نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره ٤، زمستان ١٣٩٦
صفحات ١٨-١

بهره‌گیری از سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای به منظور اعتبارسنجی کانون‌های شناسایی‌شده تولید گرد و غبار استان البرز

بهزاد رایگانی[1]، استادیار محیط زیست، دانشکده محیط زیست، سازمان محیط زیست کشور، تهران، ایران.
زهرا خیراندیش، کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران.

دریافت مقاله: ١٣٩٦/٠٣/١٥ پذیرش نهایی: ١٣٩٦/٠٨/١٠

چکیده

وسعت بسیار زیاد مناطق خشک و بیابانی در کشور و فرکانس بالای پدیده‌های گرد و غبار در آن باعث شده است، شناسایی دقیق کانون‌های تولید گرد و غبار همواره یکی از اهداف اصلی پیش‌نیاز عملیاتهای احیائی و بیابان‌زدایی به شمار آید. هدف از مطالعه حاضر، اعتبارسنجی کانون‌های شناسایی‌شده تولید گرد و غبار در استان البرز با استفاده از سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی می‌باشد. بدین‌منظور داده‌های TRMM سنجنده TMI، داده‌ی ١۶ روزه پوشش گیاهی، داده‌ی ٨ روزه درجه حرارت سطح زمین و عمق اپتیکی هواویز مودیس و همچنین اطلاعات زمینی گرد و غبار ایستگاه‌های سینوپتیک و پایش آلودگی هوا دریافت شدند. تجزیه و تحلیل روند تغییرات رطوبت خاک، درجه حرارت و پوشش گیاهی در یک دوره زمانی ١۵ ساله صورت پذیرفت. همچنین عمق اپتیکی هواویز در رویدادهای ریزگرد با غلظت بالا برای کانون‌های محتمل مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این مناطقی که در طی دوره زمانی، عمق اپتیکی گرد و غبار بالاتری نسبت به نواحی دیگر داشتند، مشخص شدند. درنهایت با استفاده از اطلاعات زمینی گرد و غبار، عمل واسنجی برای کانون‌های شناسایی‌شده انجام گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل روند تغییرات، نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار پوشش گیاهی، رطوبت خاک و دمای سطح زمین در محل کانون‌های محتمل تولید ریزگرد در طی دوره زمانی مورد مطالعه بود. کاهش درجه حرارت در بخش جنوبی استان البرز و غرب تهران با فرکانس بالای غبار در ناحیه در ارتباط بود که این تکرار رویداد گرد و غبار در بررسی سری زمانی داده‌های عمق اپتیکی هواویز نیز نشان داده شد. بررسی سری زمانی عمق اپتیکی هواویز نشان داد که تمرکز ریزگرد در نزدیکی یا بر روی کانون‌های شناسایی‌شده وجود دارد و بالا بودن مقدار غلظت در این نواحی، نشان‌دهنده صحت کانون‌های شناسایی‌شده گرد و غبار می‌باشد. همچنین بررسی عمق اپتیکی در رویدادهای با غلظت بالا و بررسی همزمان جهت حرکت هوا نشان داد کانون‌های شناسایی‌شده به درستی انتخاب گردیده است. تلفیق اطلاعات زمینی گرد و غبار با جهت حرکت باد نیز صحت کانون‌های ریزگرد شناسایی‌شده را تایید نمود. در کل یافته‌های تحقیق نشان‌دهنده قابلیت بالای سری‌های زمانی داده‌های سنجش از دور در اعتبارسنجی کانون‌های شناسایی‌شده تولید ریزگرد می‌باشد. نتایج تحلیل سری‌های زمانی داده های ماهواره‌ای نشان داد که درجه حرارت سطح زمین به عنوان یک پارامتر اقلیمی مهم در شناسایی و اعتبارسنجی کانون‌های گرد و غبار به شمار می‌رود. بر اساس نتایج تحلیل در جایی که فرکانس وقوع گرد و غبار بالا است، کاهش معنی‌دار درجه حرارت سطح زمین مشاهده می‌شود.

واژگان کلیدی: درجه حرارت سطح زمین، عمق اپتیکی هواویز مودیس، ترست، مدلساز روند تغییرات سطح زمین

١- نویسنده مسئول: Email:bhz.ray@gmail.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مقدمه

شناسایی درست کانون‌های گردوغبار بدلیل اثرگذاری بر محیط‌زیست (Samadi et al., ۲۰۱۴) و سلامت انسانی (Alkhatib et al., ۲۰۱۲; Cao et al., ۲۰۱۵) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تاکنون روش‌های مختلفی جهت شناسایی این کانون‌ها پیشنهاد شده است از روش‌های بر پایه مطالعات میدانی و ژئومورفولوژیکی (Gerivani et al., ۲۰۱۱; Muhs et al., ۲۰۱۴; Schatzel, ۲۰۰۹) گرفته تا روش‌های پیش‌بینی جریان هوا (Ashrafi et al., ۲۰۱۴; Cao et al., ۲۰۱۵; Yerramilli et al., ۲۰۱۲). یکی از عوامل اثرگذار در فرکانس وقوع پدیده گرد و غبار، دخالت‌های انسانی به شکل تغییر در پوشش زمین است (Sokolik et al., ۲۰۰۹). بنابراین شناسایی روند تغییرات پوشش زمین و تغییرات ذرات معلق موجود در هوا می‌تواند به شناسایی صحیح کانون‌های گرد و غبار کمک فراوانی نماید (Dong et al., ۲۰۱۳; Kim et al., ۲۰۱۳; Kimura, ۲۰۱۲). همچنین برای مدیریت کاهش گرد و غبار و رسوب‌گذاری مرتبط با آن، تجزیه و تحلیل روند تغییرات کانون‌های گرد و غبار بسیار مفید خواهد بود. این روش می‌تواند برخی اطلاعات مفید را به تصمیم گیرندگان در مورد وقوع گرد و غبار در آینده و کنترل آن بدست دهد (Sun et al., ۲۰۰۳).

سنجش از دور ماهواره‌ای به عنوان یک ابزار مناسب برای بررسی تغییرات شرایط سطح زمین در طول زمان می‌باشد. سنجنده‌های ماهواره‌ها به دلیل این که اندازه‌گیری‌های ثابت و قابل تکرار را در یک مقیاس مکانی فراهم می‌آورند، به خوبی برای این کار مناسب هستند (Verbesselt et al., ۲۰۱۰). تجزیه و تحلیل داده‌های سری‌های زمانی سنجش از دوری برای شناسایی روند متغیرهای طبیعی مفید است (Wang et al., ۲۰۱۶). داده‌های سری زمانی مختلف ازجمله محصولات درجه حرارت، پوشش گیاهی و رطوبت خاک از سنجنده‌های مختلف برای بررسی روند تغییرات شرایط پوشش سطح زمین وجود دارند (Dubovyk et al., ۲۰۱۵; Sobrino and Julien, ۲۰۱۳; Wang et al., ۲۰۱۴; Wang et al., ۲۰۱۶). با این حال قدرت تفکیک مکانی به نسبت پایین این داده‌ها باعث می‌شود که کمتر در سطح مکانی کوچک استفاده شوند (Lhermitte et al., ۲۰۱۱) و اغلب از این سری‌های زمانی جهت مطالعات در محدوده‌های وسیع استفاده می‌شود. تحقیقات زیادی در رابطه با روند تغییرات شرایط سطح زمین، با استفاده از محصولات سنجش از دوری انجام شده است که هر بررسی هدف ویژه‌ای را دنبال نموده است. به عنوان مثال در پژوهشی با استفاده از محصول رطوبت خاک دو سنجنده‌ی فعال ASCAT[۱] و AMI[۲] و چهار سنجنده غیر فعال TMI[۳]، SMMR[۴]، SSM/I[۵] و AMSR-E[۶] به تجزیه و تحلیل روند رطوبت خاک در منطقه دشتی شمال چین در طول سال های ۲۰۱۰-۱۹۸۱ پرداخته شده است (Wang et al., ۲۰۱۶). در مطالعه‌ای، محققان پویایی پوشش گیاهی را در سراسر یک منطقه بزرگ در جنوب آفریقا با استفاده ازداده‌های سری‌های زمانی محصول پوشش گیاهی EVI[۷] مودیس[۸]و انجام تجزیه و تحلیل روند در طول سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ مورد بررسی قرار

[۱] Advanced SCATterometer
[۲] Active Microwave Instrument
[۳] the Tropical Rainfall Measuring Mission(TRMM) Microwave Imager
[۴] the Nimbus ۷ ScanningMulti-channel Microwave Radiometer
[۵] the Special SensorMicrowave Imagers
[۶] Advanced microwave scanning radiometer-earth observing system
[۷] Enhanced Vegetation Index
[۸] Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

