

ارزیابی داده‌های طیفی سنجنده OLI لندست در تخمین شاخص ضخامت نوری ریزگردهای مناطق بیابانی (AOT) مطالعه موردی: دشت یزد

میترا شیرازی^۱، محمد اخوان قالیباف^{۲*}، حمیدرضا متین‌فر^۳ و منصور نخکش^۴

۱- دانشجوی دکترای بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و کورشناسی، دانشگاه یزد، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه بیابان، دانشکده منابع طبیعی و کورشناسی، دانشگاه یزد، ایران، پست الکترونیک: makhavan_ghalibaf@hotmail.com

۳- دانشیار، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران

۴- دانشیار، گروه برق مخابرات، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه یزد

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۲۱

چکیده

گردوغبار از جمله عوامل مهم تأثیرگذار بر بیلان تابش و بازتابش خورشیدی در جو زمین است و از این نظر بر اقلیم محلی دارای تأثیر بسزایی می‌باشد. آشکارسازی ریزگردهای موجود در جو بر روی مناطق بیابانی بر خلاف دریا و اقیانوس‌ها (سطوح تیره) به دلیل تداخل بازتاب‌های طیفی سطوح روشن و گردوغبار به سختی انجام می‌شود. ارائه روشی ساده و کم هزینه برای شناسایی ریزگردها و پیش‌بینی اثرهای آن ضروریست. از جمله شاخص‌های مهم شناسایی گردوغبار و دود، شاخص ضخامت نوری ریزگرد (Aerosol Optical Thickness) می‌باشد که بصورت محصول آماده در مقیاس وسیع (10×10 km) عرضه می‌شود که مناسب برای آشکارسازی گردوغبار محلی نیست. هدف از انجام این تحقیق استفاده از داده‌های طیف مرئی و مادون قرمز میانی سنجنده OLI برای شناسایی ریزگردهای مناطق بیابانی است. در این تحقیق با استفاده از طول موج مادون قرمز میانی (2.1μm) و طول موجهای قرمز و آبی ضخامت نوری ریزگرد (AOT) محاسبه شد. نتایج نشان داد که نسبت بین طول موج قرمز و مادون قرمز میانی ۰/۹۵ و طول موج آبی و مادون قرمز میانی ۱/۰۵ است. مقایسه نتایج حاصل از محاسبه شاخص ضخامت نوری ریزگرد با اندازه‌گیری توسط تابش‌سنج نشان داد که همستگی بین داده‌های روش محاسباتی با داده‌های اندازه‌گیری مستقیم برای طول موج قرمز و آبی به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۹۵ و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) به ترتیب ۰/۹۱ و ۹/۴ است. بنابراین می‌توان گفت روش این تحقیق برای برآورد ضخامت نوری ریزگرد در طول موج ۰/۶۵ میکرومتر (AOT 0.65μm) دارای دقت کافی بوده و برای اندازه‌گیری ضخامت نوری ریزگرد در طول موج ۰/۴۷ میکرومتر (AOT 0.47μm) مناسب نیست.

واژه‌های کلیدی: طول موج، گردوغبار، سنجش از دور، تغییرات بازتاب، شاخص AOT.

مقدمه

بعد از برهم‌کنش با سطح زمین باید از جو عبور کند Myhre, (2005). این عبور باعث تغییر تندی، بسامد، شدت، توزیع طیفی و راستای تابش و در نتیجه منجر به پراکنش، جذب و شکست جوی می‌شود. این اثرها در طول موجهای مرئی بیشتر است (Kaufman et al., 2002). در واقع جو زمین در

محدوده طیف الکترومغناطیسی را می‌توان به دو بخش بازتابی و گرمایی تقسیم کرد. سنجنده‌ها با دریافت امواج بازتابی و گرمایی می‌توانند ویژگی‌های تابشی پدیده‌های زمینی را مشخص و ثبت کنند. تابش الکترومغناطیسی قبل و

خورشیدی و بازتاب تابش سطحی دریافتی از سنجنده‌های ماهواره‌ای محاسبه کرد.

مقادیر AOD می‌تواند با توجه به تراکم ذرات معلق و نیز ویژگی‌های ذرات متفاوت باشد. دامنه تغییرات AOD را $0.1-0.2$ برای هوای قاره‌ای صاف و $0.1-0.5$ برای هوای بحری صاف تعیین نمود. Kaufman (۲۰۰۰) نشان داد که شیب خط رگرسیونی که برای نشان دادن رابطه بین داده‌های ایستگاه‌های زمینی استفاده شده در شرق سیبری $1/5$ برابر بیشتر از آمریکای شمالی است. Chrysoulakis و همکاران (۲۰۰۳)، گزارش کرده‌اند که ضریب همبستگی خطی بین داده‌های حاصل از مودیس با داده‌های ایستگاه‌های زمینی با توجه به عرض جغرافیایی و شرایط هر منطقه بسیار متغیر است. Zhou و همکاران (۲۰۰۳) و همچنین Xu و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که پراکنش عمودی ریزگردها در هوا بستگی به پایین یا بالا بودن لایه اتمسفری دارد که در صورت پایین بودن لایه اتمسفری، ذرات مترکم شده و پراکنش آنها یکسان می‌شود و بعکس در صورت بالا بودن لایه اتمسفری، ذرات به‌طور نامنظمی پراکنش یافته و سنجنده مودیس عدد دقیقی را نمی‌تواند ثبت کند. وضعیت جغرافیایی ایستگاه نیز باید طوری باشد که عدد مناسبی از میزان PM10 را در سطح منطقه نشان دهد. Wang و Christopher (۲۰۰۳)، نیز نشان دادند که شیب خط مدل رگرسیونی بین داده‌های سنجنده مودیس و داده‌های ایستگاه‌های زمینی به‌غیر از میزان دقت سنجنده مودیس به عوامل دیگری مانند میزان رطوبت هوا، پراکنش عمودی ذرات گردوغبار در هوا و موقعیت جغرافیایی ایستگاه زمینی سنجش مقدار PM10 بستگی دارد. Gupta و همکاران (۲۰۰۶) با جمع‌آوری محصولات AOD سنجنده مودیس و مقادیر PM اندازه‌گیری شده در ۲۶ ایستگاه در پنج شهر بزرگ در سال ۲۰۰۲ اقدام به بررسی رابطه بین میانگین 24 ساعته AOD و PM2.5 بر مبنای استاندارد کیفیت هوای آژانس حفاظت محیط ایالات متحده نمودند، بین این دو پارامتر ضریب همبستگی ۰/۹۶ وجود داشت. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که نبود پوشش ابری، ارتفاع پایین لایه

طول موجهای بالاتر از جمله مادون قرمز و حرارتی تأثیر اندکی بر تابش الکترومغناطیسی دارد که می‌توان از آن چشم‌پوشی کرد. پراکندگی جوی بیش از همه بر مسیر تابش مرئی اثر می‌گذارد و می‌تواند توزیع طیفی طول موجهای مرئی و نزدیک مرئی را نیز تغییر دهد (Wang and Sundar, 2003).

