

بارسازی توده گردوغبار بخشی از خاورمیانه بر مبنای داده‌های طیفی سنجنده مادیس

هدایتا.. برتینا - دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
غلامعباس صیاد - استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
حمیدرضا متین‌فر* - استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
سعید حجتی - استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۱/۲۶ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۱۰/۱۱

چکیده

هر ساله مقادیر زیادی از آئروسول‌های طوفان گردوغبار به اتمسفر وارد می‌شود که دارای اثرات بالقوه در آب‌وهوا، محیط زیست، کیفیت هوا و زندگی روزانه دارد. به دلیل اهمیت آئروسول‌های گردوغبار در آب‌وهوا، محیط زیست، کیفیت هوا و زندگی روزانه، شناسایی آئروسول‌های گردوغبار از سایر پدیده‌ها اهمیت بسیاری دارد. در این پژوهش با استفاده از تصاویر سنجنده مادیس مربوط به دو طوفان گردوغبار رخ داده در تاریخ ۲۸ اسفند ۱۳۹۰ و ۳۱ خرداد ۱۳۹۱، دو روش بارسازی شامل الگوریتم شناسایی گردوغبار یک و الگوریتم شناسایی گردوغبار دو اجرا شد. همچنین برای مقایسه و ارزیابی روش‌های متفاوت بارسازی گردوغبار، ترکیب رنگی کاذب سنجنده مادیس ($RGB_{۱۴۳}$) و محصولات سطح دو اتمسفری، از جمله عمق اپتیکی آئروسول (AOD) و بخش ریز آئروسول (FMF) به کار گرفته شده است. نتایج نشان داد که اگرچه الگوریتم شناسایی گردوغبار دو، موفق به استخراج گردوغبار شد، ولی این الگوریتم مرز دقیق گردوغبار با سایر پدیده‌ها را به خوبی شناسایی نمی‌کند. در مقابل الگوریتم شناسایی گردوغبار یک، به خوبی توده گردوغبار و مرز آن را شناسایی کرد. افزون بر این با استفاده از الگوریتم شناسایی گردوغبار یک، به خوبی می‌توان گردوغبار غلیظ را نیز استخراج کرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود از الگوریتم شناسایی گردوغبار یک، برای بارسازی توده‌های گردوغبار موجود در کشورهای خاورمیانه استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: بارسازی، عمق اپتیکی آئروسول، گردوغبار، مادیس.

مقدمه

یکی از پدیده‌های جوی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا، طوفان‌های گردوغبار است. طوفان‌های گردوغبار در این مناطق، از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی به‌شمار می‌روند (جلالی و داوودی، ۲۰۰۸: ۳۰). کشور ایران در غرب آسیا،

به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان (مدرس و سیلوا، ۲۰۰۷)، بارها در معرض طوفان‌های گردوغبار قرار می‌گیرد (کویتل و فورمان، ۲۰۰۳؛ میدلتون، ۱۹۸۶). برای مثال، طوفان گردوغبار شدیدی در تاریخ ۲۸ اسفند اتفاق افتاد؛ به طوری که نیمه غربی ایران و بسیاری از کشورهای خاورمیانه، از جمله عراق، کویت، بحرین، قطر و عربستان سعودی را تحت تأثیر قرار داد.

طوفان‌های گردوغبار پدیده آب‌وهوایی خطرناکی هستند و سبب بروز مشکلات محیطی و کشاورزی در بسیاری از نقاط جهان می‌شوند. آنها می‌توانند به صورت یک جریان سرتاسری و بادهای قوی، شن‌ها را به سمت اراضی کشاورزی روان کنند، جلگه‌ها را تخریب کنند، به انسان‌ها و حیوانات آسیب برسانند، دما را کاهش دهند، آبراهه‌ها را پر کنند، جاده‌ها و ریل راه‌آهن را بیوشانند، بر کیفیت آب رودخانه و نهرها و کیفیت هوا اثر بگذارند، اتمسفر را آلوده کرده و تأسیسات ارتباطی را تخریب کنند. طوفان‌های گردوغبار به فرایند کویرزایی سرعت می‌بخشند و سبب آلودگی محیطی خطرناک و تخریب اکولوژی و محیط زندگی می‌شوند (سیواکومار، ۲۰۰۵). به همین دلیل این موضوع موجب شده است که توزیع گردوغبارها و چگونگی تغییرات آنها، به خصوص گردوغبارهایی با تغییرپذیری زمانی و مکانی شدید، به طور منظم مورد پایش قرار گیرد. یافتن و شناسایی این رویداد با تغییرپذیری زیاد، به دلیل تغییرات ناگهانی، طول عمر کوتاه مدت، مقیاس چندگانه و چندبُعدی بودن و اثرات مخرب بر شرایط آب‌وهوایی و سطحی محلی، چالش برانگیز است (ژائو، آکرمن و گو، ۲۰۱۰).

ذرات گردوغبار می‌توانند به طور مستقیم تابش زمین و خورشیدی را در هر دو ناحیه طیفی مرئی (VIS)^۱ و مادون قرمز (IR)^۲، از طریق پروسه‌های جذب و تفرق تغییر دهند. به دلیل خصوصیت‌های اپتیکی ذرات گردوغبار، تشعشعی که در ماهواره از اثرات طیفی ذرات گردوغبار دیده می‌شود با مولکول، ابر و سطح زیر آنها متفاوت است. بر اساس این تفاوت‌ها، طرح‌های شناسایی گوناگونی برای شناسایی و تشخیص گردوغبار توسعه یافته‌اند (تنری و لگرانند، ۱۹۹۱؛ کریستوفر، کلیچ، چو و ولج، ۱۹۹۶؛ کافمن و همکاران، ۱۹۹۷؛ لی، خانانیا، فریزر و کپه‌لار، ۲۰۰۱).

ماهیت الگوریتم شناسایی گردوغبار، بر اساس تجزیه و تحلیل روی بازتاب باندهای مرئی یا دمای درخشانی (BT)^۳ در باندهای مادون قرمز است. بزرگی تفاوت در بازتاب باندهای مرئی یا دمای درخشانی در باندهای انتخاب شده، می‌تواند برای پی‌بردن به اثر گردوغبار استفاده شود.

