

بارزسازی طوفان‌های گرد و غبار با استفاده از الگوریتم‌های آشکارساز در استان هرمزگان

محمود دمی زاده^{۱*}، مهران زند^۲، مرتضی میری^۳

۱ دکتری آب‌خیزداری، عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری Damizadeh@yahoo.com

۲ دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری

۳ استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری

خلاصه

قرارگیری استان هرمزگان در کمربند خشک و نیمه خشک جهان و نزدیکی با کشورهای چین عربستان، پاکستان و افغانستان و همچنین شرایط بیابانی، فقر پوشش گیاهی، ناپایداری هوا و جریان بادهای شدید در این منطقه باعث وقوع طوفان‌های گرد و غبار در مناطق مختلف این استان گردیده است که امروزه به عنوان یکی از چالش‌های زیست محیطی در جنوب کشور شناخته می‌شود. جهت آشکارسازی پدیده گرد و غبار در استان هرمزگان ابتدا کلیه داده‌های هواشناسی ۱۲ ایستگاه سینوپتیک استان بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ میلادی مورد بررسی قرار گرفتند و پس از مشخص شدن تاریخ وقوع طوفان‌های گرد و غباری، تعداد ۴۸ تصویر سنجنده مودیس که در آن دیده افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر بوده و حداقل چهار ایستگاه هواشناسی استان وقوع طوفان گرد و غبار را در آن ثبت شده بود، با استفاده از چهار الگوریتم Ackerman, TDI, THDI, NDDI مورد پردازش و تحلیل قرار گرفتند. نتایج بیانگر کارایی بهتر الگوریتم TDI از میان چهار الگوریتم مورد بررسی جهت شناسایی و بارزسازی توده‌های گرد و غبار در استان می‌باشد. بر طبق یافته‌های پژوهش مناطق مختلفی در استان هرمزگان به عنوان مناطق با پتانسیل بالای تولید گرد و غبار مورد شناسایی قرار گرفتند که مهمترین آنها مناطق شرقی استان هرمزگان در حدفاصل بندر کوه مبارک تا روستای لیردف، منطقه حدفاصل روستای کوهستک تا شرق بندرعباس، اراضی و مناطق همجوار فرودگاه بین‌المللی قشم، مناطق غربی شهر بندرعباس واقع در غرب گنبد نمکی گچین تا دلتای رودخانه کل، مناطق غربی بندرخمیر تا روستای سایه‌خوش و مناطق حدفاصل غرب شوره‌زار مهرگان تا شرق بندر چارک می‌باشد. همچنین نتایج پژوهش فوق نشان می‌دهد کانون‌های تولید گرد و غبار دیگری نیز در خارج از استان هرمزگان وجود دارد که تأثیرات مخربی را بر این استان وارد می‌کنند که نمونه‌ای از آنها تالاب فصلی جازموریان، مناطق شرقی و ساحلی استان سیستان و بلوچستان، مناطق غربی کشورهای افغانستان و پاکستان و نیز مناطق مرکزی و جنوبی شبه جزیره عربستان را می‌توان بیان نمود.

واژگان کلیدی:

الگوریتم آشکارسازی، تصاویر مودیس، عمق نوری آئروسول، عمق نوری.

مقدمه

طوفان‌های گرد و غبار یکی از پدیده‌هایی است که در مناطق خشک و نیمه خشک جهان رخ می‌دهد. طی سالهای اخیر وقوع طوفان‌های گرد و غبار با تعداد بالا از جمله مخرب‌ترین بلایای زیست محیطی در منطقه‌ی خاورمیانه می‌باشد. با توجه به تأثیرات وسیع گرد و غبار در تغییر اقلیم در مقیاس جهانی و محلی، تغییر بر تابش ورودی، تغییرات در چرخه بیولوژیکی، زمین‌شناسی و شیمیایی، تأثیر بر سلامت افراد و هزینه‌های بسیار گزاف اقتصادی که برای جوامع بشری به بار می‌آورد، بررسی و پایش دقیق این رخداد لازم و ضروری است. جهت آشکارسازی و تعیین محدوده فعالیت توده‌های گرد و غبار و همچنین تعیین منشأ و کانون گرد و غبار، مطالعات متعددی به انجام رسیده است به طوریکه از دهه ۱۹۷۰ میلادی و با شروع عرضه تصاویر ماهواره‌ای به جوامع علمی و دانشگاهی، پژوهش در زمینه استفاده از دانش سنجش از دور در زمینه شناسایی توده‌های گرد و غبار انجام گرفته است و افراد مختلفی نظیر شنک و کوران (۱۹۷۴)، اکرم (۱۹۹۷)، روسکونسکی و لیو (۲۰۰۳)، میلر (۲۰۰۳)، کو و همکاران (۲۰۰۶)، ژائو و همکاران (۲۰۱۰) و افراد و پژوهشگران دیگری با ابداع شاخص‌ها و الگوریتم‌های مختلف نسبت به بررسی پدیده گرد و غبار از طریق تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای پرداختند. در ایران نیز تحقیقات متعددی در خصوص آشکارسازی و تعیین محدوده گرد و غبار انجام شده است. سبحانی و همکاران (۱۳۹۹)

در پژوهشی در غرب ایران با استفاده از شبکه عصبی ANFIS و RBF در محیط نرم افزار MATLAB و همچنین با بکارگیری داده‌های ۲۹ ساله ۵۲ ایستگاه هواشناسی اقدام به مدل‌سازی و پیش‌بینی گرد و غبار در غرب کشور نمودند. در مرحله بعد آنها مناطق بیشتر درگیر با پدیده گرد و غبار را با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند متغییره TOPSIS برای سال‌های آتی اولویت‌سنجی و مشخص نمودند.

بر اساس نتایج پژوهش، مقایسه دو مدل شبکه عصبی ANFIS و RBF نشان داد که دقت RBF در پیش‌بینی گرد و غبار در سال‌های شبیه‌سازی شده بیشتر است. همچنین بر اساس نتایج خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی RBF، در پیش‌بینی گرد و غبار برای سال‌های آتی ایستگاه‌های مورد مطالعه؛ در هر دو مقیاس میانگین و حداکثر فراوانی گرد و غبار، ایستگاه‌های غربی و جنوب غربی منطقه مورد پژوهش بیشتر در معرض گرد و غبار در سال‌های آینده قرار گرفتند. همچنین، نتایج مدل TOPSIS نشان داد، ایستگاه‌های آبادان، مسجد سلیمان، و اهواز بیشتر در معرض گرد و غبار می‌باشند.

آقازاده و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای با عنوان شناسایی و پایش محدوده زمانی و مکانی پدیده گرد و غبار با استفاده از شاخص‌های BTDD, NDDI و پارامتر D (مطالعه موردی استان‌های حاشیه‌ای خلیج فارس و دریای عمان) به بررسی تعداد دو طوفان گرد و غبار در مناطق حاشیه‌ای خلیج فارس و دریای عمان نمودند.

نتایج نشان داد که شاخص BTDD نتیجه نسبتاً بهتری را نسبت به شاخص‌های دیگر ارائه داد و بعد از آن نیز شاخص پارامتر D عملکرد بهتری را ارائه نمود. همچنین بر اساس نتایج، استان‌های حاشیه‌ای خلیج فارس و دریای عمان دارای گرد و غبار با غلظت بیشتری را دارند علت این هم گرد و غبارهای عربستان در روزهای مورد نظر بوده است.

جبالی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی در استان یزد به مقایسه عملکرد شش الگوریتم اکرمین، میلر، روسکونسکی و لیو، TIIDI, TDI, NDDI بر روی تصاویر مودیس اقدام نمودند.

بر اساس نتایج، هیچ یک از الگوریتم‌های مورد استفاده قادر به آشکارسازی تمامی رخداد‌های گرد و غبار نخواهد بود. با وجود این، به کارگیری باندهای حرارتی و یا تلفیقی از باندهای حرارتی و انعکاسی در الگوریتم‌ها، کارایی بیشتری را در آشکارسازی گرد و غبار نشان می‌دهد. به منظور آشکارسازی بهتر گرد و غبار هر منطقه، استفاده از حدود آستانه‌ای متناسب با ویژگی‌های طیفی آن منطقه و حتی هر رخداد، در زمان به کارگیری الگوریتم‌های آشکارساز مورد نیاز است.

خیراندیش و همکاران (۱۳۹۷) در مقاله شناسایی بهترین الگوریتم تشخیص گرد و غبار با کمک داده‌های مودیس به بررسی ۵ روش تشخیص گرد و غبار پرداختند. آنها نتیجه گرفتند از میان ۵ الگوریتم BTDD اکرمین، شاخص گرد و غبار، میلر، TIIDI, Dust RGB بهترین الگوریتم بارزسازی گرد و غبار الگوریتم Dust RGB می‌باشد.

نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که روش اکرمین، میلر و شاخص گرد و غبار نیازمند تنظیم آستانه برای هر رویداد می‌باشد. آنان همچنین بیان نمودند که روش TIIDI قابلیت تفکیک گرد و غبار از سایر پدیده‌ها را بر روی زمین دارا می‌باشد ولی نتوانست گرد و غبار روی آنها را بخوبی بارزسازی کند. همچنین بر اساس نتایج پژوهش فوق، روش اکرمین و شاخص گردوغبار پایین‌ترین صحت کلی را در بین کلیه روش‌ها داشته‌اند. نتایج پژوهش فوق همچنین بیانگر این موضوع می‌باشد که روش میلر و TIIDI بالاترین و پایین‌ترین صحت کلی را در رخداد‌های ابری داشته‌اند. بررسی آنها نشان داد که در روش Dust RGB به خوبی گرد و غبار از سایر عوارض قابل تشخیص می‌باشد ضمن اینکه روش مذکور بالاترین صحت کلی را دارا بوده و بر اساس نتایج بدست آمده از ماتریس خطا و ارزیابی صحت، روش مذکور به عنوان بهترین الگوریتم شناسایی گرد و غبار انتخاب گردید.

قادری نسب و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی دیگر، قابلیت آشکارسازی گرد و غبار را با استفاده از تصاویر سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ ماهواره‌های ترا و اکوا منطقه جازموریان و با استفاده از شاخص TIIDI, NDDI و ژائو ارزیابی نمودند.

آنها برای ارزیابی روش‌های مورد استفاده از دید افقی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه و نیز محصول AOD سنجنده مودیس منطقه استفاده نمودند. آنها همچنین جهت تحلیل مسیر انتقال گرد و غبار از مدل Hysplit استفاده نمودند. نتایج پژوهش فوق نشان داد که الگوریتم‌های مورد بررسی عملکرد مناسبی در شناسایی پیکسل‌های آلوده به گرد و غبار دارند.

رایگانی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با عنوان بهره‌گیری از سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای به منظور اعتبارسنجی کانون‌های شناسایی شده تولید گرد و غبار استان البرز به بررسی کانون‌های گرد و غبار استان البرز پرداختند. هدف از مطالعه فوق، اعتبارسنجی

کانون‌های شناسایی شده تولید گرد و غبار در استان البرز با استفاده از سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های ایستگاههای هواشناسی می‌باشد. بدین منظور داده‌های TMI سنجنده TRMM، داده‌های ۱۶ روزه پوشش گیاهی، داده‌های ۸ روزه درجه حرارت سطح زمین و محصول عمق اپتیکی هواویزه (AOD) 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 ۱۵ ساله صورت پذیرفت. همچنین عمق اپتیکی هواویزه در رویدادهای ریزگرد با غلظت بالا برای کانونهای محتمل مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌های تحقیق نشان‌دهنده قابلیت بالای سری‌های زمانی داده‌های سنجنده از دور در اعتبارسنجی کانونهای شناسایی شده تولید ریزگرد می‌باشد. نتایج تحلیل سری‌های زمانی داده‌های 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.

نوروزی (۱۳۹۵) در مقاله خود با عنوان ارزیابی و مقایسه عملکرد روشهای آشکارسازی در شناسایی پهنه‌های فرسایش بادی با استفاده از تصاویر لندست ۸ (مرکز و شمالغرب استان خوزستان) به بررسی و ارزیابی روش‌های آشکارسازی فرسایش بادی در استان خوزستان پرداخته است. برای این منظور از روشهای فیلتر تطبیق یافته (MF)، ماشین بردار پشتیبان (SVM)، روش نقشه‌بردار زاویه‌ای طیفی (SAM) و برآورد کننده سازگار یافته تطبیقی (ACE) استفاده شده است.

نتایج نشان داد روش MF با دقت کلی ۸۱ درصد و ضریب کاپای ۰/۷۱ در شناسایی مناطق هدف بیشترین دقت را نسبت به سه روش دیگر دارد. روش MF در زمینه‌ی تمایز پدیده‌هایی با رفتار طیفی نزدیک به هم، کارایی بالاتری دارد و نسبت به روش SVM کمتر تحت تأثیر تداخلات کاذب ناشی از ابر داده‌ها قرار می‌گیرد و می‌تواند برای تفکیک پدیده‌هایی چون پهنه‌های فرسایش بادی مناسب باشد. Zhang و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان Comparison of MODIS- and CALIPSO-Derived Temporal Aerosol Optical Depth over Yellow River Basin (China) from 2007 to 2015 در حوزه آبخیز رودخانه زرد چین بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ نمودند.

نتایج استفاده از سری زمانی محصولات AOD بیانگر بالا بودن مقادیر گرد و غبار در بهار و تابستان و با اختلاف کمی در پاییز می‌باشد. همچنین محصول AOD سنجنده CALIPSO سازگاری مناسب‌تری را با محصول ۱۰ کیلومتری الگوریتم ترکیبی مودیس نشان داد ضمن اینکه کمترین سازگاری را با محصول سه کیلومتری سنجنده مودیس نشان داد. در مجموع توزیع ناحیه‌ای محصول AOD سنجنده مودس و CALIPSO در حوزه آبخیز رودخانه زرد، بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین آنها می‌باشد که می‌تواند در نتیجه فصل برداشت اطلاعات، ناحیه مورد مطالعه و توپوگرافی منطقه باشد.

Sarikhani و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه خود با عنوان A New Approach for Dust Storm Detection Using MODIS Data براساس تصاویر ماهواره‌ای مودیس، الگوریتمی جدید برای شناسایی خودکار طوفان‌های گرد و غبار بر روی سطوح آب و زمین توسعه دادند. نتایج نشان می‌دهد که روش تشخیص طوفان گرد و غبار در مناطق تحت پوشش با ویژگی‌هایی مانند سطح زمین روشن و ابرهایی که رفتار طیفی آنها شبیه به گرد و غبار است، عملکرد خوبی دارد.

Zandkarimi و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله خود با عنوان an improved dust identification index (IDII) based on MODIS observation نسبت به توسعه یک الگوریتم بارزسازی گرد و غبار با عنوان IDII بر روی تصاویر سنجنده مودیس پرداختند.

آنها از شاخص خود بر روی ۱۲۹ رخدادهای گرد و غبار در غرب آسیا بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ استفاده نمودند و برای صحت سنجی آن از داده‌های ایستگاه‌های همدیدی، تصاویر ترکیب رنگی، تصاویر CALIOP، تصاویر OMI استفاده نمودند و همچنین نتایج الگوریتم خود را با الگوریتم GDDI مقایسه نمودند.

نتایج آنها نشان می‌دهد شاخص فوق در قیاس با شاخص GDDI دارای عملکرد بهتری بر روی آنها می‌باشد. همچنین آنها بیان نمودند نتایج پژوهش فوق می‌تواند جهت شناسایی گرد و غبار روی سطوح خشکی و آب، تغییرات فصول، مناطق گرد و غباری از مناطق ابری مورد استفاده قرار گیرد.

Rahmati و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی خود نسبت به ارزیابی توانایی روش‌های RF، SVM و MARS جهت شناسایی کانون‌های گرد و غبار شرق کشور استفاده نمودند.

جهت انجام این پژوهش در ابتدا مناطق منشاء گرد و غبار که قبلا توسط تصاویر AOD سنجنده مودیس و OMI شناسایی شده بودند انتخاب گردیدند و به دو ناحیه نمونه و صحت سنجی و با نسبت ۷۰ و ۳۰ درصد تقسیم نمودند و سپس اندازه‌گیری فاکتورهای سنگ‌شناسی، سرعت باد، درجه حرارت حداکثر، کاربری اراضی، درجه شیب، خاک، بارش و پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه انجام و پیش‌بینی‌های مدل بر اساس آنها انجام شد.

نتایج پژوهش فوق نشان داد الگوریتم RF بهترین عملکرد را داشته و بعد از آن SVM و MARS قرار داشته‌اند. نتایج همچنین نشان داد فاکتور سرعت باد و پوشش گیاهی مهمترین فاکتورهای تولید گرد و غبار در منطقه می‌باشند. همچنین مناطق شرقی از پتانسیل بالاتری در تولید گرد و غبار برخوردار می‌باشند.

یکی دیگر از پژوهش‌های انجام یافته در خصوص تعیین منشاء گرد و غبار توسط Karimi و همکاران (۲۰۱۲) انجام گرفته است. در این تحقیق تعداد ۳ رخداد طوفان گرد و غباری در منطقه خاورمیانه با استفاده از ۴ الگوریتم روسکونسکی و لیو، اکرم، NDDI و Deep Blue Algorithm مورد مقایسه قرار گرفتند. همچنین تصاویر ترکیب رنگی حقیقی و مدل Hysplit جهت ارزیابی نتایج پژوهش مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج آنها نشان می‌دهد شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش بدلیل شباهت رفتارهای طیف حرارتی قادر به تمایز مناسب توده‌های گرد و غبار و بیابان‌ها نمی‌باشد. بهمین جهت آنها نسبت به توسعه مدلی بر مبنای شاخص اکرم که از دقت بالاتری برخوردار بوده است با نام Middle East Dust Index (MEDI) اقدام نمودند که در آن از باند ۲۹ مودیس جهت تمایز بهتر توده‌های گرد و غبار از سطح بیابان‌ها بصورت فرمول $[(BT31-BT29)/(BT32-BT29)]$ استفاده نمودند که در آن پیکسل‌های آلوده به گرد و غبار دارای مقادیر کمتر از ۰.۶ می‌باشند. آنها همچنین بدلیل عدم طبقه‌بندی برخی از پیکسل‌های گرد و غباری از ابرهای سیروس در مدل فوق از شاخص NDDI در مراحل اولیه مدل استفاده نمودند.

