

بررسی و تحلیل مکانی-زمانی شاخص AOD پدیده گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور طی

سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۰۰ (مطالعه موردی: غرب و جنوب غرب ایران)

سروه داروند^۱، حسن خسروی^{۲*}، هادی اسکندری دامنه^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه هرمزگان

Email: (hakhosravi@ut.ac.ir)

چکیده

پدیده گرد و غبار یکی از رایج‌ترین و مخرب‌ترین پدیده‌ها در مناطق خشک بشمار می‌آید که انسان و محیط زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زمانی که در یک منطقه خشکی هوا ادامه داشته باشد و سطح خاک کاملاً خشک باشد با وقوع باد در این منطقه توفان‌های بزرگ گرد و غبار رخ می‌دهد و اثرات نامطلوب فراوانی به همراه خواهد داشت. در این پژوهش برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی گرد و غبار در استان‌های کرمانشاه، ایلام و خوزستان از داده‌های سنجش از دور سنجنده MODIS ماهواره ترا در بازه زمانی ماهانه برای فصل تابستان (ژوئن، جولای و آگوست)، با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ کیلومتر در طول دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰ استفاده گردید. روند تغییرات ماهانه شاخص AOD استان‌های کرمانشاه، ایلام، لرستان و خوزستان نشان داد هر چه از غرب ایران به سمت جنوب غرب ایران می‌رویم، مقدار شاخص AOD افزایش یافته است که این روند در سه ماه ژوئن، جولای و آگوست در همه سال‌ها مشهود بوده است. همچنین تغییرات میانگین فصلی شاخص AOD بیانگر مقادیر عمق نوری زیاد در قسمت جنوب غرب کشور می‌باشد و به طوری که مقدار AOD از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ کاهش پیدا کرده است و از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۹ مقدار متوسط عمق نوری افزایش پیدا کرده است به طور کلی طی دوره مطالعاتی مقدار شاخص AOD افزایش یافته است که نشان دهنده افزایش مقدار گرد و غبار در منطقه طی دوره مطالعاتی می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش استان خوزستان نسبت به سه استان دیگر دارای مقدار گرد و غبار بیشتری بوده و جهت مدیریت باید در اولویت قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات مکانی-زمانی، میانگین فصلی، عمق نوری، سنجنده MODIS، GIS

مقدمه

یکی از مهم‌ترین بلاهای طبیعی که طی سالیان اخیر مورد توجه قرار گرفته، پدیده گرد و غبار است. در سال‌های اخیر در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان که از میانگین بارش کمی برخوردار هستند پدیده گرد و غبار از اهمیت بالایی برخوردار شده و تبدیل به یک مسئله‌ی نگران‌کننده شده است. ایران به علت همسایگی با بخش‌های وسیعی از پهنه‌های بیابانی تحت آثار نامطلوب این پدیده است (بروغنی و پوره‌اشمی، ۱۳۹۸). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که این پدیده یکی از رایج‌ترین و مخرب‌ترین پدیده‌ها در مناطق خشک به شمار می‌آید که انسان و محیط زیست را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زمانی که در یک منطقه خشکی هوا اتفاق بیافتد سطح خاک کاملاً خشک می‌شود اگر باد شدید در منطقه رخ دهد باعث ایجاد توفان‌های گرد و غبار می‌شود (قدیمی و همکاران، ۱۳۹۸). از اثرات این پدیده مخرب می‌توان به مشکلات تنفسی و ریوی، مشکلات بینایی و بیماری‌های عفونی انسان، تأثیر بر میزان کوچ و زادآوری پرندگان و شرایط زیستگاهی حیات وحش، همچنین کاهش کیفیت آب و سلامت هوا اشاره کرد (رایگانی و همکاران، ۱۳۹۵). در مرز غربی ایران بیابانی همچون بیابان‌های عراق، عربستان سعودی و در فاصله دورتر سوریه و شمال آفریقا قرار دارد. موقعیت جغرافیایی نیمه غربی ایران و مجاورت آن با این بیابان‌ها موجب رخداد مکرر پدیده گرد و غبار با شدت متفاوت در طول سال می‌شود (علی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۴). تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور، بخاطر فراهم آوردن داده‌های به روز و قابلیت بالای پردازش تصاویر، کاربرد وسیعی در تمام بخش‌ها از جمله منابع طبیعی دارند (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲). سنجش از دور به عنوان علم و فن تولید اطلاعات مکانی و سیستم اطلاعات جغرافیایی و بخاطر برخورداری از امکانات تحلیلی می‌تواند برای بررسی و ارزیابی تغییرات، نقش اساسی داشته باشند. روش‌های اندازه‌گیری زمینی و فناوری سنجش از دور از مهم‌ترین روش‌های ردیابی و توزیع گرد و غبار در محیط شمرده می‌شوند (kaufman et al, 2002). تصاویر ماهواره‌ای به دلیل این‌که می‌توانند پهنای وسیعی را پوشش دهند و همچنین قابلیت تکرار دارند ابزار بسیار مهمی

برای پایش گرد و غبار می‌توانند باشد (Myhre et al, 2005). ۳۰ سال از زمانی که داده‌های سنجش از دوری، همچون AOD در پایش گرد و غبار استفاده می‌شود، می‌گذرد در طی گذشت این زمان تکنیک‌های سنجش از دور بهبود یافته و پیشرفت قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند (Wang et al, 2010). با استفاده از سنجش از دور می‌توان پایش مکانی و زمانی گرد و غبار را در سطح وسیع بررسی کرد (ناصرپور و همکاران، ۱۳۹۴). خصوصیات نوری توده‌های گرد و غبار از قبیل ضخامت نوری یا عمق اپتیکی (AOD)، در فهم تأثیرات گرد و غبار در تغییرات اقلیم و چرخه بیوژئوشیمیایی بسیار مهم و حیاتی هستند. عمق اپتیکی گرد و غبار، کمیتی بی بعد است که میزان عبوردهی پرتو نور را در جو نشان می‌دهد و بیانگر میزان جذب و پراکنش ناشی از ذرات گرد و غبار در مسیر عبوری نور است (Aloysius et al, 2009). یکی از راه‌های تعیین AOD استفاده از داده‌های مبتنی بر سنجش از دور می‌باشد. سنجنده‌های مودیس ماهواره ترا در باندهای حرارتی، مرئی، مادون قرمز نزدیک تصویربرداری می‌کنند که با استفاده از آن‌ها میزان AOD را می‌توان تعیین کرد. شاخص AOD به لحاظ دقت و تشخیص و گستره مکانی، امکان پایش زمانی و مکانی را در گسترده زیادی در اختیار می‌گذارد. برای تعیین AOD با سنجنده مودیس تحقیقاتی در ایران و جهان صورت گرفته است.:

رزولی و همکاران (۱۳۹۴) به پایش و تحلیل سینوپتیکی پدیده گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور و GIS پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که منشأ اصلی گرد و غبار محل اتصال رودخانه دجله و فرات بوده است و در ادامه مشخص شد تصاویر سنجنده مودیس به دلیل در دسترس بودن، هزینه کم و تکرارپذیری آن در دو بازه در ۲۴ ساعت برای پایش گرد و غبار مناسب است. ارجمند و همکاران در سال ۱۳۹۸ به پایش زمانی و مکانی پدیده گرد و غبار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در جازموریان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که عمده وقایع گرد و غبار در منطقه جازموریان در دو فصل بهار و تابستان اتفاق می‌افتد و به ترتیب در فصل زمستان و پاییز از شدت آن کاسته می‌شود. بنابراین فعالیت گرد و غبار در چهار ماه می، ژوئن، ژولای و آگوست شدید و در چهار ماه نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه ضعیف‌تر از ماه‌های دیگر است. نوروزی و شعاعی (۱۳۹۷) به شناسایی مناطق دارای پتانسیل تولید گرد و غبار در جنوب غرب ایران پرداختند نتایج آن‌ها نشان داد که نواحی غرب و جنوب غرب استان خوزستان نسبت به سایر نواحی این استان با گرد و غبارهای ورودی از خارج یا داخل استان مواجه می‌شوند. آرامی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی تحلیل مطالعات مخاطره گرد و غبار در جنوب غرب ایران طی یک دوره ۲۲ ساله پرداختند نتایج آن‌ها نشان داد که جهت آشکارسازی پدیده‌های گرد و غبار صرفاً استفاده از باندهای حرارتی کافی نیست. باید از ترکیب طیف‌های انعکاسی و حرارتی MODIS جهت آشکارسازی استفاده نمود، همچنین منطقه مرزی بین سوریه و شمال غرب عراق، غرب و جنوب غرب عراق به همراه شرق و شمال شرق عربستان کانون‌های اصلی گرد و غبار برای منطقه مورد مطالعه هستند و شرایط همدیدی همزمان با رخداد گرد و غبارهای رخ داده نشان از نقش بارز سیستم‌های سیکلونی در رخداد و انتقال این پدیده است. تان (۲۰۱۴) به بررسی توفان گرد و غبار در چین از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ پرداخت نتایج آن تحقیق نشان داد که بیش‌ترین وقوع گرد و غبار در سال ۱۹۸۳ اتفاق افتاده است. همچنین از سال ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۹ وقوع گرد و غبار روند کاهشی و از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ روند افزایشی داشته است.

با توجه به مطالب بالا در این پژوهش تلاش شد تا با استفاده از داده‌های ماهانه شاخص AOD حاصل از سنجنده مودیس به بررسی و تحلیل تغییرات زمانی و توزیع مکانی توفان‌های گرد و غبار غرب و جنوب غرب ایران در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ پرداخته شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق چهار استان ایلام، کرمانشاه، لرستان و خوزستان واقع در غرب و جنوب غرب ایران که با پدیده گرد و غبار مواجه می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند و موقعیت آن‌ها در کشور ایران به شرح زیر است (شکل ۱). استان ایلام: با وسعت ۱۹۰۸۶ کیلومترمربع، حدود ۱/۴ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. استان ایلام در غرب دامنه سلسله جبال زاگرس قرار گرفته است. این استان از جنوب با خوزستان، از شرق با لرستان، از شمال با کرمانشاه و از سمت غرب با کشور عراق هم‌جوار است (طرح مطالعات جامع توسعه استان ایلام، ۱۳۹۲).

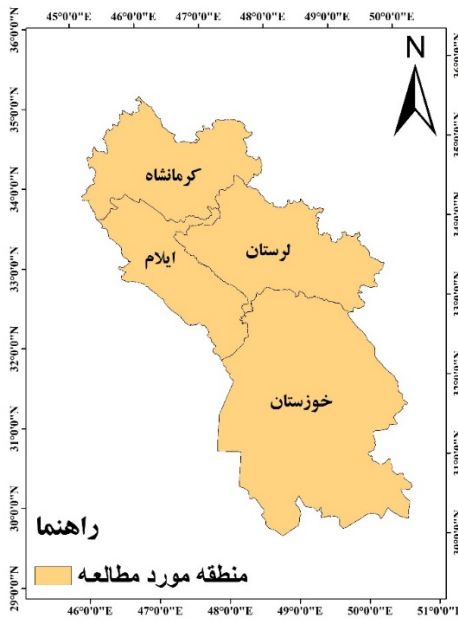
1 . Aerosol Optical Depth

2 . Geographic Information System

استان کرمانشاه: با وسعت ۲۴۶۳۶ کیلومترمربع، به مرکزیت شهر کرمانشاه، در میانه‌ی ضلع غربی کشور قرار گرفته است. این استان از شمال به استان کردستان، از جنوب به استان ایلام و لرستان و از شرق به استان همدان و از غرب با کشور عراق همسایه است (سالنامه آماری استان کرمانشاه، ۱۳۹۵).

استان لرستان: با مساحتی حدود ۲۸۳۰۸ کیلومترمربع با مرکزیت شهر خرم‌آباد در ناحیه جنوب غرب ایران واقع شده است. استان لرستان از شمال با استان‌های همدان و مرکزی، از شرق با استان اصفهان، از جنوب با استان خوزستان و از غرب با استان‌های کرمانشاه و ایلام همسایه است (انصاری و همکاران، ۱۳۹۸).

استان خوزستان: با وسعت ۶۴۶۶۴ کیلومتر مربع در جنوب غرب ایران قرار دارد. استان خوزستان از شمال به استان لرستان از جنوب به خلیج فارس از مشرق به استان چهارمحال بختیاری و از غرب به عراق و استان ایلام محدود می‌شود (نبوی و همکاران، ۱۳۹۹).



