نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال دهم، شماره چهار، تابستان ۱۴۰۰

ISSN 2251-7480

پایش و پیش‌بینی عوامل اقلیمی موثر بر تحرک‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای استان سمنان

ابراهیم یوسفی مبرهن*[۱]، منصور قدرتی[۲]، محمد خسروشاهی[۳]

۱*) 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.

*نویسنده مسئول مکاتبات: e.yusefi@areeo.ac.ir

۲) 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.

۳)دانشیار، بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۲

چکیده:

فرسایش بادی و حرکت ماسه‌های روان، بعنوان یکی از فرآیندهای مهم تخریب سرزمین و یک چالش جدی در ایران به شمار می‌رود. در این تحقیق تلاش شد با درنظرگرفتن شرایط آب و هوایی، فراوانی روزهای گردوغبار در ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان برآورد شود. همچنین میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای براساس شاخص لنکستر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق در طول دوره آماری ۱۵ سال (۲۰۰۳-۲۰۱۷) نشان داد ایستگاه دامغان با ۱۰ درصد بادهای فرساینده و تعداد ۱۰۵۸ روز توأم با گرد و غبار و ایستگاه شاهرود با ۱ درصد بادهای فرساینده و تعداد ۵۸ روز توأم با گرد و غبار به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد فراوانی بادهای با سرعت بیشتر از سرعت آستانهٔ فرسایش بادی را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج حاصل از شاخص لنکستر نشان داد که شهرستان دامغان با بالاترین شاخص، دارای پتانسیل فعالیت رسوبات بادی «کاملا فعال» می‌باشد و لذا تثبیت تپه‌های ماسه‌ای امری ضروری برای کاهش خسارات ناشی از فعالیت تپه‌های ماسه‌ای در این منطقه است. نتایج پیش‌بینی اثرات تغییر احتمالی عوامل اقلیمی بر تحرک پذیری ماسه‌های روان در ایستگاه منتخب استان نشان داد که حساسیت تحرک پذیری ماسه نسبت به تغییرات افزایش ناشی از باران بیشتر از سرعت باد و نسبت به تغییرات کاهش ناشی از باران کمتر از سرعت باد می‌باشد و اگر مقادیر میانگین سرعت باد ۳۰ درصد در آینده کاهش یابد و یا مقدار بارندگی به مقدار ۳۰ درصد افزایش یابد، وضعیت تپه‌ها از حالت کاملا فعال به فعال تغییر خواهد کرد.

کلید واژه‌ها: اقلیم، رسوبات بادی؛ سمنان؛ شاخص لنکستر؛ گرد و غبار

مقدمه

یکی از مهم‌ترین فرآیندهای طبیعی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و فراخشک فرسایش بادی است (عرب‌عامری و حلبیان، ۱۳۹۶). تپه‌های ماسه‌ای از مهم‌ترین رخساره-های فرسایش بادی محسوب می‌شوند (پورمند و همکاران، ۱۳۹٤). تپه‌های ماسه‌ای در قلمرو فرآیند بادی از پویاترین عارضه‌های ژئومورفیک سطح زمین به شمار می‌روند که از یک سو متاثر از ویژگی‌های سرعت، جهت و فراوانی باد و از سوی دیگر متاثر از ویژگی‌های سطح زمین و مواد رسوبی‌اند (عباس‌نژاد و ذهاب نوری، ۱۳۹۱). میدان‌های ماسه‌ای نزدیک به ۵۰۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع از سطح کره زمین را پوشانده‌اند (Livingstone *et al.*,

