

سال هفتم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۸
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۱ تاریخ تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۰۶/۱۲
صص: ۴۵-۲۵

بررسی اثرات عوامل اقلیمی بر گرد و غبار، مطالعه موردی: غرب استان خراسان رضوی

مریم نعیمی^۱، استادیار مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
محمدجواد یوسفی، کارشناسی ارشد مدیریت بیابان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی
محمد خسروشاهی، دانشیار مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
سمیرا زندی فر، استادیار مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
زهره ابراهیمی خوسفی، استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، کرمان

چکیده

گرد و غبار از جمله فرآیندهای مهم تخریب سرزمین بوده که مناطق وسیعی از غرب استان خراسان رضوی را پوشش میدهد. رویش و ثبات پوشش گیاهی در کنترل گرد و غبار موثر بوده که به عناصر اقلیمی و به طور عمده دو عامل قدرت باد و میزان بارش بستگی دارد. تغییرات این دو عنصر نیز بر روی سایر عناصر آب و هوایی از جمله دما، تبخیر، رطوبت نسبی تاثیرگذار بوده که منجر به خشکسالی شده و عواقب جدی برای انسان و محیط زیست دارد. در مطالعه حاضر اثر عناصر اقلیمی بر گرد و غبار در غرب استان خراسان رضوی بررسی شد. بر این اساس، پس از تهیه داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، ارتباط و روند سالیانه و فصلی بین تعداد روزهای همراه با گرد و غبار و پارامترهای هواشناسی از قبیل دما، بارش، رطوبت نسبی، تبخیر و تعرق، سرعت باد و شاخص خشکسالی (SPI) بررسی شدند. همچنین، جهت مطالعه فرکانس و شدت پدیده گرد و غبار شاخص DSI محاسبه و ضرایب رگرسیونی شاخص‌ها با یکدیگر آنالیز شدند. بررسی روند تغییرات نزدیک به ۳ دهه شاخص‌های اقلیمی در شهرستان‌های غرب استان خراسان رضوی نشان‌دهنده‌ی مساعد شدن شرایط برای افزایش گرد و غبار بود. بررسی روند تغییرات سالانه شاخص‌های گرد و غبار نشان داد با مساعد شدن شرایط اقلیمی برای افزایش گرد و غبار روند تغییرات DSI و روزهای با دید افقی کمتر از ۲۰۰ متر در طول دوره‌ی مطالعاتی افزایشی بوده است.

کلمات کلیدی: گرد و غبار، غرب خراسان رضوی، SPI، DSI.

مقدمه

اقلیم گسترده خشک و نیمه خشک ایران و کشورهای همجوار و بهره‌برداری‌های نادرست از منابع آب و خاک موجب تشدید فرسایش بادی و بروز پدیده گرد و غبار شده است؛ به طوری که هر ساله مراکز جمعیتی و صنعتی، اراضی کشاورزی و ساختارهای زیربنایی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. جهت تعدیل توفان‌های گرد و غبار علاوه بر شرایط هواشناسی، عوامل سطحی (زمین) و پوشش گیاهی نقش مهمی ایفا کرده (ولی و همکاران، ۱۳۹۶) که رویش و ثبات آنها در تپه‌های ماسه‌ای به طور عمده به دو عامل قدرت باد و میزان بارش بستگی دارد (یار احمدی و همکاران، ۱۳۹۳). تغییرات این دو عنصر نیز روی سایر عناصر آب و هوایی از جمله دما، تبخیر، رطوبت نسبی و امثال آن اثرگذار است. بینگ^۱ و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای در استان جینتا در کشور چین نشان دادند که بارش و دما دو عامل اقلیمی مهم می‌باشند که روی رشد پوشش گیاهی تاثیر می‌گذارند.

طی دهه‌های اخیر پدیده گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی باعث افزایش دما و کاهش بارش و در نتیجه خشک‌سالی‌های مکرر شده است. رخداد خشک‌سالی منجر به کاهش پوشش گیاهی و افزایش گرد و غبار در کل منطقه شده است (میری و همکاران، ۱۳۸۸). موقعیت ایران واقع در شرق بیابان‌های بزرگ مانند صحرای بزرگ افریقا و در مقیاس منطقه‌ای بیابان‌های سوریه، اردن، عربستان و از همه مهم‌تر عراق موجب شده که با تشکیل میدان باد در آنها و با حرکت به سمت ایران موجب انتقال ذرات گرد و غبار به مناطق جنوبی و جنوب غرب ایران و در پاره‌ای موارد مناطق مرکزی کشور بشود. از این نظر می‌توان گفت مهمترین عامل اقلیمی، رخداد خشک‌سالی‌های مکرر است که به علت ضعف پوشش گیاهی بویژه در مناطقی که قبلاً جزو سرزمین‌های تالابی بوده‌اند با تشکیل میدان باد و همراهی آن با سیستم‌های فشار مناسب از سمت غرب و جنوب غرب موجب

^۱ Bing

انتقال ذرات گرد و غبار در مقیاس سینوپتیک بویژه در نیمه غربی کشور می‌شود. توفان‌های گرد و غبار معمولاً در مناطق خشک و نیمه خشک و عرض‌های معتدله، حاره و جنب حاره جایی که میانگین بارش سالانه ۳۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر است (این‌دیتو^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). بنابراین لازم است بررسی اثر عناصر اقلیمی در ایجاد گرد و غبار به منظور پیش بینی احتمال ایجاد و تشدید آن در دهه‌های آینده مطالعات لازم صورت گیرد. تاکنون تحقیقات زیادی بر روی تاثیر عوامل اقلیمی بر پدیده گرد و غبار و همچنین بررسی و ارائه راهکارهای مقابله با این پدیده در سطح جهان و کشور صورت پذیرفته که بر اساس آن‌ها تاثیر عوامل اقلیمی بر پدیده‌ی گرد و غبار امری بدیهی می‌باشد. اما در مورد نوع عوامل اقلیمی موثر و میزان تاثیر آن‌ها برخی اوقات اختلافاتی وجود داشته است.