دادند (Dubovyk et al., ۲۰۱۵). در پژوهشی دیگر به ارزیابی تخریب زمین با استفاده از تجزیه و تحلیل روند محصول NDVI سنجنده AVHRR، محصول رطوبت خاک مرکز ملی پیش بینی محیط زیست NOAA[۱] و داده‌های بارندگی پرداخته شده است. نتایج نشان داده که مطالعات آینده تخریب زمین و بیابان زایی در مناطق خشک باید فراتر از استفاده از داده های بارندگی به عنوان تنها پیش‌بینی کننده شرط پوشش گیاهی باشد و از مجموعه داده‌های شاخص رطوبت خاک نیز در تجزیه و تحلیل‌ها استفاده شود (Ibrahim et al., ۲۰۱۵). در تحقیقی، روند تخریب زمین را با استفاده از تجزیه و تحلیل روند سری‌های زمانی محصول NDVI مودیس در منطقه منبع گرد و غبار BEIJING-TIANJIN چین بررسی کردند که این ارزیابی روند کاهشی قابل توجه‌ای را در پوشش گیاهی این منطقه نشان داد (Wang et al., ۲۰۱۴). در پژوهشی به تجزیه و تحلیل روند جهانی پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح با استفاده از داده‌های ماهانه جهانی سری زمانی NDVI، EVI و LST[۲]مودیس پرداخته شده است. نتایج نشان دهنده گرم شدن آب و هوا و افزایش درجه حرارت در عرض‌های شمالی بود (Sobrino and Julien, ۲۰۱۳). در پژوهشی، با استفاده از تجزیه و تحلیل سری زمانی محصول NDVI سنجنده AVHRR، توصیف دقیقی از الگوهای مکانی و روند زمانی منابع گرد و غبار محلی و منطقه ای را در چین شمالی ارایه دادند (Taramelli et al., ۲۰۱۳). در مطالعه‌ای، تجزیه و تحلیل روند سری‌های زمانی جهانی رطوبت خاک از اسکاترومتر[۳] ماهواره ERS-۱/-۲در طی ۱۵ سال انجام شد. یافته‌ها نشان داد که رویدادهای شدید مثل سیل و خشکسالی به وضوح در مجموعه داده رطوبت نشان داده شده است. تجزیه و تحلیل روند طولانی مدت اجازه می‌دهد تا مناطقی که به طور قابل توجه‌ای در دوره ۱۵ سال گذشته خشک‌تر یا مرطوب‌تر شده اند، به تصویر کشیده شوند (Kuenzer et al., ۲۰۰۸).

علاوه بر استفاده از تجزیه و تحلیل روند در بررسی صحت کانون‌های گرد و غبار می‌توان از محصول عمق اپتیکی هواویز[۴]سنجنده مودیس نیز به عنوان یک محصول از ماهواره‌های هواشناسی، برای بررسی غلظت هواویزها و گرد و غبار در محل کانون‌ها بهره برد. تحقیقات گسترده‌ای در سطح جهان در خصوص بررسی عمق اپتیکی هواویز و گرد و غبار با استفاده از این محصول صورت گرفته است. در مطالعه‌ای با استفاده از الگوریتم آبی عمیق و هدف تیره محصول عمق اپتیکی هواویز مودیس، روند غلظت گرد و غبار در خاورمیانه در طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفت (Klingmüller et al., ۲۰۱۶). در مطالعه‌ای از محصول عمق اپتیکی هواویز مودیس و الگوریتم آبی عمیق[۵] و همچنین الگوریتم ترکیبی آبی عمیق- هدف تیره[۶] برای استخراج عمق اپتیکی هواویز و پیش بینی غلظت PM۲,۵ استفاده کردند (Sorek-Hamer et al., ۲۰۱۵). در تحقیقی دیگر، با استفاده از مدل HYSPLIT، محصول عمق اپتیکی هواویز مودیس و داده نیمرخ عمودی هواویز اتمسفری ماهواره کالیپسو[۷]، منابع گرد و غبار چین را شناسایی کردند (Zhao et al., ۲۰۱۵). همچنین در پژوهشی، محققان

[۱] National Center for Environmental Prediction(NCEP)
[۲] Land Surface Temperature(LST)
[۳] SCATTEROMETER
[٤] Aerosol Optical Depth(AOD)
[٥] Deep Blue
[٦] Deep Blue-Dark Target(DB-DT)
[۷] Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

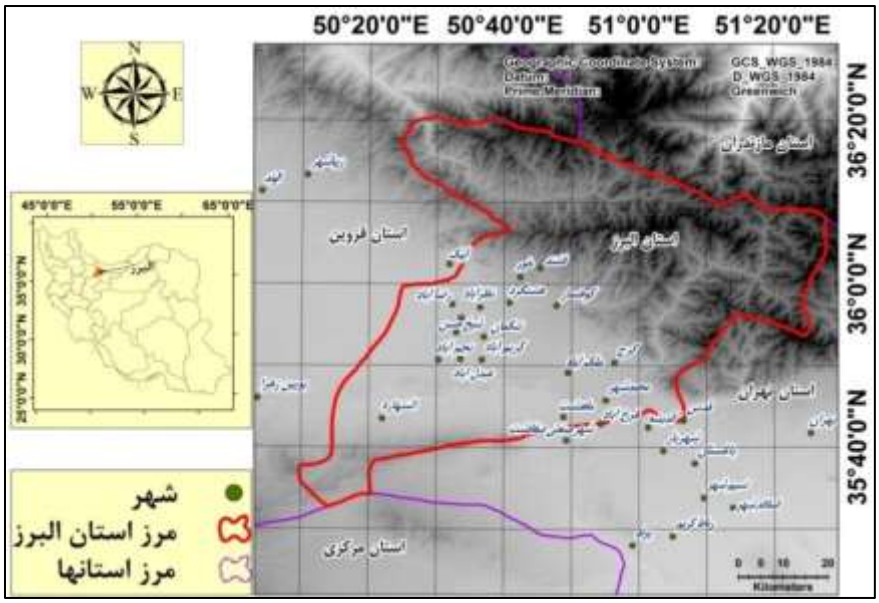
تغییرات زمانی و مکانی عمق اپتیکی هواویز در استان Shaanxi چین را با استفاده از محصول عمق اپتیکی هواویز مودیس در طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ مورد بررسی قرار دادند (Dong et al., ۲۰۱۳).

یکی از کمبودهای پژوهش‌های انجام شده بر روی سری‌های زمانی داده‌های سنجش از دور، عدم استفاده از قابلیت داده‌های سنجش از دوری سری زمانی در شناسایی و اعتبارسنجی کانون‌های تولید گرد و غبار است. اگر چه تحقیقی در خصوص روند تغییرات زمین در کانون‌های گرد و غبار صورت نگرفته است با این حال می‌توان با استفاده از یافته‌های این تحقیقات و با توجه به رابطه بین تولید گرد و غبار و روند تغییرات پوشش گیاهی، رطوبت خاک و درجه حرارت سطح زمین (Kimura, ۲۰۱۲; Taramelli et al., ۲۰۱۳)، کانون‌های شناسایی شده تولید گرد و غبار را اعتبارسنجی نمود. همچنین می‌توان با استفاده از محصول عمق اپتیکی هواویز و بررسی غلظت گرد و غبار، کانون‌های تولید گرد و غبار را مورد ارزیابی قرار داد. بنابراین در این مطالعه، به منظور اعتبارسنجی کانون‌های شناسایی‌شده گرد و غبار استان البرز، از تجزیه و تحلیل روند داده‌های سری زمانی محصولات پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح زمین سنجنده مودیس و محصولLPRM_TMI_DY_SOILM۳ سنجنده TMI استفاده شده است. علاوه بر این، محصول عمق اپتیکی هواویز مودیس به منظور بررسی غلظت گرد و غبار در محل کانون‌ها مورد استفاده قرار گرفته است.

داده ها و روش‌کار

منطقه مورد مطالعه این تحقیق استان البرز است که به دلیل دارا بودن منشاهای داخلی تولید گرد و غبار به شدت تحت تاثیر رویدادهای گرد و غبار است. این استان با مساحت حدود ۵۱۴۱۸۶ هکتار بین عرض جغرافیایی '۳۲ °۳۵ تا '۲۰ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی '۹ °۵۰ تا '۲۷ °۵۱ شرقی واقع شده است (شکل ۱). دشت‌ها و جلگه‌های اطراف این استان به خصوص جنوب آن، دارای اقلیم خشک و با بارندگی کمتر از ۲۰۰ میلیمتر در سال است. همچنین به علت ضعیف بودن پوشش گیاهی، پتانسیل بادفرسایی در این مناطق افزایش پیدا کرده است. به دلیل توسعه پدیده بیابان‌زایی و افزایش خشک‌سالی در سال‌های اخیر، این استان به شدت در معرض رویدادهای محلی گرد و غبار قرار گرفته است (اداره کل حفاظت محیط زیست استان البرز، ۱۳۹۴).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، داده‌های مربوط به دیده‌بانی رخدادهای ریزگرد سازمان هواشناسی و همچنین داده‌های غلظت ساعتی مربوط به ذرات معلق ایستگاه‌های سنجش و پایش کیفیت هوای سازمان حفاظت محیط زیست در سه سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ دریافت گردید تا در نهایت با تلفیق این اطلاعات، آمار رویدادهای ریزگرد محلی استخراج شود و در ارزیابی صحت کانون-های شناسایی شده ریزگرد مورد استفاده قرار گیرد.