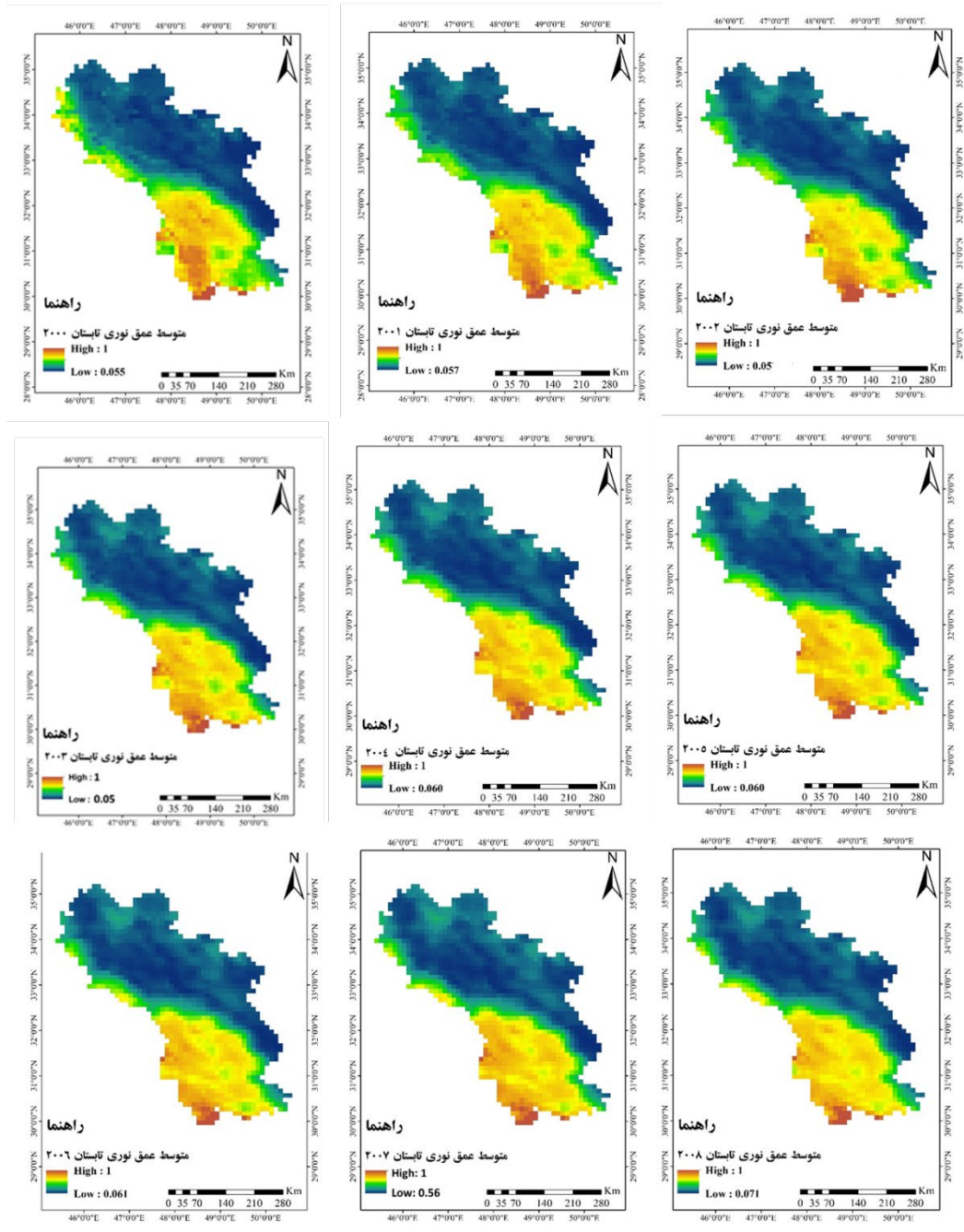
شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

