

تحلیل کمی بازخورد پوشش گیاهی بر وقوع گرد و غبار در اکوسیستم‌های مناطق خشک (مطالعه موردی: استان اصفهان)

- ❖ طیبه السادات سهرابی؛ دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
- ❖ عباسعلی ولی*؛ دانشیار گروه مدیریت بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
- ❖ ابوالفضل رنجبر فردویی؛ دانشیار گروه مدیریت بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.
- ❖ سید حجت موسوی؛ استادیار گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

چکیده

پدیده گرد و غبار یکی از عوارض ثانویه اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک است. این پدیده ناشی از بازخورد سیستم در مقابل عوامل متعدد فشار و تخریب می‌باشد. یکی از مهم‌ترین ارکان اکوسیستم‌ها پوشش گیاهی آن است. از آنجا که عامل پوشش گیاهی منعکس‌کننده عوامل متعدد در اکوسیستم است، لذا می‌توان با مطالعه رابطه تغییرات آن با سایر عوامل نظیر پدیده گرد و غبار به اثر متقابل عوامل پی برد. در این تحقیق به بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر وقوع پدیده گرد و غبار در استان اصفهان طی دوره مطالعه ۲۰۱۶-۲۰۰۰ با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و شاخص پوشش گیاهی نرمال شده پرداخته شده است. برای انجام تحقیق، داده‌های تعداد وقوع گرد و غبار در ایستگاه‌های سینوپتیک استان برای دوره مورد مطالعه از سازمان هواشناسی دریافت و فراوانی روزهای گرد و غبار هر ایستگاه در هر سال استخراج گردید. با استفاده از روش کریجینگ، روزهای گرد و غبار استان پهنه‌بندی گردید. نقشه پوشش گیاهی استان نیز برای هر سال و بر اساس شاخص *NDVI* تیرماه هر سال از تصاویر سنجنده *MODIS* تهیه گردید. تحلیل رگرسیون داده‌های گرد و غبار سالانه و شاخص پوشش گیاهی نیز به منظور تحلیل کمی تأثیر پوشش گیاهی بر وقوع گرد و غبار انجام شد. نتایج پهنه‌بندی نشان داد که تعداد وقوع گرد و غبار در سال‌های اخیر نسبت به گذشته افزایش و سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۰۷ به ترتیب با مقادیر ۴۹۶ و ۶۷ روز، بیشترین و کمترین تعداد گرد و غبار در طول دوره می‌باشند. همچنین ایستگاه نایین و اصفهان (فرودگاه) به ترتیب با ۹۱۴ و ۸۰۵ روز بیشترین و گلیایگان و داران با ۹۱ و ۱۱۱ روز کمترین میزان وقوع گرد و غبار را داشته‌اند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد وقوع گرد و غبار مربوط به شرق و مرکز استان و کمترین مربوط به بخش‌های دیگر استان است. پوشش گیاهی نیز در طی دوره مورد مطالعه در شرق و مرکز استان کمترین مقدار بوده است. مقدار *NDVI* نیز در سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۵ کمترین مقدار بوده و بین ۰/۶۹ تا ۰/۱۹ تغییر داشته است. نتایج تحلیل رگرسیون نیز نشان داد که فراوانی وقوع گرد و غبار با پراکنش پوشش گیاهی ارتباط نزدیکی دارد و با کاهش پوشش گیاهی، بر تعداد وقوع گرد و غبار افزوده می‌شود. به طور کلی عامل پوشش گیاهی با همبستگی معنی‌دار در سطح خطای کمتر از ۵ درصد، ۷۸ درصد از تغییرات پدیده گرد و غبار را تبیین می‌کند. بنابراین مدیریت اکوسیستم‌ها و بالاخص پوشش گیاهی در پدیده گرد و غبار مؤثر است.

کلید واژگان: تخریب، مدیریت، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شاخص پوشش گیاهی نرمال شده، استان اصفهان

۱. مقدمه

گیاهان نخستین و مهم‌ترین تولیدکننده در هر اکوسیستم‌اند [۱۷]. پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های خشک به‌عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی محیط‌زیست است و نقش مهمی در حفظ تعادل اکوسیستم‌ها ایفا می‌کند [۱۲]. پوشش گیاهی و الگوی فصلی آن در کنترل توسعه گرد و غبار اهمیت به‌سزایی دارد. تقویت پوشش گیاهی موجب پایداری سطح و در نتیجه کاهش فرسایش بادی و گرد و غبار می‌شود. گیاهان زبری سطح را افزایش داده و در نتیجه سرعت باد را کاهش می‌دهند؛ سیستم ریشه گیاهان ذرات خاک را به هم چسبیده نگه داشته و با ایجاد سایه، رطوبت خاک را به طور موقت افزایش می‌دهند و بدین ترتیب قشر سطحی و خاک را تثبیت کرده و از حرکت باز می‌دارند. بررسی ارتباط پوشش گیاهی و خشکسالی با وقوع گرد و غبار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

استان اصفهان دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که در سال‌های اخیر، فراوانی طوفان‌های گردوغبار و شدت آن‌ها به‌طور معنی‌داری در این استان افزایش یافته‌است و زندگی مردم را دچار اختلال کرده و کیفیت زندگی را به شدت تحت الشعاع قرار داده است. این پدیده به‌ویژه در فصل بهار و تابستان تشدید می‌گردد. تحقیقات زیادی به بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر وقوع گرد و غبار پرداخته‌اند. وقوع گرد و غبارهای اخیر و ارتباط آن با سطح باد در شرق آسیا بررسی گردید و نتایج نشان داد که با افزایش سرعت باد و کاهش پوشش گیاهی در مناطق برداشت گرد و غبار در شرق آسیا، تعداد وقوع گرد و غبار افزایش داشته است. در سال‌هایی که شرایط خشکسالی حاکم بود پوشش گیاهی کاهش پیدا کرده و شدت وقوع گرد و غبار، افزایش معنی‌داری داشت [۹].

تغییرات پوشش گیاهی ۶ تالاب در سانفرانسیسکو را بین سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدید زمینی ارزیابی گردید. علاوه بر بررسی *NDVI*، طبقه‌بندی نظارت شده را بر تصاویر اعمال و در

پایان نیز صحت و دقت طبقه‌بندی را با استفاده از روش ماتریکس خطا محاسبه شد. نتایج نشان داد پوشش گیاهی نقش مهمی در نگهداری و کنترل تغییرات اکوسیستم دارد و تغییرات آن با تهیه نقشه از تصاویر ماهواره‌ای ارزیابی می‌شود که در دو دهه اخیر به ابزار مهمی تبدیل شده است [۱۹].

