

شناسایی مناطق دارای پتانسیل تولید گرد و غبار در جنوب غرب ایران، مطالعه موردی: استان خوزستان

علی اکبر نوروزی^{۱*} و ضیاءالدین شعاعی^۲

^۱ دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۶

چکیده

فرسایش بادی از مهمترین فرایندهای بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. این فرایند سبب تخریب اراضی، خاک، منابع آب و غیره می‌شود. پدیده گرد و غبار به‌عنوان یکی از مهمترین پیامدهای فرسایش بادی در سطح ایران و جهان و به‌ویژه در منطقه غرب و جنوب غرب کشور مطرح است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف شناسایی مناطق داخلی دارای پتانسیل تولید گرد و غبار در استان خوزستان به انجام رسید. در این پژوهش، با ترکیبی از روش‌های آماری برای تجزیه و تحلیل اطلاعات ایستگاهی، ماهواره‌ای به‌منظور بارسازی مناطق منشأ گرد و غبار و تغییرات کاربری و مدل‌سازی برای رهگیری مسیر حرکت گرد و غبار استفاده شده است. نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه بیشترین فراوانی رخداد گرد و غبار در استان خوزستان طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ ثبت شده است. در مقیاس فصلی، اواخر فصل بهار و اوایل تابستان و در مقیاس ماهانه ماه‌های می، ژوئن و جولای از بیشترین رخداد گرد و غبار برخوردار هستند. بارسازی گرد و غبار روی تصاویر ماهواره‌ای و بررسی غلظت آن‌ها با استفاده از تصاویر AOD و BTM نشان داد که نواحی غرب و جنوب غرب استان خوزستان نسبت به سایر نواحی این استان بیشتر با گرد و غبارهای ورودی از خارج و یا داخل استان مواجه می‌شوند. ردیابی مسیر گرد و غبارهای ورودی نشان داد که طی دوره گرم سال بیشترین گرد و غبارهای ورودی با جهت شمال غربی-جنوب شرقی و غربی-شرقی و در دوره سرد به‌ویژه در اواخر دوره با جهت جنوبی-شمالی این استان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تهیه نقشه کاربری و بررسی تغییرات آن بیانگر کاهش سطح پهنه‌های آبی، پوشش گیاهی (۳۰ درصد) و افزایش زراعی بایر در سال ۱۳۹۳ به‌ویژه برای نیمه غربی خوزستان است. این ویژگی‌ها و خصوصیات فیزیوگرافی چون فرسایش‌پذیری بسیار زیاد سازندها، وجود خاک‌های شور و باتلاقی، رطوبت کم خاک، تغییرات زیاد کاربری نشان‌دهنده وجود مناطق مستعد و پتانسیل تولید گرد و غبار برای غرب و جنوب استان خوزستان است.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، تغییرات کاربری، فیزیوگرافی، AOD، BTM

مقدمه

نشان می‌دهد که رخداد این پدیده در مناطق خشک و نیمه‌خشک نسبت به سایر مناطق از فراوانی بیشتری برخوردار است (Abbasi و همکاران، ۱۹۹۹). رخداد این پدیده تحت تأثیر فرایندهای پیچیده ارتباط زمین

گرد و غبارها یکی از ویژگی‌های سامانه‌های جوی هستند که در بسیاری از مناطق جهان رخ می‌دهند (Azizi و همکاران، ۲۰۱۲). با وجود این، بررسی‌ها

شکل گرفته و با عبور از صحرای گبی و برداشت ذرات فراوان گرد و غبار، معضلاتی را برای آن مناطق ایجاد می‌کند. Prakash و همکاران (۲۰۱۵) توفان گرد و غبار ۲۰-۱۸ مارس ۲۰۱۲ را شبیه‌سازی و بیان کردند که این طوفان در حدود ۹۴ میلیون تن گرد و غبار تولید کرده است که از این میزان ۵/۳ میلیون بر روی خلیج فارس و ۱/۲ میلیون تن در دریای سرخ نشست کرده است. همچنین، می‌توان به تحقیقات Tanaka و Chiba (۲۰۰۶)، Kimura و همکاران (۲۰۰۹)، Kurosaki و همکاران (۲۰۱۱)، Speer (۲۰۱۳)، Shalaby و همکاران (۲۰۱۵) و غیره اشاره کرد. در داخل کشور نیز طی سالیان اخیر به این پدیده مشکلات آن توجه زیادی شده است. Lashkary (۲۰۰۸)، با تحلیل آماری-هم‌دیدگی طوفان‌های گرد و غبار استان خراسان رضوی نتیجه گرفت که طوفان‌های گرد و غبار در جنوب استان خراسان رضوی یک پدیده متداول است و از شمال به جنوب بر تعداد آن‌ها افزوده می‌شود. Jalali (۲۰۰۹) به بررسی علل و منشأ طوفان‌های جنوب غرب و غرب کشور و مناطق تحت تأثیر آن پرداخت. Mohammadiha و همکاران (۲۰۱۰) نحوه شکل‌گیری توفان گرد و غبار را به‌صورت موردی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS مطالعه کردند. آن‌ها بیان کردند که در نمونه مورد مطالعه گرد و غبارهای وارد شده به منطقه از بیابان‌های عراق سرچشمه گرفته است. Miri و Azizi (۲۰۱۱)، ردیابی پدیده گرد و غبار در غرب ایران را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق، دو مسیر اصلی شمال غربی-جنوبی شرقی و مسیر غربی-شرقی به‌عنوان مسیرهای انتقال این پدیده معرفی شدند. Shamshiri و همکاران (۲۰۱۴)، با آشکارسازی و پهنه‌بندی گرد و غبارهای استان کرمانشاه با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس بیان کردند که ایستگاه سومار دارای بیشترین گرد و غبارهای زیر ۱۰۰ متر است و شاخص آکرمین بهترین کارایی برای بارزسازی گرد و غبار بر روی تصاویر مودیس دارد. همچنین، می‌توان به تحقیقات Esmaeili (۲۰۰۶)، Farajzade و Razi (۲۰۱۱)، Azizi و همکاران (۲۰۱۲)، Ranjbare و Saadat abadi (۲۰۱۳)، Darvishzade و همکاران (۲۰۱۴) اشاره کرد.