2010) که از تپه‌های ماسه‌ای مختلف تشکیل شده‌اند. تشکیل آن‌ها به دلیل روابط متقابل بین رژیم بادی و فرآیندهای رسوب‌گذاری است (Dong *et al*., 2013). 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*., 2012). تپه‌های ماسه‌ای واقع در مناطق بیابانی کره زمین متاثر از عوامل مختلف به ویژه عوامل اقلیمی به‌طور مداوم درحال حرکت و جابه‌جایی‌اند و بر اثر این جابه‌جایی ریگ‌ها توسعه و تحول می‌یابند؛ اما جهت حرکت ماسه‌ها، میزان حرکت و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای در طول زمان به ویژه در کواترنر و هولوسن یکسان نبوده است، بلکه در دوره‌های خشک ریگ‌ها گسترش یافته‌اند و تپه‌های ماسه‌ای فعال شده‌اند؛ اما در دوره‌های مرطوب، این تپه‌ها غیرفعال شده و از وسعت میدان‌های ماسه‌ای کاسته شده است (شریفی، ۱۳۹۸). نتایج مطالعات در مقیاس ۲۵۰۰۰: ۱ نشان می‌دهد که تپه‌های ماسه‌ای ایران شامل ۱۱ دریا شن و ۹۷ میدان تپه‌ای است که تقریباً ٤/٦ میلیون هکتار را پوشش می‌دهد (Abbasi *et al*., 2019). در سال‌های اخیر فراوانی رخدادهای گردوغبار در بیشتر مناطق ایران، به ویژه در جنوب شرقی استان سمنان، شمال غرب استان یزد و شمال شرق اصفهان (Sharifikia and Rabbani, 2020)، نواحی جنوب و جنوب شرقی ایران (Ashkenazy *et al*., 2012) و همچنین در شهرهای اهواز و کرمانشاه (Rajaee *et al*., 2020) افزایش قابل توجهی یافته است. آش و واسون (۱۹۸۳) دو شاخص تپه‌های ماسه‌ای را بر أساس بارندگی و تبخیر- تعرق واقعی و پتانسیل در استرالیا ارائه دادند که بلافاصله توسط واسون (۱۹۸٤) با افزودن درصد فراوانی بادها با سرعت بیش از سرعت آستانه فرسایش بهینه گردید. Lancaster (۱۹۸۷) این شاخص را برای تپه‌های ماسه‌ای جنوب غربی کالاهاری تطبیق داد. یک سال بعد او شاخص تحرک تپه‌های ماسه‌ای را با در نظرگرفتن درصد فراوانی بادها با سرعت بیش از سرعت آستانه فرسایش در ارتفاع ۱۰ متری زمین و نسبت بارندگی به تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه به عنوان شاخص خشکی ساده کرد (Lancaster, 1988) بعدها این شاخص به منظور مطالعهٔ تپه‌های جنوب آفریقا و آمریکا کالیبره شد (Lancaster and Helm, 2000). همچنین Wang و همکاران (۲۰۰٤) با استفاده از شاخص لنکستر، فعالیت تپه‌های ماسه‌ای واقع در تاکلیماکان را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که فعالیت این تپه‌ها در طول دورهٔ ۱۹٦۰ زیاد بوده ولی از اواسط ۱۹۸۰ تا اواخر ۱۹۹۰ کاهش پیدا کرده است. تاثیر تغییرات آب و هوا بر تحرک و ثبات تپه‌های ماسه‌ای ساحلی در شمال شرق برزیل مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش مدلی ارائه شد که همزیستی تپه‌های ماسه‌ای فعال و تثبیت شده در امتداد سواحل کارا را نشان می‌دهد (Tsoar *et al*., 2005). با بررسی متغییرهای آب و هوایی موثر بر تحرک تپه‌های ماسه‌ای نزدیک به رود گرندفالز در منطقه‌ی ناواهو در جنوب‌غربی ایالت متحده معلوم شد که از بین متغییرهای اقلیمی مختلف در خشک‌سالی‌های طولانی رایج، قدرت باد برجسته‌ترین پارامتر موثر بر تحرک‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای می‌باشد (Bogle *et al*., 2015). محققان با مطالعه روند توفان‌های گردوغبار فلات تبت به این نتیجه رسیدند که توفان‌های گردوغبار از دهه ۱۹۷۰ روند کاهشی داشته و کاهش سرعت بادهای سطح زمین، عامل مهمی در کاهش وقوع گردوغبار در منطقه بوده است (Kang *et al*., 2016). در منطقه کالاهاری، محققان با استفاده از شاخص لنکستر و آنابیز داده‌های GCM[1] به این نتیجه رسیدند که به احتمال زیاد، تپه‌های موجود در این منطقه در پایان قرن حاضر، دوباره فعال خواهند شد (Sharifikia and Rabbani, 2020). همچنین تأثیرات تغییر اقلیم و مدیریت منابع آب در جنوب مدیترانه نشان داد تغییرات ناشی از آب و هوا در بارندگی و دمای هوا منجر به تسریع زمان

