

شناسایی مسیرهای عبور گرد و خاک جنوب غرب ایران (مطالعه موردی: گرد و خاک ۳۰ خرداد ۱۳۹۱)

زهرا خیراندیش^{۱*}، جواد بداق جمالی^۲، بهزاد رایگانی^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست دانشکده محیط زیست/ سازمان حفاظت محیط زیست

۲- دانشیار دانشکده محیط زیست/ سازمان حفاظت محیط زیست

۳- استادیار دانشکده محیط زیست/ سازمان حفاظت محیط زیست

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۰۱، تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۵)

چکیده

پدیده گرد و خاک از فرآیندهای طبیعی مناطق خشک و نیمه خشک جهان است که سالانه آسیب‌های زیادی را به بخش‌های مختلف وارد می‌سازد. جنوب غرب ایران نیز به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان به طور مکرر در معرض این پدیده قرار می‌گیرد. در این تحقیق به منظور تعیین مسیر گرد و خاک، یکی از رویدادهای با غلظت بالای گرد و خاک (رویداد ۳۰ خرداد ۱۳۹۱) انتخاب و روش آشکارسازی گرد و خاک DUST RGB بر روی تصاویر مودیس روز وقوع گرد و خاک و یک روز قبل و بعد از آن اعمال شد. بر اساس تصاویر سری زمانی DUST RGB وقوع گرد و خاک، مسیر عبوری این رویداد تعیین و با محصول DUST RGB سنجنده SEVIRI ماهواره متئوست مقایسه و صحت سنجی شد. همچنین به منظور تکمیل تحلیل‌ها از مدل عددی‌های اسپلیت برای تعیین مسیر گرد و خاک استفاده شد و در نهایت سه مسیر اصلی گرد و خاک شامل مسیرهای شمال غربی - جنوب شرقی، جنوبی - شمالی و غربی - شرقی مشخص شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که تصاویر مودیس می‌تواند گرد و خاک و مسیر آن را در صورت مناسب بودن گستره دیداری تصاویر و ابری نبودن آن‌ها شناسایی کند ولی به منظور تعیین دقیق تر مسیرها و تکمیل تحلیل‌ها به استفاده از سایر اطلاعات همچون مدل‌های عددی هواشناسی در کنار داده‌های سنجنش از دور نیاز است.

کلمات کلیدی: گرد و خاک، مسیر، مودیس، DUST RGB، مدل‌های اسپلیت، متئوست

مقدمه

شده توسط سازمان بهداشت جهانی^۱ است (TaheriShahriayni et al., 2014). یکی از مشکلات عمده توفان‌های گرد و خاک، کاهش قابل توجه دید است که باعث محدود کردن فعالیت‌های مختلف و افزایش تصادفات جاده‌ای می‌شود. از دیگر اثرات زیست محیطی توفان گرد و خاک نیز می‌توان به کاهش باروری خاک و صدمه به محصولات، کاهش تابش خورشیدی و در نتیجه کاهش بهره‌وری سیستم‌های خورشیدی، آسیب رساندن به ارتباطات مخابراتی و سیستم‌های مکانیکی، آلودگی هوا، افزایش بیماری‌های تنفسی و ... اشاره کرد^(Zoljoodi et al., 2013). با در نظر گرفتن تمامی اثراتی که توفان‌های گرد و خاک بر اقلیم، اکوسیستم و سلامت جوامع بشری دارند، ضروری است به این پدیده به عنوان یک مسئله مخاطره‌انگیز محیط زیستی نگاه شود. به منظور کاهش خطرات محیط زیستی و همچنین مدیریت بهتر رویدادهای گرد و خاک، ابتدا باید

رویداد گرد و خاک یکی از مخاطرات جدی محیط زیستی است که ناشی از فرآیندهای فرسایش بادی و بیابان‌زایی است. این رویداد یک مشکل مهم در مناطق خشک و نیمه خشک آسیا به حساب می‌آید چرا که عمیقاً زندگی مردم را در این شرایط در بسیاری از کشورها تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثرات گرد و خاک در سیستم آب و هوایی جهان اهمیت دارد و توسط کارشناسان با استفاده از ابزارهای مختلف شامل تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های هواشناسی، مدل‌سازی‌های عددی و روش‌های مختلف آماری تجزیه و تحلیل شده‌اند (Azizi et al., 2012). مشاهدات سال‌های اخیر نشان می‌دهد که توفان‌های گرد و خاک در جنوب غرب و غرب ایران در حال افزایش است و میانگین غلظت فلزات سنگین در آن بیش از استاندارد تعیین

شنی و ... به عنوان نقاط داغ شناسایی شدند. کاو و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از نقشه‌های موضوعی (مناطق منبع گرد و خاک، مخروط‌افکنه‌های خشک شده، تپه‌های ماسه‌ای و ...)، داده‌های آب و هواشناسی، مدل‌های اسپلیت، تصاویر مودیس و لندست ۸، کانون‌های توفان ماسه و گرد و خاک را در ۵۰ توفان گرد و خاک از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ در غرب آسیا شناسایی کردند. اشرفی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از مدل‌های اسپلیت و تصاویر ماهواره‌ای مودیس منابع گرد و غبار و چگونگی حرکت آن‌ها بر فراز ایران را بررسی کردند. ریوندی و همکاران (۱۳۹۲) نیز به بررسی تشکیل و انتشار توفان‌های گرد و خاک ورودی به غرب و جنوب غرب ایران با استفاده از مدل‌های اسپلیت پرداختند.

