نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال نهم، شماره ٤، زمستان ١٤٠١

صفحات ١٩٥ - ٢١٠

واکاوی همبستگی الگوی زمانی– مکانی خشکی و شاخص توفان گردوغبار در مناطق خشک استان سمنان(ایران)

ابراهیم یوسفی مبرهن[1] ؛ استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سمنان، ایران.

منصور قدرتی؛ مربی پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سمنان، ایران.

محمد خسروشاهی؛ دانشیار، بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

دریافت مقاله : ۱۴۰۰/۱۲/۰۳ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۱۱/۲۲

چکیده

پدیده گردوغبار خطرهای فراوانی را برای جامعه بشری داشته و اهمیت ویژه‌ای برای ساکنان ایران دارد. پژوهش‌گران مختلف از زوایای متفاوت این پدیده را مورد مطالعه قرار داده‌اند و از نظر اهمیت موضوع و مخاطرات ناشی از آن، هم‌چنان در صدر موضوع‌های مورد علاقه پژوهش‌گران در سراسر جهان قرار دارد. هدف از پژوهش حاضر نیز استفاده از شاخص DSI در ارزیابی و پهنه‌بندی توفان‌های گردوغباردر استان سمنان است. در این تحقیق توزیع زمانی توفان‌های گردوغباراستان سمنان با درنظرگرفتن شرایط آب و هوایی و میانگین سرعت باد غالب منطقه مورد مطالعه در طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ در پنج ایستگاه سینوپتیک مورد بررسی قرار گرفت. همگن بودن پارامترهای اقلیمی و شاخص‌های توفان ریزگرد و روند این دو متغیر با استفاده از رگرسیون خطی در محیط نرم‌افزار SPSS محاسبه گردید و پس از بررسی روند تغییر شاخص یونپ، اطلاعات حاصل در محیط نرم‌افزار ArcGIS پهنه‌بندی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که در طی دوره آماری مورد بررسی، شاخص DSI هم‌زمان با افزیش شدت خشکی افزایش یافته است درحالی‌که همبستگی آن با شاخص خشکی طی دوره ۱۵ ساله در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نبوده است. نقشه پهنه‌بندی شاخص DSI نشان داد که شهرستان شاهرود و دامغان از شاخص توفان گردوغبار بالاتری نسبت به سایر مناطق برخوردار هستند. هم‌چنین هم‌خوانی به نسبت مناسبی بین شاخص DSI و خشکی در منطقه وجود دارد به‌طوری‌که هرگاه دوره تری بوده، مقدار DSI به دنبال آن کاسته شده و هرگاه دوره خشکی بوده، مقدار شاخص گردوغبار افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: توفان گرد و غبار، تری و خشکی، داده‌های اقلیمی، شاخص یونپ، شاخص DSI.

۱. نویسنده مسئول: Email: e.yousefi.m@gmail.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

مقدمه

فراوانی رخداد پدیدهٔ گردوغبار در مناطق خشک و نیمه‌خشک، زیاد است. از جمله نتایج حاصل از وقوع گردوغباراثرات سوء روی محصولات کشاورزی، آلودگی منابع آب و خاک، امراض گوناگون تنفسی و در آخر معضلات زیست محیطی، چالش‌های اجتماعی، کاهش شدید دید افقی و تصادفات جاده‌ای منتج از آن است (پویان و همکاران، ۱۳۹۸؛ Middlton, ۲۰۱۷؛ Miri et al, ۲۰۰۷؛ Miri et al, ۲۰۰۹؛ Wang et al, ۲۰۰۶؛ Wiao et al, ۲۰۰۸). مراکز تولید گردوغبارمعمولاً در مناطق خشک جهان قرار دارند. این مناطق دارای بارندگی سالانه کمتر از ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر بوده که به لحاظ توپوگرافی در مناطق پست جهان واقع می‌باشند. این پدیده در دشت‌ها نسبت به کوهستان‌ها و در بیابان‌ها یا حاشیه آنها نسبت به سایر مناطق بیشتر اتفاق می‌افتد (ولی و روستایی، ۱۳۹۶). از مهم‌ترین شرایط بوجود آمدن گردوغباردر کنار هوای ناپایدار، وجود یا عدم وجود رطوبت است به گونه‌ای که در صورت وجود رطوبت، بارش و توفان و رعد و برق و در صورت عدم وجود رطوبت، توفان گردوغباررا ایجاد می‌کند (اصغری‌پوده و همکاران، ۱۳۹۴). مطالعات و تحقیقات نشان می‌دهد که طی دهه‌های اخیر پدیده گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی باعث افزایش دما و کاهش بارندگی و در نتیجه خشکسالی‌های مکرر شده است (Ashkenazy et al., ۲۰۱۲).

علاوه بر تاثیری که تغییر الگوی بارش، افزایش دما و ناهنجاری در اقلیم در خشک شدن منابع آبی در سطح کشور ایران و جهان داشته‌اند، در دو دهه اخیر موج عظیمی در اجرای پروژه‌های سدسازی توسط وزارت خانه‌های نیرو و کشاورزی در کشور به وجود آمد که طی آن هزاران سد کوچک و بزرگ در کشور ساخته شد. عدم اجرای استراتژی علمی و کارشناسی در اجرای این پروژه‌ها موجب شد توازن هیدرولوژیکی و طبیعی کشور به هم بخورد و همزمان با تاثیر تغییر اقلیم موجبات خشک‌شدن دریاچه‌ها و رودخانه‌ها فراهم شود، که در نتیجه آن بحران‌های زیست‌محیطی همچون توفان-های شن و نمک را به همراه داشت است (ولیزاده کامران و نامداری، ۱۳۹۹). هم‌چنین برای مدیریت کاهش گردوغبار و رسوب‌گذاری مرتبط آن، تجزیه و تحلیل روند تغییرات زمانی و مکانی کانون‌های گردوغبار بسیار مفید خواهد بود (Kim et al., ۲۰۱۵). تاکنون برای شناسایی گردوغبار، بررسی کانون‌های تولید گردوغبار و تحلیل زمانی-مکانی گردوغبار مطالعات زیادی صورت گرفته است، به‌ویژه آن که با پیشرفت علم و تولید داده‌های ماهواره‌ای شرایط به گونه‌ای فراهم شده است که در سطح جهانی امکان مطالعات علمی در این خصوص با دقت مناسب به وجود آمده است (Rashki et al., ۲۰۱۶).

تعریف سازمان جهانی هواشناسی، شدت گردوغبار از نظر میزان دید افقی به چهار طبقهٔ گردوغبار ضعیف با دید افقی بیشتر از ۱۰ کیلومتر، گردوغبار متوسط با دید بین ۱ تا ۱۰ کیلومتر، توفان شدید با دید بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و توفان خیلی شدید با دید کمتر از ۲۰۰ متر تقسیم‌بندی می‌شود (Tan et al., ۲۰۱۴).

خاورمیانه یکی از پنج منطقهٔ جهان است که بیشترین تولید گردوغبار را دارد (Rezazadeh et al., ۲۰۱۳ و Li, ۲۰۲۰). فعالیت گردوغبار در خاورمیانه به دلایل زیادی از جمله تغییرات آب و هوایی، خشکسالی و راهبردهای مدیریت آب ضعیف در سال‌های اخیر شدت یافته است (Hamidi, ۲۰۲۰). ایران به علت قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، در معرض سیستم‌های متعدد گردوغبار محلی و فرا منطقه‌ای است (Rashki et al., ۲۰۱۳).