گو^۲ و همکاران (۲۰۱۰) ارتباط بین شدت وقوع توفان‌های گردوغبار با دما و بارندگی را در شمال چین در بازه ی زمانی (۲۰۰۷-۱۹۵۴) مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی ارتباط بین بارندگی و فراوانی وقوع رخداد‌های گردوغبار، معکوس و معنی دار اما ارتباط بین دما و رخداد‌های گردوغبار معکوس و با سطح معنی داری پایین تشخیص داده شد. اولانگ‌سای^۳ و همکاران (۲۰۱۴)، از شاخص توفان گردو غبار (DSI) به منظور ارزیابی فرسایش بادی در استرالیا برای فاصله زمانی ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۰ استفاده کردند و همبستگی بین DSI و گردو غبار جمع شده در ۱۱۰ ایستگاه هواشناسی را بیش از ۹۳٪ تشخیص دادند. ساوینا^۴ و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی اثر سرعت باد و رطوبت نسبی در غلظت گرد و غبار اتمسفری در نواحی نیمه خشک نشان دادند که غلظت گرد و غبار اتمسفری بطور مستقیم با رطوبت نسبی ارتباط ندارد. در عین حال، غلظت گرد و غبار با افزایش رطوبت نسبی حداکثر تا ۲۵٪ افزایش می‌یابد و سپس کاهش می‌یابد. باگل^۵ و همکاران

¹ indoito

² Gu

³ O'loingsigh

⁴ Csavina

⁵ Bogle

(۲۰۱۵)، با بررسی فاکتورهای آب و هوایی موثر بر تحرک تپه‌های ماسه‌ای نزدیک به رود گرندفالز در منطقه‌ی ناواهو در جنوب غربی ایالات متحده نشان دادند که از بین پارامترهای اقلیمی مختلف در خشک‌سالی‌های طولانی رایج، قدرت باد برجسته‌ترین پارامتر موثر بر تحرک‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای می‌باشد. سانگ^۱ و همکاران (۲۰۱۶) پس از مطالعه تغییرات زمانی و مکانی گرد و غبارهای بهاری در شمال چین از ۱۹۸۲-۲۰۱۱ متوجه شدند که بیشترین رویدادها در بیابان تاکالاماکان، بیابان باداینجارانوبیابان اولانبو اتفاق می‌افتد و به طور کلی مقدار انتشار منطقهای گرد و غبار در فصل بهار روند کاهشی را نشان می‌دهد. نامداری^۲ و همکارانش (۲۰۱۸) ارتباط بین شاخص اپتیکی آئروسول‌ها (AOD)، دما و بارندگی را در فصل بهار مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، افزایش دما و کاهش بارندگی از علل اصلی تشدید رویدادهای گرد و غبار در خاورمیانه بوده است. راشکی^۳ و همکاران (۲۰۱۸) به تحلیل آماری رخداد‌های گرد و غبار در جنوب غربی آسیا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین فراوانی رخداد‌های گرد و غبار از لحاظ مکانی در حوضه سیستان ایران و بیابان‌های جنوب افغانستان و از نظر زمانی در ماه‌های ژوئن و ژولای بوده است. علی پور^۴ و همکاران (۲۰۱۸) تحلیل سینوپتیکی وقایع گردوغبار و ارتباط آن با خشکسالی را بر اساس شاخص SPI در استان‌های قزوین و البرز برای بازه‌ی زمانی (۲۰۱۴-۲۰۰۰) مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از بررسی آنها نشان داد که در ایستگاه کرج در سال ۲۰۱۳ خشکسالی شدید و در استان قزوین در سال ۲۰۰۸ خشکسالی بسیار شدید رخ داده است. همچنین نتایج بررسی سالانه نشان داد که گردوغبارهای با کدهای ۰۶ و ۰۷ بیشترین فراوانی را در این دو ایستگاه داشته‌اند.

¹ Song

² Namdari

³ Rashki

⁴ Alipour

نوروزی و خادمی (۱۳۹۳) در مطالعه تغییرات مکانی و زمانی نرخ فرورنشست گرد و غبار در شهر اصفهان و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی نشان داده‌اند که همبستگی‌های معنادار منفی میان نرخ فرورنشست گرد و غبار با میزان بارش و رطوبت نسبی و همبستگی معنادار مثبت با دمای حداقل و حداکثر در تمام ماه‌ها و سرعت حداکثر و متوسط باد در ماه‌های خشک وجود دارد. بروغنی و همکاران (۱۳۹۵)، به تحلیل وقوع گرد و غبار و پهنه‌بندی آن برای ۱۰ ایستگاه استان خراسان رضوی پرداختند و ارتباط آن با خشکسالی نیز بررسی گردید. نتایج حاکی از آن بود که سرخس و قوچان به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد وقوع گرد و غبار را در سال داشتند. همچنین ماه می و فصل بهار بیشترین تعداد وقوع گرد و غبار را نسبت به ماه‌ها و فصل‌های دیگر سال دارا بودند. همچنین نتایج نشان داد که در وقوع گرد و غبار با خشکسالی ارتباط مستقیمی وجود داشت و در سال‌هایی که شدت خشکسالی زیاد بوده بر تعداد وقوع گرد و غبار نیز افزوده شده است. نتایج پهنه‌بندی نشان داد که هرچه از مرکز و شمال به سمت مرزهای استان حرکت کنیم بر تعداد وقوع گرد و غبار افزوده شد. نتایج دانش شهرکی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی تغییرات فصلی و مکانی نرخ گرد و غبار حمل شده از روی شهرهای دشت سیستان و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی نشان داد که میانگین نرخ گرد و غبار حمل شده در دشت سیستان در تابستان (۵۶۶/۲۳ گرم بر متر مربع بر فصل) به صورت معنی داری از فصول پاییز و زمستان بیش‌تر بود. همچنین، مقدار میانگین نرخ گرد و غبار حمل شده با سرعت باد، دمای هوا، دمای خاک در عمق ۵ سانتی‌متری و تبخیر و تعرق همبستگی مثبت و معنی داری را نشان داد و با رطوبت نسبی همبستگی منفی و معنی داری نشان داد. سپه‌وند و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی روند تغییرات سرعت باد و فراوانی وقوع گردوغبار در استانهای لرستان و کرمانشاه پرداخته و نشان دادند که سرعت باد در تمامی ماه‌های سال دارای روندی مثبت بوده که در بیشتر موارد در سطح ۹۹ درصد معنی دار بودند.

پدیده گرد و غبار از جمله فرآیندهای مهم تخریب سرزمین و یک چالش محیط زیستی در استان خراسان رضوی است. بر این اساس، پژوهش حاضر به بررسی و شناخت عوامل اقلیمی از جمله باد، رطوبت، تبخیر و تعرق، دما و بارش و تاثیر آنها بر بروز و تشدید پدیده گرد و غبار و تحرک‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای در آینده در شهرستان‌های غرب استان خراسان رضوی شامل نیشابور، سبزوار، کاشمر، بردسکن و تربت حیدریه صورت گرفته است. بدین منظور از شاخص‌های خشکسالی و شدت و فرکانس گرد و غبار جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات بهره گرفته شده است.

