشیدی، حاصلخیزی محیط دریایی، دینامیک و گرمایش اتمسفری دارد (Hansell et al., 2010, Valenzula et al., 2012). خاورمیانه یکی از پنج منطقه جهان می باشد که بیشترین تولید گرد و غبار را دارد (Rezazadeh et al., 2013). ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان، در معرض سیستم های متعدد گرد و غبار محلی و فرامنطقه ای می باشد (Rashki et al., 2013; Goudie, 2014). یکی از راهکارهای اساسی در کنترل آلودگی هایی مانند گرد و غبار، شناسایی چشمه آلودگی است. از جمله روش های یافتن چشمه آلودگی استفاده از روش های سنجش از دور و مدل های عددی مسیر انتقال جریان هوا است که در این حالت مسیرهای برگشت از نقطه گیرنده می توان محل چشمه را مشخص کرد (Potzold et al., 2009). این روش به نسبت زیاد برای نشان دادن نحوه آلودگی و تعیین چشمه به کار می رود (Rousseau et al., 2004). مدل های آلودگی می توانند انتقال ذرات را از چشمه تا مکان نمونه گیری توصیف کنند. با استفاده از مدل های مشابه می توان مکان هوای نمونه گیری شده را به صورت برگشت در زمان محاسبه کرد (Draxler and Hess, 1997). امروزه ترکیب مدل های هواشناختی و مسیر یکی از روش های متداول در مطالعات عددی طوفان های گرد و غبار می باشد (Yerramilli et al., 2010). از جمله مدل های پرکاربرد در زمینه محاسبه مسیر و پخش ذرات، مدل HYSPLIT است. دراکسلر (۲۰۰۶) با استفاده از مدل HYSPLIT انتقال و پخش آلودگی را در واشنگتن بررسی کرد. سیرن و کندراگوتا (۲۰۱۴)، استفاده از تصاویر ماهواره MODIS که در چندین طول موج به جمع آوری اطلاعات می پردازد با توجه به این نکته که اثر ذرات معلق در طول موج های مختلف متفاوت می باشد بسیار مفید خواهد بود. Wang et al. (2011)، با استفاده از مدل HYSPLIT توفان های شن و گرد و غبار را سال ۲۰۰۸ بررسی و چهار منطقه آفریقای شمالی، خاورمیانه و مغولستان را با فراوانی بالای رخداد

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان در میانه ایران با مرکزیت شهر اصفهان، ششمین استان پهناور و سومین استان پرجمعیت ایران می‌باشد. استان اصفهان با مساحتی حدود ۱۰۷۰۱۸ کیلومتر مربع، بین ۳۰ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی خط استوا و ۴۹ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. شکل ۱ موقعیت منطقه را نشان می‌دهد.

پژوهش پیشرو تلاش دارد با بهره‌گیری از مدل‌سازی عددی به شناسایی مسیر و منشأ آلودگی جوی ناشی از رخدادهای گرد و غبار ۱۶ و ۱۷ می ۲۰۱۱ پیردازد. در نهایت با به‌کارگیری ویژگی‌های دمای درخشندگی و اعمال آستانه‌های دمایی، بارزسازی رخداد گرد و غبار با استفاده از تصاویر سنجنده مادیس انجام گردید. نتایج این تحقیق را می‌توان به‌عنوان گامی در جهت پیش‌بینی و پیش‌آگاهی این رخداد در نظر گرفت و با ارائه و راهکار و اقدامات اساسی در این زمینه اثرهای زیانباری این پدیده را در منطقه مورد مطالعه کاهش داد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

سطح توسط سنجنده می‌باشد و بدون در نظر گرفتن گسیلمندی محاسبه شده است با دمای واقعی متفاوت بوده از معکوس کردن رابطه پلانک بدست می‌آید.

$$T = (hc/K \lambda) / (\ln((2hc^2 \lambda^{-5}) / L \lambda + 1)) \quad (1)$$

$$T = \text{دمای روشنایی برحسب کلوین}$$

$$C = (2.988 \times 10^8 (MS-1)) = \text{سرعت نور}$$

$$H = (626/6 \times 10^{-34}) = \text{ثابت پلانک}$$

$$K = (1.3807 \times 10^{-23}) = \text{ثابت بولتزمن}$$

$$L \lambda = (wm^2 - 2\mu m^2 - 1sr^{-1}) = \text{تابش طیفی}$$

$$\lambda = \text{طول موج مرکزی هر باندها} (\mu m)$$

در تحقیق پیشرو از تصاویر سنجنده مادیس، محصول MOD02 استفاده شده است. تصاویر مربوطه با فرمت HDF و اطلاعات جانبی و فراداده‌های تصاویر نیز در داخل آن گنجانده شده است. تصاویر به کمک برنامه MCTK تصحیح هندسی شدند. این برنامه به صورت افزونه روی نرم‌افزار ENVI قرار می‌گیرد که توانایی استخراج و تصحیح هندسی تمام محصولات رایج مادیس را دارد. برای تصحیح هندسی از سیستم تصویر جغرافیایی با نوع بیضوی WGS-84 استفاده شد که با روش نزدیکترین همسایه بازخوانی شدند. دمای درخشندگی که دمای متناظر با انرژی تابشی دریافت شده از