در سال‌های اخیر فراوانی رخدادهای گردوغبار در بیشتر مناطق ایران، به‌ویژه در جنوب شرقی استان سمنان، شمال-غرب استان یزد و شمال‌شرق اصفهان (Sharifikia & Rabbani, ۲۰۲۰)، نواحی جنوب و جنوب‌شرقی ایران (Ashkenazy et al., ۲۰۱۲) و هم‌چنین در شهرهای اهواز و کرمانشاه (Rajaee et al., ۲۰۲۰) افزایش قابل توجهی یافته است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

عزیزی و همکاران (۱۳۹۱)، در تحقیقی با استفاده از بررسی تصاویر MODIS، پدیده گردوغبار را در نیمه غربی ایران در طول دوره آماری ۲۰۰۸-۱۹۷۹ ردیابی نمودند و به این نتیجه دست یافتند که ایستگاه‌های دزفول و بوشهر دو مرکز بحرانی توفان گردوغبار در نیمه غربی ایران هستند از طرفی فصل بهار بیش‌ترین رخداد گردوغبار را دارد. نبوی و همکاران (۱۳۹۸) ارزیابی توزیع زمانی توفان‌های گردوغبار و ارتباط عوامل موثر با فراوانی وقوع این پدیده در استان خوزستان طی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۰ انجام دادند. نتایج نشان داد در تمامی ایستگاه‌ها در سطوح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد، میان فراوانی روزهای غبارآلود با فراوانی روزهای حاوی جهت باد غالب منطقه رابطه مثبت وجود دارد. ۶۵ درصد وقایع گردوغبار در شهرستان‌های اهواز و آبادان که در مرکز و جنوب غربی استان خوزستان واقع شده‌اند، رخ داده‌اند. ولی‌زاده کامران و نامداری (۱۳۹۹)، بررسی تغییرات زمانی و مکانی غلظت گردوغبار در حوزه نفوذ ریزگردهای دریاچه ارومیه در دوره زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در آذربایجان غربی و شرقی انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد نمودارها در مناطق مورد مطالعه روند مشابهی داشته‌اند و علی رغم وجود نوسانات سال ابه سال، روند افزایش کلی در غلظت گردوغبار دیده می‌شود و با افزایش بارش‌های فصل سرد و بارش‌های بهاره شیب تغییرات افزایشی AOD نیز کمتر شده است. خسروشاهی و همکاران (۱۳۹۹) شاخص حرکت تپه‌های ماسه‌ای (لنکستر) در تالاب گاوخونی را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که رابطه معنی‌داری بین حاشیه تالاب گاوخونی و سطح خشک تالاب وجود ندارد، ولی تپه‌های ماسه‌ای در دوره مورد بررسی تقریبا فعال بوده‌اند. همچنین تحلیل همبستگی روزهای گردوغبارسالانه و فصلی با خشکیدگی همزمان تالاب در بیشتر ایستگاه‌ها رابطهٔ معنی‌داری نشان نداد.

Wang و Fang (۲۰۰۶) در تحقیقی انتشار و جابجایی گردوغبار را از نظر آماری و سینوپتیکی در آسیای شرقی مورد بررسی قرار دادند و دریافتند سیستم‌های سینوپتیکی که به سمت مناطق بیابانی شمال آسیا می‌وزند، اگر در سطح زمین بادهایی با سرعت بیشتر از ۶ متر بر ثانیه ایجاد کنند باعث گسترش توفان‌های گردوغبار می‌شوند. هم‌چنین Kim (۲۰۱۰) با استفاده از تصاویر MODIS و داده‌های هواشناسی مسیرهای انتقال و نواحی منشاء توفان‌های گردوغبار آسیایی موثر بر کره‌جنوبی را در طول یک دوره ۴۰ ساله (۲۰۰۴-۱۹۶۵) بررسی نمود. نتایج نشان‌دهنده آن است که ۸۷ درصد از رخدادهای گردوغبار در فصل بهار بوده و طی ۳ سال ۲۰۰۲-۲۰۰۰ روند افزایشی شدید داشته است. در مطالعه‌ی دیگر، تغییرات زمان و مکانی توفان‌های گردوغبار در آسیای مرکزی در طی هفت دهه‌ی اخیر مورد مطالعه قرار گرفت و به این نتیجه رسیدند که روند کاهشی معنی‌داری در فراوانی توفان‌های گردوغبار و تغییر قابل توجه در مناطق منابع فعال ریزگردها صورت گرفته است (Indoitu et al., ۲۰۱٤). Schepanski و همکاران (۲۰۱۵) مطالعه خود را در منطقه صحاران آفریقا واقع شده است، انجام دادند. نتایج نشان داد که تفکیک زمانی داده‌های ماهواره‌ای یک عامل مهم در تشخیص نواحی منبع گردوغبار می‌باشد. همچنین زمان شروع توفان، نقش بسیار زیادی در چگونگی توزیع مکانی منطقه منشاء برداشت گردوغبار دارد. در مطالعه‌ای روند وقوع پدیده‌ی گردوغبار را در فلات تبت در طول دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ بررسی و به این نتیجه رسیدند که فراوانی این رویداد از دهه ۱۹۷۰ روند کاهشی معنی‌داری داشته است. نتایج Tan و همکاران (۲۰۱۴) در چین، Aishajiang و همکاران (۲۰۱۶) در حاشیه‌ی شمال‌شرقی بیابان تاکلیماکان چین Albugami همکاران (۲۰۱۷) در منطقه‌ی عربستان و Amgalan و همکاران (۲۰۱۹) در مغولستان بر اهمیت فاکتور مؤلفه‌ی باد بر روند و وقوع گردوغبار صحه گذاشته و همبستگی معنی‌داری بین رخدادهای گردوغبار و باد به همراه بارندگی و دما از خود نشان دادند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

از نظر اقلیم‌شناسی تمامی مناطق اقلیمی دنیا در معرض خطر وقوع خشکسالی می‌باشند. از این رو در هر منطقه اقلیمی ممکن است این پدیده حادث گردد. تنها ویژگی‌های خشکسالی در اقلیم‌های مختلف متفاوت می‌باشد. خشکسالی بر خلاف خشکی که یک پدیده دائم و ویژگی ذاتی برخی از مناطق جهان است، یک پدیده موقت می‌باشد که تحت عنوان انحراف و کمبود مقدار آب در یک منطقه نسبت به میانگین دراز مدت آن منطقه شناخته می‌شود. کمبود اطلاعات و آمار بسیاری از پارامترهای هواشناسی و جریان آب در بسیاری از مناطق جهان، مطالعه خشکسالی را با مشکل مواجه می‌کند. از سوی دیگر تاکنون نیز روش و نمایه شناخته شده و مورد قبولی برای مطالعه این پدیده معرفی نشده است و روش‌های موجود هنوز نتوانسته‌اند پذیرش جهانی بگیرند. خشکسالی، گسترش بیابان‌زایی و تغییر در پوشش گیاهی زمین که ارمغان پدیده تغییرات محیطی طی دهه‌های اخیر است مهمترین عامل طبیعی بروز و تشدید پدیده گردوغبار و حرکت ماسه‌های روان در نقاط مختلف کشور می‌باشند. بنابراین در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت؛ اقلیم گسترده خشک و نیمه‌خشک ایران و کشورهای همجوار و بهره‌برداری‌های نادرست از منابع آب و خاک موجب تشدید فرسایش بادی و بروز پدیده گردوغبار و ماسه‌های روان شده است به‌طوری‌که هر ساله مراکز جمعیتی و صنعتی، اراضی کشاورزی و ساختارهای زیربنایی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد (قدرتی و یوسفی مبرهن، ۱۳۹۹). با توجه به تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده و مورد بررسی قرار گرفته می‌توان گفت که پهنه‌بندی توفان گردوغبار در استان سمنان با استفاده‌های داده‌های اقلیمی تاکنون انجام نشده و از آنجا که پدیده گردوغبار و حرکت ماسه‌های روان بعنوان یکی از فرآیندهای مهم تخریب سرزمین و یک چالش جدی در ایران و مخصوصا استان سمنان به شمار می‌رود و عوامل اقلیمی نیز در این پدیده نقش بسزایی دارند (یوسفی مبرهن و همکاران، ۱۴۰۰) بنابراین بررسی و شناخت این عوامل از جنبه تاثیر آن‌ها بر بروز و تشدید پدیده گردوغبار برای جلوگیری از تشدید بحران‌های زیست محیطی در آینده یک ضرورت انکار ناپذیر است. بدین منظور، در این تحقیق تلاش می‌شود با استفاده از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان در جهت ارزیابی و پهنه‌بندی مکانی پدیده گردوغبار استان مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین هدف از این پژوهش واکاوی رابطه همبستگی الگوی زمانی- مکانی خشکی با روش یونپ و شاخص طوفان گردوغبار (DSI) در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ در استان سمنان است.

