

شناسایی و پهنه‌بندی گرد و خاک بیابانی با استفاده از داده‌های سطح یک مودیس و شاخص‌های AOD و AI در جنوب غربی ایران

سمانه علی‌دادی^۱، رضا جعفری^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۸

چکیده

هدف مطالعه حاضر، پتانسیل‌سنجی الگوریتم‌های پهنه‌بندی گرد و خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در جنوب غربی ایران بوده است. بدین منظور تصاویر ماهواره‌ای (1B) MODIS در فصل‌های زمستان و تابستان تهیه و با استفاده از ابزار MCT مورد پردازش قرار گرفتند. سپس الگوریتم‌های TBD، آکرم، میلر و TDI بر تصاویر اعمال و مناطق دارای گرد و خاک آستانه‌گذاری و پهنه‌بندی شدند. به منظور صحت‌سنجی، شاخص‌های گرد و خاک استخراجی با تصاویر ترکیب رنگ طبیعی و همچنین محصولات گرد و خاک معتبر ماهواره آکوا (Aqua) شاخص AOD و ماهواره اورا (Aura) شاخص AI مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که به علت تفاوت در کانی‌شناسی و شرایط جوی، کارایی روش‌ها در تشخیص گرد و خاک متفاوت بوده و استفاده از یک روش به تنهایی برای شناسایی انواع توده‌های گرد و خاک کافی نیست. همچنین هر روش بر اساس نوع رویداد آستانه‌گذاری متفاوتی را نیاز دارد. یافته‌های تحقیق بیانگر آن بود که در صورت عدم نیاز به نقشه‌های گرد و خاک کمتر از ۱۰ کیلومتر، استفاده از محصولات موجود و رایگان برای ارزیابی و پایش طوفان‌های گرد و خاک کشور کفایت می‌کند.

کلیدواژه‌ها: بیابان، طوفان گرد و خاک، سنجش از دور، شاخص‌های گرد و خاک.

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، reza.jafari@iut.ac.ir

* این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان است.

مقدمه

با توجه به قرارگیری ایران در کمربند خشک جهانی، همواره در معرض رویدادهای گرد و خاک و تأثیرات نامناسب آن بوده است و از رویدادهای گرد و خاک به عنوان تهدید جدی برای محیط زیست کشور یاد می شود (راشکی^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). مطالعه گرد و خاک مناطق بیابانی و فازهای مختلف تعلیق، حمل و رسوب گذاری آن به علت نقش مهمی که در سامانه های اقیانوس، اتمسفر و زمین دارد و آثار زیست محیطی وسیعی که بر جای می گذارند، امروزه از اهمیت ویژه ای برخوردار است (بدادک^۲ و همکاران، ۲۰۰۹). اگرچه هر رسوب خشک بدون پوشش حفاظتی مانند پوشش گیاهی یا سنگریزه سطح زمین می تواند به عنوان منبع تولید گرد و خاک باشد، سرچشمه های اصلی گرد و خاک در مناطق بیابانی واقع شده اند (العسکری^۳ و همکاران، ۲۰۰۶). هرگونه تغییر در میزان گرد و خاک جوی باعث تغییر در تعادل تشعشعی و در نتیجه دمای هوا و سطح می شود. بررسی های اخیر نشان می دهد که انرژی تابشی برگشتی توسط گرد و خاک باعث خنک کردن سطح زمین می شود (چاکراوورتی^۴ و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین گرد و خاک با افزایش یا کاهش هسته های تراکم ابر ممکن است بر فعالیت همرفتی و شکل گیری ابرها و از این طریق بر تغییرات بارندگی و احتمالاً بر تشدید خشکسالی ها تأثیرگذار باشد (گودی و میدلتون^۵، ۲۰۰۶). رسوب گذاری گرد و خاک می تواند مواد مغذی را در هر دو محیط منبع و رسوب گذاری تغییر داده و چرخه های مختلف هر دو اکوسیستم های زمینی و اقیانوسی را تحت تأثیر قرار دهد و عوامل بیماری زا و آفات را تا هزاران کیلومتر دورتر با خود حمل کند (گودی و میدلتون، ۲۰۰۶). طوفان گرد و خاک بر اساس تعریف استاندارد سازمان جهانی هواشناسی^۶ به پدیده جوی اطلاق می شود که مقدار زیادی گرد و خاک را توسط بادهای متلاطم به داخل هوا بلند کند و قابلیت دید افقی را به کمتر از ۱۰۰۰ متر کاهش دهد (گودی و میدلتون، ۲۰۰۶).

در سال های اخیر به دلیل تغییرات به وجود آمده در شکل طبیعی منابع گرد و خاک به خصوص در کشورهای همسایه غربی، فراوانی وقوع این رویدادها و منابع انتشار آن ها دچار تغییراتی شده که کشور ایران را دچار مشکل نموده است (راشکی و همکاران، ۲۰۲۱). با توجه به گستردگی پدیده گرد و خاک، تعداد محدود ایستگاه های هواشناسی در مناطق گرد و خاک خیز، سطح وسیع مناطق برداشت و متأثر از این پدیده و همچنین هزینه بر بودن روش های زمینی و عدم امکان بسط دادن نتایج آن ها به کل منطقه، در سال های اخیر به طور فزاینده بر اهمیت فناوری سنجش از دور در شناسایی، ردیابی و تجزیه و تحلیل رخدادهای گرد و خاک بزرگ مقیاس افزوده شده است. تکنیک سنجش از دور، تصویری کلی از فعالیت طوفان های گرد و خاک و اطلاعاتی را از مناطقی که در آنجا هیچ ایستگاه هواشناسی وجود ندارد، در اختیار ما قرار می دهد و امکان ردیابی طوفان ها و تشخیص سرچشمه های گرد و خاک را فراهم می کند (بدادک و همکاران، ۲۰۰۹). امروزه برای مطالعه این پدیده، استفاده زیادی از طیف سنج نقشه بردار کل اوزن^۷، ابزار نظارت بر اوزن^۸ و طیف سنج تصویر بردار با قدرت تفکیک متوسط^۹ می شود (لی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۱).