پژوهش دیگری که در زمینه بارزسازی و تعیین منشاء گرد و غبار با استفاده از تصاویر مودیس صورت گرفته است توسط M C. Baddock و همکاران (۲۰۰۹) انجام یافته است.

در این پژوهش تعیین مناطق گرد و غبار از مناطق عاری از گرد و غبار و نیز قابلیت تعیین کانون‌های گرد و غبار با استفاده از تعداد چهار رخداد طوفان گرد و غبار در دریاچه ایر استرالیا و از طریق پنج روش مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. روش‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل ترکیب کاذب رنگ، اختلاف دمای درخشایی، اکرم، میلر و روسکونسکی بوده و همچنین تصاویر OMI جهت تشخیص وجود یا عدم وجود توده‌های گرد و غبار نیز مورد آزمون قرار گرفت.

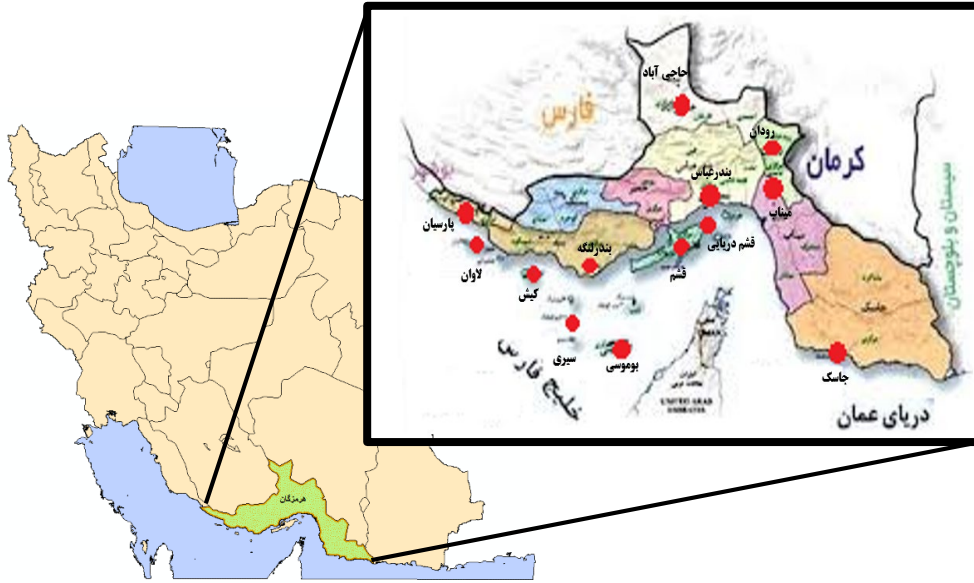
نتایج نشان می‌دهد کلیه روش‌های مورد استفاده، توانایی تشخیص گرد و غبار را داشته ولی دقت آنها در هر رخداد با دیگری تفاوت داشته است که می‌تواند بدلیل فاکتورهای ابرناکی، میزان بازتاب سطح زمین و خصوصیات کانی‌های گرد و غبار منطقه باشد. در مجموع هیچ روش واحدی بعنوان بهترین روش تعیین منابع گرد و غبار بدست نیامد و تعیین گستره طوفان‌های گرد و غباری نیازمند تعیین دامنه برای شاخص‌های مورد استفاده در هر رخداد گرد و غباری می‌باشد هر چند بدلیل اینکه منطقه مورد مطالعه دارای منابع مختلف گرد و غبار با خصوصیات ژئوشیمیایی متفاوت می‌باشد روش تفاوت دمای درخشایی از اطمینان بالاتری برخوردار می‌باشد و کمترین حساسیت را به این خصوصیات دارد.

در مجموع تصاویر ماهواره‌ای AVHRR, POLDAR, TOMS, MODIS, SEAWIFS, GEOS, MISR SEVIRI, OMI AIRS از جمله تصاویری می‌باشند که بصورت موفق در پایش گرد و غبار مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Zhang و همکاران، ۲۰۱۶) هر چند تعدادی از آنها جهت شناسایی و تعیین منشاء گرد و غبار از کارایی لازم برخوردار نیستند (Baddock و همکاران، ۲۰۰۹).

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی استان هرمزگان

استان هرمزگان در شمال تنگه هرمز و در جنوب استان کرمان و فارس واقع است. این منطقه از شرق با استان سیستان و بلوچستان و از سوی غرب با استانهای فارس و بوشهر همسایه است. مساحت استان هرمزگان طبق تقسیمات فعلی کشور نزدیک به ۶۸۴۰۰ کیلومتر مربع است و میان ۲۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه طول جغرافیایی قرار دارد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان هرمزگان

تصاویر مورد استفاده

جهت انجام آشکارسازی گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس^۱ مورد استفاده قرار گرفت. سنجنده مودیس بر روی دو ماهواره ترا و اکوا نصب گردیده است و فعالیت خود را به ترتیب در دسامبر ۱۹۹۹ و می ۲۰۰۲ و در ۳۶ باند طیفی شروع نموده است. این ماهواره بصورت روزانه سطح کره زمین را در تصاویری با دقت مکانی ۲۵۰ متر برای باندهای یک و دو، ۵۰۰ متر برای باندهای سه تا هفت و یک کیلومتر برای سایر باندها تصویر برداری می‌کند و به همین دلیل از قابلیت بالایی جهت پایش پدیده گرد و غبار برخوردار می‌باشد. همچنین تصاویر این سنجنده از طریق وب سایت <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov> بصورت رایگان قابل دانلود می‌باشد. تاریخ و مشخصات تصاویر مورد استفاده در جدول شماره یک قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۱- تاریخ و مشخصات تصاویر سنجنده مودیس استفاده شده

ردیف	نام تصویر	نام ماهواره	تاریخ (میلادی)	تاریخ (شمسی)
۱	MOD021KM.A2003346.0625.061.2017196122001.hdf	ترا	۲۰۰۳/۱۲/۱۲	۱۳۸۲/۰۹/۲۱
۲	MOD021KM.A2012079.0650.061.2017330154202.hdf	ترا	۲۰۰۸/۰۳/۱۹	۱۳۸۶/۱۲/۲۹
۳	MOD021KM.A2015092.0705.061.2017320020512.hdf	ترا	۲۰۱۵/۰۴/۰۲	۱۳۹۴/۰۱/۱۳

الگوریتم‌های مورد استفاده

به منظور انجام این پژوهش از تعداد چهار الگوریتم آشکارسازی گرد و غبار $TIIDI^2$, $NDDI^4$, TDI^3 , Ackerman استفاده شد،

¹ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

² Thermal-infrared Dust Index

³ Thermal Infrared Integrated Dust Index

⁴ Normalized Differences Dust Index

همچنین جهت درک بهتری از وضعیت شدت و پراکنش توده گرد و غبار از محصول AOD⁵ این ماهواره نیز بهره‌گیری شد که نحوه محاسبه آنها در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

الگوریتم آکرمن:

الگوریتم آکرمن از اختلاف دمای درخشایی باند ۳۱ و ۳۲ سنجنده مودیس جهت تشخیص و آشارسازی پدیده گرد و غبار استفاده می‌کند. با توجه به اینکه الگوریتم آکرمن از باندهای طیفی ۱۱ و ۱۲ میکرومتر جهت جدا سازی گرد و غبار استفاده می‌کند و بدلیل اینکه گرد و غبار بازتاب بالاتری در محدوده طول موج ۱۲ میکرومتر نسبت به ۱۱ میکرومتر دارد بنابراین اختلاف دمای درخشایی و تفاضل این دو باند برای گرد و غبار اعداد منفی بوده و از این رو آکرمن آستانه‌ای که جهت جداسازی پدیده گرد و غبار از سایر پدیده‌ها پیشنهاد داد صفر درجه کلوین بود که بعداً در سال ۲۰۰۲ این عدد به منفی یک درجه کلوین تغییر پیدا نمود (اکرمن ۲۰۰۲).

الگوریتم THDI

شاخص TIDI (یکپارچه مادون قرمز حرارتی) در سال ۲۰۱۱ توسط لیو و لیو ارائه گردید. اساس الگوریتم فوق بر پایه چهار باند طیفی در محدوده ۳/۷، ۸/۶، ۱۱ و ۱۲ میکرومتر معادل باندهای ۲۰، ۲۹، ۳۱ و ۳۲ سنجنده مودیس بوده و مقادیر بالای صفر معرف وجود گرد و غبار در تصویر می‌باشد. (لیو و لیو، ۲۰۱۱).