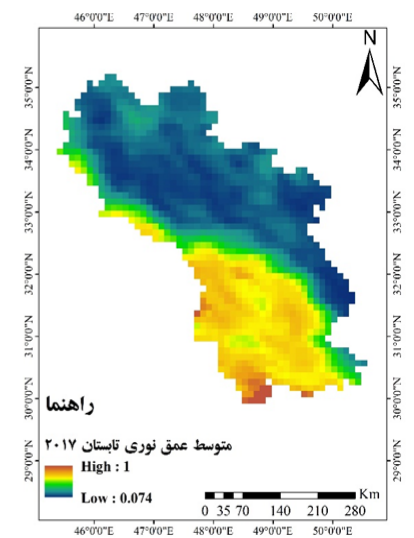
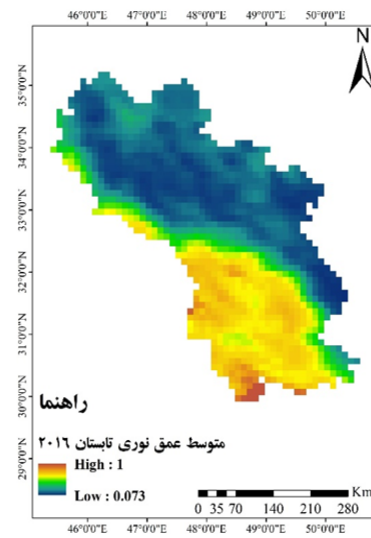
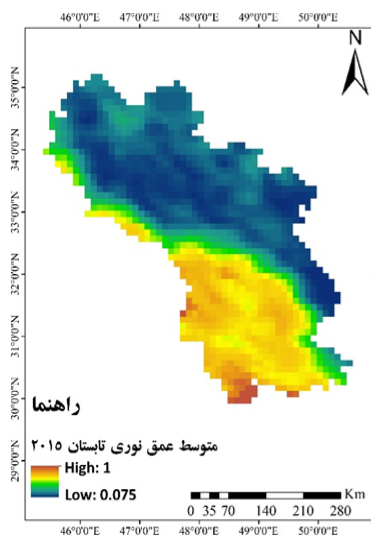
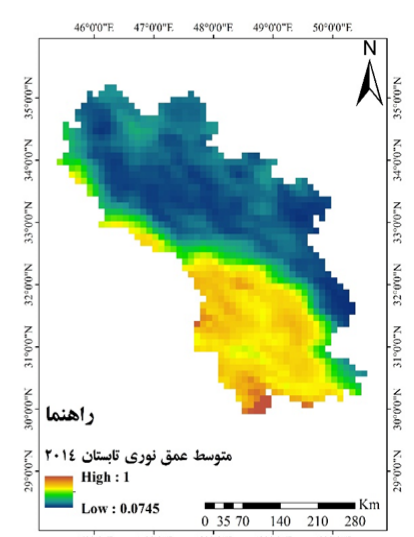
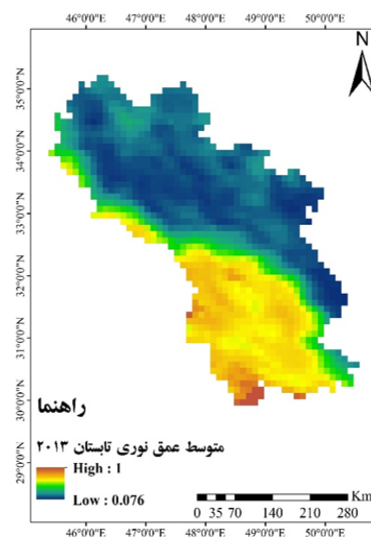
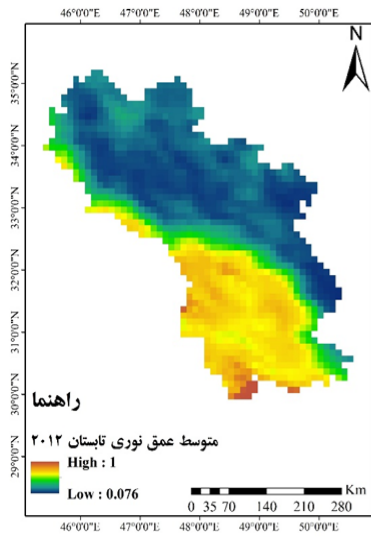
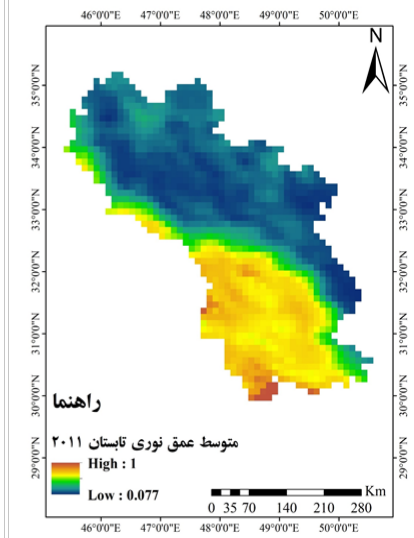
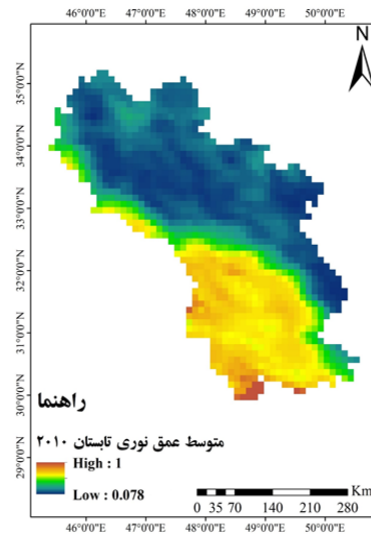
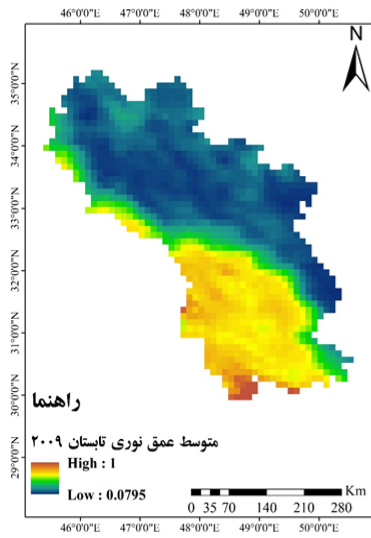
داده ها و روش تحقیق:

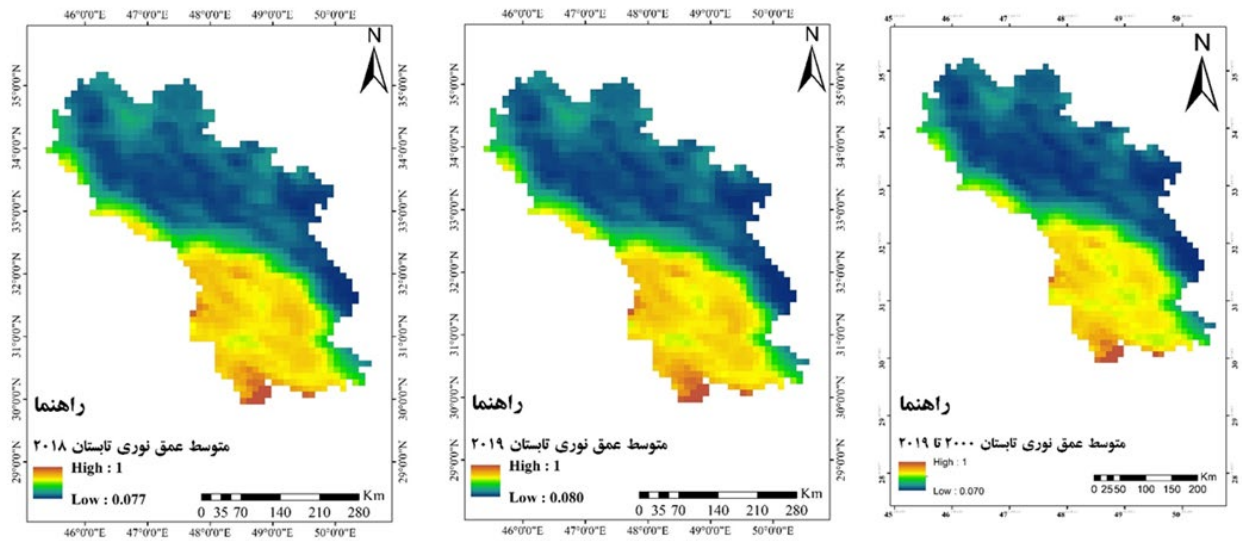
در این پژوهش از داده‌های سنجنش از دور برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی گرد و غبار استان‌های مورد نظر استفاده گردید. این محصولات شامل محصول AOD ماهانه سنجنده MOD04_L2 ماهواره ترا با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ کیلومتر است. عمق اپتیکی ائروسول (AOD) یکی از پارامترهای مهم در مطالعه‌ی گرد و غبار می‌باشد. عمق اپتیکی ائروسول در واقع به توزیع ائروسول‌های گرد و غبار موجود در جو اشاره دارد. این کمیت وابسته به طول موج، به صورت کاهش نور در واحد طول بر روی یک مسیر مشخص تعریف می‌شود (مشکی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). این داده‌ها از پایگاه اطلاعاتی ناسا در مقیاس ماهانه با فرمت HDF دانلود شدند (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>). پس از اخذ داده‌های ماهانه مودیس در دوره‌ی زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ برای سه ماه تابستان (ژوئن، جولای، آگوست)، تصاویر AOD زمین مرجع شد و تغییر فرمت داده‌ها از فرمت HDF به فرمت TIF توسط افزونه مربوط به این تصویر در محیط نرم‌افزار ENVI ۵/۳ انجام شد و به فرمت قابل پردازش در محیط ArcGIS تغییر پیدا کرد. تصویر AOD برای هر ماه در قالب مرز منطقه مورد مطالعه بریده شد و متوسط فصل تابستان غلظت گرد و غبار در دوره‌ی زمانی مورد مطالعه استخراج گردید. بر اساس اعداد استخراج شده از متوسط AOD در هر پلیگون، نمایش تغییرات زمانی و کشف روند تغییرات AOD در قالب نمودارهای توالی زمانی میسر گردید، به طوری که می‌توان با تفسیر خصوصیات هر یک از نمودارها میانگین، روند تغییرات داده‌ها را تحلیل کرد. با بررسی وضعیت تغییرات این امکان فراهم می‌شود که وضعیت بحرانی استان‌ها را از نظر میزان تأثیر پذیرفتن از توفان‌های گرد و غباری را با هم مقایسه کرد.

نتایج و بحث

بررسی متوسط عمق نوری در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ در شکل ۲ نشان می‌دهد که هرچه از غرب کشور به سمت جنوب غرب می‌رویم متوسط عمق نوری افزایش پیدا می‌کند، این بدین معنی است که مقدار گرد و غبار افزایش می‌یابد. به طوری که طی دوره مطالعاتی استان خوزستان بیشترین مقدار گرد و غبار و استان کرمانشاه کمترین مقدار گرد و غبار را نسبت به سه استان مطالعاتی دیگر داشته است. دامنه عددی برای شاخص AOD طبق سایتی که از آن داده‌ها دانلود گردیده است بین صفر و یک می‌باشد. بررسی روند متوسط عمق نوری نشان داد از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ روند متوسط شاخص AOD به صورت کاهشی بوده و از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۹ مقدار شاخص AOD افزایش پیدا کرده است به طور کلی مقدار متوسط عمق نوری طی دوره مطالعاتی افزایش پیدا کرده است.



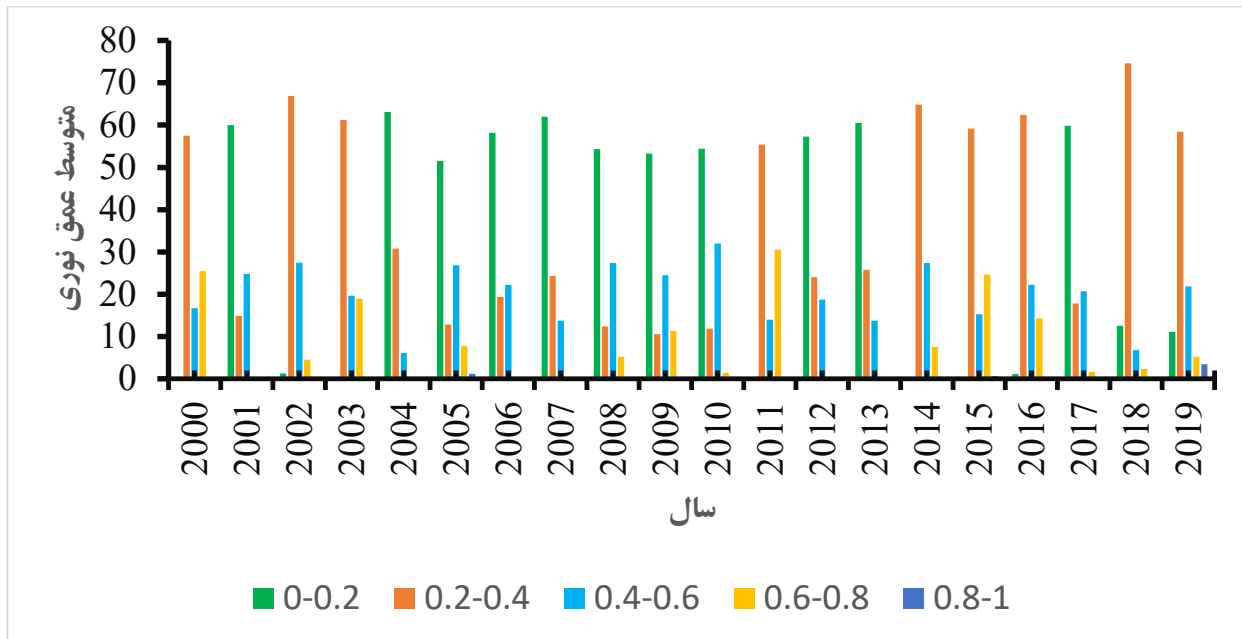




شکل ۲: تغییرات مکانی شاخص AOD فصل تابستان در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۹

تغییرات AOD در مقیاس مختلف زمانی

تغییرات غلظت گرد و غبار را برای سه ماه ژوئن، جولای و آگوست و میانگین فصلی برای استان‌های کرمانشاه، ایلام، لرستان و خوزستان در طول دوره مطالعاتی در اشکال ۳ تا ۶ نشان داده شده است. روند تغییرات میانگین ماه ژوئن را در طول دوره‌ی مطالعاتی در شکل ۳ نشان داده شده است. جهت بررسی بهتر و سهولت تجزیه و تحلیل تغییرات، AOD به پنج کلاس ۰-۰/۲، ۰/۲-۰/۴، ۰/۴-۰/۶، ۰/۶-۰/۸، ۰/۸-۱ تقسیم‌بندی شد. قسمت عمودی نمودار مقدار متوسط عمق نوری را بر اساس درصد نشان می‌دهد که به طور متوسط بیشترین مساحت مربوط به کلاس یک با درصد ۰-۰/۲ و کمترین مقدار مربوط به کلاس ۵ با درصد ۰/۸-۱ می‌باشد. که به طور کلی کلاس ۰/۴-۰/۶ در طول این بازه زمانی افزایش و کلاس ۰-۰/۲ کاهش داشته است.