داده‌ها و روش کار

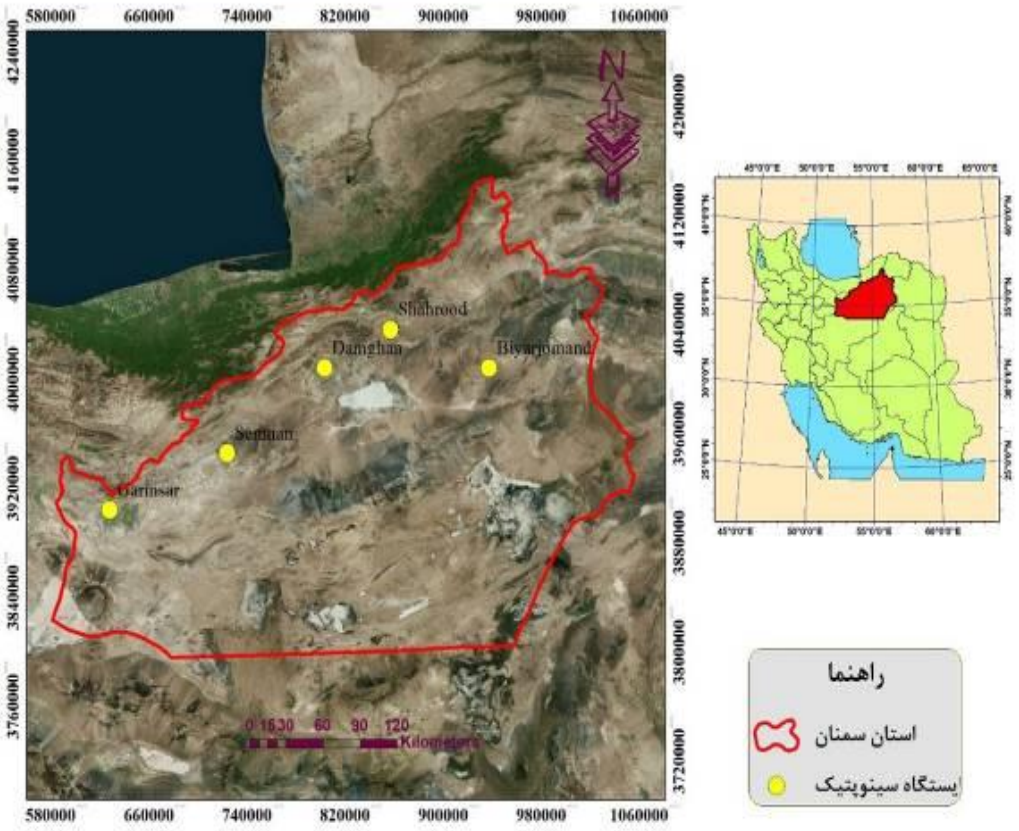
- **قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه**

استان سمنان واقع در بین طول‌های جغرافیایی ´۵۸، °۵۱ تا ´۵۸، °۵۷ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ´۱۷، °۳۴ تا ´۳۰، °۳۷ شمالی، مساحتی حدود ۹۸۰۰۰ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است. این استان در دامنه‌های جنوبی رشته کوه‌های البرز و در بخشی از دشت کویر واقع شده است که بیش از نیمی از سطح استان را تشکیل می‌دهد. بدین ترتیب ارتفاع استان از شمال به جنوب کاهش می‌یابد به گونه‌ای که اختلاف ارتفاع تا بیش از ۳۰۰۰ متر قابل مشاهده است. متوسط ارتفاع از سطح دریا در این استان برابر ۱۰۶۷ متر و گسترهٔ جغرافیایی آن را می‌توان به سه قسمت کوهستانی، کوهپایه‌ای و نواحی پست دشت کویر تقسیم کرد. حداقل دمای استان ۱۲/۸، حداکثر ۲۳/۷ و متوسط آن ۱۸/۳ درجه است. متوسط بارندگی سالیانه در استان حدود ۱۳۶میلی‌متر است (امینی و همکاران، ۱۴۰۱). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و موقعیت مکانی ایستگاه‌های سینوپتیک استان در شکل ۱ نمایش داده شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

- **داده ها و روش های تجزیه و تحلیل**

به منظور ارزیابی عوامل اقلیمی و تحرک تپه‌های ماسه‌ای در منطقه از اطلاعات کنترل کیفی شده سازمان هواشناسی استان سمنان استفاده شد. به این منظور به طور کلی از ۵ ایستگاه سینوپتیک در منطقه مورد مطالعه بر اساس موجودیت داده‌ها و هدف مطالعه بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ انتخاب و برنامه‌ریزی گردید. جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده شده نشان داده شده است.



شکل۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نسبت به کشور

جدول۱. موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
۱	گرمسار	۶۲۲۹۴۸	۳۸۹۹۴۹۱	۹۰۰
۲	سمنان	۷۱۸۷۰۰	۳۹۴۱۰۳۷	۱۱۲۷
۳	دامغان	۷۹۸۲۷۴	۴۰۰۳۶۲۳	۱۱۵۵
۴	شاهرود	۸۵۲۱۰۸	۴۰۳۱۷۴۶	۱۳۲۵
۵	بیارجمند	۹۳۲۵۲۹	۴۰۰۳۶۳۸	۱۰۹۹

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

- **تعیین شاخص خشکی یونپ**

در این تحقیق به منظور تعیین سنجش ضریب خشکی آب و هوا از شاخص خشکی یونپ[۱] (UNEP, ۱۹۹۱) استفاده گردید. این شاخص توسط کنوانسیون سازمان ملل متحد برای مقابله با بیابان‌زایی (UNCCD) تایید شده است و یک ابزار قدرتمند علمی ساده اما موثر برای تعیین وضعیت اقلیمی مناطق و خطر بیابانزایی است (زارع و همکاران، ۱۳۹۵؛ طاوسی، ۱۳۹۷؛ طاوسی و همکاران، ۱۳۹۸؛ ابطحی و درویش، ۱۳۹۸؛ زندی فر و همکاران، ۱۳۹۹). رابطه ۱ نسبت بین بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد که برای تعیین اقلیم حاکم بر منطقه و خطر بیابان‌زایی به صورت زیر تعریف بیان می‌گردد. شرایط آب و هوایی بر اساس شاخص خشکی یونپ مطابق جدول ۲ می‌باشد.

$$I = \frac{P}{EPT}$$ رابطه (۱)

I: شاخص یونپ، P: میانگین بارش سالانه (mm) و EPT: میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل (mm).

جدول۲. پهنه‌بندی آب و هوایی بر اساس شاخص خشکی یونپ

نوع اقلیم	شاخص خشکی	خطر بیابان‌زایی
فراخشک	I<۰,۰۵	بیابان واقعی
خشک	۰.۰۵<I<۰.۲	بسیارشدید
نیمه‌خشک	۰.۰۲<I<۰.۵	شدید
خشک نیمه مرطوب	۰.۵<I<۰.۶۵	متوسط
نیمه مرطوب	۰.۶۵<I<۰.۷۵	کم
مرطوب و بسیارمرطوب	۰.۷۵<I	ندارد

- **تعیین شاخص توفان گردوغبار (DSI)**

میزان شاخص DSI در ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان، در دوره‌ی زمانی ۱۵ ساله با استفاده از رابطه ۲ محاسبه‌شده و در نهایت از مجموع شاخص‌ها، کل مقدار شاخص DSI برای استان سمنان محاسبه گردید. سپس روند تغییرات سالانه مورد تجزیه و تحلیل آماری و تجریه و تحلیل قرار گرفت و در نهایت نیز اطلاعات حاصله پهنه‌بندی شد.