در مطالعه‌ای تغییرات پوشش گیاهی فلات مغولستان را برای دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ مبتنی بر *NDVI* بلند مدت تصاویر مودیس بررسی شد. نتایج حاکی از کاهش پوشش گیاهی در دهه گذشته است که عمدتاً به آب و هوای گرم‌تر و خشک‌تر و تنش خشکی سال‌های اخیر است. همچنین نتایج نشان داد که نظارت بر تنش‌های اقلیم مثل بارش و تغییرات پوشش گیاهی برای بالا بردن آگاهی مدیران از خطرات آن و انجام ارزیابی ریسک برای بلایای خشکسالی و سایر بلایای طبیعی مرتبط مهم خواهد بود [۳].

به‌منظور بررسی "تأثیر تغییر پوشش گیاهی مناطق منشاء گرد و غبار بر رخداد طوفان‌های گرد و غبار غرب ایران" با استفاده از مدل (شبکه تابع پایه شعاعی) به ارزیابی خطر فرسایش بادی در عراق به‌عنوان منشاء مهم طوفان‌های گرد و غبار بیشتر شهرهای غربی ایران در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ پرداخته شد. نتایج نشان داد که درصد پوشش گیاهی در تمامی کاربری‌های زمین در سال ۲۰۰۳ بیشتر از ۲۰۱۳ بوده است [۲].

در مطالعه‌ای دیگر ارتباط پوشش گیاهی و وقوع گرد و غبار استان خراسان رضوی تحلیل گردید. نتایج نشان داد که تعداد روزهای گرد و غبار با پراکنش پوشش گیاهی ارتباط نزدیکی دارد و با کاهش پوشش گیاهی، بر تعداد وقوع گرد و غبار افزوده می‌شود [۱۱].

در مطالعه‌ای تأثیر ریزگردها بر تغییرات پوشش گیاهی تالاب شادگان خوزستان بررسی گردید. در این مطالعه، بررسی تغییرات زمانی پوشش تالاب شادگان خوزستان، ارتباط این تغییرات با طوفان‌های گرد و غبار ارزیابی گردید. نتایج نشان‌دهنده کاهش ۷/۳۶ درصدی سطح پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ بود. نتایج همچنین

خشک و بسیار خشک بیشتر از نواحی دیگر بوده است. همچنین نتایج نشان داد که احتمال آسیب پذیری پوشش گیاهی متأثر از شرایط اقلیمی و توپوگرافی مختلف است [۵].

بیشتر مطالعات انجام شده براساس شاخص پوشش گیاهی انجام شده و کمتر به پهنه بندی گرد و غبار و مقایسه همزمان و تحلیل رگرسیونی این دو پرداخته شده است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی ارتباط بین پوشش گیاهی و فراوانی وقوع گرد و غبار در استان اصفهان به روش پهنه بندی و تحلیل رگرسیونی است. در این پژوهش به پدیده گرد و غبار به عنوان پیامد مدیریت نامطلوب پوشش گیاهی و ایجاد بازخورد مثبت در اکوسیستم های منطقه و افزایش پدیده گرد و غبار نگریسته شده است. کشف ابعاد بازخورد درونی سیستم در دور شدن از تعادل و بحرانی شدن منطقه اهداف کلان پژوهش را تشکیل می دهد. آهنگ تغییرات در پوشش و در نتیجه آهنگ تغییرات در پدیده گرد و غبار به عنوان ابزار مدیریت استراتژیک در هدف گذاری برنامه های چشم اندازی مدنظر قرار گرفته است. با محاسبه معیار دورسنجی پوشش می توان ابعاد پدیده گرد و غبار را بررسی کرد و در مدیریت استراتژیک اهداف بلند مدت پوشش گیاهی و کنترل گرد و غبار را در چشم انداز تدوین کرد. دسترسی به اطلاعات دورسنجی و تسریع در بررسی معیار پوشش گیاهی و امکان سنجی ارتباطات آن با پدیده گرد و غبار در مدیریت بهنگام و مدل سازی کمی آن رسالت تحقیق حاضر است.

۲. روش شناسی

۲.۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان با واقع شدن در مرکز فلات مرکزی ایران و حاکم شدن شرایط خشکی یکی از مهم ترین اکوسیستم های بیابانی ایران محسوب می شود. استان اصفهان با مساحتی حدود ۱۰۷۰۴۴ کیلومتر مربع، بین

نشان داد با افزایش طوفان های گرد و غبار بعد از سال ۲۰۰۲، مجموع غلظت سالیانه ریزگردها ضریب تبیین بالایی (۰/۸۵) با شاخص *NDVI* داشت [۴].

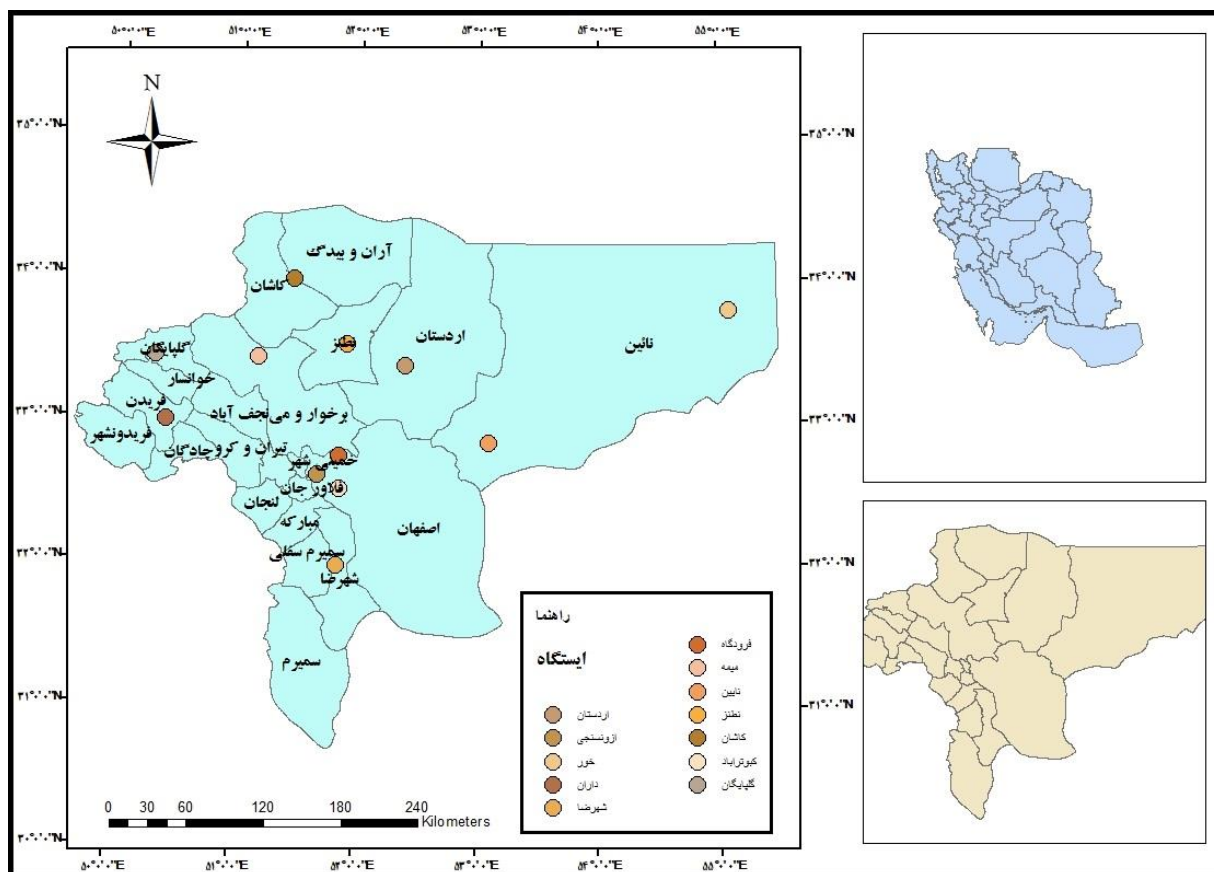
ارتباط میان بارندگی، پوشش گیاهی و انتشار گرد و غبار در منطقه گبی مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این مطالعه بررسی رابطه میان روند تغییرات پوشش گیاهی و تأثیرات آن بر بارندگی منطقه بود. در این تحقیق رابطه میان بارندگی و شاخص نرمال شده گیاهی برای یک دوره ۲۹ ساله مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان بارندگی روند کاهشی داشته و تغییرات مکانی آن از شرق به غرب منطقه بوده است. پوشش گیاهی نیز در نواحی کم باران کاهش داشته است. همچنین نتایج نشان داد که انتشار گرد و غبار با کاهش بارندگی و کاهش پوشش گیاهی رابطه مستقیم داشته است [۱۵].