الف) داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده در تحلیل روند تغییرات پوشش زمین

- **داده‌های ماهواره‌ای** TRMM[1] **سنجنده** TMI[2]

در این مطالعه، محصولLPRM_TMI_DY_SOILM۳ سنجنده TMI ماهواره TRMMبرای بررسی روند رطوبت سطح خاک و پوشش گیاهی و اعتبارسنجی کانون های ریزگرد از وب‌سایت http://mirador.gsfc.nasa.gov/ دریافت شد. این محصول شامل داده‌های رطوبت خاک، عمق اپتیکی پوشش گیاهی[3] و درجه حرارت سطح زمین است. ماهواره TRMM در یک مدار خورشید آهنگ با زاویه انحراف ۳۵درجه است که در هر روز ۱۶ مدار فراهم می‌آورد. یکی از سنجنده‌های این ماهواره، TMI است. TMI یک رادیومتر اسکن کننده مخروطی مایکروویو غیر فعال دو قطبی است که در ۱۰/۶۵، ۱۹/۴، ۲۱/۳، ۳۷/۰ و ۸۵/۵ گیگاهرتز عمل می کند (Gruhier et al., ۲۰۱۰; Jackson et al., ۲۰۰۲). TMI بر اساس یک مدل استخراج پارامترهای زمین(LPRM[4]) رطوبت سطح خاک و عمق اپتیکی پوشش گیاهی را ثبت می‌نماید. درجه حرارت سطح زمین نیز به طور جداگانه در این ماهواره بر اساس باند Ka سنجنده TMI (با فرکانس ۳۷ هرتز) بدست می‌آید. این

[1] Tropical Rainfall Measuring Mission
[2] TRMM Microwave Imager
[3] Vegetation Optical Depth
[4] Land Parameter Retrieval Model

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

داده‌ها از اواخر ۱۹۹۷ تا به امروز به صورت روزانه در دسترس می‌باشند و قدرت تفکیک مکانی ۲۵ کیلومتری دارند (De Jeu et al., ۲۰۰۸; Holmes et al., ۲۰۰۹; Owe et al., ۲۰۰۸; Parinussa et al., ۲۰۱۱).

۵۴۷۹ تصویر روزانه این سنجنده از ابتدای سال ۲۰۰۰ تا پایان سال ۲۰۱۴ دریافت شد و پس از آماده‌سازی در تحلیل روند درجه حرارت زمین، رطوبت خاک و پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفت.

- **داده‌های ماهواره‌ای TERRA سنجنده MODIS**

به منظور اعتبارسنجی کانون های ریزگرد شناسایی شده در استان البرز،۲۳۱ داده‌ی سری زمانی ۱۶ روزه پوشش گیاهی (MOD۱۳Q۱) بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۴و ۵۹۸ داده‌ی سری زمانی ۸ روزه درجه حرارت سطح خاک (MOD۱۱A۲) بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ سنجنده مودیس ماهواره ترا از وب‌سایت https://lpdaac.usgs.gov/ دریافت و پس از آماده سازی در تحلیل روند تغییرات پوشش گیاهی و درجه حرارت مورد استفاده قرار گرفت.

داده‌های پوشش گیاهیMOD۱۳Q۱ هر ۱۶ روز در قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر (بالاترین قدرت تفکیک مودیس) به عنوان یک محصول شبکه ای Level-۳ در سیستم تصویر سینوسی در دسترس است. این محصول شامل بازتابندگی باندهای قرمز، آبی و مادون قرمز نزدیک، شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI۱ و EVI۲ از سنجنده مودیس ماهواره ترا است (Clark et al., ۲۰۱۰; Quintano et al., ۲۰۱۱). داده‌های ۸ روزه‌ی درجه حرارت سطح زمین مودیس (MOD۱۱A۲) نیز محصول شبکه ای Level-۳ و با سیستم تصویر سینوسی و قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر است (Fu et al., ۲۰۱۱).

- **محصول عمق اپتیکی هواویز سنجنده MODIS**

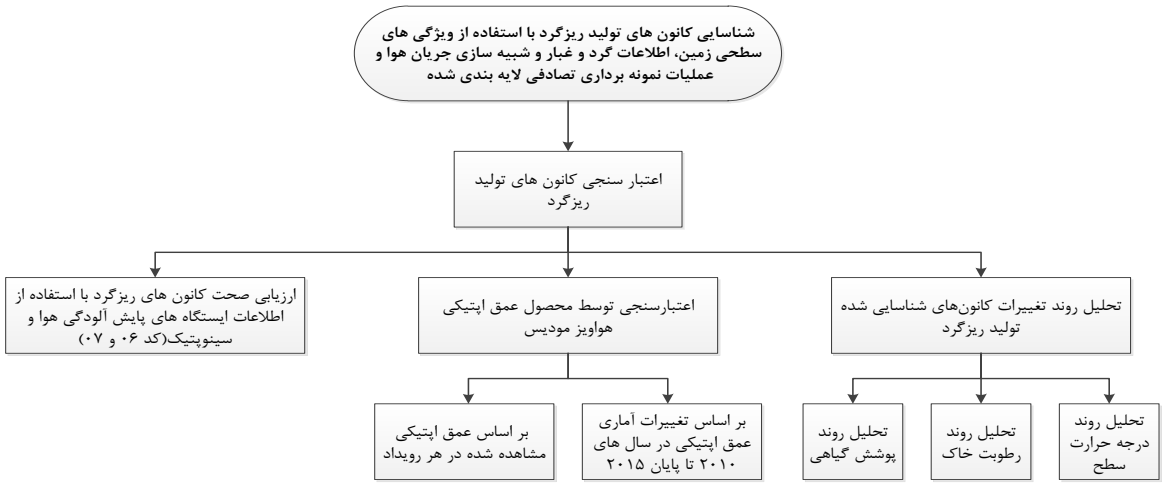
در این تحقیق محصول MOD۰۴_L۲ (ورژن۰۶) مودیس، به منظور بررسی عمق اپتیکی گرد و غبار و اعتبارسنجی کانون-های ریزگرد شناسایی شده، از وب‌سایت https://lpdaac.usgs.gov/ دریافت گردید. این محصول برای روزهای با غلظت بالای گرد و غبار سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ و یک روز قبل و بعد آن دریافت شد. همچنین ۳۰۶۶ داده این محصول از سال ۲۰۱۰ تا پایان ۲۰۱۵ به منظور به دست آوردن تحلیل آماری تغییرات عمق اپتیکی در این سال‌ها مورد استفاده قرار گرفت. محصولات هواویز سنجنده مودیس هم بر روی زمین و هم روی آب ارایه شده‌اند. داده‌های روزانه عمق اپتیکی هواویز سطح ۲ مودیس (MOD۰۴_L۲)، دارای قدرت تفکیک مکانی ۱۰×۱۰ کیلومتر و عرض نوار ۲۳۳۰ کیلومتر هستند (Pozzer et al., ۲۰۱۵).

ب) روش تحقیق

فرآیند کلی روش تحقیق در شکل۲ نشان داده است. در ادامه به ذکر جزییات این فرآیند پرداخته شده است.

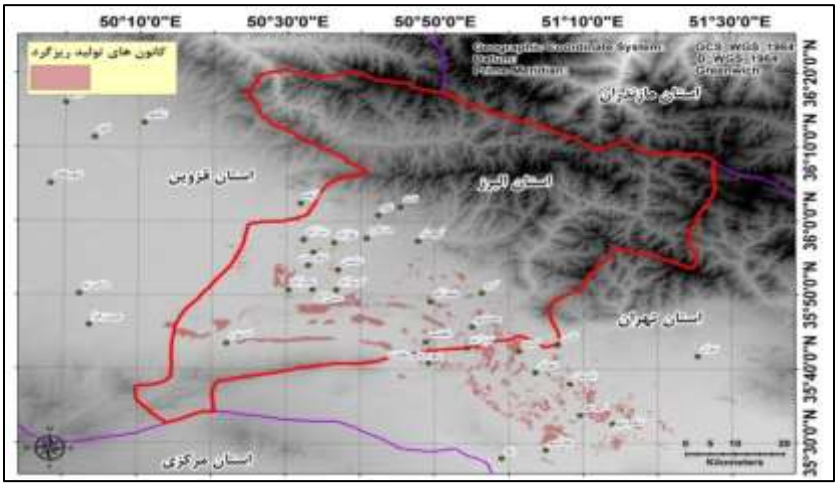
[۱] Normalized Difference Vegetation Index
[۲] Enhanced Vegetation Index

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۲: فرآیند کلی تحقیق

پیش از انجام این پژوهش در تحقیقی جداگانه ابتدا با استفاده از داده‌های سنجش از دوری، شبیه‌سازی جریان هوا و داده-های زمینی گرد و غبار، شرایط منطقه مورد مطالعه از جمله پوشش گیاهی، رطوبت خاک، زبری سطح، ویژگی‌های زمین شناسی و مسیرهای رویدادهای گرد و غبار مورد بررسی قرار گرفت و مناطقی که دارای پتانسیل فرسایش پذیری خاک بودند، مشخص شدند. سپس بر اساس یک طرح نمونه‌برداری تصادفی لایه بندی شده، این مناطق مورد بازدید قرار گرفت و کانون‌های نهایی تولید گرد و خاک بر اساس نمونه برداری‌های میدانی مشخص شدند (شکل ۳). در نهایت در این پژوهش صحت این کانون‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مقاله به بررسی صحت و اعتبارسنجی کانون‌های شناسایی شده گرد و غبار استان البرز با استفاده از داده‌های سری زمانی سنجش از دوری و اطلاعات زمینی گرد و غبار پرداخته شده است. بدین منظور، در این مطالعه از تجزیه و تحلیل روند تغییرات شرایط سطح زمین، بررسی عمق اپتیکی گرد و غبار، اطلاعات گرد و غبار ایستگاه‌های هواشناسی و پایش آلودگی هوا در منابع گرد و غبار شناسایی شده استفاده شده است که مطابق با توضیحات شکل (۲) هر گام در ادامه با جزئیات تشریح شده است.