داده‌ها و روش‌ها

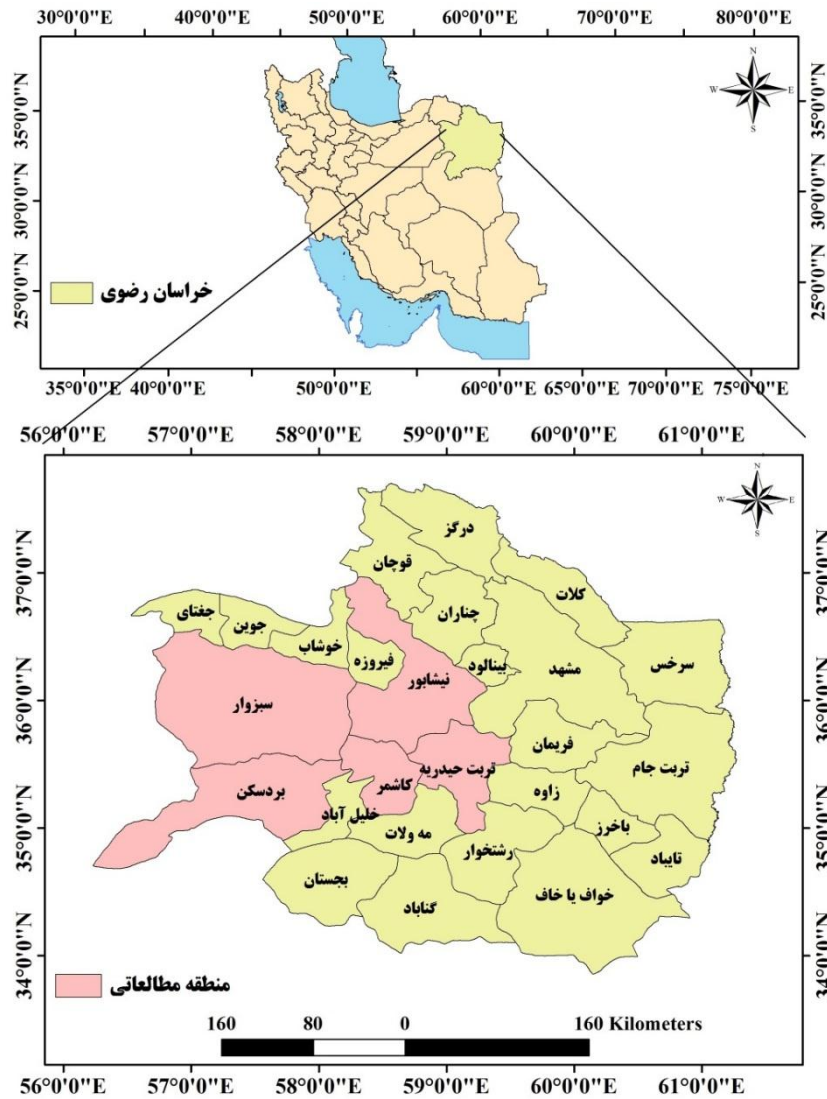
منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در غرب استان خراسان رضوی (شهرستان‌های کاشمر، سبزوار، نیشابور، تربت حیدریه و بردسکن)، انجام شد. شکل (۱)، موقعیت شهرستان‌های مورد مطالعه را در استان خراسان رضوی نشان می‌دهد.

مناطق مورد مطالعه دارای زیست اقلیم‌های خشک، فراخشک و نیمه خشک می‌باشد. پارامترهای اقلیمی این مناطق در جدول ۱ شرح داده شده است. اغلب بادهای در این مناطق حامل گرمای شدید و گرد و غبار زیاد بوده و علاوه بر اینکه هوا را آلوده می‌کنند، به خشکی منطقه هم می‌افزاید و اثر باران اندک را نیز محو و یا مانع از باریدن می‌شود. این مناطق تحت تاثیر بادهای ۱۲۰ روزه با منشاء در کشور ترکمنستان نیز می‌باشند.

به منظور شناسایی پارامترهای اقلیمی موثر بر گرد و غبار محلی غرب استان خراسان رضوی و همچنین شناسایی روند تغییرات این پدیده، داده‌های ۲۷ سال گذشته مورد تجزیه و تحلیل کمی و کیفی قرار داده شد. سپس با بررسی دوره مشترک آماری ایستگاه‌های منتخب شامل نیشابور، کاشمر، تربت حیدریه، سبزوار و بردسکن بازه‌ی زمانی مشترک جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها انتخاب شد. طی آن روند تغییر در روزهای

همراه با پدیده گرد و غبار در هر سال به همراه روند تغییر دما، میزان ریزشهای جوی، میزان رطوبت نسبی، تبخیر و تعرق و همچنین تغییرات باد طی دوره زمانی ۲۷ ساله تا سال ۲۰۱۷ به همراه تغییر در پراکنش آنها در ماه های مختلف بررسی شد.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه در محدوده استان خراسان رضوی

جدول ۱- پارامترهای اقلیمی در منطقه مورد مطالعه

پارامتر اقلیمی	شرایط	توضیحات
بارش	کم و با پراکندگی نامنظم	باران‌های اندک مناطق بیابانی نیز اغلب شدید و به صورت رگباری است.
تبخیر و تعرق	میزان تبخیر و تعریق سالانه آب ۱۵ تا ۲۰ برابر باران سالانه است.	به دلیل خشکی هوا، آفتاب سوزان و همچنین وزش بادهای و تاثیر سایر عوامل می باشد.
رطوبت نسبی	۱۵ تا ۳۰ درصد تغییرات روزانه و فصلی	-
دما	درجه ی حرارت روز ۳۵ تا ۴۵ درجه سانتی گراد و در شب به ۱۰ تا ۱۵ درجه است.	اختلاف درجه ی حرارت در طول شبانه روز زیاد است.
باد	با منشا محلی یا مناطق دیگر است	-

با رسم نمودارها و بررسی شیب تغییرات به همراه آنالیزهای آماری مختلف، سطوح معنی دار تغییر در روند سالانه هر یک از این پارامترها و ارتباط معنی دار بین پارامترهای مختلف مورد بررسی واقع شد. قابل ذکر است که آنالیزها در محیط نرم افزار آماری SPSS 18 صورت پذیرفته است.

روش تحقیق

الف) شاخص خشکسالی و تعداد وقوع گرد و غبار در هر سال

پس از بازسازی و تکمیل خلاءهای آماری و بررسی همگنی داده‌ها، ارتباط و روند سالیانه، فصلی و ماهانه بین تعداد روزهای همراه با توفان گرد و غبار و پارامترهای مورد مطالعه بررسی شد. در این بخش روزهای همراه با گرد و غبار بعنوان یک متغیر وابسته در طول دوره مطالعاتی با داده‌های همزمان دما، تبخیر و بارش و سایر پارامترهای مورد نیاز و دخیل در این پدیده بعنوان متغیرهای مستقل مقایسه شدند. به منظور پایش پدیده تغییر اقلیم هر سال، داده‌ها به روز و نقشه‌های پهنه‌بندی جدیدی از شدت رخداد تغییر عناصر اقلیم ارائه گردید. به منظور بررسی سال‌های خشک و تر و اثرات آن بر افزایش یا کاهش روزهای همراه با گرد و غبار، با استفاده از شاخص SPI وضعیت سالها و

دوره‌های خشکسالی بررسی شدند. به منظور بررسی سال‌های خشک و مرطوب، مقدار شاخص استاندارد بارش سالانه تعیین می‌شود (مووس^۱ و همکاران، ۱۹۹۵). بعد از محاسبه خشکسالی با استفاده از شاخص SPI و تعداد وقوع گرد و غبار در هر سال، پهنه‌بندی با استفاده از جدول ۲، با استفاده از روش کریجینگ در نرم‌افزار ArcGIS انجام شد.