[1] General climate model

اوج جریان‌ها، تکرار بیشتر سیلاب و شرایط شدید خشکسالی می‌شود. اثرات منطقه‌ای پیش‌بینی شده از تغییرات آب و هوایی شامل تنش گرما، همراه با کیفیت پایین هوا در محیط شهری، همراه با افزایش کمبود آب شیرین و کاهش بهره وری آب در مناطق خشک است (Gaaloul *et al.*, 2020).

اختصاصی و همکاران (۱۳۹۱) وضعیت حرکت و فعالیت تپه‌های ماسه‌ی ارگ اشکذر را بررسی کردند. آن‌ها جهت اندازه‌گیری سرعت جابه‌جایی و میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای از شاخص‌های لنکستر و چپیل استفاده کردند. نتایج نشان داد که تپه‌های ماسه‌ای در منطقه مورد مطالعه در کلاس کاملاً فعال قرار می‌گیرد. توکلی فرد و همکاران (۱۳۹۳) مطالعاتی را روی میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای بند ریگ کاشان با استفاده از شاخص لنکستر انجام دادند. نتایج نشان داد که در بیشتر مناطق بندریگ کاشان، تپه‌های ماسه‌ای از نوع فعال بوده و تنها بخش کوچکی در شمال و بخشی در جنوب آن، دارای تپه‌های ماسه‌ای بسیار فعال است. محققان با بررسی تغیرات فصلی و مکانی نرخ گردوغبار حمل‌شده از روی شهرهای دشت سیستان و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی نشان دادند که میانگین نرخ گردوغبار حمل شده در دشت سیستان در تابستان به صورت معنی‌داری از فصول پاییز و زمستان بیش‌تر بود (دانش‌شهرکی و همکاران، ۱۳۹۵). خسروشاهی و همکاران (۱۳۹۹) شاخص حرکت تپه‌های ماسه‌ای (لنکستر) در تالاب گاوخونی را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که رابطه معنی‌داری (در سطح ۵٪) بین حاشیه تالاب گاوخونی و سطح خشک تالاب وجود ندارد، ولی تپه‌های ماسه‌ای در دوره مورد بررسی تقریبا فعال بوده‌اند. همچنین تحلیل همبستگی روزهای گرد و غبار سالانه و فصلی با خشکیدگی همزمان تالاب در بیشتر ایستگاه‌ها رابطهٔ معنی داری نشان نداد. اخیرا گزارش شده است که تغییر شرایط اقلیمی، به ویژه تغییر در عناصر بارندگی و سرعت باد منجر به تغییرات معنی‌داری در شاخص توفان گردوغبار در مناطق خشک ایران مرکزی شده است (Abbasi *et al.*, 2019; Ebrahimi Khusfi *et al.*, 2019). از آنجا که پدیده گرد و غبار و حرکت ماسه‌های روان بعنوان یکی از فرآیندهای مهم تخریب سرزمین و یک چالش جدی در ایران به شمار می‌رود و عوامل اقلیمی نیز در این پدیده نقش بسزایی دارند از این رو بررسی و شناخت این عوامل از جنبه تاثیر آن‌ها بر بروز و تشدید پدیده گرد و غبار و تحرک پذیری ماسه‌های روان برای جلوگیری از تشدید بحران‌های زیست محیطی در آینده یک ضرورت انکار ناپذیر است. بدین منظور، در این تحقیق تلاش شده است تا با بررسی رژیم بادی منطقه و نیز شرایط اقلیمی، میزان فعالیت تپه-های ماسه‌ای بر اساس شاخص لنکستر تعیین و در نهایت با درنظر گرفتن شرایط گذشته، وضعیت تحرک این تپه-های ماسه‌ای در آینده پیش‌بینی شود.