می‌باشد (San-Chao *et al.*, 2007). در این تحقیق برای ردیابی مسیر باد مؤثر در انتقال پدیده گرد و غبار، با مراجعه به سایت NOAA و دریافت داده‌های روزانه با فرمت GDAS (سامانه یکپارچه سازی داده‌های جهانی) با قدرت تفکیک ۰/۵ درجه در ۰/۵ برای روزهای همراه با گرد و غبار نقشه‌های ردیابی مسیر باد با استفاده از مدل HYSPLIT و نرم‌افزارهای جانبی آن تهیه و مورد بررسی قرار گرفتند. در این پژوهش برای ردیابی مسیر باد با استفاده از مدل HYSPLIT از روش Backward استفاده شده است. به طوری که همزمان با ورود اولین گرد و غبار وارد شده به منطقه مورد مطالعه مسیر باد برای ۴۸ ساعت قبل از آن مورد بررسی قرار گرفته است. در واقع مسیر باد برای روز قبل از وقوع گرد و غبار در ایستگاه‌های درگیر با این پدیده مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این مطالعه از نتایج مدل NAAPS و COAMPS برای عمق اپتیکی و غلظت گرد و غبار سطحی استفاده شد.

نتایج

برای بارزسازی پدیده گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه همزمان با شکل‌گیری اولین هسته گرد و غبار در نواحی خارج از منطقه تصاویر ماهواره‌ای از سایت MODIS گرفته شد و طی مدت زمان حضور این پدیده در منطقه تا خروج آن، تصاویر با استفاده از روابط ذکر شده در بخش روش کار مورد پردازش قرار گرفت و در نهایت پدیده گرد و غبار روی تصاویر به رنگ قرمز نشان داده شد. در روز شانزدهم و هفدهم می، گرد و غبار شدیدی در ایستگاه‌های استان اصفهان سبب کاهش دید افقی به کمتر از ۱۰۰۰ متر گردید. بررسی‌های بدست‌آمده از آشکارسازی تصاویر ماهواره‌ای در این دوره زمانی گویای شکل‌گیری هسته اولیه گرد و غبار در شمال عربستان است. به طوری که با تقویت این و گسترش مکانی آن در روز شانزدهم، این پدیده ایستگاه‌های استان اصفهان را تحت تأثیر قرار داد. با ضعیف شدن و از میان رفتن سرچشمه تغذیه در منطقه منشأ در روز هجدهم این پدیده از منطقه مورد مطالعه خارج گردید.

در حالت عادی دمای درخشندگی طول موج ۱۱ میکرومتر بیشتر است ولی هنگام گرد و غبار این وضعیت عکس می‌شود. از آنجایی که آلیدوی رخداد گرد و غبار در طول موج ۱۲ میکرومتر بیش از طول موج ۱۱ میکرومتر است، بنابراین تفاوت دمای درخشندگی گرد و غبار در طول موج‌های ۱۱ میکرومتر (باند ۳۱) و ۱۲ میکرومتر (باند ۳۲) امکان استخراج گرد و غبار را فراهم می‌نماید. بدین صورت که مقادیر کوچکتر از صفر ($\Delta BT_{31, 32} < 0$) بیانگر مناطق دارای گرد و غبار است، زیرا این پدیده بازتابش بالاتری در محدوده طول موج ۱۲ نسبت به ۱۱ میکرومتری دارد. در این حالت، ابرها و گرد و غبار از هم جدا می‌شوند. از آنجایی که اختلاف دمای درخشندگی باندهای ۱۱ و ۱۲ میکرومتری برای گرد و غبار منفی است، بنابراین حد آستانه جهانی برای تفکیک گرد و غبار می‌تواند صفر در نظر گرفته شود. در این حالت مقادیر منفی، طوفان گرد و غبار را نشان می‌دهد. برای جداسازی اراضی بیابانی و ابر از پدیده گرد و غبار به ترتیب از شاخص MNDVI و آستانه دمایی ۲۹۰ درجه کلون در باند ۳۲ استفاده گردید. لازم به ذکر است که دمای آستانه کمیته است که با توجه به منطقه مورد بررسی و فصل سال برای جداسازی ابر و با استفاده از آن به‌کارگیری رویدادهای گوناگون گرد و غباری در این منطقه به‌طور تجربی بدست آمده است. شاخص MNDVI از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$MNDVI = (NDVI_2) / (B_2) \quad (2)$$