شکل ۳: نقشه کانون‌های تولید ریزگرد استان البرز

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

ب-۱) اعتبارسنجی توسط تحلیل روند تغییرات کانون‌های شناسایی شده تولید ریزگرد

در این تحقیق با استفاده از ابزار مدلساز روند تغییرات سطح زمین[۱](ETM) در محیط نرم افزار TerrSet ، به تجزیه و تحلیل روند تغییرات رطوبت خاک، درجه حرارت سطح زمین و پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی پرداخته شده است. ETMابزاری برای تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی تصاویر مشاهده زمین است و به کمک آن می توان روندها و الگوهای اخیر را در متغیرهای اساسی سیستم زمین مانند دمای سطح دریا، درجه حرارت اتمسفر، بارش، پوشش گیاهی و امثال آن‌ها کشف نمود. سری‌های زمانی تصاویر مشاهده زمین، یک منبع مهمی برای درک هر دو پویایی و تکامل پدیده‌های محیط زیستی فراهم می‌نماید. در نتیجه، ETM بر تجزیه و تحلیل روند و ویژگی‌های پویای این پدیده‌ها همان طور که در تصاویر سری زمانی مشهود است، متمرکز است (Eastman, ۲۰۱۵a; Eastman, ۲۰۱۵b).

به منظور تجزیه و تحلیل روند تغییرات از محصولات LPRM_TMI_DY_SOILM۳ (شامل داده‌های رطوبت خاک، درجه حرارت سطح و عمق اپتیکی پوشش گیاهی) سنجنده TMI، MOD۱۳Q۱ (محصول پوشش گیاهی مودیس ماهواره ترا) و MOD۱۱A۲ (محصول درجه حرارت سطح زمین مودیس ماهواره ترا) استفاده گردید. پس از دریافت داده‌های سری زمانی TMI (۲۰۱۴-۲۰۰۰)، مراحل آماده سازی بر روی هر سه داده آن (رطوبت، درجه حرات و عمق اپتیکی پوشش گیاهی) صورت پذیرفت تا به داده‌های ماهیانه نرمال شده تبدیل شوند. با توجه به وجود نویز در داده‌های سری زمانی به دلیل ابر و عوامل محیطی و سامانه‌های داخلی سنجنده، از روش تحلیل رگرسیونی بوسیله میانه تیل-سن[۲](روند میانه) به منظور استخراج مقادیر شیب و ثابت معادله خطی تغییرات استفاده شد. تیل-سن یک تحلیل‌گر روند غیرپارامتری قوی است که برای ارزیابی نرخ تغییر سری‌های کوتاه و نویزی، بسیار رایج و قابل اطمینان است و توسط تعیین شیب بین هر ترکیب دو به دو و سپس پیدا کردن ارزش میانه محاسبه می شود (Eastman, ۲۰۱۵a; Eastman, ۲۰۱۵b).

همچنین به منظور بررسی معنی داری رابطه خطی تغییرات، از روش معنی داری من-کندال[۳](روند یکنواخت) و بررسی مقادیر z استفاده گردید. روش معنی‌داری من-کندال تصویری در مقادیر z تولید می‌کند که اجازه ارزیابی هم معنی-داری و هم جهت را به طور هم‌زمان می‌دهد. ارزش‌های بحرانی برای سطح اطمینان ۹۵٪ (سطح معنی داری ۵٪) برابر با-/+ ۱,۹۶ و برای سطح اطمینان ۹۹٪ (سطح معنی داری۱٪) معادل ۲,۵۸-/+ می‌باشد. روش معنی‌داری من-کندال، در واقع اندازه‌گیری اهمیت یک روند یکنواخت است.این روش، یک جفت تصویر تولید می کند؛ یک تصویر معنی داری(تصویر مقادیر z)و یک تصویر ثانویه(تصویر مقادیر p) که احتمال این که روند مشاهده شده می‌توانست توسط شانس(تصادفی) رخ داده شده باشد را نشان می‌دهد (Eastman, ۲۰۱۵a; Eastman, ۲۰۱۵b). در این پژوهش روندهای معنی دار با سطح احتمال ۹۹ درصد مشخص گردید، یعنی وقتی مقدار z بیشتر از ۲,۵۸+ یا کمتر از ۲,۵۸- شد، روند به صورت معنی‌دار در نظر گرفته شد.

با توجه به قدرت تفکیک زمینی بسیار پایین سنجنده TMI (۲۵ کیلومتر) و بر اساس نتایج تحلیل روند تغییرات درجه حرارت سطح این سنجنده، به منظور بررسی دقیق‌تر، از داده‌های درجه حرارت سطح زمین سنجنده MODIS ماهواره

[۱] Earth Trend Modeler(ETM)
[۲] Theil-Sen(Median Trend)
[۳] Mann-Kendall (Monotonic Trend)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

Terra (۲۰۱۴-۲۰۰۲) نیز استفاده شد. این داده‌ها نیز آماده‌سازی شدند و شیب و ثابت معادله خطی روند تغییرات آن‌ها بوسیله روش تیل-سن و معنی‌داری رابطه توسط روش معنی‌داری من-کندال مورد ارزیابی قرار گرفت.

لایه سوم داده‌ی TRMM سنجنده TMI که مورد تحلیل قرار گرفته است، داده‌ی مربوط به پوشش گیاهی می‌باشد. با توجه به تغییر معنی‌دار کاهشی پوشش گیاهی در اغلب نقاط استان در داده‌ی عمق اپتیکی پوشش گیاهی سنجنده TMI به منظور بررسی دقیق‌تر این روند، از دو شاخص NDVI و EVI محصول MOD۱۳Q۱ سنجنده مودیس (۲۰۱۴-۲۰۰۱) استفاده گردید.

ب-۲) اعتبارسنجی توسط محصول عمق اپتیکی هواویز مودیس

در این مطالعه از محصول MOD۰۴_L۲ (عمق اپتیکی هواویز مودیس) ورژن ۰۶، به منظور بررسی صحت کانون‌های شناسایی تولید گرد و غبار استفاده شد. این داده‌ها برای رویدادهای گرد و غبار با غلظت بالا و یک روز قبل و بعد از آن‌ها در بین سال های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ دریافت و زمین مرجع شدند. سپس بر اساس لگوریتم‌های هدف تیره۱(DT) و آبی عمیق۲(DB)، عمق نوری آیروسل در منطقه مورد مطالعه به دست آمد. تولیدات هواویز اتمسفری سطح دو مودیس (MOD۰۴_L۲)، پوشش جهانی کاملی از خواص آیروسل از الگوریتم هایDT و DB فراهم می‌آورد. الگوریتم DT بر روی اقیانوس و زمین تیره (مانند پوشش گیاهی) به کار برده می‌شود در حالی که الگوریتم DB در مجموعه ۶(C۶) کل مناطق خشکی شامل هر دو سطح تیره و روشن را پوشش می‌دهد (Levy and Hsu, ۲۰۱۵).در مناطقی که عمق اپتیکی بالاتر بود، مسیر جهت جریان باد در ۲۴ ساعت قبل به وسیله مدل های‌اسپلیت تعیین گردید. سپس نقشه‌های عمق اپتیکی از نظر تماس جریان هوا با زمین برای کانون‌های محتمل مورد بررسی قرار گرفت. علاوه‌براین، داده‌های MOD۰۴_L۲ از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ به منظور به‌دست آوردن تغییرات آماری عمق اپتیکی و بررسی غلظت گرد و غبار در محل کانون‌ها، دریافت شدند. سپس دو پارامتر از آن استخراج شد: ۱- نوع هواویز (Aerosol type) ۲- عمق اپتیکی هواویز (AOD). در فاز بعد، به کمک نوع هواویز، قسمت‌هایی که فقط شامل گرد و غبار بود، استخراج گردید (AOD از نوع گرد و غبار استخراج شد). بدین صورت که کد هواویز گرد و غبار با AOD ترکیب شد و فقط، AOD که مربوط به گرد و غبار بود باقی ماند. سپس پارامترهای آماری پیکسلی از جمله مقدار بیشینه، میانگین، میانه، انحراف معیار، دامنه تغییرات،مجموع و تنوع۳ محاسبه شد که از این میان شاخص تنوع از دیگر پارامترها مناسب‌تر تشخیص داده شد. در تصویر خروجی تنوع، نواحی‌ای وجود دارد که شدت تغییرات ارزشی-مکانی در آنها بیشتر از سایر بخش‌ها است (رنگ و ارزش آن‌ها تفاوت دارد). در واقع همبستگی مکانی-ارزشی۴ آنها با پیکسل‌های همسایه ناچیز است. این نواحی، مناطقی هستند که در آن‌ها فرکانس وقوع گرد و غبار و همچنین عمق اپتیکی گرد و غبار نسبت به نواحی دیگر بالاتر است. در مرحله بعد با استفاده از این خروجی، کانون‌های تولید ریزگرد اعتبارسنجی شدند.

