

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۵، بهار ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۲۶

صفحات: ۲۱۸ - ۲۰۵

شناسایی بهترین الگوریتم تشخیص گرد و غبار به کمک داده‌های مودیس

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

چکیده

گرد و غبار یکی از رویدادهای جوی مناطق خشک و نیمه خشک جهان است که در سال‌های اخیر افزایش قابل توجهی داشته و آثار و پیامدهای نامطلوبی را در بخش‌های مختلف بر جای گذاشته است. در این پژوهش از تصاویر سنجنده مودیس به منظور شناسایی و انتخاب بهترین الگوریتم تشخیص گرد و غبار استفاده شد. بدین منظور سه رویداد گرد و غبار جنوب غرب ایران در سال ۲۰۱۲ با استفاده از پنج الگوریتم مختلف شناسایی شامل BTM آکرمن، شاخص گرد و غبار، میلر، THDI و DUST RGB، بارزسازی شدند و روش‌ها مورد مقایسه قرار گرفتند. بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که روش‌های BTM آکرمن، شاخص گرد و غبار و میلر نیازمند تنظیم آستانه برای هر رویداد هستند؛ از این رو آستانه‌های مناسب برای هر رویداد با استفاده از روش هیستوگرام تعیین و ریزگردها شناسایی شدند. روش THDI نیز قابلیت تفکیک گرد و غبار از سایر پدیده‌ها را بر روی زمین داشت ولی نتوانست گرد و غبار روی آب را به خوبی بارزسازی کند. در روش DUST RGB به خوبی گرد و غبار از بقیه عوارض قابل تشخیص بود. همچنین نتایج طبقه‌بندی و ارزیابی صحت تصاویر نشان داد که در هر سه رویداد گرد و غبار، روش DUST RGB بالاترین صحت کلی را در میان سایر روش‌ها دارا می‌باشد. بنابراین بر اساس نتایج به دست آمده از ماتریس خطا و ارزیابی صحت، روش مذکور به عنوان بهترین الگوریتم شناسایی گرد و غبار انتخاب گردید.

واژگان کلیدی: مودیس، الگوریتم شناسایی گرد و غبار، ارزیابی صحت، DUST RGB.

^۱- کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده محیط زیست/سازمان حفاظت محیط زیست

^۲- دانشیار، دانشکده محیط زیست/سازمان حفاظت محیط زیست (نویسنده مسئول)

^۳- استادیار، دانشکده محیط زیست/سازمان حفاظت محیط زیست

^۱- کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده محیط زیست/سازمان حفاظت محیط زیست

^۲- دانشیار، دانشکده محیط زیست/سازمان حفاظت محیط زیست (نویسنده مسئول)

^۳- استادیار، دانشکده محیط زیست/سازمان حفاظت محیط زیست

مقدمه

پدیده گرد و غبار یکی از رویدادهای جوی است که می تواند آثار نامطلوبی را بر بخش های مختلف برجای گذارد. آسیب های شدید پدیده گرد و غبار باعث افزایش نگرانی و تحقیقات گسترده در سطح جهان شده است. این رویداد ناشی از فرآیندهای فرسایش بادی و بیابانزایی بوده (Waggoner and Sokolik, 2010) و به طور طبیعی در مناطق خشک و نیمه خشک زمین، عرض های جغرافیایی معتدل، حاره و جنب حاره با خاک خشک و با بافت سیلتی و رسی اتفاق می افتد. مناطق خشک در سراسر دریای عرب مانند ایران، افغانستان، هند و پاکستان معمولاً فراوانی (بسامد) بالایی از توفان گرد و غبار دارند به گونه ای که گاهی تا ۳۰ رویداد در هر سال را تجربه می کنند (El-Askari et al., 2004). به عقیده برخی از پژوهشگران با توجه به تغییر اقلیم و افزایش پدیده خشکسالی، توفان گرد و غبار یکی از جدی ترین مخاطرات محیط زیستی در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می رود (El-Askari et al., 2004; TaheriShahriayni et al., 2014) که می تواند باعث غیرقابل سکونت شدن این مناطق شود. این پدیده که معمولاً با باد قوی و آشفته، وزیدن بر بیابان یا سطوح خشک و با کاهش دید، پدیدار می شود، می تواند مقدار زیادی از ذرات گرد و غبار را به هوا بلند کند و صدها یا هزاران کیلومتر انتقال دهد. یک نگرانی جهانی برای توفان گرد و غبار با توجه به اثرات بزرگ اجتماعی-اقتصادی، سلامت انسان و محیط زیست وجود دارد. توفان گرد و غبار می تواند صنعت حمل و نقل را با کاهش دید تحت تاثیر قرار دهد و باعث خسارت به زیرساخت ها، ارتباطات راه دور و محصولات شود. علاوه بر این، به واسطه تشدید بیابانزایی و خشکسالی، کاهش منابع آب و افزایش شوری خاک، توفان گرد و غبار باعث ضرر و زیان های اجتماعی-اقتصادی بیشتری می شود (Cao et al., 2015). این پدیده مقدار قابل توجهی از گرد و غبار را در جو حمل می کند که می تواند به وسیله انتقال مواد حساسیت زا و عوامل بیماری زا عواقب بسیار جدی برای سلامتی داشته باشد (Azizi et al., 2012). همچنین هنگامی که هواویز^۱ها در نتیجه فعالیت های انسانی باشد، گرد و غبارهای معدنی نقش مهمی از نقطه نظر مطالعات هواشناسی، بر عهده دارد. به ویژه وقتی که روند جهانی بیابانزایی ناشی از توسعه زمین را بررسی می کنیم (Hung et al., 2015).

