



شناسایی کانون‌های بالفعل تولید گردوغبار با استفاده از داده‌های سنجش از دور و شبیه‌سازی جریان هوا

مطالعه موردی: استان البرز

بهزاد رایگانی^۱، زهرا خیراندیش*^۲، فرزانه کرمانی^۳، منصوره محمدی میاب^۴، عابد ترابی نیا^۵

۱. استادیار دانشکده محیط زیست/ سازمان حفاظت محیط زیست

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده محیط زیست/ سازمان حفاظت محیط زیست

* نویسنده مسئول: kheirandishz@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۳

چکیده

گردوغبار یکی از مخاطرات طبیعی است که عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان رخ می‌دهد و به‌همین دلیل یکی از معضلات اصلی کشور ایران نیز به‌شمار می‌رود. در این مقاله، به شناسایی کانون‌های بالفعل تولید گردوغبار در استان البرز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌سازی عددی پیش‌بینی جریان هوا پرداخته شده است. داده‌های ماهواره‌ای سنجنده OLI لندست ۸ (از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵) و داده مدل رقومی ارتفاعی سنجنده ASTER به منظور تولید ماسک‌های فرسایش‌ناپذیری دریافت شدند و با اعمال شاخص‌های پوشش گیاهی، رطوبت، زبری و طبقه بندی تصاویر، مناطق فرسایش‌ناپذیر از دیگر مناطق جدا شدند. همچنین با استفاده از اطلاعات زمینی گردوغبار و مدل‌های اسپلیت (نرمال ۰/۵ درجه) مسیر جریان هوا در همه رویدادهای گردوغبار سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ شبیه‌سازی شد و رویدادهای محلی گردوغبار تعیین گردیدند. با اعمال مدل ماتریس‌های اسپلیت برای رویدادهای محلی و مشخص کردن محل‌های تماس جریان هوا با سطح زمین، تصاویر رستری رویدادها بر اساس غلظت گردوغبار تولید شد. در نهایت با ادغام ماسک‌های فرسایش‌ناپذیری بر روی این تصاویر، به دست آوردن مقدار مجموع و استاندارد کردن آن به صورت فازی، نقشه نهایی کانون‌های بالفعل تولید گردوغبار به دست آمد. بررسی‌های به‌عمل آمده در عملیات میدانی نشان‌دهنده صحت بالای مناطق شناسایی شده به‌عنوان کانون‌های بالفعل گردوغبار می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که تلفیق روش‌های سنجش از دوری و شبیه‌سازی عددی به‌همراه اطلاعات زمینی گردوغبار به خوبی می‌تواند منابع بالفعل تولید گردوغبار را نشان دهد.

واژگان کلیدی: کانون‌های بالفعل گردوغبار؛ سنجش از دور؛ شبیه‌سازی؛ HYSPLIT

■ مقدمه

پدیده‌های گردوغباری رخدادهای طبیعی هستند که در مناطق خشک و نیمه‌خشک و به ویژه در عرض‌های جنب حاره‌ای رخ می‌دهند. ترکیب پدیده تغییر اقلیم با فعالیت‌های انسانی و الگوهای سکونت آن‌ها موجب افزایش تخریب خاک، فرسایش بادی، بیابان‌زایی، تخریب خواص خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان می‌گردد که ادامه این روند موجب از بین رفتن زیتوده و کربن آلی خاک شده و موجب تشدید پدیده‌های گردوغبار می‌گردد. به‌طور خلاصه از اثرات این پدیده می‌توان به کاهش دید، مشکلات تنفسی و ریوی، مشکلات بینایی و بیماری‌های عفونی انسان، تاثیر بر میزان کوچ و زادآوری پرندگان و شرایط زیستگاهی حیات وحش، همچنین کاهش کیفیت آب و سلامت هوا اشاره کرد. با توجه به اثرات مخرب گردوغبار بر سلامت، اقلیم و اکوسیستم نیاز به شناسایی مناطق منبع گردوغبار وجود دارد (۱۱). در نتیجه با شناسایی کانون‌های وقوع ریزگرد امکان مدیریت و برنامه‌ریزی جهت کنترل گردوغبار فراهم می‌شود (۱۲). با توسعه تکنولوژی ماهواره‌ای، روش‌های سنجش از دور به تدریج نقش مهمی در شناسایی مناطق منبع گردوغبار ایفا کرد (۳). چرا که این تکنیک می‌تواند برای آشکارسازی طوفان گردوغبار استفاده گردد (۸). اندازه‌گیری سنتی به دلیل پوشش زمانی و مکانی محدود، نمی‌تواند به تنهایی برای پایش و شناسایی طوفان‌های گردوغبار مفید باشد. در این رابطه ماهواره‌های سنجش از دور به دلیل قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب می‌توانند در مطالعات مربوط به گردوغبار در سطح جهانی مورد استفاده قرار گیرند (۴). علاوه بر ابزار سنجش از دور، بسیاری از مدل‌های آئروسول برای شبیه‌سازی و یا پیش‌بینی مسیر و پراکندگی طوفان گردوغبار توسعه داده شده است (۱)، (۱۰، ۱۵). مدل‌سازی عددی نیز یکی از روش‌های مهم شناسایی مسیرها و منابع گردوغبار است و یک رویکرد سیستماتیک برای شناسایی و ارزیابی مناطق گردوغبار فراهم می‌کند (۲۶).

در سطح جهان مطالعات زیادی در زمینه شناسایی منابع تولید ریزگرد و مسیرهای آن با استفاده از سنجش از دور و مدل‌سازی عددی صورت گرفته است. در پژوهشی، در طول سه دهه (۲۰۱۲-۱۹۸۴) رابط بین بیابان‌زایی و منابع گردوغبار در غرب آسیا با استفاده از تجزیه و تحلیل تصاویر مودیس و لندست بررسی شد (۱۷). در تحقیقی، در غرب آسیا با استفاده از داده‌های هواشناسی، مدل HYSPLIT، تصاویر مودیس و لندست ۸، کانون‌های طوفان و مسیرهای اصلی را در ۵۰ طوفان گردوغبار و ماسه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ در غرب آسیا شناسایی شدند. در پژوهشی دیگر، با استفاده از مدل HYSPLIT و WRF به بررسی روند انتشار ریزگردها در سواحل خلیج می‌سی‌سی‌پی پرداخته شد و در نتیجه منابع محلی تولید ریزگرد در این منطقه مشخص شدند (۲۵). علاوه بر این، از مدل HYSPLIT برای محاسبه توزیع زمانی و مکانی منشأ گردوغبار از شمال آفریقا به جنوب شبه‌جزیره Iberian استفاده شده است (۲۰). مطالعاتی نیز در خصوص گردوغبار با استفاده از شاخص‌های مختلف انجام گرفته است. به‌عنوان مثال در پژوهشی با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای مودیس، ویژگی‌های سطح منابع گردوغبار را با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی، شاخص سطح خاک خشک، شاخص زبری در فصل بهار و تابستان در شمال غربی چین مورد بررسی قرار دادند (۲۳). همچنین در پژوهشی، در منطقه سیستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌ی مودیس و لندست ETM+7 و اعمال شاخص NDVI به شناسایی اصلی‌ترین مناطق تولید کننده‌ی ذرات گردوغبار پرداخته شد (۱۳).