---

۱ Dark Target
۲ Deep Blue
۳ Variety
٤ Autocorrelation

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

ب-۳) ارزیابی صحت کانون‌های ریزگرد با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا و سینوپتیک(کد ۰۶ و ۰۷)

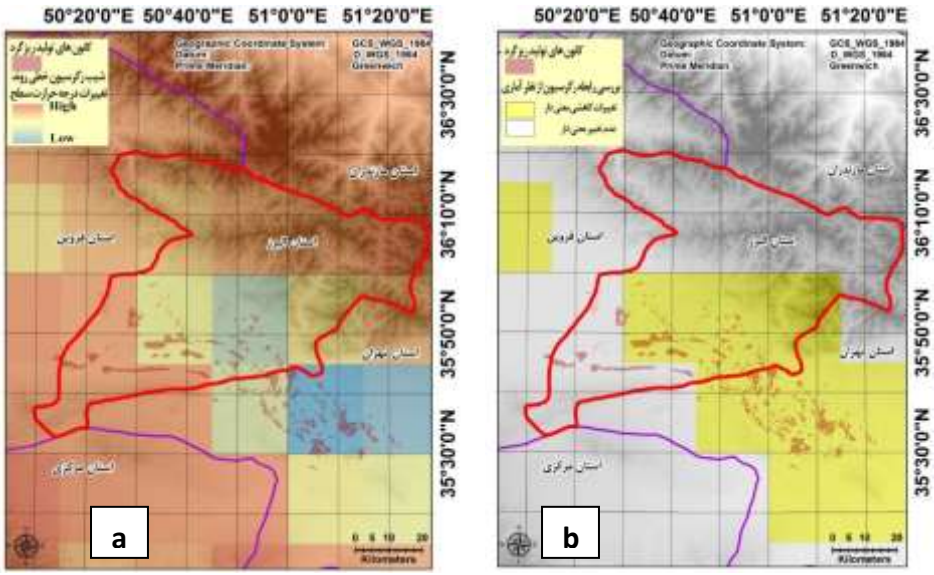
به منظور ارزیابی صحت کانون‌های شناسایی شده، از اطلاعات کدهای ۰۷ و ۰۶ گرد و غبار ایستگاه‌های سینوپتیک (کد ۰۶ بیان‌گر گردوخاک معلق در هوا که در اثر طوفان شن و خاک نقاط خارج از ایستگاه به ایستگاه آمده و کد ۰۷ نشان دهنده گردوخاک یا شنی که بوسیله باد در ایستگاه و یا نزدیکی آن در ساعت دیدبانی بلند شده می باشد) و اطلاعات غلظت گرد و غبار ایستگاه‌های پایش آلودگی هوای محیط زیست استفاده گردید. بدین منظور با استفاده از گلباد و مدل عددی جریان هوای های‌اسپلیت، مسیرهای باد اصلی مشخص شدند. سپس از این بین، مسیرهایی که در آن ایستگاه‌های سینوپتیک و پایش قرار داشت، انتخاب شد و عمل واسنجی برای کانون‌های شناسایی شده نزدیک این ایستگاه‌ها صورت پذیرفت. به دلیل محدود بودن پراکنش و تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک در منطقه مطالعاتی این صحت سنجی اغلب برای زمین‌های کشاورزی آیش و بایر بخش جنوب شرقی استان البرز صورت پذیرفت.

شرح و تفسیر نتایج

- **تحلیل روند تغییرات کانون‌های شناسایی شده تولید ریزگرد**

شکل a-۴ شیب معادله خطی تغییرات درجه حرارت سطح در هر پیکسل در طول دوره مورد بررسی که از داده‌های نرمال-شده و پیش‌پردازش‌شده TMI بدست آمده است را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل a-۴مشاهده می‌شود درجه حرارت سطح زمین در بخش جنوبی استان البرز و غرب تهران کاهش یافته است (رنگ آبی و زرد بخش جنوبی دارای شیب منفی می‌باشند). این کاهش درجه حرارت می‌تواند به علت فرکانس بالای غبار در ناحیه و بالتبع جلوگیری از دریافت نور خورشید توسط سطح زمین باشد. مطابق با مقادیر شیب، بخش جنوب شرقی خارج از استان البرز (زمین‌های بایر و آیش کشاورزی) بشترین شیب تغییرات درجه حرارت را نشان می‌دهد (خش آبی پررنگ در شکلa-۴). در ضمن به علت کاهش درجه حرارت در این ناحیه، امکان دارد الگوی جریان هوای محلی در نزدیک به سطح زمین اندکی تغییر نموده باشد. شکل b-۴تغییرات معنی‌دار درجه حرارت داده TMI را در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد. مطابق این شکل کلیه مناطق دارای روند کاهشی درجه حرارت، تغییرات معنی‌دار نشان داده‌اند (رنگ زرد در شکل b-۴نشان‌دهنده بخش‌های دارای رابطه معنی‌دار است). همان‌گونه که مشاهده می‌شود تغییرات معنی‌دار کاهشی درجه حرارت بخش‌هایی از کانون‌های شناسایی شده تولید ریزگرد را در بر دارد. بنابراین به منظور بررسی دقیق‌تر روند درجه حرارت، از داده درجه حرارت سطح سنجنده مودیس با قدرت تفکیک بهتر از TMI استفاده گردید. نتیجه این تحلیل هم در مورد درجه حرارت بیشینه سالیانه، کاهش درجه حرارت را در مناطق جنوب استان البرز و غرب استان تهران نشان داد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل۴: روند تغییرات درجه حرارت سطح حاصل از سنجنده TMI بین سال‌های ۲۰۰۰ تا پایان ۲۰۱۴. a) شیب تغییرات درجه حرارت سطح b) بررسی آماری تغییرات درجه حرارت از نظر معنی‌داری رابطه

لایه دوم داده‌ی TRMM سنجنده TMI که مورد تحلیل قرار گرفته است، داده مربوط به رطوبت خاک می‌باشد. نتایج شیب معادله خطی تغییرات رطوبت خاک سطح هر پیکسل و بررسی معنی‌داری رابطه خطی این تغییرات در طول دوره مورد بررسی نشان داد که رطوبت خاک در اغلب استان البرز و غرب تهران کاهش یافته است.همچنین، زمین‌های کشاورزی رها شده یا آیش و بایر جنوب و جنوب شرق استان البرز، شیب تغییرات کاهشی بیشتری نسبت به بخش‌های داخلی استان را تجربه نموده‌اند که رها شدن این زمین‌ها را در طول این سال‌ها نشان می‌دهد.

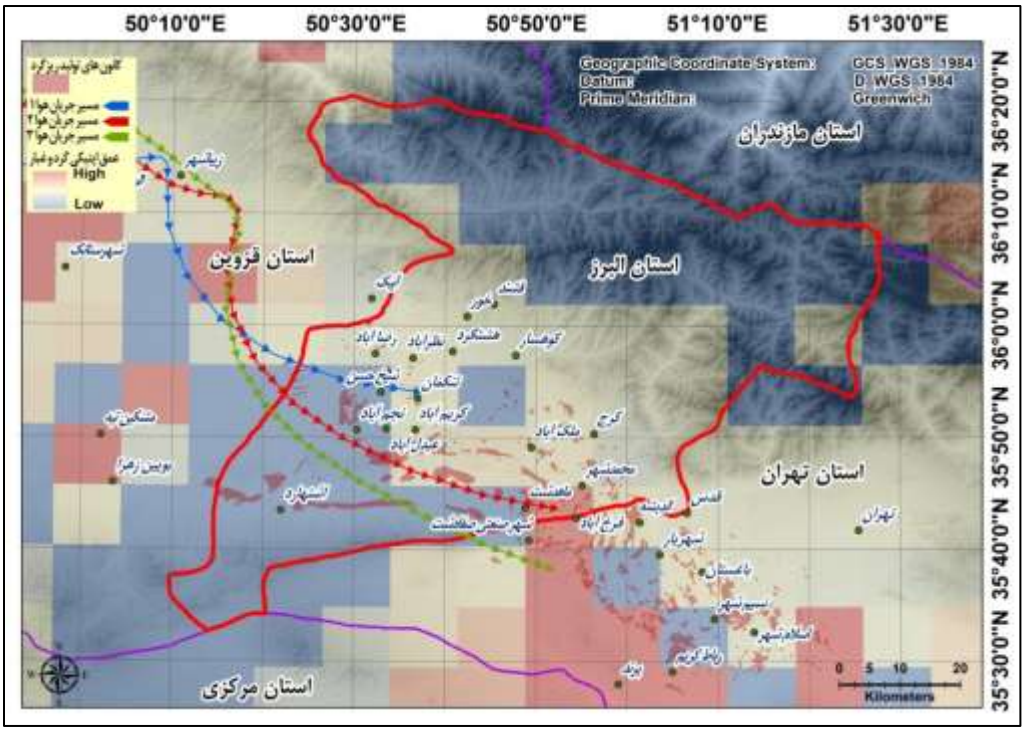
لایه سوم داده‌ی TRMM سنجنده TMI که مورد تحلیل قرار گرفته است، داده مربوط به پوشش گیاهی می‌باشد. نتایج شیب معادله خطی تغییرات عمق اپتیکی پوشش گیاهی هر پیکسل و بررسی معنی‌داری رابطه خطی این تغییرات نمایان‌گر کاهش پوشش گیاهی بخصوص در مناطق غیرمرطوب می باشد این کاهش، در اغلب استان البرز و تهران مشاهده شده است. با توجه به تغییر معنی‌دار کاهشی پوشش گیاهی در اغلب نقاط استان در داده‌ی عمق اپتیکی سنجنده TMI به منظور بررسی دقیق‌تر این روند، از دو شاخص NDVI و EVI محصول MOD۱۳Q۱ سنجنده مودیس استفاده گردید. نتایج شیب معادله خطی تغییرات این شاخص و بررسی معنی‌داری رابطه خطی این تغییرات نشان داد که پوشش گیاهی در جنوب استان البرز و غرب استان تهران کاهش یافته است. همانند شاخص پوشش گیاهی EVI، تجزیه و تحلیل روند شاخص NDVI کاهش پوشش گیاهی را در جنوب استان البرز و غرب استان تهران نشان داد. علاوه بر این، شیب تغییرات پوشش گیاهی حاصل از شاخص NDVI بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۴ نشان داد که مقدار شیب تخریب پوشش گیاهی در اغلب بخش‌های جنوبی استان البرز(مراتع دشتی) کاهش یافته است که گزارش‌های محلی مردمی در مورد تخریب شدید در سالیان اخیر را تایید می‌نماید.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

- **اعتبارسنجی کانون‌های ریزگرد توسط داده عمق اپتیکی هواویز مودیس**

- **اعتبارسنجی کانون‌های ریزگرد بر اساس عمق اپتیکی مشاهده شده در هر رویداد**

نتایج بررسی عمق اپتیکی در رویدادهای با غلظت بالا نشان داد که مقدار عمق اپتیکی ریزگرد در نزدیکی اغلب کانون‌های شناسایی شده، زیاد است. علاوه بر آن در زمان‌هایی که جریان هوا با زمین تماس داشته است، مسیر باد از روی کانون‌ها بوده است. این امر نشان دهنده صحت بالای کانون‌های شناسایی شده گرد و غبار است. به عنوان مثال در شکل ۵مسیر جریان هوا (رنگ قرمز و سبز) از محل کانون‌ها بوده است و باد گرد و غبار را از محل کانون‌ها به محل دیگر انتقال داده و تمرکز گرد و غبار در ماهدشت، فرخ آباد و صفادشت افزایش پیدا کرده است. در مورد مسیر جریان هوای به رنگ آبی نیز، باد از محل کانون‌ها، گرد و غبار را به شهرهای تنکمان و کریم آباد انتقال داده است و افزایش غلظت گرد و غبار در این قسمت هم مشاهده می‌شود.