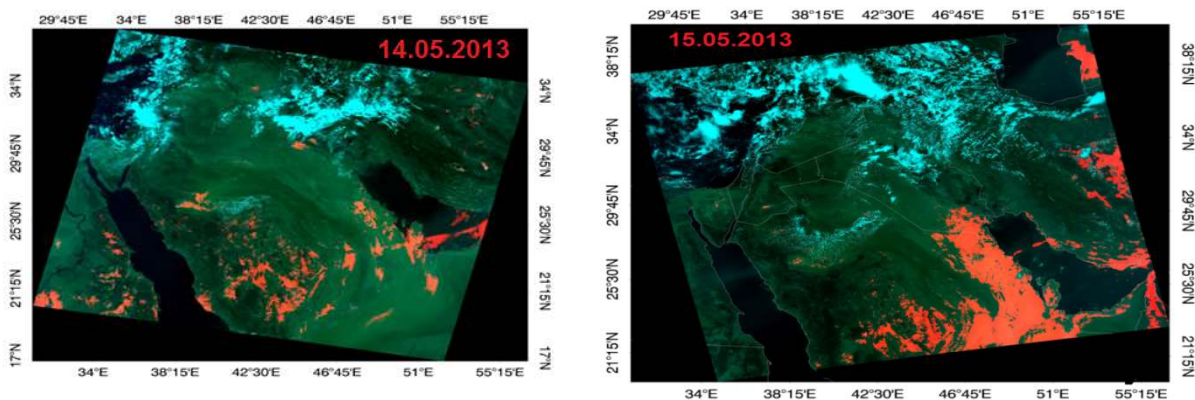
$$NDVI = (B_2 - B_1) / (B_2 + B_1) \quad (3)$$

که B₁ و B₂ به ترتیب باندهای شماره ۱ و ۲ در سنجنده مادیس هستند.

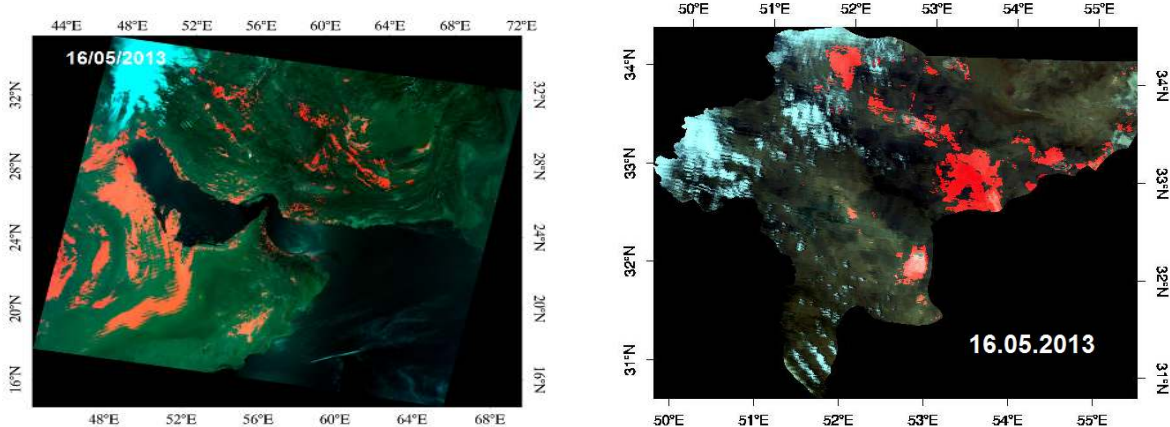
$$Dust = (b_{31} - b_{32}) \text{ lt } 0 \text{ and } (b_1) \text{ lt } 0.08 \quad (4)$$

$$BT = (b_1) \text{ gt } 0 \text{ and } (b_{32}) \text{ gt } 290 \quad (5)$$

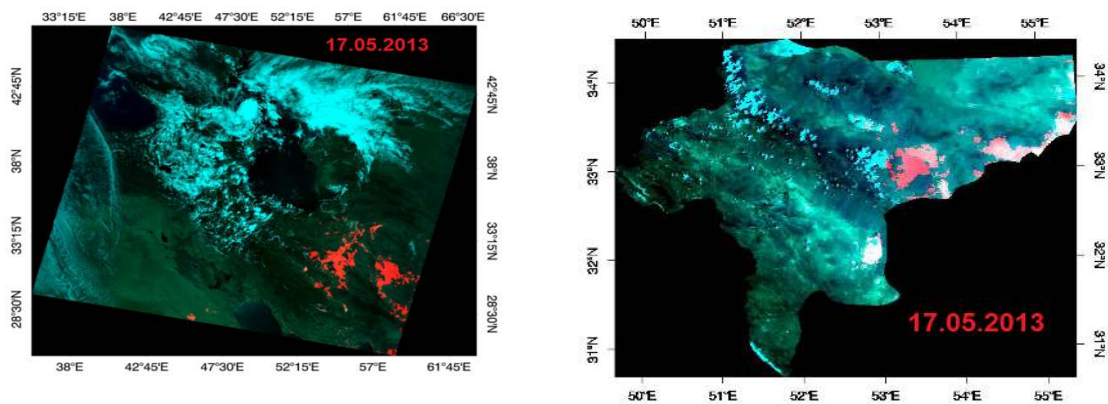
در رابطه (۴) $b_1 = MNDVI$ و در رابطه (۵) $b_1 = Dust$



