فصلنامه علوم محیطی، دوره شانزدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷

۱۰۱-۱۱۰

شناسایی چشمه‌ها و ردیابی مسیرهای ورود توفان‌های گردوغبار از منابع داخلی به کلان‌شهر اراک با استفاده از مدل HYSPLIT

امیر انصاری*و رضا جمشیدی

گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۸

انصاری، ا. و ر. جمشیدی. ۱۳۹۷. شناسایی چشمه‌ها و ردیابی مسیرهای ورود توفان‌های گردوغبار از منابع داخلی به کلانشهر اراک با استفاده از مدلHYSPLIT. فصلنامه علوم محیطی. ۱۶ (۱): ۱۰۱- ۱۱۰.

سابقه و هدف: کلان‌شهر اراک به دلیل قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه‌خشک و مجاورت با کانون‌های مهم فرسایش بادی به‌ویژه تالاب کویری میقان با مشکل آلودگی هوا مواجه است و هم‌اکنون جزء ۸ شهر آلوده کشور است. هدف اصلی این پژوهش شناسایی چشمه‌ها و ردیابی مسیر ورود گردوغبار از منابع داخلی به کلان‌شهر اراک با استفاده از مدل HYSPLIT و مقایسه نتایج با مدل NAAPS و تصاویر ماهواره‌ای MODIS است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش با استفاده از مدل HYSPLIT، مدل NAAPS، تصاویر ماهواره‌ای MODIS و داده‌های هواشناسی GDAS مربوط به مرکز NCEP برای ۲۲ ژوئن سال ۲۰۱۶ (۲ تیر ماه ۱۳۹۵) انجام شد. مدل‌سازی از روش ردیابی پس‌گرد برای تعیین مسیر حرکت ذرات گردوغبار در ۳ ایستگاه با ۳ ارتفاع ۱۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ متر اجرا شد.

نتایج و بحث: نتایج نشان می‌دهد که اغلب مسیرهای به‌دست‌آمده نه تنها از کویر کاشان و اراضی بیابانی قم گذشته و منشاء توفان گردوغبار ذکر شده، بلکه تالاب کویری میقان و اراضی بیابانی اطراف آن به‌عنوان چشمه و کانون گردوغبار کلان‌شهر اراک هستند. مسیر رو به جلوی گردوغبار از تالاب کویری میقان، کویر کاشان و اراضی بیابانی قم تا فاصله بیش از ۴۰۰ کیلومتر به سمت شمال غرب کشور انتقال می‌یابد و کیفیت هوای شهرهای اراک، شازند، همدان و حتی سنندج را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

نتیجه‌گیری: این نتایج مطابقت خوبی با عمق اپتیکی گردوغبار و میزان گردوغبار سطحی بر اساس مدل NAAPS و میزان غلظت ذرات معلق در شهرهای مسیر انتشار گردوغبار و همچنین منطبق با بررسی‌های گذشته بر اساس سنجش از دور و فرسایش بادی داشته و بیانگر این است که مدل‌های عددی توانایی ردیابی مسیر و شناسایی چشمه توفان‌های گردوغبار را دارند.

واژه‌های کلیدی: کلان‌شهر اراک، تالاب میقان، گرد و غبار، مدل HYSPLIT ، مدل NAAPS.