الگوریتم TDI

TDI (شاخص گرد غبار مادون قرمز حرارتی) یکی دیگر از شاخص‌های مورد استفاده جهت تشخیص پدیده گرد و غبار در یک منطقه بوده که توسط هائو و کیو در سال ۲۰۰۷ ارائه گردید و از باندهای ۲۰، ۲۹، ۳۱ و ۳۲ سنجنده مودیس و ضریبی که در این خصوص طراحی شده‌اند بشکلی که در جدول ۲ آمده استفاده می‌نماید.

الگوریتم NDDI

شاخص NDDI (شاخص نرمال شده تفاوت گرد و غبار) توسط کیو و همکاران در سال ۲۰۰۶ ارائه گردید و اساس آن استفاده از اختلاف طیف‌های ۰،۴۶۹ و ۲،۱۳ میکرومتر سنجنده مودیس حاصل می‌گردد به طوری که از نسبت اختلاف باندهای انعکاسی سه و هفت این سنجنده همچنانکه در جدول دو دیده می‌شود آشکارسازی گرد و غبار فراهم می‌شود. در این الگوریتم مقادیر بیشتر از صفر بیانگر وجود گرد و غبار بر روی تصویر می‌باشند. (کیو و همکاران، ۲۰۰۶)

محصول AOD

یکی از محصولات تولیدی از سنجنده مودیس محصول AOD (عمق نوری آئروسول) می‌باشد که پارامتری مهم در مطالعه رخدادهای گرد و غبار و بررسی توزیع ذرات معلق حاصل از طوفان‌های گرد و غباری در یک منطقه جغرافیایی می‌باشد. AOD یک کمیت بی بعد وابسته به طول موج می‌باشد که به معنای کاهش عبور نور در واحد طول و بر روی یک مسیر مشخص می‌باشد بعبارت دیگر نشان‌دهنده میزان آئروسول در امتداد ستونی عمودی هوا و میزان دید در امتداد این ستون می‌باشد. معمولاً مقادیر بالای صفر می‌تواند شاخصی از حضور گرد و غبار و آئروسول در جو یک منطقه تلقی شود بطوریکه برخی منابع (اوگرن، ۱۹۹۵) مقدار ۰/۱ AOD را مرز میان آسمان صاف و آسمان همراه با گرد و غبار بیان نموده‌اند که هر چه به سمت بالاتر افزایش پیدا نماید نشان‌دهنده افزایش حضور آئروسول‌ها و در نتیجه کاهش قدرت دید در یک منطقه می‌باشد.

ترکیب رنگی تصاویر

به منظور بررسی‌های اولیه و تفسیر چشمی در زمینه پراکنش گرد و غبار در یک منطقه استفاده از ترکیب‌های رنگی متفاوت یکی از

⁵ Aerosol Optical Depth

رایج‌ترین روش‌های تشخیص گرد و غبار در یک منطقه می‌باشد که دو تا از مهمترین آنها که در این پژوهش نیز بکار برده شده ترکیب رنگی واقعی یک، چهار، سه (RGB143) سنجنده مودیس بوده و همچنین ترکیب رنگی کاذب یک، دو، هفت (RGB721) می‌باشد. همچنین امروزه با توجه به امکانات و قابلیت‌های گسترده نرم‌افزارهای سنسجش از دور در زمینه بارزسازی، استفاده از ترکیب‌های رنگی بشکل موثری در زمینه تشخیص توده و منشاء گردو غبار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۲- مشخصات الگوریتم‌های آشکارساز گرد و غبار

حد آستانه	شرح الگوریتم	نام الگوریتم
< 0	$D = BT31 - BT32$	Ackerman (BTD) اکرم (۱۹۹۷)
> 0	$TDI = c0 + c1 * BT20 + c2 * BT30 + c3 * BT31 + c4 * BT32$ $C0 = -7.9370, C1 = 0.1227, C2 = 0.0260, C3 = -0.7068, C4 = 0.5883$	TDI (هائو و کیو، ۲۰۰۷)
> 0	$NDDI = (B7 - B3) / (B7 + B3)$	NDDI کیو و همکاران، ۲۰۰۶
> 0	$TIIDI = (BTD32 - 31) * \exp((BTD29 - 31) / a) * (BTD20 - 31)$ a=10 در صورتیکه BTD29-31 مثبت باشد a=5 در صورتیکه BTD29-31 منفی باشد	TIIDI (لیو لیو و ۲۰۱۱)

نتایج

پس از انجام واکاوی بر روی ۱۲ ایستگاه هواشناسی استان، از میان ۴۸ رخدادی که در آنها دید افقی به کمتر از ۱۰۰۰ متر کاهش پیدا نموده، تعداد سه رخدادی که وقوع طوفان در بیش از نه ایستگاه هواشناسی استان ثبت گردیده بودند جهت اجرای الگوریتم‌های آشکارسازی تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شدند که نتایج حاصل از اجرای الگوریتم‌های مورد استفاده در هر رخداد به شرح زیر می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه نتایج هر یک از الگوریتم‌های مورد استفاده بر روی کل تصویر ماهواره‌ای اعمال می‌شود، جهت آشکارسازی دقیق‌تر و تمایز بهتر توده گرد و غبار از کل تصویر و خصوصاً مناطقی که خارج از محدوده طوفان می‌باشد، نیاز به تعیین آستانه مناسب برای هر الگوریتم می‌باشد تا توده گرد و غبار بشکل دقیق‌تری از سایر مناطق تفکیک و جدا گردد. بررسی حدود و میزان آستانه‌هایی که هر یک از این محققان برای الگوریتم‌های خود ارائه داده‌اند نشان داد استفاده از این آستانه‌ها جهت تمایز مناسب توده گرد و غبار مناسب نیست و نتایج مورد قبولی را در منطقه مورد مطالعه به همراه ندارد و به همین دلیل جهت تفکیک و شناسایی مطلوب توده گرد و غبار، نیاز به واسنجی هر یک از الگوریتم‌ها و رخدادهای مورد بررسی دارد که این امر با استفاده از تحلیل هیستوگرام طیفی هر یک از تصاویر مورد استفاده انجام گردید. این امر مهمترین بخش فرآیند بارسازی توده گرد و غبار بوده و تعیین مناسب این آستانه‌ها، نتایج به مراتب بهتر و دقیق‌تری را به همراه دارد. آستانه‌های مناسب هر الگوریتم برای هر رخداد در جدول شماره ۳ مشاهده می‌گردد.