به منظور مدیریت پدیده گرد و خاک باید گذرگاه‌های گرد و خاک در کشور شناسایی شوند تا بتوان اثرات سوء آن را کاهش داد. یکی از مناطقی که در ایران به طور مکرر در معرض توفان‌های گرد و خاک قرار می‌گیرد، جنوب غرب ایران است که به دلیل موقعیت جغرافیایی این منطقه که در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته است، به شدت تحت تأثیر این رویداد است. بنابراین به دلیل این که توفان‌های گرد و خاک در جنوب غرب ایران به عنوان یک معضل جدی به حساب می‌آید و خطرات و آسیب‌های محیط‌زیستی بسیاری را ایجاد می‌کند و وقوع آن به دلیل روند بیابانی شدن در حال افزایش است و همچنین شناسایی پایش پدیده گرد و خاک به وسیله داده‌های سنجش از دور و مدل‌سازی عددی امکان‌پذیر است، در این تحقیق به شناسایی مسیرهای عبور گرد و خاک با استفاده از داده‌های سنجش از دور و شبیه‌سازی جریان هوا پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این تحقیق، ناحیه جنوب غرب ایران است که در سال‌های اخیر به شدت تحت تأثیر توفان‌های گرد و خاک برداشت شده از بیابان‌های بزرگی همچون عراق، عربستان و سوریه قرار گرفته است. وضعیت زمین از نظر نوع خاک، پوشش گیاهی، رطوبت خاک، تأثیر

پدیده گرد و خاک را شناخت و پارامترهای مختلف آن را پایش کرد. یکی از ابزارهای شناخت و پایش این رویداد، آشکارسازی ماهواره‌ای و تحلیل سنجش از دور است (عادل‌ی و همکاران، ۱۳۹۱) که یک ابزار قدرتمند برای مطالعه ویژگی‌های توفان‌های گرد و خاک در مقیاس بزرگ به حساب می‌آید و همچنین ابزاری است که در سال‌های اخیر برای پایش و شناسایی توفان‌های گرد و خاک به کرات از آن استفاده شده است (Azizi et al., 2012). علاوه بر ابزار سنجش از دور، شبیه‌سازی جریان هوا با استفاده از مدل‌های اسپلیت^۲ نیز یکی از روش‌هایی است که از آن برای تعیین مسیرهای عبور گرد و خاک استفاده می‌شود (Cao et al., 2015). مطالعات زیادی در سطح جهان در خصوص پدیده گرد و خاک با استفاده از سنجش از دور و مدل‌های اسپلیت صورت گرفته است. جینوکس و همکاران (۲۰۱۲) به منظور شناسایی کانون‌های طبیعی و انسانی گرد و خاک در مقیاس جهانی، نقشه‌ای را در مقیاس جهانی تهیه کردند. در این پژوهش برای تفکیک خاک از سایر مناطق از سنجند مودیس^۳ و پارامتر Deep Blue استفاده شد. ذوالجودی و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای نشان دادند که از نتایج به دست آمده از مدل‌های اسپلیت و WRF/CHEM به ترتیب بر روی مسیرهای گرد و غبار و میزان غلظت هواویزها می‌توان در سیستم‌های پیش‌بینی گرد و خاک استفاده کرد. صمدی و همکاران (۲۰۱۴) روشی جهانی را برای تشخیص گرد و خاک با استفاده از سنجش از دور ارائه دادند که قادر به تشخیص گرد و خاک در تمام فصول سال بدون نیاز به آستانه است و گرد و خاک را از دیگر عوارض جدا می‌کند. این روش به نام شاخص GDDI است. در این روش از تصاویر ماهواره‌ای مودیس (Level 1 b) استفاده شده است. برای توسعه شاخص GDDI از BTDD و NDDI استفاده شد. ژانگ و همکاران (۲۰۱۵) از تصاویر مودیس (Level 1B) و خوارزمیک BTDD و همچنین داده‌های لندست ۸ برای شناسایی نقاط داغ گرد و خاک در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ استفاده کردند. نقاطی مثل بستر دریاچه‌ها و رودخانه‌های خشک شده، اراضی و معادن، زمین‌های کشاورزی، اراضی

2- HYSPLIT

3- MODIS: The Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer

شبکه‌ای برای شروع و یا مقدار دهی اولیه پیش‌بینی آب و هوا با داده‌های مشاهداتی استفاده شده است. به طور سنتی، داده‌های GDAS با رزولوشن ۱ درجه است که برابر ۱۰۰ * ۱۰۰ کیلومتر و ۲۳ لایه عمودی است (Su et al., 2015). از سال ۲۰۱۱، آزمایشگاه منابع هوایی^۸ نوآ^۹، داده‌های GDAS را با رزولوشن افقی ۰/۵ درجه و ۵۵ لایه عمودی فراهم آورد. تفاوت معنی‌دار بین مسیر برگشت تولید شده از دو مجموعه داده GDAS اساساً می‌تواند به روش‌های محاسبه سرعت عمودی مختلف به دلیل عدم وجود سرعت عمودی در مجموعه داده GDAS0P5 نسبت داده شود (Su et al., 2015). علاوه بر این یکی دیگر از مجموعه داده‌های مدل‌های اسپلیت، داده‌های Reanalysis است که اطلاعات جهانی آن در یک شبکه طول و عرض جغرافیایی ۲/۵ درجه وجود دارد (HYSPLIT4 User's Guide, 2014). از مدل‌های اسپلیت و روش برگشت^{۱۰} در آن برای ردیابی مسیر انتقال گرد و خاک و شناسایی نقاط منبع استفاده می‌شود (Cao et al., 2015). در این تحقیق هر سه مجموعه داده مدل‌های اسپلیت، به کار گرفته شد و در نهایت داده‌های GDAS یک درجه به عنوان مناسب‌ترین مجموعه داده مدل‌های اسپلیت، شناخته شد و از آن برای تعیین مسیرهای اصلی عبور گرد و خاک جنوب غرب ایران استفاده گردید.

روش تحقیق

در این تحقیق، ابتدا داده‌های ماهواره‌ای مودیس (تصاویر تاریخ‌های ۲۹، ۳۰ و ۳۱ خرداد ۱۳۹۱ ماهواره‌های ترا و آکوا) دریافت گردید و با استفاده از نرم‌افزار ERDS EMAGINE، پیش‌پردازش‌های لازم و روش آشکارسازی گرد و خاک DUST RGB بر روی این تصاویر اعمال گردید. گرد و غبار در تصاویر مرئی و مادون‌قرمز به سختی دیده می‌شوند که یا به دلیل عمق نوری کم آن است و یا این که شبیه به انواع ابرهای دیگر مانند سیروس ظاهر می‌شوند. روش DUST RGB قادر به تفکیک گرد و غبار از ابرها با استفاده از اختلاف باندهای مادون قرمز حرارتی است (NASA MSFC, 2015). این روش برای پایش تکامل و شناسایی توفان‌های گرد و خاک روی بیابان در هنگام شب و

کوهستان و نیز منابع آب از دیدگاه مهار آب‌های سطحی و برداشت بی‌رویه از آن، ایجاد سدها و انحراف مسیر رودخانه، کم‌بارشی و خشکسالی و حتی جنگ‌های رخ داده در این منطقه، از عوامل مستقیم مؤثر بر ایجاد پدیده‌ی گرد و خاک است (رنجبر سعادت آبادی و عزیززی، ۱۳۹۱).