مطالعات مختلف کوشیده اند تا کارایی سنجنده های مختلف را در ارتباط با اندازه گیری پارامترهایی از قبیل پهنه های معلق گرد و خاک، ضخامت نوری ذرات معلق^{۱۱} و شاخص هواویز یا شاخص جذب ذرات معلق^{۱۲} مورد ارزیابی و مقایسه قرار دهند. العسکری و همکاران (۲۰۰۳) بهترین روش پایش و رهگیری گرد و خاک در تصاویر ماهواره ای را استفاده از رویکرد ترکیبی می دانند و معتقدند به دلیل انعکاس قابل توجه ذرات گرد و خاک در طیف های امواج مرئی، توده های گرد و خاک را می توان مورد شناسایی قرار داد (العسکری و همکاران، ۲۰۰۶). اسماعیلی و همکاران در سال ۲۰۰۶ با استفاده از تصاویر TOMS در دوره ۲۵ ساله در سال های ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۹ به آنالیز فضایی، فصلی و

7. Total Ozone Mapping Spectroradiometer, TOMS

8. Ozone Mapping Instrument, OMI

9. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS MODIS

10. Li

11. Aerosol Optical Depth, AOD

12. Aerosol Absorb Index, AI

1. Rashki

2. Baddock

3. Al-Askari

4. Chakravarty

5. Goudie and Middleton

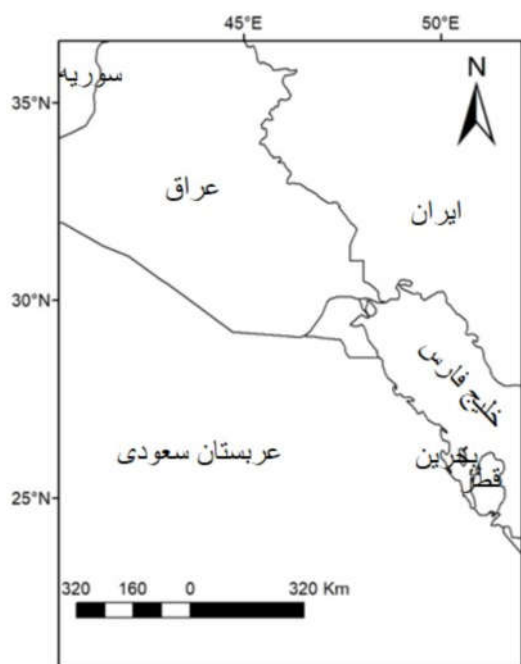
6. Weather Meteorology Organization

مطالعه حاضر ارزیابی پتانسیل تصاویر سطح یک مودیس Level (MODIS 1B) با استفاده از الگوریتم‌های یا شاخص‌های آشکارسازی گرد و خاک و همچنین پتانسیل‌سنجی محصولات ماهواره‌ای گرد و خاک در مقایسه با شاخص‌های اعمال‌شده بر داده‌های سطح یک مودیس می‌باشد. با توجه به اینکه شناسایی و پهنه‌بندی توده‌های گرد و خاک توسط داده‌های سنجش از دور بر فراز سطوح بیابانی با بازتاب روشن یک مشکل اساسی در تحقیقات اتمسفری و کاربری‌های زمین است، تحقیق حاضر سعی دارد تا یک روش مناسب منطقه‌ای به‌منظور کاربرد آن در شناسایی، ارزیابی و پایش طوفان‌های گرد و خاک معرفی کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در مناطق با پتانسیل ایجاد گرد و خاک در ایران و کشورهای همسایه غرب و جنوب غرب ایران با محدوده عرض جغرافیایی ۱۵ تا ۳۸ درجه و طول جغرافیایی ۳۳ تا ۶۰ درجه واقع شده است. این مناطق دارای محیط‌های رسوبی (رس، سیلت و ماسه)، اراضی بیابانی، تالاب‌ها و مسیل‌های خشک‌شده و اراضی کشاورزی بایر متعددی در کشورهای عراق، عربستان، سوریه اردن، امارات، کویت و یمن بوده که همگی گرد و خاک منتشر می‌کنند (گودی و میدلتون، ۲۰۰۶) (شکل ۱).



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه

Figure (1): Location of study area

سالانه گرد و خاک در کشور ایران پرداختند. پروسپرو^۱ و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از اطلاعات TOMS در دوره زمانی ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۸ به تعیین منشأ اصلی گرد و خاک در آسیای مرکزی، شبه‌جزیره عربستان، عمان، حوضه رودخانه‌های دجله و فرات در عراق، کویت، عربستان سعودی و امارات پرداختند. بدداک و همکاران (۲۰۰۹) برای شناسایی منابع گرد و خاک با استفاده از داده‌های MODIS پنج روش ترکیب رنگی کاذب^۲، اختلاف دمای دمای روشنایی^۳، آکرمن^۴، میلر^۵ و روسکوونسی^۶ را با هم مقایسه کردند. نتایج نشان داد که تمامی روش‌ها در تشخیص گرد و خاک زمانی که با FCC مقایسه شدند، موفقیت‌آمیز بودند. اما مؤثرترین روش برای تشخیص گرد و خاک از یک رخداد به رخداد دیگر بسته به فاکتورهای مثل پوشش ابر، کانی‌شناسی توده گرد و خاک و بازتابش سطح تغییر می‌کند. لی و همکاران (۲۰۰۶) بزرگ‌ترین گرد و خاک شرق استرالیا را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و شاخص اختلاف دمای روشنایی مورد ارزیابی قرار داده و با بیان کارایی قابل توجه این روش در شناسایی توده‌های گرد و خاک، چگونگی وقوع این پدیده را شناسایی کردند. وارگا^۷ (۲۰۱۲) بر اساس میانگین جهانی شاخص شاخص هواویز برای مقادیر روزانه این شاخص در طول سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۱، پراکنش منابع اصلی طوفان‌های گرد و خاک در جهان را محاسبه کرد. مطالعات مختلف در ایران همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به شناسایی و پایش طوفان‌های گرد و خاک پرداخته‌اند (ابراهیمی و همکاران، ۲۰۲۰؛ ابراهیمی و همکاران، ۲۰۲۱؛ ابراهیمی و همکاران، ۲۰۲۰؛ میراکبری و ابراهیمی، ۲۰۲۰؛ بهرامی و همکاران، ۲۰۱۳؛ سعیدی‌فر و همکاران، ۲۰۲۰؛ شیرازی و همکاران، ۲۰۱۹؛ حسین‌آبادی و همکاران، ۲۰۲۰؛ خیراندیش و همکاران، ۲۰۱۸؛ نموداری و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به فراوانی و گستردگی مکانی و زمانی طوفان‌های گرد و خاک در سال‌های اخیر در نیمه غربی و جنوب غربی ایران (برومندی و همکاران، ۲۰۲۱)، هدف

1. Prospero
2. False Color Composites, FCC
3. Brightness Temperature Difference, BT
4. Ackerman
5. Miller
6. Roskovensy
7. Varga

جدول (۱): الگوریتم‌های مورد استفاده در شناسایی گرد و خاک بیابانی

Table (1): Algorithms used for desert dust identification

الگوریتم	رابطه و پارامترهای الگوریتم	منبع
آکرمن	$D = (BT31 - BT32)$, $BT31 = BT11.28 - 11.78 \mu m$, $BT32 = BT11.77 - 12.27 \mu m$	آکرمن (۱۹۹۷)
میلر	$D = [(BT31 - BT32) + (2R1 - R3 - R4 - BT31) - (R26) + (1 - BT31)]$ $R1: 0.62 - 0.67 \mu m$, $R3: 0.459 - 0.479 \mu m$, $R4: 0.545 - 0.565 \mu m$, $R26: 0.360 - 1.390 \mu m$ $BT31: BT11.28 - 11.78 \mu m$ $BT32: BT11.77 - 12.27 \mu m$	میلر (۲۰۰۳)
TDI	$TDI = C0 + C1 \times BT20 + C2 \times BT30 + C3 \times BT31 + C4 \times BT$ $C0 = -7.937$, $C1 = 0.1227$, $C2 = 0.0260$, $C3 = -0.7068$, $C4 = 0.5883$ $BT20: 3.660 - 3.840 \mu m$, $BT30: 9.580 - 9.880 \mu m$, $BT31: 11.28 - 11.78 \mu m$, $BT32: 11.77 - 12.27 \mu m$	هاو (۲۰۰۷)