شکل ۳: نمودار متوسط عمق نوری ماه ژوئن در بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰

روند تغییرات میانگین ماه جولای را در طول دوره‌ی مطالعاتی در شکل ۴ نشان می‌دهد که به طور متوسط بیشترین مساحت مربوط



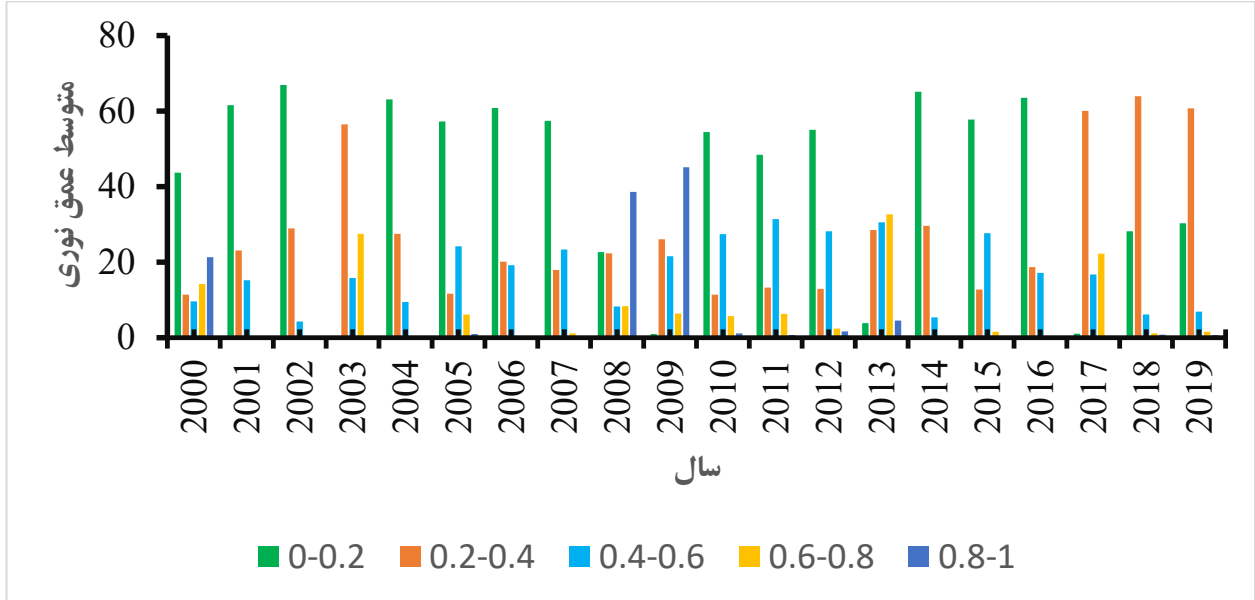
چهارمین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری با محوریت گرد و غبار

تهران- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۲۸ بهمن ماه ۱۳۹۹

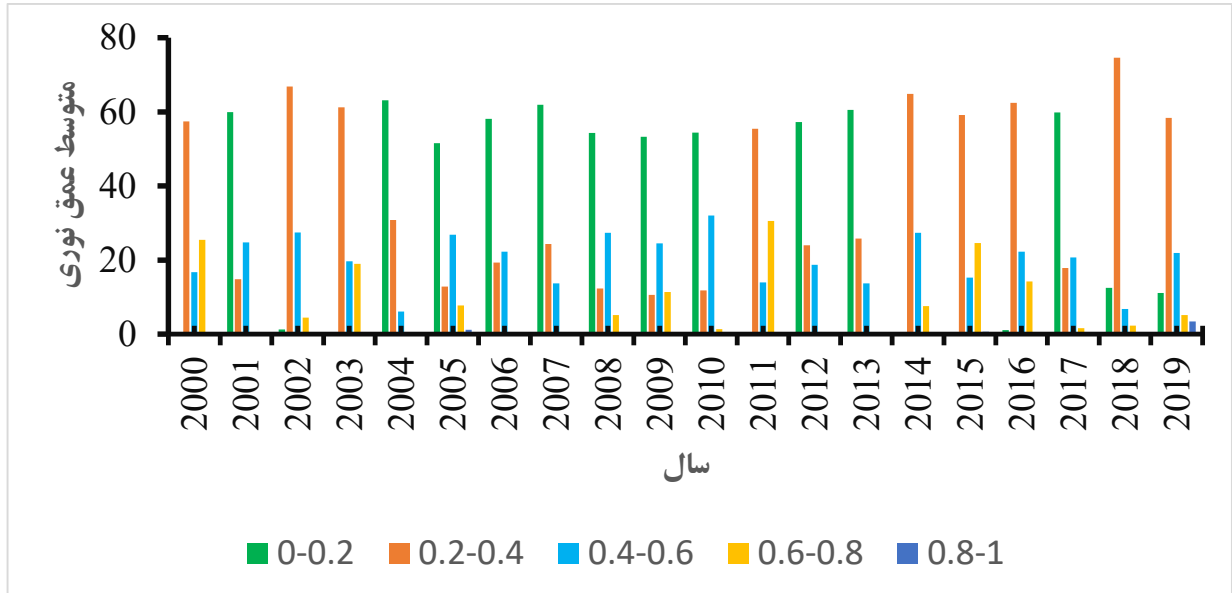


به کلاس یک با درصد ۰-۰/۲ و کمترین مقدار مربوط به کلاس ۵ با درصد ۰/۸-۱ می باشد. که به طور کلی کلاس ۰/۸-۰/۶ در طول این بازه زمانی افزایش و کلاس ۰-۰/۲ کاهش داشته است. همچنین مقدار کلاس ۱-۰/۸ که بالاترین کلاس است در سال ۲۰۰۹ به بالاترین حد خود رسیده است.