و جو، عمدتاً در نتیجه سرعت زیاد باد، اراضی بدون پوشش، رطوبت کم هوا و غیره می‌باشد (Mei و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین، شناسایی ویژگی‌های این دو سامانه (جو-زمین) در مناطق مولد و همچنین، مناطق تحت تأثیر گرد و غبار از اهمیت زیادی در این زمینه برخوردار است. به‌طور معمول رخداد این پدیده خسارات فراوانی در محیط‌های طبیعی و انسانی به‌دنبال دارد. از این‌رو، محققان زیادی در داخل و خارج از کشور به چگونگی شکل‌گیری و پیامدهای رخداد این پدیده توجه دارند. Walkerson (۱۹۹۱)، با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای NOAA موفق شد، کسندهای طوفان‌های گرد و غبار را که از سال ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۸ در منطقه به‌وقوع پیوسته بود را آشکار کند. در این بررسی چشمه‌های تعدادی از توفان‌های منطقه خاور میانه مشخص و مسیر حرکت و هجوم توفان‌ها مورد ردیابی قرار گرفتند. Goudie و Midelton (۲۰۰۱)، معتقدند صحرای آفریقا بیش از هر منبع دیگری تولید گرد و غبار می‌کند. همچنین، شمال شرق کشور موریتانی، غرب مالی و جنوب الجزایر را در رتبه‌های بعدی نام می‌برند. Furman و Kutiel (۲۰۰۳)، با بررسی منشأ و خصوصیت مکانی و زمانی توفان‌های گرد و غبار در خاور میانه طی دوره ۲۱ ساله (۱۹۹۳-۱۹۷۳) بیان کردند وقوع مکرر توفان‌های گرد و غبار در ایران، شمال شرقی عراق و سوریه، خلیج فارس و جنوب عربستان، یمن و عمان بیشتر در فصل تابستان رخ می‌دهد. Zhai و Zou (۲۰۰۴) با بررسی ارتباط بین رخداد گرد و غبار و پوشش گیاهی طی دوره ۲۰۰۱-۱۹۸۲ بیان کردند که پوشش گیاهی فقیر در شمال چین یکی از دلایل اصلی رخداد متوالی گرد و غبارهای فصل بهار این منطقه است. Orlovsky و همکاران (۲۰۰۵)، توفان‌های گرد و غبار ترکمنستان را با استفاده از داده‌های ۵۶ ایستگاه هواشناسی در طولانی مدت (۶۰ ساله) مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق بادهای قوی، نوع اقلیم منطقه، نوع و پوشش گیاهی منطقه را از عوامل مؤثر در رخداد این پدیده دانستند. Alles (۲۰۰۷)، در مطالعه منشأ توفان‌های گرد و غبار چین با استفاده از شاخص‌های آلودگی هوا و تصاویر ماهواره MODIS بیان کردند که این پدیده در مناطق سردسیر

مختلف به صورت جداول و نقشه نشان داده شده است. پس از پردازش داده‌ها و شناسایی روزهای همراه با گرد و غبار شدید، به منظور بارزسازی گرد و غبار و مدل‌سازی مسیر انتشار آن‌ها، روزهای گرد و غباری همراه با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر انتخاب شدند. با مشخص شدن روزهای مورد مطالعه، در ابتدا تصاویر سنجنده مودیس سطح پردازشی دو از سایت نوا دریافت و در محیط نرم‌افزاری ENVI نسخه ۵/۱ عملیات پیش‌پردازش شامل تصحیحات هندسی و رادیومتری اعمال شد. سپس با استفاده از روابط دمایی درخشایی (رابطه ۱) و تعیین آستانه‌های تجربی پهنه‌های رخداد گرد و غبار بر روی خشکی و محیط‌های آبی مشخص شد.

$$T = \frac{hc}{\lambda_i k \ln \left(\frac{2hc^2}{L(\lambda_i) \lambda_i^5} + 1 \right)} \quad (1)$$

که در آن، T دمای درخشایی، h ضریب ثابت پلانک برابر با 6.6265×10^{-34} JS، c سرعت نور برابر با 2.998×10^8 (متر بر ثانیه)، k ثابت بولتزمن برابر با $1.3806558 \times 10^{-23}$ J/K، $L(\lambda_i)$ مقادیر رادیانس باند i و λ_i طول موج مرکزی باند i (میکرومتر) است.

$$Dust = (b31 - b32) \text{ lt } 0 \text{ and } (b1) \text{ lt } 0.08 \quad (2)$$

$$BT = (b1) \text{ gt } 0 \text{ and } (b32) \text{ gt } 290 \quad (3)$$

پس از بارزسازی گرد و غبار بر روی تصاویر، به منظور شناسایی مسیر حرکت آن‌ها، از مدل HYSPLIT استفاده شد. این مدل برای ردیابی ذرات از داده‌های سرعت و جهت باد با قدرت تفکیک مکانی یک، ۰/۵ درجه استفاده می‌کند. ردیابی مسیر ذرات در این مدل با دو روش Forward و Backward انجام می‌شود (Miri, ۲۰۱۱) که در این تحقیق با توجه به این‌که هدف شناسایی مناطق منشأ گرد و غبار می‌باشد، از روش Backward استفاده شده است. همچنین، نقشه‌های سرعت و جهت باد برای روزهای همراه با گرد و غبار در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با استفاده از داده‌های تارنمای NOAA تهیه و تفسیر شد.

در ادامه با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده، تغییرات پوشش گیاهی استان خوزستان طی سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۴ در فصل‌های تابستان و

کشور ایران نیز با توجه به موقعیت جغرافیایی و نزدیکی به کشورهای بیابانی مجاور خود هر ساله با این پدیده به طور متوالی روبه‌رو می‌شود. این پدیده در غرب ایران و به ویژه جنوب غرب بسیار شایع بوده است. استان خوزستان یکی از مراکز جمعیتی در جنوب غرب ایران است که بخش قابل توجهی از تأسیسات مهم و راهبردی کشور نیز در این استان پهناور ایجاد و طی دهه‌های اخیر گسترش پیدا کرده‌اند. یکی از مهمترین مخاطرات طبیعی که هر ساله این استان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، رخداد پدیده گرد و غبار است. با توجه به پیامدهای متعدد این پدیده در مقیاس‌های مکانی کوچک و بزرگ شناخت مناطق مولد گرد و غبار استان خوزستان، شناسایی مناطق مستعد فرسایش، ردیابی مسیرهای انتشار این پدیده و بررسی تغییرات مکانی و زمانی آن به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر در مقابله با این پدیده و کاهش هزینه‌های آن از ضرورت قابل توجهی برخوردار است. از این‌رو، در این مطالعه سعی بر این است با یک دید ترکیبی و بررسی شرایط اقلیمی و فیزیوگرافی استان خوزستان کانون‌های داخلی گرد و غبار شناسایی شود.

مواد و روش‌ها

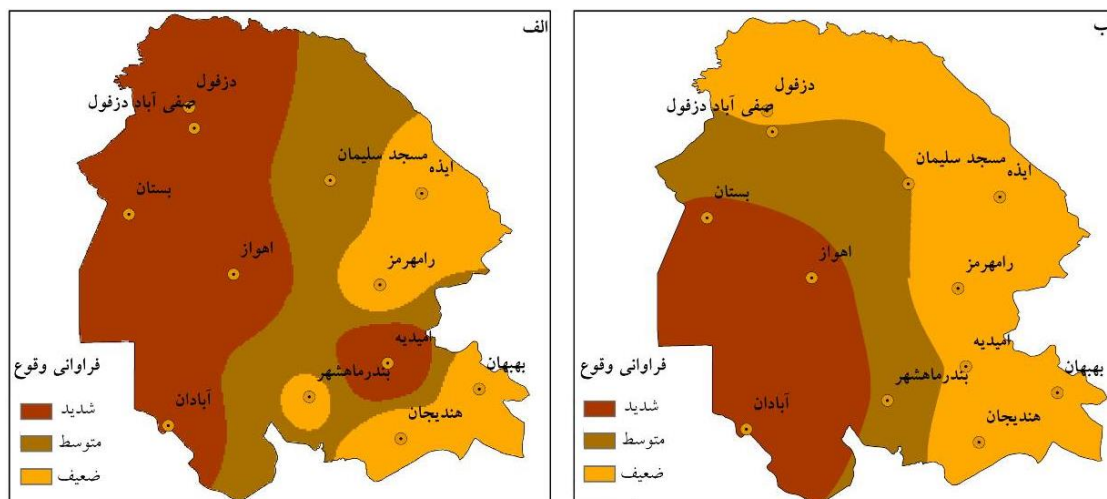
در پژوهش حاضر از داده‌های ساعتی ۱۲ ایستگاه هم‌دید، تصاویر روزانه سنجنده مودیس، محصول روزانه (AOD) ۰۴ سنجنده مودیس، تصاویر سنجنده لندست در نسل‌های مختلف (۸ و ۴-۵)، داده‌های سرعت و جهت باد در ترازهای مختلف جو و داده‌های مدل رقومی ارتفاع با دقت ۳۰ متر استفاده شده است. از این‌رو، در ابتدا با مراجعه با سازمان هواشناسی کل کشور داده‌های روزانه گرد و غبار (هشت بار دیده‌بانی در روز) ایستگاه‌های هم‌دید استان خوزستان طی دوره آماری مشترک (۲۰۱۴-۲۰۰۰) به منظور بررسی تغییرات مکانی-زمانی رخداد گرد و غبار استان خوزستان، دریافت و پردازش شد. با توجه به حجم زیاد داده‌ها، پردازش آن‌ها در مقیاس‌های ساعتی، ماهانه، فصلی و سالانه در محیط‌های نرم‌افزاری GIS و MATLAB با استفاده از روابط شرطی انجام شد. نتایج حاصل از این پردازش در مقیاس‌های زمانی