پردازش تصاویر طوفان‌های گرد و خاک

با توجه به بررسی‌های به‌عمل‌آمده در بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳، تعداد ۶۵ طوفان گرد و خاک در منطقه جنوب غرب آسیا به وقوع پیوسته است. این طوفان‌ها در وبگاه ناسا^۱ به‌عنوان بلائیای طبیعی معرفی شده و تصاویر سنجنده MODIS مربوط به این رویدادها در وبگاه <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards> موجود است. از میان این رویدادها، دو رویداد (رویداد اول مربوط به تاریخ ۱۳۸۵/۱۲/۱۱ و رویداد دوم مربوط به تاریخ ۱۳۸۷/۴/۱۳) که دارای خصوصیات مختلف از لحاظ منشأ گرد و خاک، فصل وقوع طوفان، میزان ابر، تراکم گرد و خاک انتخاب و از سایت ناسا به آدرس <http://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/rapid-response> دانلود شدند. شایان ذکر است که کانون‌های این طوفان‌ها با استفاده از مدل هایسپلیت^۲ نیز جهت‌یابی و مورد شناسایی قرار گرفتند که به‌علت افزایش بیش از حد صفحات مقاله حاضر در اینجا ارائه نشده است (علیدادی، ۲۰۱۴). سپس تصاویر یک‌کیلومتری تهیه‌شده از سنجنده MODIS که دارای سطح 1B، فرمت HDF و ۱۶ بیتی بودند با ابزار افزونه MODIS Conversion Toolkit به‌اختصار MCT، در محیط نرم‌افزار ENVI 4.8 مورد پردازش قرار گرفتند. به‌منظور اجرای هریک از الگوریتم‌ها از گزینه Band Math در نرم‌افزار مذکور استفاده شد. جدول (۱) الگوریتم‌های مورد استفاده برای شناسایی رویدادهای مطالعاتی را نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر الگوریتم‌های آکرمن بدون آستانه‌گذاری اختلاف دمای روشنایی، آکرمن، میلر و TDI^3 به‌علت قابلیت بالا و استفاده فراوان از آن‌ها در مطالعات پیشین بهره گرفته شده است (لی و همکاران، ۲۰۲۱)؛

هاو و کیو^۴، ۲۰۰۷). روش میلر برای فراهم کردن تفکیک بهتر گرد و خاک از ابرهای اشباع از رطوبت و ابرهای یخی بر فراز سطوح با بازتابش بالای مناطق بیابانی طراحی شده است. روش TDI با استفاده از چندین باند مادون قرمز حرارتی تشخیص طوفان گرد و خاک را ارائه می‌کند و توانایی جدا کردن طوفان گرد و خاک از مناطق بیابانی (بازتاب روشن) را داراست. این روش میزان غلظت را به‌خوبی نشان می‌دهد و آن هم به‌دلیل دامنه طیفی بسیار وسیعی است که به‌عنوان آستانه در این روش در نظر گرفته شده است. به‌طور کلی، آستانه در این روش ۲ درجه کلوین و بیشتر است و هرچه این مقدار از ۲ بیشتر شود، میزان غلظت افزایش پیدا می‌کند. البته با توجه به اینکه معمولاً آستانه ۸-۲ را به خود اختصاص می‌دهد؛ این دامنه بازتاب‌های ابر را هم در بر می‌گیرند. بنابراین در صورت وجود ابر میزان غلظت گرد و خاک بیش از حد واقعی برآورد می‌شود.

برای صحت‌سنجی کارایی الگوریتم‌ها از محصولات گرد و خاک ماهواره‌ای شامل AOD ماهواره آکوا^۵ و شاخص هواویز (AI) ماهواره اورا^۶ استفاده شد (لی و همکاران، ۲۰۲۱). پارامتر AOD در طول موج ۰/۵ میکرون برای ردیابی ذرات معلق موجود بر فراز اقیانوس‌ها و سطوح خشکی می‌باشد. این پارامتر عددی بی‌بعد بین ۰-۵ بوده که مشخص‌کننده میزان ممانعت ذرات معلق از انتقال نور است. این پارامتر یک پارامتر کلیدی برای تخمین آلودگی هوا و کاهش قابلیت دید جوی می‌باشد. شاخص هواویز AI بین ۰-۵ بوده و هرچه این شاخص بزرگ‌تر باشد نشان می‌دهد که مقدار ذرات معلق در جو بیشتر است، به‌طوری که این شاخص بیش از یک مقدار معلوم که در مراجع ۰/۷ پیشنهاد شده، گردد آن منطقه در آن ساعات دارای ذرات معلق است.

4. Hao and Qu
5. Aqua
6. Aura

1. National Aeronautics and Space Administration, NASA
2. Hybrid Single Particle Lagrangian Intergrated Trajectory, HYSPLIT
3. Thermal-Infrared Dust Index, TDI

نتایج

تحلیل پهنه‌بندی الگوریتم‌های آشکارسازی طوفان‌های گرد و خاک منطقه مطالعاتی برای رویدادهای ۱۱ اسفند ۱۳۸۵ و ۱۳ تیرماه ۱۳۸۸ و مقایسه کارایی آن‌ها با محصولات موجود گرد و خاک ماهواره‌ای شامل AOD و AI در ذیل ارائه شده است.

رویداد اول (۱۱ ام اسفند ۱۳۸۵)

این رویداد برای بررسی قابلیت الگوریتم‌های مطالعاتی در شناسایی هم‌زمان ابر و گرد و خاک و همچنین پس‌زمینه اراضی بیابانی روشن و گرد و خاک در فصل زمستان انتخاب شد. در تصویر ترکیب رنگ طبیعی توده‌های گرد و خاک بر فراز خلیج فارس به‌خوبی قابل مشاهده‌اند و در نواحی جنوب غرب ایران گرد و خاک در ترکیب با توده‌های ضخیم ابر مشاهده می‌شود (شکل ۲-الف). اگرچه اغلب توده‌های گرد و خاک در تصویر قابل رؤیت هستند، در عربستان به‌عنوان منطقه منشأ، تفکیک گرد و خاک از مناطق با بازتاب بسیار روشن بیابانی دشوار است. شکل (۲-ب) تصویر حاصل از روش اختلاف دمای روشنایی یا روش آکرمین بدون اعمال آستانه گرد و خاک- غیرگرد و خاک را نشان می‌دهد. اگرچه مناطق دارای گرد و خاک به‌صورت تیره‌تر نشان داده شده‌اند، آستانه جهانی گرد و خاک با مقدار صفر درجه کلوین (K) آستانه خوبی برای جدا کردن اراضی بیابانی روشن از گرد و خاک در این رویداد نبود، زیرا در این تصویر بسیاری از مناطق بیابانی دارای اختلاف دمای روشنایی مشابه گرد و خاک هستند. این شاخص به‌خوبی ابر سیروس را در پایین سمت راست صحنه از گرد و خاک جدا کرده است، اما نتوانسته ابرهای ضخیم‌تر را از گرد و خاک جدا کند. در شکل (۲-پ) یک آستانه گرد و خاک کمتر از 0.8 کلوین اعمال شده که در جداسازی توده‌های خاک عمده‌ای که بین ابرها وجود دارد مؤثر است. با استفاده از این آستانه تشخیص گرد و خاک، بسیاری از توده‌های نازک‌تر گرد و خاک بر فراز خشکی و اقیانوس حذف می‌شوند. در این روش اگرچه تشخیص گرد و خاک بهبود یافته و وسعت گرد و خاک بهتر مشخص می‌شود، برخی مناطق زمین که بازتاب بالایی دارند، به‌اشتباه به‌عنوان گرد و خاک شناسایی شده‌اند، این مناطق با Gs در تصویر