شکل ۲- تصویر رنگ حقیقی گرد و غبار بارزسازی شده در ۱۴ و ۱۵ می ۲۰۱۳ (۲۴ و ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۲)



شکل ۳- تصویر رنگ حقیقی گرد و غبار بارزسازی شده در ۱۶ می ۲۰۱۳ (۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲)

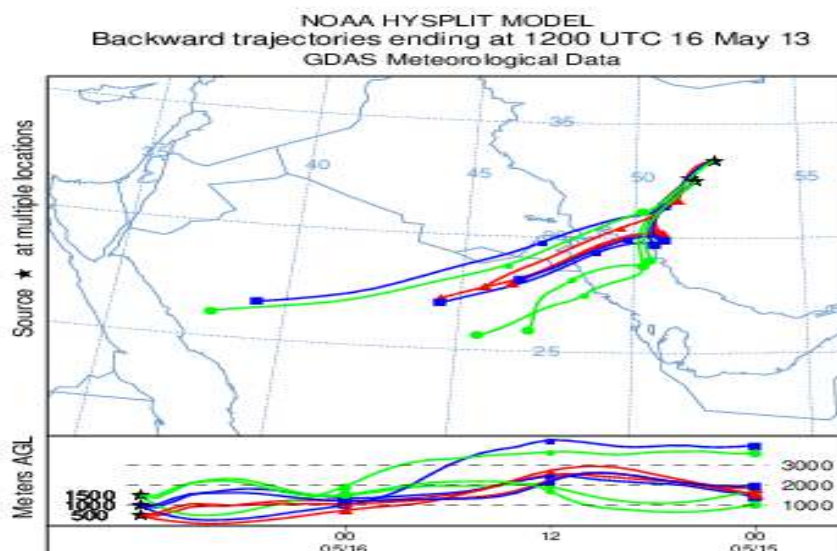


شکل ۴- تصویر رنگ حقیقی گرد و غبار بارزسازی شده در ۱۷ می ۲۰۱۳ (۲۷ اردیبهشت ۱۳۹۲)

تحلیل عددی

زمین رسیده‌اند ذراتی هستند که تا ارتفاع ۱۰۰۰ متری در ۴۸ ساعت قبل بوده‌اند و همراه جریانات جوی به سمت شمال شرق پیشروی داشته‌اند. ذراتی که در ارتفاع ۵۰۰ متری از سطح زمین قرار دارند و موجب کاهش دید افقی می‌شوند، منشأ آنها در ۴۸ ساعت قبل در روز ۱۴ می کشور عربستان بوده است. در تاریخ ۱۶ می ۲۰۱۳، حداقل دید افقی در ایستگاه‌های نطنز، کبوترآباد و اردستان ناشی از پدیده گرد و غبار به ترتیب ۱۰۰۰، ۵۰۰ و ۸۰۰ کاهش یافته که با تصاویر ماهواره‌ای هم‌خوانی دارد.

در این پژوهش مدل HYSPLIT به منظور مسیریابی پسگرد برای سه ایستگاه همدید کبوترآباد، نطنز و اردستان در تاریخ ۱۶ می ۲۰۱۳ اجرا و ذرات در سه سطح ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متری از سطح زمین و حداقل ۴۸ ساعت قبل از زمان وقوع طوفان ردیابی شدند (شکل ۵). بررسی‌های مسیر انتقال ذرات در رخداد گرد و غبار می ۲۰۰۱ بیانگر آن است که ذرات گرد و غبار در ارتفاعات مختلف مسیر مشابهی را از جنوب غرب به شمال شرق تا ایستگاه‌های نطنز، کبوترآباد و اردستان را پیموده‌اند. ذراتی که به ارتفاع ۵۰۰ متری از سطح