به منظور کاهش آسیب ها و مخاطرات پدیده گرد و غبار نیاز به شناسایی آن وجود دارد. شناسایی توفان های گرد و غبار به مدیریت و کنترل این پدیده کمک می کند. یکی از راه های تشخیص و شناسایی توفان های گردوغبار، فناوری سنجش از راه دور می باشد (عادلی و همکاران، ۱۳۹۱). داده های سری زمانی طولانی مدت سنجش از دور می تواند به شناسایی منابع تولید آن و مسیرهای عبور آن کمک کند (Boccone, 2010). مطالعات زیادی در سطح جهان در خصوص پدیده گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور صورت گرفته است. گینوکس^۲ و همکاران (۲۰۱۲) برای شناسایی کانون های طبیعی و انسانی گرد و غبار در مقیاس جهانی، نقشه ای را در مقیاس جهانی تهیه کردند. در این پژوهش برای تفکیک غبار از سایر مناطق از سنجنده مودیس^۳ و از پارامتر Deep Blue استفاده شد. صمدی^۴ و

1- Aerosol

2- Ginoux

3- MODIS: The Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer

4- Samadi

همکاران (۲۰۱۴) روشی جهانی را برای تشخیص گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور ارائه دادند که قادر به تشخیص گرد و غبار در تمام فصول سال بدون نیاز به آستانه است و گرد و غبار را از اشیاء دیگر جدا می‌کند. این روش به نام شاخص^۱ GDDI است. در این روش از تصاویر ماهواره‌ای مودیس (Level 1 b) استفاده شده است. برای توسعه شاخص GDDI از^۲ BTDI و^۳ NDDI استفاده شد. ژانگ^۴ و همکاران (۲۰۱۵) از تصاویر مودیس (Level 1B) و الگوریتم BTDI و همچنین داده‌های لندست ۸ برای شناسایی نقاط داغ گرد و غبار در طول سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ استفاده کردند. نقاطی مثل بستر دریاچه‌ها و رودخانه‌های خشک شده، اراضی و معادن، زمین‌های کشاورزی، اراضی شنی و ... به عنوان نقاط داغ شناسایی شدند. کائو^۵ و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از نقشه‌های موضوعی (مناطق منبع گرد و غبار، مخروط افکنه‌های خشک شده، تپه‌های ماسه‌ای و ...)، داده‌های آب‌وهوا شناسی، تصاویر مودیس و لندست ۸، کانون‌های توفان ماسه و گرد و غبار را در ۵۰ توفان گرد و غبار از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ در غرب آسیا شناسایی کردند. کریمی و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از تصاویر سنجنده‌ی مودیس طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ و نسبت دادن شاخص‌های D،^{۳۱-۳۲} BTDI و NDDI به باندهای R، G و B (به ترتیب) به شناسایی کانون‌های تولید توفان‌های گرد و غبار در خاورمیانه پرداختند. در پژوهشی عبدالحمیدی و اسماعیلی (۱۳۹۱)، با استفاده از تصاویر مودیس و شاخص NDDI، توده‌های گرد و غبار مربوط به رخداد ۳۰ می ۲۰۱۰ در غرب ایران را بازسازی کردند. در مطالعه‌ی شهاب عادل‌ی و همکاران (۱۳۹۱) جهت شناسایی و تعیین میزان شدت توفان‌های استان آذربایجان شرقی از داده‌های سنجنده مودیس و شاخص آکرم‌ن استفاده کردند. عزیزی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی از داده‌های اختلاف دمایی درخشایی باندهای ۱۱ و ۱۲ میکرومتر مودیس برای بازسازی گرد و غبار در نیمه غربی ایران استفاده کردند. محمد زارع ارنانی و همکاران (۱۳۹۲) به ارزیابی شاخص‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای در تعیین خصوصیات توفان گرد و غبار با استفاده از شاخص اختلاف درجه حرارت روشنایی باندهای ۳۱ و ۳۲ سنجنده مودیس پرداختند. فلاح ززولی و همکاران (۱۳۹۳) به منظور تشخیص و تعیین منشأ گرد و غبار از روش اختلاف دمایی درخشندگی آکرم‌ن بر روی تصاویر مودیس استفاده کردند. مهرابی و همکاران (۱۳۹۴) نیز با استفاده از تصاویر مودیس و شاخص NDDI شدت گرد و غبار را به شش کلاس تقسیم‌بندی نمودند.

بر اساس بررسی‌های به عمل آمده در پژوهش‌های پیشین و در محدوده منابع قابل دسترس، بیشتر مطالعات انجام شده در خصوص شناسایی گرد و غبار به کمک سنجش از دور، از داده‌های سنجنده مودیس استفاده کرده‌اند که این به دلیل توانایی و قابلیت بالای سنجنده مودیس در تشخیص گرد و غبار می‌باشد؛ ولی در اغلب موارد در این پژوهش‌ها (به خصوص در مطالعات داخلی) از یک روش یا شاخص برای تشخیص گرد و غبار استفاده شده است. در این پژوهش نیز از داده‌های سنجنده مودیس و روش‌های مختلف برای شناسایی گرد و غبار استفاده می‌شود. به دلیل

1- Global Dust Detection Index
 6- Brightness Temperature Difference
 3- Normalized Difference Drought Index
 4- Zhang
 5- Cao