مشخص شده‌اند. همچنین مناطقی که با Cs مشخص شده‌اند ابر نیستند بلکه سطح زمین هستند که به‌اشتباه تشخیص داده شده‌اند. شکل (۲-ت) تصویر گرد و خاک مستخرج‌شده از روش میلر را نشان می‌دهد. این روش مانند روش آکرمین در رویدادها و مکان‌های مختلف آستانه یکسانی ندارد. برای این رویداد الگوریتم میلر با استفاده از آستانه گرد و خاک 980 تا 880 - به کار برده شده به شکل مؤثر توانست توده اصلی گرد و خاک را به‌آسانی متمایز کند. با استفاده از این آستانه، نمایش بصری توده اصلی گرد و خاک افزایش می‌یابد اما توده‌های باریک گرد و خاک شناسایی نشده‌اند و این نشان می‌دهد که الگوریتم میلر به تغییرات بازتابی زمین حساس است. در شکل (۲-ث) نقشه پهنه‌بندی گرد و خاک حاصل از روش TDI نشان داده شده است. در مطالعه حاضر برای این رویداد از آستانه بزرگ‌تر از $3/5 K$ درجه کلوین برای جدا کردن گرد و خاک از مناطق بیابانی و منشأ استفاده شد. همان‌طور که دیده می‌شود این آستانه به‌خوبی توانسته توده‌های گرد و خاک را از مناطق بیابانی متمایز کند و وسعت گرد و خاک را به‌خوبی نشان دهد. در مناطقی که گرد و خاک و ابر به‌صورت مختلط وجود دارند، غلظت گرد و خاک بیش از حد واقعی برآورد شده است. شکل (۲-ج) تلفیق این روش با روش‌های آکرمین و میلر را نشان می‌دهد که بیانگر عملکرد تقریباً یکسان این روش‌ها می‌باشد، زیرا همپوشانی بالایی بین آن‌ها به‌خصوص TDI با دو روش دیگر قابل مشاهده است. در این شکل رنگ‌های قرمز، زرد و بنفش به‌ترتیب مربوط به آکرمین، میلر و TDI است. در شکل (۲-چ) قسمت‌های بدون مقدار در AOD به‌علت ماسک ابر آستانه به‌کاربرده‌شده در این روش است که به شکل مؤثر توانسته آسمان روشن یا گرد و خاکی را از ابرها جدا کند و در مناطق ابری مقداری برای AOD ارائه نشده است. در شکل (۲-ح) تصویر شاخص AI محل توده گرد و خاک سمت راست تصویر به‌خوبی با رنگ قرمز مشخص شده که تطابق بسیار نزدیکی با محل توده در خروجی‌های الگوریتم‌های MODIS LIB دارد. جایی که گرد و خاک به‌صورت مختلط با توده‌های متعدد ابر قرار دارند از آنجا که وجود ابر منجر به تداخل در عملکرد سنجنده OMI

در ردیابی ذرات جذب کننده امواج می شود، حتماً در مطالعه ذرات معلق در جو با استفاده از OMI AI باید از روش های دیگری نیز استفاده کرد.

رویداد دوم (سیزدهم تیر ۱۳۸۸)

در این رویداد تابستانی، چند توده مختلف گرد و خاک از لحاظ وسعت و شدت در منطقه حضور دارند (شکل ۳ الف). برخی از توده ها در محدوده مرئی به آسانی مشاهده می شوند، اما به رغم افزایش سطح کنتراست، همه توده های گرد و خاک به طور واضح آشکار نیستند و تمایز آن ها از سطوح بیابانی روشن دشوار است. هدف از انتخاب این تصویر، تعیین میزان توانایی هر روش در تشخیص انواع توده ها و وسعت آن ها در کنار بازتاب بالای مناطق بیابانی بود. آستانه های مناسب برای هر روش با استفاده از روش هیستوگرام و بررسی عوارض و نقاط مختلف تصویر تعیین شدند. توده های مختلف گرد و خاک با استفاده از روش های اختلاف دمای روشنایی، آکرمین و میلر به ترتیب در شکل های (۳ ب)، (۳ پ) و (۳ ت) نشان داده شده اند که عملکردی مانند رویداد قبلی داشتند. شکل (۳ ث) محدوده گسترش گرد و خاک را در روش TDI نشان می دهد. این محدوده در تصویر به رنگ سفید دیده می شود. آستانه در این رویداد ۳/۳ و بیشتر تعیین شد و هرچه این مقدار از ۳/۳ بیشتر شود، غلظت گرد و خاک افزایش پیدا می کند. اگرچه با اعمال این آستانه برخی از توده های باریک و با غلظت کم شناسایی نمی شوند و ابرهای کمی که در حاشیه صحنه وجود دارند به عنوان گرد و خاک معرفی می شوند، علاوه بر توده های اصلی گرد و خاک مانند روش آکرمین گرد و خاک پراکنده شده به سمت شمال شرق تصویر تا مقدار زیادی تفکیک شده است. روی هم گذاری روش های اختلاف درجه روشنایی، آکرمین، میلر و TDI در شکل (۳ ج) میزان هم پوشانی روش ها را نشان داده شده است. همان طور که مشخص است، برتری یکی به دیگری بستگی به باندهای مورد استفاده و نوع باند از لحاظ انعکاسی یا حرارتی است. در این شکل رنگ های قرمز، زرد و بنفش به ترتیب مربوط به آکرمین، میلر و TDI است. در شکل (۳ چ) توده های متعدد گرد و خاک بر فراز زمین به طور واضح در تصویر MODIS AOD

نشان داده شده است و از زمین بیابانی با بازتاب مشابه گرد و خاک به خوبی متمایز می شود که با AOD به رنگ قرمز نشان داده شده اند. به همین ترتیب تصویر OMI AI محل فعالیت گرد و خاک را به صورت یک مه گسترده نشان می دهد (شکل ۳ ح). مقایسه داده های MODIS AOD و OMI AI عملکرد ماسک های ابر استفاده شده در این محصولات را برجسته می کند.