با توجه به این‌که در اغلب مطالعات صورت گرفته در سطح جهان در خصوص شناسایی کانون‌های تولید گردوغبار، از روش‌های سنجش از دور یا مدل‌سازی عددی به صورت منفرد استفاده گردیده و تلفیق آن‌ها با یکدیگر و حتی داده‌های زمینی صورت نگرفته است و فقط به منظور اعتبار سنجی از داده‌های زمینی استفاده شده است همچنین به دلیل این‌که استفاده از چندین مجموعه داده

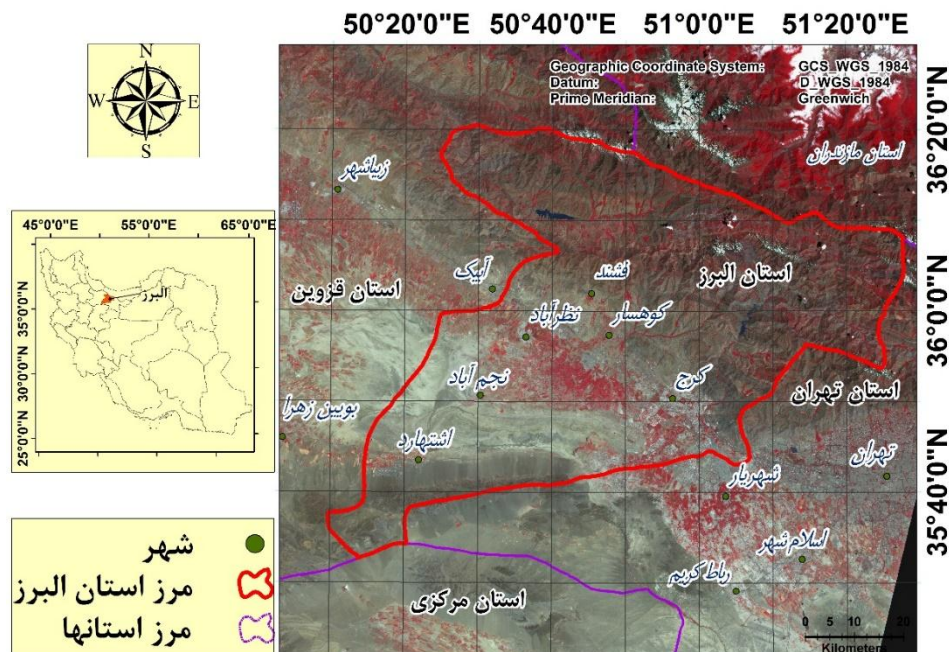
تهران و از غرب و شمال غرب به استان قزوین محدود می‌شود (شکل ۱). استان البرز از نظر اقلیمی دارای تنوع زیادی می‌باشد؛ ب گونه‌ای که از اقلیم بیابانی در قسمت‌های جنوبی شروع و تا اقلیم نیمه‌مرطوب در قسمت‌های شمالی ادامه پیدا می‌کند. به سبب آنکه وضعیت اقلیمی دشت‌ها و جلگه‌های اطراف و به خصوص جنوب البرز، نیمه صحرائی با بارندگی کم و فصول خشک و طولانی می‌باشد، پوشش گیاهی در این نواحی مناسب نبوده و فقط به هنگام بهار و سال‌های پر باران دارای رشد و نمو کافی است. مراتع استان البرز نیز به علت چرای بی‌رویه دام، ظرفیت مفید خود را از دست داده که به دنبال آن پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک افزایش پیدا کرده است. توسعه پدیده بیابان‌زایی و در معرض فرسایش باد قرار داشتن حدود یک سوم وسعت استان به صورت دشت بعلاوه دشت‌های جنوب قزوین و دشت‌هایی از جنوب غرب استان تهران و وقوع خشک‌سالی در سال‌های گذشته در حال حاضر این استان را با پدیده گردوغبار مواجه ساخته است.

به‌طور هم‌زمان امکان شناسایی دقیق‌تر کانون‌های تولید گردوغبار را بهتر فراهم می‌آورد، در این تحقیق، به‌منظور شناسایی کانون‌های بالفعل گردوغبار در استان البرز، از مجموعه داده‌های ماهواره‌ای، شبیه‌سازی عددی و اطلاعات زمینی گردوغبار به صورت تلفیقی استفاده شده است.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

یکی از مناطقی که در ایران در سال‌های اخیر به شدت در معرض طوفان‌های محلی گردوغبار قرار گرفته است، استان البرز است که به دلیل شرایط آب و هوایی، کاهش بارندگی و وجود منشاهای داخلی تولید ریزگرد در این استان، تحت تاثیر این رویداد است. استان البرز با مساحت حدود ۵۱۴۱۸۶ هکتار بین عرض جغرافیایی ۳۵° ۳۲' تا ۳۶° ۲۰' شمالی و طول جغرافیایی ۵۰° ۰۹' تا ۵۱° ۲۷' شرقی واقع شده است. این استان در نیمه شمال ایران قرار گرفته است و از شمال به استان مازندران، از جنوب به استان مرکزی، از شرق به استان



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

داده‌ها

داده‌های زمینی

در این پژوهش، داده‌های مربوط به دیده‌بانی رخدادهای ریزگرد در سه سال اخیر (۲۰۱۳-۲۰۱۵) با گام زمانی ۳ ساعته از سازمان هواشناسی دریافت گردید. تعداد رخدادهای ریزگرد گزارش شده توسط سازمان هواشناسی ۲۶۱ رویداد بود. سپس داده‌های غلظت ساعتی مربوط به ذرات معلق ایستگاه‌های سنجش و پایش کیفیت هوای سازمان حفاظت محیط زیست در همان سه سال دریافت شد تا در نهایت با تلفیق این اطلاعات آمار رویداد ریزگرد محلی استخراج شود.