مقدمه

*Corresponding Author. *E-mail Address*: a-ansari@araku.ac.ir

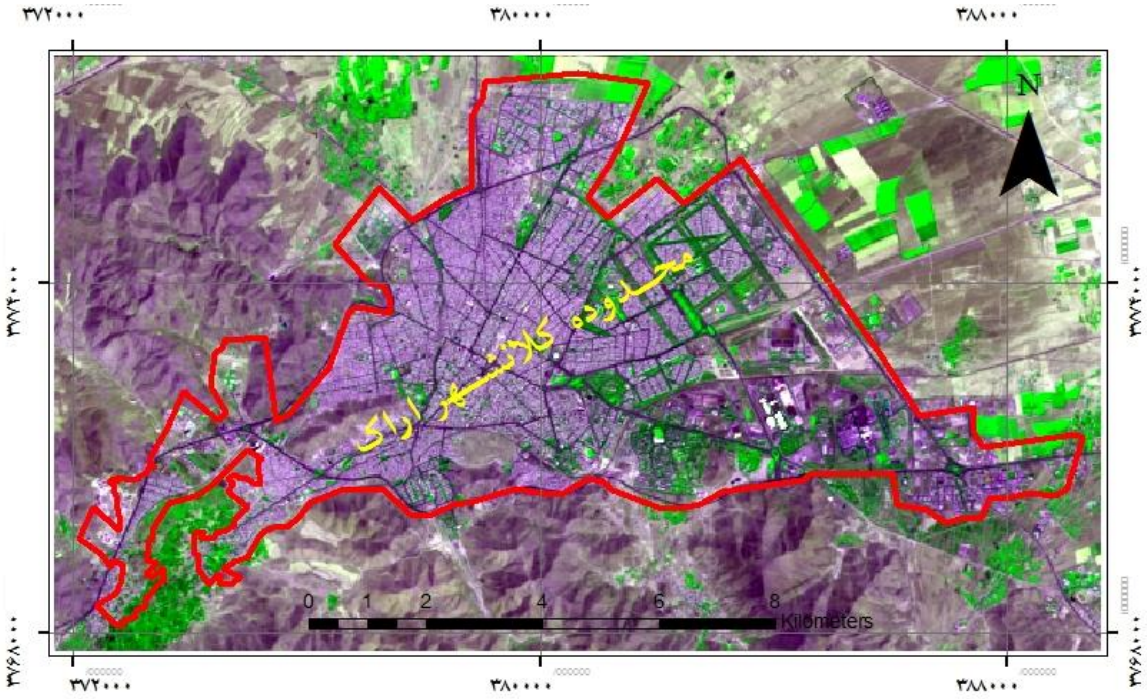
گردوغبار یکی از پدیده‌های متداول و در ردیف بزرگترین مشکلات جوی محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. به‌طوری‌که این پدیده هر ساله آثار مخربی برای ساکنان این مناطق در پی دارد. در سال‌های اخیر آلودگی ناشی از ذرات گردوغبار به یکی از مشکلات زیست‌محیطی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است از آنجا که کشور ما نیز در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد، بررسی این پدیده ضرورت دارد (Farajzadeh, 2013). مهمترین منشاء شکل‌گیری توفان‌های گردوغبار بیشتر در مناطقی که سطح آنها فاقد پوشش گیاهی و پوشیده از شن و خاک رس و گل خشک‌شده دشت‌های سیلابی و حوضه‌های آبرفتی و پهنه‌های نمکی و بیابانی کنار بستر دریاچه‌ها است. توفان‌های گردوغبار ایران به دودسته توفان‌های با منشاء داخلی و توفان‌های با منشاء خارجی تقسیم می شود. (Zolfaghari and Abedzadeh, 2005). اراضی بیابانی و کویری تالاب میقان اراک با مساحتی بالغ بر ۵۰ هزار هکتار در شرق و شمال شهر اراک به‌عنوان یکی از ۱۸۷ کانون مهم بیابان‌زایی و انتشار گردوغبار در مرکز کشور است. کلان‌شهر اراک جزء ۸ شهر آلوده کشور است و به دلیل وجود منابع متعدد انتشار آلودگی هوا در اغلب سال‌ها بیش از ۵۰ درصد روزها ناسالم است و هم‌اکنون آلاینده اصلی در شهر اراک گردوغبار است. مساحت ۱۱۱۲۳/۴۸ هکتار معادل ۴۶/۳۰ درصد از محدوده منطقه شکارممنوع تالاب میقان به‌عنوان کانون انتشار گردوغبار است. میزان نرخ انتشار گردوغبار از تالاب میقان برابر ۱۰۶۷/۷۱ تن بر سال محاسبه شده است. غلظت گردوغبار در فصل تابستان در شرایط بیشینه توفان گردوغبار، در شهر اراک برابر ۲۱۴/۹۷ میکروگرم بر متر مکعب است (Ansari, 2017). ابطحی در سال ۱۳۹۲ در مطالعه ارزیابی فرسایش بادی حوضه کاشان نشان داد که فرسایش بادی شدید و بسیار شدیدی در حدود ۷۳ و ۱۰۰ درصد از منظر وضعیت کنونی و استعداد طبیعی وجود دارد. با انجام عملیات تثبیت شن و جنگل‌کاری‌های اخیر، معضل جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای و ماسه‌های روان تا حدی برطرف شده است اما تبدیل شدن پلایاهای[1] موجود به منطقه برداشت گردوغبار به‌خصوص در خشک‌سالی‌های اخیر، موضوعی است که محیط زیست کل منطقه و شهرهای پیرامون را تحت‌الشعاع خود قرار داده است. تنها راهکار مبارزه با این معضل، رعایت حقابه پلایاهای دریاچه نمک و حوض سلطان و افزایش میزان آب ورودی به آن است (Abtahi, 2013). تصاویر MODIS کاربردهای فراوانی در بحث گردوغبار دارند و تاکنون مقالات فراوانی درباره کاربرد این تصاویر در شناسایی منابع و تحلیل مسیرهای حرکتی توفان‌های گردوغباری به چاپ رسیده است. MODIS اطلاعات خود را از ماهوارهای TERRA و AQUA دریافت می‌کند که این تصاویر عمق اپتیکی را در تمام سطح کره زمین در مدت زمان ۱ تا ۲ روز به دست می‌دهد و هرچه این عمق کمتر باشد مقدار گردوغبار در جو بیشتر است. از پارامترهای مهم در بررسی هواویزهای ناشی از گردوغبار، عمق اپتیکی هواویز (AOD^2) است. به‌طور خلاصه می‌توان عمق اپتیکی کمتر از ۰/۱ را به عنوان شاخص آسمان صاف و بدون گردوغبار و شفاف با حداکثر قابلیت دید به کاربرد در حالی که عمق اپتیکی ۴ نشان‌دهنده حضور حجم متراکمی از هواویزها است که مانع از رسیدن نور خورشید به سطح زمین می شوند (Ashrafi *et al.*, 2013). یکی از مشکلات اساسی در بررسی آلودگی مانند گردوغبار تعیین کمی رابطه بین کیفیت هوا و چشمه آلودگی است. شناسایی چشمه آلودگی اولین گام در فرایند تعیین استراتژی موثر برای کنترل آلودگی است. روش‌های مختلفی مانند سنجش از دور، بررسی نقشه‌های هواشناسی، هم‌دیدی، روش‌های عددی و غیره برای این منظور به کار گرفته می‌شود. یکی از راه‌های یافتن منابع آلودگی استفاده از مسیر انتقال جریان هوا