ضخامت اپتیکی اتمسفر (Aerosol Optical Deep) معیاری است که بیان‌کننده تضعیف رادیانس ورودی به اتمسفر بر اثر جذب و پراکنش توسط ذرات معلق در یک ستون عمودی است که آن را می‌توان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای محاسبه نمود. این معیار می‌تواند به‌عنوان یک برآورد غیرمستقیم از تراکم ذرات اتمسفری بکار برده شود. البته مقدار AOD ثبت شده توسط سنجنده‌های ماهواره‌ای تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله رطوبت نسبی جو، ساختار کانی‌شناسی، شرایط هیگروسکوپی ذرات و غیره می‌باشد (Wang et al., 2009; Gupta et al., 2006). مطالعات قبلی نشان می‌دهد که بین ضخامت نوری اتمسفر بدست‌آمده از داده‌های ماهواره‌ای و غلظت ذرات با قطر کوچک‌تر یا مساوی $2/5$ و 10 میکرومتر همبستگی مثبت وجود دارد (Wang et al., 2009; Gupta et al., 2006). نخستین ویژگی ریزگردهاست که از انتگرال ضریب جذب اپتیکی ریزگردهای جوی از سطح زمین تا بالای اتمسفر بدست می‌آید (Dubovik et al., 2002). مقادیر غلظت ذرات گردوغبار در نزدیکی سطح زمین اندازه‌گیری می‌شود که برای ایجاد ارتباط بین این دو پارامتر به تعدادی فاکتور تبدیل نیاز است. عمق اپتیکی یا ضخامت نوری ریزگردها کمیته بی‌بعد است که میزان عبوردهی پرتو نور در جو را نشان می‌دهد و بیانگر میزان جذب و پراکنش ناشی از ذرات گردوغبار در مسیر عبوری نور است (Wang et al., 2009). یکی از راه‌های تعیین عمق اپتیکی ریزگردها، استفاده از روش‌های سنجش از دور است. از آنجاکه میزان جذب و پراکنش نور را می‌توان از مقدار کاهش شدت نور مستقیم خورشید تعیین نمود، بنابراین می‌توان عمق نوری را با اندازه‌گیری مستقیم تابش توسط دستگاه تابش‌سنج

ایرانمنش و همکاران (۲۰۱۰) مناطق برداشت ذرات گردوغبار و ویژگیهای انتشار آنها را در طوفانهای منطقه سیستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای بررسی کردند. طبق نتایج به دست آمده، تصاویر ماهواره‌ای برای تعیین مرکز طوفانها و ردیابی آنها مناسب است. آنان گزارش کردند که قسمت اعظم منشأ طوفانهای سیستان بر روی دریاچه هامون سابوری قرار دارد. وضعیت ریزگردها در اتمسفر از نظر مکان و زمان بسیار ناپایدار می‌باشد، به گونه‌ای که گاهی تا چند روز بیشتر در جو پایدار نمی‌باشند. شناسایی ریزگرد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بر روی سطوح روشن مانند زمین و بیابان نسبت به شناسایی آنها بر روی سطوح تیره مانند دریا و اقیانوسها بسیار مشکل تر می‌باشد (Kaufman *et al.*, 1994). بنابراین بیشتر روش‌های شناسایی ریزگرد بر پایه تغییرات طول موجهای حرارتی در روزهای گردوغبار و روزهای صاف است. نقشه‌های پهنه‌بندی ازن اسپکترومتر (TOMS) در طیف ماورای بنفش استفاده می‌شود. هریک از این روشها دارای محدودیت‌هایی می‌باشند. به عنوان مثال روشهای استفاده از طول موجهای حرارتی به اختلاف زیاد بین دمای سطح زمین و اتمسفر و روش TOMS به ارتفاع حساسیت دارند. بنابراین می‌توان گفت این روشها برای ارتفاع کمتر ۲-۱ متر مناسب نمی‌باشند. استفاده از تصاویر ماهواره مودیس در شناسایی ریزگرد بسیار رایج می‌باشد، در حالی که از تصاویر با تفکیک مکانی بالاتر مانند سنجنده لندست بصورت محدود استفاده شده است. تصاویر دارای قدرت تفکیک مکانی بالاتر اطلاعات بیشتری از وضعیت ریزگردهای کم تراکم را ارائه می‌دهند. Kaufman و همکاران (۲۰۰۰)، از تصاویر لندست ۸ برای محاسبه شاخص AOT در مناطق بیابانی سنگال استفاده نمودند. آنان خاطرنشان کردند که با استفاده از طول موجهای قرمز و آبی طیف الکترومغناطیس می‌توان شاخص AOT را محاسبه نمود. نتایج آنان نشان‌دهنده همبستگی شاخص AOT 0.64 محاسباتی با محصول AOD مودیس به میزان ۰/۹۶ و AOT 0.47 به میزان ۰/۷۷ می‌باشد. آنان دلیل کاهش همبستگی شاخص

مرزی، رطوبت نسبی پایین و مقادیر AOD بالاتر از ۰/۱ سبب افزایش ضریب همبستگی می‌گردد. آنان بالاترین ضریب همبستگی را در آسمان فاقد پوشش ابری، رطوبت نسبی زیر ۴۰٪ و ارتفاع لایه اختلاط اتمسفر بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر بدست آوردند. Gupta و همکاران (۲۰۰۷)، در مطالعه‌ای روی میزان ذرات معلق حاصل از آتش‌سوزی جنگل‌ها که تا مسافت‌های زیادی گسترش یافتند، نشان دادند که ضخامت نوری ارائه شده توسط سنجنده مودیس دارای دامنه تغییراتی ۰/۱ برای قبل از آتش‌سوزی تا بعد از آتش‌سوزی می‌باشد. برای تعیین دقت AOD اندازه‌گیری شده با سنجنده MODIS تحقیقاتی در جهان انجام شده است Hadjimitsis و Retalis (۲۰۱۰) با مقایسه داده‌های ضخامت نوری ماهواره‌ای و فوتومتر خورشیدی در مکانهای مختلف قبرس نشان دادند که ارتباط قوی ($R=0.83$) بین اندازه‌گیری‌ها برقرار است. Guo و همکاران (۲۰۰۹)، برای کاهش خطای تصادفی، استفاده از رابطه بین میانگین ساعتی و روزانه PM ایستگاه‌های زمینی با AOD در پیکسل‌هایی که ایستگاه در آن واقع بود و نیز روابط بین مقادیر PM با میانگین ۹ و ۲۵ پیکسل اطراف ایستگاه زمینی را پیشنهاد نمودند. Li و همکاران (۲۰۰۹)، برای بررسی تأثیر مقیاس زمانی بر کارایی مدل و تعریف یک مقیاس زمانی مناسب برای بررسی همبستگی پنج مقیاس متفاوت را در تحلیل‌های خود از طریق مقایسه دقت، انحراف و خطای مدل ارزیابی کردند. در نهایت نتایج نشان داد که مدل بدست‌آمده با استفاده از داده‌های ۳۰ روز منتهی به زمان مورد مطالعه بهترین کارایی را دارد. بعلاوه اختلاف موجود در ترکیب شیمیایی و اندازه ذرات در نقاط مختلف جهان ارائه رابطه همبستگی واحد با جزئیات کامل غیرممکن بوده، در نتیجه رابطه واحد برای استفاده در نقاط مختلف کره زمین وجود ندارد (Guo *et al.*, 2009). همچنین در پژوهشی دیگر که توسط Justiniano Santos (۲۰۱۰)، در منطقه شمالی اقیانوس اطلس و دریای کارائیب انجام شد، او نشان داد که ارتباط خطی قوی ($R=0/86$) بین مقادیر عمق اپتیکی تصاویر ماهواره‌ای با داده‌های زمینی حاصل از نورسنج خورشیدی وجود داشت.