در مطالعه دیگری تأثیر خشک سالی بر پوشش گیاهی دشت اردکان یزد مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه میانگین سالانه شاخص *SPI* از ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵ و شاخص *NDVI* برای ماه می سال های ۱۹۹۸، ۲۰۰۰، ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۵ محاسبه گردید. نقشه های شاخص *NDVI* در سه گروه بدون پوشش گیاهی، پوشش گیاهی ضعیف و پوشش گیاهی متراکم تهیه گردید. نتایج حاکی از ارتباط معنی دار در سطح ۹۵٪ میان نواحی با پوشش گیاهی ضعیف در میانه بهار با شاخص *SPI* بوده است [۱۷].

احتمال آسیب پذیری پوشش گیاهی به خشک سالی و تهیه نقشه مناطق حساس به خشک سالی در کشور ایران مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه از شاخص های وضعیت حرارتی *TCI*، وضعیت پوشش گیاهی *VCI*، شاخص حرارت سطحی *LST* و *NDVI* سنجنده مودیس همچنین شاخص سلامت گیاهی در ماه های مارس، آوریل، می و ژو در طی دوره زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۰ و در ۴ کلاس اقلیمی بسیار خشک، خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب استفاده گردید. نتایج نشان داد که احتمال آسیب پذیری پوشش گیاهی به خشک سالی در نواحی

میلی‌متر و میانگین دمای ماهانه آن ۱۵/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۱).

۳۰ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی قرار دارد. میانگین بارندگی سالانه استان ۱۲۳

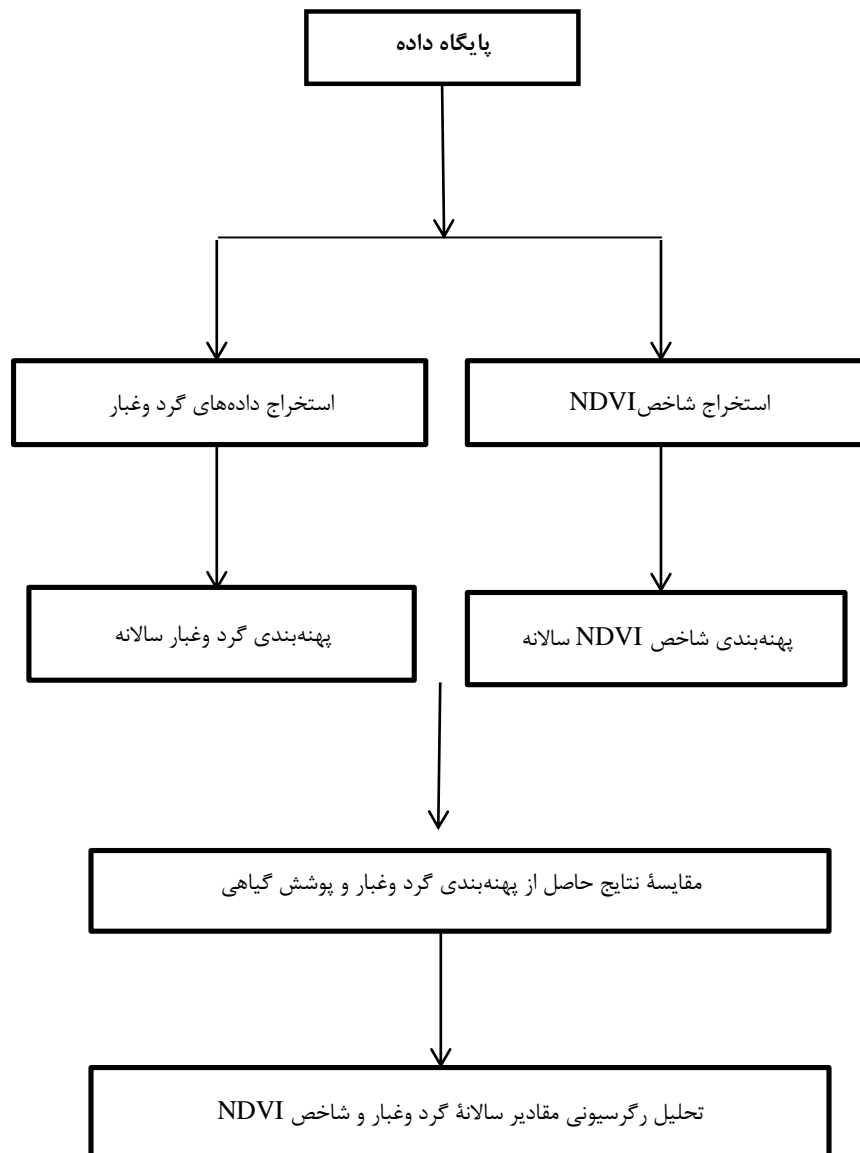


شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه

ایستگاه‌ها، تعداد روزهایی که دید افقی از ۱۰ کیلومتر کمتر بود، مشخص و تغییرات آن در طول سال‌های مورد مطالعه تعیین گردید. در نهایت برداشت وارد محیط نرم‌افزار جی‌آی‌اس گردید و با روش کریجینگ پهنه‌بندی گرد و غبار در طی دوره مطالعه انجام شد. پس از آن شاخص پوشش گیاهی نرمال شده محاسبه و نقشه‌های مربوط به آن تهیه گردید. جهت بررسی ارتباط گرد و غبار و پوشش گیاهی از تحلیل رگرسیونی استفاده گردید (شکل ۲).