داده‌ها و روش‌ها

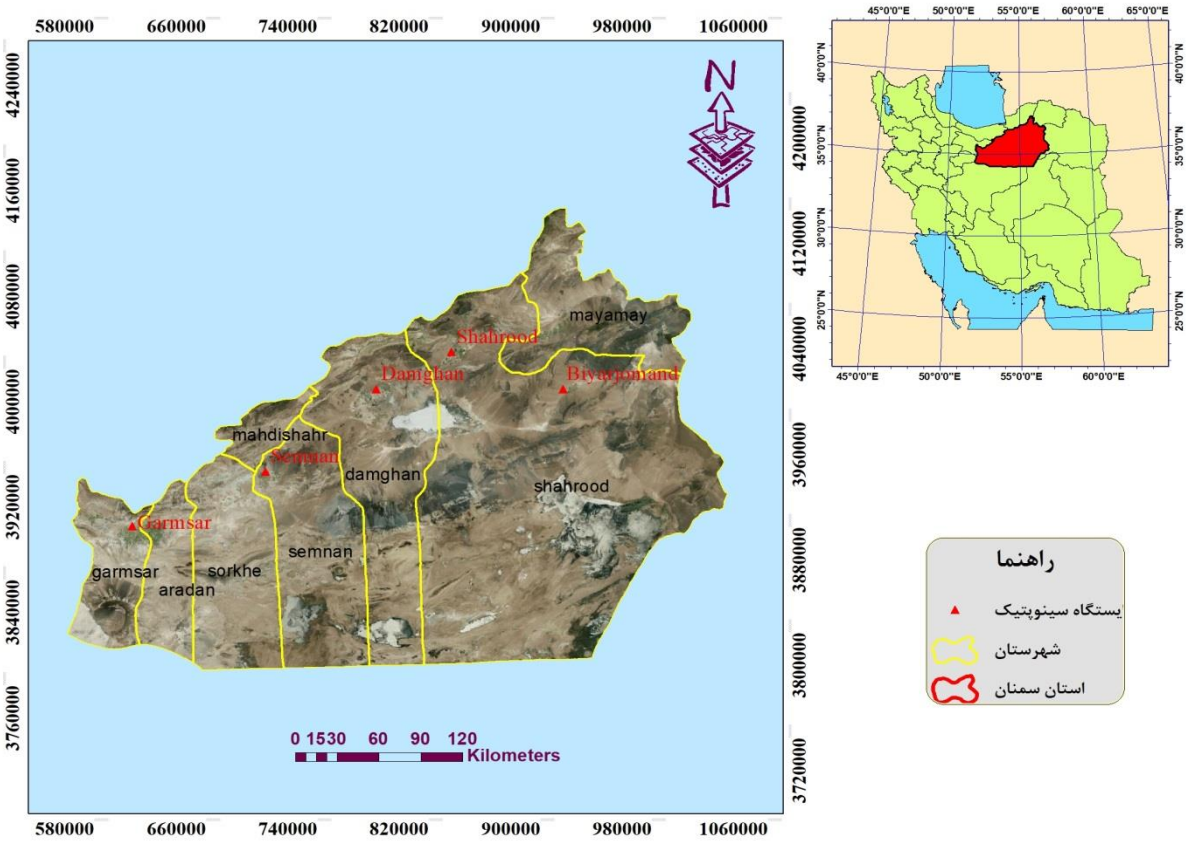
منطقه مورد مطالعه

استان سمنان واقع در طول‌های جغرافیایی ´۵۸، °۵۱ تا ´۵۸، °۵۷ شرقی و عرضهای جغرافیایی ´۱۷، °۳٤ تا ´۳۰،°۳۷ شمالی، مساحتی حدود ۹۸۰۰۰ کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است. این استان از شمال به استان مازندران، از شرق به استان خراسان، از جنوب به استان اصفهان و از غرب به استانهای مرکزی و تهران محدود شده است. این استان به لحاظ موقعیت نسبی در دامنه‌های جنوبی البرز و شمال کویر واقع شده است ارتفاع آن از شمال به جنوب کاهش یافته و به دشت کویر منتهی می‌شود. بر مبنای تقسیمات کشوری این استان دارای هشت شهرستان است که عبارتند از: سمنان، شاهرود، دامغان، گرمسار، مهدیشهر، آرادان، میامی و سرخه است. میزان ارتفاع محلی استان از ناحیه جنوب به سمت شمال افزایش می‌یابد و میزان بارندگی نیز متناسب با افزایش ارتفاع، افزایش یافته و تغییرات اقلیمی ناشی از افزایش بارندگی و کاهش دما نیز بر این اساس مشهود می‌باشد.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و موقعیت مکانی ایستگاه‌های سینوپتیک استان در شکل ۱ نمایش داده شده است.

تهیه و تحلیل داده‌های اقلیمی