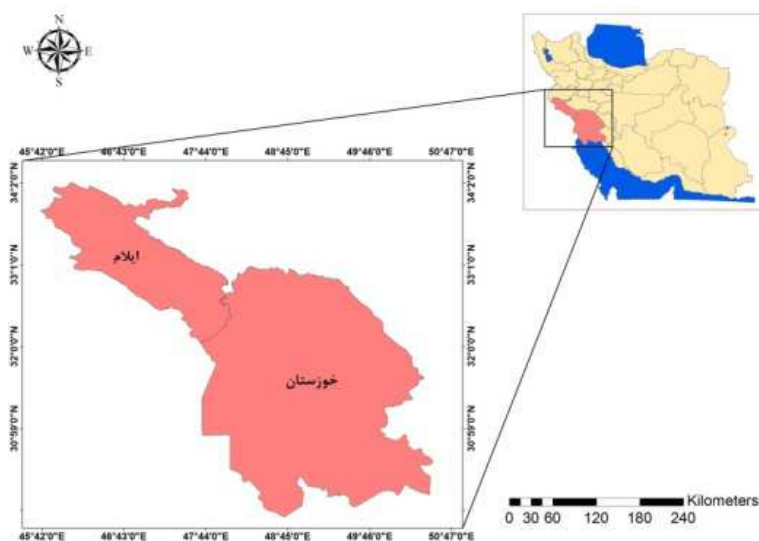
اهمیت موضوع شناسایی گرد و غبار، مساله اصلی پژوهش حاضر، تعیین این است که کدام یک از الگوریتم‌های شناسایی گرد و غبار در جداسازی و تشخیص این پدیده توانایی بالاتری دارد. بنابراین در این مقاله سعی شده است روش‌هایی که در منابع مختلف علمی برای شناسایی گرد و غبار کارآمد نشان داده شده‌اند مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند و بهترین آن انتخاب گردد. همچنین به دلیل این که بهره‌گیری از روش‌های کمی در مقایسه روش‌ها و انتخاب بهترین روش، باعث تشخیص بهتر و قطعی‌تر مناسب‌ترین الگوریتم تشخیص گرد و غبار می‌شود در این مطالعه بر خلاف بسیاری از پژوهش‌ها که فقط به تفسیر بصری و کیفی اکتفا کرده‌اند، از روش طبقه‌بندی و ارزیابی صحت علاوه بر تفسیر چشمی استفاده شده است.

داده‌ها و روش‌ها

الف- روش‌شناسی

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه این پژوهش، جنوب غرب ایران است که در سال‌های اخیر به شدت در معرض توفان‌های گرد و غبار به خصوص با منشاء خارجی قرار گرفته است. وضعیت زمین از نظر نوع خاک، پوشش گیاهی، رطوبت خاک، تاثیر کوهستان و نیز منابع آب از دیدگاه مهار آب‌های سطحی و برداشت بی‌رویه از آن، ایجاد سدها و انحراف مسیر رودخانه، کم بارشی و خشکسالی و حتی جنگ‌های رخ داده در این منطقه، از عوامل مستقیم موثر بر ایجاد پدیده گرد و غبار است (رنجبر سعادت آبادی و عزیزی، ۱۳۹۱). منطقه مورد مطالعه، بین عرض جغرافیایی $29^{\circ} 58'$ تا $34^{\circ} 2'$ شمالی و طول جغرافیایی $45^{\circ} 42'$ تا $50^{\circ} 47'$ شرقی واقع شده است. محدوده و موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

داده‌ها

مودیس، سنجنده ماهواره‌های ترا^۱ و آکوا^۲ ناسا است که 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 می‌باشد (Baddak et al., 2009) که با توجه به پوشش گسترده، تناوب برداشت اطلاعات و قدرت تفکیک طیفی بالا، معمولاً برای بررسی رویدادهای گرد و غبار مورد استفاده قرار می‌گیرد (زارع ارنانی و همکاران، ۱۳۹۲) در این پژوهش، پس از دریافت اطلاعات مربوط به رویدادهای گرد و غبار در سال ۲۰۱۲، غلظت رویدادها و گسترش دیداری آن‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای مودیس مورد بررسی قرار گرفت و سه رویداد با غلظت بالا و با شرایط ابری و میزان ابر کم (۱۲ اسفند ۱۳۹۰، ۱ اردیبهشت ۱۳۹۱ و ۳۰ خرداد ۱۳۹۱) که گستره دیداری مناسبی داشتند، انتخاب و داده‌های سنجنده مودیس ماهواره آکوا^۳ مربوط به آن‌ها از وب سایت مودیس^۴ دریافت گردید.

ب- مبانی نظری تحقیق

کاربست الگوریتم‌های^۵ مختلف تشخیص گرد و غبار

در این پژوهش پس از دریافت داده‌های ماهواره‌ای مودیس و انجام پیش پردازش‌های لازم بر روی آن‌ها، پنج الگوریتم مختلف شناسایی گرد و غبار که در منابع علمی کارآمد نشان داده شده‌اند روی تصاویر اعمال گردید و از هر کدام از آن‌ها نمونه‌هایی تولید شد. در جدول ۱، الگوریتم‌های شناسایی گرد و غبار مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است.

جدول ۱: الگوریتم‌های شناسایی گرد و غبار مورد استفاده در این پژوهش

الگوریتم	خلاصه روش
BTD آکرمین ^۶	استفاده از اختلاف درجه حرارت روشنایی باند ۳۱ (۱۱ میکرومتر) و باند ۳۲ (۱۲ میکرومتر) و تعیین آستانه صفر برای تشخیص گرد و غبار توسط آکرمین (ارزشهای کمتر از صفر نشان دهنده گرد و غبار است) (Ackerman, 1997)
شاخص گرد و غبار ^۷	تشخیص گرد و غبار بر پایه تفاوت در بازتابندگی (برای طول موج‌های مرئی) و تفاوت در درجه حرارت روشنایی (برای باندهای حرارتی مثل باند های ۱۱ و ۱۲ میکرومتر) است. این روش، ۴ آزمون بازتابندگی و درجه حرارت روشنایی برای تشخیص گرد و غبار دارد (Zhao et al., 2010).
میلر ^۸	در این روش از باندهای ۴ و ۳ مودیس برای گان سبز و آبی (به ترتیب) استفاده می‌شود و برای گان قرمز هم از معادله- ای که برای این روش آمده است استفاده می‌شود (Miller, 2003).