بحث و نتیجه گیری

در سال های اخیر، پدیده گرد و خاک از بحران های محیطی غالب در نیمه غربی و جنوب غربی کشور محسوب می شود. در مطالعه حاضر قابلیت الگوریتم های آشکارسازی طوفان های گرد و خاک این مناطق در فصل های زمستان و تابستان با استفاده از داده های ماهواره ای مودیس و همچنین محصولات ماهواره ای گرد و خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. هریک از الگوریتم های ارائه شده به نحوی باعث بهبود تشخیص گرد و خاک می شوند و انتخاب بهترین روش از رویدادی به رویداد دیگر و از منطقه ای به منطقه دیگر متفاوت است که این نتایج با مطالعات انجام شده قبلی همخوانی دارد (بدداک و همکاران، ۲۰۰۹؛ لی و همکاران، ۲۰۲۱). در روش آکرمین بدون آستانه گذاری، با بررسی توده های مختلف گرد و خاک به نظر نمی رسد که این روش به تغییرات کانی شناسی حساس باشد و توانایی تشخیص اغلب توده های گرد و خاکی را که از سطح زمین از نظر حرارتی متفاوت هستند، در منطقه داشته باشد. اگرچه آکرمین ۱۹۹۷، آستانه گرد و خاک مساوی و کمتر از صفر درجه کلونین را به عنوان آستانه جهانی گرد و خاک معرفی می کند، به طور صریح یک آستانه گرد و خاک - غیر گرد و خاک را ارائه نمی دهد. در رویدادهای ۱ و ۲ بررسی شده، برای کاهش تداخل سطح زمین به ترتیب از آستانه های کمتر از ۱/۲- و ۰/۸- استفاده شد. در رویداد اول آستانه کمتر از ۰/۸- به مقدار زیاد به جداسازی ابر کمک کرد اما امکان پیدا کردن یک آستانه گرد و خاک - غیر گرد و خاک به منظور جداسازی همه ابرها در این رویداد وجود نداشت. مقایسه روش آکرمین و AOD نشان داد که جایی که AOD افزایش یافته، آکرمین در تشخیص گرد و خاک بهتر عمل کرده

خاک مختلط با ابر را به‌عنوان گرد و خاک شناسایی می‌کند (یو^۴ (یو^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). آنچه باید در استفاده شاخص‌های مختلف آشکارسازی گرد و خاک به آن توجه داشت این است که کارایی پایین یک شاخص در یک رویداد دلیلی بر نامناسب بودن آن در همه رویدادها نیست؛ زیرا شناسایی هر رویداد بر پایه خصوصیات انتقال تابشی مواد منتشرشده، خصوصیات تابشی زمین یا اقیانوسی که توده گرد و خاک از فراز آن عبور می‌کند، وضعیت توپوگرافی زمین، اندازه و تراکم توده گرد و خاک، کانی‌شناسی، زمان گذر ماهواره نسبت به انتشار گرد و خاک، فصل وقوع گرد و خاک، حضور یا عدم حضور ابر، مسیر حرکت افقی یا عمودی توده گرد و خاک، خصوصیات سنجنده و... استوار بوده و این امر سبب می‌شود که شاخص‌ها عملکرد متفاوتی را نشان دهند (بدداک و همکاران، ۲۰۰۹؛ حبیب و همکاران، ۲۰۱۹؛ لی و همکاران، ۲۰۲۱).

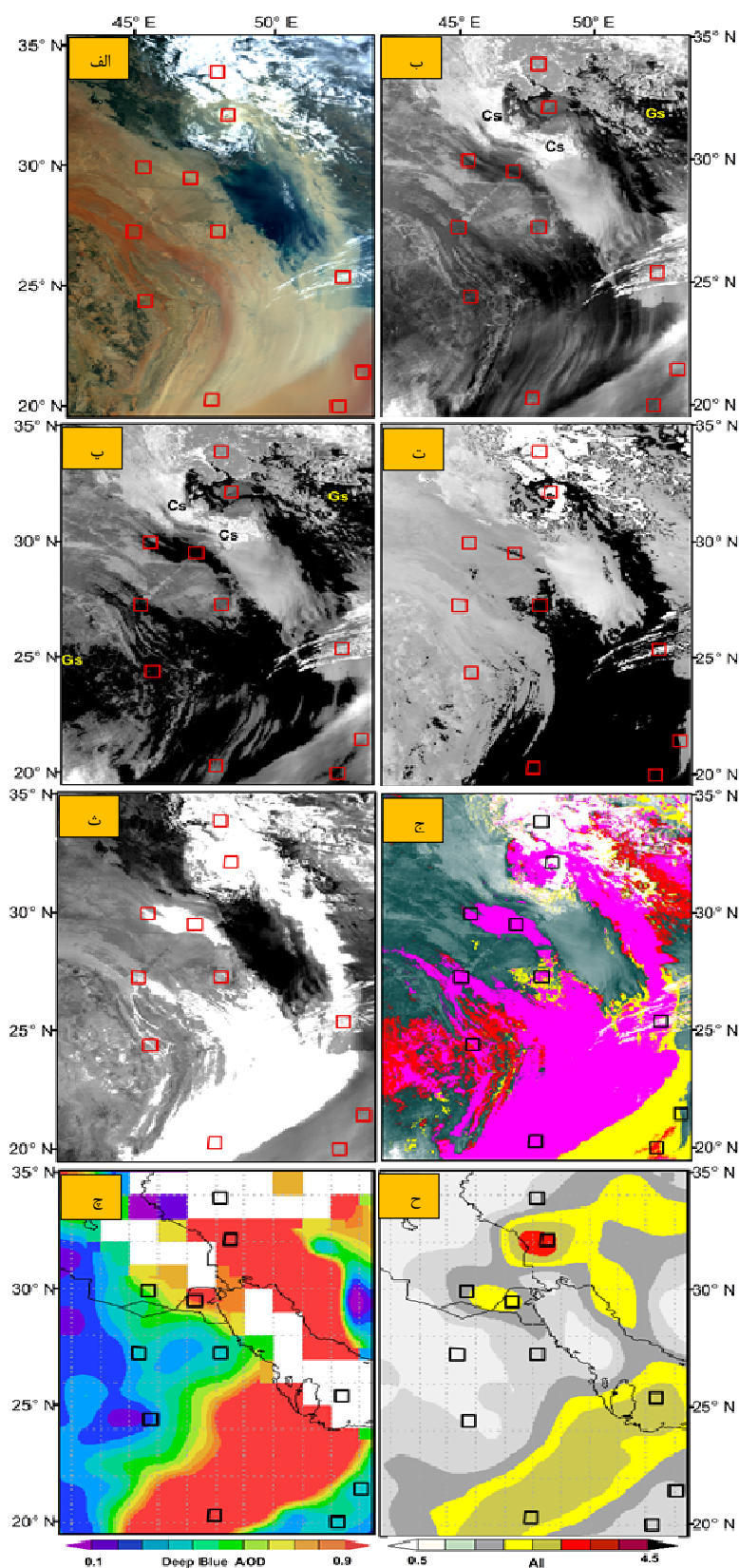
یافته‌های تحقیق نشان داد که آستانه‌های شناسایی طوفان‌های گرد و خاک توسط الگوریتم‌ها منطقه‌ای بوده و از منطقه‌ای به منطقه دیگر و از رویدادی به رویداد دیگر بسته به خصوصیات منطقه، خصوصیات توده گرد و خاک و شرایط جوی متفاوت است. لذا توصیه می‌شود تا جایی که ممکن است از آستانه مناسب همان رویداد و مخصوص همان منطقه استفاده شود. بنابراین به‌رغم اینکه شاخص TDI عملکرد نسبتاً بالایی را در رویدادهای مطالعاتی نشان داد، این مطالعه هیچ روشی را به‌عنوان بهترین روش برای تشخیص گرد و خاک پیشنهاد نمی‌کند زیرا هرکدام در مناطق و رویدادهای مختلف توانایی‌ها و اشکالاتی را از خود نشان می‌دهند. همان‌طور که نتایج این مطالعه نشان داد، محصولات ماهواره‌ای گرد و خاک شامل شاخص‌های هواویزی AOD و AI قابلیت‌های بالایی در شناسایی طوفان‌ها دارند و مهم‌ترین محدودیت آن‌ها نسبت به الگوریتم‌های استفاده‌شده در این تحقیق، قدرت تفکیک مکانی پایین آن‌هاست. لذا در مطالعه طوفان‌های گرد و خاک که نیاز به قدرت تفکیک مکانی کمتر از ۱۰ کیلومتر نیست، استفاده از این محصولات در ارزیابی و پایش طوفان‌های گرد و خاک کشور پیشنهاد می‌شود.