بیشتر مطالعات اخیر که بر اساس روش‌های بارزسازی گردوغبار انجام گرفته است، برای اندازه‌گیری کمی پارامترهای فیزیکی طوفان‌های گردوغبار، مانند حجم گردوغبار بوده است. مقدار گردوغبار، یک عامل کلیدی برای دستیابی به طوفان گردوغبار، مدل‌سازی و پیش‌بینی آن به شمار می‌رود. روش استفاده از باندهای مرئی می‌تواند برای بارزسازی در سطح اقیانوس استفاده شود (تنری و لگرانند، ۱۹۹۷؛ تنری، کافمن، هرمن و متیو، ۱۹۹۷)، اما برای بارزسازی در سطح زمین، چالش برانگیز است. از آنجایی که طوفان‌های گردوغبار در بیابان‌ها و مناطق خشک با سطوح روشن، مانند

1. Visible

2. Infrared

3. Brightness Temperature (BT)

بیابان صحارا، بیابان گبی، بیابان‌های عراق و ربع‌الخالی عربستان سعودی رخ می‌دهد، سهم سطوح بیابان در سیگنال‌های دریافتی ماهواره‌ها، کاملاً زیاد و اغلب ناشناخته است (ژانگ، لو، هو و دانگ، ۲۰۰۶).

با توجه به ترکیب شیمیایی و خصوصیت‌های متفاوت ذرات گردوغبار، مانند کانی‌شناسی، شکل و توزیع اندازه ذرات آنها - که در مناطق مختلف ممکن است متفاوت باشند - ذرات گردوغبار بازتاب‌هایی مختلفی را از خود نشان می‌دهند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹)، در نتیجه، نمی‌توان با اطمینان کامل خصوصیت‌های ذرات گردوغبار را شناسایی کرد.

اکرم (۱۹۸۹) نشان داد که تفاضل دمای درخشایی بین طول موج‌های ۳/۷ و ۱۱ میکرومتر، نسبت به گردوغبار حساسیت نشان می‌دهد، به همین دلیل برای شناسایی رخداد گردوغبار مناسب است. همچنین او نشان داد که تفاضل دمای درخشایی منفی بین طول موج‌های ۱۱ و ۱۲ میکرومتر برای شناسایی طوفان گردوغبار وجود دارد.

کو، هائو، کافاتوس و وانگ (۲۰۰۶) از باندهای ۰/۴۶۹ و ۲/۱۳ میکرومتر، برای شناسایی توده گردوغبار آسیای شرقی استفاده کردند. به دلیل اثرات گردوغبار در آب‌وهوا، محیط، کیفیت هوا و زندگی روزانه، شناسایی ذرات گردوغبار از پدیده‌های دیگر، امر بسیار مهمی به‌شمار می‌رود.

اگرچه مطالعات بسیاری برای شناسایی گردوغبار انجام شده است، اما هنوز مشکلاتی برای بارسازی گردوغبار وجود دارد. تا کنون پژوهش قابل توجه و مؤثری به‌منظور تعیین روشی مناسب برای بارسازی توده گردوغبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای روی طوفان‌های گردوغبار خاورمیانه دیده نشده است. از این رو، این پژوهش قصد دارد از دو روش بارسازی گردوغبار استفاده کند و در پایان، نتایج حاصل از آنها را با یکدیگر سنجیده و مورد بحث قرار دهد.

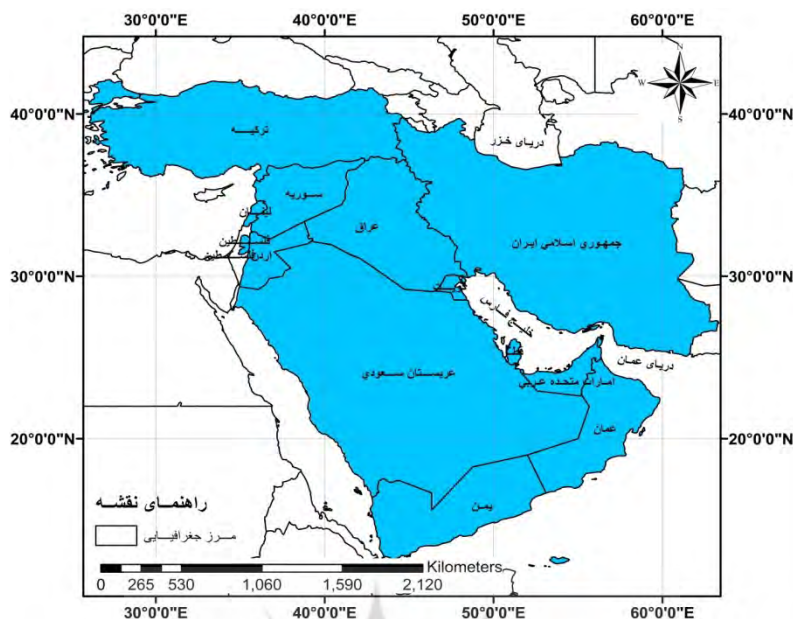
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه خاورمیانه را می‌توان بر اساس موقعیت جغرافیایی و شرایط آب‌وهوایی، به چهار بخش زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱. شبه‌جزیره عربستان که کشورهای بحرین، کویت، عمان، قطر، عربستان سعودی، امارات متحده عربی و یمن را دربرمی‌گیرد؛
۲. منطقه قفقاز، شامل کشورهای ارمنستان، آذربایجان و گرجستان؛
۳. جمهوری اسلامی ایران؛
۴. خاور نزدیک که مشتمل بر کشورهای عراق، اردن، لبنان، سوریه و ترکیه است (فائو، ۲۰۰۹: ۲۵۵).