زمستان بررسی و درصد تغییرات هر یک از طبقات کاربری با استفاده از روش بیشینه احتمال در محیط نرم‌افزاری ENVI تعیین و زمین‌های بایر و تپه‌های ماسه‌ای شناسایی شد. سپس ویژگی‌های خاک، شیب، جهت شیب، ارتفاع این طبقات با استفاده از مدل رقومی ارتفاع زمین با دقت مکانی ۳۰ متر حاصل از تصاویر Aster مطالعه شد. در نهایت با تلفیق لایه‌های اقلیمی (سرعت و جهت باد) و فیزیوگرافی (تغییرات کاربری اراضی، خاک، فرسایش‌پذیری سازند و غیره) مناطق داخلی مستعد تولید گرد و غبار در محیط نرم‌افزاری GIS برای استان خوزستان شناسایی شد. صحت مناطق منشأ گرد و غبار شناسایی شده با استفاده از مطالعات میدانی نگارنده در زمستان ۱۳۹۴، نقشه تهیه‌شده به‌وسیله منابع طبیعی استان خوزستان و همچنین شرکت نفت بررسی شد.

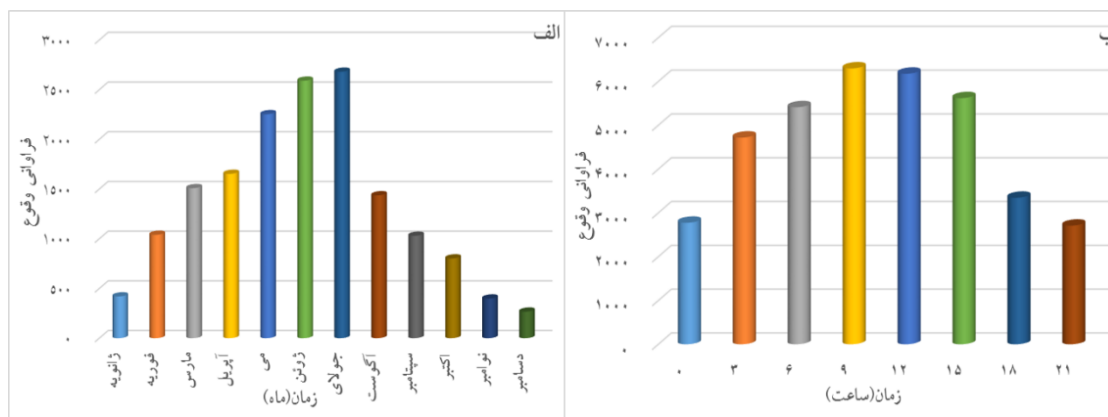
نتیج و بحث

بررسی آماری: بررسی مکانی و زمانی فراوانی وقوع پدیده گرد و غبار طی دوره آماری ۲۰۱۴-۲۰۰۰ نشان داد که ایستگاه امیدیه بیشترین فراوانی وقوع و ایستگاه هندیجان از کمترین رخداد گرد و غبار در سطح استان خوزستان برخوردار هستند (شکل ۱- الف). از نظر زمانی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ بیشترین رخداد گرد و غبار در ایستگاه‌های هم‌دیدگی استان خوزستان به ثبت رسیده است. در حالی که بررسی وضعیت کمترین رخداد سالیانه گرد و غبار در هر ایستگاه وضعیت متفاوتی را نشان می‌دهد و کمینه وقوع در زمان مشخصی برای تمام ایستگاه ثبت نشده است. طی چند سال اخیر فراوانی گرد و غبار در سال ۲۰۱۲ برای تمامی ایستگاه‌های استان نیز قابل توجه است. علاوه بر بررسی فراوانی پدیده گرد و غبار، شدت این پدیده در هر ایستگاه بر اساس میزان دید افقی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این‌که بیشتر مشکلات پیش آمده ناشی از این پدیده در دیدهای پایین کمتر از ۱۰۰۰ کیلومتر اتفاق می‌افتد، گرد و غبارهای با دید ۱۰۰۰ متر و کمتر از آن از سایر رخدادهای جدا و در مقیاس‌های زمانی و مکانی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از پردازش گرد و

غبارهای زیر ۱۰۰۰ متر نشان داد که در حالت کلی بیشترین گرد و غبارهای این طبقه طی سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۲ ثبت شده است. در مقابل کمترین رخداد برای سال ۲۰۰۲ است. نکته قابل توجه روند صعودی این پدیده از سال ۲۰۰۵ تا سال ۲۰۱۲ است. هر چند طی دو سال آخر دوره داده‌های تمامی ایستگاه‌ها در دسترس نبود ولی با این وجود مقایسه این شرایط برای ایستگاه‌های دارای داده گرد و غبار طی دوره ۱۵ ساله نشان‌دهنده کاهش این پدیده است. بررسی رخداد این پدیده با دید ۱۰۰۰ و کمتر در هر ایستگاه نیز شرایطی مشابه با وضعیت کلی گرد و غبار در استان خوزستان دارد، زیرا برای تمامی ایستگاه‌ها سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۲ بیشترین گرد و غبار با دید کمتر از ۱۰۰۰ متر ثبت شده است. از نظر مکانی قسمت‌های غربی استان همچون اهواز، آبادان دزفول از فراوانی قابل توجه رخداد گرد و غبار برخوردار هستند (شکل ۱- ب). طبقه‌بندی شدت گرد و غبار در شکل ۱ بر اساس فراوانی رخداد این پدیده در ایستگاه‌های مختلف استان خوزستان انجام شده است. از این‌رو، در ایستگاه‌هایی که بیشترین روزهای همراه با گرد و غبار ثبت شده است، به‌عنوان مناطق شدید و برای ایستگاه‌هایی که کمترین رخداد را دارا بودند، به‌عنوان نواحی ضعیف و حد واسط بین این دو گروه مناطق با رخداد متوسط در نظر گرفته شده‌اند. در مقیاس ماهانه بیشترین فراوانی وقوع این پدیده به‌ترتیب در ماه‌های می، ژوئن و جولای می‌باشد که از نظر آب و هوایی در فصل بهار و اوایل فصل تابستان است و به‌مرور زمان این فراوانی وقوع در فصل پاییز در تمامی ایستگاه‌ها کاهش می‌یابد. در مقیاس ساعتی برای بیشتر ایستگاه‌ها بیشینه رخداد گرد و غبار در ساعت ۱۵:۳۰ بعد از ظهر به وقت محلی (۱۲ به وقت گرینویچ) ثبت شده است. بررسی فراوانی وقوع گرد و غبارهای شدید (۱۰۰۰ متر و کمتر از آن) در مقیاس‌های ماهانه و ساعتی نیز شرایطی مشابه با حالت کلی رخداد گرد و غبار دارند. به‌طوری که در این طبقه نیز بیشترین رخداد در ماه‌های می، ژوئن و جولای و در مقیاس ساعتی بین ساعت‌های ۹ الی ۱۵ بعد ظهر ثبت شده است (شکل ۲- ب).