است. بنابراین یکی از عوامل تأثیرگذار بر آستانه روش آکرمین، غلظت توده گرد و خاک است زیرا در جایی که ضخامت توده گرد و خاک کم است، درجه حرارت بیشتر تحت تأثیر امواج حرارتی سطح زمین قرار می‌گیرد؛ بنابراین اگر هم توده ابر و هم توده گرد و خاک هر دو متراکم باشند شناسایی و تکمیل آستانه ساده و قابل فهم است، اما اگر توده گرد و خاک نازک و غیرمتراکم و توده ابر متراکم باشد، شناسایی دقیق آستانه دشوار است و اگر توده گرد و خاک متراکم و ابر نازک و پراکنده باشد تفکیک از طریق آستانه ساده و آسان می‌باشد (یویی^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). در روش میلر، تعیین آستانه گرد و خاک - غیر گرد و خاک ساده نبود و تحت تأثیر آستانه‌ای که به آن اعمال می‌گردید، برخی از توده‌های ضعیف گرد و خاک در هر دو رویداد حذف می‌شدند. نتایج روش TDI که برای تشخیص طوفان گرد و خاک از مناطق بیابانی با بازتاب روشن معرفی شده است، نشان داد که مانند AOD توده‌های نازک گرد و خاک در رویداد دوم را هم آشکار می‌سازد و در معرفی وسعت گرد و خاک در این رویداد بهتر عمل کرد. به‌رغم کارایی خوب این روش نسبت به روش‌های دیگر در هر دو رویداد، در مناطقی که گرد و خاک و ابر به‌صورت مختلط وجود داشتند، غلظت گرد و خاک را بیش از حد واقعی برآورد کرد.

بهترین ویژگی محصولات هواویزی Aqua و Aura AI AOD در توانایی آن‌ها برای تشخیص گرد و خاک و تعیین تراکم و غلظت توده گرد و خاک در قدرت تفکیک مکانی پایین است (کومار^۲، ۲۰۲۰؛ ونگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین این محصولات معرف نسبتاً خوبی برای وسعت توده گرد و خاک هستند و در صورتی که به‌صورت طولانی مدت مطالعه شوند، می‌توانند در تشخیص چشمه‌های گرد و خاک استفاده شوند. اگر در منطقه ابر وجود داشته باشد این محصولات به‌علت استفاده از ماسک‌های ابری، ممکن است تعیین وسعت توده‌های گرد و خاک را مشکل سازند. همچنان که در شکل (۳) و (۳ چ) به‌علت ماسک ابر اعمال‌شده بر محصول AOD بخش گرد و