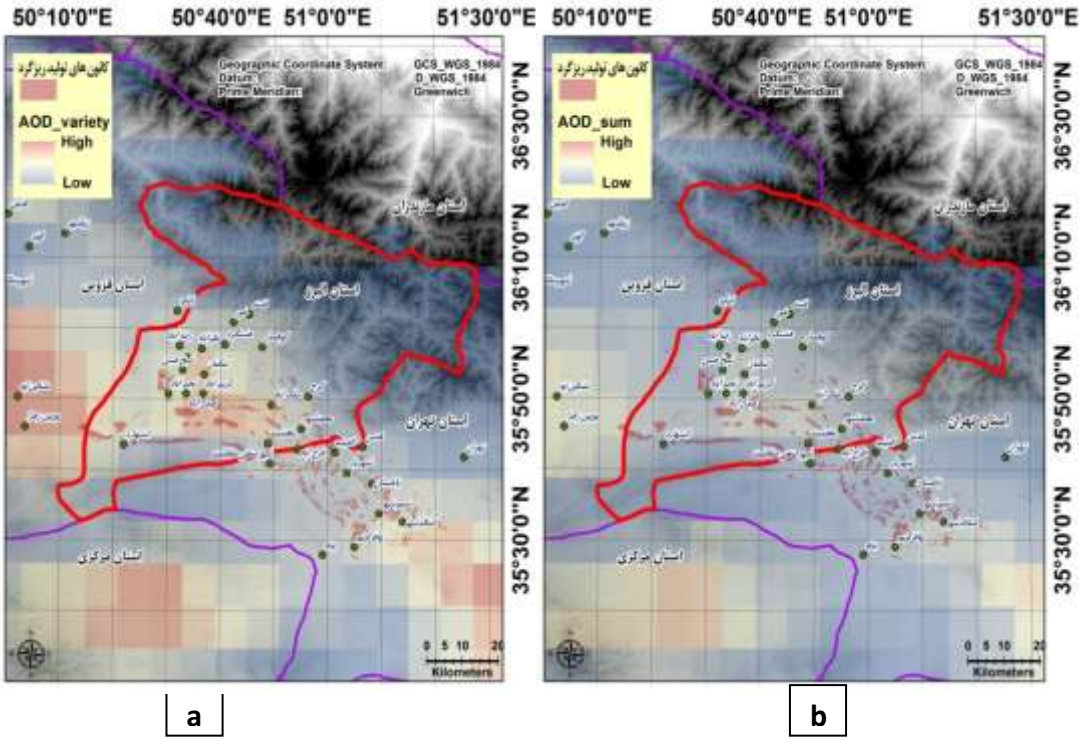
شکل۵: نقشه اعتبارسنجی کانون‌های ریزگرد بر اساس عمق اپتیکی مشاهده شده در رویداد ۱۰/۰۲/۲۰۱۴

- **اعتبارسنجی کانون‌های بالفعل ریزگرد بر اساس پارامترهایآماری عمق اپتیکی در سال های ۲۰۱۰ تا پایان ۲۰۱۵**

شکل ۶ خروجی بررسی آماری از منظر تنوع عمق اپتیکی (a) و مجموع آن (b) بین سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ را نشان می-دهد. کانون‌هایی که در اطراف آن ها مجموع عمق اپتیکی گرد و غبار بیشتر است و تنوع آماری این عمق اپتیکی بالاتر است، مناطق پتانسیل دارتری برای تولید گرد و غبار هستند. در استان البرز مناطقی که درون ناحیه‌ای با AOD بالا قرار گرفته اند، جز مناطق شناخته شده با پتاسیل فرسایش پذیری بالا و متوسط در عملیات میدانی بوده‌اند و بالا بودن مقدار غلظت در این نواحی، نشان می‌دهد که این مناطق درست شناسایی شده‌اند (شکل ۶). به دلیل تمرکز این مطالعه بر استان البرز امکان ارزیابی دقیق استان‌های مجاور وجود ندارد با این وجود در مورد زمین‌های کشاورزی ناحیه جنوب غربی استان

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

تهران نیز مطابق با شکل ۶، یک ناحیه با مقدار AOD زیاد دیده می‌شود که از صحت نواحی شناسایی شده حکایت دارد. اما باید اشاره شود مشکلی که در AOD وجود دارد قدرت تفکیک مکانی پایین این محصول (۱۰ کیلومتر) و دقت پایین آن است. بنابراین ممکن است با توجه به وسعت هر پیکسل برای برخی نواحی با پتانسیل فرسایش پذیری کم و متوسط به دلیل مجاورت به کانون‌ها، AOD بالا مشاهده شود یا به دلیل وسعت کم یک کانون و اندازه پیکسل AOD برخی از چندضلعی‌ها با پتانسیل بالای فرسایش پذیری در درون ناحیه‌ی دارای AOD بالا قرار نگرفته باشند. در کل، تصویر خروجی این بخش نشان می‌دهد که تمرکز گرد و غبار در نزدیکی یا روی کانون‌های شناسایی شده وجود دارد.



شکل۶- نقشه ارزیابی صحت کانون های تولید ریزگرد به کمک تغییرات آماری عمق اپتیکی هواویز سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵

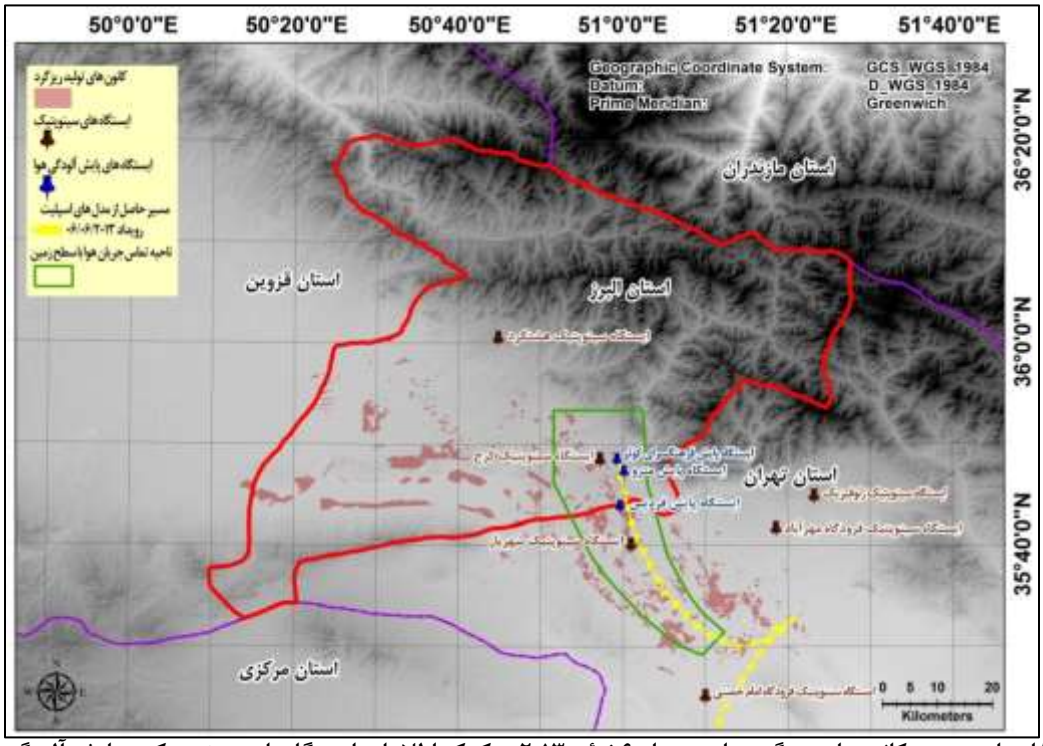
- **اعتبارسنجی کانون‌های ریزگرد با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا و سینوپتیک(کد ۰۶ و ۰۷)**

به منظور ارزیابی صحت کانون‌های شناسایی شده، از اطلاعات گرد و غبار ایستگاه‌های سینوپتیک (کدهای ۰۷ و ۰۶) و اطلاعات غلظت گرد و غبار ایستگاه‌های پایش آلودگی هوای محیط زیست و مدل عددی جریان هوای های‌اسپلیت استفاده گردید. به عنوان نمونه، ارزیابی صحت برای یک رویداد گرد و غبار و کانون‌های آن در شکل۷ آورده شده است. شکل ۷مسیر رویداد ۶ ژوئن۲۰۱۳ به دست آمده از مدل برگشت[1]های‌اسپلیت را نشان می دهد. این رویداد از دو ایستگاه سینوپتیک شهریار وکرج عبور نموده است. ایستگاه شهریار، گرد و غبار را با کد ۰۶(گرد و غبار وارد شده از خارج ایستگاه به ایستگاه) در ساعات ۳ تا ۱۵ UTC ثبت کرده است. در حالی که ایستگاه کرج گرد و غباری را ثبت نکرده است. چند

[1] backward

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

ضلعی مشخص شده در این شکل، ناحیه تماس مسیر با سطح زمین (ساعات ۷ تا ۱۰ UTC) را با زمان شروع مسیر ۱۱ UTC (ساعت اوج غلظت گرد و غبار ثبت شده در ایستگاه پایش مترو) نشان می‌دهد. همچنین ساعاتی که گرد و غبار توسط ایستگاه سینوپتیک ثبت شده است با ساعات تماس روی زمین همخوانی دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در مسیر جریان قبل از ایستگاه شهریار کانون گرد و غبار وجود دارد که با زمین‌های آیش و بایر مشخص شده مطابقت دارد.