- 1- Terra
- 2- Aqua
- 3- MYD021KM
- 4- ladsweb.nascom.nasa.gov
- 5- algorithms
- 6- Brightness Temperature Index
- 7- DUST INDEX
- 8- Miller

<p>این الگوریتم تشخیص گرد و غبار بر پایه اختلاف درجه حرارت روشنایی چهار باند مادون قرمز حرارتی شامل BTD3.7-11، BTD8.6-11 و BTD12-11 است.</p> <p>شاخص THI DI:</p> $THI DI = (BTD12 - 11) \times \exp\left(\frac{BTD8.6 - 11}{4}\right) \times (BTD3.7 - 11)$ <p>(Liu & Liu, 2011)</p>	THI DI ^۱
<p>در این روش از اختلاف درجه حرارت روشنایی باند ۱۱ و ۱۲ میکرومتر برای گان قرمز، اختلاف درجه حرارت روشنایی باند ۸/۷ و ۱۰/۸ برای گان سبز و باند ۱۰/۸ میکرومتر برای گان قرمز استفاده می شود (Benincasa, 2012)</p>	DUST RGB

روش BTDAکرمین

اولین روش، روش BTDAکرمین است. آکرمین (۱۹۹۷) ارزش‌های BTDA (اختلاف درجه حرارت روشنایی) کمتر از ۰ درجه کلوین را به معنی وجود گرد و غبار و ارزش‌های BTDA بزرگتر و مساوی ۰ درجه کلوین را نشان‌دهنده عدم وجود گرد و غبار در نظر گرفت (Ackerman, 1997). اگرچه آکرمین آستانه صفر را برای تشخیص گرد و غبار در نظر گرفت ولی این احتمال وجود دارد که این آستانه برای هر رویداد فرق کند. به همین دلیل هر رویداد نیازمند تعیین آستانه مناسب است (Baddak *et al.*, 2009). در این پژوهش برای به دست آوردن آستانه مناسب برای هر رویداد، از روش هیستوگرام استفاده گردید. برای این کار ابتدا اختلاف درجه حرارت روشنایی باندهای ۳۱ و ۳۲ (۱۱ و ۱۲ میکرومتر) به دست آمد. سپس نمونه‌هایی از گرد و غبار، سطح زمین و ابر انتخاب و هیستوگرام آن رسم گردید. پس از آن آستانه‌های مختلف برای تشخیص گرد و غبار بر روی تصویر BTDA اعمال شد. آستانه‌ها برای هر رویداد گرد و غبار متفاوت است.

روش شاخص گرد و غبار

در این روش، تشخیص گرد و غبار فقط برای هنگام روز انجام می‌شود (Zhao *et al.*, 2010). در این پژوهش آزمون‌های درجه حرارت روشنایی و بازتابندگی این روش، بر روی باندهای مرئی و حرارتی سنجنده مودیس اعمال گردید (Zhao *et al.*, 2010). در این روش هم مانند روش قبل، آزمون‌های آستانه با استفاده از هیستوگرام برای مراحل مختلف انجام شد و آستانه‌ها برای هر رویداد تنظیم گردید. خروجی این روش به شکل یک شاخص (شاخص گرد و غبار) است که در آن ارزش ۱ نشان‌دهنده وجود گرد و غبار و ارزش ۰ نشان‌دهنده عدم وجود گرد و غبار است. این روش دارای چهار خروجی است که دو خروجی آن برای آزمون گرد و غبار و دو خروجی برای آزمون گرد و غبار غلیظ خواهد بود.

روش میلر

این الگوریتم که اطلاعات را از باندهای مرئی چندگانه با مادون قرمز نزدیک و دور ترکیب می‌کند، توانایی بهبود یافته را برای تشخیص مناطق گرد و غبار از ابرهای یخی/آبی و سطح روشن بیابان در تصاویر رنگ کاذب بهبود یافته فراهم می‌کند. این روش نیز همانند روش شاخص گرد و غبار فقط برای هنگام روز است. تمامی آزمون‌های این روش بر

روی باندهای مربوطه اعمال گردید. خروجی D_{land} در این روش باید در محدوده‌ای بین ۱/۳ تا ۲/۷ قرار گیرد ولی این آستانه برای هر رویداد گرد و غبار متفاوت است و نیاز به تنظیم آستانه برای خروجی گرد و غبار (D_{land}) برای هر رویداد وجود دارد (Miller, 2003). به همین دلیل آستانه‌های مناسب برای هر رویداد با استفاده از روش هیستوگرام تعیین شدند.

روش TIDI

این الگوریتم تشخیص گرد و غبار بر پایه اختلاف درجه حرارت روشنایی چهار باند مادون قرمز حرارتی شامل BT3.7-11، BT8.6-11 و BT12-11 میکرومتر است (Liu & Liu, 2011). معادله این شاخص بر روی تصاویر مودیس رویدادهای مورد نظر اعمال گردید.

روش DUST RGB

روش آخر مورد استفاده در این پژوهش، روش DUST RGB است. این روش برای پایش تکامل و شناسایی طوفان‌های گرد و غبار روی بیابان در هم هنگام شب و هنگام روز طراحی شده است (Benincasa, 2012). این الگوریتم نیز بر روی باندهای مودیس اعمال گردید. گرد و غبار در این روش به رنگ صورتی نشان داده می‌شود.

مقایسه روش‌ها به وسیله الگوریتم‌های طبقه‌بندی و انتخاب بهترین روش

در این مرحله از الگوریتم‌های طبقه‌بندی برای اختصاص دادن هر یک از پیکسل‌ها به یک پدیده‌ی خاص و طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای برای هر کدام از روش‌های شناسایی استفاده شد و با دقت‌ترین و مناسب‌ترین روش انتخاب گردید. با توجه به این که هدف اساسی فناوری سنجش از دور، شناسایی و تفکیک پدیده‌های زمینی است، بنابراین طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای مهمترین مرحله تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای محسوب می‌گردد. در اینجا روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده با تعداد ۵۰ خوشه^۱ بر روی روش‌های میلی، TIDI و DUST RGB اعمال گردید. بدین منظور محدوده‌ای از سین که دارای گرد و غبار بود به عنوان منطقه مورد علاقه^۲ انتخاب گردید و آنالیزها بر روی آن انجام گرفت و در نهایت تصاویر صفر و یک (با ارزش صفر برای طبقه غیر گرد و غبار و ارزش یک برای طبقه گرد و غبار) تولید شدند و به این ترتیب فقط گرد و غبار از تصویر استخراج گردید. خروجی روش‌های آکرمن و شاخص گرد و غبار خود به صورت طبقه‌بندی شده صفر و یک است به همین دلیل نیازی به طبقه‌بندی نداشتند. در مرحله بعد به منظور مقایسه طبقه‌بندی‌ها و انتخاب بهترین روش، ارزیابی صحت با انتخاب ۱۰۰ نقطه تصادفی بر روی تصاویر طبقه‌بندی شده انجام گردید.