منطقه مورد بررسی در این مطالعه بخشی از خاورمیانه است که ایران، ترکیه، سوریه، عراق، عربستان سعودی، یمن، عمان، امارات متحده عربی، قطر، بحرین و کویت را شامل می‌شود. موقعیت محدوده مورد بررسی در شکل ۱ مشخص شده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

سنجنده مادیس نصب‌شده بر ماهواره‌های ترا و آکوا، به ترتیب در روز یکشنبه ۱۸ دسامبر سال ۱۹۹۹ ساعت ۵۷: ۱۸ به وقت گرینویچ و روز یکشنبه ۴ می ۲۰۰۲ ساعت ۵۵: ۰۹ به وقت گرینویچ به فضا پرتاب شدند که هر دو ماهواره مذکور، متعلق به سیستم مشاهده زمین (EOS)^۱ سازمان ناسا هستند. عرض نوار تصویربرداری هر سنجنده مادیس، حدود ۲۳۳۰ کیلومتر و طول هر گرانول کمابیش ۲۰۳۰ کیلومتر (۲۰۳ خط اسکن ۱۰ کیلومتری) در امتداد مدار است. سنجنده مادیس دارای قدرت رادیومتریکی بالا (۱۲ بیت) با ۳۶ باند طیفی است که دامنه طیفی آن، طول موج‌های ۱۴-۰/۴ میکرومتر است. این قابلیت می‌تواند نیازهای کاربران گوناگون را برآورده کند. سنجنده مادیس در دو باند طیفی تصاویری با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر، در پنج باند طیفی تصاویری با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متر و در بیست‌ونه باند دیگر نیز، تصاویری با قدرت تفکیک ۱۰۰۰ متر، برداشت می‌کند (مازوکا، فلیگ، ولف و پت، ۱۹۹۸).

در پژوهش پیش رو، از هفت باند اول مادیس و همچنین باندهای حرارتی ۲۰، ۳۱ و ۳۲ استفاده شد. همچنین تصاویر ماهواره‌ای پژوهش، برگرفته از تارنمای ناسا است.^۲

در این پژوهش با استفاده از تصاویر سنجنده مادیس نصب‌شده بر ماهواره ترا (۲۸ اسفند ۱۳۹۰ و ۳۱ خرداد ۱۳۹۱)، دو روش بارسازی اجرا شد. برای ارزیابی روش‌های متفاوت بارسازی گردوغبار، باید نتایج الگوریتم‌ها با اطلاعات مستقل دیگر مقایسه شود. این اطلاعات می‌تواند تصویر رنگی کاذب، محصولات آئروسول سنجنده یا شاخص‌های گردوغبار مادیس یا سنجنده‌های دیگر باشد. همچنین این پژوهش از تصویر رنگی کاذب سنجنده مادیس (RGB_{۱۳۳}) و محصولات

1. Earth Observation System (EOS)

2. <http://glovis.usgs.gov>

سطح دو اتمسفری، از جمله عمق اپتیکی آئروسول (AOD)^۱ و بخش ریز آئروسول (FMF) برای مقایسه استفاده کرده است. به کارگیری هریک از الگوریتم‌های بارزسازی، ویژگی‌هایی دارد که در ادامه این ویژگی‌ها و همچنین پردازش‌ها و دستورکارهای مورد نیاز برای هر دو روش بارزسازی به منظور شناسایی توده گردوغبار، شرح داده خواهد شد.

الگوریتم شناسایی گردوغبار یک^۲

این الگوریتم برای شناسایی گردوغبار روزانه به کار می‌رود (ژائو، آکرمن و گو، ۲۰۱۰) که نخست متغیرها و نشانه‌های مورد استفاده در آن معرفی می‌شود:

BT: دمای درخشایی (طول موج آن در اندیس نوشته شده است. مانند: $BT_{11\mu m}$);

R: بازتاب (طول موج آن در اندیس نوشته شده است. مانند: $R_{0.64\mu m}$);

BTd: تفاضل دمای درخشایی (برحسب درجه کلونین).

از شاخص‌های تعریف‌شده زیر برای شناسایی گردوغبار استفاده می‌شود:

$$Rat_1 = (R_{0.64\mu m} - R_{0.47\mu m}) / (R_{0.64\mu m} + R_{0.47\mu m})$$

$$Rat_2 = (Rat_1 \times Rat_1) / (R_{0.47\mu m} \times R_{0.47\mu m})$$

$$NDVI = (R_{0.86\mu m} - R_{0.64\mu m}) / (R_{0.86\mu m} + R_{0.64\mu m})$$

$$MNDVI = NDVI^2 / (R_{0.64\mu m} \times R_{0.64\mu m})$$

شناسایی گردوغبار با وجود توده برف و یخ یا یخ و ابر مشکل است؛ زیرا سطح روشن آنها باعث آشفتگی در

شناسایی آئروسول می‌شود (ژائو، آکرمن و گو، ۲۰۱۰). الگوریتم شناسایی گردوغبار یک در چهار مرحله زیر اجرا می‌شود:

۱. پیکسل‌های مناسب تصاویر بایستی دو شرایط زیر را داشته باشند؛ چنانچه پیکسل‌هایی از این دو شرایط برخوردار

نباشند، از مجموعه داده‌های مورد مطالعه، حذف خواهند شد.

$$R_{0.47\mu m}, R_{0.64\mu m}, R_{0.86\mu m}, R_{1.38\mu m} > 0 \quad BT_{3.9\mu m}, BT_{11\mu m}, BT_{12\mu m} > 0K$$

۲. چنانچه حتی یکی از شرایط زیر روی تصاویر برقرار نباشد، این پیکسل‌ها (پیکسل‌های ابری و سطح زمین) از

روی تصاویر حذف می‌شوند.

$$BT_{11\mu m} - BT_{12\mu m} \leq -0.5K$$

$$BT_{3.9\mu m} - BT_{11\mu m} \geq 20K$$

$$R_{1.38\mu m} < 0.055$$

۳. چنانچه هر کدام از شرایط زیر برقرار باشد، توده گردوغبار ظاهر می‌شود.

$$BT_{3.9\mu m} - BT_{11\mu m} \geq 25K$$

$$MNDVI < 0.08$$

$$Rat_2 > 0.055$$

۴. با توجه به شرایط زیر توده گردوغبار غلیظ شناسایی و تفکیک می‌شوند.

1. Aerosol Optical Depth (AOD)

2. Dust Detection Algorithm 1

$$BT_{11\mu m} - BT_{12\mu m} \leq -0.5K$$

$$R_{1.38\mu m} < 0.035$$

$$BT_{3.9\mu m} - BT_{11\mu m} \geq 25K$$

$$MNDVI < 0.2$$

شرایط مرحله اول و دوم، به ترتیب برای حذف مشاهدات بد و پیکسل‌های ابری استفاده می‌شود. برای شرایط مرحله سوم، اگر $BT_{3.9\mu m} - BT_{11\mu m} \geq 25K$ باشد، پیکسل مملو از گردوغبار خواهد بود؛ زیرا گردوغبارها انرژی خورشید را در $3/9 \mu m$ انعکاس می‌دهند و تفاضل دمای درخشایی با $BT_{11\mu m}$ در هنگام روز افزایش می‌یابد.