جدول ۲- مقادیر شاخص خشکسالی (SPI)

ترسالی بسیار شدید	بیشتر از ۲
ترسالی شدید	۱/۹۹ الی ۱/۵
ترسالی معمولی	۱ الی ۱/۴۹
سال نرمال	۰/۹۹ الی -۰/۹۹
خشکسالی معمولی	-۱ الی -۱/۴۹
خشکسالی شدید	-۱/۵ الی -۱/۹۹
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از -۲

ب) فرکانس و شدت پدیده گرد و غبار

جهت مطالعه‌ی فرکانس و شدت پدیده گرد و غبار از روش شاخص توفان گرد و غبار^۲ DSI استفاده شد. این شاخص ترکیبی از سه نمایه‌ی روزهای توفانی با گردوغبار محلی (LDE) روزهای توفانی با گردوغبار متوسط (MDS) و روزهای توفانی با گردوغبار شدید (SDS) است، که بر مبنای تعداد دفعات ثبت کدهای پدیده گردوغبار در ایستگاه‌های سینوپتیک بر اساس کاهش میدان دید نسبت به عوامل مختلف، محاسبه می‌گردد (اصغری^۶ پوده و همکاران، ۱۳۹۴). مقادیر سه نمایه بالا بر اساس کدهای گزارش شده از محل ایستگاه‌های سینوپتیک مناطق مورد مطالعه بر اساس تعاریف زیر استخراج و محاسبه شدند:

^۱ Muhs

^۲ Dust Storm Index

SDS = روزهای توفانی با گردوغبار شدید، مجموع مشاهدات کدهای گرد و غبار حداکثر روزانه کد ۳۳-۳۵.

MDS = روزهای توفانی با گرد و غبار متوسط، مجموع مشاهدات کدهای گرد و غبار حداکثر روزانه ۳۰، ۳۲ و ۹۸.

LDE = روزهای با گرد و غبار محلی، مجموع مشاهدات کدهای گرد و غبار حداکثر روزانه ۰۷ و ۰۹.

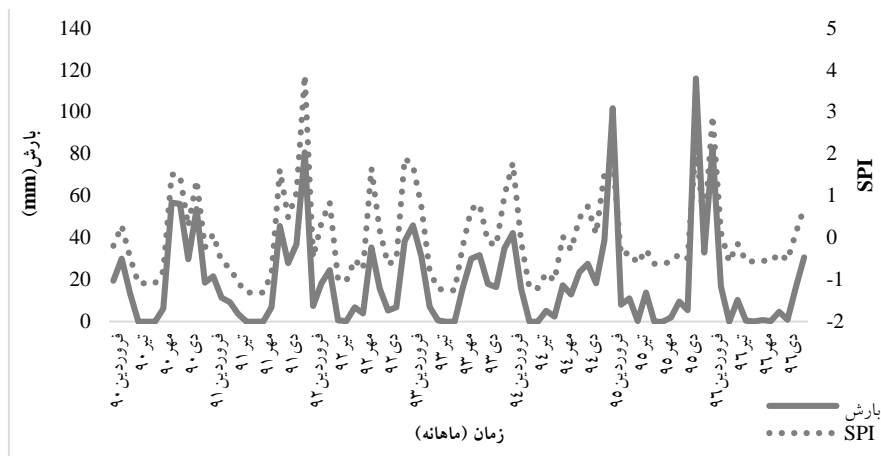
بحث اصلی (ارائه یافته‌ها، تجزیه، تحلیل و تفسیر آنها)

شاخص خشکسالی و تعداد وقوع گرد و غبار در هر سال

در مطالعه حاضر از شاخص خشکسالی (SPI) جهت تعیین فرکانس و شدت پدیده گرد و غبار استفاده شد. پهنه بندی SPI بر مبنای اطلاعات بارش می باشد. نتایج بررسی ماهانه بارش در طول دوره ۱۳۹۶-۱۳۹۰ شهرستان های غرب استان خراسان رضوی با توجه به شکل ۲ الی ۷ نشان داد که در تمامی ایستگاه ها خشکترین ماههای سال تیر، مرداد و شهریور با بارشی معادل صفر میلی متر و پر بارشترین ماههای سال معمولاً دی، بهمن و اسفند می باشند.

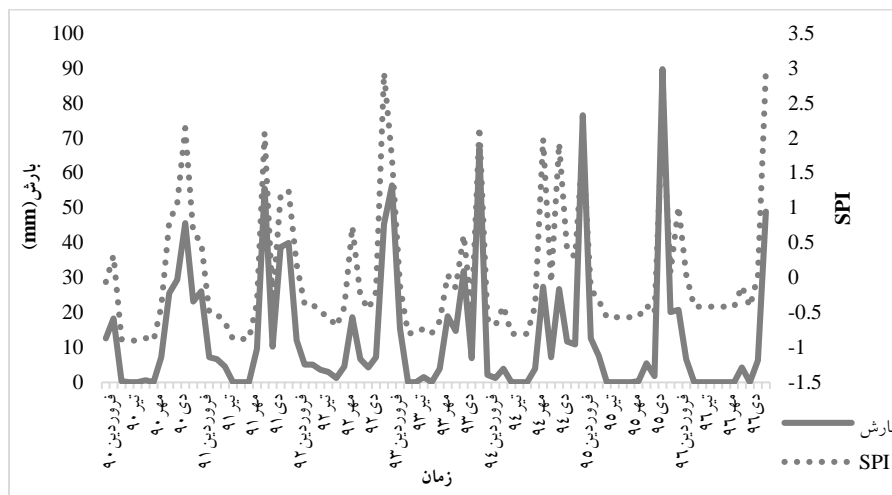
نتایج گویای آن است که در ماههای گرم سال نظیر تیر، مرداد و شهریور شرایط اقلیمی برای افزایش پدیده‌ی گرد و غبار مساعدتر می باشد. نتایج حاکی از روند کاهشی میزان بارش در تمامی شهرستان ها است. روند تغییرات بارش نشان دهنده‌ی ایجاد شرایط مساعد برای افزایش فرسایش بادی و گرد و غبار در طی دوره‌ی مورد مطالعه بود.

میانگین بارش و SPI در شهرستان نیشابور در غرب استان خراسان رضوی در شکل ۲ نشان داده شده است. بالاترین میزان بارش و SPI به ترتیب معادل ۱۱۵/۹ و ۳/۸۷ می باشد. این در حالیست که ترین میزان SPI معادل ۱/۳۰- محاسبه شده است.