است. هدف از این تحقیق استفاده از طول موج‌های مرئی (قرمز و آبی) و مادون قرمز میانی ($\mu\text{m}2/1$) سنجنده OLI برای محاسبه شاخص مذکور در مقیاس محلی برای اولین بار در ایران است.

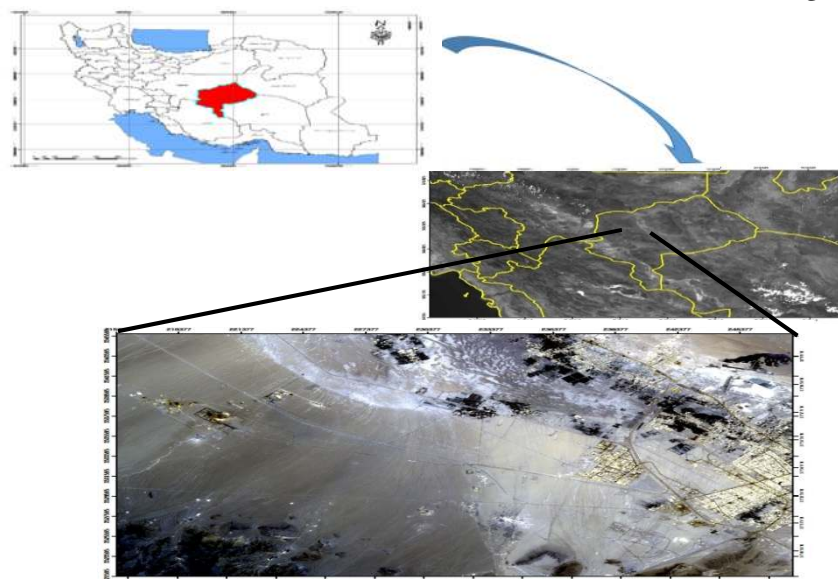
مواد و روش‌ها

دشت یزد در جنوب غربی استان یزد بین مختصات ۳۲ درجه و ۲/۷۹ دقیقه شمالی تا ۳۱ درجه و ۵۳/۶۸ دقیقه جنوبی و ۵۳ درجه و ۳۹/۴۴ دقیقه غربی تا ۲۴ درجه و ۲۳/۳۸ دقیقه شرقی با مساحت حدود ۱۰۵۹۰۶ هکتار حد فاصل شهرهای یزد و اردکان واقع شده است (شکل ۱). بیش از ۴۰ درصد مساحت دشت را اراضی لخت و بدون پوشش گیاهی با تراکم کمتر از ۲ درصد دربرمی‌گیرد. خسارتهای ناشی از طوفان در بخش‌هایی از دشت وجود دارد. به‌عنوان مثال، بر اساس مطالعات اخیر هر ساله به‌طور متوسط بیش از ۲۰۰۰۰ مترمکعب رسوب به صورت غبار (کمتر از ۸۰ میکرون) بر روی شهر ۷۰۰۰ هکتاری یزد فرو می‌ریزد. کاهش قدرت دید در روزهای طوفانی در پاره‌ای از نقاط دشت به کمتر از ۶ متر می‌رسد که تصادف وسایل نقلیه در مسیر جاده یزد - اردکان را به همراه دارد و بعضاً موجب توقف پرواز هواپیماها می‌شود. برآورد انواع خسارتهای ناشی از فرسایش بادی و طوفان‌های غبارزا در دشت یزد، نشان می‌دهد که سالانه بالغ بر ۱/۵ میلیون یورو به منابع زیستی و اقتصادی دشت یزد خسارت وارد می‌شود. وزش بادهای در استان یزد به دلیل عاری بودن سطح دشت‌ها و کوهستان‌ها از پوشش گیاهی شدید است. روزهای طوفانی همانند سایر نقاط فلات مرکزی زیاد و ۴۰ تا ۶۰ روز را شامل می‌شود. فراوان‌ترین طوفان‌های شن از اسفند شروع و تا اواخر خرداد ادامه دارند و حتی تا مرداد نیز طول می‌کشد. بنابراین می‌توان گفت آرام‌ترین دوره سال پاییز و ناآرام‌ترین آن بهار می‌باشد. سرعت باد به صورت طوفانهای سنگین و شدید می‌تواند تا ۹۰ کیلومتر بر ساعت نیز برسد و حتی در یزد تا ۱۲۰ کیلومتر نیز ثبت شده است. جهت وزش باد غالب در فصول گرم سال اغلب از شمال - شمال شرق و در

عمق اپتیکی ریزگرد در طول موج آبی را پخش اتمسفری در ناحیه طول موج آبی توسط ریزگرد بیان نمودند. Nguyen و همکاران (۲۰۱۴)، از همبستگی شاخص عمق اپتیکی ریزگرد بر مبنای داده‌های لندست ۸ با مقادیر PM10 در منطقه‌ای از ویتنام استفاده نمودند. آنان بیان نمودند که شاخص AOD دارای همبستگی بالایی با غلظت PM10 بوده، بنابراین می‌توان از روابط تجربی بین غلظت ریزگرد و AOD برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی غلظت ریزگرد استفاده نمود. Claverie و همکاران (۲۰۱۵)، قابلیت تصاویر لندست ۵ و ۷ را برای برخی از شاخص‌های سطح زمین بررسی نمودند. نتایج تحقیقات آنان حکایت از قابلیت بیش از ۸۰ درصد تصاویر لندست برای تهیه شاخص AOT دارد. Lin و همکاران (۲۰۱۶)، نیز از تصاویر OLI برای تهیه شاخص عمق اپتیکی بر روی سطوح روشن استفاده نمودند. Marconi و همکاران (۲۰۱۴)، تأثیر خصوصیات شیمیایی ریزگرد بر روی شاخص عمق اپتیکی را بررسی نمودند. نتایج تحقیق آنان بیانگر تأثیر بیش از ۷۱/۳ خصوصیات شیمیایی ریزگرد بر شاخص عمق اپتیکی بوده و تنها ۲۸/۷ درصد این شاخص تحت تأثیر سایر عوامل قرار می‌گیرد.

در این تحقیق سعی بر آن شد که با استفاده از تصاویر سنجنش از دور ریزگردهای سطوح بیابانی شناسایی شوند. البته در این روش نمی‌توان انتظار داشت که نوع ریزگردها را (دود و غبار) تعیین نمود، بلکه می‌توان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های زمینی با کمک تابش‌سنج، محدوده ریزگردهای موجود در اتمسفر را تعیین کرد. با توجه به این موضوع که یکی از شاخص‌های مهم سنجنش از دور برای شناسایی ریزگرد، شاخص AOD عرضه شده در سطح ۲ محصولات مودیس می‌باشد ولی به دلیل اندازه پیکسل بزرگ این محصول ($10 \times 10 \text{ km}$) بسیاری از رخدادهای ریزگرد در مقیاس محلی قابل دسترس نیست. در ضمن از دیگر منابع تهیه شاخص‌های آشکارسازی ریزگرد، استفاده از شبکه جهانی AERONET (Aerosol Robotic Network) است که متأسفانه بدلیل عدم نمونه‌برداری در کشور ایران نیاز به محاسبه این شاخص در مقیاس محلی

دوره‌های سرد جنوب غربی است..