۲.۲. روش تحقیق

در این تحقیق، جهت بررسی رابطه پوشش گیاهی و تعداد روزهای وقوع گرد و غبار از شاخص NDVI، محصول ساندجنده مودیس طی دوره آماری (۲۰۰۰-۲۰۱۶) با قدرت تفکیک ۲۵۰ متر و داده‌های تعداد روزهای گرد و غبار ۱۲ ایستگاه سینوپتیک استان استفاده شد. سپس برای مشخص کردن تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در استان اصفهان، برای هر کدام از



شکل ۲. فرایند انجام تحقیق

هر سال، در دوره مورد مطالعه می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی ارتباط تعداد وقوع گرد و غبار با پوشش گیاهی می‌باشد، لذا این ماه برای آنالیز تصاویر مورد استفاده قرار گرفت. بعد از تهیه این تصاویر برای تهیه شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده، این تصاویر ژئورفرنس شده و تصحیحات اولیه بر روی آن انجام شد. سپس با استفاده از باندهای دارای تفکیک مکانی ۲۵۰ متر تصاویر مودیس استفاده شد. شاخص

۳،۲. شاخص پوشش گیاهی نرمال شده

برای محاسبه شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس استفاده شد. تصاویر سنجنده مودیس به علت داشتن چندین ویژگی (قابلیت دید وسیع، محدوده طیفی و تعداد باندهای آن، قدرت تفکیک مکانی و تصویربرداری روزانه و در دسترس بودن داده‌های این سنجنده در ایران) انتخاب گردید. تصاویر انتخاب شده در این مطالعه برای ماه تیر

نتایج همچنین نشان می‌دهد که تعداد وقوع گرد و غبار در دوره مورد مطالعه از روند مشخصی تبعیت نمی‌کند ولی به‌طور میانگین در سال‌های انتهایی نسبت به سال‌های اولیه تحقیق، از روند افزایشی برخوردار است، به‌گونه‌ای که از سال ۲۰۰۸ به بعد بر تعداد وقوع گرد و غبار افزوده شده است. این نتایج بیانگر آن است که در سال‌های اخیر بر تعداد وقوع گرد و غبار در استان اصفهان افزوده شده است. بیشترین تعداد گرد و غبار، در سال ۲۰۱۱ که خشک‌ترین سال دوره مورد مطالعه می‌باشد، اتفاق افتاده است. به‌طوری‌که مشاهده می‌شود در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ بیشترین میزان گرد و غبار و سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۶ کمترین میزان گرد و غبار در استان را نشان می‌دهند (جدول ۱).

همچنین در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ بیشترین تغییرات و سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷ کمترین تغییرات در پوشش گیاهی مشاهده شده است.

نتایج پهنه‌بندی در سال ۲۰۰۰ بیان‌کننده آن است که در بخش‌های مرکزی و شرقی استان تعداد وقوع گرد و غبار بیشتر از مناطق دیگر استان است. نتایج پهنه‌بندی شاخص پوشش گیاهی نرمال شده تفاضلی در سال ۲۰۰۰ نیز بیانگر آن است که بخش‌های مرکزی و شرقی استان دارای پوشش گیاهی کمتری نسبت به بقیه استان می‌باشد و هر چه از شمال به بخش‌های مرکزی و شرقی استان حرکت می‌کنیم پوشش گیاهی کاهش پیدا کرده است. به‌طور کلی بین پوشش گیاهی و تعداد وقوع گرد و غبار در سال ۲۰۰۰ ارتباط وجود دارد و در قسمت‌هایی که پوشش گیاهی کاهش پیدا کرده بر تعداد وقوع گرد و غبار افزوده شده است (شکل ۳ و ۴).

پهنه‌بندی تعداد وقوع گرد و غبار در سال ۲۰۰۱ نشان می‌دهد که در این سال تعداد وقوع گرد و غبار نسبت به سال قبل (۲۰۰۰) کاهش داشته است و تقریباً در تمام استان به جز ایستگاه اصفهان (فرودگاه) و خور، کمتر از ۲۰ واقعه در سال بوده است. تراکم پوشش گیاهی در این سال مانند سال قبل بوده است.

پوشش گیاهی محل‌های احتمالی پوشش گیاهی را با تغییرات عددی بین +۱ تا -۱ نشان می‌دهد. با استفاده از رابطه زیر شاخص پوشش گیاهی محاسبه گردید:

$$NDVI = \frac{Band2 - Band1}{Band2 + Band1} \quad (1)$$

که در آن: BI معرف طول موج قرمز، $B2$ طول موج مادون قرمز است. دامنه تغییرات شاخص پوشش گیاهی نرمال شده تفاضلی بین منفی یک تا مثبت یک است. در شرایط پوشش گیاهی مناسب میزان آن مثبت یک است. دامنه تغییرات در شرایط پوشش گیاهی سبز بین ۰/۲ تا ۰/۸ است. زمانی که به مقادیر منفی نزدیک شود بیانگر، وضعیت پوشش در کمتر از شرایط نرمال و بروز خشک‌سالی است و در شرایط خشک‌سالی شدید منفی یک خواهد بود. جهت بررسی ارتباط بین گرد و غبار و پوشش گیاهی از تحلیل رگرسیون استفاده شد. هدف از تحلیل رگرسیونی بررسی رابطه بین متغیرها و پراکنش آن‌ها می‌باشد.