شکل ۱- فراوانی رخداد گرد و غبار برای ایستگاه‌های منتخب در سطح استان خوزستان طی دوره آماری ۲۰۱۴-۲۰۰۰، نقشه الف) رخداد گرد و غبارهای بدون محدودیت دید و نقشه، ب) رخداد گرد و غبارهای ۱۰۰۰ متر و کمتر

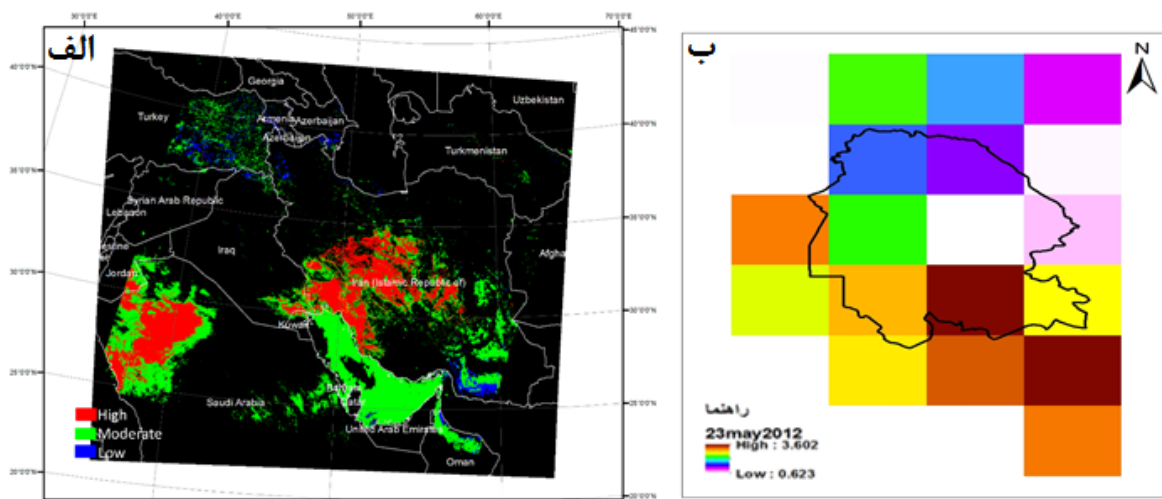


شکل ۲- فراوانی رخداد گرد و غبار برای ایستگاه‌های منتخب طی دوره آماری ۲۰۱۴-۲۰۰۰، الف) رخداد ماهانه، ب) رخداد ساعتی

خوزستان، استان‌های هم‌جوار همانند ایلام نیز را تحت پوشش قرار داده است. با وجود این، بیشترین تمرکز گرد و غبار بارزسازی شده بر روی تصاویر انتخاب شده، برای مناطق غربی و جنوب غربی استان خوزستان قابل مشاهده است. علاوه بر شاخص دمای درخشایی (BT¹), محصول عمق نوری هواویزها (AOD) نیز برای روزهای همراه با گرد و غبار در استان خوزستان دریافت و پردازش شد. نتایج حاصل بررسی این تصاویر نیز بیانگر تمرکز رخداد گرد و غبار در نواحی غربی و جنوبی استان خوزستان است. شکل ۳ مجموع گرد و غبارهای بارزسازی شده در استان خوزستان و همچنین، نتایج حاصل از مجموع تصاویر AOD برای روزهای همراه با گرد و غبار را نشان می‌دهد.

بارزسازی گرد و غبار: پس از پردازش داده‌های مربوط به گرد و غبار و دید افقی و بررسی فراوانی وقوع آن‌ها در مقیاس‌های زمانی مختلف سال، ماه و ساعت، روزهای همراه با پدیده گرد و غبار با میدان دید افقی ۱۰۰۰ متر و کمتر از آن از سایر روزهای گرد و غباری برای مطالعات ماهواره‌ای و رهگیری مسیر انتشار آن‌ها در منطقه مورد مطالعه جدا شد. با توجه به هدف اصلی مطالعه حاضر که شناسایی مناطق داخلی مولد گرد و غبار می‌باشد، از این‌رو، روزهای همراه با کد (۰۷) که نشان‌دهنده گرد و غبار رخ داده در نزدیکی یک ایستگاه است، به‌عنوان نماینده انتخاب شدند. با دریافت تصاویر و اعمال روابط دمایی درخشایی و آستانه‌های تجربی که طی انجام تحقیق حاصل شد، مشخص شد که در بسیاری از موارد گرد و غبارهای رخ داده از گستردگی مکانی قابل توجهی برخوردار بوده و علاوه بر استان

¹ Brightness Temperature Difference

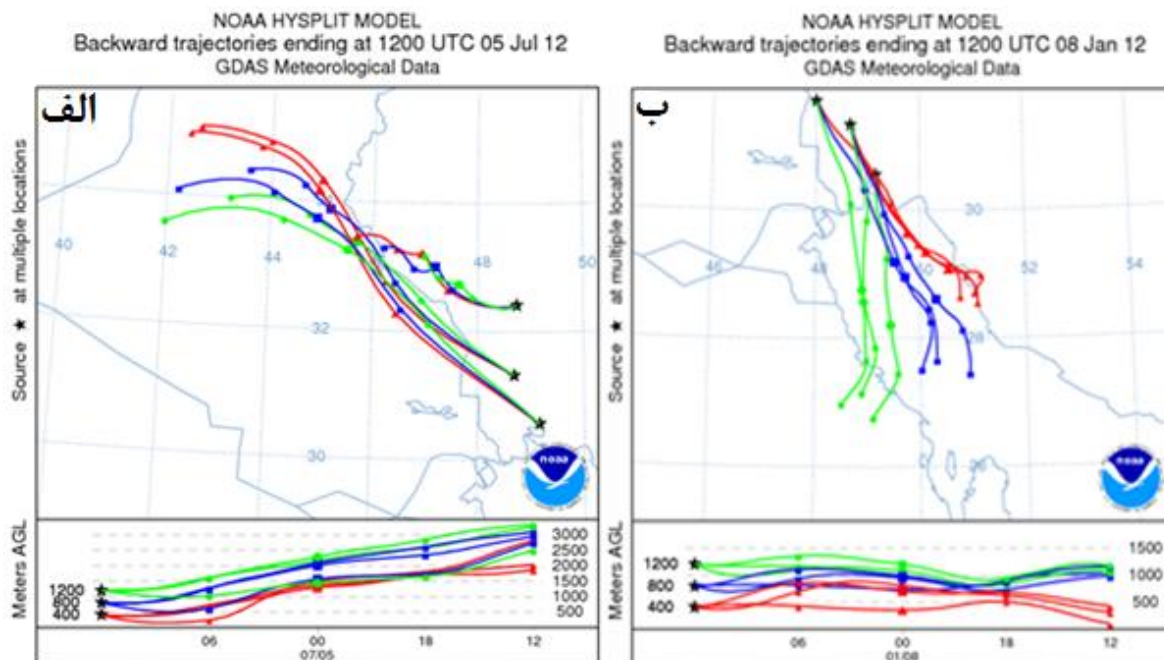


شکل ۳- باررسازی گرد و غبار بر روی تصاویر سنجنده مودیس، الف) با استفاده از شاخص (BTD) و ب) محصول AOD

صفحات مقاله در این قسمت یک رخداد به‌عنوان نماینده نشان داده شده است.