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

می‌کشد. لندست ۸ نسبت به سنجنده‌های سابق دارای دو باند طیفی جدید، یعنی باند ساحلی / آئروسول در محدوده طول موج آبی و باند سیروس ۳ در محدوده مادون قرمز موج کوتاه بوده که به متخصصان امکان می‌دهد تا کیفیت آب و هوا و ابرهای مرتفع و کم‌تراکم را تشخیص دهند. سنجنده TIRS (Thermal Infrared Sensor) امکان تصویربرداری حرارتی و حمایت از برنامه‌های دیگر مانند اندازه‌گیری میزان تبخیر و تعرق برای مدیریت آب و مدل‌سازی هیدرودینامیکی سطح دریاها را فراهم می‌کند.

اندازه‌گیری تابش و بازتابش ماهواره لندست ۸ توسط سازمان ملی هوانوردی و فضاءنوردی آمریکا (NASA) در سال ۲۰۱۳ به فضا فرستاده شد. لندست ۸ دارای ۱۱ باند طیفی بصورت خورشید آهنگ هر ۹۹ دقیقه یکبار به دور زمین گردش می‌کند. مدار گردش این ماهواره به گونه‌ای انتخاب شده است که در ساعت ۹:۴۵ به وقت محلی از بالای خط استوا عبور می‌کند. این ماهواره در هر گذر، نواری به عرض ۱۸۵ کیلومتر را پوشش می‌دهد که تهیه پوشش کامل از سطح زمین ۱۶ روز به طول

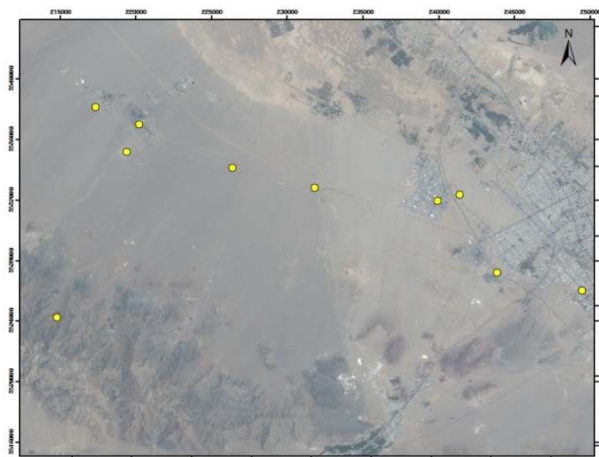
جدول ۱- باندهای سنجنده لندست ۸ و مشخصات هر یک از باندها

| شماره باند | تفکیک طیفی (میکرومتر) | نام باند | تفکیک مکانی (متر) | تفکیک زمانی (روز) | |
|------------|-----------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|----|
| ۱ | ۰/۴۳۳_۰/۴۵ | Coastal / Aerosol | ۳۰ | ۱۶ | |
| ۲ | ۰/۴۵_۰/۵۱ | Blue | | | |
| ۳ | ۰/۵۲۵_۰/۶ | Green | | | |
| ۴ | ۰/۶۳۰_۰/۶۸ | Red | | | |
| ۵ | ۰/۸۴۵_۰/۸۸ | Near Infrared | | | |
| ۶ | ۱/۵۶_۱/۶۶ | Short Wavelength Infrared | | | |
| ۷ | ۲/۱_۲/۳ | Short Wavelength Infrared | | | |
| ۸ | ۰/۵_۰/۶۸ | Panchromatic | | | ۱۵ |
| ۹ | ۱/۳۶_۱/۳۹ | Cirrus | | | ۳۰ |

| شماره باند | تفکیک طیفی (میکرومتر) | نام باند | تفکیک مکانی (متر) | تفکیک زمانی (روز) |
|------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|
| ۱۰ | ۱۰/۶_۱۱/۲ | Long Wavelength Infrared | ۱۰۰ | |
| ۱۱ | ۱۱/۵_۱۲/۵ | Long Wavelength Infrared | | |

نمونه‌برداری از تابش و بازتابش بصورت روش نمونه‌برداری سیستماتیک در اطراف صنایع و معادن آلاینده و تولیدکننده ریزگرد انتخاب شد. در محل‌های مورد نظر تابش توسط دستگاه تابش‌سنج (اسپکترومتر) در طول موج‌های آبی و قرمز و بازتاب از طریق تصاویر سنجنده OLI (Operational Land Imager) ماهواره لندست ۸ به ترتیب در طول موج‌های آبی، قرمز و مادون قرمز میانی (باندهای ۲، ۴ و ۷) برای اندازه‌گیری ضخامت اپتیکی ریزگرد اندازه‌گیری شد. شکل ۲ محل نقاط اندازه‌گیری تابش و بازتابش را نشان می‌دهد.

تصاویر ماهواره لندست بدلیل قدرت تفکیک مکانی و رادیومتریکی بالا و اضافه شدن برخی از باندها به نمونه‌های قبلی در بسیاری از مطالعات شناسایی ریزگردهای حاصل از طوفان‌های گردوغبار بکار رفته است. زاویه آزیموت سنجنده لندست ۸ با خورشید بین ۳۲ تا ۳۶ درجه و تصویربرداری بصورت نادیر می‌باشد (Tanré *et al.*, 1991). در این تحقیق تصاویر مربوط به تاریخ ۱۶ ژانویه ۲۰۱۷ از تارنمای ناسا دانلود و پس از کالیبره کردن، با استفاده از روش نقاط کنترل زمینی (GCP) زمین مرجع و با استفاده از الگوریتم (Fast Line-of-sight Atmospheric) FLAASH تصحیح اتمسفری شد. نقاط



شکل ۲- محل نقاط اندازه‌گیری تابش توسط تابش‌سنج و بازتابش توسط سنجنده OLI

مقادیر ضخامت اپتیکی ریزگرد بیشتر باشد میران امواج رسیده به تابش‌سنج کمتر می‌شود. در این تحقیق برای محاسبه AOT توسط تابش‌سنج از رابطه ۱ بر مبنای قانون Beer-Lambert-Bouguer استفاده گردید.

اندازه‌گیری شاخص AOT با استفاده از تابش‌سنج ضخامت نوری ریزگرد (Aerosol Optical thickness) یا عمق نوری ریزگرد (Aerosol optical depth) بر اساس تغییرات در شفافیت اتمسفر اندازه‌گیری می‌شود. هرچه قدر

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{AOT} = [\ln(V_0/R_2) - \ln(V - V_{\text{dark}}) - aR(p/p_0)m] / m$$

خورشید تا زمین برحسب واحد AU، مقدار متوسط فاصله

که در آن V_0 : مقدار ثابت تابش‌سنج، R: فاصله

زمین با توجه به فصول سال تغییر می‌کند. بنابراین برای محاسبه مقدار دقیق R از رابطه ۲ استفاده می‌شود.

$$R = (1 - \varepsilon^2) / [1 + \varepsilon \cos(360^\circ \times d/365)] \quad \text{رابطه (۲)}$$

رطوبت نسبی هواست.

جدول شماره ۲ اطلاعات مورد نیاز برای اندازه‌گیری ضخامت نوری ریزگرد (AOT) با استفاده از تابش‌سنج در تاریخ ۱۶ ژانویه ۲۰۱۷ را نشان می‌دهد. از اطلاعات دریافت شده از تابش‌سنج و جدول ۲ مقادیر AOT محل‌های نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد.