1- Cluster

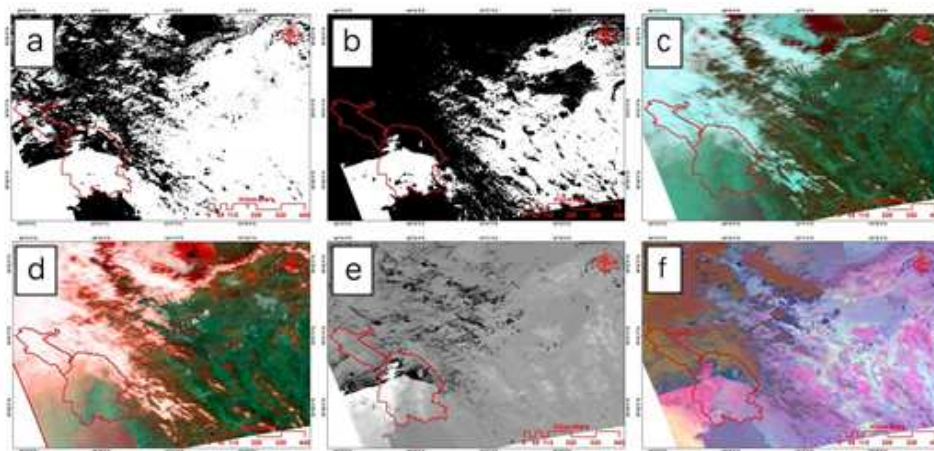
2- Area of interest

نتایج و بحث

خروجی روش‌های شناسایی گرد و غبار برای هر سه رویداد (۱۲ اسفند ۱۳۹۰، ۱ اردیبهشت ۱۳۹۱ و ۳۰ خرداد ۱۳۹۱) در شکل‌های ۲ تا ۴ نشان داده شده است. در رویداد ۱۲ اسفند به دلیل وجود ابر زیاد، روش شاخص گرد و غبار نتیجه‌ای دربر نداشت که به واقع این می‌تواند یکی از ضعف‌های این روش در تشخیص گرد و غبار در مواقع ابری محسوب گردد. آزمون‌های ۱ و ۲ در این روش برای حذف مشاهدات بد و پیکسل‌های ابری (به ترتیب) استفاده می‌شوند و چون این رویداد دارای ابر زیاد است؛ این روش تمامی پیکسل‌ها را به عنوان ابر در نظر می‌گیرد و گرد و غباری را بارزسازی نمی‌کند.

در شکل ۲، a و b خروجی روش BTDAکرم (به ترتیب قبل و بعد از تغییر آستانه)، c و d روش میلر (به ترتیب قبل و بعد از تغییر آستانه)، e روش TIIDI و f روش DUST RGB می‌باشد.

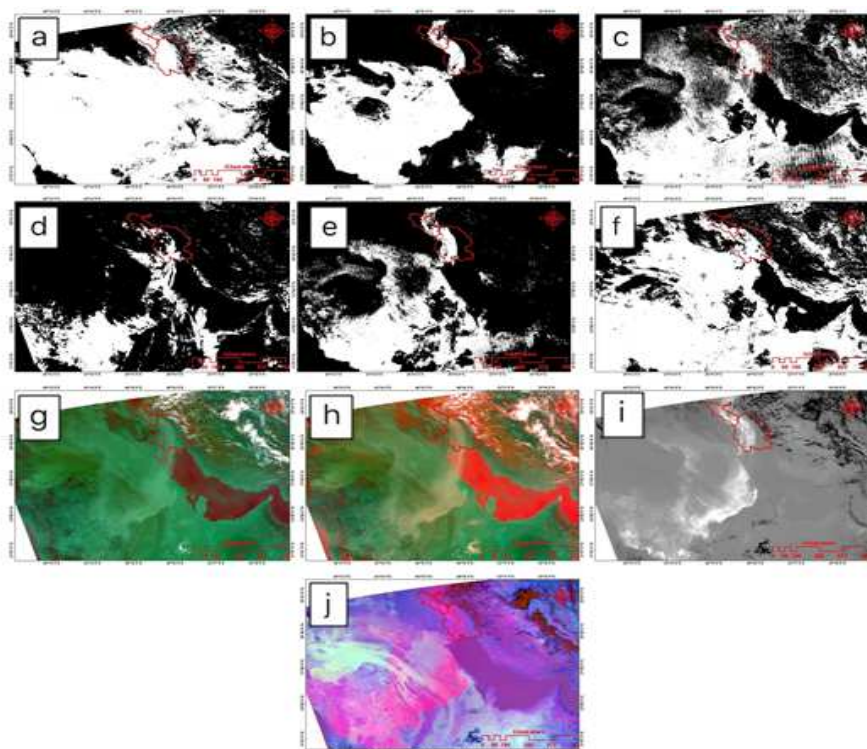
گرد و غبار بیشتر تابش را در ۱۲ میکرومتر نسبت به ۱۱ میکرومتر جذب می‌کند که باعث می‌شود اختلاف درجه حرارت روشنایی بین این دو منفی شود. بنابراین در روش BTDAکرم ارزش‌های منفی نشان دهنده گرد و غبار است. رنگ سفید در شکل‌های a و b (روش BTDAکرم) ارزش‌های کمتر از ۰ درجه کلونین (ارزش‌های منفی) است که قسمت گسترده‌ای از تصویر (حتی مناطق غیر گرد و غباری) را در بر گرفته است. روش TIIDI نیز تا حدودی گرد و غبار را از سایر پدیده‌ها بارزسازی کرد. تفسیر چشمی خروجی روش‌ها نشان می‌دهد که روش میلر و DUST RGB به خوبی توانسته‌اند گرد و غبار را بارزسازی کنند و این دو روش قابلیت بالاتری در تفکیک گرد و غبار از دیگر عارضه‌ها دارند.