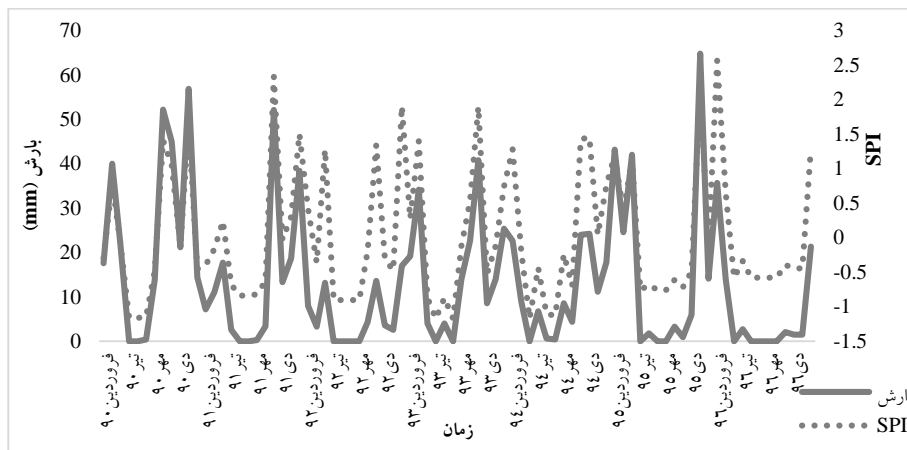
شکل ۲- روند تغییرات ماهانه بارش و SPI در طول دوره‌ی مطالعاتی ۱۳۹۰-۱۳۹۶ شهرستان نیشابور

میانگین بارش و SPI در شهرستان کاشمر در غرب استان خراسان رضوی در شکل ۳ نشان داده شده است. بالاترین میزان بارش و SPI به ترتیب معادل $۸۹/۷/۴$ و $۲/۹۳$ می‌باشد. این در حالیست که ترین میزان SPI معادل $-۰/۹۰$ محاسبه شده است.



شکل ۳- روند تغییرات ماهانه بارش و SPI در طول دوره‌ی مطالعاتی ۱۳۹۰-۱۳۹۶ شهرستان کاشمر

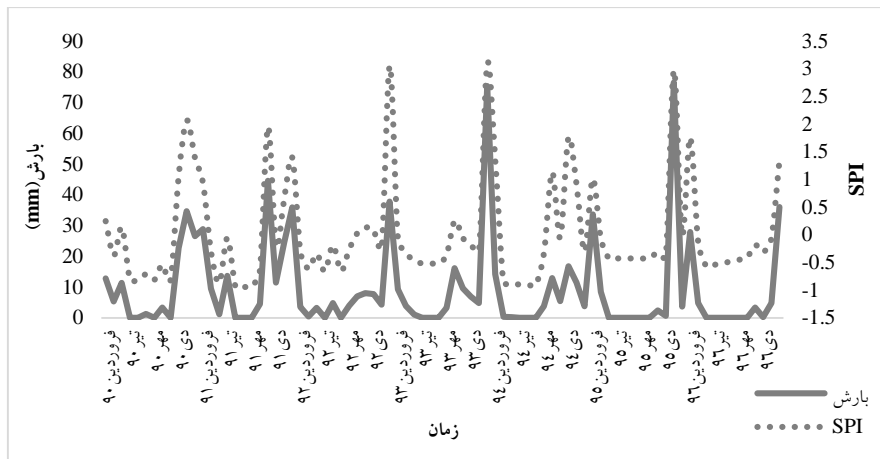
میانگین بارش و SPI در شهرستان سبزوار در غرب استان خراسان رضوی در شکل ۴ نشان داده شده است. بالاترین میزان بارش و SPI به ترتیب معادل ۶۴/۸ و ۲/۵۶ می‌باشد. این در حالیست که ترین میزان SPI معادل ۱/۱۶- محاسبه شده است.



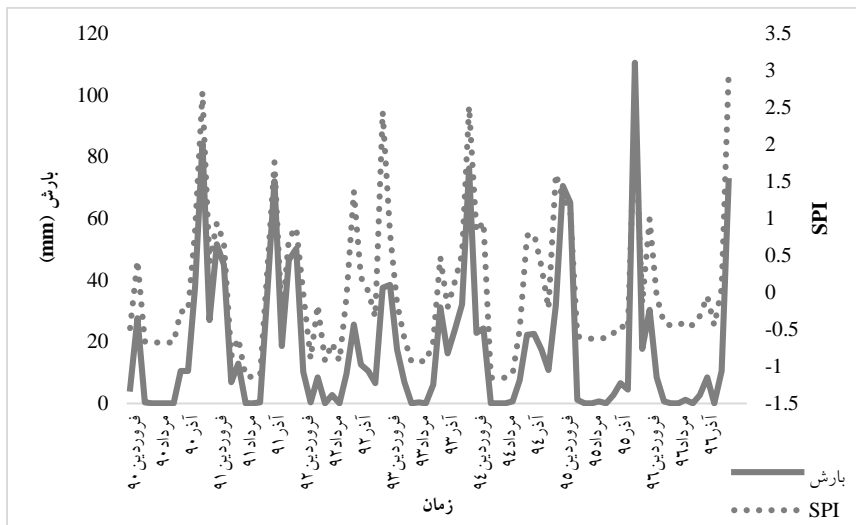
شکل ۴- روند تغییرات ماهانه بارش و SPI در طول دوره‌ی مطالعاتی ۱۳۹۰-۱۳۹۶ شهرستان سبزوار

میانگین بارش و SPI در شهرستان بردسکن در غرب استان خراسان رضوی در شکل ۵ نشان داده شده است. بالاترین میزان بارش و SPI به ترتیب معادل ۷۵/۴ و ۳/۰۸ می‌باشد. این در حالیست که ترین میزان SPI معادل ۰/۹۴- محاسبه شده است.

میانگین بارش و SPI در شهرستان تربت حیدریه در غرب استان خراسان رضوی در شکل ۶ نشان داده شده است. بالاترین میزان بارش و SPI به ترتیب معادل ۱۱۰/۴ و ۲/۹۷ می‌باشد. این در حالیست که ترین میزان SPI معادل ۱/۱۵- محاسبه شده است.