مشاهدات ماهواره‌ای

داده‌های ماهواره‌ای استفاده شده در این تحقیق، از سنجنده OLI لندست ۸ از طریق وبسایت <http://earthexplorer.usgs.gov/> جمع‌آوری گردید. لندست ۸ به عنوان یک ماهواره از سری ماهواره‌های لندست، شامل دو سنجنده OLI^۱ و TIRS^۲ می‌باشد. به

عنوان آخرین سری لندست، لندست ۸ نه تنها سیگنال‌های قوی‌تری را دریافت می‌کند و عملکرد سیگنال به نویز را بهبود می‌بخشد، بلکه گروه‌های بانندی جدیدی مانند ساحلی و آئروسول (بانند ۱: فوق العاده آبی^۳) و بانند ابر سیروس^۴ (بانند ۹) به آن اضافه شده است (۳). در این تحقیق، ۲۶ تصویر OLI در سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱).

علاوه‌براین، داده مدل رقومی ارتفاع سنجنده ASTER^۵ نیز از وبسایت <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex> دریافت شد. مدل رقومی ارتفاع این سنجنده محصول مرکز داده مشاهده و علوم منابع زمینی^۶ USGS^۷ می‌باشد. این مدل دارای قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر است و در صورت عدم وجود آلودگی هوا، وضوح آن افزایش می‌یابد و جزئیات بیشتری از ویژگی مورد نظر را به نمایش می‌گذارد. همچنین با توجه به ارزان بودن مدل رقومی ارتفاع به دست آمده از سنجنده ASTER، از نظر اقتصادی به‌کارگیری آن مقرون به صرفه است (۱۸؛ ۲۱).

جدول ۱- تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

ماهواره	سنجنده	شماره سین	تاریخ تصاویر مورد استفاده
			سال ۲۰۱۳
			۴/۱۶/۲۰۱۳
			۵/۱۸/۲۰۱۳
			۶/۳/۲۰۱۳
			۷/۵/۲۰۱۳
لندست ۸	OLI	۱۶۵-۳۵	۷/۲۱/۲۰۱۳
			۸/۶/۲۰۱۳
			۸/۲۲/۲۰۱۳
			۹/۲۳/۲۰۱۳
			۱۰/۹/۲۰۱۳
			۱۱/۲۶/۲۰۱۳
			سال ۲۰۱۴
			۵/۵/۲۰۱۴
			۷/۲۴/۲۰۱۴
			۸/۹/۲۰۱۴
			۸/۲۵/۲۰۱۴
			۹/۱۰/۲۰۱۴
			۱۰/۱۲/۲۰۱۴
			۱۱/۱۳/۲۰۱۴
			۱۲/۳۱/۲۰۱۴
			سال ۲۰۱۵
			۲/۱/۲۰۱۵
			۴/۶/۲۰۱۵
			۴/۲۲/۲۰۱۵
			۶/۹/۲۰۱۵
			۷/۱۱/۲۰۱۵
			۷/۲۷/۲۰۱۵
			۸/۱۲/۲۰۱۵
			۸/۲۸/۲۰۱۵
			-
			-

5 Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer

6 Earth Resources Observation and Science(EROS)

7 United States Geological Survey

1 Operational Land Imager

2 Thermal Infrared Sensor

3 ultra-blue

4 cirrus cloud

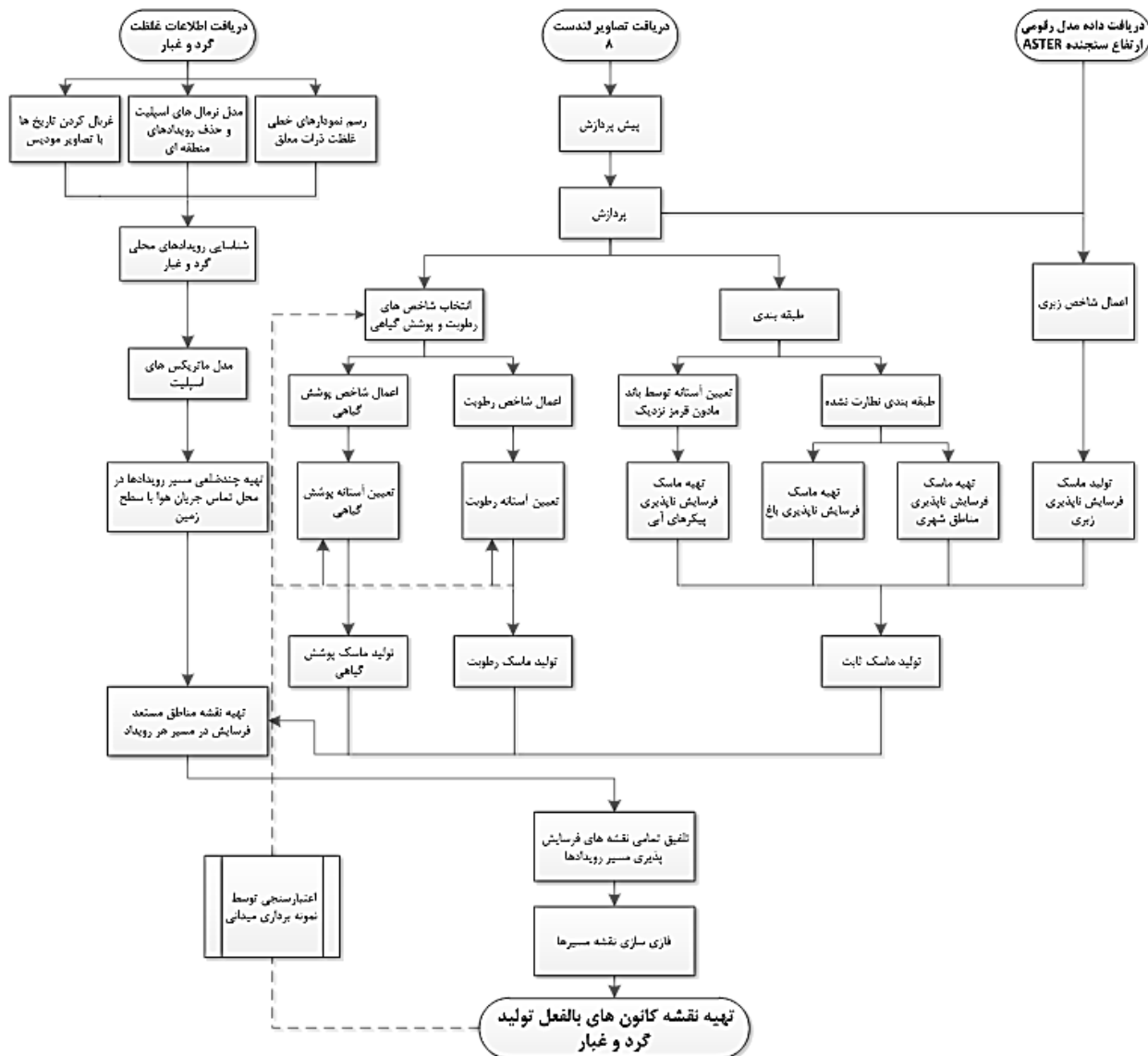
محلی گردوغبار استان البرز استفاده شد. داده های GDAS0PG دارای قدرت تفکیک افقی ۵/۰ درجه و ۵۵ لایه عمودی است (۲۲). مدل ماتریکس های اسپلیت نیز شبکه‌ای از مسیرها را که به یک ناحیه محدود می‌شود ایجاد می‌کند (۱۹).