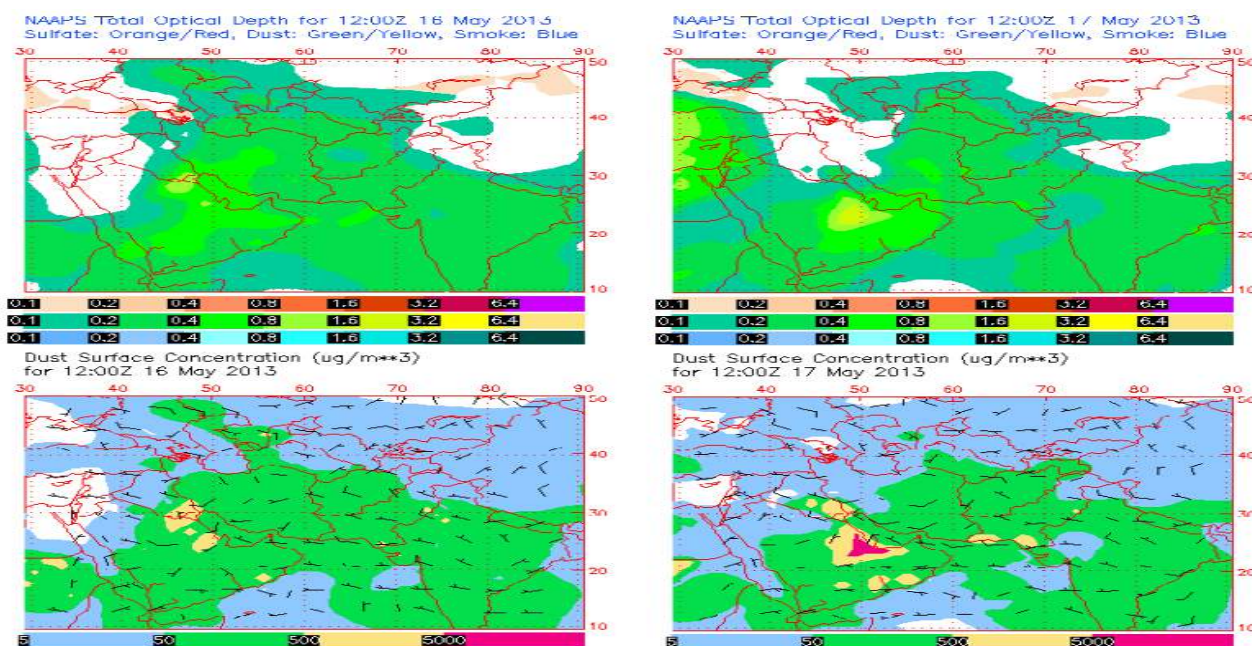


شکل ۵- نتایج خروجی مدل HYSPLIT در ایستگاه‌های سینوپتیکی نطنز، کبوترآباد و اردستان

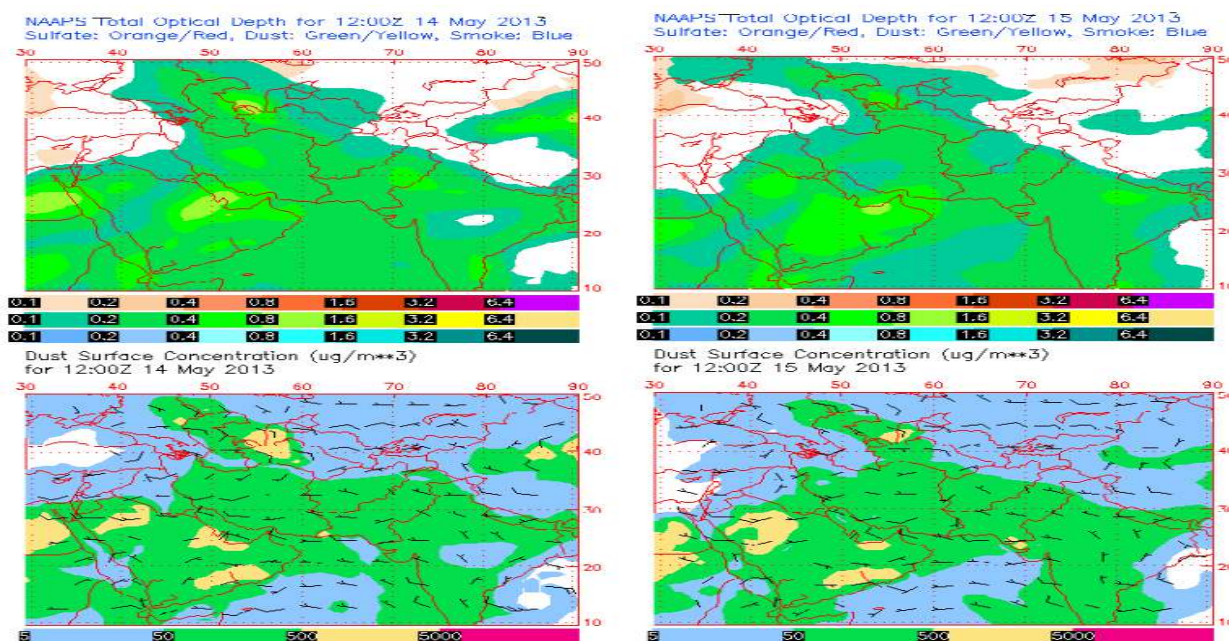
چگونگی حرکت گرد و غبار و همچنین با تصاویر ماهواره‌ای MODIS هم‌خوانی و تأیید شده است. مدل COAMPS نیز عمق اپتیکی گرد و غبار را در روزهای ۱۴ تا ۱۷ می ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. در روز ۱۴ و ۱۵ می، مناطق شمال عربستان دارای عمق اپتیکی بالایی بوده است و در روز ۱۶ شمال غرب عربستان دارای مقادیر بالای عمق اپتیکی (بالا تر از ۳/۲) می‌باشد. در شکل ۸ نتایج مدل COAMPS برای روزهای ۱۴ تا ۱۷ می ۲۰۱۳ آمده است.