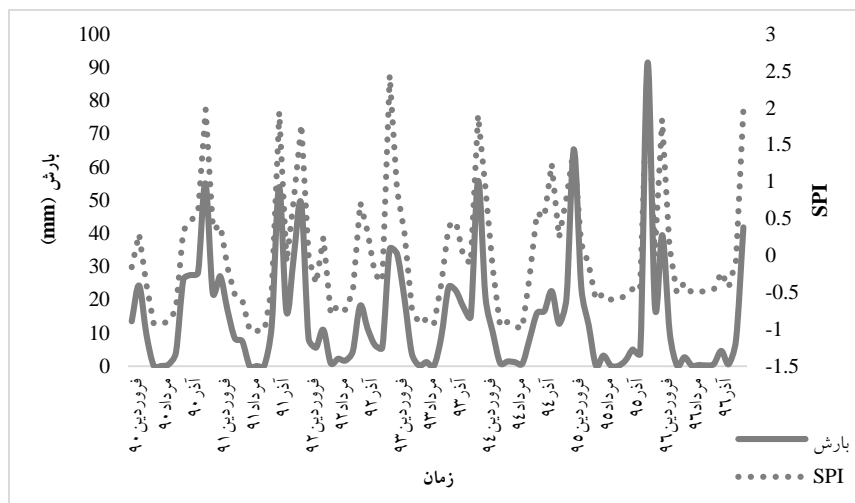


شکل ۵- روند تغییرات ماهانه بارش و SPI در طول دوره‌ی مطالعاتی ۱۳۹۰-۱۳۹۶ شهرستان بردسکن



شکل ۶- روند تغییرات ماهانه بارش و SPI در طول دوره‌ی مطالعاتی ۱۳۹۰-۱۳۹۶ شهرستان تربت حیدریه

میانگین بارش و SPI در غرب استان خراسان رضوی در شکل ۷ نشان داده شده است. بالاترین میزان بارش و SPI به ترتیب معادل ۹۱/۴۶ و ۲/۴۴ می باشد. این در حالیست که کمترین میزان SPI معادل ۰/۹۶- محاسبه شده است.

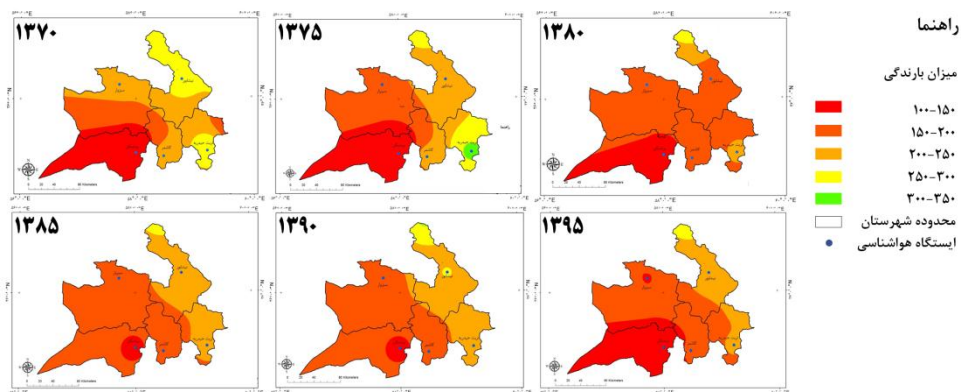


شکل ۷- روند تغییرات ماهانه بارش و SPI در طول دوره‌ی مطالعاتی ۱۳۹۰-۱۳۹۶ در کل منطقه

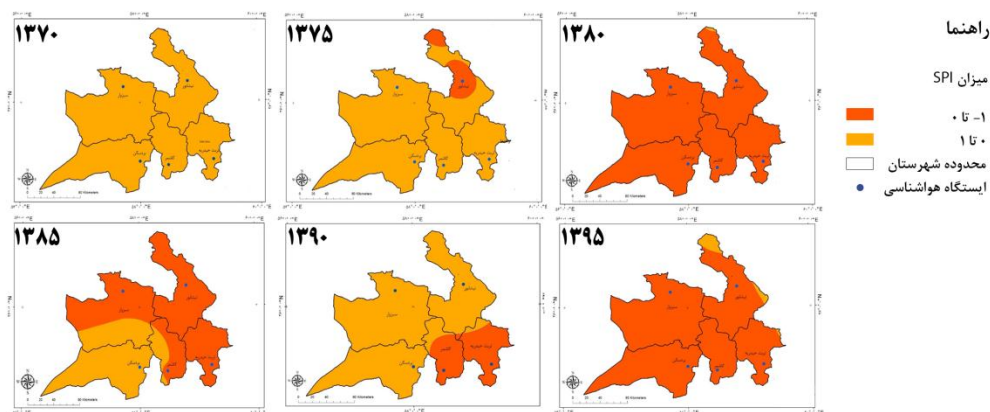
با توجه به شکل‌های ۲ الی ۷، بررسی شاخص SPI در شهرستان‌های غرب استان خراسان رضوی نشان می دهد که بالاترین شاخص به ترتیب در نیشابور و بردسکن و پایین ترین شاخص در نیشابور و سبزوار محاسبه شده است. با توجه به نتایج در شکل ۷، روند تغییرات کلی استان نشانگر ارتباط مثبت بارش و شاخص SPI می باشد.

پهنه بندی روند تغییرات میانگین ۵ ساله بارش و SPI در دوره مطالعاتی ۱۳۶۸ الی ۱۳۹۶ در غرب استان خراسان رضوی با توجه به شکل ۸ و ۹ مورد آنالیز قرار گرفت. پهنه بندی حاکی از افزایش شدت خشکسالی در این منطقه بوده که این پدیده می تواند منجر به افزایش پدیده‌ی گرد و غبار و فرسایش بادی شود. مطابقت مابین پهنه بندی

بارش و شاخص SPI با توجه به شکل‌های ۸ و ۹ در کل منطقه دیده میشود. پهنه بندی در شکل ۹ نشان میدهند که در طول ۲۸ سال میزان شاخص SPI به میزان یک واحد افول داشته است. کاهش شاخص نشانگر افزایش خشکسالی می باشد و در نتیجه غرب خراسان رضوی از سال ۱۳۶۹ تا سال ۱۳۹۶ درگیر مشکلات زیست محیطی ناشی از حضور گرد و غبار گردیده است.



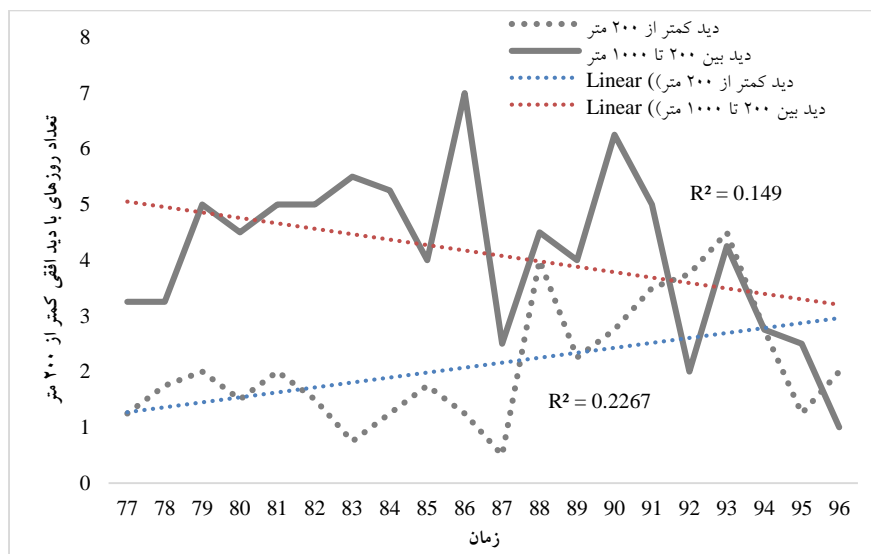
شکل ۸- پهنه‌بندی بارش (میانگین ۵ ساله) در سال‌های ۱۳۶۸ الی ۱۳۹۶ در غرب استان خراسان رضوی