تعیین مناطق حساس به فرسایش بادی: با شناسایی مناطق بیشترین تمرکز گرد و غباری با استفاده از آمارهای هواشناسی و همچنین، تصاویر ماهواره‌ای، در ادامه نوع کاربری و تغییرات آن‌ها طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۰ به‌منظور استخراج مناطق حساس به فرسایش بادی با استفاده از تصاویر لندست بررسی شد. نتایج حاصل از طبقه‌بندی بیانگر وجود هفت طبقه اصلی کاربری در این استان می‌باشد که نواحی شمال شرقی استان بیشتر تحت پوشش ارتفاعات جنوبی زاگرس و دارای ویژگی‌های سنگی و ساختاری خاص زاگرس چین‌خورده است. دشت وسیع و مسطح در مرکز و جنوب خوزستان با شیب بسیار کم به‌تدریج به دریا منتهی می‌شود. مناطق جنوبی استان در مجاورت خلیج فارس را تالاب‌ها و پهنه‌های سیلابی تشکیل می‌دهند. همچنین، پوشش‌های گیاهی (اغلب به‌صورت زمین‌های کشاورزی) در بخش‌های مرکزی، غرب و شمال غربی استان پراکنده‌اند. زمین‌های خشک و بایر و واحدهای تپه‌ماهوری که پیرامون دزفول، رامهرمز و اهواز را پوشش داده‌اند از مساحت قابل توجهی برخوردارند. پهنه‌های فرسایش بادی (انباشت و برداشت) در مرکز استان، غرب و شمال غربی شهرستان‌های اهواز و باوی، همچنین، در شرق و شمال غربی استان، در شهرستان‌های دشت آزادگان و شوش قرار گرفته‌اند.

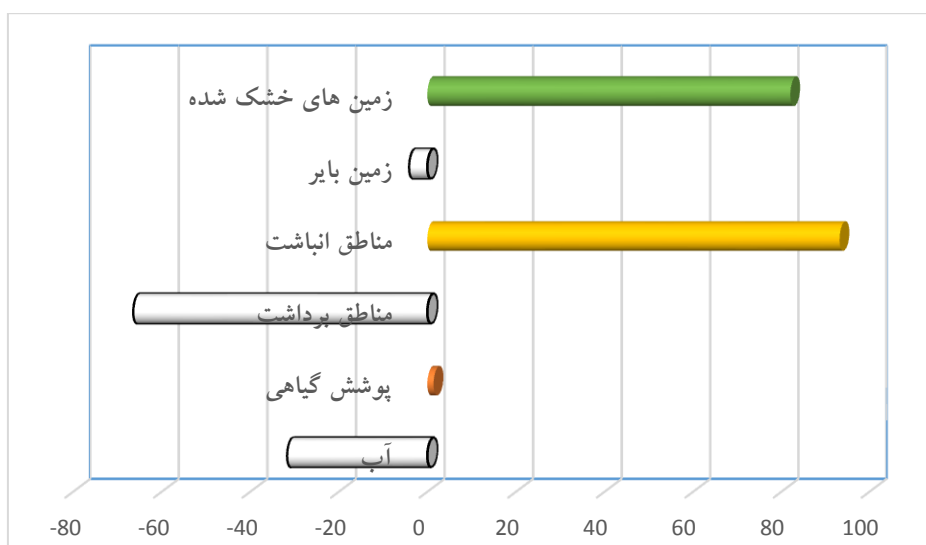
با تعیین مناطق بیشترین تمرکز گرد و غبار در استان خوزستان، به‌منظور تعیین کانون‌های اصلی گرد و غبار از نقشه‌های مدل Hysplit استفاده شد. تهیه این نقشه برای تمامی روزهای همراه با گرد و غبار در استان خوزستان نشان داد که در زمان‌های مختلف مسیر ورود آن‌ها متفاوت می‌باشد. طی فصل گرم سال بیشترین گرد و غبارهای ثبت شده در این منطقه از کشورهای همسایه و در مسیرهای شمال غربی-جنوب شرقی و غربی-شرقی به منطقه وارد می‌شوند که در مسیر غربی-شرقی قسمت زیادی از این استان تحت تأثیر پدیده گرد و غبار قرار می‌گیرد و در بیشتر ایستگاه‌ها گرد و غبار ثبت می‌شود. در مسیرهای شمال غربی-جنوب شرقی بیشتر نیمه غربی استان تحت تأثیر قرار می‌گیرد و با گرد و غبارهای ایجاد شده در راستای همین مسیر به استان‌های جنوبی وارد می‌شوند. علاوه بر این در فصل سرد سال گرد و غبارهای ثبت شده در این استان بیشتر از طرف جنوب استان و با مسیری جنوبی-شمالی به منطقه وارد می‌شوند (شکل ۴). این جهت در طی فصل سرد سال و اواخر آن بیشتر به‌دلیل نفوذ بادهای غربی به این منطقه و ایجاد شرایط لازم برای رخداد گرد و غبار است. تهیه نقشه‌های سرعت و جهت باد به‌منظور ارزیابی مدل و همچنین، شناسایی هسته‌های سرعت باد، مطالب فوق را تأیید می‌کند. با توجه به حجم زیاد روزهای همراه با گرد و غبار و نقشه‌ای تهیه شده برای این رخدادها و از طرف دیگر محدودیت در تعداد حجم



شکل ۴- ردیابی مسیر باد همراه با ذرات گرد و غبار برای ایستگاه‌های استان خوزستان، الف) فصل گرم و ب) فصل سرد

تبدیل زمین‌های خاکی و پوشش‌های گیاهی در حاشیه پهنه‌های فرسایشی در سال ۱۳۸۰ به مناطق فرسایشی در سال ۱۳۹۳ افزایش چشمگیری یافته است. مساحت طبقه زمین‌های مرطوب ساحلی در سال ۱۳۹۳ نیز به دلیل خشک شدن مناطق اختصاص یافته به طبقه آب در سال ۱۳۸۰ و تبدیل شدن این مناطق به زمین‌های مرطوب ساحلی افزایش یافته است. شکل ۵ درصد تغییرات طبقات مختلف کاربری در استان خوزستان را نشان می‌دهد.