نتایج مدل NAAPS و COAMPS

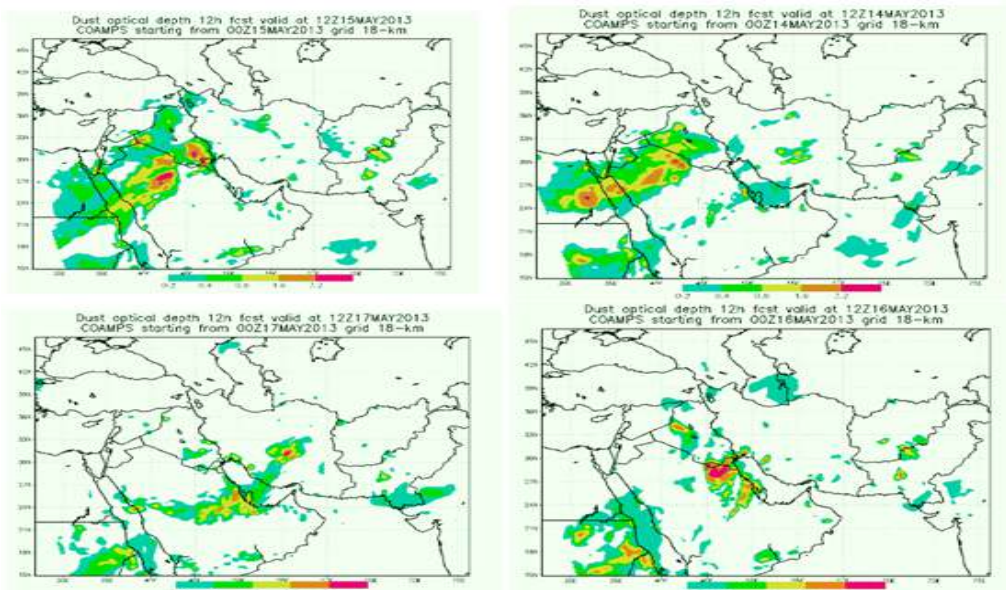
در روز ۱۴ و ۱۵ می ۲۰۱۳ غلظت سطحی و عمق اپتیکی در شمال و شمال غرب عربستان بالاست، به طوری که با حرکت توده حامل گرد و غبار به سمت ایران، در روز ۱۶ و ۱۷ می غلظت سطحی و عمق اپتیکی در منطقه جنوب عراق و منطقه جنوب غربی ایران نیز بالاست. در شکل ۶ و ۷ نتایج مدل NAAPS برای روزهای ۱۴ تا ۱۷ می ۲۰۱۳ آمده است. نتایج مدل NAAPS با مدل HYSPLIT برای تعیین منبع و



شکل ۶- نتایج مدل NAAPS برای عمق اپتیکی کل (سولفات، گرد و غبار و دود) و غلظت گرد و غبار سطحی برای روزهای ۱۴ و ۱۵ می در بازه زمانی یکروزه



شکل ۷- نتایج مدل NAAPS برای عمق اپتیکی کل (سولفات، گرد و غبار و دود) و غلظت گرد و غبار سطحی برای روزهای ۱۶ و ۱۷ می در بازه زمانی یکروزه



شکل ۸- نتایج مدل COAMPS برای پیش‌بینی عمق اپتیکی گرد و غبار سطحی برای روزهای ۱۴ تا ۱۷ می ۲۰۱۳ در بازه‌های زمانی یک‌روزه

بحث

گرد و غبارهای وارد به منطقه مورد مطالعه شامل بیابان‌های شمال صحرای عربستان می‌باشد. بررسی نقشه‌های رهگیری جریان باد حاصل از مدل برای نمونه‌های انتخابی را نشان می‌دهد. مسیر کلی برای انتقال گرد و غبار به منطقه مورد مطالعه براساس نتایج مدل HYSPLIT بدست آمد. مسیر جنوب‌غربی-شمال‌شرقی است، این مسیر با عبور از جنوب عراق و شمال خلیج فارس عمل انتقال گرد و غبار را انجام می‌دهد. بررسی ارتفاعی، ذرات انتشار یافته را نشان می‌دهد. ذرات گرد و غبار در لایه‌های بالایی به سمت ایران جریان پیدا کرده و در سطوح پایین‌تری به اصفهان رسیده است. در این تحقیق از مدل HYSPLIT برای تعیین منبع و چگونگی حرکت توده گرد و غبار استفاده شده و نتایج آن با نتایج مدل COAMPS و NAAPS از لحاظ عمق اپتیکی گرد و غبار و غلظت گرد و غبار سطحی و نحوه حرکت توده غلظت و همچنین با تصاویر MODIS مقایسه و تأیید شده است.