۳. نتایج

۳.۱. نتایج حاصل از بررسی پهنه‌بندی پدیده

گرد و غبار و تغییرات پوشش گیاهی

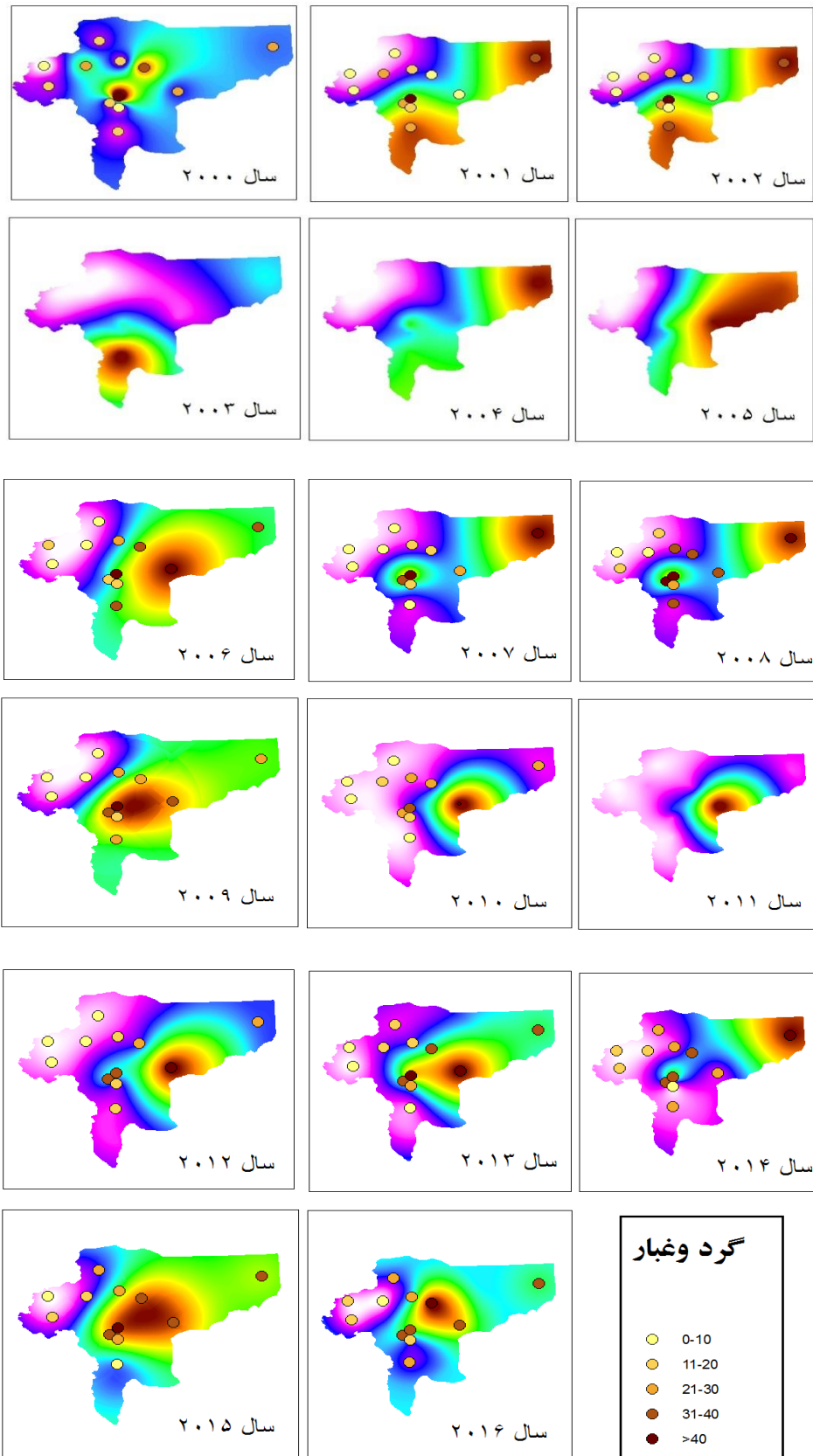
به منظور ارائه دیدگاه کلی از شرایط و فراوانی وقوع گرد و غبار در ایستگاه‌های مورد مطالعه، نتایج تغییرات تعداد روزهای رخداد گرد و غبار به صورت سالانه و به تفکیک ایستگاه در طول دوره مطالعاتی (۲۰۱۶ - ۲۰۰۰) در جدول (۱) آورده شده است. نتایج بررسی نشان می‌دهد که ایستگاه سینوپتیک نایین با ۹۱۴ روز و سپس ایستگاه اصفهان (فرودگاه شهید بهشتی) با ۸۰۵ روز به ترتیب نسبت به دیگر ایستگاه‌ها بیشترین تعداد روزهای همراه با پدیده گرد و غبار را در طول دوره دارند. همچنین ایستگاه سینوپتیک گلپایگان با ۹۱ روز و ایستگاه داران با ۱۱۱ روز کمترین تعداد روزهای وقوع گرد و غبار را نشان می‌دهد.

جدول ۱. تغییرات تعداد روزهای گرد و غباری در دوره آماری مورد مطالعه در استان اصفهان