است در این حالت مسیرهای برگشت از نقطه گیرنده می‌تواند محل چشمه را مشخص کند (Petzold *et al.*, 2009). این روش برای نشان دادن نحوه پخش آلودگی و تعیین چشمه بسیار به کار گرفته شده است (Rousseau, 2004). خطای محاسبه مسیر به‌صورت معمول حدود ۲۰ درصد است (Stohl, 1998) که این خطا را می‌توان با استفاده از مجموعه‌ای از مسیرها کاهش داد. مدل‌های پخش انتقال ذرات را از چشمه تا مکان نمونه‌گیری توصیف می‌کنند. با استفاده از مدل‌های مشابه می‌توان مکان هوای نمونه‌گیری ده را به صورت برگشت در زمان محاسبه کرد (Draxler and Hess, 1998). بنابراین دینامیک باد نقش اساسی در انتقال و پخش ذرات بازی می‌کند (Salazar *et al.*, 1994). روش محاسبه این مدل ترکیبی میان دیدگاه‌های اویلری (مجموع غلظت ذرات در هر شبکه در طول مسیر حرکت تعیین می‌شود) و لاگرانژی (غلظت ذرات برای هر شبکه با استفاده از پخش و انتقال ذرات انجام می‌شود) است و به همین دلیل HYSPLIT را مدلی دوگانه می‌نامند (Lee *et al.*, 2007; Draxler *et al.*,1998). هدف اصلی این پژوهش شناسایی چشمه‌ها و ردیابی مسیر ورود گردوغبار از منابع داخلی به کلان‌شهر اراک با استفاده از مدل HYSPLIT و مقایسه نتایج با مدل NAAPS و تصاویر ماهواره‌ای MODIS است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

کلان‌شهر اراک، مرکز استان مرکزی کمتر از دو قرن پیش در زمان حکومت فتحعلی شاه قاجار ایجاد شد. این شهر ابتدا قلعه سلطان‌آباد و سپس شهر سلطان‌آباد نام گرفت و در سال ۱۳۱۶ خورشیدی با عبور راه‌آهن سراسری از کنار آن به اراک تغییر نام داد. و در آن زمان به‌عنوان یک باغ‌شهر زیبا مطرح بود. از دهه ۱۳۴۰ با استقرار صنایع بزرگ در محدوده شهر تبدیل به یک شهر صنعتی شد. امروزه کلان‌شهر اراک با مساحت ۱۰ هزار هکتار در مختصات ′۴۲ °۴۹ طول جغرافیایی و ′۵ °۳۵ عرض جغرافیایی در فلات مرکزی ایران قرار گرفته است. این شهر به دلیل قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه‌خشک و مجاورت با کانون‌های مهم فرسایش بادی و تالاب کویری میقان با مشکل آلودگی هوا مواجه و هم‌اکنون جزء ۸ شهر آلوده کشور است (شکل شماره۱). ارتفاع متوسط این شهر ۱۷۵۵ متر از سطح دریاهای آزاد است. باد غالب شهر اراک ۲۷۰ درجه جنوب غربی و در فصول گرم سال شاهد وزش بادهای غالب شمال شرقی تحت تاثیر خرداقلیم‌های محلی است. میزان متوسط بارندگی سالیانه اراک ۳۷۷/۶ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالیانه دوره ۳۰ ساله ایستگاه اراک ۱۳/۹ درجه سانتی‌گراد است. رطوبت نسبی موجود در منطقه طی۳۰ سال به‌طور متوسط ۴۷ درصد بوده که نشان‌دهنده اقلیم خشک شهر است. اندازه‌گیری پارامتر ساعات آفتابی در دوره ۳۰ ساله نیز نشان می‌دهد که میانگین سالیانه جمع ساعات آفتابی در اراک بالغ بر ۹۶۳/۲ ساعت است (Ansari, 2017). با توجه به گلباد تابستان سال ۱۳۹۵ از تعدادکل دیدبانی‌های (۲۴ ساعته) سمت و سرعت باد تابستان در ایستگاه اراک ۱۸ درصد بادها آرام و مابقی دارای جهت‌های متفاوت بوده‌اند. باد غالب دیدبانی‌شده در این ماه شمال شرقی و متوسط سرعت باد ۱۴/۵ کیلومتر بر ساعت بوده است. بیشینه سرعت باد ثبت‌شده دارای جهت جنوب شرقی و سرعت آن ۵۷/۶ کیلومتر بر ساعت بوده است. بادهای جنوب شرقی ایران نیز از اقیانوس هند منشأ می‌گیرند. در فصل تابستان باد غالب شرقی تا جنوب شرقی بوده اگرچه بادهای غربی نیز وجود دارند ولی بیشترین گردوغبار از منابع داخلی در فصل تابستان به سطح شهر اراک انتقال می‌یابد (www.markazimet.ir).