روش تحقیق

فرآیند کلی روش کار این پژوهش در شکل ۲ نشان داده شده است. در ادامه به تشریح جزئیات این نمودار پرداخته خواهد شد.

مدل HYSPLIT^۱

مدل HYSPLIT به منظور شبیه‌سازی جریان هوا در این مطالعه به کار رفته است. این مدل سامانه‌ای است که به محاسبه مسیرهای پیچیده پراکندگی و ته‌نشینی و همچنین حرکت گردوغبار می‌پردازد. روش محاسبه مدل، ترکیبی از دو روش اولیری^۲ و لاگرانژی^۳ است (۱، ۲۴). این مدل با شناسایی مسیرهای انتقال ریزگرد امکان تخمین سهم منابع گردوغبار را در مناطق مختلف فراهم می‌آورد (۹). در این پژوهش، از مجموعه داده-ی GDAS0P5 و مدل نرمال و MATRIX های اسپلیت در تراز ۵۰ متری از سطح زمین، برای تعیین مسیرهای



شکل ۲- فرآیند کلی تحقیق

³ Lagrangian

¹ Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model

² Eulerian

شهری، پیکره‌های آبی، باغ و زبری به منظور استفاده در نقشه مسیرهای عبور گردوغبار تهیه گردید.

شناسایی رویدادهای محلی گردوغبار

در این تحقیق به منظور شناسایی رویدادهای محلی، پس از دریافت اطلاعات مربوط به دیده‌بانی رخدادهای ریزگرد (۲۶۱ رویداد) در سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵، نمودار خطی غلظت ذرات معلق مربوط به این رخدادها ترسیم گردید و رویدادهایی که در آن نمودارهای غلظت ذرات معلق، دارای روند مشابه در ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا نزدیک به یکدیگر و یا روند پیوسته در یک ایستگاه بودند مشخص شدند. همچنین با بررسی آمار بارندگی نمودارهایی که فقط در یک ساعت مقدار بسیار بالا نشان داده بودند حذف شد تا از خطاهای احتمالی ناشی از خطاهای دستگاهی یا شناسایی آلودگی موقتی هوا بجای ریزگرد اجتناب گردد.

برای حذف خطاهای ناشی از تفسیر غلط یا اطلاعات نادرست داده‌های ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در طول دوره مورد بررسی، داده‌های مودیس از وبسایت <https://lpdaac.usgs.gov/> دریافت شد و تاریخ‌هایی که رویداد طوفان ریزگرد منطقه‌ای داشتند یا وارونگی هوا در آنها اتفاق افتاده بود به صورت چشمی شناسایی و از تاریخ‌های بدست آمده در مرحله قبل حذف شد. در گام بعد، مسیر برگشت^۶ جریان هوا بر اساس ساعت بیشترین غلظت نمودارهای ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا با استفاده از مدل آنلاین نرمال 0.5 درجه‌های اسپلیت (۵) برای تمامی رویدادهای تعیین شده، بدست آمد. بر اساس مدل‌های اسپلیت امکان تلفیق مسیرهای پیش بینی شده با لایه‌های دیگر از جمله لایه نشان دهنده سطح زمین^۷ وجود دارد (۶). بنابراین، مسیرهایی که با سطح زمین تماس فیزیکی داشت، مشخص گردید و رویدادهایی که در آنها جریان ورودی به ناحیه مطالعاتی در مسیر حرکت خود هیچ‌گونه تماسی با سطح زمین نداشت از رویدادهای مورد بررسی حذف شد.

اعمال شاخص‌های رطوبت، پوشش گیاهی و زبری و تهیه ماسک‌های فرسایش‌ناپذیری

به‌منظور شناسایی کانون‌های بالفعل گردوغبار، پس از دریافت تصاویر سنجنده OLI لندست ۸ از وبسایت و انجام پیش‌پردازش‌های لازم شامل تصحیح اتمسفری مطلق به‌وسیله مدل^۱ ATCOR و تصحیح هندسی، این تصاویر مورد پردازش قرار گرفتند. در ابتدا جهت بارزسازی پارامتر مورد بررسی شاخص‌های طیفی رطوبت و پوشش گیاهی بر روی تصاویر اعمال گردید و سپس با عمل طبقه‌بندی، ماسک‌های فرسایش‌ناپذیری از منظر رطوبت خاک و پوشش گیاهی تهیه شد. بدین منظور شاخص طیفی رطوبت^۲ مربوط به تبدیل کلاهدک منگوله‌دار^۳ (۱۴)، و شاخص طیفی پوشش گیاهی DVI (۲) بر روی تصاویر OLI اعمال شد و ماسک‌های متغیر فرسایش‌ناپذیری با تعیین آستانه رطوبت و پوشش گیاهی تهیه گردید. آستانه‌های رطوبت و پوشش گیاهی ابتدا بر اساس اطلاعات موجود تعیین شد. سپس این آستانه‌ها پس از بازدید میدانی اصلاح گردیدند. لازم به ذکر است ماسک‌های فرسایش‌ناپذیری رطوبت و پوشش گیاهی برای تمامی تاریخ‌های داده‌های موجود OLI به عنوان ماسک‌های متغیرهای پویا^۴ فرسایش‌ناپذیری بدست آمد. همچنین، شاخص زبری نیز بر روی داده مدل رقومی ارتفاع سنجنده ASTER اعمال گردید و بر اساس یک آستانه تجربی، مناطقی که به علت پستی و بلندی شدید نقش‌ناچیزی در فرسایش بادی داشتند نیز به صورت یک ماسک تهیه شد. با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت نشده و تلفیق آن با روش طبقه‌بندی نظارت شده داده‌های سنجنده OLI نقشه پوشش و کاربری زمین ناحیه مطالعاتی تهیه شد و به کمک این نقشه ناحیه شهری، پیکره‌های آبی و باغ‌ها به عنوان مناطقی که فرسایش‌ناچیزی دارند، به صورت ماسک‌های متغیرهای ثابت^۵ فرسایش‌ناپذیری تهیه شد. در نهایت ماسک نهایی متغیرهای ثابت فرسایش‌ناپذیری با تلفیق ماسک‌های