کره زمین تا خورشید برحسب واحد AU مقدار بدون بعد ۱ می‌باشد، که این مقدار به دلیل کاملاً گرد نبودن مدار کره

میزان انحراف مدار کره زمین که به‌طور تقریبی 0.0167 در نظر گرفته می‌شود. d: روز سال که بصورت عدد ۱ تا ۳۶۵ می‌باشد. V و V_{dark} به ترتیب ولتاژ تابش‌سنج در تاریکی و نور خورشید است. AR: میزان پخشیدگی طول موج موردنظر توسط ریزگرد است. برای طول موج قرمز 0.05793 می‌باشد. p و p₀ به ترتیب فشار هوا در منطقه و فشار استاندارد از سطح دریا برحسب بارومتر می‌باشد. m:

جدول ۲- پارامترهای مورد نیاز برای اندازه‌گیری ضخامت نوری ریزگرد (AOT) توسط تابش‌سنج

| محل اندازه‌گیری تابش | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | فشار هوا (میلی بار) | رطوبت نسبی (%) | فاصله خورشید تا زمین (AU) | زاویه خورشید (درجه) |
|----------------------|---------------|---------------|---------------------|----------------|---------------------------|---------------------|
| ۱ | ۵۴/۲۹ | ۳۱/۸۵ | ۸۸۰/۶ | ۵/۹۸ | ۰/۹۸ | ۵/۹۸ |
| ۲ | ۵۴/۲۷ | ۳۱/۹۰ | | ۶/۸۹ | | |
| ۳ | ۵۴/۲۵ | ۳۱/۸۹ | | ۶/۶۸ | | |
| ۴ | ۵۴/۶۶ | ۳۱/۸۲ | | ۴/۶۹ | | |
| ۵ | ۵۴/۰۳ | ۳۱/۹۲ | | ۴/۸ | | |
| ۶ | ۵۴/۰۱ | ۳۱/۹۴ | | ۵/۰۹ | | |
| ۷ | ۵۴/۰۴ | ۳۱/۹۳ | | ۵/۱۹ | | |
| ۸ | ۵۴/۳۵ | ۳۱/۸۴ | | ۱۰/۴۱ | | |
| ۹ | ۵۴/۱۶ | ۳۱/۹ | | ۵/۷ | | |
| ۱۰ | ۵۴/۱۱ | ۳۱/۹۱ | | ۵/۰۷ | | |

از لایه‌های گردوغبار می‌باشد، به طوری که از این خصوصیت برای شناسایی خصوصیات سطح زمین استفاده می‌شود. با توجه به این اصل که بیشتر غبار ناشی از فعالیت کارخانجات و مناطق شهری از نوع دود (smoke) با اندازه کوچک‌تر از ریزگرد هستند، بازتاب آنها با عمق اپتیکی $\lambda^{1.5}$ و λ^2 کاهش پیدا می‌کند (Kaufman et al., 1974; Remer and Kaufman, 1998).

۲- با استفاده از طول موج $2.1 \mu\text{m}$ می‌توان بازتابهای

روش محاسباتی شاخص AOT با استفاده از سنجنده

OLI

روش محاسباتی تخمین شاخص AOT با در نظر گرفتن خصوصیات جذب و بازتابش طیف نوری توسط سطح بیابان و توده گردوغبار و بر اساس دو فرضیه است (Kaufman et al., 1994).

۱- ریزگردها نسبت به طول موج $2.1 \mu\text{m}$ شفاف هستند، به این معنی که طول موج $2.1 \mu\text{m}$ بدون تغییر قادر به عبور

که گاهی رابطه بین طول موج مادون قرمز میانی و بازتاب امواج مرئی به حدود ۰/۳ تا ۰/۴ می‌رسد. به همین دلیل برای حذف اثرهای ناشی از تغییر امواج در زمان عبور از جو، تصحیحات اتمسفری بر روی تصاویر اعمال شد. سپس نمودار نسبت بین طول موج آبی و قرمز به مادون قرمز میانی ($\rho_{0.47 \mu m} / \rho_{2.1 \mu m}$ و $\rho_{0.64 \mu m} / \rho_{2.1 \mu m}$) ترسیم شد.

محاسبه شاخص ضخامت نوری ریزگرد با استفاده از تصاویر لندست از طریق مراحل زیر انجام شد (Kaufman et al., 2000).

۱- بازتاب ظاهری در محدوده طیفی 2.1 میکرومتر (ρ^*) در نقاط اندازه‌گیری تابش با استفاده از مدل انتقال دو طرفه به دلیل بخار آب (رابطه ۵) تصحیح شد.

$$\rho_{2.1} = \rho^*_{2.1} / 0.85 \quad \text{رابطه (۵)}$$

۲- بازتاب طول موج 0.47 و 0.64 میکرومتر از طریق روابط ۱ و ۲ تخمین زده شد.

۳- ضخامت نوری ریزگرد (AOT) با استفاده از بازتاب ظاهری طول موج آبی ($\rho^*_{0.47}$)، بازتاب ظاهری طول موج قرمز ($\rho^*_{0.64}$) (مدل انتقال تابش برحسب شعاع مؤثر ۲ میکرومتر و ضریب شکست $1.53-0.003i$ در طول موج آبی و $1.53-0.001i$ در طول موج قرمز و $1.46-0.001i$) و طول موج مادون قرمز میانی با استفاده از روابط ۶ و ۷ محاسبه شد.

$$\tau_{0.47} = (\rho^*_{0.47} - 0.075 - 0.81\rho_{0.47}) / (0.052 - 0.163\rho_{0.47}) \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$\tau_{0.64} = (\rho^*_{0.64} - 0.0176 - 0.89\rho_{0.64}) / (0.062 - 0.175\rho_{0.64}) \quad \text{رابطه (۷)}$$

داده است معادله ۸ محاسبه جذر خطای مربع میانگین را نشان می‌دهد.

$$RSME = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum [A - F]^2\right)} \quad \text{رابطه (۸)}$$

طول موج آبی ($0.47 \mu m$) و قرمز ($0.64 \mu m$) را تخمین زد. در تحقیقاتی در ایالات متحده نشان داده شد که بین طول موجهای آبی و قرمز و $1 \mu m^2$ معادلات تجربی ۳ و ۴ با میزان خطای $\Delta\rho = \pm 0.005$ برای $\rho_{2.1 \mu m} \leq 0.1$ برقرار است. حتی در بسیاری از موارد همبستگی بیشتری بین طول موجهای آبی و قرمز و مادون قرمز میانی برقرار می‌باشد (Kaufman et al., 1994).

$$\rho_{0.47 \mu m} = \frac{\rho_{2.1 \mu m}}{4} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\rho_{0.64 \mu m} = \frac{\rho_{2.1 \mu m}}{2} \quad \text{رابطه (۴)}$$

با در نظر گرفتن دو فرضیه بالا، می‌توان از باند مادون قرمز میانی تصاویر لندست ۸، بازتابهای کانال آبی و قرمز سطح زمین را برآورد نمود و بعد با استفاده از بازتاب طول موجهای سطح زمین و میزان انحراف آن در لایه فوقانی اتمسفر (Top of Atmosphere) میزان ضخامت اپتیکی ریزگرد (AOD) را بدست آورد.