شکل۷:ارزیابی صحت کانون‌های ریزگرد برای رویداد ۶ ژوئن ۲۰۱۳ به کمک اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیک و پایش آلودگی هوا

نتیجه گیری

در بسیاری از موارد مدیران یا سیاستگزاران محیط زیستی با مشکلات اعتباری و تامین بودجه جهت کنترل یک معضل محیط زیستی مواجه می‌باشند. بنابراین برای بسیاری از این مدیران ضرورت دارد ابعاد مختلف این مشکلات به درستی و با بیشترین دقت ممکن مشخص شود. مشکل بزرگ‌تر، مسئله‌ی طراحی آزمایش‌هایی است که در پروژه‌های گسترده و با محدودیت‌های زمانی و محدودیت‌های منابع موجود عملی باشند. پیداکردن سایت‌های مناسب، مدیران شنوا، پژوهشگران علاقه‌مند، ایده‌های مناسب برای آزمایش و تأمین بودجه برای آزمون آنها، همگی، در یک زمان و مکان چالش‌برانگیز و مسئله آفرین‌اند، اما در عین حال عملی‌اند و ارزش تلاش را دارند (Palmer et al., ۲۰۱۶). در مورد معضل پدیده گرد و غبار بیشتر مطالعات با اما و اگرهای بسیاری روبرو هستند و پژوهشگران حوزه فرسایش برای پاسخ به بعضی سوالات ناتوان بوده-اند. به عنوان مثال کجا فرسایش اتفاق افتاده است؟ چرا فرسایش رخ داده است؟ آیا می توان از آن جلوگیری کرد؟ هزینه-های فرسایش چیست؟ و سوالاتی از این قبیل. ناتوانی در پاسخ به این سوالات می تواند به دلیل ضعف در در روش‌های

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

معمول مورد استفاده و مقیاس‌های زمانی و مکانی که در آن تحقیقات زیادی انجام شده است، باشد (Boardman, ۲۰۰۶). همچنین بدلیل محدودیت تحلیل‌های میدانی در اغلب موارد وسعت مناطق مشکوک کنترل فرسایش بادی آنقدر زیاد است (Cao et al., ۲۰۱۵; Gerivani et al., ۲۰۱۱) که امکان مدیریتش وجود ندارد. ممکن است در برخی از موارد، مناطقی جهت مدیریت کنترل فرسایش بادی پیشنهاد شوند که از دیدگاه مدیران اولویت اول به حساب نمی‌آیند. بنابراین رفع ابهامات به کمک ارائه واقعیتهای[۱] آماری می‌تواند مدیران را در حل این معضل یاری رساند. در این پژوهش ابتدا به کمک اطلاعات موجود و بازدیدهای میدانی با بیشترین دقت ممکن کانون‌های بحرانی تولید گرد و غبار در استان البرز مشخص گردید، سپس سعی شد با بکارگیری روش‌های مختلف اعتبارسنجی صحت این کانون‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. با بررسی-های صورت پذیرفته در این پژوهش مشخص گردید امکان استفاده از داده‌های سری‌های زمانی سنجش از دوری برای اعتبارسنجی و صحت‌سنجی کانون‌های شناسایی شده تولید ریزگرد وجود دارد ولی هر داده می‌تواند اطلاعات منحصر به فردی ارائه کند که در داده دیگری یافت نمی‌شود. از میان داده‌های مورد استفاده در این پژوهش مشخص شد داده‌هایی که در مطالعات تغییرات آب و هوایی بکار می‌روند، از جمله شاخص‌های طیفی پوشش گیاهی (محصول عمق اپتیکی پوشش گیاهی سنجنده TMI و محصول MOD۱۳Q۱) و رطوبت خاک (سنجنده TMI) نمی‌توانند اطلاعات جدیدی برای اعتبارسنجی بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک تولید کنند. ظاهراً به دلیل طی کردن یک روند مشابه در این نوع داده‌ها در کل منطقه اثر تغییر خاص ناحیه تولیدکننده ریزگرد مشهود نیست. تنها استثنا در این زمینه داده درجه حرارت سطح زمین است که مطابق با شکل ۴ یک تغییر معنی‌دار کاهشی درجه حرارت بر روی کانون‌ها نشان داده است. بنابراین توصیه می‌شود در این قبیل مطالعات این داده مورد بررسی قرار گیرد. یک محصول کارآمد در این زمینه مشابه با بسیاری از مطالعات، عمق اپتیکی هواویز است (Dong et al., ۲۰۱۳; Klingmüller et al., ۲۰۱۶; Zhao et al., ۲۰۱۵). از این داده می‌توان هم به صورت مختص هر رویداد (شکل ۵) و هم استخراج تغییرات پارامترهای آماری هر پیکسل (شکل ۶) استفاده نمود. در تمامی موارد این محصول دید بسیار مناسبی از اعتبار کانون شناسایی شده بدست خواهد داد. از میان پارامترهای آماری بررسی سری زمانی داده عمق اپتیکی، تنوع و مجموع بهترین اطلاعات را فراهم می‌کنند. به عنوان مثال بر اساس اطلاعات شکل ۶ می‌توان اذعان نمود یک کانون بزرگ در اطراف بوئین زهرا و مشکین تپه وجود دارد هر چند که کار میدانی جامع در این بخش صورت نپذیرفته ولی اطلاعات ناشی از بررسی چشمی منطقه این موضوع را تایید می‌کند. با این وجود استفاده از محصول AOD مودیس به دلیل مشکلات ناشی از تعدد داده، عدم هماهنگی گسترش[۲] ماتریس‌های تصویر رستری هر رویداد، قدرت تفکیک مکانی پایین و فاصله زمانی یک‌روزه هر دو تصویر (Levy and Hsu, ۲۰۱۵; Pozzer et al., ۲۰۱۵) ممکن است در شناسایی دقیق کانون تولید ریزگرد کارآمد نباشد ولی در اعتبارسنجی آن می‌تواند بسیار موفق نشان دهد. به دلیل شیوه پراکنش و تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک در بسیاری از رویدادها امکان اعتبارسنجی بر اساس کدهای اطلاعات گرد و غبار به تنهایی وجود ندارد ولی بر اساس این پژوهش می‌توان برخی رویدادها را بر اساس جهت جریان هوا و کدهای هر ایستگاه اعتبارسنجی نمود.

[۱] Facts
[۲] Extend

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

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 ایستگاه های سینوپتیک و رویدادهای گرد و غبار صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

اداره کل حفاظت محیط زیست استان البرز، وضعیت محیط زیست استان البرز، تهدیدها، فرصت‌ها و راهکارهای پیشنهادی. ۱۳۹۴، قابل دسترس از: http://alborz.doe.ir/portal/File/ShowFile.aspx?ID=۰d۷۰ec۱۳-۸۰c۲-۴۸f۷-ac۷a-۳e۳۰۲۷f۵c۲e۹

اداره کل هواشناسی استان البرز، نگرشی بر ویژگی‌های اقلیمی استان البرز. ۱۳۹۴، قابل دسترس از: http://www.alborz-met.ir/Dorsapax/Data/Sub_۰/File/pahnehbandy.p٪۲۰df.pdf

Alkhatib, M.Q.; S.D. Cabrera, and T.E. Gill ۲۰۱۲. Automated detection of dust clouds and sources in NOAA-AVHRR satellite imagery. In, Image Analysis and Interpretation (SSIAI), ۲۰۱۲ IEEE Southwest Symposium on (pp. ۹۷-۱۰۰): IEEE

Ashrafi, K.; M. Shafiepour-Motlagh; A. Aslemand, and S. Ghader. ۲۰۱٤. Dust storm simulation over Iran using HYSPLIT. Journal of environmental health science and engineering, ۱۲: ۹.

Boardman, J. ۲۰۰٦. Soil erosion science: Reflections on the limitations of current approaches. Catena, ٦۸: ۷۳-۸٦.

Cao, H.; F. Amiraslani; J. Liu, and N. Zhou. ۲۰۱٥. Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets. Science of the Total Environment, ٥۰۲: ۲۲٤-۲۳٥.

Clark, M.L.; T.M. Aide; H.R. Grau, and G. Riner. ۲۰۱۰. A scalable approach to mapping annual land cover at ۲٥۰ m using MODIS time series data: A case study in the Dry Chaco ecoregion of South America. Remote Sensing of Environment, ۱۱٤: ۲۸۱٦-۲۸۳۲.