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

MDS= روزهای توفانی یا گردوغبار متوسط، مجموع مشاهدات کدهای گردوغبار حداکثر روزانه کد ۳۰، ۳۲ و ۹۸

LDE= روزهای توفانی یا گردوغبار محلی، مجموع مشاهدات کدهای گردوغبار حداکثر روزانه کد ۰۷ و ۰۹

$$DSI = \sum_{i=1}^{n} [(5 \times SDS) + MDS + (0.05 \times LDE)]_i$$ رابطه (۲)

۱. United Nations Environment Program

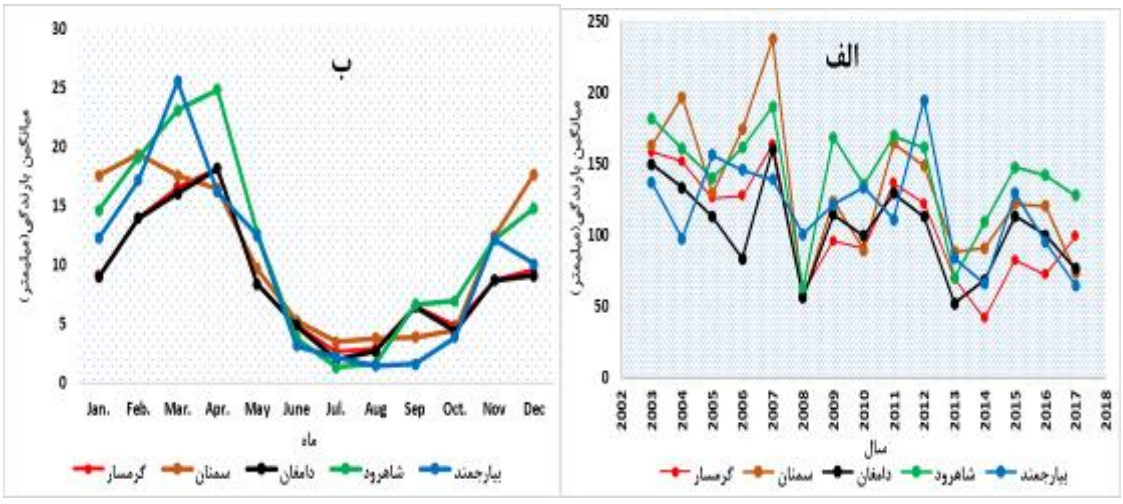
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

DSI= شاخص توفان گردوغبار در nایستگاه که در آن رویداد گردوغبار در یک بازه زمانی مشخص ضبط و مشخص شده است. برای ارزیابی اثرات خشکی بر ریزگرد، تحلیل روند انجام می‌شود. روند این دو متغیر در طول دوره (۲۰۱۷-۲۰۰۳) از رگرسیون خطی حداقل مربعات در برابر سری زمانی اقلیم مربوطه استفاده شد.

شرح و تفسیر نتایج

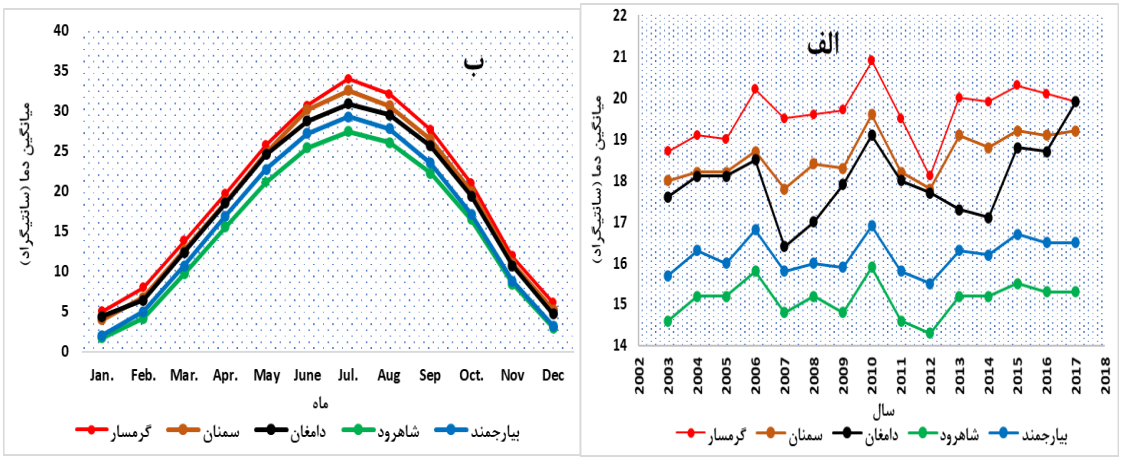
به جهت اینکه اطلاعات کاملی از وضعیت روزهای گردوغبارو تحرک‌پذیری ماسه‌ها در منطقه مورد مطالعه حاصل شود با استفاده از دورهٔ شاخص آماری ۱۵ ساله (سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷) نمودار تغییرات بلند مدت بارش، دما، سرعت بادغالب سالانه و تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه و ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان به ترتیب در شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ نمایش داده شده است. در بازه زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۳، در استان سمنان بیشترین میزان بارندگی در مقیاس سالانه و ماهانه به‌ترتیب در سال ۲۰۰۷ و ماه‌های آوریل و می می‌باشد (شکل ۲). شکل ۳ نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر دمای میانگین، بیشینه و کمینه‌های دمایی در ماه‌های جولای و آگوست و کمترین آن‌ها در ماه ژانویه به وقوع پیوسته است همچنین در مقیاس فصلی، زمان بیشینه و کمینه وقوع این رخدادها به‌ترتیب تابستان و زمستان بوده است. در مقیاس ماهانه، بیشترین سرعت بادهای سطحی در اغلب ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان متعلق به ماه‌های ژوئن با ۴/۳ متر بر ثانیه و جولای با ۴/۲ متر بر ثانیه بوده است (شکل ۴). نتایج حاصل از تحلیل تبخیر و تعرق پتانسیل در ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان برای بازه زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۳ حاکی از آن است که در ماه ژولای همزمان با اوج رخدادهای دمایی، مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل در این استان بیشترین مقدار نسبت به سایر ماه‌های سال می‌باشد (شکل ۵). از مهمترین شرایط ایجاد گرد و غبار در کنار هوای ناپایدار، وجود یا عدم وجود رطوبت است به طوری‌که اگر هوای ناپایدار رطوبت کافی داشته باشد بارش و طوفان رعد و برق و اگر فاقد رطوبت باشد طوفان گرد و غبار ایجاد می‌کند (علیجانی، ۱۹۹۷). نتایج تحلیل همبستگی وجود میانگین دمای ماهانه با شاخص غبار

آلودگی نشان دادند که همبستگی مستقیمی بین این دو پارامتر وجود دارد ولی رابطه بین میانگین رطوبت نسبی ماهانه و شاخص غبار آلودگی همبستگی معکوس است (سائدرا و همکاران، ۲۰۱۲).