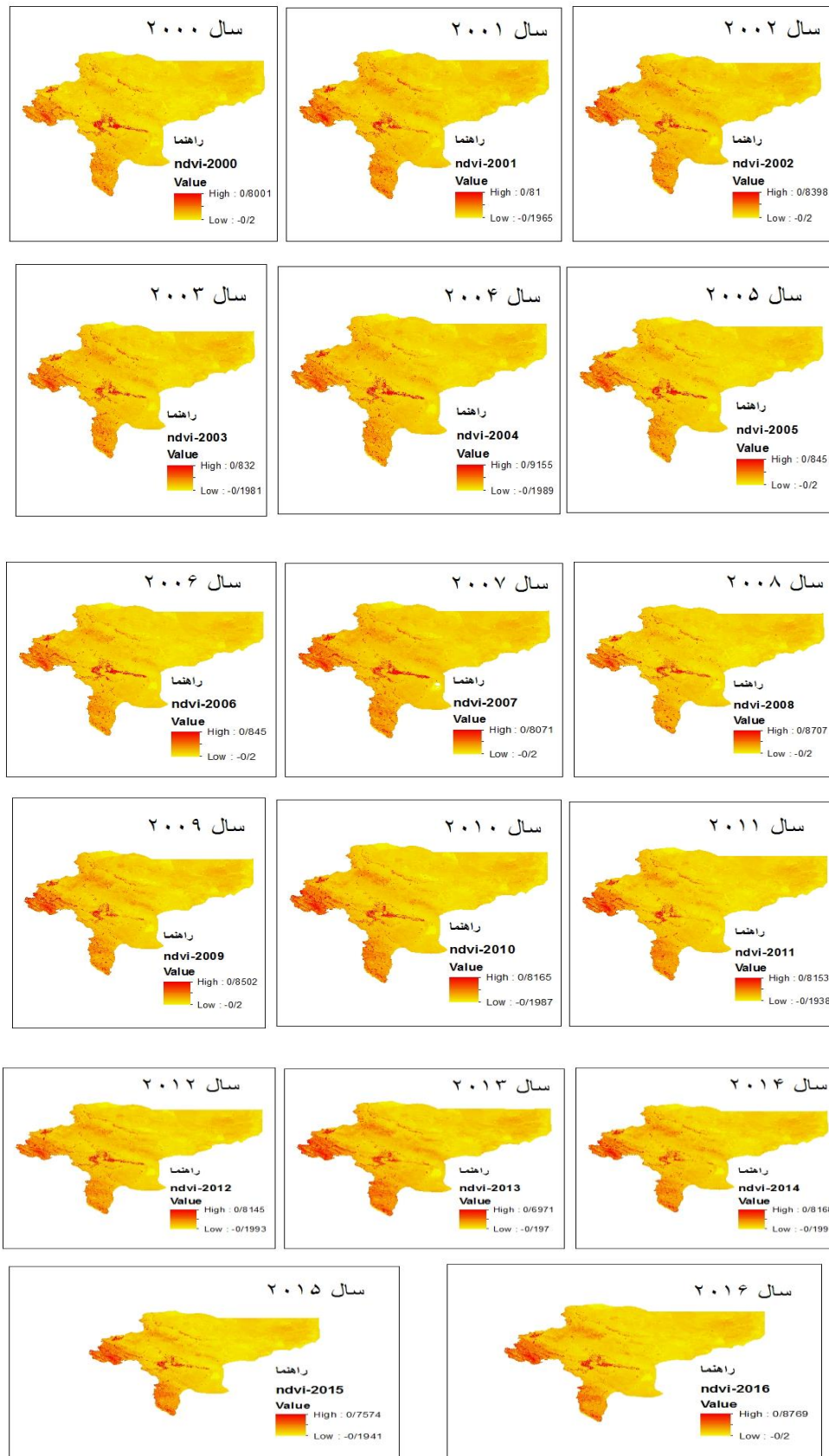
سال	کاشان	داران	خور	اردستان	اوزونسنجی	نایین	فرودگاه	کیوتراآباد	شهرضا	گلپایگان	نطنز	میمه	مجموع
۲۰۰۰	۹	۹	۱۴	۳۲	۷	۱۲	۵۲	۳	۷	۱	۸	۲۱	۱۷۵
۲۰۰۱	۰	۲	۲۱	۱	۱۳	۰	۳۲	۶	۱۱	۰	۸	۹	۱۰۳
۲۰۰۲	۱	۱	۱۷	۲	۷	۱	۲۳	۱	۱۹	۰	۶	۲	۸۰
۲۰۰۳	۰	۴	۱۷	۷	۶	۰	۳۱	۱	۵۴	۱	۳	۲	۱۲۶
۲۰۰۴	۱	۰	۲۷	۴	۴	۵	۳۰	۲	۱۷	۰	۳	۱	۹۵
۲۰۰۵	۰	۰	۲۰	۸	۵	۲۵	۲۴	۱	۱۳	۱	۹	۱	۱۰۶
۲۰۰۶	۰	۰	۸	۹	۲	۱۷	۱۶	۲	۹	۱	۴	۰	۶۸
۲۰۰۷	۱	۰	۱۸	۳	۱۴	۶	۱۷	۴	۱	۰	۲	۱	۶۷
۲۰۰۸	۵	۳	۴۹	۴۰	۵۱	۳۲	۵۴	۱۹	۳۶	۰	۳۳	۱	۳۲۳
۲۰۰۹	۸	۱۱	۳۳	۲۸	۴۹	۴۶	۹۶	۲۱	۲۶	۱۲	۳۳	۹	۳۷۲
۲۰۱۰	۱۰	۹	۳۱	۳۲	۲۶	۱۸۷	۵۵	۲۱	۱۲	۱۱	۲۶	۱۵	۴۳۵
۲۰۱۱	۴	۶	۳۰	۳۴	۴۲	۲۳۱	۶۶	۲۹	۱۰	۰	۲۲	۲۲	۴۹۶
۲۰۱۲	۱۵	۱۴	۴۸	۴۰	۶۲	۱۳۲	۶۳	۳۴	۲۷	۱۰	۳۰	۱۹	۴۹۴
۲۰۱۳	۲۲	۷	۵۳	۴۹	۴۸	۹۴	۷۹	۳۹	۱۵	۱۵	۳۰	۲۹	۴۸۰
۲۰۱۴	۱۵	۸	۶۱	۲۷	۲۴	۱۵	۴۱	۷	۱۲	۸	۱۳	۸	۲۳۹
۲۰۱۵	۲۸	۲۴	۴۴	۵۵	۵۱	۵۵	۷۵	۳۰	۲۱	۱۹	۳۱	۲۶	۴۵۹
۲۰۱۶	۲۹	۱۳	۴۲	۷۷	۴۲	۵۶	۵۱	۱۶	۲۴	۱۲	۲۷	۸	۳۹۷
مجموع	۱۴۸	۱۱۱	۵۳۳	۴۴۸	۴۵۳	۹۱۴	۸۰۵	۲۳۶	۳۱۴	۹۱	۲۸۸	۱۷۴	۴۵۱۵

وقوع گرد و غبار نسبت به سال‌های قبل از آن به شدت افزایش داشته است و هر چه از شمال و غرب استان به بخش‌های مرکزی و شرقی استان حرکت می‌کنیم بر شدت گرد و غبار افزوده شده است، به گونه‌ای که در بخش‌های مرکزی استان تعداد وقوع گرد و غبار به بیش از ۴۰ رخداده در سال می‌رسد. نقشه پراکنش پوشش گیاهی در همین سال نیز حاکی از کاهش شدید پوشش گیاهی این سال نسبت به سال‌های قبل است. نتایج پهنه‌بندی گرد و غبار در سال ۲۰۰۹ حاکی از آن است که تعداد وقوع گرد و غبار نسبت به سال قبل (۲۰۰۸) افزایش داشته است و بیشترین تعداد وقوع گرد و غبار در مرکز استان رخ داده است. پراکنش گرد و غبار در این سال حاکی از کاهش پوشش گیاهی نسبت به سال قبل می‌باشد (شکل ۳ و ۴).

سال ۲۰۰۲ پهنه‌بندی تعداد وقوع گرد و غبار تقریباً مشابه سال ۲۰۰۱ بوده و شرایط پوشش گیاهی نیز مشابه سال ۲۰۰۱ می‌باشد. با وجود این که وضعیت پوشش گیاهی استان در سال ۲۰۰۳ تقریباً مشابه سال ۲۰۰۲ است، در این سال تعداد وقوع گرد و غبار افزایش یافته، به گونه‌ای که در ایستگاه شهرضا به ۵۴ روز در این سال رسیده است. از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷ روند کاهشی در تعداد وقوع گرد و غبار دیده می‌شود، به طوری که سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۶ به ترتیب با ۶۷ و ۶۸ روز کمترین تعداد وقوع گرد و غبار را داشته‌اند. در این سال‌ها در برخی ایستگاه‌ها هیچ گونه واقعه‌ای ثبت نشده است. پوشش گیاهی در مرکز و شرق استان کمترین مقدار و در بخش‌های دیگر بیشترین مقدار بوده است (شکل ۳ و ۴). با توجه به نتایج به دست آمده در سال ۲۰۰۸، تعداد



شکل ۳. تغییرات سالانه گرد و غبار در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۶



شکل ۴. تغییرات شاخص NDVI در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۶

با ۴۹۴، ۴۸۰ و ۴۵۹ روز بیشترین تعداد روزهای گرد و غبار در استان اصفهان را داشته‌اند. در این سال‌ها میزان پوشش گیاهی به‌ویژه در مرکز و شرق استان کاهش چشمگیری داشته‌است (شکل‌های ۳ و ۴). مقادیر مربوط به شاخص $NDVI$ گویای این مطلب می‌باشد. به‌طور کلی نتایج حاکی از آن است که در بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۰ تخریب پوشش گیاهی افزایش یافته‌است.