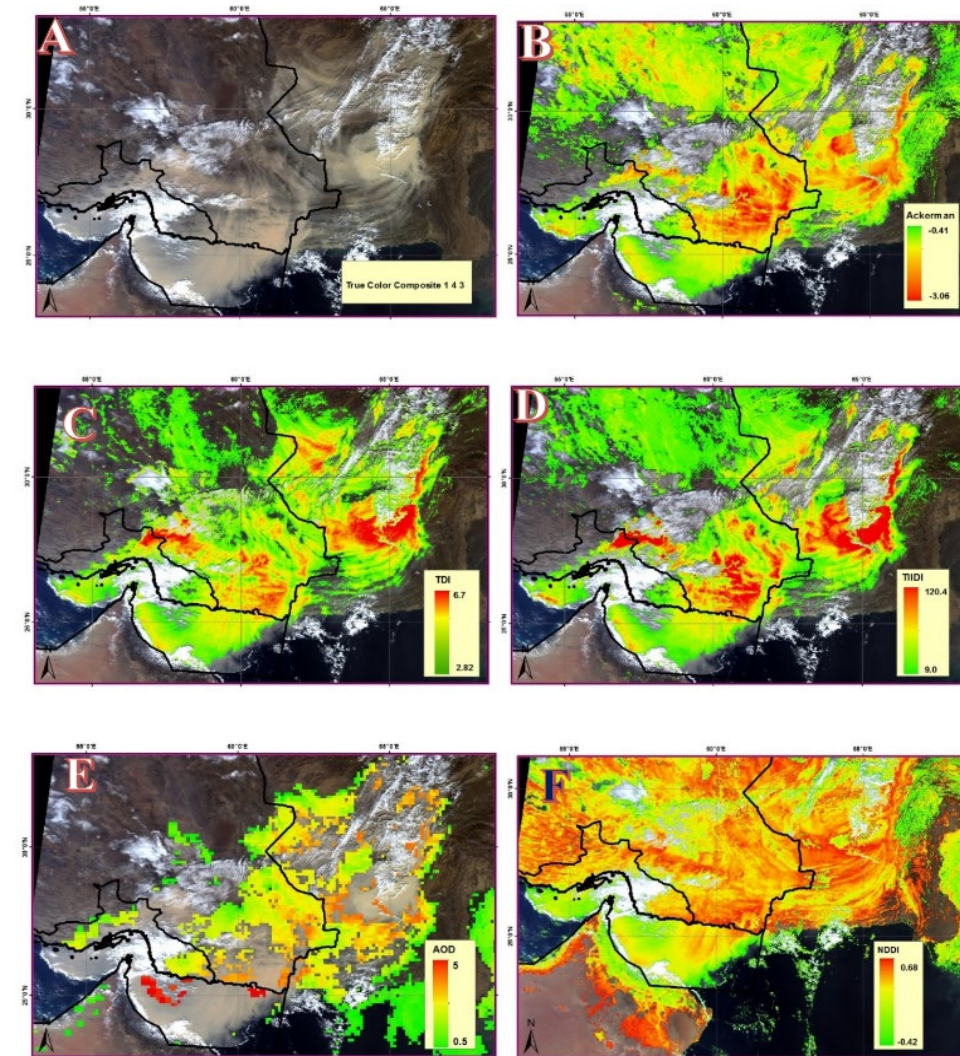
رخداد اول: ۲۰۰۳/۱۲/۱۲

در تاریخ ۲۰۰۳/۱۲/۱۲ کلیه ایستگاه‌های هواشناسی به غیر از ایستگاه پارسپان و لاوان وقوع طوفان گرد و غبار با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر را در استان هرمزگان گزارش نموده‌اند. بررسی تصویر ماهواره‌ای در تاریخ فوق ضمن تایید موضوع، بیانگر مسیر حرکت طوفان از سمت شمال شرق به سمت جنوب غرب می‌باشد و منطقه وسیعی را در کشورهای ایران، افغانستان، پاکستان و عمان را پوشانده است ضمن اینکه با استفاده از ترکیب‌های رنگی مختلف نظیر ۱۴۳ و ۷۲۱ به وضوح کانون‌های گرد و غبار در طول نوار ساحلی شرق استان حد فاصل بندر جاسک تا بندر گوادر قابل تشخیص بوده و مناطق دیگری نظیر تالاب جازموریان، مناطق شرقی سیستان و بلوچستان، جنوب‌غربی افغانستان و غرب پاکستان نیز به عنوان نقاط داغ بر روی تصویر قابل شناسایی می‌باشند.

جدول ۳- آستانه‌های گردوغبار استفاده شده در رخدادهای مورد بررسی

نام الگوریتم	رخدادهای اول	رخدادهای دوم	رخدادهای سوم
Ackerman	گرد و غبار < -۰/۴۱	گرد و غبار < -۰/۶	گرد و غبار < -۰/۵۵
TDI	گرد و غبار > ۲/۷	گرد و غبار > ۴	گرد و غبار > ۲
THIDI	گرد و غبار > ۹	گرد و غبار > ۱۲	گرد و غبار > ۲

نتایج حاصل از بکارگیری الگوریتم‌های مختلف نشان می‌دهد که به غیر از شاخص NDDI مابقی شاخص‌ها توانسته‌اند توده گرد و غبار را بارزسازی کنند. نگاهی به شاخص اکرم‌ن نشان می‌دهد این شاخص در تشخیص گرد و غبار از عملکرد مناسبی برخوردار نبوده و بخش زیادی از تصویر را بعنوان گرد و غبار جدا نموده است (شکل ۳B).



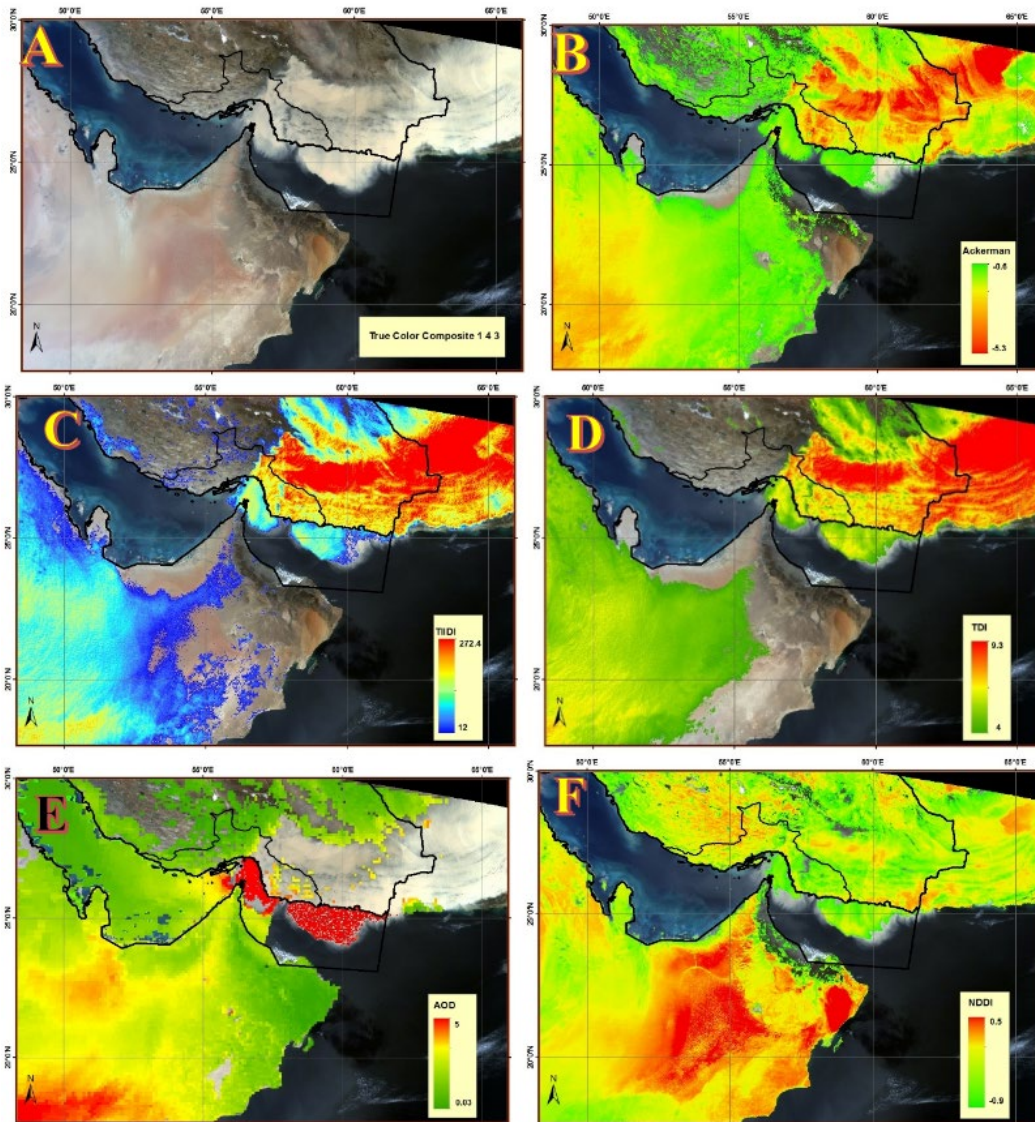
شکل ۲- آشکارسازی رخدادهای گردوغبار با استفاده از الگوریتم‌های RGB(A), Ackerman(B), TDI(C), THIDI(D), AOD(E), NDDI(F)

شاخص‌های TDI و THIDI دارای شباهت‌های زیادی با یکدیگر بوده ولی با این وجود شاخص TDI در تفکیک توده و کانون‌های گرد و غبار از دقت بیشتری برخوردار بوده به طوری که در مناطق شمالی و شمال غربی منطقه عملکرد بهتری را به نمایش گذاشته است همچنین در زمینه آشکارسازی کانون‌های گرد و غبار و میزان تراکم و ضخامت توده گرد و غبار در مناطق مختلف دارای تفسیر بصری بهتری بوده و در قیاس با مناطقی که تصویر AOD وجود دارد این شاخص تطابق و عملکرد مناسب‌تری را نشان می‌دهد (شکل ۳C, D).

از میان شاخص‌های استفاده شده، شاخص NDDI از عملکرد مطلوبی برخوردار نبوده و بخش عظیمی از تصویر به عنوان گرد و غبار شناسایی شده که صحیح نمی‌باشد (شکل ۳E).

رخداد دوم: ۲۰۱۲/۰۳/۱۹

دومین رخداد طوفان گرد و غبار بصورت توده‌ای بزرگ، بخش اعظمی از استان هرمزگان و جنوب‌شرق کشور و همچنین کشور پاکستان را در بر گرفته است و بشکل واضحی با ترکیب رنگی ۱۴۳ در تصویر ماهواره‌ای مودیس قابل مشاهده می‌باشد. نتایج بکارگیری از الگوریتم‌های استفاده شده نشان می‌دهد الگوریتم اکرم‌ن نتوانسته است از کارایی مناسب برخوردار باشد به طوری‌که علاوه بر آنکه توده گرد و غبار بر روی آبها را نتوانسته بصورت مناسبی آشکار کند بلکه بخش زیادی از مناطق واقع در شمالغرب تصویر را نیز بعنوان گرد و غبار شناسایی نموده است.