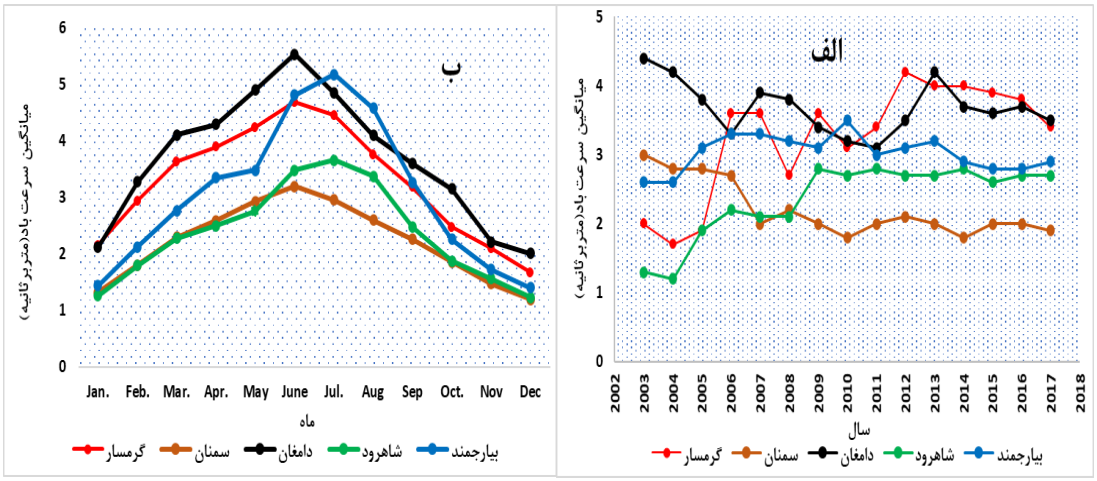


شکل ۲. نمودار تغییرات بلندمدت بارش سالانه (الف) وماهانه (ب) ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان

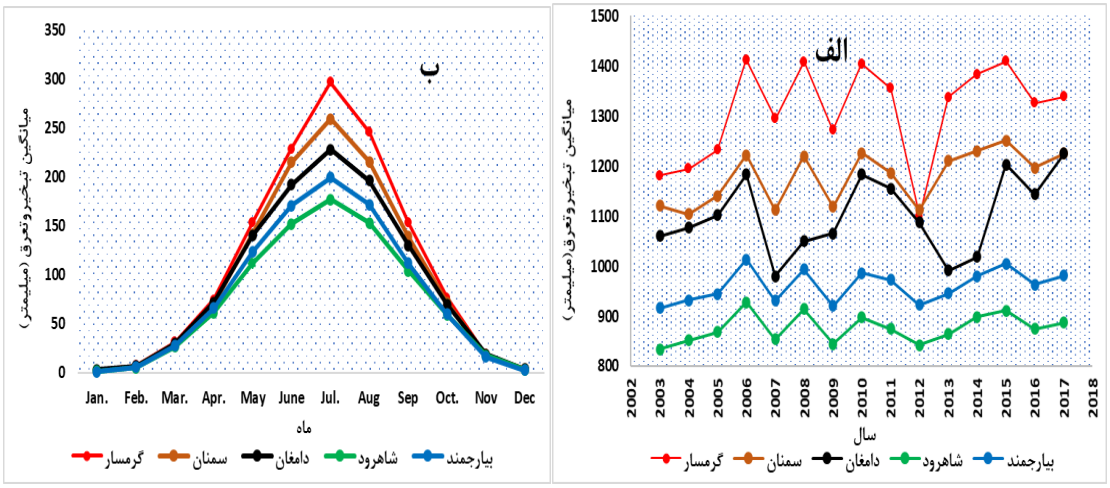
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]



شکل ۳. نمودار تغییرات بلندمدت دما سالانه (الف) و ماهانه (ب) ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان



شکل ۴. نمودار تغییرات بلندمدت سرعت باد غالب سالانه (الف) و ماهانه (ب) ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان



شکل ۵. نمودار تغییرات بلندمدت تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه (الف) و ماهانه (ب) ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

- **وضعیت شاخص خشکی و خطر بیابان‌زایی**

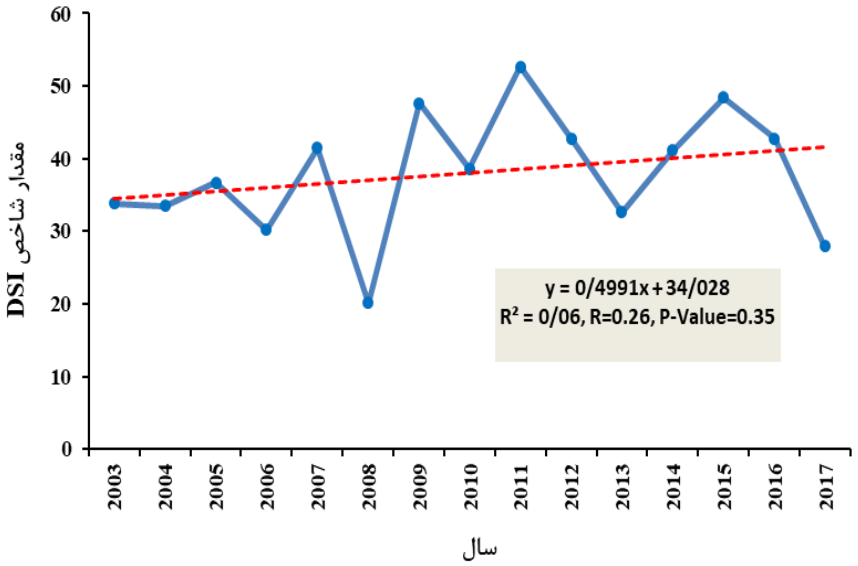
طبقه‌بندی مناطق خشک بر اساس شاخص یونپ برای پنج ایستگاه منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ نمایش داده شده است و به استناد شاخص اقلیمی یونپ، این منطقه در زون اقلیمی خشک و در معرض خطر بیابان‌زایی بسیار شدید قرار دارد.

جدول۲. طبقه بندی مناطق خشک بر اساس شاخص یونپ

ایستگاه	شاخص خشکی	اقلیم آب و هوایی	خطر بیابانزایی
گرمسار	۰/۱۶	خشک	بسیار شدید
سمنان	۰/۱۲	خشک	بسیار شدید
دامغان	۰/۱	خشک	بسیار شدید
بیارجمند	۰/۱۱	خشک	بسیار شدید
شاهرود	۰/۰۸	خشک	بسیار شدید

- **وضعیت شاخص توفان گردوغبار (DSI)**

در ادامه روند شاخص DSI در طول سال‌های مورد مطالعه بررسی شد. نتایج نشان داد که مقدار شاخص DSI برای استان سمنان با گذشت زمان افزایش داشته است و در سطح اطمینان ۹۵ درصد تغییرات معنی‌داری (P=۰،۳۵, R=۰،۲۵) را نشان نمی‌دهد (شکل ۶). و این مقدار به طور کلی برابر با ۳۸ واحد شاخص DSI است. مقدار این شاخص در سال ۲۰۱۱ بالاترین میزان، در سال ۲۰۰۸ کمترین میزان را نشان می‌دهد. روند فراوانی وقوع گردوغبار از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ ساختار یکسانی را در پیش گرفته است که از نظر آماری تغییرات معنی‌داری ندارد.