علاوه بر این، $MNDVI < 0.08$ و $Rat_2 > 0.005$ ، برای شناسایی گردوغبار مناطق نیمه‌خشک با مقدار کمی پوشش گیاهی اضافه شده‌اند؛ زیرا جذب گردوغبار در طول موج آبی است و با چشم و به صورت طبیعی به رنگ مایل به قهوه‌ای دیده می‌شوند و ابرها به صورت طیفی بی‌رنگ هستند و در چشم‌های ما سفید به نظر می‌رسند (ژائو، آکرمن و گو، ۲۰۱۰). به همین دلیل بازتابش‌های $0/۸۶$ ، $0/۶۴$ و $0/۴۷$ میکرومتر، برای شناسایی گردوغبار استفاده می‌شوند.

الگوریتم شناسایی گردوغبار دو

این الگوریتم برای شناسایی گردوغبار روی سطوح تیره و روشن به کار برده می‌شود (ژی، ۲۰۰۴). به‌طور کلی در این الگوریتم، شاخص تفاضل دمای درخشایی (BT_D)^۱ و شاخص گردوغبار نرمال شده (NDDI)^۲ را برای جداسازی گردوغبار و ابر به کار می‌برند. این روش با استفاده از $BT_{D(3.7-11\mu m)}$ و بازتاب باند یک، به شناسایی گردوغبار روی محیط روشن و تیره می‌پردازد. شاخص تفاضل دمای درخشایی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$BT_D = BT_{31} - BT_{32}$$

BT_{31} بازتاب در طول موج ۱۱ میکرومتری و BT_{32} بازتاب در طول موج ۱۲ میکرومتری را نشان می‌دهد.

از آنجایی که طول موج‌های ۱۱ و ۱۲ میکرومتری (باندهای ۳۱ و ۳۲ در مادیس که به صورت اندیس در شاخص مذکور مشخص شده است) در محدوده مادون قرمز حرارتی قرار دارند، بنابراین اختلاف دمای درخشایی این دو طول موج، می‌تواند برای آشکارسازی طوفان‌های گردوغبار به کار رود. تفاضل دمای درخشایی طول موج‌های ۱۱ و ۱۲ میکرومتری برای گردوغبار منفی است؛ زیرا این پدیده بازتابش بالاتری در محدوده طول موج ۱۲ نسبت به ۱۱ میکرومتری دارد. در این حالت، ابرها و گردوغبار از هم جدا می‌شوند. از آنجا که اختلاف دمای درخشندگی باندهای ۱۱ و ۱۲ میکرومتری برای گردوغبار منفی است، بنابراین حد آستانه جهانی برای تفکیک گردوغبار، می‌تواند مقدار صفر در نظر گرفته شود. در این حالت مقادیر منفی، طوفان گردوغبار را نشان می‌دهند. شاخص اختلاف گردوغبار نرمال شده، به صورت زیر تعریف شده است:

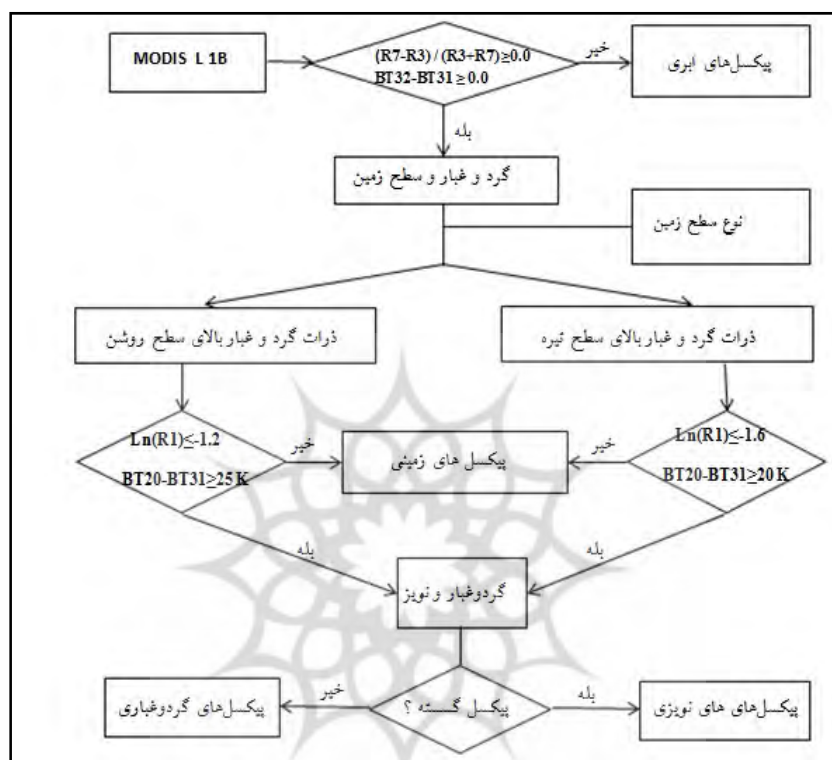
$$NDDI = (\rho_{2.13\mu m} - \rho_{0.469\mu m}) / (\rho_{2.13\mu m} + \rho_{0.469\mu m})$$

در این شاخص از باندهای ۳ ($0/۴۶۹ \mu m$) و ۷ ($۲/۱۳ \mu m$) تصاویر سنجنده مادیس استفاده می‌شود. گردوغبار

1. Brightness Temperature Difference (BT_D)

2. Normalized Difference Dust Index (NDDI)

بازتابش بالایی در طیف ۲/۱۳ میکرومتری و بازتابش پایینی در طیف ۰/۴۶۹ میکرومتری دارد، در حالی که برای پدیده‌ای مثل ابر، این حالت برعکس است، به همین دلیل مقادیر مثبت در این شاخص نشان‌دهنده گردوغبار است (کو، هائو، کافاتوس و وانگ، ۲۰۰۶). شکل ۲ نمودار الگوریتم شناسایی گردوغبار دو مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نمودار الگوریتم شناسایی گردوغبار دو