شکل ۳- آشکارسازی رخداد ۲۰۱۲/۰۳/۱۹ با استفاده از الگوریتم‌های (A) RGB, (B) Ackerman, (C) TDI, (D) THDI, (E) AOD, (F) NDDI

در مجموع بررسی مقادیر برآوردی توسط اکرم‌ن حاکی از آن است که در مناطقی که ضخامت توده گرد و غبار پایین بوده شاخص فوق عملکرد مناسبی نداشته ضمن اینکه کارایی این شاخص در خشکی‌ها بهتر از محیط‌های آبی می‌باشد (شکل ۴B). شاخص‌های THDI و TDI هر دو دارای نتایج نزدیک به هم بوده و نتوانسته‌اند توده گرد و غبار را بخوبی جدا نموده ولی به مانند شاخص اکرم‌ن، زبانه‌های گرد

و غبار بر روی خلیج فارس بصورت دقیق آشکار نشده است. بررسی بیشتر هر ۲ شاخص بیانگر دقت بالاتر شاخص TDI نسبت به شاخص THIIDI و تمایز بهتر پراکنش گرد و غبار و ضخامت آن در منطقه می‌باشد (شکل ۴C, D).

بررسی محصول AOD منطقه بیانگر عدم وجود داده‌های مناسب در منطقه وقوع طوفان در خشکی بوده که احتمالاً بدلیل خطای ماسک ابر در تولید این محصول می‌باشد هر چند در محل فعالیت طوفان در خلیج فارس و دریای عمان داده‌های مناسبی مشاهده می‌شود و بررسی آن بیانگر شدت زیاد گرد و غبار در این منطقه می‌باشد. عدم وجود داده بر روی مناطق بیابانی یکی از مشکلات شناخته شده در شناسایی گرد و غبار در مناطقی که سطح زمین دارای روشنایی و بازتاب زیاد نور خورشید می‌باشد بوجود می‌آید بطوریکه حتی در تصاویری که در مواقع عدم وجود ابر و عاری از گرد و غبار اخذ شده نیز می‌توان این خطا را مشاهده کرد.

مناطق به مانند دریاچه‌های فصلی نظیر تالاب فصلی جازموریان در شمالشرق استان و یا بیابان‌های شرق استان، بدلیل روشنایی زیاد سطح خود، دارای بازتاب زیاد بر روی تصاویر ماهواره‌ای می‌باشند و باعث می‌گردد در مرحله تولید محصول AOD و توسط الگوریتم ماسک ابر بعنوان سطوح ابری در نظر گرفته شوند و از تصویر حذف گردند.

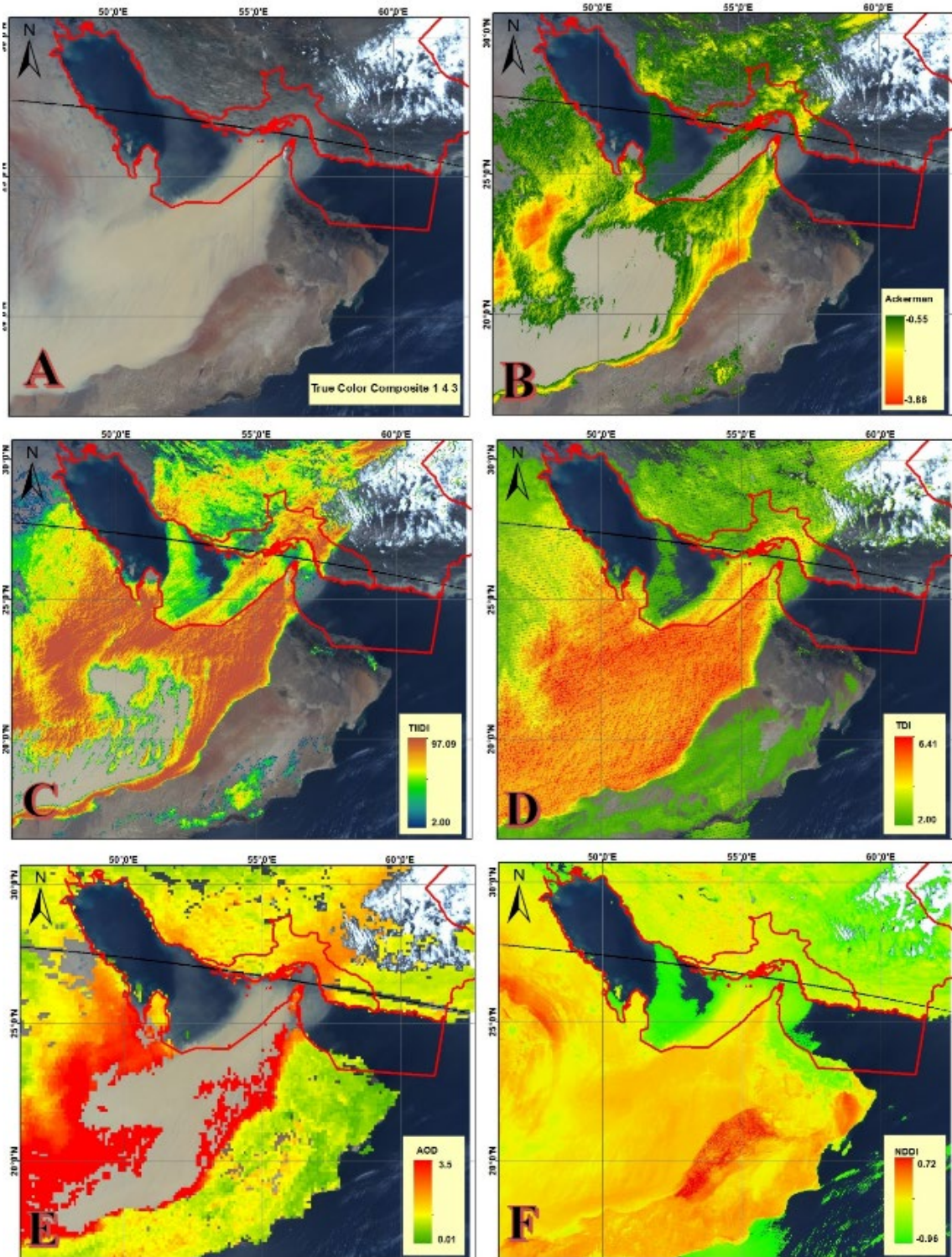
رخداد سوم: ۲۰۱۵/۰۴/۰۲

نتایج اجرای الگوریتم‌های آشکارسازی گرد و غبار برای تاریخ ۲۰۱۵/۰۴/۰۲ در شکل شماره پنج نشان داده شده است. نگاهی به تصویر ترکیب رنگی ۱۴۳ منطقه نشان می‌دهد هجوم طوفان گرد و غبار در تاریخ فوق از سمت شبه جزیره عربستان بوده که بخش قابل توجهی از استان هرمزگان نظیر شهرهای بندرعباس، میناب، رودان، سیریک، جاسک و جزایری نظیر ابوموسی، سیری، قشم و آبهای خلیج فارس و دریای عمان را تحت نفوذ خود در آورده است بطوریکه در تاریخ فوق در نه تا از ایستگاه‌های استان هرمزگان دید افقی زیر ۱۰۰۰ متر ثبت گردیده است.

همچنانکه مشاهده می‌شود شاخص اکرمین نه تنها نتوانسته است توده گرد و غبار را بخوبی بر روی آبهای منطقه آشکار کند همچنین علی‌رغم ضخامت بسیار بالا گرد و غبار در بخش عظیمی از شبه جزیره عربستان، شاخص فوق هیچگونه بارزسازی را در این منطقه به نمایش نمی‌گذارد و از کارایی پایینی در این خصوص برخوردار است که احتمال دارد بدلیل پایین بودن ارتفاع طوفان و نزدیکی به سطح زمین و شباهت‌های رفتار طیفی در محدوده باندهای حرارتی در این منطقه و بیابان‌های اطراف باشد (شکل ۵B). الگوریتم THIIDI هرچند از کارایی بهتری در جداسازی گرد و غبار مستقر بر روی آبهای منطقه نشان می‌دهد ولی به مانند شاخص اکرمین نتوانسته است چشمه گرد و غبار بر روی بیابان‌های عربستان را جدا کند (شکل ۵D).

بررسی شاخص TDI نشان می‌دهد این شاخص از کارایی بالایی در رخداد مذکور برخوردار بوده و ضمن اینکه گرد و غبار مستقر بر روی آبهای خلیج فارس و دریای عمان را با دقت نسبتاً خوبی آشکار نموده و در منطقه چشمه گرد و غبار در عربستان نیز از عملکرد خوبی برخوردار بوده و توانسته در این زمینه بشکل مطلوبی توده گرد و غبار را آشکار نماید بطوریکه مقایسه شاخص فوق با تصویر AOD منطقه نیز نشان‌دهنده عملکرد مناسب این شاخص می‌باشد (شکل ۵C).

بررسی محصول AOD منطقه نیز نشان می‌دهد بخش زیادی از استان هرمزگان تحت تاثیر شدت گرد و غبار در این تاریخ بوده بطوریکه همچنانکه در شکل پنج مشاهده می‌شود در حد فاصل شهرهای بندرعباس و قشم تا بندر جاسک که در مسیر حرکت طوفان بوده است میزان AOD از شدت بالایی برخوردار بوده است ولی با این حال همچنانکه در رخداد دوم نیز اشاره شده بدلیل وجود ماسک ابر در فرایند تولید محصول AOD و ویژگی‌های کانی‌شناسی و طیفی بیابان‌های منطقه و بازتاب زیاد نور خورشید توسط سطوح بیابان‌ها بخش زیادی از مناطق گرد و غباری در محصول AOD حذف گردیده است.