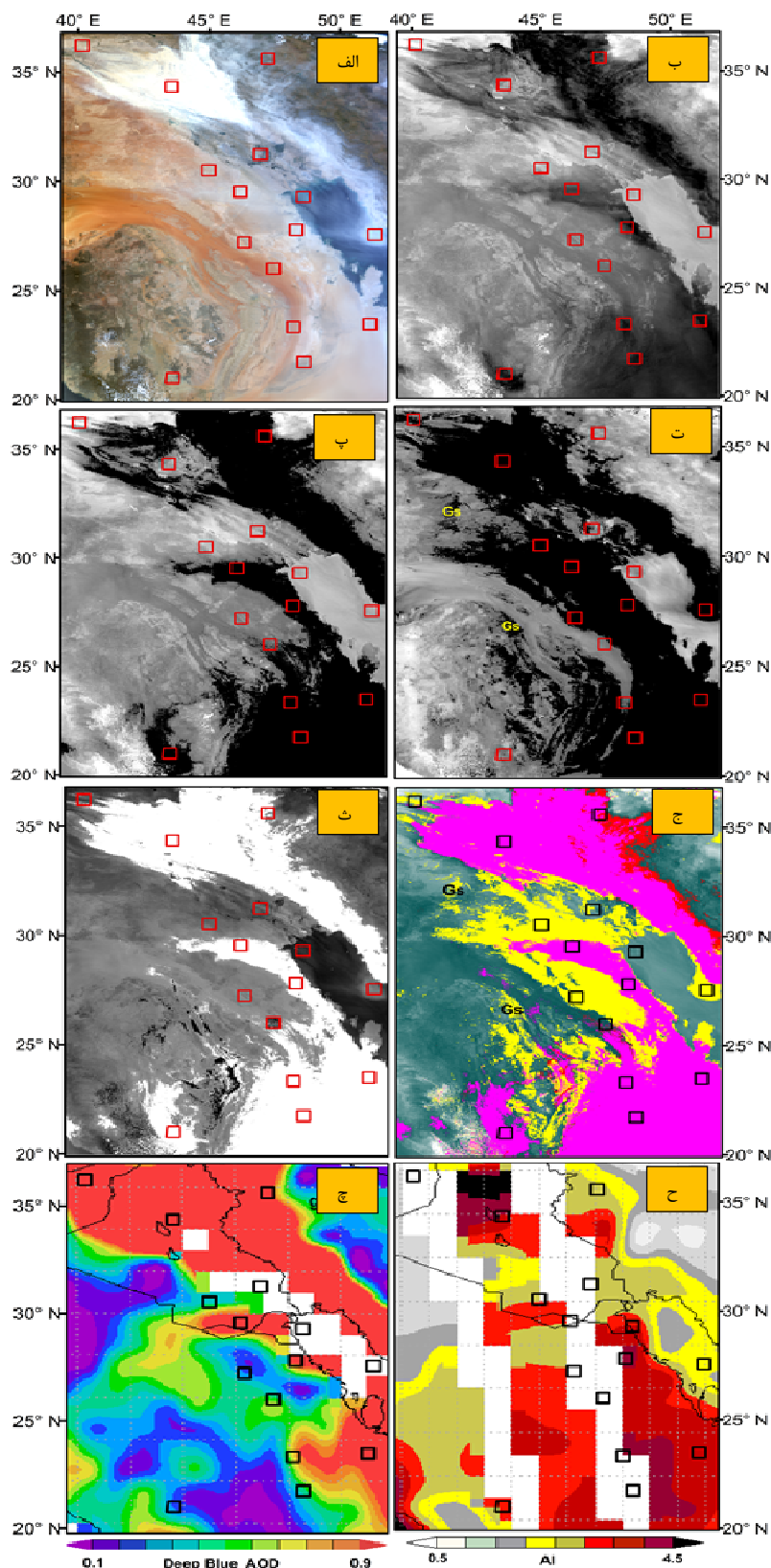
1. Yue
2. Kumar
3. Wang

4. You



شکل (۲): گرد و خاک پهنه‌بندی شده توسط الگوریتم‌ها و محصولات ماهواره‌ای مختلف برای رویداد ۱۱ اسفند ۱۳۸۵: الف) تصویر رنگ طبیعی مودیس، ب) شاخص BTD، پ) شاخص آکرمن، ت) شاخص میلر، ث) شاخص TDI، ج) روی هم‌گذاری شاخص‌های آکرمن بدون آستانه، آکرمن و میلر و TDI، د) محصول MODIS Deep Blue AOD، ح) محصول OMI AI

Figure (2): Different algorithms and satellite products used to map dust for 2/3/2007 event: a) MODIS natural colour, b) BTD, Ackerman, c) Miller, d) TDI, e) Overlay of BTD, Ackerman, Miller and TDI, f) MODIS AOD, g) OMI AI



شکل (۳): گرد و خاک پهنه‌بندی شده توسط الگوریتم‌ها و محصولات ماهواره‌ای مختلف برای رویداد ۱۳ تیر ۱۳۸۸: الف) تصویر رنگ طبیعی مودیس، ب) شاخص BTM، پ) شاخص آکرمن، ت) شاخص میلر، ث) شاخص TDI، ج) رویهم‌گذاری شاخص‌های آکرمن بدون آستانه، آکرمن و میلر و TDI، چ) محصول MODIS Deep Blue AOD، ح) محصول OMI AI

Figure (3): Different algorithms and satellite products used to map dust for 2/3/2007 event: a) MODIS natural colour, b) BTM, Ackerman, c) Miller, d) TDI, e) Overlay of BTM, Ackerman, Miller and TDI, f) MODIS AOD, g) OMI AI

منابع

- Ackerman, S. A., 1989. Using the radiative temperature difference at 3.7 and 11 μm to tract dust outbreaks. *Journal of Remote Sensing of Environment* 27(2), 129-133.
- Al-Askary, H., Gautam, R., Singh, R. and Kafatos, M., 2006. Dust storms detection over the Indo-Gangetic basin using multi sensor data. *Journal of Advances in Space Research* 4, 728-733.
- Alidadi, S., 2014. Dust prediction, trajectory and mapping using WRF and HYSPLIT models and satellite images. M.Sc. Thesis, Isfahan University of Technology. 171 pp.
- Baddock, C., Jonna, E. and Bullard, G., 2009. Dust source identification using MODIS: A comparison of techniques applied to the Lake Eyre Basin, Australia. *Journal of Remote Sensing Environment*, 1511-1528.
- Bahrami, H.A., Jalali, M., Darvishi Bolorani, A. and Azizi, R., 2013. Spatio-temporal modeling of dust storm events in Khuzestan province. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*, 5 (2), 95 – 114.
- Broomandi, P., Karaca, F., Guney, M., Fathian, A., Geng, X. and Kim, J.R., 2021. Destinations frequently impacted by dust storms originating from southwest Iran. *Atmospheric Research* 248, 105264.
- Chakravarty, K., Vincent, V., Vellore, R., Srivastava, A.K., Rastogi, A. and Soni, V.K., 2021. Revisiting Gandhi in northern India: A case study of severe dust-storm over the urban megacity of New Delhi. *Urban Climate* 37, 100825.
- Ebrahimi Khusfi, Z., Roustaei, F., Ebrahimi Khusfi, M. and Naghavi, S., 2020. Investigation of the relationship between dust storm index, climatic parameters, and normalized difference vegetation index using the ridge regression method in arid regions of Central Iran. *Arid Land Research and Management* 34, 239-263.
- Ebrahimi-Khusfi, Z., Mirakbari, M. and Soleimani-Sardo, M., 2021. Aridity Index Variations and Dust Events in Iran from 1990 to 2018. *Annals of the American Association of Geographers*, 1-18.
- Ebrahimi Khusfi, Z., Khosroshahi, M., Roustaei, F. and Mirakbari, M., 2020. Spatial and seasonal variations of sand-dust events and their relation to atmospheric conditions and vegetation cover in semi-arid regions of central Iran. *Geoderma* 365, 114225.
- Esmaili, O., Tajrishy, M. and Daneshkar, P., 2006. "Result of the 50 years ground-based measurement in comparison with satellite remote sensing of two prominent dust emission sources located in Iraq.", proceedings of SPIE Europe conference on remote sensing of clouds and the Atmosphere XI. Stockholm, Sweden.
- Goudie, A. S. and Middleton, N., 2006. *Desert dust in the global system*, Springer, Berlin
- Habib, A., Chen, B., Khalid, B., Tan, S., Che, H., Mahmood, T., Shi, G. and Butt, M.T., 2019. Estimation and inter-comparison of dust aerosols based on MODIS, MISR and AERONET retrievals over Asian desert regions. *Journal of Environmental Sciences* 76, 154-166.
- Hao, X. and Qu, J., 2007. Saharan dust storm detection using moderate resolution imaging spectroradiometer thermal infrared bands. *Journal of Applied Remote Sensing* 1, doi: 10.1117/1.2740039.
- Hoseinabadi, S., Yaghoobzadeh, M. and Forozanmehr, M., 2020. Detecting dust and analyzing its effect on Modis satellite photos: A case study of the city of Zabol. *Journal of Geographical Research in Desert Regions*, 8 (1), 167-186.
- Kheirandish, Z., Jamali, J. and Rayegani, B., 2018. Identification of the best algorithm for dust detection using MODIS data. *Journal of Natural Environment Hazards* 7 (15), 207- 220.
- Kumar, A., 2020. Spatio-temporal variations in satellite based aerosol optical depths & aerosol index over Indian subcontinent: Impact of urbanization and climate change. *Urban Climate* 32,100598
- Li, J., Wong, M.S., Lee, K.H., Nichol, J. and Chan, P.W., 2021. Review of dust storm detection algorithms for multispectral satellite sensors. *Atmospheric Research* 250,105398.
- Li, Q., Wang, Q., Wang, W. j., He, L. M. and Wang, C. Z., 2006. The application of the operational sand storm monitoring based on Terra/MODIS. *Journal of Remote Sensing for Land & Resources* 1, 412-430.
- Miller, S., 2003. A consolidated technique for enhancing desert dust storms with MODIS. *Journal of Geophysical research letters* 30(20), doi/abs/10.1029/2003GL018279.
- Mirakbari, M. and Ebrahimi Khusfi, Z., 2020. Investigation of spatial and temporal changes in atmospheric aerosol using aerosol optical depth in Southeastern Iran. *Journal of RS and GIS for Natural Resources* 11 (3), 1-18.
- Namdari, S., 2020. Temporal-spatial analysis of aerosols trend in the zone of influence Urmia aerosols by processing of satellite imageries in 2000-2015 (Case study: east Azerbaijan and west Azerbaijan). *Journal of Geography and Planning* 24 (72):427 – 446.
- Prospero, J. M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S. E. and Gill, T. E., 2002. Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product. *Journal of Reviews of geophysics* 40(1), 221-231.
- Rashki, A., Middleton, N.J. and Goudie, A.S., 2021. Dust storms in Iran – distribution, causes,