شکل ۱- محدوده کلان‌شهر اراک در تصویر ماهواره‌ای لندست ۲۰۱۶

Fig. 1- Arak metropolitan area in Landsat satellite image of 201

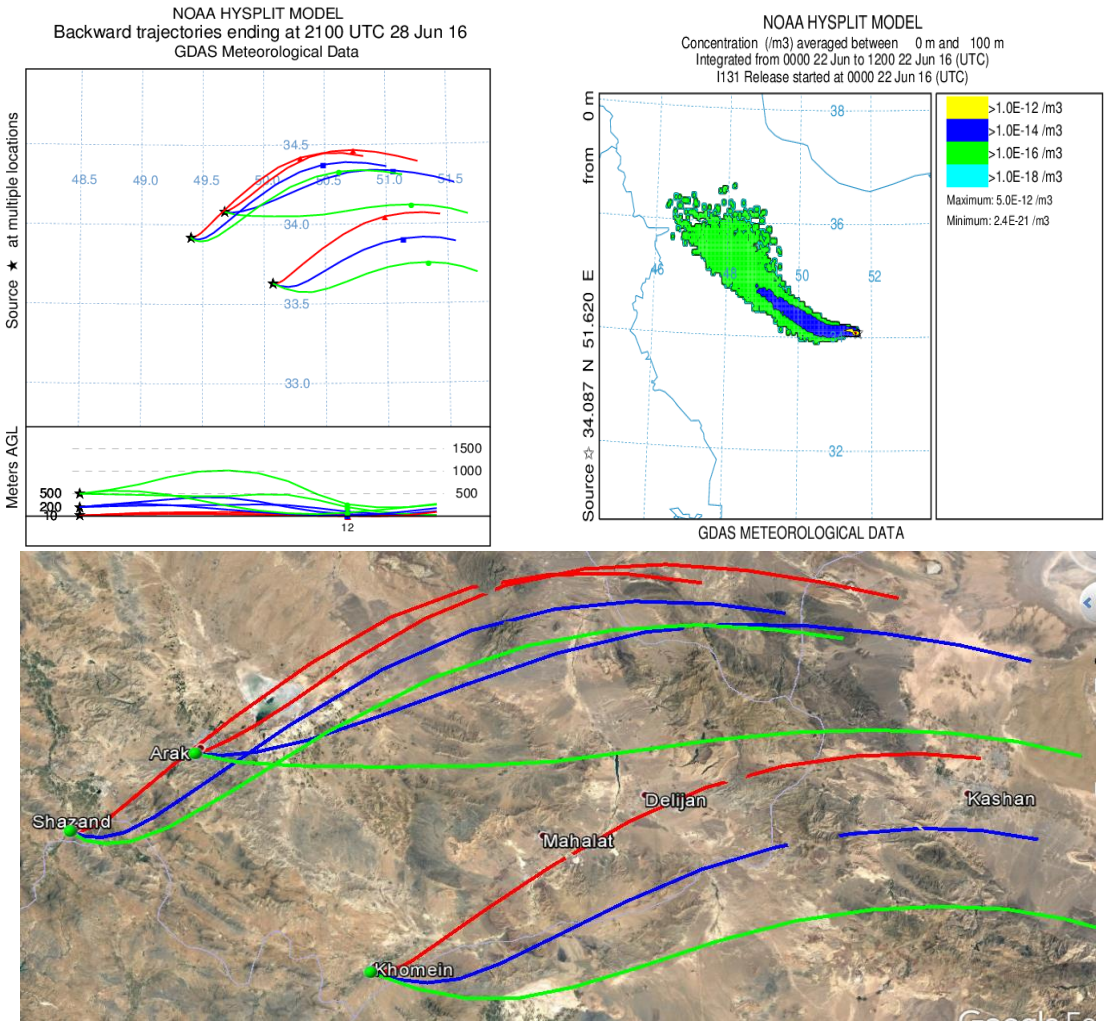
روش مطالعه

یکی از روش‌های شناسایی کانون‌های گردوغباری علاوه بر تصاویر ماهواره‌ای استفاده از نرم‌افزارهای مسیریاب HYSPLIT[3] است که با تقریب خوبی قادر به تشخیص منابع تولید گردوغبار است. در مدل HYSPLIT با روش لاگرانژی پس از انتخاب ذره در موقعیت مکانی و زمانی خاص حرکت آن با گام‌های زمانی دلخواه به سمت زمان‌های گذشته یا به سمت زمان آینده امکان‌پذیر است. این مدل یک سامانه کامل برای محاسبه مسیرهای پیچیده پخش و نشست با استفاده از رویکرد ذره‌ای و پوف است که شامل ساختار کتابخانه‌ای با برنامه‌های اصلی برای کاربردهای اصلی مسیرها و پخش آلودگی‌ها است (Draxler and Hess, 1997). مدل HYSPLIT قادر است مسیرهای برگشت برای دست‌یابی به چشمه آلودگی را نشان دهد. مسیرهای برگشت مسیر لاگرانژی بسته هوا را نشان می‌دهند. که از نقطه گیرنده (ایستگاهی که توفان گردوغبار گزارش شده) در مدت زمان معلوم محاسبه می‌شوند و می‌توانند در یافتن مناطق چشمه به کار روند. در این مدل حرکت فرارفتی ذرات با استفاده از بردار باد سه‌بعدی در مکان اولیه و حدس اولیه به دست می‌آید. مکان حدس اولیه و مکان نهایی گام زمانی انتگرال‌گیری بر حسب بیشینه سرعت انتقال و بین ۱ دقیقه تا ۱ ساعت تغییر می‌کند. برای مسیریابی پسگرد ذرات در ایستگاه اراک در زمان اوج توفان گردوغبار در نظر گرفته شده است. در این پژوهش ذرات در ارتفاع ۱۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ متری از سطح زمین و در حدفاصل زمانی ۱۲ ساعت قبل از وقوع توفان گردوغباری ردیابی شده‌اند زیرا مسیرها در ارتفاعات مختلف می‌تواند متفاوت باشد همچنین برای کاهش خطای مسیرهای به‌دست‌آمده برای هر ایستگاه میانگین‌گیری و مسیرهای میانگین در سه ایستگاه رسم شده است. مکان همگرایی مسیرها دقیقا مکان چشمه را نشان نمی‌دهد بلکه مساحت پشت نقطه همگرایی می‌تواند نشان‌دهنده وجود مناطق چشمه احتمالی در آن ناحیه باشد (Draxler, 1995). سپس برای دقیق‌تر شدن