۲،۳. نتایج حاصل از تحلیل رگرسیونی پدیده

گرد و غبار و تغییرات پوشش گیاهی

نتایج حاصل از تحلیل رگرسیونی در جدول ۲ مشخص شده‌است. نتایج حاصل از خروجی تحلیل رگرسیون نشان می‌دهد که ارتباط معنی‌داری بین تعداد روزهای گرد و غبار و پوشش گیاهی وجود دارد. این ارتباط به‌ویژه در سال‌هایی که میزان گرد غبار افزایش یافته معنی‌دار بوده‌است. بیشترین ضریب تعیین (R^2) به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۱۵، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ می‌باشد.

همچنین می‌توان گفت تعداد روزهای گرد و غبار از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۶ افزایش چشمگیری داشته، البته روند افزایش از روند منظمی تبعیت نمی‌کند. براساس نقشه‌های پهنه‌بندی، سال ۲۰۱۱ با ۴۹۶ روز بیشترین تعداد روز گرد و غبار و میزان پوشش گیاهی نیز کمترین مقدار بوده‌است. این کاهش به‌خصوص در مرکز و شرق استان مشهود بوده‌است (شکل ۲).

۲،۳. نتایج حاصل از تحلیل رگرسیونی پدیده

گرد و غبار و تغییرات پوشش گیاهی

همچنین می‌توان گفت تعداد روزهای گرد و غبار از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۶ افزایش چشمگیری داشته، البته روند افزایش از روند منظمی تبعیت نمی‌کند. براساس نقشه‌های پهنه‌بندی، سال ۲۰۱۱ با ۴۹۶ روز بیشترین تعداد روز گرد و غبار و میزان پوشش گیاهی نیز کمترین مقدار بوده‌است. این کاهش به‌خصوص در مرکز و شرق استان مشهود بوده‌است
پس از آن سال‌های ۲۰۱۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۵ به ترتیب

جدول ۲. نتایج تحلیل رگرسیونی پوشش گیاهی و گرد و غبار (سال ۲۰۱۶-۲۰۰۰)

سال	R	R Square	F	Sig
۲۰۰۰	۰/۴۶	۰/۲۲	۲/۴۸۷۴	۰/۱۴۹۲
۲۰۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۹۵۶۹
۲۰۰۲	۰/۱۱	۰/۰۱۲	۰/۱۱۰۷۱۶	۰/۷۴۶۹۵
۲۰۰۳	۰/۲۴	۰/۰۵۸	۰/۵۵۴۹	۰/۴۷۵۳
۲۰۰۴	۰/۱۲	۰/۰۱۵	۰/۱۴۲۹	۰/۷۱۴۱۱۳
۲۰۰۵	۰/۴۳	۰/۱۸	۲/۰۷۶۹۶۲	۰/۱۸۳۴۱
۲۰۰۶	۰/۵۲	۰/۲۷	۳/۳۸۸۹۸۸	۰/۰۹۸۷۶۷
۲۰۰۷	۰/۰۳۵	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱۳۶۳	۰/۹۱۷۴۴۵
۲۰۰۸	۰/۷۶	۰/۵۸	۱/۴۵۱۹۵۶	۰/۰۵۱۹۴۲
۲۰۰۹	۰/۷۳	۰/۵۴	۴/۷۷۳۳۴۷	۰/۰۵۰۷۲۹
۲۰۱۰	۰/۷	۰/۵۰	۲/۷۰۹۳۴۸	۰/۰۳۴۱۶۹
۲۰۱۱	۰/۸۸	۰/۷۸	۱/۱۹۷۲۵۱	۰/۰۳۲۲۹
۲۰۱۲	۰/۷۸	۰/۶۲	۲/۳۹۳۰۴۳	۰/۰۵۶۲۲۸
۲۰۱۳	۰/۷۷	۰/۶۰	۸/۴۹۹۳	۰/۰۱۷۱۶۱
۲۰۱۴	۰/۱۹	۰/۰۳۸	۰/۳۵۸۵۵	۰/۰۴۴۰۷۸
۲۰۱۵	۰/۸۶	۰/۷۴	۳/۶۶۳۱۳۱	۰/۰۵۰۹۰۷
۲۰۱۶	۰/۶۷	۰/۴۵	۱/۶۰۲۹۰۸	۰/۰۳۷۲۷۹

۲۰۰۰) بیشترین و کمترین تعداد وقوع گرد و غبار در دوره مورد مطالعه، به ترتیب در سال‌های ۲۰۱۱ با ۴۹۶ و ۲۰۰۷ با ۶۷ روز گرد و غبار رخ داده است. افزایش گرد و غبار در سال‌های اخیر با نتایج [۱۵] که روند افزایشی گرد و غبار را طی سال‌های اخیر گزارش دادند، همخوانی دارد. نتایج نشان داد که وضعیت پوشش گیاهی سطحی با تعداد وقوع گرد و غبار ارتباط دارد و با کاهش پوشش گیاهی بر تعداد وقوع گرد و غبار افزوده شده و در بخش‌هایی از استان که پوشش گیاهی کمی نسبت به بقیه بخش‌های استان دارد تعداد وقوع گرد و غبار بیشتر است. همچنین در سال‌هایی که پوشش گیاهی به علت خشکسالی و کاهش بارش، تراکم کمتری دارد، تعداد وقوع گرد و غبار در این سال‌ها افزایش یافته است که با [۱۴، ۱۱]، که به بررسی ارتباط انتشار گرد و غبار با پوشش گیاهی سطحی پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که با کاهش پوشش گیاهی بر تعداد وقوع گرد و غبار افزوده می‌شود، مطابقت دارد.

استان اصفهان یکی از کریدورهای شروع فرآیند بادی در ایران مرکزی می‌باشد، بنابراین تغییرات در خصوصیات اکولوژیکی آن منجر به شروع تغییرات ناهنجاری در قسمت‌های داخلی کشور می‌گردد. اگرچه پدیده گرد و غبار پیامد وابسته به عوامل طبیعی نظیر خشکی و خشکسالی می‌باشد لیکن نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد تحت تأثیر تخریب منابع آب و منابع پوشش گیاهی پدیده گرد و غبار به بحران تبدیل می‌شود و می‌تواند امنیت سکونتگاه‌های این مناطق را به خطر اندازد. مدیریت استراتژیک منابع طبیعی با هدف برنامه‌ریزی و کنترل پیامدهای ناگوار اکولوژیکی در غالب طرح‌های حفظ و احیای پوشش گیاهی به عنوان مهم‌ترین عامل در زنجیره‌های حیاتی موظف است علاوه بر رصد مستمر پدیده گرد و غبار در جهت کاهش پایدار آن اقدامات مؤثری در غالب برنامه‌های کوتاه مدت تا بلند مدت اقدام نماید.