- frequencies and impacts. *Aeolian Research* 48,100655.
25. Saeedifar, Z., Khosroshahi, M., Gohardust, A., Ebrahimi khusfi, Z., Lotfi nasab asl, S. and Dargahian, F., 2020. Investigation of the origin and spatial distribution of high dust concentrations and its synoptical analysis in Gavkhooni basin. *Journal of RS and GIS for Natural Resources* 11 (4), 47-64.
 26. Shirazi, M., Akhavan Ghalibaf, M., Matinfar, H. R. and Nakhkesh, M., 2019. Comparison of MODIS and OLI image downscaling methods for industrial dust detection. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 26 (3), 570 – 586.
 27. Varga, G., 2012. Spatio-temporal distribution of dust storms – a global coverage using NASA Toms aerosol measurements. *Hungarian geographical bulletin* 61(4), 275-298.
 28. You, Y., Zhao, T., Xie, Y., Zheng, Y., Zhu, J., Xia, J., Cao, L., Wang, C., Che, H., Liao, Y., Duan, J., Zhou, J. and Zhou, X., 2020. Variation of the aerosol optical properties and validation of MODIS AOD products over the eastern edge of the Tibetan Plateau based on ground-based remote sensing in 2017. *Atmospheric Environment* 223, 117257.
 29. Yue, H., He, C., Zhao, Y., Ma, Q. and Zhang, Q., 2017. The brightness temperature adjusted dust index: An improved approach to detect dust storms using MODIS imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 57,166-176.
 30. Wang, Y., Yuan, Q., Li, T., Shen, H., Zheng, L. and Zhang, L., 2019. Large-scale MODIS AOD products recovery: Spatial-temporal hybrid fusion considering aerosol variation mitigation. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 157, 1-12.

Desert Dust Mapping and Identification Using MODIS Level 1 and AOD- AI Indices in South West of Iran

Samaneh Alidadi¹, Reza Jafari^{2*}

Received: 27/04/2021

Accepted: 26/09/2021

Extended Abstract

Introduction: Dust storm is a major weather event that plays an important role in the Earth's atmosphere and ocean surfaces. Dust storms affect marine phytoplankton, soil physical and chemical characteristics in entrainment and deposition areas, climate and radiative forcing, economic loss, and human health. They mostly originate from plains and playas across North Africa, the Middle East and Asia. One of the main sources of dust is relatively recent flood sediments deposited since the late tertiary. Asia, with approximately 60% of the population of the world, is an important source of dust that impacts the climate on a global scale. A dust storm is defined by the World Meteorological Organization (WMO) protocol as where 'strong winds lift large quantities of dust particles, reducing visibility to between 200 and 1000 m'. Therefore, the aim of present study was to investigate the potential of desert dust mapping algorithms using satellite images in the west and western parts of Iran.

Materials and methods: The study area has hot and arid climate; therefore, dust storms are usually occurred especially during dry seasons in this region including Iran, Iraq, Syria, Jordan, Kuwait, Saudi Arabia, Bahrain, Qatar, UAE, Oman, and Yemen. Although, some of dust in the study area comes from the Sahara in the Africa. In recent years, the most environmental problem in Iran is the dust crisis in the western half of the country in mountainous regions of Zagros. Zagros Mountains occupy a broad extent of western Iran, covering an area roughly 1300 km by 200 km. The mean annual rainfall is from 400 to 800 mm and mostly in the winter and

1. Graduated M.Sc in Combating Desertification, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology

2. Associate professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology; reza.jafari@iut.ac.ir

DOI: 10.22052/deej.2021.10.33.39

spring. The average annual temperature ranges between 9°C and 25°C. The most common ecosystems in the region are the forest and semi-steppe areas. Forests with an area of 5 million hectares cover about 40% of Iran's forests and are the widest forest regions of the country. This region with its semi-arid climate is generally dominated by broad-leaved trees with the dominant species of *Quercus brantii* that covers more than 50% of Zagros' forest area. Dust storms from western neighbouring countries such as Iraq have significantly increased in recent years and much of Iran is affected. For example, 20 and 52 dusty days in 2008 with visibility less than 1000 m occurred in Somar and Abadan meteorological stations in Kermanshah and Khozestan provinces, which are the nearest stations to Iraq. Around 31% of Iraq's total land is desert, which is the main source of soil-derived mineral dust in the region. There are three important sources of dust storms in Iraq: one is centred over Baghdad; the second is centred west of Basrah; and the third is the Southern Desert. Thus, dust cases are common in central and southern Iraq. The major hotspots for dust generation are aeolian deposits south of Baghdad, Karbala, Najaf, Nasiriya, Basrah, as well as Kuwait, and also alluvial deposits of Tigris and Euphrates Rivers from sandy clayey silt (72%) to clayey sandy silt (28%). In addition to the high potential of Iraq's desert deposits for dust production, recent changes in the region such as war in Iraq, dam construction in Iraq and neighbouring countries, and intense drought conditions have increased the frequency of dust events. Saudi Arabia is rich in fine sediments from dry riverbeds and lakebeds and sand seas, and is another important dust source in the region. Therefore, for mapping this environmental crisis, MODIS level 1 B satellite images were acquired in winter and summer seasons and processed with MCT tool. Then, the BTM, Ackerman, Miller and TDI algorithms were applied to the images and dust regions were mapped with use of appropriate thresholds. The accuracy of the outputs maps were assessed against natural color composites and dust products including Aqua AOD and Aura AI.

Results: Results showed that a single method for identifying different dust plumes cannot be used due to differences in mineralogy and weather conditions of the events and each algorithm needs different threshold based on the event type and characteristics. The algorithms worked best on dense dust, but they performed differently in cloudy regions and over bright desert surfaces. Most of the algorithms examined here misidentified thick cloud cover as dust. Despite the published dust/no-dust thresholds for the methods tested here; results indicated that it was not possible to use a single dust/no-dust threshold for any of the algorithms applied to the studied events. Therefore, it seems that for each dust event an event-specific threshold is needed.

Discussion and conclusion: Comparison of the studied algorithms showed that all of them produced almost similar results and, among them, the TDI index had relatively better performance over dust sources and showed its usefulness as an effective approach for dust detection and mapping in the region. It appears that the combination of these simple algorithms is the best way to overcome the limitations of different dust detection methods. By combining several algorithms used in this study, the performance of dust detection and mapping may improve. The finding indicated that free and available dust products are sufficient for assessment and monitoring dust storms in Iran if the maps less than 10 km are not required.

Keywords: Desert, dust storm, dust indices, remote sensing.