مدل به‌صورت رو به جلو از مناطق چشمه احتمالی گرد غبار اجرا شده تا الگوی پخش گرد و غبار از این مناطق به دست آید. این الگوهای پخش باید مطابق با الگوی مسیر برگشت به‌دست‌آمده باشد. در این صورت می‌توان عنوان کرد که چشمه اصلی توفان منطقه‌ای است که الگوهای پخش به‌دست‌آمده از آن مطابق الگوی مسیر برگشت و اندازه‌گیری‌های ایستگاهی باشد. برای به دست آوردن مکان چشمه احتمالی مسیرها برای ایستگاه اراک، شازند و خمین محاسبه شده و برای هر ایستگاه در سه ارتفاع ۱۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ مسیرهای برگشت به دست آمده است. در اجرای مدل از داده های FNL که در واقع اطلاعات پردازش‌شده NCEP[4] توسط آزمایشگاه هوا وابسته به NOAA هستند استفاده شده است. بنابراین ابتدا با توجه به بررسی داده‌های هواشناسی ایستگاه اراک و همچنین اطلاعات ایستگاه‌های سنجش غلظت گردوغبار در محیط زیست مربوط به سال‌های گذشته مشخص شد که در فصل تابستان به دلیل وزش باد از سمت شرق و جنوب شرقی به سمت غرب و شمال غربی باعث انتقال گردوغبار از اراضی بیابانی و کویرهای مستعد فرسایش بادی مرکز کشور به داخل کلان‌شهر اراک و افزایش غلظت ذرات معلق بالاتر از استانداردهای محیط زیست می‌شود و در فصل تابستان با جهت باد جنوب شرقی منشاء داخلی گردوغبار است. بر این اساس این پژوهش در هفته آخر ماه ژوئن ۲۰۱۶ (۲ تیر ماه ۱۳۹۵) صورت گرفته است. در این بازه زمانی بیشینه غلظت PM10 در کلان‌شهر اراک ۲۱۰ میکروگرم بر متر مکعب در روز ۲۲ ژوئن اعلام شده است که غلظت این ذرات ۶۰ میکروگرم بر متر مکعب بیش از استاندارد هوای محیط، سازمان محیط زیست (۱۵۰ میکروگرم بر متر مکعب) بوده است سپس این داده‌ها برای بررسی مسیر برگشت در همان زمان به‌صورت ورودی به مدل HYSPLIT وارد شد. با دنبال کردن مسیر برگشت جریان در زمان تحقیق حدود منطقه چشمه برای توفان گردوغبار به دست آمده است. از نتایج این تحقیق می‌توان در پیش‌بینی توفان‌های گردوغبار استفاده کرد. و نتایج مدل HYSPLIT با عمق اپتیکی گردوغبار و میزان گردوغبار سطحی بر اساس مدل NAAPS[5] و میزان غلظت ذرات معلق در شهرهای مسیر انتشار گردوغبار و همچنین با مطالعات گذشته براساس سنجش از دور و فرسایش بادی مطابقت داده شد.

نتایج و بحث

با توجه به داده‌های هواشناسی در شهر اراک در اولین روزهای تیر ۱۳۹۵ فصل تابستان با ناپایدارهای جوی و افزایش سرعت باد همراه بوده است که در بعضی از نقاط استان، از جمله محلات، سرعت وزش باد به ۸۶ کیلومتر بر ساعت و در تفرش به ۳۶ کیلومتر بر ساعت رسید. به دلیل وزش باد در بیابان‌های مرکزی کشور از جمله مناطق خشک و بیابانی کاشان، قم و کویر میقان و همچنین به دلیل شرق‌سو بودن وزش باد انتقال ریزگردها و توده‌های گردوخاک دید افقی در برخی نقاط استان به‌ویژه در ساعات بعد از ظهر کاهش یافت و پدیده گردوخاک محلی ناشی از وزش باد (کد ۰۷) در اکثر ایستگاه‌های استان ثبت و گزارش شد. این شرایط تا پایان تیر ماه بر استان مرکزی حاکم بود. بنابراین بیشترین غلظت ذرات معلق در روز ۲ تیر ماه سال ۱۳۹۵ زمانی که توفان گردوغبار شهر اراک را در بر گرفت و دید افقی به کمتر از ۱۰۰ متر رسید و در ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای اراک در بعضی ساعات غلظت ذرات معلق تا بالای ۲۰۰ میکروگرم بر متر مکعب گزارش شد و در تمام مدت تیرماه وضعیت غباری حاکم بوده تعداد زیادی از شهرهای ایران از جمله اراک ۲۱۰، قم ۱۸۰، ارومیه ۱۸۹، اهواز ۱۶۶ و سنندج ۱۱۷ میکروگرم بر متر مکعب در وضعیت تعطیل و بسیاری از فعالیت‌های انسانی به حالت تعلیق درآمد. در شکل شماره ۲ وضعیت سرعت باد، باد برداری و درجه حرارت روز ۲۲ ژوئن ۲۰۱۶ نشان داده شده است.