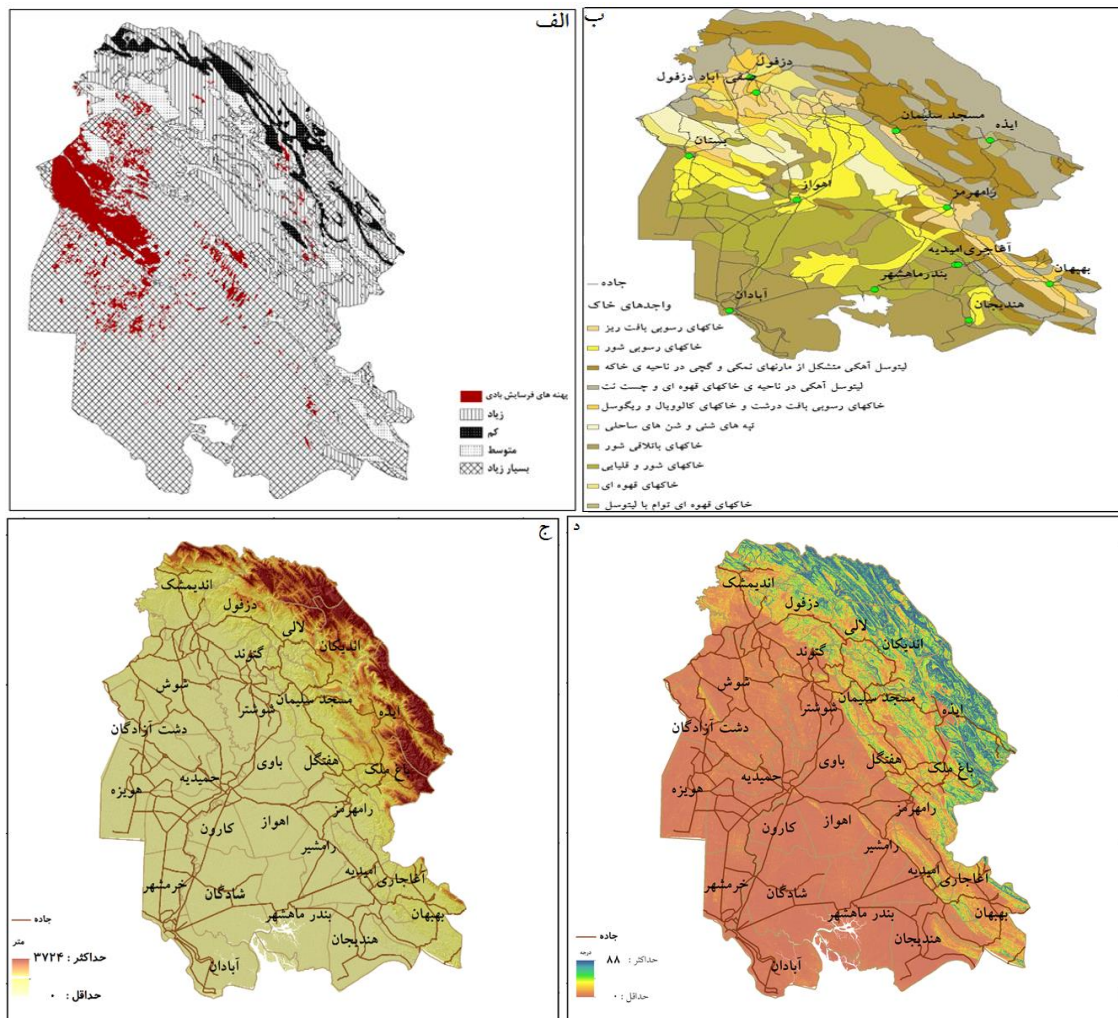
بررسی تغییرات طبقات ذکر شده طی فصل زمستان سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳ نشان داد که در سال ۱۳۹۳ یک‌سوم از مجموع مساحت کلاس آب نسبت به سال ۱۳۸۰ کاهش یافته و نیمی از مساحت مناطقی که در سال ۱۳۸۰ پوشیده از آب بودند به زمین‌های مرطوب ساحلی و یا زمین‌های خاکی در سال ۱۳۹۳ تبدیل شده است. بیش از ۳۰ درصد از مساحت طبقه پوشش گیاهی در سال ۱۳۸۰ به طبقه زمین‌های خاکی در سال ۱۳۹۳ تبدیل شده و مساحت طبقه پهنه‌های فرسایشی (مناطق برداشت) بر اثر



شکل ۵- درصد تغییرات کاربری طی سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۳

اساس نقشه خاکشناسی استان، در سرتاسر سطح استان ۱۱ واحد خاک متفاوت حضور دارند. خاک‌های شور رسوبی، باتلاقی و قلیایی بیشترین مساحت استان در قسمت‌های غربی و جنوبی استان را پوشش می‌دهند. قسمت‌های شرقی بیشتر تحت تأثیر دو طبقه لیتوسل آهکی متشکل از مارن‌های گچی و نمکی و لیتوسل آهکی در ناحیه خاک‌های قهوه‌ای است (شکل ۶- ب). بررسی نقشه مدل رقمی ارتفاع و شیب استان نشان‌دهنده وجود مناطق مرتفع و شیب زیاد در نواحی شرقی و شمال شرقی استان است. در حالی که قسمت اعظم این استان را مناطق مسطح و دشتی و به تبع با شیب کم پوشش می‌دهند (شکل ۶- ج و د).

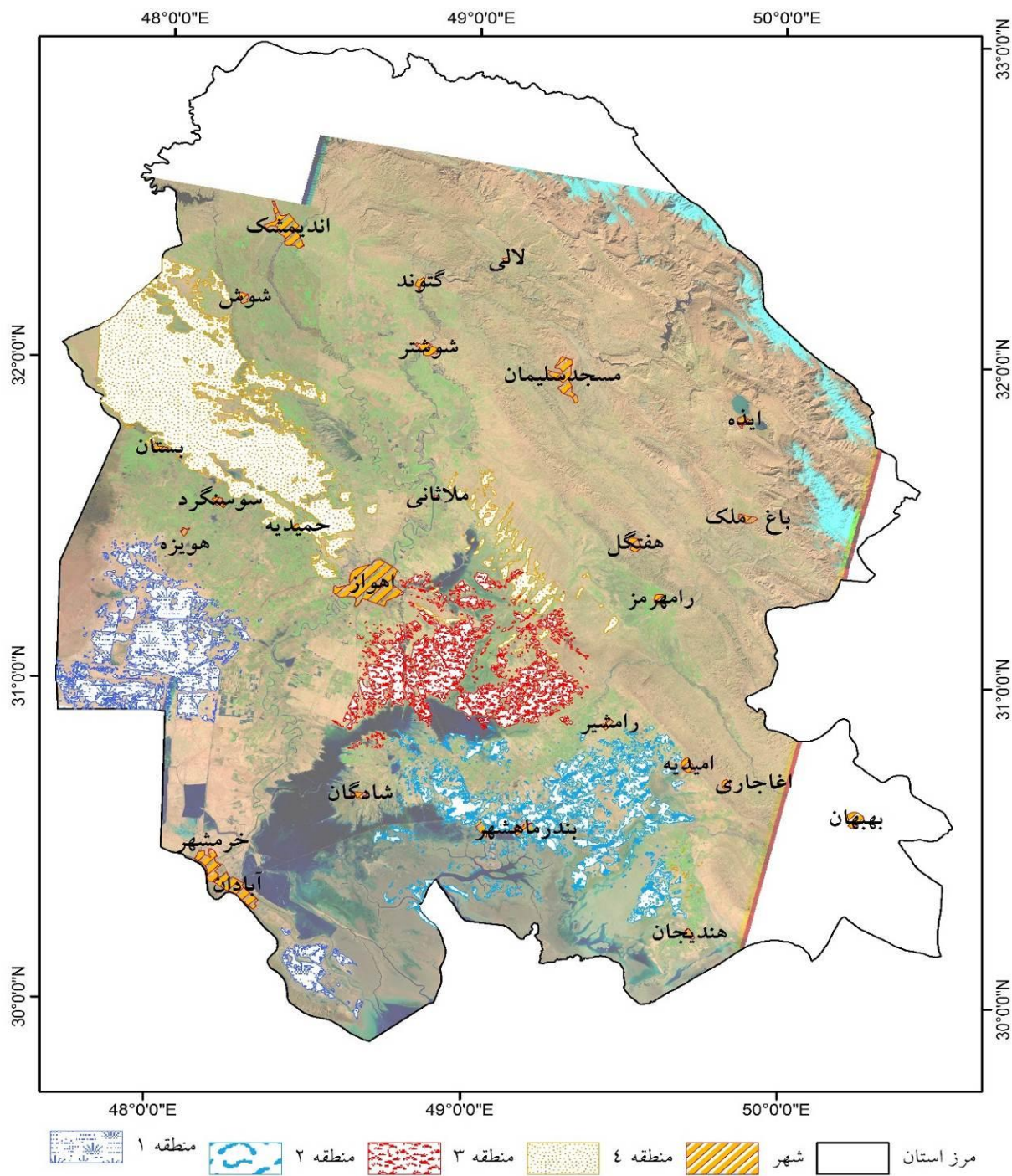
پس از تعیین تغییرات کاربری اراضی خصوصیات فیزیوگرافی استان خوزستان نیز مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نقشه سازند و میزان حساسیت آن به فرسایش پذیری نشان داد که بیشتر سطح استان را طبقه فرسایشی VII دارای مقاومت ضعیف و لیتولوژی پادگانه‌های قدیمی و سازندهای سست سنگی با مساحت ۴۱۳۰۲/۴ کیلومتر مربع فرا گرفته است که این امر نشانگر میزان بالای فرسایش پذیری منطقه نسبت به عوامل فرساینده می‌باشد. بر همین اساس، بیشتر سطح استان به‌ویژه مناطق غربی و جنوبی استان از میزان فرسایش پذیری زیادی برخوردارند. پهنه‌های فرسایش بادی مشخص شده در این استان از نظر میزان حساسیت سازندها به فرسایش در دو طبقه بسیار زیاد و زیاد قرار می‌گیرند (شکل ۶- الف). بر