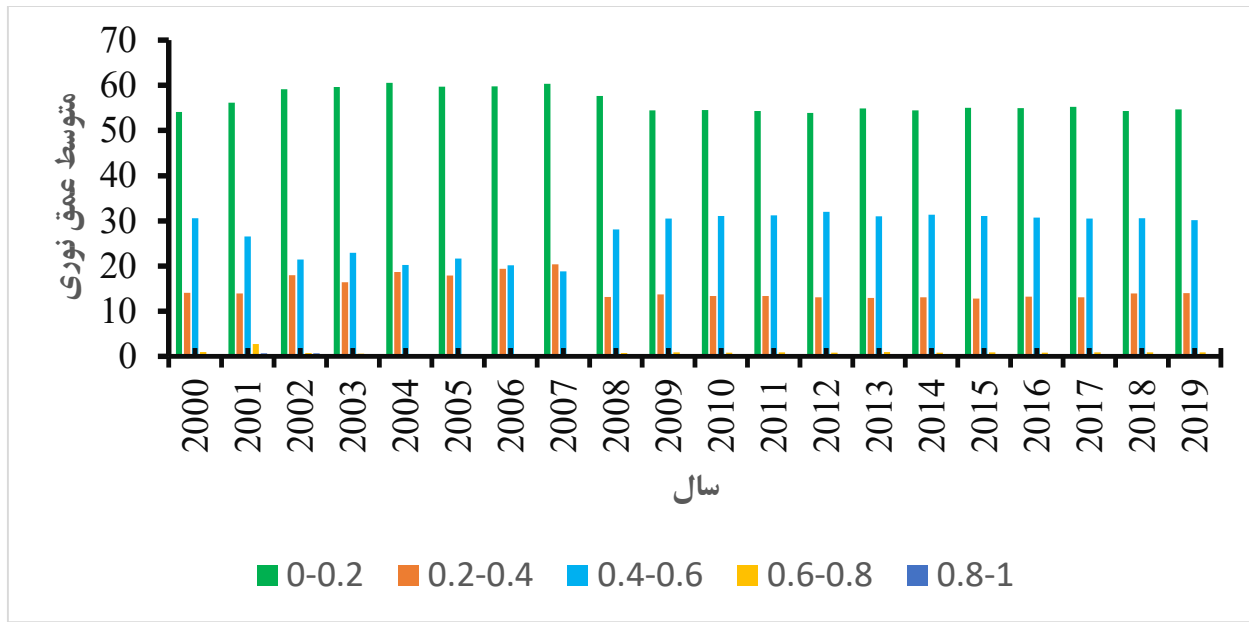
شکل ۴. نمودار متوسط عمق نوری ماه جولای در بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰

روند تغییرات میانگین ماه آگوست را از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ در شکل ۵ نشان می دهد که به طور متوسط بیشترین مساحت مربوط به کلاس یک با درصد ۰-۰/۲ و کمترین مقدار مربوط به کلاس ۵ با درصد ۰/۸-۱ می باشد. که به طور کلی کلاس ۰/۲-۰/۴ در طول این بازه زمانی افزایش و کلاس ۰-۰/۲ کاهش داشته است.



شکل ۵. نمودار متوسط عمق نوری ماه آگوست در بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰

میانگین فصلی: کلاس روند تغییرات میانگین فصلی تابستان از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ در شکل ۶ نشان می دهد همانند نمودار میانگین ماهانه روند بسیار مشابه تغییرات غلظت گرد و غبار را دارد. از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ مقدار متوسط عمق نوری کاهش پیدا کرده است و از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۹ مقدار شاخص AOD افزایش یافته است.



شکل ۶. نمودار متوسط عمق نوری فصل تابستان در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۹

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش برای بررسی تغییرات ماهانه و فصل تابستان از محصولات شاخص AOD سنجنده مودیس ماهانه برای بررسی تغییرات گرد و غبار در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ در غرب و جنوب غرب ایران (کرمانشاه، ایلام، لرستان و خوزستان) استفاده شد. مقدار AOD در سه ماه تابستان مشابه هم بود به طوری که حداکثر مقدار آن از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۹ بوده است. به طوری کلی مقدار AOD طی دوره مطالعاتی افزایش یافته است. افزایش مقدار AOD نشان دهنده افزایش مقدار گرد و غبار در منطقه است. با توجه به نقشه‌های مکانی، میانگین عمق نوری در قسمت‌های جنوب غرب حداکثر بود و هرچه به سمت مناطق غرب کشور حرکت کنیم از مقدار آن کاسته شده است. به این صورت است با توجه به نتایج به دست آمده مقدار عمق نوری در استان خوزستان نسبت به سه استان دیگر بیشتر بوده است که نشان می‌دهد این استان از نظر گرد و غبار نسبت به سه استان دیگر شرایط بحرانی‌تری دارد از این نظر جهت مدیریت باید در اولویت قرار گیرد. در میان سه ماه تابستان ماه جولای حداکثر مقدار AOD را داشته است. نوروزی و شاعی در سال ۱۳۹۷ به شناسایی مناطق دارای پتانسیل تولید گرد و غبار در جنوب غرب ایران پرداختند که نتایج آن‌ها نشان داد نواحی غرب و جنوب غرب استان خوزستان نسبت به سایر نواحی این استان با گرد و غبارهای ورودی از خارج یا داخل استان مواجه می‌شوند، که این تایید کننده نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. همچنین ارجمند و همکاران در سال ۱۳۹۸ که به پایش زمانی و مکانی پدیده گرد و غبار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در جازموریان پرداختند که نتایج آن‌ها بیان داشت که عمده وقایع گرد و غبار در منطقه جازموریان در دو فصل بهار و تابستان اتفاق می‌افتد و به ترتیب در فصل زمستان و پاییز از شدت آن کاسته می‌شود.