داده‌ها

تصاویر ماهواره‌ای مودیس

مودیس، سنجنده ماهواره‌های ترا^۱ و آکوا^۲ ناسا است که به ترتیب در دسامبر ۱۹۹۹ و می ۲۰۰۲ راه‌اندازی شده‌اند. این سنجنده دارای ۳۶ باند طیفی از طول موج ۰/۴۱ تا ۱۴/۴ میکرومتر و قدرت تفکیک ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ کیلومتر در نادر است (Baddak et al., 2009). سنجنده مودیس با توجه به پوشش گسترده، تناوب برداشت اطلاعات بالا و داشتن ۳۶ باند طیفی (قدرت تفکیک باندهای بالا) معمولاً برای بررسی رویدادهای گرد و خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد (زارع ارنانی و همکاران، ۱۳۹۲). قدرت تفکیک طیفی بالایی سنجنده مودیس، به ما امکان ترکیب باندهای مختلف و ایجاد تصاویر مرکب رنگی^۳ مناسب برای تشخیص عوارض را می‌دهد (علوی پناه، ۱۳۸۵). در این تحقیق، پس از دریافت اطلاعات مربوط به رویدادهای گرد و خاک (سال ۲۰۱۲) و بررسی غلظت و تصاویر مودیس آن‌ها، رویداد ۳۰ خرداد ۱۳۹۱ انتخاب و تصاویر مودیس (ماهواره‌های ترا و آکوا)^۴ مربوط به این رویداد و یک روز قبل و بعد از آن از وب‌سایت مودیس^۵ دریافت شد. دلیل انتخاب این رویداد، غلظت بسیار بالا، مناسب بودن گستره تصاویر مودیس و ابری نبودن آن (در هر سه روز بررسی رویداد) می‌باشد.

مدل‌های اسپلیت^۶

مدل‌های اسپلیت، مدلی دوگانه برای محاسبات خط‌سیر حرکت گرد و خاک، پراکندگی و شبیه‌سازی ته‌نشینی آن است. در این مدل محاسبه مسیر و غلظت آلاینده با استفاده از حداقل پارامترهای هواشناسی انجام می‌گیرد (اشرفی و همکاران، ۱۳۹۱). این مدل اغلب توسط خروجی داده‌های هواشناسی از GDAS^۷ به دست می‌آید که توسط مدل سیستم پیش‌بینی جهانی برای قرار دادن مشاهدات به فضای مدل

8- ARL: the Air Resources Laboratory

9- NOAA

10- Backward

1- Terra

2- Aqua

3- FCC: False Color Composite

4- MOD021KM و MYD021KM

5- ladsweb.nascom.nasa.gov

6- HYSPLIT

7- the Global Data Assimilation System

پایش تکامل توفان‌های گرد و غبار روی بیابان در هم هنگام شب و هنگام روز طراحی شده است (Benincasa, 2012). به دلیل این که تصاویر مودیس در تمامی تاریخ‌های وقوع گرد و خاک و یک روز قبل و بعدشان، منطقه مورد مطالعه را پوشش نمی‌دادند و در بسیاری از رویدادها دارای ابر زیاد بودند، تحلیل حرکت بدین صورت برای همه رویدادها امکان‌پذیر نیست و نمی‌توان مسیرهای اصلی را با این روش تعیین کرد. به همین دلیل به منظور تعیین مسیرهای کلی و اصلی رویدادهای گرد و خاک سال ۲۰۱۲، از مدل عددی‌های اسپلیت، استفاده گردید. ابتدا به منظور انتخاب بهترین داده برای تعیین مسیر گرد و خاک، مجموعه داده‌های مختلف های اسپلیت برای رویداد ۳۰ خرداد ۱۳۹۱ مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. بدین‌منظور برای همه مجموعه داده‌های های اسپلیت (GDAS یک درجه، GDAS نیم درجه و REANALYSIS) بعد از مشخص کردن ایستگاه (اهواز) و اجرای روش مسیر برگشت^۶، نقطه‌ای بر روی مسیر گرد و خاک که به احتمال زیاد در محل یا نزدیک منبع گرد و خاک بود، انتخاب شد و ساعت و طول و عرض جغرافیایی آن مشخص گردید؛ سپس با اجرای روش مسیر رو به جلو^۷ بررسی گردید که آیا از مسیر برگشت^۸ عبور می‌نماید یا نه. پس از بین همه مدل‌ها، مدل GDAS(1degree) به عنوان بهترین مدل های اسپلیت برای تعیین مسیر انتخاب گردید. این مدل برای تمام رویدادهای سال ۲۰۱۲ به کار برده شد و مسیرها تعیین گردید. سپس نقشه مسیرهای عبور گرد و خاک در جنوب غرب ایران با استفاده از این مدل و درصد فراوانی مسیرها در هر جهت تهیه شد.

نتایج و بحث

تولید سری‌های زمانی تصاویر رنگی گرد و خاک با روش DUST RGB و مقایسه با تصاویر ماهواره متئوست (محصول DUST RGB)
خروجی‌های روش آشکارسازی گرد و خاک DUST RGB بر روی سری‌های زمانی رویداد ۳۰ خرداد ۱۳۹۱ (۲۹، ۳۰ و ۳۱ خرداد ۱۳۹۱) هم برای ماهواره ترا و هم آکوا در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در این