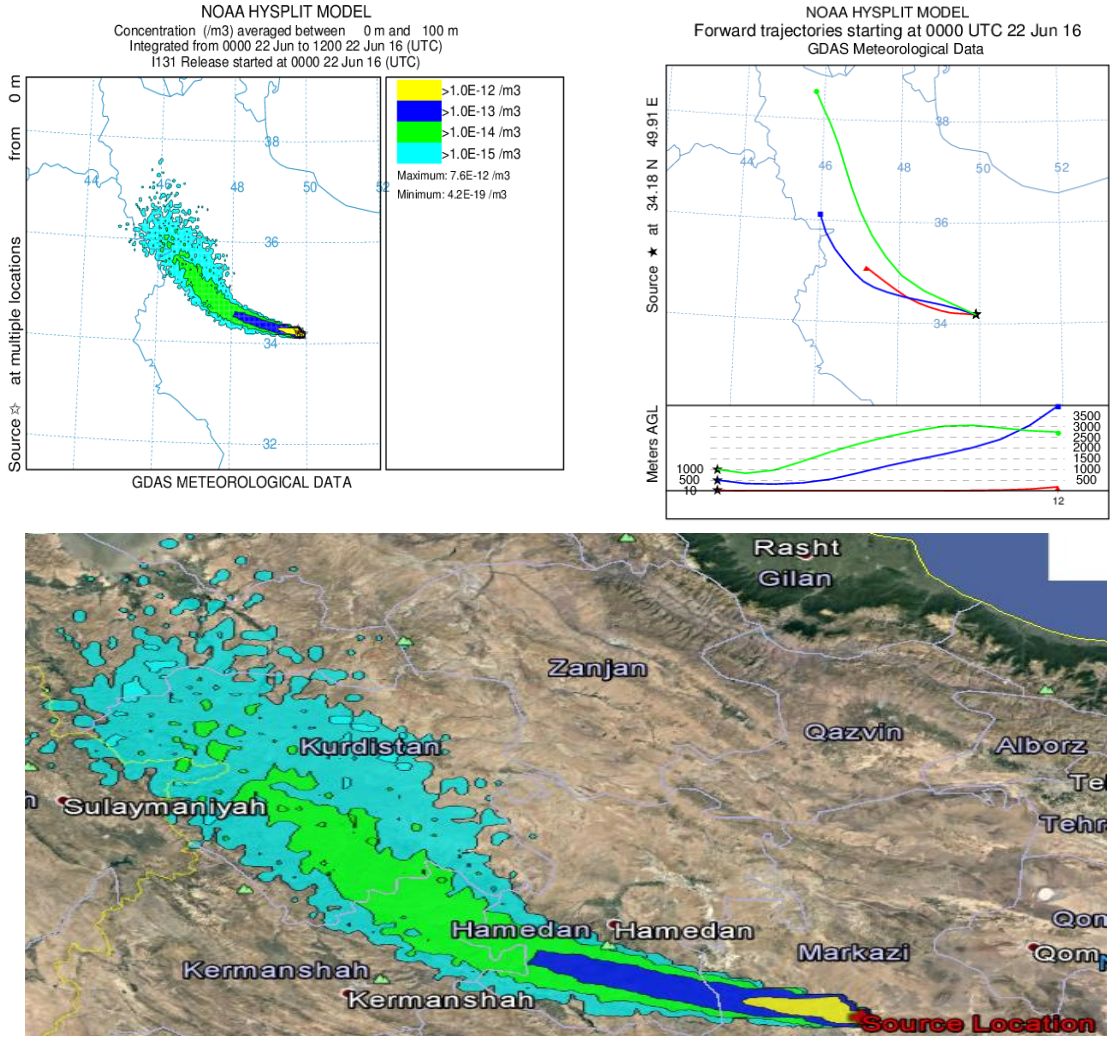
شکل ۳- میانگین مسیرهای برگشت برای ایستگاه‌های اراک، شازند و خمین و مدل روبه جلوی انتشار گردوغبار از اراضی بیابانی اطراف کاشان و قم

Fig. 3- Average routes back to stations Arak, shazand and Khomeini and the forward emission of dust from desert lands around Kashan and Qom

گام بعدی برای دقیق‌تر شدن روی چشمه توفان گردوغبار در این پژوهش استفاده از روش مسیر پخش ذرات است. سه نقطه جنوب شرق، بستر دریاچه و شمال دریاچه تالاب میقان و کویر کاشان به‌عنوان کانون بحران در نظر گرفته شد. مدل hysplit برای این چشمه‌ها اجرا شد. در شکل‌های شماره ۴ و ۵ مسیر پخش در این نقاط با مسیر برگشت در ارتفاعات ۱۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ متر از ایستگاه های اراک و شازند انطباق دارد.

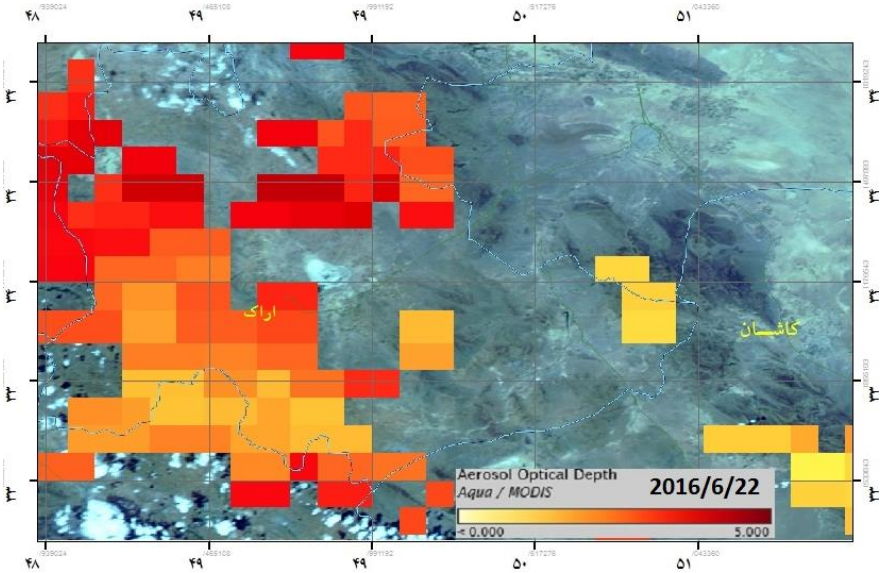
در شکل شماره ۵ تصویر ماهواره‌ای MODIS که از آرشیو ماهواره Aqua در تاریخ ۲۲ ژوئن ۲۰۱۶ به دست آمده است نیز نشان‌دهنده عمق اپتیکی هواویز بالا و حضور غلظت بالای گردوغبار در کلان‌شهر اراک و اطراف شهر کاشان و قم است.