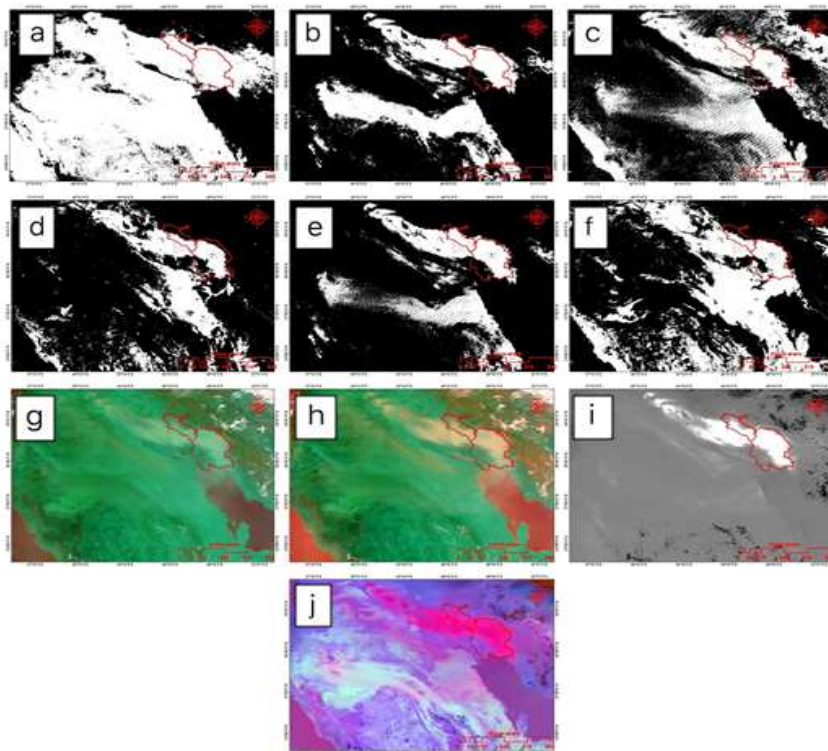
شکل ۲: خروجی روش‌های شناسایی گرد و غبار برای رویداد ۱۲ اسفند ۱۳۹۰:
a و b (روش BTDAکرم)، c و d (میلر)، e (TIIDI) و f (DUST RGB)

در شکل‌های ۳ و ۴ نیز، a و b خروجی روش BTDAکرم (به ترتیب قبل و بعد از تغییر آستانه)، c، d، e و f خروجی‌های روش شاخص گرد و غبار بعد از تنظیم آستانه و g و h روش میلر (به ترتیب قبل و بعد از تغییر آستانه)، i،

روش TIIDI و z روش DUST RGB می‌باشد. رنگ سفید در روش‌های BTDA آکرمین و شاخص گرد و غبار نشان-دهنده گرد و غبار و رنگ سیاه نشان دهنده عدم وجود گرد و غبار است. همان‌طور که مشاهده می‌شود قسمت‌هایی از سطوح زمین نیز به عنوان گرد و غبار در نظر گرفته شده است و ارزش‌هایی یکسان با آن پیدا کرده‌اند. شکل‌های c و d، خروجی‌های آزمون سوم و شکل‌های e و f خروجی‌های آزمون چهارم روش شاخص گرد و غبار را نشان می‌دهند. در روش میلر قبل از تنظیم آستانه گرد و غبار به رنگ سبز و هم‌رنگ سطح زیرین خود است و تفکیک پذیری مناسب و قابل توجه‌ای ندارد (شکل g). در صورتی که بعد از تنظیم آستانه، گرد و غبار به رنگ صورتی نمایش داده شده و به خوبی از پدیده‌های دیگر قابل تفکیک است (شکل h). در روش TIIDI، گرد و غبار به رنگ سفید نشان داده شده است (شکل i). گرد و غبار در روش DUST RGB نیز به رنگ صورتی نشان داده می‌شود (شکل j).



شکل ۳: خروجی روش‌های شناسایی گرد و غبار برای رویداد ۱ اردیبهشت ۱۳۹۱: a و b (BTDA آکرمین)، c، d و e (شاخص گرد و غبار)، g و h (میلر)، i (TIIDI) و j (DUST RGB)



شکل ۴: خروجی روش‌های شناسایی گرد و غبار برای رویداد ۳۰ خرداد ۱۳۹۱
 a و b (BTD آکرمین)، c، d، e و f (شاخص گرد و غبار)، g و h (میلر)، i (TIRI) و j (DUST RGB)

بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که در روش‌های نیازمند تنظیم آستانه (BTD آکرمین، شاخص گرد و غبار و میلر)، ریزگردها بعد از تغییر آستانه، نسبت به قبل از تغییر آستانه، بهتر از سطح زمین و ابرها جدا شده و بهبود پیدا کرده‌اند (شکل‌های ۲ تا ۴). علاوه بر این، بر اساس تفسیر چشمی، روش TIRI به خوبی گرد و غبار را از سطوح خشک زمین جدا کرده است ولی گرد و غبار روی آب را نتوانسته شناسایی کند. روش میلر نیز به خوبی گرد و غبار را بارزسازی نموده است. روش DUST RGB نیز توانایی بالایی در تفکیک گرد و غبار از سایر عارضه‌ها داشته است. به علاوه با توجه به شکل ۲ نیز، روش DUST RGB حتی در مواقعی که ابر زیاد وجود دارد نسبت به روش‌های دیگر، گرد و غبار را بهتر بارزسازی کرده است.