روز طراحی شده است. ترکیب RGB از اختلاف در قابلیت انتشار گرد و خاک و سطوح بیابان بهره‌برداری می‌کند. علاوه بر این در طول روز، آن از اختلاف دمای بین سطوح بیابان گرم و ابرهای گرد و خاک سردتر استفاده می‌کند. تصویر DUST RGB از سه باند حرارتی با این حدود طیفی ساخته می‌شود: IR 12.0 μm , IR 10.8 μm و IR 8.7 μm . اختلاف دمای باندهای ۱۰/۸ و ۱۲ میکرومتر و باندهای ۱۰/۸ و ۸/۷ میکرومتر به ترتیب به رنگ‌های قرمز، سبز و باند ۱۰/۸ میکرومتر به رنگ آبی نسبت داده می‌شوند و تصویر نهایی، گرد و خاک را از دیگر عوارض جدا خواهد نمود (Benincasa, 2012). این روش بر خلاف روش‌های دیگر بارسازی گرد و غبار همچون BTDA^۱ آکرمن^۲ (Ackerman, 1997)، میلر^۳ (Miller, 2003) و شاخص گرد و غبار^۴ (Zhao *et al.*, 2010) که نیاز به تنظیم آستانه برای هر رویداد دارند، بدون نیاز به تنظیم آستانه قادر است به خوبی گرد و غبار را از دیگر عوارض جدا کند. گرد و خاک در این روش به رنگ صورتی نشان داده می‌شود. پس از اعمال روش DUST RGB و تولید سری‌های زمانی تصاویر رنگی گرد و خاک، به تحلیل مسیر حرکت رویداد مورد نظر پرداخته شد. همچنین محصول DUST RGB سنجنده SEVIRI ماهواره متئوست^۵ برای هر سه رویداد دریافت شد (WMO SDS- (WAS, 2017) تا با خروجی روش DUST RGB مودیس مقایسه گردد. گرد و غبار جو می‌تواند با استفاده از MSG در طول روز و شب در قدرت تفکیک مکانی (۳ کیلومتر) و زمانی بالا با استفاده از باندهای IR شناسایی شود. برای این منظور از دمای روشنایی استفاده می‌شود که از تابندگی‌های اندازه‌گیری شده توسط ابزار SEVIRI بر روی ماهواره زمین- ثابت MSG محاسبه می‌شود و برای تشخیص منابع گرد و غبار فعال از آن استفاده می‌شود. EUMETSAT یک محصول شاخص گرد و غبار برای صحنه‌های MSG بر اساس اختلاف دمای روشنایی ارائه می‌دهد (Schepanski *et al.*, 2007). محصول گرد و غبار EUMETSAT MSG، ترکیب RGB بر اساس باند مادون قرمز SEVIRI است. این برای