منابع مورد استفاده

- Akhlaq, M., Sheltami, T. R. and Mouftah, H. T., 2012. A review of Techniques and Technologies for sand and dust storm detection. Reviews in journal of

توفان‌های گرد و غبار با توجه به ماهیت بزرگ مقیاس خود به بررسی جامعی نیاز دارند که ضمن شناخت عوامل تأثیرگذار در افزایش این پدیده، مناطق مولد آن نیز باید شناخته شوند تا در نهایت منجر به اقدامات عملی برای کاهش آن شود. بررسی توفان‌های گرد و غبار می‌تواند موجب شناخت مناسبی از الگوهای جوی منجر به این پدیده شود و ردیابی بادهای حامل ذرات گرد و غبار را فراهم کند. کاربرد ویژگی‌های مربوط به دمای درخشندگی و اعمال آستانه‌های دمایی به منظور تفکیک گرد و غبار از عوارض زمینی به‌ویژه در مناطق با پس‌زمینه روشن که دارای بازتابندگی مشابه هستند و نیز تفکیک گرد و غبار از ابرها، در بارزسازی گرد و غبار یاری‌رسان بوده است که با نتایج مطالعات Shao (۲۰۱۲)، Karimi (۲۰۱۲)، Zhao و همکاران (۲۰۱۱) و Qu و همکاران (۲۰۰۶) همخوانی دارد. بارزسازی گرد و غبار روی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که گرد و غبار وارد شده به منطقه مورد مطالعه از کانون اصلی شمال و شمال‌غرب عربستان منشأ می‌گیرد. به‌طورکلی، با توجه به تصاویر ماهواره‌ای در روز شروع و روز اوج گرد و غبار، منابع اصلی

- with mortality in Sydney, Australia 1994-2007. *Journal of Environmental Research*, 111(12): 811-816.
- Karimi, N., Moridnejad, A., Golian, S., Samani, J. M. V., Karimi, D. and Javadi, S., 2012. Comparison of dust source identification techniques over land in the Middle East region using MODIS data. *Can. J. Journal of Remote Sensing*, 38(5): 586-599.
 - Rashki, A.; Kaskaoutis, D. G.; Goudie, A. S. and Kahn, R. A., 2013. Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. *Journal of Science of the total environment*, 434(3): 552-564
 - Reza zadeh, M, Irannejad, P. and Shao, Y., 2013. Climatology of the Middle East events. *journal of Aeolian Research*, 10: 103- 109.
 - Rousseau, D. D., Duzer, D., Etienne, J. L., Cambon, G., Jolly, D., Ferrirer, J. and Schevin, P., 2004. Pollen record of rapidly changing air trajectories to the North Pole. *Journal of Geophysical Research*, 109(D06), DOI: 10. 1029/2003Jd003985.
 - San-chao, L., Qinhuo, L., Maofang, G. and Liangfu, C., 2007. Detection of dust storms by using daytime and nighttime multi-spectral MODIS images. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006. IGARSS 2006. IEEE International Conference on*. 294-296.
 - Petzold, A., Rasp, K., Weinzierl, B., Esselborn, M., Hamburger, T. and Dornbrack, A., 2009. Saharan dust absorption and refractive index from aircraft-based observation during SAMUM 2006. *Tellus*, 61(1):118-130.
 - Qu, J., Hao, X., Kafatos, M. and Wang, L., 2006. Asian dust storm monitoring combining Teera and Aqua MODIS SRB measurements. *Journal of IEEE Geosciences and Remote Sensing Letters*, 3(4): 484-486.
 - Shao, Y., Wyrwoll, K. H., Chappell, A., Huang, J., Lin, Z., McTainsh, G. H., Mikami, M., Tanaka, T. Y., Wang, X. and Yoon, S., 2012. Dust cycle: a emerging core the main Earth system science. *Journal of Aeolian Research*, 2: 181-204.
 - Yerramilli, A., Rao Dodla, V. B., Challa, V. S., Myles, L., Pendergrass, W. R., Vogel, C. A. Dasari, H. P., Tuluri, F., Baham, J. M., Hughes, R. L., Patrick, C., Young, J. H., Swanier, S. J. and Hardy, M. G., 2011. An integrated WRF/HYSPLIT modeling approach for the assessment of PM_{2.5} source regions over the Mississippi Gulf Coast region. *Journal of Air Quality, atmosphere and Health*, 5(4): 401-412.
 - Valenzuela, A., Olmo, F. J., Lyamani, H., Anton, M., Quirantes, A. and Alados-Arboledas, L., 2012. Aerosol radioactive forcing during African desert Environmental Science and Biotechnology, 11(3):305-322.
 - Alizadeh Choobari, O., Zawar-Reza, P. and Sturman, A., 2014. The global Distribution of mineral dust and its impacts on the climat system: a review. *Journal of Atmospheric Research*, 138(1):152-165.
 - Ashrafi, K., Shafipour motlagh, M. and Aslmand, A., 2013. Pathways dust storm on the use of numerical modeling and satellite images. *Journal of Environment*, 56: 3-12.
 - Ciren, P. and Kondragunta, S., 2014. Dust aerosol index(DAI) algorithm for MODIS. *Journal of Geophysical Research, Atmospheres* 119(8):2347-2368.
 - Draxler, R. R., 2006. The use of global and mesoscale meteorological data to predict the transport and dispersion of tracer plumes over Washington, D. C. *Journal of Weather Forecast*, 21 (3):383-394.
 - Draxler, R. R. and Hess, G. D., 1997. Description of HYSPLIT_4 modeling system: NOAA technical memorandum. ERL ARL-224. P1-25.
 - Ebrahimi, Z., Vali, A. A., khosroshahi, M. and ghazavi, R., 2017. Investigation of the role of bed dried Gavkhoni wetland on the production of the internal dust using remote sensing and dust storms (Case study :Isfahan province). *Journal of Range and Desert Research*, 24(1): 152-164.
 - Ensafi Moqaddam, T., Khoshakhlagh, F., Shamsipour, A. A., Akhavan, R., Safarrad, T. and Amir Aslani, F., 2018. Analyses of Simultaneous dustfall and rain events frequency in southwestern of Iran. *Journal of Range and Desert Research*, 25(3): 546-555.
 - Hahnenberger, M. and Nicool, K., 2012. Meteorological characteristics of dust storm events in the eastern Great Basin of Utah, U.S.A. *Journal of Geomorphology*, 204(2): 657-672.
 - Hansell, R. A., Tsay, S. C., Ji, Q., Hsu, C. N., Jeong, M. G. and Wang, S. H., 2010. An assessment of the surface long wave direct radioactive effect of airborne Saharan dust during the NAMMA field campaign. *Journal of Atmospheric Sciences* 67(4):1048-1065.
 - Goudie, A. S., 2014. Review desert dust and human health disorders. *Journal of Environment International*, 63(3): 101-113.
 - Grineski, S. E., Staniswalis, J. G., Bulathsinhala, P., Peng, Y. and Gill, T. E., 2011. Hospital admissions for asthma and acute bronchitis in El Paso, Texas: do age, sex, and insurance status modify the Effects of dust and low wind events. *Journal of Environmental Research* 111(8):1148-1155.
 - Johanston, F., Hanigan, I., Henderson, S., Morgan, G. and Bowman, D., 2011. Extreme air pollution events from brushfires and dust storms and their association