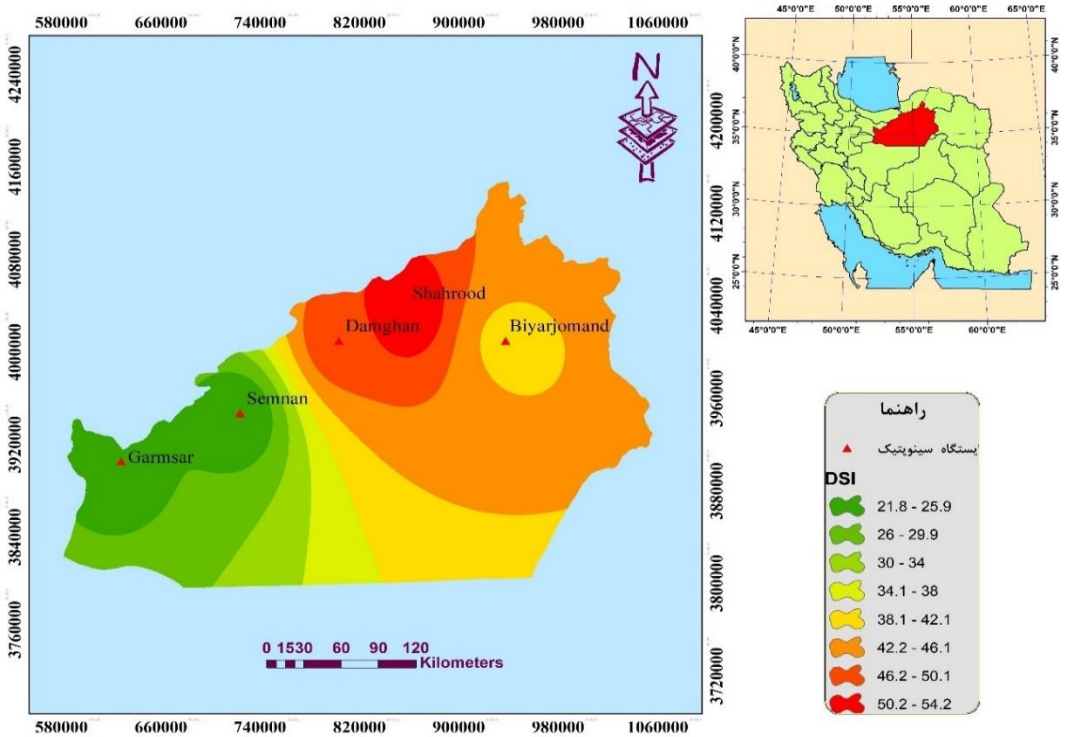


شکل۶. روند شاخص توفان گردوغبار (DSI) در طول سال‌های مورد مطالعه در استان سمنان

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

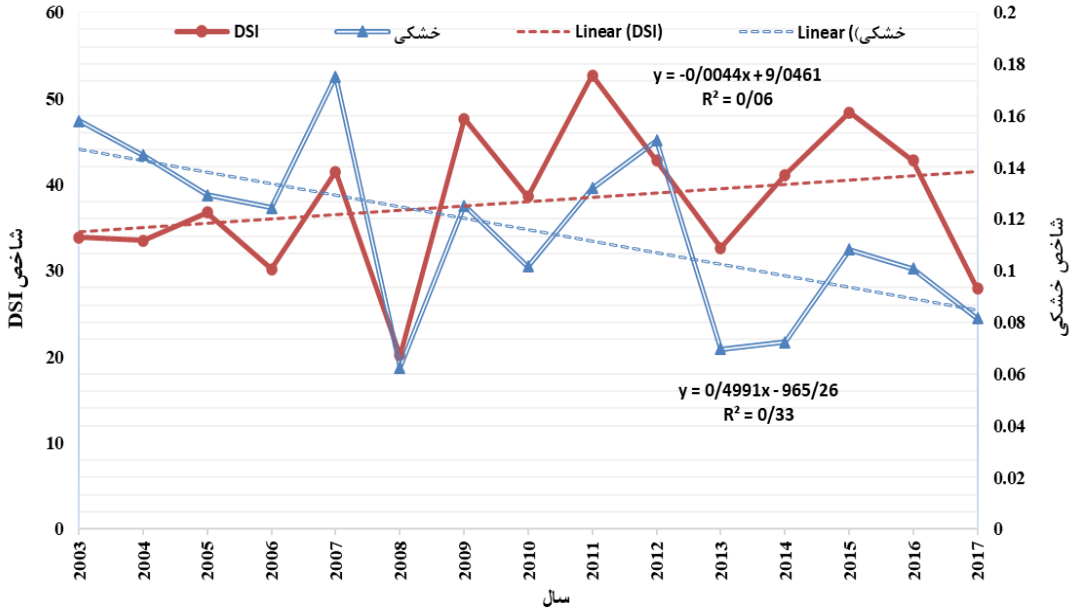
برای مقایسه روند تغییرات مکانی-زمانی در ایستگاه‌های مختلف میزان شدت تغییرات شاخص DSI برای ایستگاه‌های مختلف محاسبه شده و سپس به وسیله نرم افزار ArcGIS پهنه‌بندی شده است. نقشه حاصله تغییرات کاهشی و افزایشی ۱۵ ساله را رسم شده است (شکل ۷). نقاط سبز در نقشه عمدتاً با کاهش گردوغبار همراه بوده حال اینکه نقاط قرمز و نارنجی با افزایش گردوغبار در طول ۱۵ سال همراه هستند. آن‌چه که به وضوح قابل مشاهده است از غرب به شرق استان به دلیل افزایش فراوانی روزهای توفانی با گردوغبار متوسط (MDS)، گردوغبار افزایش یافته است.

بررسی دقیق‌تر نمودار همبستگی میان شاخص‌های خشکی و DSI نشان می‌دهد شاخص DSI طی دوره مورد تجزیه و تحلیل هم‌زمان با افزایش شدت خشکی افزایش یافته است و همبستگی آن با خشکی طی دوره ۱۵ ساله معنی دار نبوده است (P-Value=۰،۱۶ ، R=۰،۳۸)، اما الگوی روند شاخص DSI منطبق با الگوی روند خشکی می‌باشد (شکل ۸). همانگونه که در نمودار زیر مشخص است، همخوانی به نسبت مناسبی بین شاخص DSI و خشکی در منطقه مورد مطالعه وجو دارد به‌طوی‌که هرگاه دوره تری بوده، مقدار DSI به دنبال آن کاسته شده و هرگاه دروه خشکی بوده، مقدار شاخص گردوغبار افزایش یافته است. بنابراین در برخی از مناطق افزایش خشکی و کاستی گردوغبار با یکدیگر همبستگی ندارند، در این صورت نقش دیگر عوامل مانند سرعت بادهای فرساینده منطقه و رطوبت نسبی خاک، تغییرات کاربری اراضی در رویداد گردوغبار را مشخص می‌کند که با مطالعات انجام‌شده در استان اصفهان حکایت از این امر دارد (ابراهیمی خوسفی و همکاران، ۱۳۹۶) و با این نتایج مطابقت دارد اما با مطالعات انجام‌شده در نیمه شرقی ایران (Yar Moradi et al., ۲۰۱۸) و استان‌های قزوین و البرز (علی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷) مغایرت دارد.



شکل۷. پهنه‌بندی وضعیت تغییرات شاخص DSI در مناطق مختلف استان در دوره آماری ۱۵ ساله (۲۰۱۷-۲۰۰۳)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]



شکل۸. رابطه همبستگی میان شاخص خشکی و شاخص DSI در استان سمنان

نتیجه‌گیری

اکوسیستم‌های مناطق خشک دارای اقلیم بسیار متغیری هستند بطوریکه آن‌ها را به تغییر اقلیم و الگوی بارش حساس کرده است. همواره در مناطق خشک و نیمه‌خشک توفان‌های گردوغبار مشکلات فراوانی را برای مردم محلی ایجاد کرده است. استان سمنان در این تحقیق هم جزء مناطق خشک ایران می‌باشد. در این تحقیق، تلاش شد با در نظرگرفتن شرایط اقلیمی استان (بارش، دما و سرعت باد)، میزان فعالیت روزهای گردوغبار در مقیاس‌های سالانه و ماهانه بررسی گردد. بررسی‌ها بیشتر نشان می‌دهد که میانگین دمای سالانه در دوره ۱۵ ساله (۲۰۱۷-۲۰۰۳) افزایش یافته و این گرم شدن سریع منجر به تنش‌های خشکسالی در این منطقه گردیده و در پی افزایش دما و افزایش تبخیر و تعرق همچنین کاهش بارش، در نهایت منجر به افزایش هدررفت آب در سطح زمین را به دنبال داشته است. بررسی ایستگاه به ایستگاه سرعت باد غالب در مقیاس ماهانه نشان داد که در ماه‌های ژوئن و جولای با بیشینه سرعت باد غالب بیشترین پتانسیل فراوانی روزهای همراه با گردوغبار در استان است در مقابل ماه دسامبر و ژانویه کمترین وقوع گردوغبار را داشته‌اند که با نتایج مطالعات عزیزی و همکاران (۱۳۹۱) و نبوی و همکاران (۱۳۹۹) همخوانی دارد. براساس نتایج شاخص یونپ در منطقه مورد بررسی، شدت خشکی در درجه بسیار شدید قرار داشته و در معرض خطر بیابان‌زایی شدید می‌باشد. در بررسی روند شاخص توفان گردوغبار نتایج نشان داد دوره زمانی مورد مطالعه ۲۰۱۷-۲۰۰۳ در کل استان سمنان، روند افزایشی داشته و در حدود اطمینان ۹۵ درصد تغییرات معنی‌داری نشان نداده است، اما معنی‌دار نبودن تغییرات در دهه اخیر نشان از تاثیرات رخدادهای مختلف در تصمیمات مقطعی در زمینه گردوغبار در منطقه دارد (اصغری‌پوده، ۱۳۹۴). پهنه‌بندی وضعیت تغییرات شاخص DSI در مناطق مختلف استان در دوره آماری ۱۵ ساله نشان‌دهنده این مطلب است که از غرب به شرق استان به دلیل افزایش فراوانی روزهای توفانی با گردوغبار متوسط (MDS)، گردوغبار افزایش یافته است. در ادامه رابطه همبستگی میان خشکی و شاخص DSI در استان سمنان نشان داد که هر چند شاخص DSI طی دوره مورد تجزیه و تحلیل هم‌زمان با افزایش شدت خشکی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