^۵ Static Variables

^۶ backward

^۷ terrain

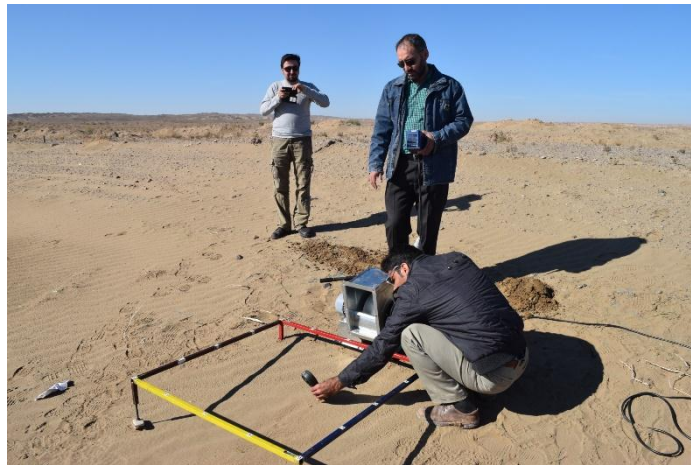
^۱ Atmospheric and Topographic Corrections

^۲ wetness

^۳ Tasseled Cap Transformation

^۴ Dynamic Variables

دست آمد. در مرحله بعد تمامی خروجی‌ها با هم جمع و نقشه فازی (۷) مسیرها (نقشه کانون‌های بالفعل) تهیه شد. سپس، نقشه کانون‌های بالفعل گردوغبار به صورت خودکار به کمک هیس‌توگرام به روش شکستگی طبیعی^۱ طبقه‌بندی شد و ناحیه‌های طبقه‌بندی‌شده به منظور واسنجی نتایج مورد نمونه‌برداری میدانی قرار گرفت. پس از به‌دست آوردن اطلاعات نقاط برداشت، شاخص‌های طیفی رطوبت و پوشش گیاهی مورد استفاده تایید و آستانه‌های فرسایش ناپذیری آن‌ها اصلاح شدند و نقشه نهایی کانون‌های بالفعل گردوغبار تولید گردید. شکل (۳) بررسی میدانی آستانه‌ها با ایجاد جریان هوا با سرعت‌های مختلف و مشاهده جابجایی ذرات خاک در عرصه را نشان می‌دهد.



شکل ۳- عملیات میدانی به منظور اصلاح آستانه‌های فرسایش ناپذیری شاخص‌های طیفی رطوبت و پوشش گیاهی

شرقی، ۱۴/۲۹٪ مسیرها جنوب غربی- شمال شرقی و ۳/۸۱٪ مسیرها جنوبی- شمالی است.

تهیه نقشه مسیر موثر رویدادها

با توجه به اهمیت کلانشهر کرج، مسیرهای ریزگردی محلی عبوری از این شهر اهمیت ویژه‌ای دارند. بنابراین در این پژوهش پس از تعیین رویدادهای محلی، برای کل شهر کرج و حومه یک ماتریس نقطه‌ای تشکیل شد و مسیرهایی که به این نقاط منتهی می‌شدند، بوسیله مدل ماتریس‌های اسپیلیت به‌دست آمد تا به تصاویر رستری مسیر هر رویداد تبدیل گردد. پس از اجرای این مدل،

تهیه نقشه فازی مسیرهای واقعی رویداد ریزگردی (نقشه کانون‌های بالفعل گردوغبار)

پس از مشخص شدن رویدادهای محلی، عرض هر مسیر با استفاده از مدل MATRIX‌های اسپیلیت در تراز ۵۰ متری برای کل شهر کرج تعیین گردید. سپس چند ضلعی‌های مسیرهای حرکت هوا در قسمت‌هایی که با سطح زمین تماس داشتند، تهیه و بر اساس ماکسیمم غلظت آن رویداد تبدیل به داده‌های رستری با غلظت نسبی شدند. در فاز بعد، هر مسیر در ماسک‌های فرسایش ناپذیری شامل ماسک‌های متغیرهای ثابت، و ماسک‌های متغیرهای پویا مربوط به رطوبت و پوشش گیاهی در هر تاریخ ضرب شد و نقشه نواحی موثر در تولید گردوغبار به