در تحقیق حاضر جهت ارزیابی عوامل اقلیمی و تحرک تپه‌های ماسه‌ای در منطقه از اطلاعات کنترل کیفی شده سازمان هواشناسی استان سمنان استفاده شد. بدین منظور از کلیه ایستگاه سینوپتیک استان که شامل ۵ ایستگاه می‌باشد استفاده و دوره مشترک آماری بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ انتخاب و برنامه‌ریزی گردید. جدول ۱ موقعیت ایستگاه های سینوپتیک استان نمایش داده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نسبت به کشور

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	X	Y	ارتفاع (متر)
۱	گرمسار	٦٢٢٩٤٨	٣٨٩٩٤٩١	۹۰۰
۲	سمنان	٧١٨٧٠٠	٣٩٤١٠٣٧	۱۱۲۷
۳	دامغان	٧٩٨٢٧٤	٤٠٠٣٦٢٣	۱۱۵۵
٤	شاهرود	٨٥٢١٠٨	٤٠٣١٧٤٦	۱۳۲۵
۵	بیارجمند	٩٣٢٥٢٩	٤٠٠٣٦٣٨	۱۰۹۹

بررسی داده‌های باد و روزهای همراه با گردوغبار

برای بررسی داده‌های باد از جمله زمان و تاریخ دیده‌بانی، جهت و سرعت باد، میدان دید و کد پدیده‌های مورد نیاز از طریق سازمان هواشناسی برای ایستگاه‌های همدیدی منطقه مطالعاتی تهیه شد. سپس با بررسی دوره مشترک آماری، ایستگاه‌های سینوپتیک استان، بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها برای مقیاس زمانی ماهیانه و سالانه انتخاب شد. مقدار میانگین سایر پارامترهای اقلیمی نیز برای مقیاس‌های مذکور محاسبه شد تا ارتباط بین عوامل اقلیمی و تعداد روزهای گردوغبار در منطقه مطالعاتی بررسی شود. در ادامه از تحقیق، با در نظر گرفتن سرعت بادهای بالاتر از آستانه فرسایش یا بیشتر از ٦ متر بر ثانیه (وانگ و فانگ ،۲۰۰٦)، درصد بادهای فرساینده محاسبه گردید.