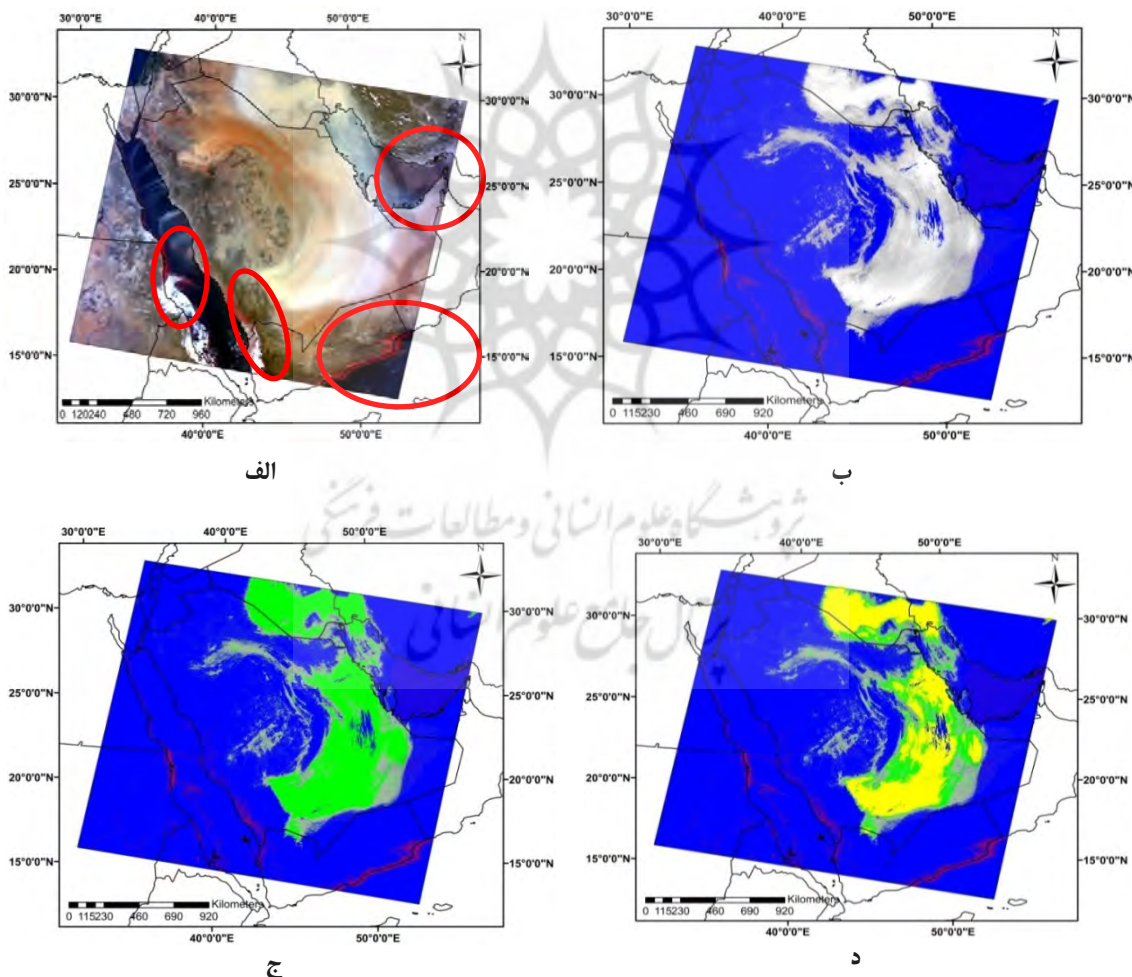
گذشته از مقایسه نتایج الگوریتم‌های بارسازی گردوغبار با تصویر رنگی طبیعی، به منظور بررسی کارایی بارسازی‌های اعمال شده، این نتایج با عمق اپتیکی آئروسول (AOD) و شاخص محصول بخش ریز آئروسول (FMF) که گروه مطالعاتی مادیس آن را تولید کردند (رامر و همکاران، ۲۰۰۵)، مقایسه شد.

عمق اپتیکی آئروسول (AOD)، یک کمیت وابسته به طول موج است که به معنای کاهش نور در واحد طول روی یک مسیر مشخص، تعریف می‌شود (چارلسون و هنتزبرگ، ۱۹۹۵: ۶۱). این مسیر نوری، در واقع فاصله عمودی از سطح زمین تا قسمت بالای جو است. مقدارهای عمق اپتیکی آئروسول، می‌تواند بسته به تراکم ذرات معلق و نیز ویژگی‌های آن ذرات، متفاوت باشد. اوگرن (۱۹۹۵) دامنه تغییرات این شاخص را ۰/۱-۰/۲ برای هوای قاره‌ای صاف و ۰/۱-۰/۵ برای هوای بحری صاف پیشنهاد کرد. افزایش این مقادیر از آنچه اوگرن پیشنهاد داده، بیشتر بودن ذرات معلق در امتداد ستون عمودی هوا را نشان می‌دهد و به بیان دیگر، دید در امتداد آن ستون کم است.

یافته‌های پژوهش

الگوریتم شناسایی گردوغبار یک

از این الگوریتم به دلیل بهره‌گیری از باندهای حرارتی و مرئی، نتیجه بسیار مناسبی در منطقه مورد مطالعه به دست آمد و توده گردوغبار به خوبی شناسایی شد. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، در این الگوریتم طی چهار مرحله محاسبه روی باندهای تصاویر مورد نظر، ابتدا پیکسل‌های بد و نامناسب خارج شدند، در مرحله دوم نیز پیکسل‌های ابری و دارای آب و سطح زمین نیز جدا شدند، در مرحله سوم پیکسل‌های گردوغباری و در مرحله چهارم، پیکسل‌های با توده گردوغبار ضخیم حذف شدند. هرچند به دلیل بازتابش‌های متفاوت در تصاویر گوناگون به دست آمده، پیشنهاد می‌شود سایر الگوریتم‌های معرفی شده نیز، مورد استفاده قرار گیرند.