De Jeu, R.; W. Wagner; T. Holmes; A. Dolman; N. Van De Giesen, and J. Friesen. ۲۰۰۸. Global soil moisture patterns observed by space borne microwave radiometers and scatterometers. Surveys in Geophysics, ۲۹: ۳۹۹-٤۲۰.

Dong, Z.; X. Yu; X. Li, and J. Dai. ۲۰۱۳. Analysis of variation trends and causes of aerosol optical depth in Shaanxi Province using MODIS data. Meteorological Institute of Shaanxi Province-China

Dubovyk, O.; T. Landmann; B.F. Erasmus; A. Tewes, and J. Schellberg. ۲۰۱٥. Monitoring vegetation dynamics with medium resolution MODIS-EVI time series at sub-regional scale in southern Africa. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, ۳۸: ۱۷٥-۱۸۳.

Eastman, J. ۲۰۱٥a. TerrSet Tutorial. Clark Labs, Clark University: Worcester, MA, United States

Eastman, J.R. ۲۰۱٥b. TerrSet manual. Accessed in TerrSet version, ۱۸: ۱-۳۹۰.

Fu, G.; Z. Shen; X. Zhang; P. Shi; Y. Zhang, and J. Wu. ۲۰۱۱. Estimating air temperature of an alpine meadow on the Northern Tibetan Plateau using MODIS land surface temperature. Acta Ecologica Sinica, ۳۱: ۸-۱۳.

Gerivani, H.; G.R. Lashkaripour; M. Ghafoori, and N. Jalali. ۲۰۱۱. The source of dust storm in Iran: a case study based on geological information and rainfall data. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, ٦

Gruhier, C.; P.d. Rosnay; S. Hasenauer; T. Holmes; R.d. Jeu; Y. Kerr; E. Mougin; E. Njoku; F. Timouk, and W. Wagner. ۲۰۱۰. Soil moisture active and passive microwave products: intercomparison and evaluation over a Sahelian site. Hydrology and Earth System Sciences, ۱٤: ۱٤۱-۱٥٦.

Holmes, T.; R. De Jeu; M. Owe, and A. Dolman. ۲۰۰۹. Land surface temperature from Ka band (۳۷ GHz) passive microwave observations. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, ۱۱٤

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

Ibrahim, Y.Z.; H. Balzter; J. Kaduk, and C.J. Tucker. ٢٠١٥. Land degradation assessment using residual trend analysis of GIMMS NDVI٣g, soil moisture and rainfall in Sub-Saharan West Africa from ١٩٨٢ to ٢٠١٢. Remote Sensing, ٧: ٥٤٧١-٥٤٩٤.

Jackson, T.J.; R. Bindlish; L. SSAI; M.E. Wood, and H. Gao ٢٠٠٢. Soil moisture mapping the southern US with the TRMM microwave imager: pathfinder study. In, Proceedings of the Hydrology Conference

Kim, D.; M. Chin; H. Bian; Q. Tan; M.E. Brown; T. Zheng; R. You; T. Diehl; P. Ginoux, and T. Kucsera. ٢٠١٣. The effect of the dynamic surface bareness on dust source function, emission, and distribution. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, ١١٨: ٨٧١-٨٨٦.

Kimura, R. ٢٠١٢. Effect of the strong wind and land cover in dust source regions on the Asian dust event over Japan from ٢٠٠٠ to ٢٠١١. SOLA, ٨: ٧٧-٨٠.

Klingmüller, K.; A. Pozzer; S. Metzger; G.L. Stenchikov, and J. Lelieveld. ٢٠١٦. Aerosol optical depth trend over the Middle East. Atmospheric Chemistry and Physics, ١٦: ٥٠٦٣-٥٠٧٣.

Kuenzer, C.; Z. Bartalis; M. Schmidt; D. Zhao, and W. Wagner. ٢٠٠٨. Trend analyses of a global soil moisture time series derived from ERS-١/-٢ scatterometer data: floods, droughts and long term changes. Int. Arch. Photogramm., Remote Sens. Spat. Inf. Sci, ٣٧: ١٣.

Levy, R., and C. Hsu ٢٠١٥. MODIS Atmosphere L٢ Aerosol Product, NASA MODIS Adaptive Processing System, Goddard Space Flight Center, USA. In

Lhermitte, S.; J. Verbesselt; W.W. Verstraeten, and P. Coppin. ٢٠١١. A comparison of time series similarity measures for classification and change detection of ecosystem dynamics. Remote Sensing of Environment, ١١٥: ٣١٢٩-٣١٥٢.

Muhs, D.R.; J.M. Prospero; M.C. Baddock, and T.E. Gill. (٢٠١٤). Identifying sources of aeolian mineral dust: Present and past. Mineral Dust (pp. ٥١-٧٤): Springer.

Owe, M.; R. de Jeu, and T. Holmes. ٢٠٠٨. Multisensor historical climatology of satellite- derived global land surface moisture. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, ١١٣

Palmer, M.A.; J.B. Zedler, and D.A. Falk. ٢٠١٦. Foundations of restoration ecology. Island Press,

Parinussa, R.M.; A.G. Meesters; Y.Y. Liu; W. Dorigo; W. Wagner, and R.A. de Jeu. ٢٠١١. Error estimates for near-real-time satellite soil moisture as derived from the land parameter retrieval model. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, ٨: ٧٧٩-٧٨٣.

Pozzer, A.; A. de Meij; J. Yoon; H. Tost; A. Georgoulias, and M. Astitha. ٢٠١٥. AOD trends during ٢٠٠١–٢٠١٠ from observations and model simulations. Atmospheric Chemistry and Physics, ١٥: ٥٥٢١-٥٥٣٥.

Quintano, C.; A. Fernández-Manso; A. Stein, and W. Bijker. ٢٠١١. Estimation of area burned by forest fires in Mediterranean countries: A remote sensing data mining perspective. Forest Ecology and Management, ٢٦٢: ١٥٩٧-١٦٠٧.

Samadi, M.; A.D. Boloorani; S.K. Alavipanah; H. Mohamadi, and M.S. Najafi. ٢٠١٤. Global dust Detection Index (GDDI); a new remotely sensed methodology for dust storms detection. Journal of environmental health science and engineering, ١٢: ٢٠.

Schatzel, S.J. ٢٠٠٩. Identifying sources of respirable quartz and silica dust in underground coal mines in southern West Virginia, western Virginia, and eastern Kentucky. International Journal of Coal Geology, ٧٨: ١١٠-١١٨.

Sobrino, J.A., and Y. Julien. ٢٠١٣. Trend analysis of global MODIS-Terra vegetation indices and land surface temperature between ٢٠٠٠ and ٢٠١١. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, ٦: ٢١٣٩-٢١٤٥.

Sokolik, I.; K. Darmenova; A. Darmenov; X. Xi; Y. Shao; B. Marticorena, and G. Bergametti ٢٠٠٩. Understanding the impact of changes in land-use/land-cover and atmospheric dust loading and their coupling upon climate change in the NEESPI study domain drylands. In, EGU General Assembly Conference Abstracts (p. ٧٤١٩)

Sorek-Hamer, M.; I. Kloog; P. Koutrakis; A.W. Strawa; R. Chatfield; A. Cohen; W.L. Ridgway, and D.M. Broday. ٢٠١٥. Assessment of PM ٢,٥ concentrations over bright surfaces using MODIS satellite observations. Remote Sensing of Environment, ١٦٣: ١٨٠-١٨٥.

Sun, L.; X. Zhou; J. Lu; Y.-P. Kim, and Y.-S. Chung. ٢٠٠٣. Climatology, trend analysis and prediction of sandstorms and their associated dustfall in China. Water, Air, & Soil Pollution: Focus, ٣: ٤١-٥٠.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

Taramelli, A.; M. Pasqui; J. Barbour; D. Kirschbaum; L. Bottai; C. Busillo; F. Calastrini; F. Guarnieri, and C. Small. ۲۰۱۳. Spatial and temporal dust source variability in northern China identified using advanced remote sensing analysis. Earth Surface Processes and Landforms, ۳۸: ۷۹۳-۸۰۹.

Verbesselt, J.; R. Hyndman; G. Newnham, and D. Culvenor. ۲۰۱۰. Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. Remote Sensing of Environment, ۱۱٤: ۱۰٦-۱۱٥.

Wang, H.; Q. Li; Z. Gao; B. Sun, and X. Du ۲۰۱٤. Assessment of land degradation using time series trends analysis of vegetation indictors in Beijing-Tianjin dust and sandstorm source region. In, Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), ۲۰۱٤ IEEE International (pp. ۷٥۳-۷٥٦): IEEE

Wang, S.; X. Mo; S. Liu; Z. Lin, and S. Hu. ۲۰۱٦. Validation and trend analysis of ECV soil moisture data on cropland in North China Plain during ۱۹۸۱–۲۰۱۰. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, ٤۸: ۱۱۰-۱۲۱.

Yerramilli, A.; V.B.R. Dodla; V.S. Challa; L. Myles; W.R. Pendergrass; C.A. Vogel; H.P. Dasari; F. Tuluri; J.M. Baham, and R.L. Hughes. ۲۰۱۲. An integrated WRF/HYSPLIT modeling approach for the assessment of PM۲. ٥ source regions over the Mississippi Gulf Coast region. Air Quality, Atmosphere & Health, ٥: ٤۰۱-٤۱۲.

Zhao, S.; D. Yin, and J. Qu. ۲۰۱٥. Identifying sources of dust based on CALIPSO, MODIS satellite data and backward trajectory model. Atmospheric Pollution Research, ٦: ۳٦-٤٤.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]