با توجه به این که تصاویر ماهواره‌ای نسبت به روش‌های میدانی دارای مزایایی همچون تعداد نمونه برداری بیشتر، سطح وسیع‌تر، قدرت تفکیک زمانی بالاتر و هزینه کمتر هستند، پیشنهاد می‌گردد از تصاویر ماهواره‌ای با دقت مکانی و زمانی بهتر مانده تصاویر ماهواره نددست و سنتینل برای تحلیل مکانی و زمانی گرد و غبار استفاده گردد.

منابع

۱. ارجمند، م.، راشکی، ع.، سرگزی، ح.، ۱۳۹۸. پایش زمانی و مکانی پدیده گرد و غبار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در جنوب شرق ایران با تاکید بر منطقه جازموریان. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی. دوره: ۲۷، شماره: ۱۰۶، صص: ۱۶۸-۱۵۴.
۲. انصاری قوجار، م.، عراقی نژاد، ش.، بذرافشان، ج.، هورفر، ع.، ۱۳۹۸. بررسی روند فراوانی روزهای همراه با توفان گرد و غبار و ارتباط

- آن با عناصر اقلیمی (مطالعه موردی: استان لرستان). تحقیقات آب و خاک ایران. دوره: ۵۰. شماره: ۹. صص: ۲۳۰۱-۲۲۸۹.
۳. بروغنی، م.، پورهایمی، س.، زارعی، م.، علی‌آبادی، ک.، ۱۳۹۸. مدل‌سازی مکانی حساسیت کانون‌های گرد و غبار به انتشار آن در شرق ایران با استفاده از مدل درخت رگرسین تقویت شده BRT. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. دوره: ۹. شماره: ۳۵. صص: ۲۸-۱۴.
۴. رایگانی، ب.، خیراندیش، ز.، کرمانی، ف.، محمدی میاب، م.، ترابی‌نیا، ع. ۱۳۹۵. شناسایی کانون‌های بالفعل تولید گرد و غبار با استفاده از داده‌های سنجش از دور و شبیه‌سازی جریان هوا مطالعه موردی: استان البرز. مهندسی و مدیریت آبخیز. دوره: ۲۱. شماره: ۴. صص: ۲۶-۱۵.
۵. زوولی، م.، وفایی نژاد، ع.، خیرخواه، م.، احمدی، ف. ۱۳۹۳. پایش و تحلیل سینوپتیکی پدیده گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور و جی‌آی‌اس (مطالعه موردی گرد و غبار ۱۸ ژوئن ۲۰۱۲). فصلنامه علمی پژوهشی اطلاعات جغرافیایی. دوره: ۲۳. شماره: ۹۱. صص: ۸۰-۷۰.
۶. شاهکوئی، ا.، رحمانی، ط.، ۱۳۹۸. ارزیابی خطر ریزگردها در شمال غرب ایران. مجله عملی- پژوهشی برنامه ریزی فضایی. دوره: ۹. شماره: ۲. صص: ۸۰-۵۷.
۷. طرح جامع توسعه استان ایلام، ۱۳۹۲. جلد دوم، سازمان برنامه و بودجه استان ایلام
۸. علی‌آبادی، ک.، اسدی زنگنه، م.، داداشی، ع.، ۱۳۹۴. ارزیابی و پایش طوفان‌های گرد و غبار با استفاده از روش‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: غرب و جنوب غرب ایران). فصلنامه علمی پژوهشی امداد و نجات. دوره: ۷. شماره: ۱. صص: ۲۰-۱.
۹. قدیمی، م.، زارع، ا.، مقبل، م.، صاحبی، م.، ۱۳۹۸. ارزیابی و تاثیرات گرد و غبار روی رفتار طیفی گیاهان با استفاده از داده‌های سنجش از دوری. نشریه علمی-پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری. دوره هشتم، شماره: ۴. صص: ۱۷۶-۱۶۳.
۱۰. مرکز آمار ایران. ۱۳۹۵. سالنامه آماری استان کرمانشاه، ص ۸۶.
۱۱. مشکیزاده، پ.، اروک، ن.، مرشدی، ج.، ۱۳۹۵. بررسی توزیع زمانی-مکانی عمق اپتیکیدرات معلق هوا (AOD) در استان خوزستان با استفاده از تکنیک سنجش از دور (RS). فصلنامه جغرافیا مطالعات محیطی. دوره: ۵. شماره: ۱۷. صص: ۷۸-۶۹.
۱۲. ناصرپور، ص.، علیخانی، ب.، ضیاییان، پ.، ۱۳۹۴. منشأیابی طوفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های هوا. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. دوره: ۴۷. شماره: ۱. صص: ۳۶-۲۱.
۱۳. نبوی، س.، مرادی، ح.، شریفی کیا، م. ۱۳۹۸. ارزیابی توزیع زمانی طوفان‌های گرد و غبار و ارتباط عوامل مؤثر با فراوانی وقوع این پدیده در استان خوزستان. نشریه اطلاعات جغرافیایی. دوره: ۲۸. شماره: ۱۱۱. صص: ۲۰۳-۱۹۱.
۱۴. نوروزی، ع.، شجاعی، ض. ا.، ۱۳۹۷. شناسایی مناطق دارای پتانسیل تولید گرد و غبار در جنوب غرب ایران (استان خوزستان)، نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد: ۱۰، شماره: ۳. صص: ۴۰۹-۳۹۸
15. Aloysius, M., Mohan, M., Suresh Babu, S., Parameswaran, K. and Moorthy, K. K. 2009. Validation of MODIS derived aerosol optical depth and an investigation on aerosol transport over the South East Arabian Sea during ARMEX-II. *Annales Geophysicae*, 27, 2285-2296.
16. Kaufman, Y. J., Tanré, D., Dubovik, O., Karnieli, A., & Remer, L. A. (2002). Absorption of sunlight by dust as inferred from satellite and ground-based remote sensing. *Geophysical Research Letters*, 28(8), 1479-1482.
17. Myhre, G., et al. 2005. Intercomparison of satellite retrieved aerosol optical depth over ocean during the period September 1997 to December 2000. *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 1697-1719.
18. Tan, M., Li, X. and Xin L., 2014. Intensity of dust storms in China from 1980 to 2007: A new definition. *Atmospheric Environment*, 85(4): 215-222.
19. Wang, Z., L. Chen, J. Tao, Y. Zhang and L. Su, 2010. Satellite-based estimation of regional particulate matter (PM) in Beijing using vertical-and-RH correcting method. *Remote Sensing of Environment*, 114, 50-63