در مرحله بعد، پس از تفسیر چشمی به منظور مقایسه روش‌ها و انتخاب بهترین روش، عمل طبقه‌بندی نظارت نشده و سپس ارزیابی صحت انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: ارزیابی صحت روش‌های شناسایی گرد و غبار برای رویدادهای ۱۲ اسفند ۱۳۹۰، ۱ اردیبهشت ۱۳۹۱ و ۳۰ خرداد ۱۳۹۱

روش کلی رویداد	روش BTD آکرمین	روش شاخص گرد و غبار (آزمون ۱)	روش شاخص گرد و غبار (آزمون ۲)	روش شاخص گرد و غبار (آزمون ۳)	روش شاخص گرد و غبار (آزمون ۴)	روش میلر	روش THIDI	روش DUST RGB
۱۲ اسفند ۱۳۹۰	%۶۱	-	-	-	-	%۹۷	%۵۹	%۹۸
۱ اردیبهشت ۱۳۹۱	%۷۲	%۷۴	%۶۶	%۷۵	%۵۸	%۷۹	%۹۲	%۹۲
۳۰ خرداد ۱۳۹۱	%۶۸	%۶۴	%۵۸	%۶۳	%۵۸	%۷۱	%۷۴	%۸۱

صحت کلی که در جدول ۲ آمده است بیان‌گر نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده به تعداد کل پیکسل‌های مورد مقایسه می‌باشد. به این ترتیب، صحت کلی به درصد نیز بیان می‌گردد. صحت کلی از مفهوم بسیار ساده‌ای برخوردار است و برای بیان صحت یک طبقه‌بندی مناسب است (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۶). همانطور که از جدول ۲ مشخص است روش‌های BTD آکرمین و شاخص گرد و غبار پایین‌ترین صحت کلی را در بین همه روش‌ها داشته‌اند. روش میلر بالاترین صحت را در رویداد ابری دارا می‌باشد و این نشان دهنده این است که این روش در مواقع ابری کارآیی بالاتری نسبت به دیگر روش‌ها دارد. روش THIDI پایین‌ترین صحت کلی را در رویداد ابری دارد و روش DUST RGB دارای بالاترین صحت کلی در هر سه رویداد است. بنابراین بر اساس نتایج به دست آمده از ماتریس خطا و ارزیابی صحت، روش مذکور به عنوان بهترین الگوریتم شناسایی گرد و غبار انتخاب گردید.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مقاله، تعیین بهترین الگوریتم شناسایی گرد و غبار به کمک داده‌های دورسنجی است. در این پژوهش، پنج الگوریتم مختلف شناسایی گرد و غبار شامل BTD آکرمین، شاخص گرد و غبار، میلر، THIDI و DUST RGB بر روی تصاویر مودیس مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت تا بهترین آن انتخاب گردد. نتایج مقایسه روش‌های مختلف نشان داد که در به دست آوردن الگوریتم مناسب تشخیص گرد و غبار، به شرایط اقلیمی هم باید دقت شود. به عنوان مثال زمانی که حجم ابرها در تصویر خیلی زیاد است نمی‌توان از روش شاخص گرد و غبار استفاده کرد؛ در حالی که روش میلر در رویدادهای ابری نسبت به بقیه روش‌ها بهتر توانسته گرد و غبار را شناسایی کند. روش BTD آکرمین، توانایی بارزسازی و شناسایی گرد و غبار را دارد ولی ضعف این روش در آن است که حتی بعد از تنظیم آستانه تا حدودی قسمتهایی از سطوح زمین و ابر را به عنوان گرد و غبار در نظر می‌گیرد. روش‌های BTD آکرمین، شاخص گرد و غبار و میلر نیازمند تعیین آستانه برای هر رویداد هستند که این کار برای همه رویدادها با استفاده از

روش هیستوگرام انجام گرفت. روش TIIDI نیز به مقدار قابل توجهی گرد و غبار را از سایر عوارض بر روی سطح زمین تفکیک کرد ولی به خوبی قادر به شناسایی گرد و غبار روی آب نبود.

در این پژوهش برای اولین بار از شاخص DUST RGB بر روی تصاویر مودیس استفاده شده است. سنجنده SEVIRI ماهواره متنوست، ترکیب RGB را برای تشخیص گرد و غبار بر اساس باند مادون قرمز خود با استفاده از این شاخص تولید می‌کند (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 غبار با استفاده از این شاخص است که این یکی از نوآوری‌های این پژوهش می‌باشد. این روش به خوبی توانست گرد و غبار را از بقیه عوارض جداسازی کند. همچنین این روش بالاترین صحت کلی را در هر سه رویداد دارا بود و به عنوان بهترین روش بارزسازی گرد و غبار در مقایسه با روش‌های دیگر انتخاب گردید. از این روش می‌توان در پایش گرد و غبار و شناسایی هر چه بهتر مسیرها و منابع تولید آن استفاده کرد.

در مطالعه حاضر، از روش طبقه‌بندی نظارت نشده و ارزیابی صحت علاوه بر تفسیر چشمی برای انتخاب بهترین الگوریتم تشخیص گرد و غبار استفاده شده است که می‌توان نقطه قوت این پژوهش به حساب آورد. در مطالعات مشابه معمولاً از روش تفسیر بصری برای تشخیص گرد و غبار استفاده شده و صحت سنجی بدین شکل که در این پژوهش صورت گرفته، انجام نشده است. به عنوان مثال کریمی و همکاران در پژوهش خود، با مقایسه چشمی تصاویر ترکیب رنگی شده، روشی را که قابلیت بهتری در آشکارسازی نواحی گرد و غباری نسبت به سایر روش‌ها داشته و به طور موثری مناطق غباری را از سایر عوارض و مناظر متمایز ساخته، انتخاب کردند. همچنین با روش تفسیر چشمی مناطق خواستگاه گرد و غبار را تعیین نمودند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۰). ززولی و همکاران نیز با تفسیر بصری بر روی تصویر اختلاف درجه حرارت روشنایی، منشا شکل گیری گرد و غبار را مشخص کردند (ززولی و همکاران، ۱۳۹۳).

به طور کلی این مطالعه نشان داد سنجنده مودیس توانایی بالایی در شناسایی و بارزسازی گرد و غبار دارد. الگوریتم محصول DUST RGB سنجنده SEVIRI می‌تواند به خوبی گرد و غبار را بر روی تصاویر مودیس نیز شناسایی کند. همچنین استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت نشده و ارزیابی صحت برای مقایسه‌ی الگوریتم‌های شناسایی گرد و غبار، می‌تواند برای این قبیل مطالعات پیشنهاد شود.