شکل ۴- آشکارسازی رخداد ۲۰۱۵/۴/۲ با استفاده از الگوریتم‌های (A) RGB، (B) Ackerman، (C) TDI، (D) THDI، (E) AOD، (F) NDDI

بحث و نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از مقایسه چهار الگوریتم مورد استفاده نشان دهنده این موضوع است که استفاده از تصاویر ماهواره مودیس همچنانکه در سایر پژوهش‌های انجام یافته در داخل و خارج از کشور نیز گزارش شده است از قابلیت مناسبی در جهت تشخیص توده گرد و غبار و پایش آن برخوردار است. ولی با توجه به دقت مکانی پایین آن جهت تعیین منشاء و کانون‌های گرد و غبار خصوصا آن دسته از طوفان‌هایی که همراه با شدت و ضخامت بالا باشند با محدودیت‌هایی همراه می‌باشد. البته بدلیل سهولت دسترسی به تصاویر فوق، دید وسیع و یکپارچه و قدرت مکانی مناسب، رایگان بودن و قدرت تفکیک زمانی مناسب این ماهواره که امکان برداشت روزانه تصاویر را توسط دو ماهواره ترا و اکوا، امکان‌پذیر ساخته، استفاده از تصاویر این ماهواره را دارای توجیه می‌نماید.

در پژوهش حاضر چهار الگوریتم TIDII و Ackerman, NDDI, TDI مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند که در بین الگوریتم‌های مورد استفاده، الگوریتم TDI عملکرد بهتری را به نمایش گذاشت و منابع و محدوده توده گرد و غبار را بهتر از سایر الگوریتم‌های مورد استفاده، تعیین و آشکار نمود. الگوریتم فوق در تمامی رخدادهای مورد مطالعه از کارایی مناسبی در زمینه شناسایی توده گرد و غبار و نیز تشخیص نقاط داغ تولید گرد و غبار برخوردار بود و از این جهت می‌تواند مورد استفاده مطالعات مرتبط با پایش گرد و غبار در این منطقه کشور قرار گیرد. همچنین الگوریتم TIDII نیز پس از الگوریتم TDI از عملکرد نسبتا مناسبی برخوردار بود و دارای شباهت‌های زیادی در شناسایی گرد و غبار منطقه به مانند الگوریتم TDI بود. استفاده از این الگوریتم در تعدادی از پژوهش‌های انجام شده گزارش شده است. به‌عنوان مثال جبال و همکاران در پژوهش خود گزارش داده‌اند که در تعدادی از رخدادهای مورد بررسی آنها در استان یزد شاخص TDI و TIDII از عملکرد مناسبی در آشکارسازی گرد و غبار برخوردار بوده‌اند.

یکی از مهم‌ترین الگوریتم‌های مورد استفاده جهت شناسایی و آشکارسازی گرد و غبار که در مطالعات زیادی در سطح کره زمین مورد استفاده قرار گرفته است الگوریتم اکرمن می‌باشد. نکته قابل توجه اینکه شاخص فوق علی‌رغم اینکه در بسیاری از منابع بعنوان یک شاخص مناسب در زمینه آشکارسازی طوفان‌های گرد و غبار معرفی گردیده است بر خلاف انتظار عملکرد مناسبی را در این منطقه و خصوصا در رخدادهای سوم به همراه نداشت بطوریکه در رخدادهای سوم که شرح آن در مباحث قبلی بیان گردید این الگوریتم دارای عملکرد بسیار نامطلوبی در شناسایی توده گرد و غبار بوده که احتمالا می‌تواند بدلیل پایین بودن ارتفاع طوفان و نزدیکی به سطح زمین و شباهت‌های رفتار طیفی در محدوده باندهای حرارتی در این منطقه و بیابان‌های اطراف باشد. به عبارت دیگر در مناطق یا رخدادهایی که ضخامت توده گرد و غبار کم باشد و یا توده گرد و غبار نزدیک سطح زمین باشد شاخص فوق دارای محدودیت‌هایی در آشکارسازی گرد و غبار می‌باشد که می‌تواند ناشی از ویژگی محیط زیرین و تاثیر آن بر رفتار حرارتی توده گرد و غبار باشد و به همین دلیل امکان تشخیص مناسب گرد و غبار توسط شاخص فوق فراهم نگردد (Baddock و همکاران).

نتایج یافته‌های پژوهش همچنین نشان می‌دهد شاخص NDDI از کارایی مناسبی در زمینه تشخیص توده گرد و غبار برخوردار نیست بطوریکه در اکثر رخدادهای مورد مطالعه این شاخص نتوانسته به مانند سایر الگوریتم‌های مورد استفاده، توده گرد و غبار را مورد شناسایی دقیق قرار دهد بطوریکه در اکثر رخدادهای گرد و غبار مورد بررسی، بخش مهمی از منطقه مورد مطالعه که عاری از گرد و غبار می‌باشد را نیز به عنوان گرد و غبار مورد شناسایی قرار داده است. با توجه به اینکه طراحی الگوریتم فوق بر مبنای استفاده از محدوده‌های طیفی بازتابی سنجنده مودیس (باندهای سه و هفت) می‌باشد عدم کارایی الگوریتم فوق نشان می‌دهد کارایی باندهای بازتابی این سنجنده دارای محدودیت‌های قابل توجهی در آشکارسازی توده گرد و غبار می‌باشد به عبارت دیگر نتایج سایر الگوریتم‌های مورد بررسی که از محدوده‌های طیفی حرارتی این سنجنده جهت تشخیص توده گرد و غبار استفاده می‌کنند نتایج بهتری را به همراه داشته است.

در مجموع نتایج استفاده از الگوریتم NDDI در منطقه مورد مطالعه بشدت با واقعیات منطقه فاصله داشته، و این رو استفاده از شاخص فوق در این منطقه توصیه نمی‌شود. در همین زمینه Albugami و همکاران (۲۰۱۸) و مهرابی و همکاران (۱۳۹۴) نیز محدودیت‌ها و عدم کارایی این الگوریتم را در مناطق شبه جزیره عربستان و استان خوزستان گزارش داده‌اند که با نتایج این بخش از پژوهش حاضر مطابقت دارد.

جهت شناسایی و استخراج منشاء و توده گرد و غبار و تفکیک آن از سایر مناطق عاری از گرد و غبار الزاما بایستی از آستانه‌های هر الگوریتم که توسط پژوهشگران ارائه دهنده آنها ارائه شده است استفاده نمود. ارزیابی انجام شده برای هر یک از الگوریتم‌های ذکر شده

نشان داد که آستانه‌ها و دامنه‌های ارایه شده این پژوهشگران توانایی شناسایی دقیق گستره گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه را نداشته و از همین رو با استفاد از تحلیل هیستوگرام طیفی که بر روی تصاویر بدست آمده از الگوریتم‌های مورد استفاده انجام شد و همچنین سایر تکنیک‌های سنجش از دور، دامنه مناسب هر الگوریتم تعیین گردید به عبارت دیگر کارایی مناسب الگوریتم‌های مورد بررسی و دقت مناسب نقشه‌های تولیدی، منوط به تعیین دقیق دامنه و آستانه هر الگوریتم می‌باشد ضمن اینکه استفاده از آستانه‌های ارایه شده در سایر منابع و گزارشات علمی داخلی و خارجی، در اکثر موارد برای مناطق دیگر نتایج دقیقی را به همراه ندارد.

در مجموع نتایج این پژوهش بیانگر لزوم تعیین و استفاده از آستانه‌های مورد نیاز در هر منطقه و همچنین هر رخداد گرد و غبار می‌باشد و امکان استفاده از یک آستانه واحد برای تمامی رخداد‌های گرد و غباری امکان پذیر نگردید و مقدار آن برای الگوریتم‌های مختلف و همچنین از رخدادی به رخداد دیگر متفاوت می‌باشد. ضمن اینکه نتایج این بخش از پژوهش با نتایج سایر پژوهش‌های انجام شده نظیر Baddock و همکاران (۲۰۰۹)، Zhang و همکاران (۲۰۱۶)، جبالی و همکاران (۱۳۹۸) و خیراندیش و همکاران (۱۳۹۷) تطابق دارد و بیانگر کارایی استفاده از الگوریتم‌های آشکارساز جهت شناسایی محدوده‌های تحت تاثیر طوفان‌های گرد و غبار و لزوم تعیین آستانه مناسب هر رخداد گرد و غبار می‌باشد.

استفاده از ترکیب رنگی تصاویر مودیس قابلیت شناسایی گرد و غبار را به سهولت فراهم می‌آورد بطوریکه بخش عمده توده گرد و غبار با استفاده از ترکیب‌های رنگی مختلف بر روی تصویر نظیر ترکیب رنگی ۳-۴-۱ و ترکیب رنگی ۱-۲-۷ قابل تشخیص می‌باشد ولی در بسیاری موارد که توده گرد و غبار بصورت کم ضخامت و نازک باشد استفاده از ترکیب رنگی کارایی نداشته و استفاده از الگوریتم‌های آشکارساز که امکان تشخیص بهتر پراکنش گرد و غبار را فراهم می‌آورند ضروری می‌باشد.