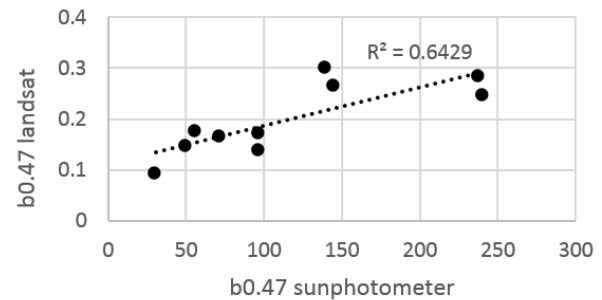
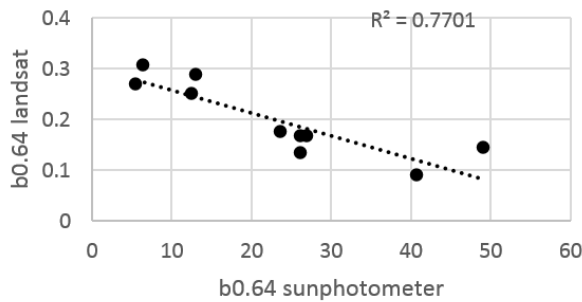
وجود پوشش گیاهی منجر به انحراف در جذب و بازتاب طول موجهای حرارتی و مادون قرمز می‌شود. سطوح بیابانی عاری از پوشش گیاهی می‌باشند، به همین دلیل می‌توان بازتابهای طول موجهای مرئی و حرارتی را با یکدیگر مقایسه نمود. ولی Kaufman و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقی که برای ارزیابی بازتاب طیف نوری در بیابانهای جنوب کالیفرنیا انجام دادند به این نتیجه رسیدند

به منظور بررسی صحت و اعتبارسنجی مدل از مقایسه پارامتر آماری RMSE (خطای جذر میانگین مربعها) استفاده شد. در واقع RMSE تفاوت میان مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل یا برآوردگر آماری و مقادیر واقعی می‌باشد که ابزار مناسبی برای مقایسه خطاهای پیش‌بینی توسط یک مجموعه

شکل ۳ نمودار همبستگی بین طول موجهای آبی و قرمز تابش سنج و باندهای ۲ و ۴ لندست را در تاریخ ۱۶ ژانویه ۲۰۱۷ نشان می دهد.

A مقادیر متغیر اصلی و F مقادیر متغیر پیش بینی شده.

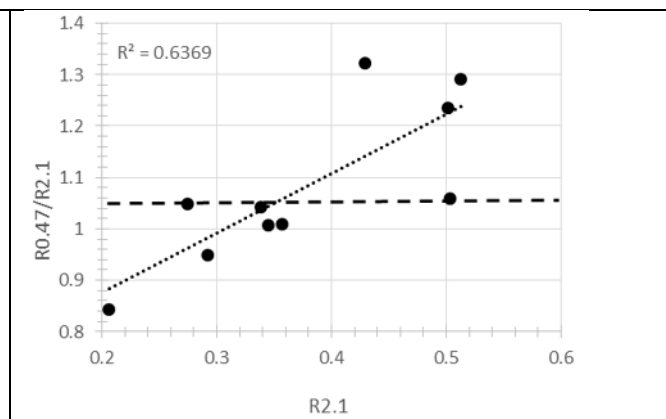
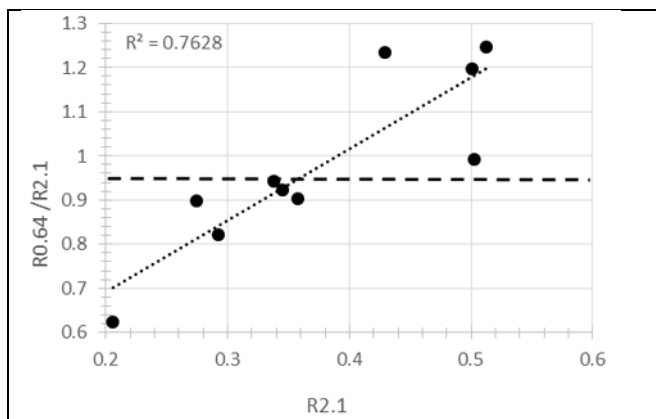
نتایج



شکل ۳- نمودار همبستگی طول موجهای آبی و قرمز تابش سنج و باندهای لندست

شکل ۴ نمودار نسبت بین طول موج آبی و قرمز به مادون قرمز میانی ($p\ 0.64\ \mu\text{m}$ و $p\ 0.47\ \mu\text{m} / p\ 2.1\ \mu\text{m}$) بعد از تصحیح اتمسفری تصاویر لندست را نشان می دهد.

با توجه به نمودار ۳ همبستگی طول موج آبی و قرمز تابش سنج با سنجنده OLI لندست و تابش سنج به ترتیب ۰/۸ و ۰/۸۷ می باشد، بنابراین می توان از داده های تابش سنج برای بدست آوردن ضخامت نوری ریزگرد استفاده نمود.

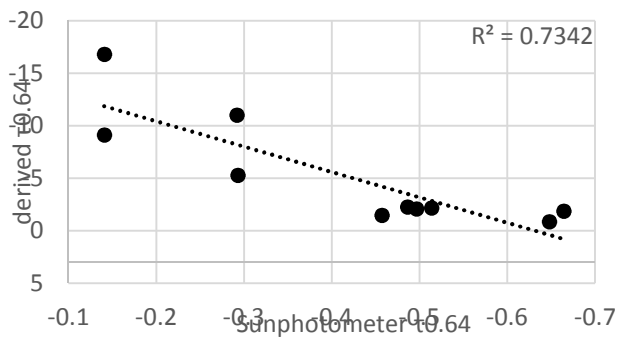


شکل ۴- نسبت باند قرمز و آبی به مادون قرمز میانی سنجنده OLI

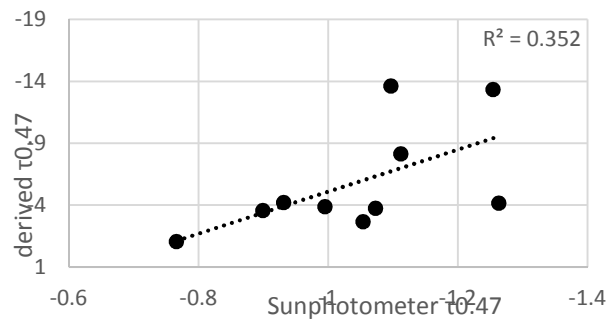
۰/۹ ($\Delta_{0.64} = \pm 0.09$) و برای طول موج آبی ۰/۸ ($\Delta_{0.64} = \pm 0.1$) می باشد. میزان همبستگی بین بازتاب سطح زمین در طول موج قرمز و آبی با مادون قرمز میانی به ترتیب

با توجه به نمودار ۴ میانگین نسبت طول موجهای آبی و مادون قرمز دور ۱/۰۵ و طول موجهای قرمز و مادون قرمز میانی ۰/۹۵ است. میزان خطای استاندارد برای طول موج قرمز

همبستگی ضخامت نوری ریزگرد در طول موج آبی و قرمز محاسبه شده توسط روش این تحقیق و ضخامت نوری ریزگرد اندازه‌گیری شده توسط تابش‌سنج را نشان می‌دهد.