6- Backward trajectory

7- Forward trajectory

8- backward

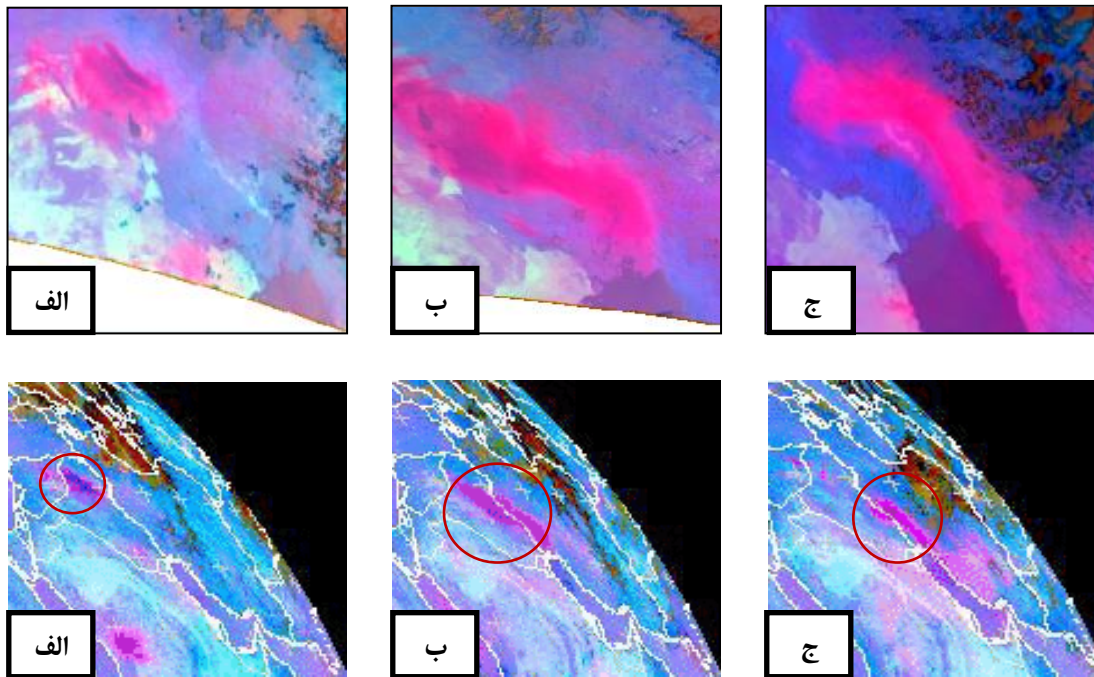
1- Brightness Temperature Difference

2- Ackerman

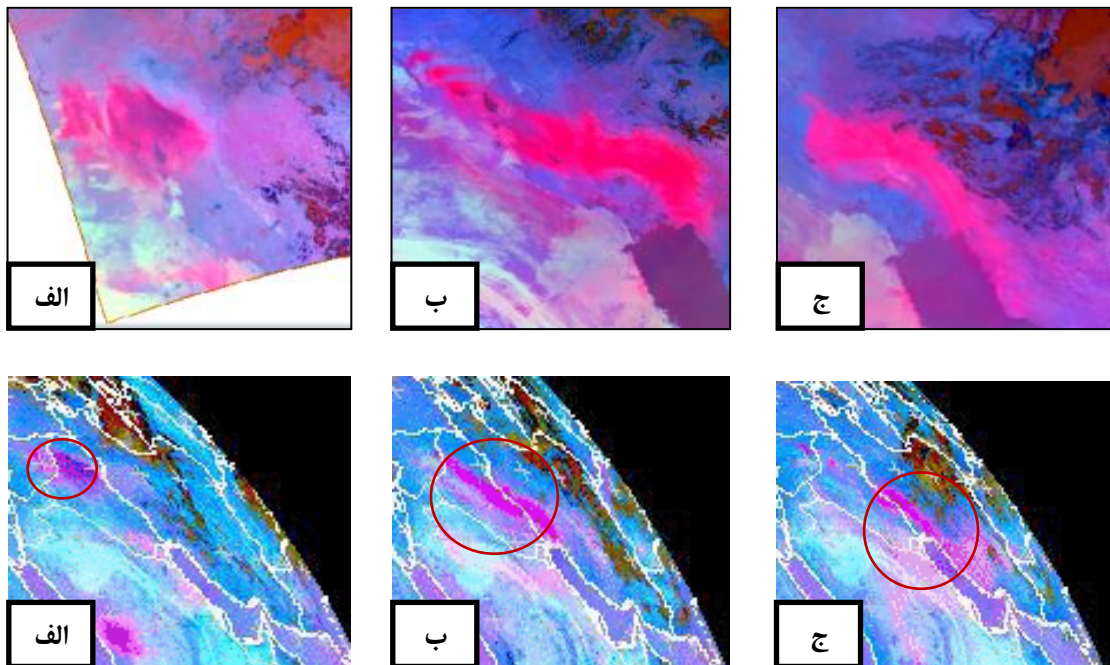
3- Miller

4- DUST INDEX

5- METEOSAT



شکل ۱- ردیف بالا: سری‌های زمانی تصویر رویدادهای ۲۹ (الف)، ۳۰ (ب) و ۳۱ (ج) خرداد ماهواره ترا با روش DUST RGB و ردیف پایین: سری‌های زمانی محصول DUST RGB برای همان رویدادها

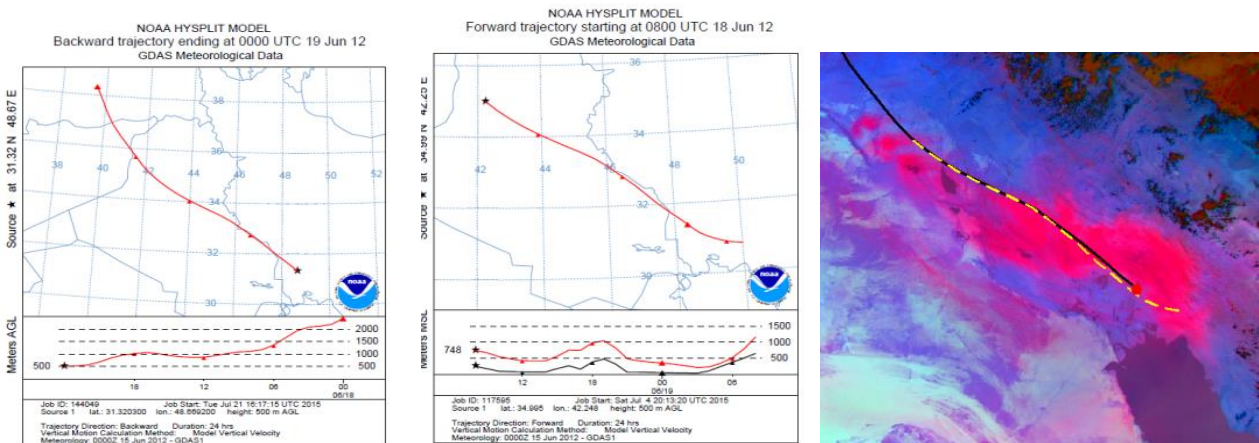


شکل ۲- ردیف بالا: سری‌های زمانی تصویر رویدادهای ۲۹ (الف)، ۳۰ (ب) و ۳۱ (ج) خرداد ماهواره آکوا با روش DUST RGB و ردیف پایین: سری‌های زمانی محصول DUST RGB برای همان رویدادها

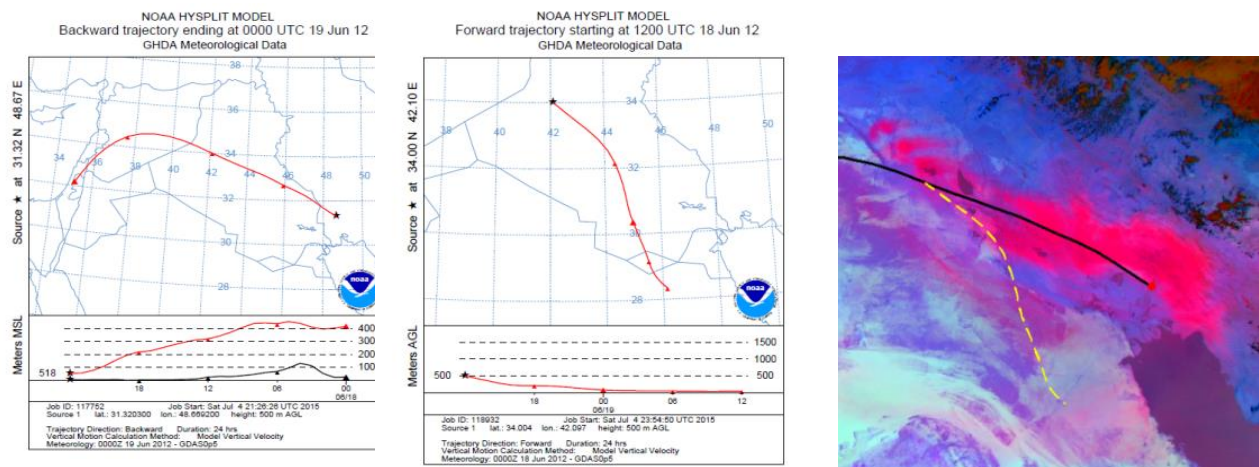
تصاویر مشخص است، گرد و خاک در این روش به رنگ صورتی نمایش داده می شود و مسیر عبور گرد و خاک در تاریخ های فوق از سمت شمال غرب (با منشأ عراق) به سمت جنوب شرق است. تصویر رویداد ۲۹ خرداد در شکل های ۱ و ۲ منبع تولید گرد و خاک را به وضوح نشان می دهد.