شاخص عمق اپتیکی و غلظت گردوغبار سطحی در مدل NAAPS (اجراشده توسط آزمایشگاه تحقیقاتی نیروی دریایی آمریکا) نشان می‌دهد که در روز ۲۲ ژوئن ۲۰۱۶ عمق اپتیکی گردوغبار با رنگ سبز (۰/۴) و غلظت گردوغبار سطحی با رنگ زرد (۱۲۶۰ میکروگرم بر متر مکعب) در محدوده اراک بالا است که در شکل شماره ۶ نتایج مدل NAAPS آمده است.



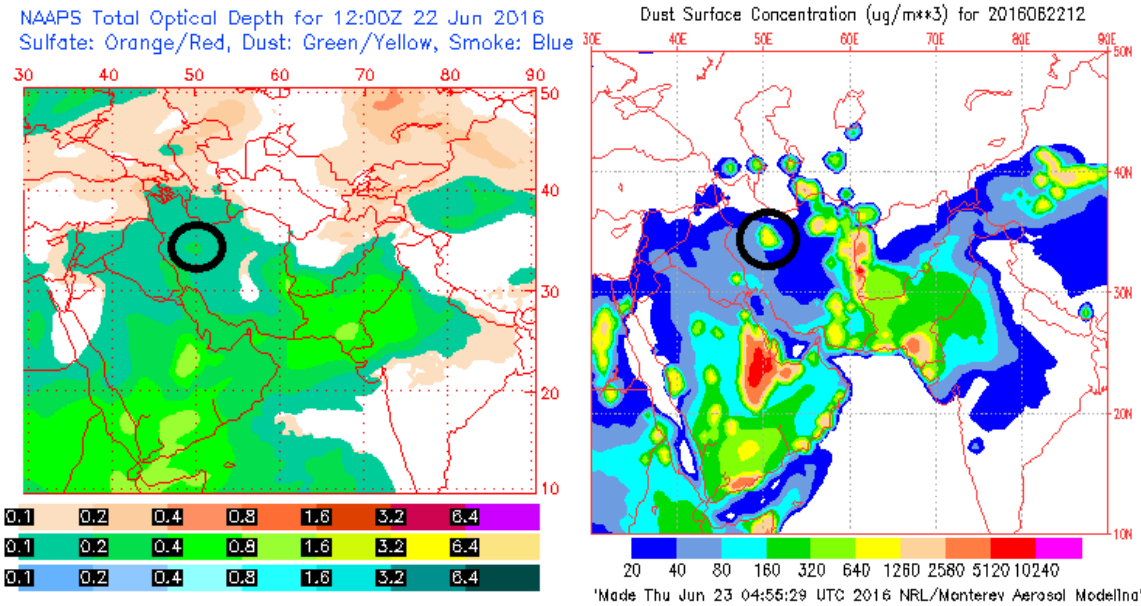
شکل۴- مدل انتشار و مسیر رو به جلو انتقال گردوغبار از بستر و اراضی بیابانی حاشیه تالاب کویری میقان

Fig. 4– Diffusion model and path forward transfer of dust from desert lands around the Meighan wetland



شکل۵ - تصویر گردوغبار بازسازی‌شده با استفاده از شاخص عمق اپتیکی تصاویر سنجنده MODIS در تاریخ ۲۰۱۶/۶/۲۲

Fig. 5- Image dust optical depth detection using MODIS images on June 22, 2016



شکل۶- نتایج مدل NAAPS برای عمق اپتیکی کل (سولفات و گردوغبار و دود) و غلظت گردوغبار سطحی برای روز ۲۲ ژوئن ۲۰۱۶ در محدوده اراک

Fig. 6- The results NAAPS for total optical depth (sulfate dust and smoke) and dust Surface concentration for June 22, 2016 in the range of Arak

نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی شد با استفاده از مدل‌های عددی، شرایط حاکم بر تشکیل توفان گردوغبار و نحوه پخش آن بررسی و همچنین عملکرد مدل‌های عددی در پیش‌بینی این نوع توفان‌ها سنجیده شود. برای این منظور یکی از توفان‌های شدیدی که کشورمان را تحت تاثیر قرار داده بود انتخاب شد. با استفاده از داده‌های هواشناسی GDAS[5] مربوط به مرکز NCEP در مدل HYSPLIT مسیرهای برگشت و مسیر پخش ذرات در روز ۲۲ ژوئن ۲۰۱۶ (۲ تیر ماه ۱۳۹۵) نشان داد که جهت باد از مرکز کشور به سمت استان مرکزی است. این جریان، گردوغبار را با خود از کویر کاشان، بیابان‌های قم، اراضی بیابانی و کویری تالاب میقان بلند کرده و به شهرهای اراک، شازند همدان و حتی تا سنندج کردستان می‌رساند. بنابراین ذرات گردوغبار از اراضی بیابانی و کویری کاشان، قم و تالاب میقان در لایه‌های بالایی به سمت غرب و شمال غربی جریان پیدا کرده و در سطوح پایین‌تری به استان مرکزی و کلان‌شهر اراک می‌رسد. نتایج مدل با عمق اپتیکی گردوغبار و میزان گردوغبار سطحی بر اساس مدل NAAPS و میزان غلظت ذرات معلق در شهرهای مسیر انتشار گردوغبار و همچنین با بررسی‌های گذشته بر اساس سنجش از دور و فرسایش بادی مقایسه و تایید شد. با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش می‌توان عنوان کرد مدل پخش HYSPLIT می‌تواند شرایط جوی و مسیر حرکت جریان‌ها را به خوبی ارزیابی کرده و کانون‌های بروز توفان‌های گردوغباری را ردیابی کند. بنابراین مهمترین چشمه‌های گردوغبار کلان‌شهر اراک به‌عنوان یکی از ۸ کلان‌شهری که با آلودگی هوا مواجه است، شامل تالاب کویری میقان و اراضی بیابانی اطراف و کویر کاشان و قم و اراضی بیابانی اطراف آنها هستند.

پی‌نوشت‌ها

[1] Playa
[2] Aerosol Optical Depth
[3] Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model
[4] National Centers for Environmental Prediction/ National Center For Atmospheric Research
[5] NRL Aerosol Analysis and Prediction System
[6] Global Data Assimilation System

منابع

Abtahi, S.M., 2013. Evaluation of wind erosion Kashan area from the perspective of the current situation and natural talent. The 3rd National Conference on Wind Erosion and Dust Storms. (In Persian with English abstract).

Ansari, A., 2017. Determination of dust emissions concentration in desert wetlands (Case study: Meighan wetland) Iran. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES). 10, 89-97.

Ashrafi, Kh., Shafipour Motlagh, M and Aslemand, A.R., 2013. Evaluation of dust storms routes on Iran using numerical modeling and satellite imagery. Journal of Environment.56,3-12. (In Persian with English abstract).

Draxler, R. Hess,G.D., 1998. An overview of the HYSPLIT_4 modeling system for trajectories, dispersion and Deposition. Australian Meteorological Magazine. 47, 295-308.

Farajzadeh, M., and Karimi, N., 2013. Principles of Satellite Meteorology. Organization for the Study and Compilation of Humanities Books of Universities (Samt). (In Persian with English abstract).

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 200. Tellus. 618, 118–30.

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 SAMUM2006. Tellus. 61, 118–130.

Rousseau, D.D., Duzer, D., Etienne, J.L., Cambon, G., Jolly, D., Ferrier, J. and Schevin, P., 2004. Pollen record of rapidly changing air trajectories to the North Pole. Journal of Geophysical Research, 109.

Salazar, C., Alvarez, C., Silva, H.A. and Dorantes, C.,1994. Radioactivity in air around nuclear facilities in Mexico. Environmental International. 20, 747-756.

Stohl, A., 1998. Computation, accuracy and applications of trajectories - a review and bibliography. Atmospheric Environment. 32, 947-966.

Zolfaghari, H. and Abedzadeh, H., 2005. Analysis of synoptic systems dust in the west of Iran. Journal of Geography and Development. 2,173-187. (In Persian with English abstract).

Environmental Sciences Vol.16 / No.1 / Spring 2018

101-110

Identification of sources and tracking dust storm routes from domestic sources entering Arak metropolitan area using HYSPLIT model

Amir Ansari* **and Reza Jamshidi**

Department of Environmental Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University, Arak, Iran

Received: 2018.02.07 **Accepted:** 2017.05.24

Ansari, A. and Jamshidi, R., 2018. Identification of sources and tracking dust storm routes from domestic sources entering Arak metropolitan area using HYSPLIT model. Environmental Sciences. 16 (1), 101-110.

Introduction: Due to its location in a semi-arid and dry region and proximity to major wind erosion centres, especially Meighan desert and wetland, the mega-city of Arak is facing the problem of air pollution. The main objective of this study is the identification of sources of and tracking dust storm routes entering Arak metropolitan area from domestic sources using the HYSPLIT Model.

Materials and method: The present study was carried out using HYSPLIT model, NAAPS model, MODIS satellite imageries and GADS weather data from the NECEP weather prediction centre for 22 June 2016 (2 Tir 1395). The modelling was performed using a retroviral tracking method for identifying the motion direction of dust particles in three stations with a height of 10, 200, and 500 metres, respectively.

Results and discussion: The research results demonstrated that most frequent motion directions not only cross the Kashan and Qom desert lands and are, thus, a source of dust storms but also cross Meighan dessert wetland and its surrounding desert lands which are the main source of dust particles of the mega-city of Arak. The forward direction of dust particles transported from Meighan desert wetland and Kashan Qom desert lands over a distance more than 400 km towards the Northwest of Iran influences the air quality index (AQI) of cities such as Arak, Shazand, Hamedan and even Sanandaj.

Conclusion: These findings are in agreement with the optical depth of dust particles and the amount of surface dust in terms of the NAAPS model and the suspended particle concentrations in the cities located on the direction of particle dissipation. Also, these results are in accordance with the previous studies in terms of erosion assessment, indicating that the numerical models have the ability for tracking and identifying sources of dust storms satisfactorily.

Keywords: Arak metropolitan area, Dust, Meighan wetland, HYSPLIT Model, NAAPS Model.

*Corresponding Author. *E-mail Address*: a-ansari@araku.ac.ir