نتایج

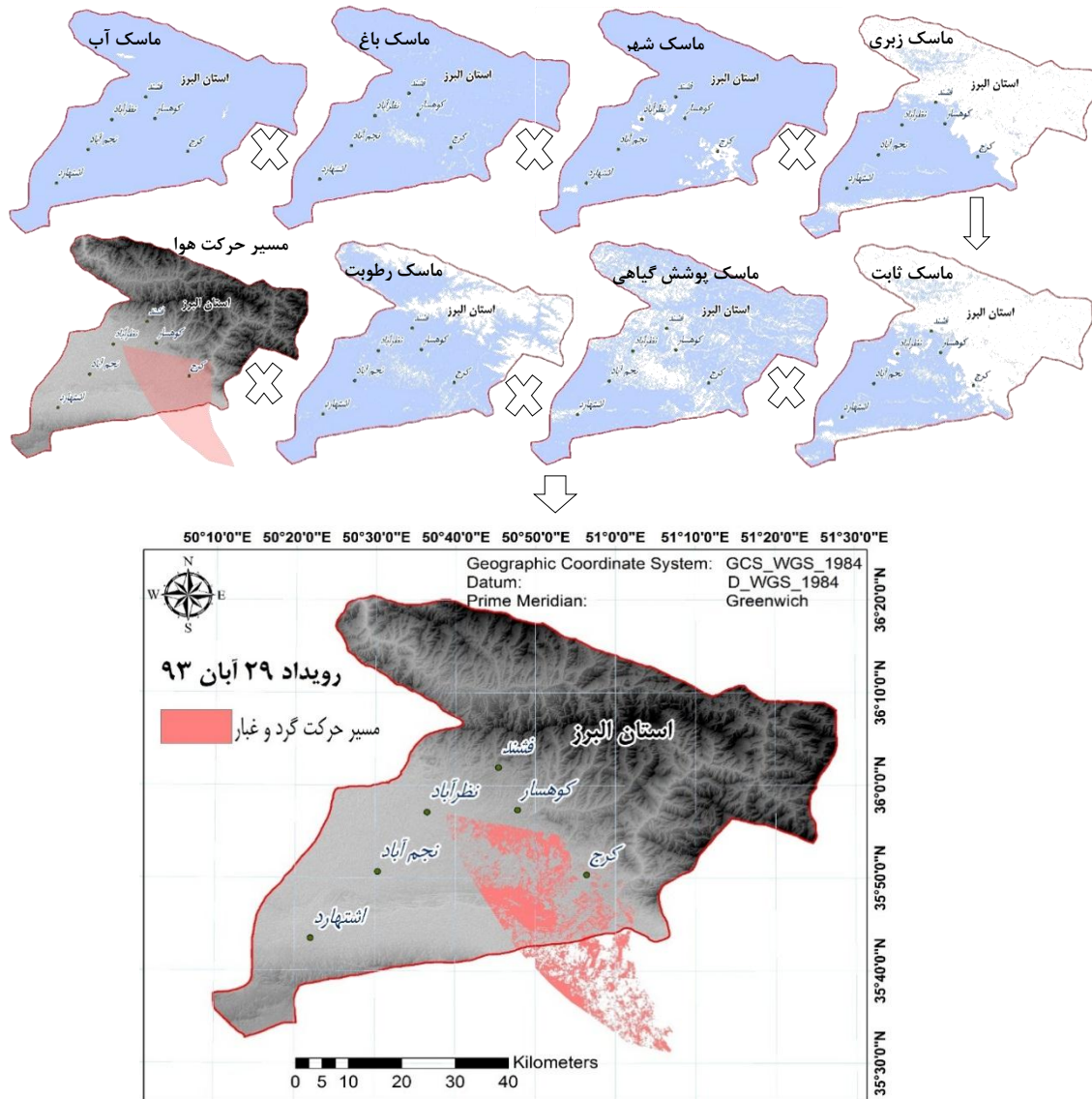
استفاده از مدل‌های اسپیلیت و تعیین رویدادهای محلی

در این مطالعه، برای غربال نهایی رویدادهای ریزگرد محلی از پیش‌بینی‌های مدل عددی‌های اسپیلیت استفاده شد. بر این اساس مناطقی که جریان هوا با سطح زمین تماس داشته مشخص شد تا در نهایت با تلفیق سه روش مورد اشاره، ۷۶ رویداد محلی ریزگرد مشخص شود. اجرای این مدل برای تمامی رویدادهای محلی تولید ریزگرد نشان داد که در استان البرز، ۴۵/۷۱٪ مسیرها شرقی- غربی و جنوب شرقی- شمال غربی، ۲۳/۸۱٪ مسیرها غربی- شرقی، ۱۲/۳۸٪ مسیرها شمال غربی- جنوب

¹ Natural breaks

بدست آید. شکل ۴ به طور کامل فرآیند تهیه نقشه‌های مسیر موثر رویدادهای ریزگرد محلی را نشان می‌دهد (در این شکل رویداد ۲۰ نوامبر ۲۰۱۴ به عنوان مثال به نمایش درآمده است).

مسیرها بر اساس عرضشان و تنها طولی که تماس فیزیکی با سطح زمین در آن مشاهده شده بود، و بر اساس غلظت آن رویداد به داده‌های رستر تبدیل شدند. در نهایت نقشه رستری مسیر هر رویداد در تصاویر ماسک‌های فرسایش ناپذیری ضرب گردید تا نقشه مسیر موثر تولید ریزگرد

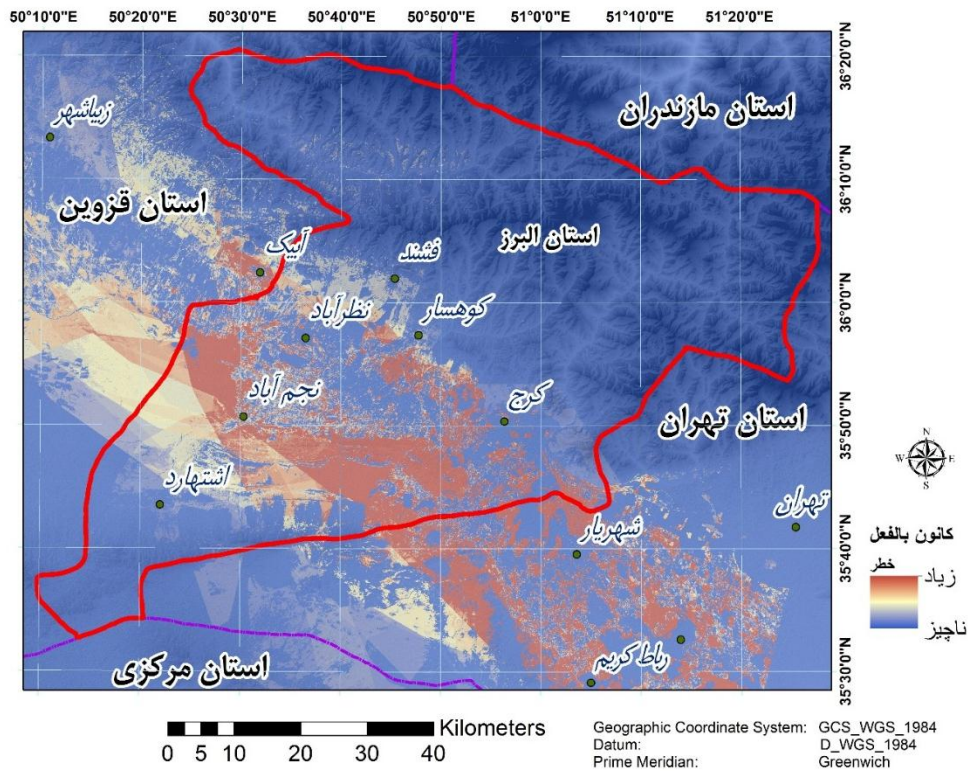


شکل ۴- نقشه مسیر موثر رویداد ۲۰ نوامبر ۲۰۱۴

در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. مطابق این نقشه، جهت جنوب غربی استان تهران به سمت شمال غربی استان البرز بیشترین اثر را در آلودگی هوای شهر کرج به دلیل گرد و خاک نشان داده‌اند و با بررسی که با واقعیت‌های میدانی انجام گرفت مشخص شد که در این ناحیه مناطق بدون پوشش گیاهی، زمین‌های کشاورزی رها شده و ماسه زارها وجود دارد و تطابق این نقشه با واقعیت میدانی به وضوح قابل مشاهده است.