منابع

- تقوی فرحناز؛ اولاد الهه؛ صفرراد طاهر؛ 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
- رنجبرسعادت‌آبادی 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

زارع‌ارنانی محمد؛ دهقان‌دهنوی حسین؛ مختاری محمد حسین؛ 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 غبار، ایران، یزد، ۲۶-۲۵ دی ۱۳۹۲.

عادلی شهاب؛ امینی پارسا وحید؛ 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
عبدالحمیدی محمدرضا؛ اسماعیلی علی، (۱۳۹۱)، شناسایی و پایش طوفان‌های گرد و غبار غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنش از دور، سومین همایش ملی مقابله با بیابان‌زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران
عزیزی قاسم؛ میری مرتضی؛ نبوی سید امید، (۱۳۹۱)، ردیابی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال دوم، ش ۷، ص ۶۳-۸۱.

فلاح ززولی محمد؛ وفایی نژاد علیرضا؛ خیرخواه زرکش میرمسعود؛ احمدی دهکا فریبرز، (۱۳۹۳)، منشایی گرد و غبار غرب و جنوب غرب ایران و تحلیل سینوپتیکی آن با استفاده از سنجنش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی سال ۵، ش ۴، ص ۶۱-۷۸

کریمی خدیجه؛ طاهری شهرآئینی حمید؛ حبیبی نوخندان مجید؛ حافظی مقدس ناصر، (۱۳۹۰)، شناسایی خاستگاه‌های تولید طوفان‌های گرد و غبار در خاورمیانه با استفاده از سنجنش از دور، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی دوره ۲، ش ۷-۸، ص ۵۷-۷۲
مهرابی شهباز؛ جعفری رضا؛ سلطانی کویانی سعید، (۱۳۹۴)، بررسی کارایی شاخص NDDI در پهنه بندی طوفان گرد و غبار (مطالعه موردی: استان خوزستان)، مهندسی اکوسیستم بیابان سال ۴، ش ۸، ص ۱-۱۰
مخدوم مجید؛ درویش صفت علی اصغر؛ جعفرزاده هورفر؛ مخدوم عبدالرضا، (۱۳۸۶)، ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ سوم. ۳۰۴ص

- Ackerman, S A. (1997), Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, No: 102, pp. 17069-17079.
- 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.
- Baddak, M C., Bullard, J E. and Bryant R 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.
- Benincasa, F. (2012), Available from <http://sds-was.aemet.es/forecast-products/dust-observations/msg-2013-eumetsat>. Accessed 12th Feb 2015.
- Boccone, M. (2010), Dust detection algorithm using MODIS data and HYDRA software. Journal of Present environment and sustainable development.
- Cao, H., Amiraslani, F., Liu, J., and Zhou, N., (2015), Identification of dust storm source areas in West Asia using multiple environmental datasets. Journal of Science of the Total Environment, pp.224-235.
- El-Askary, H., Gutam, R., and Kafatos, M., (2004), Remote sensing of dust storms over the Indo-Gangetic basin. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, No.2, pp.121-124.
- Ginoux, P., Prospero, J M., Gill, T E., Hsu, N C. and Zhao M., (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.
- Hung, J., Ge, J. and Weng, F., (2007), Detection of Asia dust storms using multisensor satellite measurements. Journal of Remote Sensing of Environment, pp.186-191.
- Miller, S. D. (2003), A consolidated technique for enhancing desert dust storms with MODIS. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS No: 20, pp. 12-1-12-4.
- Samadi, M., Darvishi Boloorani, A., Alavipanah, S K., Mohamadi, H. and Najafi, M S., (2014), Global dust Detection Index (GDDI); a new remotely sensed methodology for dust storms detection. Journal of Environmental Health Science & Engineering.
- TaheriShahriyani, Hamid, Karimi, Khadijeh, HabibiNokhandan, Majid, and HafeziMoghadas, Naser.(2014), "Monitoring of dust storm and estimation of aerosol concentration in the Middle East using remotely sensed images", Journal of Arab J Geosci.

- Waggoner, Drexel G., and Sokolik, Irina N. (2010), "Seasonal dynamics and regional features of MODIS-derived land surface characteristics in dust source regions of East Asia", *Journal of Remote Sensing of Environment*, No. 114, pp. 2126-2136
- Zhang, B., Tsunekawa, A. and Tsubo, M., (2015), Identification of Dust Hot Spots from Multi-Resolution Remotely Sensed Data in Eastern China and Mongolia. *Water, Air, & Soil Pollution*.
- 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.

Identification of the best algorithm for dust detection using MODIS data

Zahra Kheirandish¹, Javad Bodagh Jamali*², Behzad Rayegani³

Received: 2016-12-10

Accepted: 2017-09-17

Abstract

Dust event is one of the atmospheric events of the world arid and semi-arid areas that had a significant increase in recent years and negative effects in different parts. In this study used MODIS data to identify and select the best algorithm for dust detection. For this purpose, three dust events of South West of Iran detected in 2012 using five different algorithms of dust detection including Ackerman BTM, Miller, dust index, TIIDI and DUST RGB methods, and methods compared. Studies show that methods of Ackerman BTM, Dust index, and Miller need to threshold regulation for each dust event; for this reason, the suitable threshold was determined for each dust event using histogram method and dust identified. In addition, TIIDI method could separate dust phenomenon from other complications on the surface of the earth but as well could not identify dust on water. In DUST RGB method as well dust identified from other complication. In addition results of images classification and accuracy assessment showed that in all three dust events, DUST RGB method has maximum total accuracy among of other methods. Therefore, based on the results of matrix error and accuracy assessment, DUST RGB method was chosen as the best algorithm for dust detection.

Keywords: MODIS, algorithm of dust detection, accuracy assessment, DUST RGB

¹- M.Sc. Graduate of college of Environment, Karaj, Iran

^{2*}- Associate Professor of College of Environment, Karaj, Iran

³- Assistant Professor of college of Environment, Karaj, Iran