شکل ۹- پهنه‌بندی خشکسالی (میانگین ۵ ساله) در سال‌های ۱۳۶۸ الی ۱۳۹۶ در غرب استان خراسان رضوی

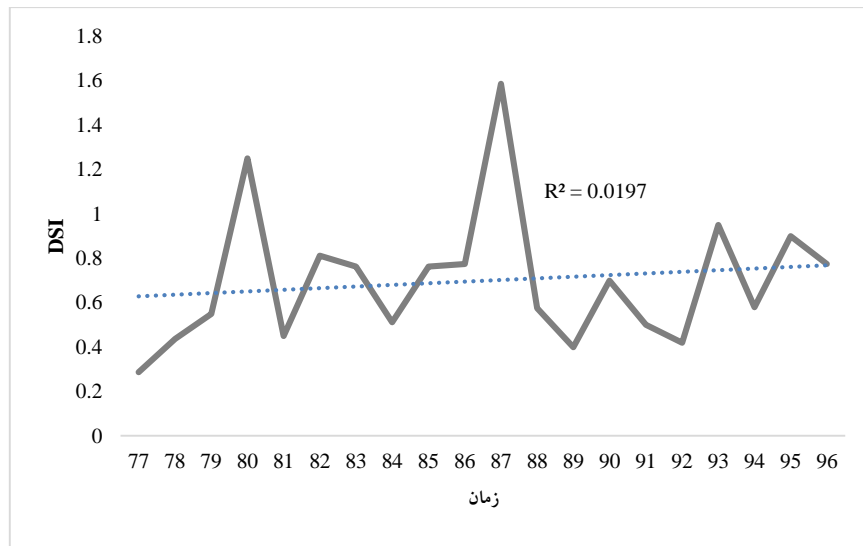
فرکانس و شدت پدیده گرد و غبار

نتایج بررسی روند تغییرات سالانه دید افقی در طول دوره آماری ۱۳۹۶-۱۳۷۷ در منطقه در شکل ۱۰ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که دید کمتر از ۲۰۰ متر تنها در سال‌های ۹۲ و ۹۳ بیشتر از دید افقی بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر بوده است. نتایج نشان می‌دهد که روند تغییرات روزهای با دید افقی بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر روندی کاهشی داشته که علت احتمالی آن می‌تواند خارج بودن محل برداشت ذرات گرد و غبار از منطقه مورد مطالعه به علت ریز دانه بودن باشد.



شکل ۱۰- روند تغییرات سالانه دید افقی در طول دوره آماری ۱۳۹۶-۱۳۷۷ در منطقه

با توجه به نتایج دید افقی کمتر از ۲۰۰ متر و بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر، روند تغییرات سالانه شاخص‌های گرد و غبار (DSI) محاسبه و مورد آنالیز قرار گرفت. شکل ۱۱، تغییرات سالانه DSI را نشان داده که تغییرات DSI در طول دوره مطالعاتی افزایشی بوده است. بیشترین و کمترین میزان DSI در منطقه مورد مطالعه به ترتیب در سال‌های ۸۷ و ۷۷ و معادل ۱/۵۸ و ۰/۳ محاسبه شده است.



شکل ۱۱- روند تغییرات سالانه شاخص DSI در طول دوره آماری ۱۳۷۷-۱۳۹۶ در منطقه

بررسی ضرایب رگرسیونی شاخص‌های اقلیمی با شاخص‌های گرد و غبار

در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده از بخش قبل، بررسی ضرایب رگرسیونی شاخص‌های اقلیمی با شاخص‌های گرد و غبار انجام شد. نتایج بررسی همبستگی^۱ شاخص‌های اقلیمی در غرب خراسان رضوی در جدول ۵ به همراه شاخص‌های گرد و غبار نمایش داده شده است. نتایج بررسی رابطه^۲ رگرسیونی بین شاخص‌های اقلیمی به عنوان متغیر مستقل با شاخص‌های گرد و غباری نشان دهنده‌ی عدم وجود روابط رگرسیونی قوی و معنادار بین شاخص‌های اقلیمی و شاخص‌های گرد و غباری (DSI و میدان دید افقی) بود. نتایج با توجه به این که منطقه ی برداشت ذرات گرد و غبار در مناطق دوردست و خارج از منطقه ی مورد مطالعه می باشد قابل توجیه می باشد.

*- در سطح اطمینان ۰/۰۵ همبستگی معنی دار است.

** در سطح اطمینان ۰/۰۱ همبستگی معنی دار است.

جدول ۵- همبستگی شاخص‌های اقلیمی با شاخص گرد و غبار در غرب استان

خراسان رضوی

شاخص‌های اقلیمی	DSI	تعداد روزهای با دید کمتر از ۲۰۰ متر	تعداد روزهای با دید بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر
SPI	-	-	-
رطوبت نسبی	۰/۵۸۷** (متوسط)	-	-
دما	-	-	-
بارندگی	-	-	-
سرعت باد	۰/۵۲۸** (متوسط)	-	-
تبخیر	۰/۸۷۸*** (خیلی زیاد)	-	-

نتیجه‌گیری

گرد و غبار یکی از پدیده‌های مخرب اقلیم است که سالانه خسارات فراوانی را به محیط زیست، جاده‌ها، ساختمان‌ها و هوای شهرها وارد می‌نماید. در مطالعه حاضر اثر عناصر اقلیمی بر گرد و غبار در غرب استان خراسان رضوی بررسی شد. نتایج مطالعه شاخص SPI در شهرستان‌های غرب استان خراسان رضوی نشان می‌دهد که بالاترین شاخص به ترتیب در نیشابور و بردسکن و پایین‌ترین شاخص در نیشابور و سبزوار محاسبه شده است. بررسی روند تغییرات سالانه شاخص‌های گرد و غبار نشان داد با مساعد شدن شرایط اقلیمی برای افزایش گرد و غبار و فرسایش بادی روند تغییرات شاخص توفان گرد و غبار (DSI) و روزهای با دید افقی کمتر از ۲۰۰ متر در طول دوره‌ی مطالعاتی افزایشی بوده است. اما روند تغییرات روزهای با دید افقی بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر روندی کاهشی داشته که علت احتمالی آن می‌تواند خارج بودن محل برداشت ذرات گرد و غبار از منطقه مورد مطالعه به علت ریز دانه بودن باشد. ضرایب رگرسیونی شاخص‌های اقلیمی با شاخص‌های گرد و غباری معنی‌دار نیست.