علاوه بر این به منظور صحت سنجی، نتایج روش آشکارسازی DUST RGB به کار برده شده بر روی تصاویر مودیس با محصول DUST RGB سنجنده SEVIRI ماهواره متئوست مقایسه گردید (شکل ۱ و ۲). همان طور که در شکل ۲ مشخص است خروجی روش DUST RGB در سه رویداد ۲۹، ۳۰ و ۳۱ خرداد کاملاً با تصاویر متئوست همخوانی دارد. رویداد گرد و غبار در محصول DUST

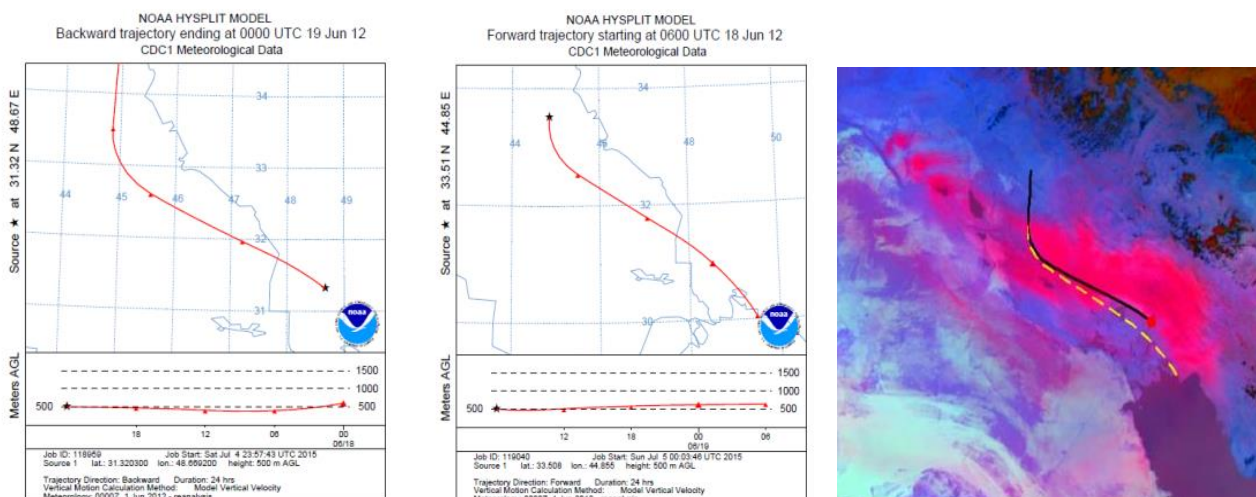
مقایسه مجموعه داده های هواشناسی مدل های اسپلیت به منظور تعیین مسیر گرد و خاک
داده های مختلف مدل های اسپلیت (GDAS یک درجه، GDAS نیم درجه و REANALYSIS) به منظور انتخاب بهترین داده برای تعیین مسیر با هم مقایسه گردیدند. نتایج آن در شکل های ۳ تا ۵ آورده شده است.



شکل ۳- مسیرهای برگشت و رو به جلو مدل GDAS(1degree) برای ایستگاه اهواز، رویداد ۳۰ خرداد ۹۱_ آکوا: خطوط مشکی و زرد بر روی تصویر ماهواره ای به ترتیب نشان دهنده مسیر برگشت و رو به جلو هستند.

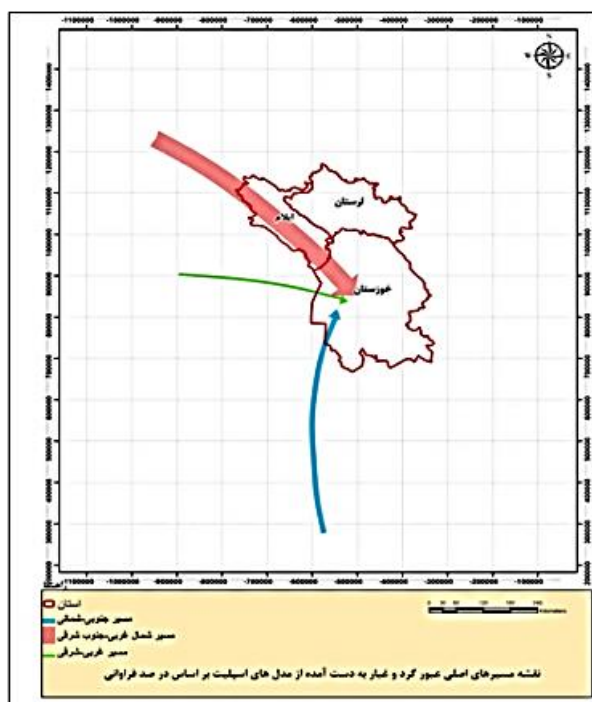


شکل ۴- مسیرهای برگشت و رو به جلو مدل GDAS(0.5degree) برای ایستگاه اهواز، رویداد ۳۰ خرداد ۹۱_ آکوا: خطوط مشکی و زرد بر روی تصویر ماهواره ای به ترتیب نشان دهنده مسیر برگشت و رو به جلو هستند.



شکل ۵- مسیرهای برگشت و رو به جلو مدل REANALYSIS برای ایستگاه اهواز، رویداد ۳۰ خرداد ۹۱_ آکوا: خطوط مشکی و زرد بر روی تصویر ماهواره‌ای به ترتیب نشان‌دهنده مسیر برگشت و رو به جلو هستند.

سمت عربستان و در بعضی مواقع با منشأ آفریقا گرد و خاک را به سمت جنوب غرب ایران حمل می‌کند.



شکل ۶- نقشه مسیرهای گرد و خاک جنوب غرب ایران

نتیجه‌گیری

پدیده گرد و خاک یکی از معضلات مهم مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که در سال‌های اخیر به دلیل تغییر اقلیم، خشکسالی، تغییر کاربری اراضی، جنگ و ناامنی

همان‌طور که از شکل‌های ۳ تا ۵ مشخص است، مسیرهای برگشت و رو به جلو مجموعه داده‌ی GDAS(1degree)، هماهنگی بیشتری با هم دارند؛ همچنین این مسیرها، با مسیر رویداد گرد و خاک در سری زمانی تصاویر مودیس مطابقت دارد. بنابراین، این داده به منظور تعیین مسیرهای گرد و خاک مورد استفاده قرار گرفت.