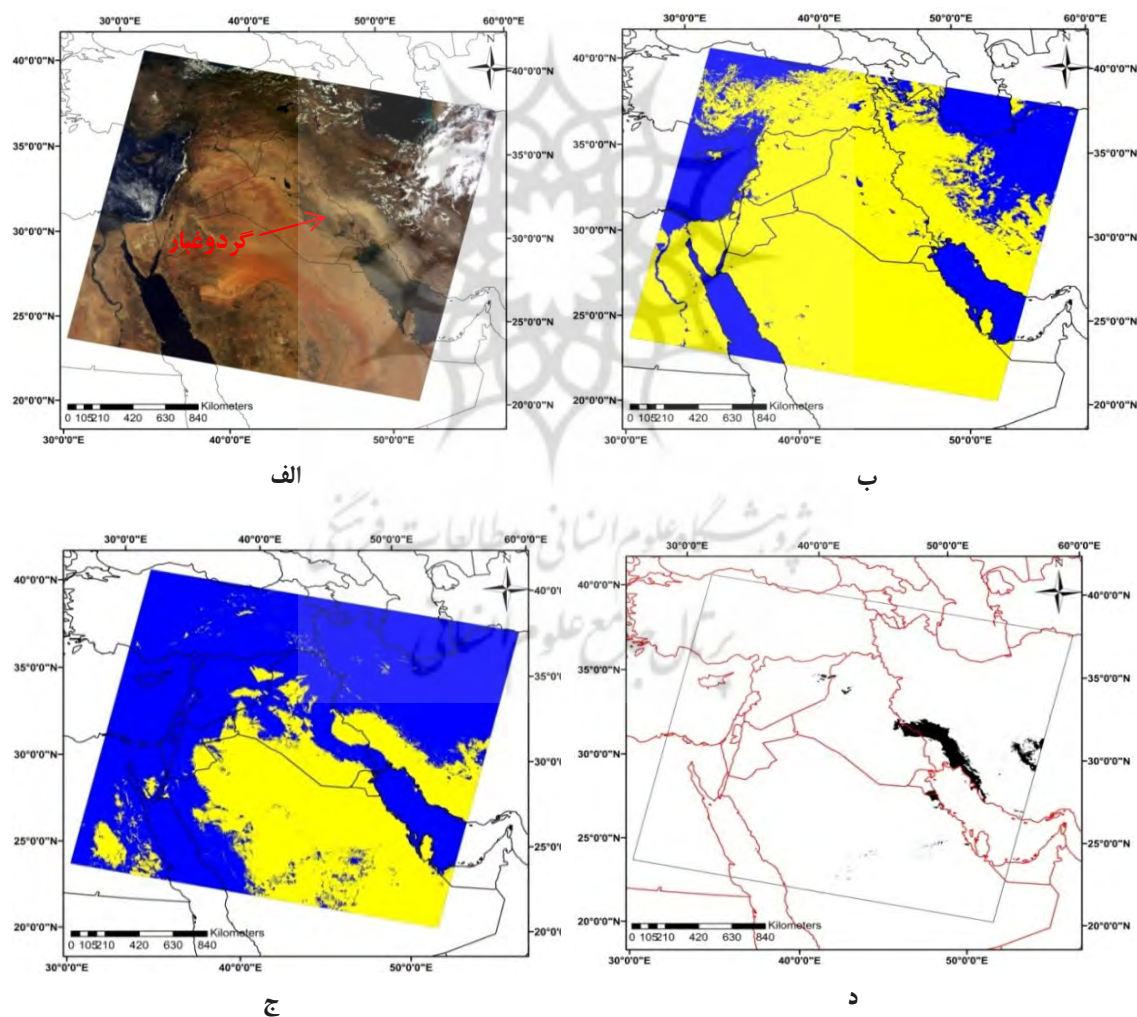


شکل ۳. مراحل مختلف استخراج توده گردوغبار با استفاده از الگوریتم شناسایی گردوغبار یک از روی تصاویر الف. حذف پیکسل‌های نامناسب (پیکسل قرمز رنگ)؛ ب. حذف پیکسل ابری و سطح زمین (پیکسل آبی رنگ)؛ ج. استخراج توده گردوغبار (پیکسل سبز رنگ)؛ د. استخراج توده گردوغبار غلیظ (پیکسل زرد رنگ).

همان‌طور که پیش از این بیان شد، ماهیت و ترکیب ذرات گردوغبار در مناطق مختلف، متفاوت است. بنابراین بایستی تمامی الگوریتم‌های موجود را امتحان کرد و با مقایسه آنها بهترین الگوریتم بارسازی را انتخاب کرد. شکل ۳ مراحل استخراج توده گردوغبار در تاریخ ۲۸ اسفند ۱۳۹۰ را به ترتیب نشان می‌دهد.

الگوریتم شناسایی گردوغبار دو

این الگوریتم نیز با استفاده از ترکیب شاخص تفاضل دمایی درخشایی، شاخص گردوغبار نرمال شده و باند ۱، به خوبی می‌تواند گردوغبار را از پدیده‌های دیگر زمینی تفکیک کند. الگوریتم شناسایی یک، به دلیل مشخص کردن مناطقی که گردوغبار غلیظ دارند، تصاویر بهتری را در مقایسه با الگوریتم شناسایی دو ارائه داده است. نحوه اعمال الگوریتم شناسایی دو روی تصاویر مادیس از ماهواره ترا در تاریخ ۳۱ خرداد ۱۳۹۱، در شکل ۴ نشان داده شده است.

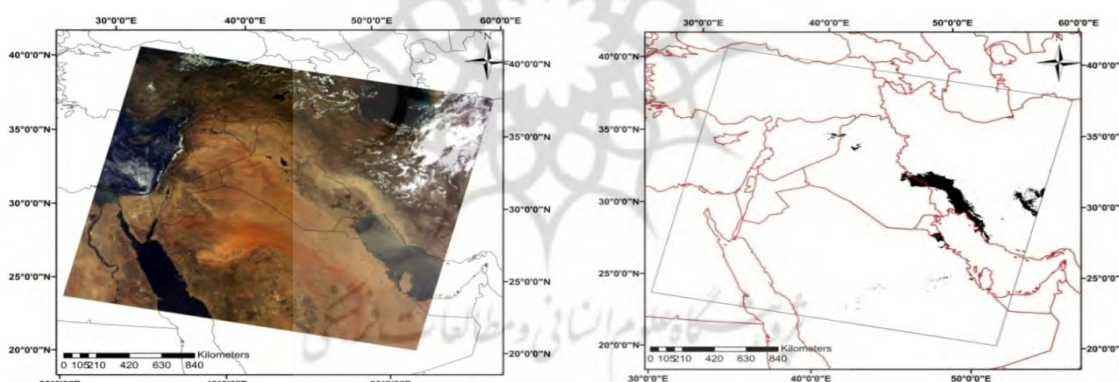


شکل ۴. تصاویر مراحل مختلف استخراج توده گردوغبار با استفاده از الگوریتم شناسایی گردوغبار دو از روی تصاویر