تولید نقشه فازی مسیرها (نقشه کانون‌های بالفعل تولید گردوغبار)

به‌منظور استانداردسازی نقشه‌های مسیر واقعی جریان هوا در هر رویداد، تمام نقشه‌های مسیرهای موثر رویدادها با یکدیگر جمع شدند تا نقشه نهایی مسیر موثر با غلظت مجموع بدست آید. در گام بعدی این نقشه به صورت فازی (۷) استاندارد گردید. شکل ۵ نقشه استاندارد شده فازی مسیرهای موثر عبور گردوغبار



شکل ۵- نقشه کانون‌های بالفعل تولید گردوغبار

■ بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مقاله، بررسی قابلیت مجموعه داده‌های ماهواره‌ای، شبیه‌سازی عددی و اطلاعات زمینی گردوغبار به صورت تلفیقی در شناسایی منابع گردوغبار است. از نتایج آرایه شده در بالا، می‌توان تایید کرد که داده‌های لندست ۸ توانایی بالایی در شناسایی مناطق با پتانسیل بادفرسایی بالا و مناطق محتمل تولید ریزگرد دارند. همچنان که در برخی از مطالعات نیز از تصاویر لندست ۸ به منظور شناسایی منابع گردوغبار استفاده شده است. به‌عنوان مثال Cao و همکاران در پژوهش خود از تصاویر سنجنده OLI لندست ۸ و ترکیب رنگ کاذب آن استفاده کردند و مناطق منبع گردوغبار را شناسایی کردند (۳). ولی نکته‌ی قابل توجه این است که ما در پژوهش خود با اعمال شاخص‌های طیفی رطوبت خاک و پوشش گیاهی بر روی تصاویر OLI در یک دوره زمانی سه ساله و تهیه ماسک‌های فرسایش‌ناپذیری پویا مناطق مستعد تولید ریزگرد را شناسایی کردیم که این مورد کمتر در این قبیل مطالعات به چشم می‌خورد. علاوه بر این، شبیه‌سازی جریان هوا با استفاده از مدل نرمال و

ماتریکس‌های اسپلیت به خوبی توانست ما را در شناسایی کانون‌های بالفعل گردوغبار یاری دهد. در مطالعات مشابه در سطح جهان نیز با استفاده از مدل‌های اسپلیت به بررسی روند انتشار ریزگردها، شناسایی منابع محلی و محاسبه توزیع زمانی و مکانی منشا گردوغبار پرداخته شده است (۲۰، ۲۵). ولی معمولاً در این مطالعات از مدل‌های عددی به صورت منفرد استفاده شده است در صورتی که می‌توان با تجزیه و تحلیل‌های ماهواره‌ای مدل‌های پیش‌بینی عددی را قدرتمندتر ساخت که در مطالعه حاضر این موضوع مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر این، ما در مطالعه خود از یک سری از اطلاعات مانند تلفیق مسیرهای پیش‌بینی شده با لایه‌های دیگر از جمله لایه نشان‌دهنده سطح زمین (۶) استفاده کرده‌ایم که معمولاً در مطالعات مربوط به پیش‌بینی‌های عددی در نظر گرفته نمی‌شود. در مطالعه حاضر با رویکرد تلفیقی داده‌های سنجش از دور، مدل‌سازی عددی و داده‌های زمینی گردوغبار، کانون‌های بالفعل گردوغبار مشخص شده‌اند که می‌توان نقطه قوت این پژوهش به حساب آورد. در این پژوهش، به کمک داده‌های سنجش از دور

که در عملیات میدانی این پژوهش نیز این مناطق جز مناطق با پتانسیل فرسایش پذیری بالا به حساب آمدند. با توجه به این که در اغلب پژوهش‌های انجام شده در زمینه شناسایی منابع گردوغبار از روش سنجش از دور و مدل سازی عددی به صورت تلفیقی استفاده نشده است و تلفیق این دو روش در این مطالعه به خوبی توانسته است منابع بالفعل گردوغبار را شناسایی نماید (نتایج حاصل از عملیات میدانی تایید کننده این موضوع است)؛ روش مورد استفاده در این تحقیق می‌تواند برای مطالعات آتی در خصوص شناسایی منابع گردوغبار مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

از اداره کل حفاظت محیط زیست استان البرز که منابع مالی این پروژه را تامین نمودند و همچنین از سازمان هواشناسی کشور و اداره کل هواشناسی استان البرز برای در اختیار گذاشتن اطلاعات رویدادهای گردوغبار صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

(تصاویر سنجنده OLI و داده مدل رقومی ارتفاع سنجنده استر)، مناطق با فرسایش ناپذیری ناچیز مشخص و ماسک شدند که این ماسک‌های فرسایش ناپذیری به خوبی توانست مناطق با فرسایش بادی ناچیز را از سایر مناطق جدا نماید. علاوه بر این به کمک مدل نرمال های اسپلیت، رویدادهای محلی و محل تماس جریان هوا با سطح زمین و همچنین محدوده‌ی آن‌ها به کمک مدل ماتریکس های اسپلیت مشخص گردید و بر اساس ماکسیمم غلظت آن رویداد (اطلاعات زمینی گردوغبار) تبدیل به داده‌های رستری با غلظت نسبی شدند. از تلفیق این اطلاعات (مسیر رویدادها) با ماسک‌های فرسایش ناپذیری مناطقی که نقش موثری در تولید گردوغبار نداشتند حذف شدند و با فازی سازی نقشه حاصله، کانون‌های بالفعل گردوغبار به نحو مطلوب مشخص شدند که نتایج باز دیده‌های میدانی هم صحت کانون‌های شناسایی شده را تایید می‌نماید. همان‌طور که در شکل ۵ نیز مشخص است بالاترین میزان فرسایش پذیری خاک در مسیر جنوب شرقی - شمال غربی و مربوط به زمین‌های کشاورزی رها شده جنوب و جنوب شرق شهر کرج یا جنوب غرب استان تهران (زمین‌های کشاورزی اطراف اسلام شهر و رباط کریم) است