شکل ۶- خصوصیات فیزیوگرافی استان خوزستان، الف) فرسایش پذیری سازند، ب) خاک، ج) مدل رقمی ارتفاع و د) شیب (اطلس سیمای حوزه‌های آبخیز کشور)

سطح استان خوزستان به‌عنوان مناطق مستعد فرسایش و تولید گرد و غبار شناسایی شدند. این نواحی در نزدیکی مراکز جمعیتی مهم آبادان، اهواز، بندر ماهشهر و هندیجان قرار دارند که این امر بر اهمیت مسئله پیش از پیش می‌افزاید.

در نهایت پس از بررسی موارد نام‌برده شده، نقشه‌های تمرکز گرد و غبار (حضور مستمر)، سرعت و جهت باد و همچنین، کاربری اراضی و خصوصیات فیزیوگرافی در محیط GIS تلفیق و مناطق دارای پتانسیل تولید گرد و غبار مشخص شد (شکل ۶). بر اساس نقشه حاصل (شکل ۷) چهار ناحیه اصلی در



نیست. از این‌رو، در این تحقیق با یک دید ترکیبی ویژگی‌های اقلیمی و فیزیوگرافی مناطق تمرکز گرد و غبار مورد بررسی قرار گرفت. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و همسایگی آن با بیابان‌های کشورهای همسایه که به‌عنوان مناطق مولد گرد و غبار شناسایی شده‌اند به همراه قرارگیری این استان در مسیر جریان‌های جوی ورودی به کشور یکی از دلایل اصلی فراوانی وقوع بالای پدیده گرد و غبار برای این استان و به‌ویژه غرب آن می‌باشد. توپوگرافی داخلی استان نیز بر تمرکز گرد و غبار در غرب خوزستان افزوده است، زیرا راستای شمال غربی-جنوب شرقی رشته‌کوه زاگرس و قرارگیری مناطق مرتفع در شرق استان در برابر جریان حرکت هوا و ذرات همراه با آن به‌صورت مانع عمل می‌کند و سبب تمرکز بیشتر گرد و غبارها در نیمه‌غربی و مناطق مسطح استان می‌شود. همچنین، این شکل توپوگرافی در شکل‌دهی جهت جریان‌های جوی نیز مؤثر است و سبب شکل‌گیری بادهای با جهت شمال غربی و جنوب شرقی می‌شود. شکل‌گیری بادهای غربی-شرقی و همچنین، شمال غربی-جنوب شرقی در بیشتر ایام سال و بادهای شمالی-جنوبی در فصل سرد و عبور آن از روی بیابان‌های مناطق هم‌جوار و داخل استان یکی دیگر از دلایل تمرکز گرد و غبار در غرب استان خوزستان است.

علاوه بر این، بررسی ویژگی‌های فیزیوگرافی (کاربری اراضی، سازند، شیب و غیره) نشان داد یکی دیگر از دلایل بسیار مهم رخداد پدیده گرد و غبار، شرایط سطح زمین استان خوزستان است. در نیمه‌غربی این استان که مناطق مستعد تولید گرد و غبار در آن قرار گرفته‌اند، اغلب خاک‌های باتلاقی و رسوبی شور قرار دارد (نقشه موسسه تحقیقات خاک و آب کشور). این خاک‌ها به‌دلیل حاصلخیزی کم و در نتیجه بسیاری از موارد فقدان پوشش گیاهی (نقشه کاربری اراضی حاصل از تصاویر لندست ۸) به آسانی در معرض فرسایش بادی قرار می‌گیرند. علاوه بر این، میزان فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی در این مناطق که دارای پتانسیل گرد و غبار بالایی می‌باشد از حساسیت بسیار زیاد برخوردارند. نقشه کاربری اراضی و تغییرات آن نیز طی دوره ۱۵ ساله بیانگر کاهش

تهیه و تفسیر نقشه‌های خصوصیات فیزیوگرافی مناطق دارای پتانسیل تولید گرد و غبار نشان داد که بیشترین مساحت مناطق با گرد و غبار زیاد را تپه‌های ماسه‌ای و ماسه‌های ساحلی (شکل ۷، منطقه ۳) فرا گرفته است که این خاک‌ها به‌دلیل فقدان نیروی همدوسی بین ذرات کمترین سرعت آستانه فرسایش بادی را دارا بوده، فرسایش‌پذیرترین خاک برای فرسایش بادی هستند. خاک‌های رسوبی شور به‌علت وجود نمک‌ها پایداری خاکدانه‌ها کاهش یافته، ساختمان خاک نامطلوب می‌شود و در نتیجه حاصلخیزی خاک نیز کاهش یافته و این مناطق اغلب فاقد پوشش گیاهی هستند. همچنین، در اثر فرسایش بادی نمک‌ها جابه‌جا شده و اراضی اطراف نیز شور می‌شوند. در مناطق با خاک‌های باتلاقی شور به‌علت تبخیر بالا، باتلاق‌ها خشک شده و مستعد فرسایش بادی شده‌اند. از منظر سازند، سازندهای تشکیل‌دهنده مناطق با پتانسیل و مستعد گرد و غبار بیشتر از سازندهای حساسیت بسیار زیاد و زیاد به فرسایش بادی تشکیل شده است و به‌ترتیب در طبقات متوسط و کم از مساحت سازندهای دارای حساسیت بسیار بالا و بالا کاسته شده و بر مساحت سازندهای دارای حساسیت متوسط و کم افزوده می‌شود. این شرایط نشان‌دهنده قابلیت فرسایش‌پذیری بالا در طبقه گرد و غبار زیاد است. نقشه‌های شیب، جهت شیب و توپوگرافی برای پهنه‌های گرد و غباری نشان داد که از طبقه گرد و غبار کم به شدید می‌توان کاهش میانگین شیب منطقه و همچنین، کاهش رنج تغییرات شیب را شاهد بود. جهت غالب در تمامی پهنه‌ها جنوب شرقی می‌باشد. میزان، رنج تغییرات و میانگین ارتفاع از طبقه کم به شدید کاهش می‌یابد که ناشی از موقعیت پست و مسطح منطقه در طبقه شدید است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از بررسی فراوانی وقوع گرد و غبار طی دوره ۱۵ ساله، بارسازی پدیده گرد و غبار روی تصاویر ماهواره‌ای و همچنین، محصول AOD سنجنده مودیس مشخص شد تمرکز اصلی گرد و غبار بر روی نیمه غربی استان خوزستان می‌باشد. بررسی دلایل این مسئله، تنها از یک دیدگاه امکان‌پذیر

اقلیمی، تغییرات کاربری و خصوصیات فیزیوگرافی استان خوزستان سبب شده که از یک طرف در این استان فراوانی وقوع گرد و غبار قابل توجه باشد و از طرف دیگر بخشی از گرد و غبارهای رخداده منتج از کانون‌های داخلی باشد؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود اقدامات لازم به‌وسیله سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور بیشتر در این مناطق انجام شود.