تعیین مسیر عبور گرد و خاک جنوب غرب ایران به وسیله مدل‌های اسپلیت (GDAS1degree)

با استفاده از مدل‌های اسپلیت و مجموعه داده GDAS 1degree، شبیه‌سازی جریان هوا در تمامی روزهای گرد و خاکی سال ۲۰۱۲ انجام گرفت و سه مسیر اصلی گرد و خاک شامل مسیر شمال غربی - جنوب شرقی، جنوبی - شمال غربی و غربی - شرقی مشخص شد. این مسیرها در شکل ۶ نشان داده شده است. بیشتر فراوانی مسیرها، مربوط به مسیر شمال غربی - جنوب شرقی با فراوانی ۷۰٪، پس از آن مسیر جنوبی - شمالی با فراوانی ۲۰٪ و کمترین فراوانی مربوط به مسیر غربی - شرقی با فراوانی ۱۰٪ است. ضخامت مسیرها در شکل ۶ نشان‌دهنده فراوانی هر مسیر است. مسیر شمال غربی - جنوب شرقی از سمت شمال غرب عراق و سوریه عمل انتقال گرد و خاک را انجام می‌دهد. مسیر شمالی - جنوبی نیز از

همه رویدادهای سال ۲۰۱۲ به وسیله مدل های اسپلیت انجام شد و سه مسیر اصلی شمال غربی - جنوب شرقی، غربی - شرقی و جنوبی - شمالی به عنوان مسیرهای اصلی عبور گرد و خاک جنوب غرب ایران مشخص شدند. با این حال در صورت مناسب بودن تصاویر مودیس در روز وقوع گرد و خاک و یک روز قبل و بعد آن، می توان با آنالیز سری زمانی و تعیین مسیرها بر روی تصاویر، مسیرهای عبور گرد و خاک را در محدوده زمانی مورد بررسی توسط داده های مودیس تعیین کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که تصاویر مودیس به دلیل قدرت تفکیک بالا در شناسایی طوفان های گرد و خاک توانایی بالایی دارند ولی از آنجایی که دارای قدرت تفکیک زمانی پایینی هستند برای پروژه های هواشناسی تحلیل روند نمی توان از آن استفاده کرد. همچنین به دلیل گرفتن نتایج مطلوب از مدل های اسپلیت در این مطالعه و قابل دسترس بودن مجموعه داده های این مدل، پیشنهاد می شود که در تحقیقات آتی هم از آن استفاده شود.

در نهایت می توان نتیجه گرفت که مودیس قابلیت تشخیص طوفان های گرد و خاک و همچنین تعیین مسیر آن را در صورت مناسب بودن گستره دیداری ماهواره دارا می باشد؛ الگوریتم محصول DUST RGB سنجنده SEVIRI نیز می تواند به خوبی گرد و غبار را بر روی تصاویر مودیس نیز شناسایی کند. ولی با این وجود به منظور تکمیل تحلیل ها و شناسایی بهتر و دقیق تر مسیرهای اصلی عبور گرد و خاک، نیاز به استفاده از سایر اطلاعات همچون مدل های عددی مانند های اسپلیت وجود دارد؛ چون داده های سنجنده مودیس به تنهایی نمی تواند برای چنین تحلیل هایی مفید واقع شود. این موضوع در طرح سیستم پایش کره زمین^۱ نیز آورده شده است. ترکیب اطلاعات زمین - پایه (از جمله ایستگاه های زمینی، مدل های عددی، سنجنش ماهواره ای و...)، مدیریت آن در یک رویکرد یکپارچه و تجزیه و تحلیل پرسش های علمی برای کاربردهای مختلف (آب و هوا، سلامتی، اکولوژی، پیش بینی، آب و ...) سیستم پایش کره زمین (GEOS) نامیده می شود که این طرح توسط NOAA^۲ توسعه

افزایش قابل توجهی داشته است. جنوب غرب ایران به دلیل واقع شدن در کمربند خشک و نیمه خشک، یکی از مناطقی است که به طور جدی تحت تأثیر این پدیده با منشأ کشورهای منطقه (از جمله عراق، سوریه، اردن و عربستان) قرار گرفته است. به منظور کاهش خسارات و آسیب های این پدیده در این مناطق، نیاز به مدیریت، پایش و تعیین مسیرهای عبور آن وجود دارد. سنجنش از دور یکی از فن آوری های مفید برای بررسی رویدادهای گرد و خاک، شناسایی منابع و تعیین مسیر حرکت آنها است. با استفاده از این فن آوری می توان به پایش رخدادها و پیش بینی آنها در یک سامانه هشدار گرد و خاک پرداخت. در این تحقیق برای شناسایی مسیرهای عبور گرد و خاک جنوب غرب ایران از تصاویر سنجنده مودیس ماهواره ترا و آکوا و شبیه سازی عددی جریان هوا استفاده گردید. بدین منظور در این پژوهش برای اولین بار از شاخص DUST RGB برای تولید سری های زمانی تصاویر رنگی بر روی تصاویر مودیس استفاده گردید و به طور خاص آنالیز سری زمانی بر روی تصویر مودیس (هم ترا و هم آکوا) یکی از رویدادها (۳۰ خرداد ۱۳۹۱) که دارای تصویر مناسب در یک روز قبل و بعد آن تاریخ بود، انجام گرفت. سنجنده SEVIRI ماهواره متئوست، ترکیب RGB را برای تشخیص گرد و خاک بر اساس باند مادون قرمز خود با استفاده از شاخص DUST RGB تولید می کند (Benincasa, 2012). ما در این پژوهش این شاخص را بر روی باندهای مودیس اعمال کردیم که نتایج، نشان دهنده توانایی بالای مودیس در شناسایی گرد و خاک با استفاده از این شاخص است. همچنین به دلیل این که این روش نیازی به تنظیم آستانه برای هر رویداد ندارد به راحتی از آن می توان برای تحلیل سری زمانی استفاده کرد.

سپس تصاویر مودیس با محصول DUST RGB سنجنده SEVIRI مقایسه گردید که نتایج مقایسه، تطابق بالای روش DUST RGB با محصول گرد و غبار متئوست را نشان داد. به دلیل فاصله زمانی که بین تصاویر مودیس وجود دارد بررسی جهت جریان به طور دقیق و برای همه رویدادها ممکن نیست؛ بنابراین به منظور تکمیل تحلیل ها، تعیین مسیرها در

1- GEOS: Global Earth Observation System

2- National Oceanic and Atmospheric Administration

ذرات HYSPLIT. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال چهارم، شماره سیزدهم و چهاردهم.

۷- زارع‌ارنانی، محمد، دهقان‌دهنوی، حسین، مختاری، محمد حسین و اختصاصی، محمدرضا، ۱۳۹۲، ارزیابی شاخص‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای در تعیین خصوصیات طوفان گرد و غبار، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و خاک، ایران، یزد، ۲۶-۲۵ دی ۱۳۹۲.