- Zhao, C., Liu, X., Ruby Leung, L. and Hagos, S., 2011. Radiative impact of mineral dust on monsoon precipitation variability over West Africa. *Journal of Atmosphere. Chemical Physics Letters*, 11:1879-1893.
- Wang, Y., Stein, A., Draxler, R., Rosa, D. and Zhang, X., 2011. Global sand and dust storms in: Observation and HYSPLIT model verification. *Journal of Atmospheric Environment*: 45: 259-273.
- dust events (2005-2010) over South-Eastern Spain. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics* 12(3), 59-622.
- Yousefi, M. and Kashi Zenouzi, L., 2015. Nomination the most suitable of input combination of artificial neural networks method to purpose nomination the Wind parameters on the prospect of dust storms phenomenon (case study: yazd province). *Journal of Range and Desert Research*, 22(2): 240-250.

Detection of dust storm paths using numerical models and satellite images (Case study: Isfahan province)

M. Jafari^{1*}, Gh. Zehtabian², H. Ahmadi², T. Mesbahzadeh³ and A.A. Noroozi⁴

1*- Corresponding author, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: meh_jafari@alumni.ut.ac.ir

2- Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

3- Assistant Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

4- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management, Agriculture Research, Education and Extension organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 02/24/2018

Accepted: 04/11/2018

Abstract

Dust pollution is one of the most important environmental challenges in recent years in the Middle East and Iran. It is important to monitor and control the quality of dust particles in a wider range using the methods that are more cost effective and less costly. The present study aims to use numerical detection and analysis to determine the resources of dusts and the route over Iran and Isfahan province in May 2013. In this research, HYSPLIT, NAAPS, COAMPS models and MODIS images were used. The detection of dust was determined based on the characteristics of the brightness temperature in the infrared thermal range of the Modis sensor and the temperature thresholds for distinguishing this event from desert lands and clouds. The HYSPLIT model was used to track the movement path of dust particles. Based on the results obtained from image processing and model output, North of Saudi Arabia and Southwest – Northeast direction are respectively the origin and main route of dust entry to Isfahan. The results of HYSPLIT model were compared with the results of the COAMPS and NAAPS models for the optical dust depth and surface dust concentration and the mass flow rate. The detection of the MODIS satellite images also acknowledges the creation of dust and moving it towards the center of Iran and the province of Isfahan.

Keywords: Dust, Isfahan, MODIS, HYSPLIT, NAAPS.