زمین‌های باتلاقی، وسعت پهنه‌های آبی، پوشش گیاهی و در نتیجه افزایش زمین‌های بایر و خاکی است. این تغییرات به همراه سایر ویژگی‌های فیزیوگرافی بیان شده، در صورت وجود باد با سرعت زیاد و همچنین، کمبود رطوبت هوا می‌توانند در مناطق دارای پتانسیل معرفی شده، منجر به رخداد پدیده گرد و غبار برای استان خوزستان شوند. از این رو، ترکیب عواملی همچون موقعیت جغرافیایی، شرایط

منابع مورد استفاده

1. Azizi, Gh., M. Miri and S.O. Nabavi. 2011. Detection of dust in the Midwest of Iran. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 7: 63- 83 (in Persian).
2. Azizi, Gh., A.A. Shamsipur, M. Miri and T. Safarrad. 2012. Statistic and synoptic analysis of dust phenomena in west of Iran. *Journal of Environmental Studies*, 3: 91- 134 (in Persian).
3. Esmaili, O. 2006. Initial zoning of the main centers of dust using the remote sensing technology. *Sharif University of Technology*, 125 pages.
4. Farajzade., M. and M. Razi. 2011. The study of temporal and spatial distribution of storms and severe winds in Iran. *Watershed Management Research Journal*, 91: 22- 32 (in Persian).
5. Zarasavandi, A.R., F. Moore and A. Nazarpour. 2011. Mineralogy and morphology of dust storms particles in Khuzestan Province: XRD and SEM analysis. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, 19(3): 511-518.
6. Shamsipur, A.A. and T. Safarrad. 2011. Satellite and synoptic analysis of dust storm in western half of Iran, case study: July 2009. *Physical Geography Research Quarterly Journal*, 79: 111-126 (in Persian).
7. Shamshiri, S., R. Jafari, S. Soltani and N. Ramezani. 2014. Dust detection and mapping in Kermanshah Province using MODIS satellite imagery. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 7: 29- 41 (in Persian).
8. Lashgari, H. and Gh. Keykhosravi. 2008. Statistical synoptic analysis of dust storm in Khorasan Razavi Province (1993-2005). *Physical Geography Research Quarterly Journal*, 65: 17- 33 (in Persian).
9. Mohammadiha, A., A. Rivandi, E. Taghizadeh and M.R. Mohamadporpanjah. 2010. Monitoring the formation and spread of a dust storm using MODIS images. 2nd National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd University (in Persian).
10. Miri, M. 2011. Statistic and synoptic analysis of dust phenomena in West of Iran. PhD Thesis, University of Tehran, 254 pages.
11. Movahedi, S., Kh. Hatami Bahman Beiglu and M. Narengifard. 2014. Spatial and temporal monitoring of climate Phenomena related to dust in the cities of Iran. *Journal of Geography and Environmental Studies*, 3(11): 37-48 (in Persian).
12. Ranjbare Saadat abadi, A. and S. Darvishzade. 2014. A Study on dust sources and weather patterns associated with sever dust events in Tehran area. *Environmental Researches Journal*, 4(7): 147-160.
13. Tanaka, T.Y. and M. Chiba. 2006. A numerical study of the contributions of dust source regions to the global dust budget. *Global Planet Change*, 52: 88-104.
14. Alles David, L. 2007. Geomorphology and dust storm in the china. Western Washington University, 135 pages.
15. Kimura, R., B. Long and J.M. Wang. 2009. Relationships among dust outbreaks, vegetation cover, and surface soil water content on the Loess Plateau of China, 77(3): 292-296.
16. Kurosaki, Y., M. Shinoda, M. Mikami and B. Nandintsetseg. 2011. Effects of soil and land surface conditions in summer on dust outbreaks in the following spring in a mongolian grassland. *Scientific Online Letters on The Atmosphere*, 7: 069-072.
17. Kutiel, H. and H. Furman. 2003. Dust storms in the Middle East: sources of origin and their temporal characteristics. *Environmental Problems Affecting Health*, 2: 419-426.
18. Mei, D., L. Xiushan, S. Lin and W. Ping. 2008. A Dust-storm process dynamic monitoring with multi-temporal MODIS Data. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 37: 965-970.
19. Orlovsky, L., N. Orlovsky and A. Durdyev. 2005. Dust storm in the Turkmenistan. *Journal of Arid Environments*, 60: 83-97.

20. Prakash, P.J., G. Stenchikov, S. Kalenderski, S. Osipov and H. Bangalath. 2015. The impact of dust storms on the Arabian Peninsula and the Red Sea. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15: 199–222.
21. Shalaby, A., B. Rappenglueck and E.A.B. Eltahir. 2015. The climatology of dust aerosol over the Arabian Peninsula. *Atmospheric Chemistry and Physics*, DOI: 10.5194/acpd-15-1523-2015.
22. Speer, M.S. 2013. Dust storm frequency and impact over Eastern Australia determined by state of Pacific climate system. *Weather and Climate Extremes*, 45 pages.
23. Zhou, X.K. and P.M Zhai. 2004. Relationship between vegetation coverage and spring dust storms over northern China. *Journal of Geophysical Research*, 109(D3), DOI: 10.1029/1999JD900756.

Identifying areas with dust generation potential in the south west of Iran, case study: Khuzestan Province

Aliakbar Noroozi^{*1} and Ziaoddin Shoaee²

^{1 and 2} Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 06 July 2016

Accepted: 19 December 2016

Abstract

Wind erosion is one of the important processes of desertification in arid and semi-arid regions. This process causes destruction in the land, soil and water resources and etc. Dust phenomenon is one of the major consequences of wind erosion in the world and Iran, particularly in the west and south west of the country. Therefore, the present study aimed to identify areas of dust generation potential in the Khozestan, Iran using the combination of statistical methods, remote sensing and modeling. The statistical results showed that the most frequent occurrence of this phenomenon happened between 2008 and 2009. Most dust events happened in the seasonal scale, late spring and early summer and in the monthly scale, happened in May, June and July. Dust detection on satellite images and study their concentration using indicators AOD and BTM represents the greatest concentration of dust in the west and south west regions of the Khuzestan province, since 80 percent of these dust occurred in these zones. Tracking of dust showed that during the warm period, most dust happened from north west-south east and west-east and during the cold period, especially at the end of period, the northern-southern dust affected the province. The assessment of land use change showed the reduction in the irrigated areas, vegetation and arid lands increased in 2015, especially for the half of area of western Khuzestan. These features and physiographic features such as erodible formations, saline soils and marshy, low soil moisture and high changes in land use, indicates the presence of dust prone areas and potential for west and southern province.

Key words: AOD, BTM, Dust, Land use, Physiographic

* Corresponding author: noroozi_aa@scwmri.ac.ir