ارتباط بین پوشش گیاهی به عنوان متغیر مستقل و تعداد روزهای گرد و غبار به عنوان متغیر وابسته، به میزان ۷۸ درصد ارتباط نسبتاً بالایی را در سال ۲۰۱۱ نشان می‌دهد. همچنین ارتباط پوشش گیاهی و تعداد روزهای گرد و غبار در سال‌های ۲۰۱۵، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ نیز به ترتیب ۷۴ درصد، ۶۲ و ۶۰ درصد می‌باشد. قابل ذکر است که براساس آمار ایستگاه‌های سینوپتیک استان بیشترین تعداد روزهای گرد و غبار ابتدا مربوط به سال ۲۰۱۱ بوده، ارتباط میان تعداد روزهای گرد و غبار در این سال با پوشش گیاهی نیز در سطح بسیار بالایی می‌باشد. ضریب تعیین در سال ۲۰۱۱ برابر با ۰/۷۸ است که نشان می‌دهد پوشش گیاهی به عنوان متغیر مستقل نقش تعیین‌کننده در تعداد روزهای گرد و غبار داشته است (جدول ۱).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که در سال‌های اخیر بر تعداد وقوع گرد و غبار افزوده شده است که دلیل این امر خشکسالی در سال‌های اخیر می‌باشد. همچنین سال‌های بعد از ۲۰۰۷ بیشترین تعداد وقوع گرد و غبار در بخش‌های مرکزی و شرقی استان رخ داده است. هرچند تعداد وقوع این پدیده در دیگر بخش‌ها نیز دیده می‌شود. نتایج همچنین نشان می‌دهد که تعداد وقوع گرد و غبار به سرعت نسبت به کاهش پوشش گیاهی عکس‌العمل نشان می‌دهد و در سال‌هایی که پوشش گیاهی کاهش داشته است بر تعداد وقوع گرد و غبار افزوده شده است. در سال‌های اخیر به دلیل کاهش بارش و به خصوص استفاده بی‌رویه از منابع طبیعی، پوشش گیاهی کم و تخریب شده و در نتیجه بر تعداد و شدت گرد و غبار در این منطقه از کشور و در مجموع، در کل کشور افزوده شده است.

نتایج بررسی تعداد وقوع گرد و غبار در استان اصفهان حاکی از آن است که در طی دوره مورد مطالعه (۲۰۱۶-۲۰۰۰)

References

- [1] Adam, E., Mutanga, O. and Rugege, D. (2010). Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of wetland vegetation: a review. *Wetlands Ecology and Management*, 18(3), 281-296.
- [2] Akhbari, D. and Haghighi, S. (2015). Effect of Vegetation Change of Source Area on Dust Storms Occurrence in the West of Iran. *ECOPERSIA*, 3 (4), 1133-1143.
- [3] Bao, G., Qin, Z., Bao, Y., Zhou, Y., Li, W. and Sanjjav, A. (2014). NDVI-based long-term vegetation dynamics and its response to climatic change in the Mongolian Plateau. *Remote Sensing*, 6(9), 8337-8358.
- [4] Bayat, R., Jafari, S., Ghermezcheshmeh, B. and Charkhabi, A. H. (2016). Studying the effect of dust on vegetation changes (Case study: Shadegan wetland, Khuzestan). *Iranian Journal of RS & GIS for Natural Resources*, 7(2), 17-32.
- [5] Heydari Alamdarloo, E., Behrang Manesh, M. and Khosravi, H. (2018). Probability assessment of vegetation vulnerability to drought based on remote sensing data. *Environ Monit Assess*, 190(12), 702-713.
- [6] Kim, S.-W., Yoon, S.-C. and Kim, J. (2008). Columnar Asian dust particle properties observed by sun/sky radiometers from 2000 to 2006 in Korea.
- [7] Khosravi, H., Haydari, E., Shekoohizadegan, S., and Zareie, S. (2017). Assessment the Effect of Drought on Vegetation in Desert Area using Landsat Data. *Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 20, S3-S12.
- [8] Khosravi, H., Zareh, A., Eskandari Dameneh, H., Rafiei Sardoi, E., and Eskandari Dameneh, H. (2017). Assessing the effects of the climate change on land cover changes in different time periods. *Journal of Geoscience*, 10, 93-103.
- [9] Kurosaki, Y. and Mikami, M. (2005). Regional difference in the characteristic of dust event in East Asia: relationship among dust outbreak, surface wind, and land surface condition. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 83(1), 1-18.
- [10] Mei, D., Xiushan, L., Lin, S. and Ping, W. (2008). A duststorm process dynamic monitoring with multitemporal MODIS data. *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 965-970.
- [11] Pourhashemi, S., Beroghani, M., Zanganeh, A. and Amirahmadi, V. A. (2016). Analysis relation of vegetation cover on the number of dust event in Khorasan Razavi using geographic information system and remote sensing. *Iranian Journal of RS & GIS for Natural Resources*, 6(4), 33-45.
- [12] Pringle, M. J., Denham, R. J. and Devadas, R. (2012). Identification of cropping activity in central and southern Queensland, Australia, with the aid of MODIS MOD13Q1 imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 19, 276-285.
- [13] Prospero, J. M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S. E. and Gill, T. E. (2002). Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 total ozone mapping spectrometer absorbing aerosol product. *Reviews of Geophysics*, 40(1), 2-31.
- [14] Reynolds, R. L., Yount, J. C., Reheis, M., Goldstein, H., Chavez, P., Fulton, R., Whitney, J., Fuller, C. and Forester, R. M. (2007). *Dust emission from wet and dry playas in the Mojave Desert, USA. Earth Surface Processes and Landforms*, 32(12), 1811-1827.
- [15] Rezazadeh, M., Irannejad, P. and Shao Y. (2013). *Climatology of the Middle East dust events. Aeolian Research*, 10, 103-109.
- [16] Sharma, A. R., Kharol, S. K. and Badarinath, K. (2009). Satellite observations of unusual dust event over North-East India and its relation with meteorological conditions. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 71(17), 2032-2039.
- [17] Smith, A. M., Kolden, C. A., Tinkham, W. T., Talhelm, Marshall, A. F., Hudak, J. D., Boschetti, A. T., Falkowski, L., Greenberg, M. J., Anderson, J. A. and Kliskey, A. (2014). Remote sensing the vulnerability of vegetation in natural terrestrial ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 154, 322-337.
- [18] Sofue, Y., Hoshino, B., Nduati, B., Kondoh, E., Kai, A., Purevsuren, K. and Baba, T. (2017). Remote sensing methodology for detection of environmental regime shifts in semi-arid region. In *Proceedings of the 37th Geoscience and Remote Sensing Symposium, FortWorth, TX, USA, 23-28 July 2017*, pp. 5113-5116.

- [19] Tuxen, K., Schile, L., Stralberg, D., Siegel, S., Parker, T., Vasey, M., Callaway, J. and Kelly, M. (2011). Mapping changes in tidal wetland vegetation composition and pattern across a salinity gradient using high spatial resolution imagery. *Wetlands Ecology and Management*, 19(2), 141-157.
- [20] Ziqiang, M. and Quanxi, Z. (2007). Damage effects of dust storm PM_{2.5} on DNA in Alveolar Macrophages and Lung cells of rats. *Food and Chemical Toxicology*, PP, 1363-1374