اگرچه الگوریتم شناسایی گردوغبار دو موفق به استخراج گردوغبار شد، ولی این الگوریتم مرز دقیق گردوغبار را از سایر پدیده‌های زمینی به خوبی شناسایی نکرد. در شکل ۴- ب و ۴- ج، مناطق زرد رنگ مجموع سطح زمین و گردوغبار را نشان می‌دهد. در مرحله چهارم توده گردوغبار غلیظ، به خوبی استخراج شده است.

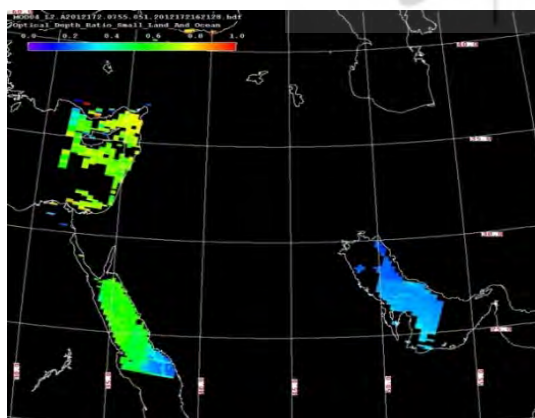
مقایسه گردوغبار استخراج شده با عمق اپتیکی ذرات معلق

ذرات گردوغبار اغلب در مناطق بیابانی و مناطقی وجود دارند که باد به سمت آنها می‌وزد. در کل یک رویداد گردوغبار با عمق اپتیکی آتروسول زیاد در ارتباط است؛ به طوری که توزیع AOD به دست آمده از مشاهدات ماهواره‌ای، می‌تواند به ما در آزمایش الگوریتم شناسایی گردوغبار بر اساس تصاویر ماهواره‌ای کمک کند. ژئی (۲۰۰۴)، هائو و کو (۲۰۰۷) و ژائو، آکرمن و گو (۲۰۱۰)، برای مقایسه نتایج الگوریتم‌های بارزسازی، از شاخص عمق اپتیکی ذرات معلق استفاده کردند. یک مثال از مقایسه تصویر RGB، AOD، FMF و آنالیز شناسایی گردوغبار در شکل ۵ آمده است. تصویر شاخص گردوغبار این پژوهش به خوبی با تصویر RGB، AOD، FMF قابل مقایسه است. همان گونه که از تصاویر شکل ۵ مشخص است، برخلاف مطالعات ژائو، آکرمن و گو (۲۰۱۰)، شاخص بخش ریز ذرات معلق برای مقایسه با نتایج بارزسازی، مناسب به نظر نمی‌رسد.

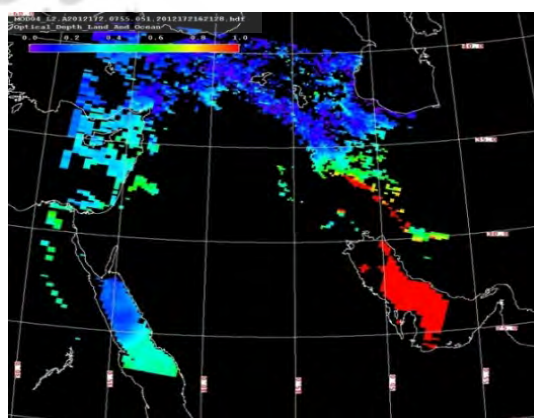


الف

ب



ج



د

شکل ۵. مقایسه گردوغبار استخراج شده تصویر ۳۱ خرداد ۱۳۹۱ با عمق اپتیکی ذرات معلق

مقایسه الگوریتم شناسایی با تصویر AOD سازگاری خوب را نشان می‌دهد. اگرچه محصولات مادیس دارای رخنه (شکاف) در سطوح روشن هستند (مانند تابش خورشید بالای اقیانوس، بیابان و بالای زمین) و AOD خیلی بالا در الگوریتم بازیابی AOD، مانند ابر مشخص می‌شود. در مقایسه‌ای که با کمک تصویر حقیقی RGB انجام شد، نشان داد که الگوریتم شناسایی بسیاری از توده‌های گردوغبار نازک را از دست می‌دهد، اما می‌تواند توده گردوغبار ضخیم را حتی در سطح روشن ثبت کند، جایی که AOD بازیابی شده موجود نیست. صرف نظر از محصولات AOD، محصول بخش ریز آئروسول (FMF)، برای اثبات پیکسل‌های با مقدار AOD بالایی که همراه ذرات درشت (مقدار FMF کم) هستند (مانند گردوغبار)، استفاده می‌شود. قدرت تفکیک مکانی تصاویر AOD استفاده شده ۱۰ کیلومتر است. در تصاویر AOD، عمق اپتیکی ذرات معلق، به‌طور دقیق برای مناطقی با گردوغبار غلیظ بازیابی نشده است. در این شرایط، نتایج بارسازی الگوریتم‌های استفاده شده، می‌تواند در مورد ذرات معلق، اطلاعات دقیق‌تری نسبت به تصاویر AOD در اختیار ما قرار دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش از چندین روش بارسازی توده گردوغبار استفاده شد. نتایج بارسازی در نقاط مختلف جهان، به دلیل خصوصیت‌های مختلف خاک‌های منشأ گردوغبار، متفاوت هستند. ترکیب شیمیایی و خصوصیت‌های متفاوت ذرات گردوغبار (مانند کانی‌شناسی، شکل و توزیع اندازه ذرات) ممکن است در مناطق مختلف، متفاوت باشند، بنابراین بازتاب‌های گوناگونی را از خود نشان می‌دهند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج نشان داده است که طوفان گردوغبار رخ داده در تاریخ ۲۸ اسفند ۱۳۹۰ و ۳۱ خرداد ۱۳۹۱، از شرق سوریه و شمال غرب عراق منشأ گرفته است و کانی‌های اصلی آن کوارتز، جیپس، کلسیت، و کانی‌های رسی بوده‌اند.