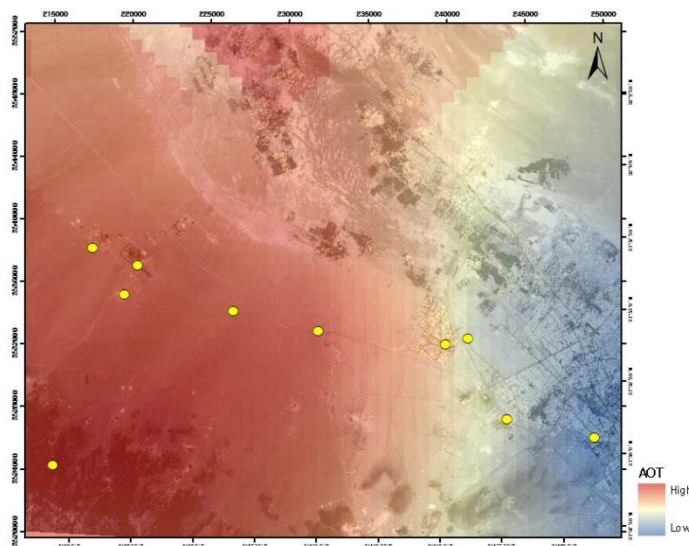
۰/۸۷ و ۰/۷۹ است. مقادیر نسبت و همبستگی‌های بدست‌آمده بین طول موج‌های مرئی و مادون قرمز میانی نشان می‌دهد می‌توان از طول موج‌های ذکر شده برای محاسبه ضخامت نوری ریزگرد طول موج قرمز با احتمال خطای ۰/۱ (۰/۰۷±۰.۱) و طول موج آبی ۰/۰۷



شکل ۵- نمودار همبستگی AOT محاسبه شده و AOT حاصل از تابش‌سنج

۰/۶۵ میکرومتر (AOT 0.65 μ m) دارای دقت کافی و روشی نامناسب برای اندازه‌گیری ضخامت نوری ریزگرد ۰/۴۷ میکرومتر (AOT 0.47 μ m) می‌باشد.

همبستگی ضخامت نوری محاسباتی ریزگرد نسبت به اندازه‌گیری توسط تابش‌سنج در طول موج قرمز و آبی به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۹۵ می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت این روش برای برآورد ضخامت نوری ریزگرد با طول موج



شکل ۶- ضخامت نوری محاسباتی ریزگرد با طول موج ۰/۶۵ میکرومتر (AOT 0.65 μ m)

بیشترین جذب و پخشیدگی طیف مرئی در محدوده طول موج آبی می‌باشد، به همین دلیل میزان تابش اندازه‌گیری شده در طول موج آبی با تصاویر ماهواره دارای اختلاف است. در این تحقیق به این دلیل که منطقه دارای سطحی صاف با توپوگرافی حداقل است می‌توان از اثر تغییر شیب بر روی زاویه تابش خورشید صرف‌نظر نمود. با توجه به اینکه شعاع مؤثر ذرات ریزگرد عموماً از ۱ میکرومتر کمتر و سطح بیابان فاقد پوشش گیاهی می‌باشد می‌توان از ترکیب باندهای مرئی و مادون قرمز میانی که در زمان عبور از لایه ریزگرد دارای تغییرات متفاوتی می‌باشند، استفاده کرد. در این تحقیق نسبت بین طول موج قرمز و آبی به طول موج مادون قرمز میانی به ترتیب ۱/۰۵ و ۰/۹۵ می‌باشد. با توجه به جذب و پخش زیاد طول موج آبی طیف نوری در زمان عبور از جو توسط ریزگرد قبل از رسیدن به سنسور تابش‌سنج و همچنین تغییرات دوباره بازتاب این طول موج قبل از رسیدن به سنسور سنجنده، استفاده از این روش در پهنه‌بندی ضخامت نوری ریزگرد در طول موج آبی توصیه (AOT_{0.47μm}) نمی‌گردد. از این رو میزان جذب و بازتاب طول موج قرمز توسط ریزگردهای مناطق بیابانی بسیار ناچیز بوده، بنابراین این روش برای اندازه‌گیری (AOT_{0.65μm}) طول موج قرمز مناسب است.

منابع مورد استفاده

- Chrysoulakis, N., Spiliotopoulos, M., Domenikiotis, C. and Dalezios, N., 2003. Towards monitoring of regional atmospheric instability through MODIS/Aqua images. In: Proceedings of the International Symposium Held at Volos, Journal of Greece, 35(12): 7-9.
- Claverie, M., Vermote, E., Belen, F. and Jeffrey, G., 2015. Evaluation of the Landsat-5 TM and Landsat-7 ETM+ surface reflectance products. Journal of Remote Sensing of Environment 169: 390-403.
- Dubovik, O., Holben, B. N., Eck, T. F., Smirnov, A., Kaufman, Y. J., King, M. D., Tanr'E, D. and Slutsker, I., 2002. Variability of absorption and optical properties of key aerosol types observed in worldwide locations: Journal of Chinese Journal of Atmospheric Sciences., 59: 590-608.

شکل ۵ پهنه‌بندی ضخامت نوری ریزگرد محاسبه شده با روش این تحقیق را نشان می‌دهد. به طوری که بیشترین تراکم ریزگرد بصورت دود اطراف کارخانجات فولاد آلیاژی و معادن شن و ماسه متمرکز شده و به دلیل موقعیت توپوگرافی دشت یزد و وجود رشته کوه‌های خراتق، مسجد و شیرکوه (بادهای محلی با دوره شبانه‌روزی آدیباتیک و کاتیباتیک) توده‌های ریزگرده به سمت کوه‌های مذکور و اطراف دشت کشیده شده و وضعیت پایداری هوا بر روی دشت در شرایط وارونگی سبب ماندگاری بیشتر ریزگرد بر روی منطقه شده است.

بحث

منبع اصلی عدم قطعیت این روش وجود خطا در نسبت بین طول موج آبی و قرمز با مادون قرمز میانی در سطح زمین (به ترتیب ۱/۰۵ و ۰/۹۵) می‌باشد. خطای جذر مربع میانگین ناشی از محاسبه طول موج قرمز ۰/۹۱ و آبی ۹/۴ می‌باشد که منجر به وجود خطای استاندارد در محاسبه ضخامت نوری طول موج قرمز به میزان ۰/۱ و برای طول موج آبی ۰/۰۷ شده است. البته وجود خطا به این دلیل می‌باشد که فرض می‌شود اتمسفر نسبت به طول موج ۲/۱ میکرومتر شفاف است، درحالی که اندازه ذرات گردوغبار خیلی کوچک نبوده و شعاع مؤثر آنها بین ۱ تا ۴ میکرومتر است (Kaufman et al., 1994; Pilinis et al., 1995; Shettle, 1984). شاخص بازتاب ذرات گردوغبار برای طول موج‌های بیش از ۱μm با افزایش طول موج کاهش می‌یابد ولی کاهش واقعی به میزان کاهش محاسبه شده در این مدل نمی‌باشد. این موضوع ثابت می‌کند که شاخص بازتاب در طول موج مادون قرمز کمتر از ۱/۲۲ نیست. باید توجه کرد که سایر عوامل از جمله اندازه و شکل ذرات، زاویه تابش خورشید و نادیر بودن تصویر ماهواره‌ای نیز بر میزان بازتاب و پخشیدگی طول موج توسط ذرات گردوغبار نیز دارای تأثیر می‌باشد، همچنین به دلیل بازتاب مشابه سطح روشن بیابانی و ریزگرد ۲/۱μm، تشخیص ریزگرد بر سطوح روشن بیابان بسختی انجام می‌شود.