در پایان می‌توان گفت نتایج بررسی روند تغییرات نزدیک به ۳ دهه شاخص‌های اقلیمی نشان‌دهنده‌ی مساعد شدن شرایط برای افزایش گرد و غبار بوده و در صورتی که روند

حرکت این شاخص‌ها در سال‌های آینده نیز طبق روند کنونی باشد انتظار می‌رود در سال‌های آینده خطر مشکلات زیست محیطی در این مناطق افزایش یابد.

منابع

1. Ahmadi Birgani, H. (2008). Simulation of sand dune motion using experimental and numerical methods, case study: Rig Boland Kashan, MSc Dissertation, Tehran University (in Farsi).
2. Alipour, N. Mesbahzadeh, T. Ahmadi, H. Malekian, A. Jafari, M. (2018). Synoptic analysis of dust events and its relation with drought in Alborz and Qazvin provinces, Quarterly of geography (Regional planning), 30(1): 59-68 (in Farsi).
3. Asghari podeh, Z., Shafie zadeh, M., Fakheran, S., Gilani, A. (2015). Assessment and Zoning of Spatio-temporal Changes in Dust Storms Using DSI Index in Khuzestan Province, 2nd National Conference on Climate Change and Sustainable Agriculture and Natural Resources (in Farsi).
4. Bing, L., Wenzhi, Z., Rong, Y. (2008). Characteristics and spatial heterogeneity of *Tamarix ramosissima* Nebkhas in desert-oasis ecotones, *Journal of Acta Ecologica Sinica*: Vol. 28(4), Pp. 1446-1455.
5. Bogle, R., Redsteer, M.H, Vogel, J. (2015). Field measurement and analysis of climatic factors affecting dune mobility near Grand Falls on the Navajo Nation, southwestern United States. *Geomorphology*, 228, pp.41-51.
6. Boroghani, M., Moradi, H.R., Zangane Asadi, M.A. (2016). Analysis of the Dust Occurrence and Zoning in Khorasan Razavi Province, *Environmental Erosion Research*, 5(4), 20, 45-57 (in Farsi).
7. Danesh Shahraki, M., Shahriari, A., Gangali, M., Bameri, A. (2017) Seasonal and Spatial Variability of Airborne Dust Loading Rate over the Sistan plain cities and its Relationship with some Climatic Parameters, *J. of Water and Soil Conservation*,. 23(6), 199-215 (in Farsi).
8. Csavina, J., Field, J., Félix, O., Corral-Avitia, A.Y., Sáez, A.E., Betterton, E.A. (2014). Effect of wind speed and relative humidity on atmospheric dust concentrations in semi-arid climates. *Science of the Total Environment*, 487, pp.82-90.
9. Gu, Y., Liou, K.N., Chen, W., Liao, H. (2010). Direct climate effect of black carbon in China and its impact on dust storms. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D7).
10. Indoitu, R., Orlovsky, L., Orlovsky, N. (2012). Dust storms in Central Asia: Spatial and temporal variations, *Journal of Arid Environments*, 85:62-70.

11. Lancaster, N. (1989). The dynamics of star dunes: an example from the Gran Desierto, Mexico. *Sedimentology*, 36(2), pp.273-289.
12. Miri, A., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M.R., Panjehkeh, N., Ghanbari, A. (2009). Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran. *Inter. J. Environ. Stud.* 66: 343-355.
13. Muhs, D.R. Holliday, V.T. (1995). Evidence of active dune sand on the Great Plains in the 19th century from accounts of early explorers, *Quaternary Research*, 43(2), pp.198-208.
14. Namdari, S., Karimi, N., Sorooshian, A., Mohammadi, GH, Sehatkashani, S. (2018). Impacts of climate and synoptic fluctuations on dust storm activity over the Middle East. *Atmospheric environment*, 173: 265-276.
15. Norouzi, S., and Khademi, A.H. (2015). Spatial and Temporal Variation in Dust Deposition Rate in Isfahan and its Relationship with Selected Climatic Parameters. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Sciences Soil and Water.* 72: 161-149 (in Farsi).
16. O'Loingsigh, T., McTainsh, GH. Tews, EK. Strong, CL., Leys, JF., Shinkfield, P., Tapper, NJ. (2014b). The Dust Storm Index (DSI): a method for monitoring broadscale wind erosion using meteorological records. *Aeolian Research*, 12: 29-40
17. Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., Sepehr, A. (2018). Statistical evaluation of the dust events at selected stations in Southwest Asia: From the Caspian Sea to the Arabian Sea. *Catena*, 165: 590-603.
18. Song, H., Zhang, K., Piao, Sh., Wan, SH. (2016). Spatial and temporal variations of spring dust emissions in northern China over the last 30 years, *Atmospheric Environment*, 126:117-127.
19. Yarahmadi, D., Nasiri, B., Khoshkish, A., Nikbakht, H. (2015). Climatic fluctuations and dusty days in the west and southwest of Iran, *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 3(5), 19-28. (in Farsi).

Climatic factors affecting dune mobility in the west of Khorasan Razavi Province, Iran

Maryam Naeimi*, Assistant Professor, Research Institute of Forest and Rangeland, AREEO, Tehran

Mohammad Javad Yousefi, M.Sc. of Desert Management, Research Center for Agriculture and Natural Resources, Khorasan Razavi

Mohammad Khosroshahi, Associate Professor, Research Institute of Forest and Rangeland, AREEO, Tehran

Samira Zandifar, Assistant Professor, Research Institute of Forest and Rangeland, AREEO, Tehran

Zohreh Ebrahimikhusfi, Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Kerman

Received: 22-06-2019

Accepted: 05-09-2019

Abstract

Dust, considered as one of the important causes of land degradation, covers extensive areas of the west part of Khorasan Razavi Province. Much of the dust can be stabilized with a type of vegetation, which depends on climatic factors mainly wind power and rainfall. Changes in these two factors affect other factors such as temperature, evaporation, relative humidity, which lead to drought and can have serious consequences for man and environment. The present study aims at the climatic factors affecting dust in the west of Khorasan Razavi Province. At first, yearly as well as monthly data were prepared for the meteorological stations, and then the relationships among the number of dusty days, climatic factors and drought index (SPI) were investigated. Moreover, drought severity index (DSI) was calculated to study the frequency and intensity of dust, and the regression coefficients of the indices were obtained. The investigation of the trend of climatic changes in almost three decades in the western cities of Khorasan Razavi indicated that the conditions were favorable for increasing dust. Additionally, the results showed that a significant positive correlation between the increase of dust and DSI on one hand and the days with horizontal visibility less than 200 m.

Keywords: Dust, West of Khorasan Razavi, SPI, DSI.

*Corresponding Author Email: naeimi@rifr-ac.ir