افزایش یافته است و همبستگی آن با خشکی طی دوره ۱۵ ساله معنی‌دار نبوده اما الگوی روند شاخص DSI منطبق با الگوی روند خشکی است که با نتایج مطالعه راهی و همکاران (۱۳۹۹) همخوانی دارد.

با توجه به نتایج می‌توان به این موضوع اذعان داشت که وضعیت گردوغبار همواره متاثر از اقلیم بوده است، اما میزان ارتباط خشکی و شاخص DSI همواره با توجه به دوره تری و خشکی، دست‌خوش نوسان بوده است. با این وجود پارامترهای مختلف اقلیمی با یکدیگر متفاوت هستند و میزان تاثیرگذاری آن‌ها با هم فرق دارند. علاوه بر فعالیت‌های انسانی، نقش اصلی باد در میزان گردوغبار و یا وجود یک منبع دیگر گردوغبار را باید در نظر گرفت. بنابراین با توجه به نتایج تحقیق، پیشنهاد می‌گردد کانون‌های شروع ریزگرد از طریق مالچ‌پاشی و جنگل‌کاری مصنوعی توسط نیروهای مردمی بومی، نیروی مقاومت بسیج و سپاه و ارتش انجام شود همچنین بودجه لازم برای ایجاد کمربند سبز حاشیه شهرهای شاهرود و دامغان جهت کنترل توفان تأمین گردد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

منابع

ابطحی، سید مرتضی و محمد درویش. ۱۳۹۸. ارزیابی زوال پوشش گیاهی در مناطق خشک با روش فائو-یونپ (مطالعه موردی زیر حوضه کاشان). فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای, **۹(۲)**, ۳۸۱-۳۹۱.

ابراهیمی خوسفی، زهره؛ ولی، عباسعلی؛ خسروشاهی، محمد و قضاوی، رضا. ۱۳۹۶. بررسی نقش سطوح خشکیده تالاب گاوخونی بر تولید گرد و غبارهای داخلی با استفاده از تصاویر لندست و گل توفان (مطالعه موردی: شهر اصفهان). تحقیقات مرتع و بیابان ایران, **۲۴(۱)**: ۱۵۲-۱۶۴.

اصغری پوده، زهرا؛ محمد شنیعی¬زاده، سیما فاخران و علیرضا گیلانی. ۱۳۹۴. ارزیابی و پهنه بندی تغییرات مکانی-زمانی طوفان های گردوغباربا استفاده از شاخص DSI در استان خوزستان. دومین همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی.

امینی، الهام؛ ذوالفقاری، علی¬اصغر؛ کابلی، سیدحسن و رحیمی، محمد. ۱۴۰۱. برآورد نقشه‌های فرسایندگی و بارش در مناطقی با ایستگاه باران‌سنجی محدود (مطالعه موردی: استان سمنان). تحقیقات آب و خاک ایران, **۵۳(۹)**: ۲۰۲۷-۲۰۴۴.

پویان، سهیلا؛ محمد زارع و محمدرضا اختصاصی. ۱۳۹۸. بررسی توزیع مکانی و دسته‌بندی شاخص توفان‌های گردوغبار (DSI) با استفاده از روش گشتاور خطی. مرتع و آبخیزداری، **۷۲(۱)**: ۴۳-۲۹.

خسروشاهی، محمد؛ زهره ابراهیمی خوسفی، آزاده گوهردوست، سکینه لطفی نسب اصل، فاطمه درگاهیان و لیلا کاشی زنوزی. ۱۳۹۹. پایش تغییرات سطح تالاب گاوخونی و ارتباط آن با پدیده گردوغبارو حرکت تپه‌های ماسه ای پیرامون آن. مدیریت بیابان. **۸ (۱۵)**: ۱۳۹-۱۶۰.

راهی، غلامرضا؛ محمد خسروشاهی، فاطمه بحرینی و سیاوش کلبی. ۱۳۹۹. بررسی الگوی خشکسالی و شاخص طوفان گردوغبا در استان بوشهر. چهارمین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری با محوریت گرد و غبار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران.

زارع، محمد؛ سمانه پورمحمدی و حمید سودایی زاده. ۱۳۹۵. دسته بندی مناطق همگن خشکی به کمک روش های گشتاور خطی و تحلیل خوشه ای. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی (مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان). **۲ (۶۲)**:۱۰۳-۱۱۸.

زندی‌فر، سمیرا؛ محمد خسروشاهی، زهره ابراهیمی خوسفی و مریم نعیمی. ۱۳۹۹. پیش‌بینی وضعیت تحرک‌پذیری ماسه‌های روان در آینده بر اساس آزمون تحلیل حساسیت (مطالعه‌ی موردی: شهرستان منجیل). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. **۱۰ (۳۹)** :۱۸-۳۵.

طاوسی، تقی. ۱۳۹۷. بررسی روند تغییرات بارندگی و شاخص خشکی یونپ در پهنه های آب و هوایی غرب و شمال غرب ایران. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر). **۲۷(۱۰۵)**: ۸۵-۹۶.

طاووسی، تقی؛ فائزه شجاع و الهه عسگری. ۱۳۹۸. بازنگری پهنه های اقلیمی شمال شرق ایران بر پایهٔ کاربرد تلفیقی تغییر شاخص خشکی. مدیریت بیابان. **۷(۱۳)**: ۱۳۴-۱۱۷.

عزیزی، قاسم؛ علی اکبر شمسی پور، مرتضی میری و طاهر صفرراد. ۱۳۹۱. تحلیل آماری - همدیدی پدیده گردوغباردر نیمه غربی ایران. محیط شناسی. **۳۸ (۳)**: ۱۳۴-۱۲۳.

علی پور، ناهید؛ مصباح زاده، طیبه؛ احمدی، حسن؛ ملکیان، آرش؛ و جعفری، محمد. ۱۳۹۷. تحلیل سینوپتیکی وقایع گردوغبار و ارتباط آن با خشکسالی در استان های قزوین و البرز. فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)، **۸(۲)**: ۵۹-۶۸.

علیجانی، بهلول. ۱۴۰۰. آب و هوای ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۲۱ صفحه.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

غفاری، دیمن و مصطفی زاده، رئوف. ۱۳۹۴. بررسی منشاء، اثرات و راهکارهای پدیده گرد و غبار در ایران. نشریه حفاظت و بهره برداری از منابع طبیعی, **۴(۲)**: ۱۰۷-۱۲۵.

قدرتی، منصور؛ و ابراهیم یوسفی¬مبرهن. ۱۳۹۹. رابطه بین فراوانی سرعت باد و روزهای گردوغباردر مقیاس ماهانه و سالانه (مطالعه موردی: دامغان). پانزدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

نبوی، سید سعید؛ حمیدرضا مرادی و محمد شریفی کیا. ۱۳۹۸. ارزیابی توزیع زمانی توفان های ریزگرد و ارتباط عوامل مؤثر با فراوانی وقوع این پدیده در استان خوزستان طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر). **۲۸ (۱۱۱)**: ۱۹۱-۲۰۳ .