8- Ackerman, S A., 1997, Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, No: 102, pp. 17069-17079.

9- Azizi, Gh, Shamsipour, A, Miri, M, and Safarrad, T, 2012, Synoptic and remote sensing analysis of dust events in southwestern Iran. Journal of Natural Hazards, No.64, pp.1625-1638.

10- Baddak, Matthew C., Bullard, Joanna E., and Bryant Robert G, 2009, Dust source identification using MODIS: A comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia. Journal of Remote Sensing of Environment, No. 113, pp.1511-1528.

11- Benincasa, F, 2012, Available from <http://http://sds-was.aemet.es/forecast-products/dust-observations/msg-2013-eumetsat>. Accessed 12th Feb 2015.

12- Cao, Hui, Shamsipour, Amiraslani, Farshad, Liu, Jian and Zhou, Na, 2015, Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental dataset, Journal of Science of the Total Environment, pp.224-235.

13- Ginoux, Paul, Prospero, Joseph M., Gill, Thomas E., Hsu, N. Christina and Zhao Ming, 2012, Global-scale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on MODIS Deep Blue aerosol products. Reviews of geophysics, No: 50.

14- HYSPLIT4 User's Guide, 2014, URL: http://www.arl.noaa.gov/documents/reports/hysplit_user_guide.pdf.

15- Miller, S. D. (2003). A consolidated technique for enhancing desert dust storms with MODIS. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS No: 20, pp. 12-1-12-4.

16- NASA MSFC. URL: http://weather.msfc.nasa.gov/sport/training/rgb_dust/RGB%20Dust%20Reference%20Guide.pdf. Last accessed 12 Feb. 2015.

17- NOAA, ESRL. URL: <http://www.esrl.noaa.gov/research/themes/observing/>. Last accessed 6 Oct.2015.

داده شده است. بخشی از ماموریت NOAA، درک و پیش‌بینی تغییرات در محیط زیست زمین برای پاسخگویی به نیازهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی است. سیستم پایش، اطلاعات مورد نیاز را برای پیش‌بینی آب و هوای کوتاه‌مدت تا تغییر اقلیم جهانی بلندمدت ارائه می‌دهد (NOAA, ESRL, 2015).

منابع

۱- علوی پناه، سید کاظم، ۱۳۸۵، سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۵۲۲.

۲- اشرفی، خسرو، شفیع‌پور مطلق، مجید و اصلمند، علیرضا، ۱۳۹۱، بررسی مسیرهای طوفان گرد و غبار بر روی ایران با به کارگیری مدل‌سازی عددی و تصاویر ماهواره‌ای، فصلنامه علمی محیط زیست، شماره ۵۶.

۳- عادل، شهاب، امینی پارسا، وحید و عبد شرافت، احسان، ۱۳۹۱، بررسی طوفان‌های گرد و غبار با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس منطقه مورد مطالعه: استان آذربایجان شرقی، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، ایران، تهران، ۲۰ اسفند ۱۳۹۱.

۴- تقوی، فرحناز، اولاد، الهه، صفرراد، طاهرو ایران‌نژاد، پرویز، ۱۳۹۲، تشخیص و پایش طوفان گرد و غبار غرب ایران با استفاده از روش‌های سنجش از دور، مجله‌ی فیزیک زمین و فضا دوره ۳۹، ش ۳، ص ۸۳-۹۶.

۵- رنجبر سعادت‌آبادی، عباس، عزیزی، قاسم، ۱۳۹۱، مطالعه‌ی الگوهای هواشناسی، شناسایی چشمه‌های تولید گرد و غبار و مسیر حرکت ذرات معلق برای طوفان جولای ۲۰۰۹، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی سال ۴۴، ش ۳، ص ۷۳-۹۲.

۶- ریوندی، امیر، میررکنی، مجید، محمدیها، امیر، ۱۳۹۲، بررسی تشکیل و انتشار طوفان‌های گرد و خاک ورودی به غرب و جنوب غرب ایران با استفاده از مدل پخش لاگراژی

- 22-WMO SDS-WAS. URL: <http://sds-was.aemet.es>. Last accessed 16 Des. 2017.
- 23- Zhao, T X., Ackerman, S. and Guo, W., 2010, Dust and Smoke Detection for Multi-Channel Imagers. *Journal of Remote Sensing*, No.2.pp.2347-2368.
- 24- Zhang, Peng, Lu, Nai-meng, Hu, Xiu-qing, and Dong, Chao-hua, 2006, Identification and physical retrieval of dust storm using three MODIS thermal IR channels", *Journal of Global and Planetary Change* , pp.197-206.
- 25- Zoljoodi, M, Didevarsal, A, and Ranjbar Saadatabadi, A, 2013^a. Dust events in the western parts of Iran and the relationship with drought expansion over the dust-source areas in Iraq and Syria. *Atmos Clim Sci* 2013;03:321–36.
- 26- Zoljoodi, M, Didevarsal, A, and Montazerzohor, Z, 2013^b. . Application of the dust simulation models in the Middle East, and dust-dispersion toward the western/southwestern Iran (case study: 22-26 June 2010) Vol.5, No.7, 818-831.
- 18- Samadi, M, Darvishi Bolorani, A, Alavipanah, K, Mohamadi, H and Najafi, M, 2014, Global dust Detection Index (GDDI); a new remotely sensed methodology for dust storms detection, *Journal of ENVIRONMENTAL HEALTH SCIENCE & ENGINEERING*.
- 19- Schepanski, K, Tegen, I., Laurent, B., Hein old, B.,and Macke, A. 2007. A new Saharan dust source activation frequency map derived from MSG-SEVIRI IR-channels. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS* 34.
- 20- Su, Lin, Yuan, Zibing, Fung, Jimmy C.H. and Lau, Alexis K.H, 2015, A comparison of HYSPLIT backward trajectories generated from two GDAS datasets. *Journal of Science of the Total Environment*, pp. 527-537
- 21-TaheriShahriayni, H, Karimi, Kh, HabibiNokhandan, M, and HafeziMoghadas, N, 2014, Monitoring of dust storm and estimation of aerosol concentration in the Middle East using remotely sensed images", *Journal of Arab J Geosci*.