بارسازی توده گردوغبار از سایر پدیده‌های زمینی با استفاده از الگوریتم شناسایی گردوغبار یک و الگوریتم شناسایی گردوغبار دو، به خوبی انجام گرفت. اگرچه الگوریتم شناسایی گردوغبار دو موفق به استخراج گردوغبار شد، ولی این الگوریتم مرز دقیق گردوغبار را از پدیده‌های دیگر زمینی به خوبی شناسایی نکرد. در مقابل الگوریتم شناسایی گردوغبار یک به خوبی توده گردوغبار و مرز آنها را مشخص کرد. همچنین با استفاده از الگوریتم شناسایی گردوغبار یک، می‌توان گردوغبار غلیظ را نیز استخراج کرد. با توجه به مطالب و پژوهش انجام گرفته، پیشنهاد می‌شود از الگوریتم‌های بارسازی به کاررفته در این پژوهش، به‌منظور بارسازی طوفان‌های گردوغبار منشأ گرفته از مناطق مختلف، استفاده شود.

منابع

- Ackerman, S.A., 1989, **Using the Radiative Temperature Difference at 3.7 μ m and 11 μ m to Trace Dust Outbreaks**, Remote Sensing of Environment, Vol. 27, No. 2, PP.129-133.
- Charlson, R. J. and Heintzenberg J, 1995, **Introduction, in Aerosol Forcing of Climate: Report of the Dahlem Workshop on Aerosol Forcing of Climate, Berlin 1994, April 24-29**, John Wiley, New York.
- Christopher, S.A., Kliche, D.V., Chou, J., Welch, R.M, 1996, **First Estimates of the Radioactive Forcing of Aerosols Generated From Biomass Burning Using Satellite Data**, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, Vol. 101, No. D16, PP. 21265-21273.
- FAO, 2009, **Irrigation in the Middle East Region in Figures: AQUASTAT Survey - 2008 (FAO Water Reports)**, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), FAO Water Report.

- Hao, X. and Qu, J., 2007, **Saharan Dust Storm Detection Using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Thermal Infrared Bands**, Journal of Applied Remote Sensing, Vol. 1, No. 1, PP. 1-9.
- IPCC. Climate Change, 2007, **the Physical Science Basis; Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC**, Cambridge University Press, New York, USA.
- Jalali, N. and Davoudi, M.H., 2008, **Inspecting the Origins and Causes of the Dust Storms in the Southwest and West Parts of Iran and the Regions Affected**, Internal Reports of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Iran.
- Kaufman, Y.J., Tanré, D., Remer, L.A., Vermote, E.F., Chu, A., Holben, B.N., 1997, **Operational Remote Sensing of Tropospheric Aerosol over Land From EOS Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer**, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, Vol. 102, No. D14, PP. 17051-17067.
- Kuitel, H. and Furman, H., 2003, **Dust Storms in the Middle East: Sources of Origin and their Temporal Characteristics**, Indoor and Built Environment, Vol. 12, No. 6 419-6426.
- Li, Z., Khananian, A., Fraser, R.H., Cihlar, J., 2001, **Automatic Detection of Fire Smoke Using Artificial Neural Networks and Threshold Approaches Applied to AVHRR Imagery**, Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, Vol. 39, No. 9, PP.1859-1870.
- Masuoka, E., Fleig, A., Wolfe, R.E., and Patt, F., 1998, **Key Characteristics of MODIS Data Products**, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 36, No. 4, PP. 1313-1323.
- Middleton, N.J., 1986, **A Geography of Dust Storms in South-West Asia**, International Journal of Climatology, Vol. 6, No. 2, PP. 183-196.
- Modarres, R. and Silva V.P.R., 2007, **Rainfall Trends in Arid and Semi-Arid Regions of Iran**, Journal of Arid Environment, Vol. 70, No. 2, PP. 344-355.
- 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, PP. 216-226.
- Qu, J.J., Hao, X., Kafatos, M. and Wang, L., 2006, **Asian Dust Storm Monitoring Combining Terra and Aqua MODIS SRB Measurements**, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letter, Vol. 3, No.4, PP. 484-486.
- Remer, L.A., Kaufman, Y.J., Tanre, D., Mattoo, S., Chu, D.A., Martins, J.V., Li, R.R., Ichoku, C., Levy, R.C., Kleidman, R.G., Eck, T.F., Vermote, E., Holben, B.N., 2005, **The MODIS Aerosol Algorithm, Products, and Validation**, Journal of Atmospheric Science, Vol. 62, No. 4, PP. 947-973.
- Sivakumar, M.V.K., 2005, **Impacts of Sand Storms/Dust Storms on Agriculture**, Natural Disasters and Extreme Events in Agriculture, Springer, 159-177.
- Tanré, D. and Legrand, M, 1997, **On the Satellite Retrieval of Saharan Dust Optical Thickness Over Land: Two Different Approaches**, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, Vol. 96, No. D3, PP. 5221-5227.
- Tanré, D., Kaufman, Y.J., Herman, M., Mattoo, S., 1997, **Remote Sensing of Aerosol over Oceans from EOS-MODIS**, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, Vol. 102, No. 14, PP. 16971-16988.
- Wang, Z., Chen, L., Tao, J., Zhang, Y. and Su, L., 2009, **Satellite-Based Estimation of Regional Particulate Matter (PM) in Beijing Using Vertical-and-RH Correcting Method**, Remote Sensing of Environment, Vol. 114, No. 1, 50-63.
- Xie, Y., 2004, **Detection of Smoke and Dust Aerosols Using Multi-Sensor Satellite Remote Sensing Measurements**, Thesis, Nanjing Normal University, China.
- Zhang, P., Lu, N., Hu, X., Dong, C., 2006, **Identification and Physical Retrieval of Dust Storm Using Three MODIS Thermal IR Channels**, Global and Planetary Change, Vol. 52, No. 4, PP. 197-206.
- Zhao T.X.P., Ackerman, S. and Guo, W., 2010, **Dust and Smoke Detection For Multi-Channel Imagers**, Remote Sensing, Vol. 2, No. 10, PP. 2347-2368.