ولی، عباسعلی و فاطمه روستایی. ۱۳۹۶. بررسی روند فرسایش بادی در ایران مرکزی با استفاده از شاخص طوفان گردوغباردر پنجاه سال اخیر. مجله علوم آب و خاک. **۲۱ (۴)** :۲۰۰-۱۸۹.

ولی¬زاده کامران، خلیل و سودابه نامداری. ۱۳۹۹. بررسی تغییرات زمانی-مکانی غلظت ریزگردها در حوضه نفوذ ریزگردهای دریاچه ارومیه در دوره زمانی۲۰۱۵-۲۰۰۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی). نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی. **۲۴ (۷۲)**. ۴۴۶-۴۲۷.

یوسفی مبرهن، ابراهیم؛ منصور قدرتی و محمد خسروشاهی. ۱۴۰۰. پایش و پیش‌بینی عوامل اقلیمی موثر بر تحرک‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای استان سمنان. نشریه حفاظت منابع آب و خاک (علمی - پژوهشی). **۱۰ (۴)**. ۱۴۲-۱۲۷.

Albugami, S. Palmer, S. Cinnamon, J. Meersmans, J. (۲۰۱۹). Spatial and Temporal Variations in the Incidence of Dust Storms in Saudi Arabia Revealed from In Situ Observations, Geosciences, ۹, ۱۶۲. ۲۳.

Amgalan, G. Liu, G.R. Lin, T. Kuo, T.H. (۲۰۱۷). Correlation between dust events in Mongolia and surface wind and precipitation, Terr. Atmos. Ocean. Sci. ۲۸(۱):۲۳-۳۲.

Ashkenazy, Y., Yizhaq, H., Tsoar, H., ۲۰۱۲. Sand dune mobility under climate change in the Kalahari and Australian deserts. Climate Change. ۱۱۲: ۹۰۱-۹۲۳.

Aishajiang, A. Nguyen, T. Kim, O. Jilili, A. (۲۰۱۶). Variation Trends of Dust Storms in Relation to Meteorological Conditions and Anthropogenic Impacts in the Northeast Edge of the Taklimakan Desert, China, Journal of Air Pollution, **۵**: ۱۲۷-۱۴۳.

Hamidi, M.; ۲۰۲۰. The key role of water resources management in the Middle East dust events. CATENA: ۱۸۷: ۱۰۴۳۳۷.

Indoitu, R., Orlovsky, L., & Orlovsky, N. ۲۰۱۴. Dust storms in Central Asia: spatial and temporal variations. Journal of Arid Environments, **۸۵**:۶۲-۷۰.

Kang, L., Huang, J., Chen, S., & Wang, X. ۲۰۱۸. Long-term trends of dust events over Tibetan Plateau during ۱۹۶۱–۲۰۱۰. Atmospheric Environment, **۱۲۵**: ۱۸۸-۱۹۸.

Kim, D.; M. Chin; H. Bian; Q. Tan; M.E. Brown; T. Zheng; R. You; T. Diehl; P. Ginoux, and T. Kucsera. ۲۰۱۵. The effect of the dynamic surface bareness on dust source function, emission, and distribution. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, ۱۱۸: ۸۷۱-۸۸۶.

Kim, J. ۲۰۱۰. Transport routes and source regions of Asian dust observed in Korea during the past ۴۰ years (۱۹۶۵–۲۰۰۴). Atmospheric Environment, **۴۲(۱۹)**: ۴۷۷۸-۴۷۸۹.

Li, J.; E. Garshick, A. Al-Hemoud, S. Huang, and P. Koutrakis. ۲۰۲۰. Impacts of meteorology and vegetation on surface dust concentrations in Middle Eastern countries. Science of the Total Environment: ۷۱۲, ۱۳۶۵۹۷.

Middleton, N.J. ۲۰۱۷. Desert dust hazards: a global review. Aeolian Res. **۲۴**: ۵۳-۶۳.

Miri, A., Ahmadi, H., Ghanbari, A., and Moghaddamnia, A. ۲۰۰۷. Dust storms impacts on air pollution and public health under hot and dry climate. Int. J. Energy Environ. **۲**: ۱۰۱-۱۰۵.

Miri, A., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M.R., Panjehkeh, N., and Ghanbari, A. ۲۰۰۹. Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan region, iran. Int. J. Environ. Stud. ۶۶: ۳۴۳-۵۵.

Rajaee, T., Rohani, N., Jabbari, E., & Mojaradi, B. ۲۰۲۰. Tracing and assessment of simultaneous dust storms in the cities of Ahvaz and Kermanshah in western Iran based on the new approach. Arabian Journal of Geosciences, **۱۳(۱۲)**: ۱-۲۰.

Rashki, A., Kaskaoutis, DG. Goudie, A. S., and Kahn, RA. ۲۰۱۳. Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: the case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. Journal of Science of the Total Environment, **۴۶۳**: ۵۵۲-۵۶۴.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

Rashki, D., Kaskaoutis, G., Eriksson, P. G., de W., Rautenbach, C. J., Flamant, C., Abdi Vishkaee, F. ۲۰۱٦. Spatio-temporal variability of dust aerosols over the Sistan region in Iran based on satellite observations, Nat Hazards, ۷۱: ٥٦۳–٥۸٥.
Rezazadeh, M., Irannejad, P. and Shao, Y. ۲۰۱۳. Climatology of the Middle East dust events. Journal of Aeolian Research, ۱۰: ۱۰۳-۱۰۹.
Saaedra, S., Rodriguez, A., Taboada, J.J., Souto, J.A., and Casares, J.J. ۲۰۱۲.
Patterns and air mass transport during ozone esiodes in northvestern liberia.
science of total enivironmental, ٤٤۱:۹۷-۱۱۰
Schepanski, K., Tegen, I., & Macke, A. ۲۰۱٥. Comparison of satellite-based observations of Saharan dust source areas. Remote Sensing of Environment, ۱۲۳:۹۰-۹۷.
Sharifikia, M., & Rabbani, F. ۲۰۲۰. Source routing and detection of dust storm in the Salt Lake basin of Qom in Iran. Arabian Journal of Geosciences, **۱۳(۱٤):**۱-۱۷.
Tan, M., Li, X. and Xin, L. ۲۰۱٤. Intensity of dust storms in China from ۱۹۸۰ to ۲۰۰۷: A new definition. Journal of Atmospheric environment, **۸٥**: ۲۱٥-۲۲۲.
UNEP, ۱۹۹۱. Stop Deserts Growing. Save Soils. UNEP Calendar ۱۹۹۱, UNEP, Nairobi.
Wang,W., Fang, Z. Y. ۲۰۰٦. Numerical simulation and synoptic analysis of dust, emission and transport in East Asia. Global and planetary change, **٥۲**: ٥۷-۷۰.
Wang, S., Yuan, W., and Shang, K. ۲۰۰٦. The impacts of different kinds of dust events on PM۱۰ pollution in northern China. Atmos. Environ. ٤۰: ۷۹۷٥-۸۲.
Xiao, F., Zhou, C., and Liao, Y. ۲۰۰۸. Dust storms evolution in Taklimakan desert and its correlation with climatic parameters. J. Geogr. Sci. ۱۸: ٤۱٥-۲٤.
Yar Moradi, Z., Nasiri, B., Karmaup, M., and Mohammadi, G.H. ۲۰۱۸. An analysis of the frequency of dusty days in the Middle East of Iran in relation to climate fluctuations. Journal of Ecosystem of the Desert, **۷(۱۸)** :۱-۱٤.
Yousefi Mobarhan, E and E. Karimi Sangchini. ۲۰۲۱. Continuous Rainfall-Runoff Modeling Using HMS-SMA with Emphasis on the Different Calibration Scale. Journal of Chinese Soil and Water Conservation, ٥۲ (۲): ۱۱۲-۱۱۹.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-03]