همچنانکه قبلا بیان شد محصول عمق اپتیکی هواویزه (AOD) سنجنده مودیس یکی از ابزارهای مناسب تشخیص طوفان گرد و غبار در می‌باشد که بخوبی می‌تواند وجود گرد و غبار و شدت آن را در یک منطقه به نمایش بگذارد. نتایج پژوهش فوق نشان می‌دهد به دلیل وجود ماسک ابر در فرایند تولید این محصول در مناطقی مثل استان هرمزگان که سطوح روشن بیابان دارای بازتاب بسیار زیاد در طیف‌های مرئی و حرارتی می‌باشند، از کارایی لازم برخوردار نبوده و در بخش قابل توجهی از موارد، توده گرد و غبار از روی تصویر حذف می‌گردند و همین امر باعث می‌گردد استفاده از این محصول که می‌تواند نقش مناسبی را در شناسایی توده گرد و غبار و شدت آن در مناطق مختلف را به همراه داشته باشد از محدودیت‌های شدیدی در منطقه برخوردار باشد.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد مشکل فوق در تعدادی از مطالعاتی که در سایر مناطق کره زمین نیز انجام گردیده است نیز گزارش گردیده است بطوری که در مطالعه‌ای که توسط بادوک در دریاچه ایر استرالیا انجام گرفته است وجود الگوریتم ماسک ابر باعث گردیده است که مناطق قابل توجهی از منطقه مورد مطالعه که تحت تاثیر طوفان گرد و غبار بوده در محصول AOD بعنوان ابر شناسایی شده و از تصویر حذف شود. همچنین وجود این مشکل در مناطق دیگری از سطح زمین به مانند امریکا و آفریقای جنوبی نیز توسط ایشان گزارش شده است.

در مجموع استفاده از الگوریتم‌های آشکارساز ضمن تعیین محدوده توده‌های گرد و غبار، مناطقی از استان که بعنوان کانون‌های فعال گرد و غبار در استان هرمزگان عمل می‌نمایند را نیز مشخص نموده که لازم است فعالیت‌ها و اقدامات مدیریتی و اجرایی در جهت کنترل و تثبیت گرد و غبار در این مناطق به انجام برسد. همچنین توجه به خصوصیات زمین شناسی و کانی‌شناسی منطقه و نیز شناخت و درک صحیح از ویژگی‌های رفتار طیفی ترکیبات شیمیایی ذرات گرد و غبار، بشکل موثری می‌تواند نتایج بکارگیری از تصاویر ماهواره‌ای و نیز الگوریتم‌های مورد نیاز را تغییر داده و نتایج مطلوب‌تری را در این زمینه به همراه داشته باشد به همین جهت پیشنهاد می‌گردد مطالعات دیگری در این زمینه با تمرکز بر تفاوت‌های زمین شناسی به انجام برسد.

منابع:

۱. اکبریان، محمد. ۱۳۹۳. تحلیل مورفوژنتژ توده‌های ماسه‌ای جلگه ساحلی و تغییرات زمانی آنها (نمونه موردی: ساحل غربی مکران). رساله دکتری جغرافیای طبیعی ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۶۸ ص.
۲. جبال، عاطفه؛ اختصاصی، محمدرضا؛ جعفری، رضا. ۱۳۹۸. ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های آشکار ساز طوفان‌های گرد و غبار در مناطق خشک (مطالعه موردی استان یزد). مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، سال هشتم شماره ۲۳، صص ۸۵-۱۰۵.
۳. خیراندیش، زهرا؛ بداق جمالی، جواد؛ رایگانی، بهزاد. ۱۳۹۷. شناسایی بهترین الگوریتم تشخیص گردوغبار با کمک داده‌های مودیس. مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم شماره ۱۵، صص ۲۰۵-۲۱۸.
۴. سبحانی، بهروز؛ صفریان زنگیر، وحید؛ فیض اله زاده، سینا. ۱۳۹۹. مدل سازی و پیش‌بینی گرد و غبار در غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۲۵، شماره ۱.
۵. رایگانی، بهزاد و زهرا خیراندیش. ۱۳۹۶. بهره‌گیری از سری زمانی داده‌های ماهواره‌ای به منظور اعتبارسنجی کانون‌های شناسایی شده تولید گرد و غبار استان البرز. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات طبیعی، سال چهارم شماره ۴، صص ۱۸-۱.
۶. قادری نسب، فرزانه و محمد باقر راهنما. ۱۳۹۷. آشکار سازی گرد و غبار در حوضه آبریز جازموریان با استفاده از تکنیک‌های چند طیفی در تصاویر سنجنده مودیس. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۵ شماره ۳، صص ۵۴۵-۵۶۲.
۷. مهربانی، شهباز؛ جعفری، رضا؛ سلطانی کویانی، سعید. ۱۳۹۴. بررسی کارایی شاخص NDDI در پهنه بندی طوفان گرد و غبار (مطالعه موردی: استان خوزستان). مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، سال چهارم، شماره ۸.
8. Ackerman, S., Strabala, K., Menzel, W., Frey, R., Moeller, C., Gumley, L., Baum, B., Seemann, S., Zhang, H., 2002. Discriminating clear-sky from cloud with MODIS—algorithm theoretical basis document. (MOD35), ATBD Reference Number: ATBD-MOD-06. Goddard Space Flight Center.
9. Ackerman, S. A., 1997. Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 102(D14), 17069-17079.
10. Baddock, M. C., Bullard, J. E., Bryant, R. G., 2009. Dust source identification using MODIS: A comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia. Remote Sensing of Environment 113(7), 1511-1528.
11. Karimi, K., Moridnejad, A., Golian, S., Mohammad Vali Samani, J., Karimi, D., Javadi, S., 2012. Comparison of dust source identification techniques over land in the Middle East region using MODIS data. Canadian Journal of Remote Sensing, 38, 5, 586_599
12. Liu, Y., Liu, R., 2011. "A thermal index from modis data for dust detection". 2011 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Vancouver, BC, Canada.
13. Ogren, J. A. 1995. A systematic approach to in situ observations of aerosol properties, in R. J. Charlson and J. Heintzenberg (eds.) Aerosol Forcing of Climate: Report of the Dahlem Workshop on Aerosol Forcing of Climate, Berlin 1994. April 24-29.: 216-226
14. Qu, J. J., Hao, X., Kafatos, M., Wang, L., 2006. Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters 3(4), 484-486.
15. Tao, M., Chen, L., Wang, Z., Wang, J., Che, H., Xu, X., Wang, W., Tao, J., Zhu, H., Hou, C., 2017. Evaluation of MODIS deep blue aerosol algorithm in desert region of east asia: ground validation and intercomparison. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 122(19), 10357-10368.
16. Wong, M. S., Xiao, F., Nichol, J., Fung, J., Kim, J., Campbell, J., Chan, P. W., 2015. A multi-scale hybrid neural network retrieval model for dust storm detection, a study in Asia. Atmospheric Research 158-159, 89-106.
17. Zhang, P., Lu, N.-m., Hu, X., Dong, C.-h., 2006. Identification and physical retrieval of dust storm using three MODIS thermal IR channels. Global and Planetary Change. 52(1-4), 197-206.



Dust Storm Detection using Modis Data and Detector Algorithms in Hormozgan Province

Mahmood Damizadeh^{1*}, Mehran Zand², Morteza Miri³

1. Ph.D., Faculty Member of Soil Conservation & watershed Management Research Institute
2. Associate Professor, Soil Conservation & watershed Management Research Institute
- 3 Assistant Professor, Soil Conservation & watershed Management Research Institute

Abstract

Remote sensing and using Modis data is one of the effective methods for the detection and mapping of dust events in the world. The Paper monitor and evaluates four algorithm detectors for identification plume and dust source and dust storms emission in the Hormozgan Province using MODIS satellite data.

At the first, meteorological data were collected from 12 synoptic stations in the Hormozgan province, and after statistical analysis, 48 dust storm events with horizontal visibility were reduced to less than 1000 meters were determined.

Ackerman's model, Normalized Difference Dust Index (NDDI), Thermal-infrared Dust Index (TDI) and thermal Infrared Integrated Dust Index (TIIDI) were four Algorithm methods for dust source and plume identification using MODIS Level 1B and MODIS Level 2 data to delineate dust Masses and source.

The results show all of the algorithm except NDDI were successful in detecting dust plumes, but the most effective algorithm for plumes identification varied from event to event. In addition, TDI is the best algorithm comparing 3 evidence and eastern regions of Hormozgan, Jazmoorian area, Sistan and Baluchestan, and the western part of Afghanistan and Pakistan and south of Saudi Arabia are most important for dust source in Hormozgan Province

Keywords:

Algorithm detector, Modis, Dust Storm, AOD