References

1. Ashrafi, K., Shafiepour-Motlagh, M., Aslemand, A., & Ghader, S. (2014). Dust storm simulation over Iran using HYSPLIT. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12, 1
2. Basso, B., Cammarano, D., & De Vita, P. (2004). Remotely sensed vegetation indices: Theory and applications for crop management. *Rivista Italiana di Agrometeorologia*, 1, 36-53
3. Cao, H., Amiraslani, F., Liu, J., & Zhou, N. (2015). Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets. *Science of the Total Environment*, 502, 224-235
4. Christopher, S.A., & Jones, T.A. (2010). Satellite and surface-based remote sensing of Saharan dust aerosols. *Remote Sensing of Environment*, 114, 1002-1007
5. Draxler, R.R., & Hess, G. (1997). Description of the HYSPLIT4 modeling system
6. Draxler, R.R., Stunder, B., Rolph, G., & Taylor, A. (1999). HYSPLIT4 user's guide. NOAA Technical Memorandum ERL ARL, 230, 35
7. Eastman, J.R. (2015). *TerrSet TUTORIAL* Clark University
8. El-Askary, H.M., Sarkar, S., Kafatos, M., & El-Ghazawi, T.A. (2003). A multisensor approach to dust storm monitoring over the Nile Delta. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41, 2386-2391
9. Escudero, M., Stein, A., Draxler, R., Querol, X., Alastuey, A., Castillo, S & Avila, A. (2011). Source apportionment for African dust outbreaks over the Western Mediterranean using the HYSPLIT model. *Atmospheric Research*, 99, 518-527

10. Ginoux, P., Chin, M., Tegen, I., Prospero, J.M., Holben, B., Dubovik, O., & Lin, S.J. (2001). Sources and distributions of dust aerosols simulated with the GOCART model. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 106, 20255-20273
11. Givchchi, R., Arhami, M., & Tajrishy, M. (2013). Contribution of the Middle Eastern dust source areas to PM10 levels in urban receptors: Case study of Tehran, Iran. *Atmospheric Environment*, 75, 287-295
12. Goudie, A.S. (2014). Desert dust and human health disorders. *Environment International*, 63, 101-113
13. Iran, M.F., Arab, K.M., & Akram, M. (2005). Investigation Of Dust Origins And Characteristics Of Their Spreading In Sistan's Storms, Iran Region, Using Image Processing
14. Jin, S., & Sader, S.A. (2005). Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances. *Remote Sensing of Environment*, 94, 364-372
15. Liu, M., & Westphal, D.L. (2001). A study of the sensitivity of simulated mineral dust production to model resolution. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 106, 18099-18112
16. Liu, Q., Liu, G., Huang, C., Liu, S., & Zhao, J. (2014). A tasseled cap transformation for Landsat 8 OLI TOA reflectance images. In: *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International* (pp. 541-544): IEEE
17. Moridnejad, A., Karimi, N & Ariya, P.A. (2015). Newly desertified regions in Iraq and its surrounding areas: Significant novel sources of global dust particles. *Journal of Arid Environments*, 116, 1-10
18. Ping, X. (2003). Digital elevation model extraction from ASTER in support of the coal fire and environmental research project, China. In: *MSc Thesis, ITC, NetherLands*
19. Stein, A., Draxler, R., Rolph, G., Stunder, B., Cohen, M., & Ngan, F. (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96, 2059-2077
20. Stein, A., Wang, Y., De La Rosa, J., Sanchez de La Campa, A., Castell, N., & Draxler, R. (2011). Modeling PM10 originating from dust intrusions in the Southern Iberian Peninsula using HYSPLIT. *Weather and Forecasting*, 26, 236-242
21. Stevens, N.F., Garbeil, H., & Mouginis-Mark, P.J. (2004). NASA EOS Terra ASTER: Volcanic topographic mapping and capability. *Remote Sensing of Environment*, 90, 405-414
22. Su, L., Yuan, Z., Fung, J.C., & Lau, A.K. (2015). A comparison of HYSPLIT backward trajectories generated from two GDAS datasets. *Science of the Total Environment*, 506, 527-537
23. Waggoner, D.G., & Sokolik, I.N. (2010). Seasonal dynamics and regional features of MODIS-derived land surface characteristics in dust source regions of East Asia. *Remote Sensing of Environment*, 114, 2126-2136
24. Wang, Y., Stein, A.F., Draxler, R.R., Jesús, D., & Zhang, X. (2011). Global sand and dust storms in 2008: Observation and HYSPLIT model verification. *Atmospheric Environment*, 45, 6368-6381
25. Yerramilli, A., Dodla, V.B.R., Challa, V.S., Myles, L., Pendergrass, W.R., Vogel, C.A., Dasari, H.P., Tuluri, F., Baham, J.M., & Hughes, R.L. (2012). An integrated WRF/HYSPLIT modeling approach for the assessment of PM2.5 source regions over the Mississippi Gulf Coast region. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 5, 401-412
26. Zhang, X.-Y., Gong, S., Zhao, T., Arimoto, R., Wang, Y., & Zhou, Z. (2003). Sources of Asian dust and role of climate change versus desertification in Asian dust emission. *Geophysical Research Letters*, 30

Identification of active dust sources using remote sensing data and air flow simulation (Case study: Alborz province)

B. Raygani¹, Z. Kheyrandish^{2*}, F. Kermani³, M. Mohammadi Miyab², A. Torabinia²

1. Assistant Professor, College of Environment, Department of Environment, Karaj, Iran

2. MSc. Graduate, College of Environment, Department of Environment, Karaj, Iran

3. MSc. Student, College of Environment, Department of Environment, Karaj, Iran

*- Corresponding Author: kheirandishz@ut.ac.ir

Received date: 17/08/2016

Accepted date: 22/01/2017

Abstract

Dust is one of the natural hazards that occur mainly in arid and semi-arid area of the world that is one of the major problems in Iran. In this paper, identification of active sources of dust generation in Alborz province using satellite images and numerical modeling to predict airflow is discussed. LANDSAT 8 satellite sensor (OLI) (from 2013 to 2015) and digital elevation models (DEMs) from the ASTER were received to produce the masks of non-erodible surface and by using vegetation, moisture, roughness indices and images classification those areas separated from the others. Also using field based dust data and HYSPLIT model (normal 5.0 degrees), air flow path in all dust events in 2013 and 2015 was simulated and local dust event was determined. By applying the HYSPLIT matrix model, raster images of events based on the level of dust was produced for local events and specify location of the back flow of air to the ground. The masks of non-erodible surface were used on these images and WLC MCE approach was used to finalize the map of active dust sources. The results showed that the combination of remote sensing and numerical simulation methods and field based data could well show active dust sources.

Keywords: Active dust sources; Remote Sensing; Simulation; HYSPLIT