- Chemistry and Physics, 14: 2039–2054.
- Myhre, G., 2005. Intercomparison of satellite retrieved aerosol optical depth over ocean during the period September 1997 to December 2000. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics*, 5: 1697–1719.
 - Nguyen, N. H. and Van, V. A., 2014. Estimation of PM10 from Aot of satellite landsat 8 image over Hanoi city. *International Symposium on Geo informatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences*.
 - Ogren, J. A., 1995. A systematic approach to in situ observations of aerosol properties, P 216-226. In: R. J. Charlson and J. Heintzenberg (Eds.), *Aerosol Forcing of Climate: Report of the Dahlem Workshop on Aerosol Forcing of Climate*, Berlin.
 - Pilinis, C., Pandis, S. N. and Seinfeld, J. H., 1995. Sensitivity of direct climate forcing by atmospheric aerosols to aerosol size and composition. *Journal of Geophys*, 100: 18 739–18 754.
 - Retalis, A. and Hadjimitsis, D. G., 2010. Comparison of aerosol optical thickness with in situ visibility data over Cyprus. *Journal of Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10: 421–428.
 - Shettle, E. P., 1984. Optical and radiative properties of a desert aerosol model, in *Proc. Symp. Radiation in the Atmosphere*. *Journal of Fiocco*, 24(2):74–77.
 - Wang, J. and Christopher, S. A., 2003. Inter comparison between satellite-derived aerosol optical thickness and PM 2.5 mass: Implication for air quality studies. *Journal of Geophysical research letters*, 30: 1-4.
 - 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. *Journal of Remote Sensing of Environment*. 35(17):215-230.
 - Xu, X., Ding, G., Zhou, L., Zheng, X., Bian, L., Qiu, J., Yang, L. and Mao, J., 2003. Localized 3D-structural features of dynamic-chemical processes of urban air pollution in Beijing winter". *Journal of Chinese Science Bulletin*, 8: 819–825.
 - Zhou, L., Xu, X., Ding, G., Zhou, M. and Cheng, X., 2005. Diurnal variations of air pollution and atmospheric boundary layer structure in Beijing during winter 2000/2001". *Journal of Advances in Atmospheric Sciences*, 22: 126–132.
 - Guo, J. P., Zhang, X. Y., Che, H. Z., Gong, S. L., An, X., Cao, C. X., Guang, J., Zhang, H., Wang, Y. Q., Zhang, X. C., Xue, M., Li, X. W., 2009. Correlation between PM concentrations and aerosol optical depth in eastern China, *Journal of Atmospheric Environment*, 43(37):5876-5886.
 - Gupta, P., Christopher, S. A., Wang, J., Gehrig, R., Lee, Y., Kumar, N., 2006. Satellite remote sensing of particulate matter and air quality assessment over global cities. *Journal of Atmospheric Environment*, 40:5880–5892.
 - Jursa, S., *Geophysical Handbook*. Springfield, VA: AFGL, 1985.
 - Justiniano Santos, M., 2010. Influence of Saharan Aerosols on Phytoplankton Biomass in the Tropical North Atlantic Ocean, *Dissertation University of Puerto Rico Mayaguez campus*, PP 101.
 - Kaufman Y. J., Karnieli A. and Didier, T., 2000. Detection of dust over deserts using satellite data in the solar wavelengths. *Journal of Ieee Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 38(1):315-330.
 - Kaufman, Y. J., Gitelson, A., Karnieli, A., Ganor, E., Fraser, R. S., Nakajima, T., Mattoo, S. and Holben, B. N. 1994. Size distribution and phase function of aerosol particles retrieved from sky brightness measurements. *Journal of Atmospheres*, 99: 10341–10356.
 - Kaufman, Y. J., Tanré, D. and Boucher, O., 2002. A satellite view of aerosols in the climate system. *Journal of Nature*, 419, 215-223.
 - Li, H., Farugue, F., Williams, W., Al-Hamdan, M., Luvall, J., Crosson, W., Rickman, D., Limaye, A., 2009. Optimal temporal scale for the correlation of AOD and ground measurements of PM2.5 in a real-time air quality estimation system. *Journal of Atmospheric Environment*, 43:4303–4310.
 - Lin, S., Jing, W., Muhammad, B., Xinpeng, T., Chen, J., Yamin, G. and Xueting, M., 2016. Aerosol optical depth retrieval over bright areas using landsat 8 OLI Images. *Journal of Remote Sensing*, 8: 8-23.
 - Marconi, M., Sferlazzo, M., Becagli, D. S., Bommarito, C., Calzolari, G., Chiari, M., Sarra, A., di, C., Ghedini, J. L., Gómez-Amo, F., Lucarelli, D., Meloni, F., Monteleone, S., Nava, G., Pace, S., Piacentino, F., Rugil, M., Severil, R., Traversi, R. and Udisti, A., 2014. Saharan dust aerosol over the central Mediterranean Sea: PM10 chemical composition and concentration versus optical columnar measurements. *Journal of Atmospheric*

Evaluation of Landsat OLI data for estimating Aerosol Optical Thickness over deserts (AOT) Case study: Yazd desert

M. Shirazi¹, M. A. Ghalibaf^{2*}, H. R. Matinfar³ and M. Nakhkesh⁴

1-Ph.D. Student of De-desertification, Faculty of Natural Resources and Desertification, Yazd University, Iran

2*-Corresponding author, Assistant Professor, Department of Desert, Faculty of Natural Resources and Desertification, Yazd University, Iran, Email: makhavan_ghalibaf@hotmail.com

3- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran

4- Associate Professor, Department of Telecommunication, Faculty of Electrical Engineering, Yazd University, Iran

Received:12/12/2018

Accepted:02/14/2019

Abstract

Dust is one of the most important effective factor on solar radiation forcing and reflection on earth's atmosphere, and in this point, it has a significant impact on local climate. Detection of aerosols on desert zones, despite the sea and oceans (dark surfaces), is difficult because of reflectometric interference spectroscopy of bright surfaces. Representing a simple and low costs method for detecting dusts and predicting their effects is essential. One of the most important indexes for dust and smoke detection is the AOT (Aerosol Optical thickness), which provided in large-scale (10x10 km) which is not suitable for local dust scales detection. The purpose of this study is using visible and mid-infrared spectrum of OLI sensor for detection dust of deserts. In this study, by using of mid-wave infrared (2.1 μm), red and blue wavelengths the AOT was calculated. The results indicated that ratio between the red and mid-wave infrared wavelengths is 0.95 and blue wavelengths and mid-wave infrared is 1.05 respectively. The comparison results of AOT index by radiometer showed that the correlation between computational method for data and the direct measurement for the red and blue wavelengths were 0.83 and 0.95 with root-mean-square deviation (RMSE) were 0.91 and 9.4 respectively. Therefore, it can be said that this method for estimating the Aerosol optical thickness at 0.65 μm (AOT 0.65 μm) is enough accuracy and is not suitable to measure Aerosol optical thickness at 0.47 μm (AOT 0.47 μm).

Keywords: Wavelength, aerosol, remote sensing, radiative transfer, aerosol optical thickness.