بررسی تحرک تپه‌های ماسه‌ای (شاخص لنکستر)

Lancaster (۱۹۸۸) یک مدل ساده از رابطه بین تحرک تپه (به طور صحیح‌تر تحرک ماسه) و متغیرهای اقلیمی ارائه کرده است. بر اساس این اصل تحرک شن و ماسه، متناسب با سرعت بادهای بالاتر از آستانه فرسایش است ولی با بارش موثر که رطوبت خاک و پوشش گیاهی را حمایت می کند، رابطه عکس دارد. شاخص اقلیمی تحرک تپه‌های ماسه‌ای می تواند برای ارزیابی پتانسیل سالانه و دهه‌ای تحرک تپه‌های ماسه‌ای و همچنین در مورد مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت مانند ماه و فصل که احتمالا شرایطی را برای تحرک تپه‌های ماسه‌ای فراهم می کنند به کار برده شود. این شاخص مدل‌سازی شده به صورت معادله ۱ است:

$$M = \frac{W}{P/PET}$$ معادله (۱)

در این رابطه، هریک از پارامترها عبارت اند از:

M: میزان فعالیت رسوبات بادی مانند تپه‌های ماسه‌ای.

W: درصد فراوانی بادهای با سرعت بیش از سرعت آستا نهٔ فرسایش برحسب متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین.

P: میانگین بارندگی سالیانه برحسب میلی متر بر سال.

PET: تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه برحسب میلی‌متر بر سال.

جدول ۲- مقادیر شاخص حرکت ماسه ای لنکستر (M)

(Ebrahimi Khusfi *et al*., 2020)

مقدار عددی شاخص حرکت ماسه	میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای
M کمتر از ۵۰	غیر فعال
50 <M<100	فعال فقط در نوک تپه
100 <M<200	فعال
200 <M	کاملا فعال

تبخیر و تعرق پتانسیل از روش تورنت ویت و بر اساس متوسط دمای ماهانه استوار است. تبخیر و تعرق پتانسیل حوزه از معادله ۲ بدست می‌آید :

$$ET_O = 16/2N_M \left(\frac{10Ti}{I}\right)^a$$ معادله (۲)

ET: تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه به میلی‌متر

Ti: دمای متوسط ماهانه به سانتی‌گراد

I: شاخص حرارتی که عبارتست از مجموع شاخص-های حرارتی ماهانه (معادله ۳)

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{Ti}{5}\right)^{1/514}$$ معادله (۳)

a: ضریبی است که از فرمول زیر (معادله ٤) محاسبه می‌شود:

معادله (٤)

$$a = (۰/٦٧٥\ I^3 - ۱۱/۱\ I^2 + ۱۷۹۲۰I + ٤۹۲۳۹۰) \times ۱۰$$

NM: ضریب اصلاحی ماهیانه که مقدار آن از معادله ۵ بدست می‌آید:

$$N_M = \frac{D*N}{360}$$ معادله (۵)

D: متوسط ساعات آفتابی ماهانه که بستگی به عرض جغرافیایی و ماه داشته و از طریق جدول بدست می‌آید

N: تعداد روزهای ماه

پیش‌بینی اثرات تغییر احتمالی عوامل إقلیمی بر تحرک تپه‌های ماسه‌ای

به منظور بررسی اثر احتمالی تغییر عناصر اقلیمی بر تحرک‌پذیری ماسه‌های روان و تشدید پدیده گرد و غبار، پس از محاسبه میزان فعالیت رسوبات بادی، حساسیت تحرک پذیری ماسه‌ها در مقابل افزایش یا کاهش هر یک از متغیرها مشخص می‌شود. به عبارت دیگر تحلیل حساسیت روشی برای تغییر دادن ورودی های یک مدل آماری به صورت سازمان یافته (سیستماتیک) است که بتوان تاثیرات این تغییرها را در خروجی مدل پیش‌بینی کرد. از آنجا که برخی از عناصر اقلیمی شاخص مانند باران باد در میزان تحرک ماسه‌های روان تاثیر بسزایی دارند از این رو متغیرهای مورد نظر در دامنه‌ای معقول تغییر داده می‌شوند و اثر این تغییرات در خروجی مدل یعنی میزان حرکت ماسه محاسبه می‌شود. به این ترتیب حساسیت تحرک پذیری ماسه ها در مقابل افزایش یا کاهش هر یک از متغیرها مشخص می‌شود.

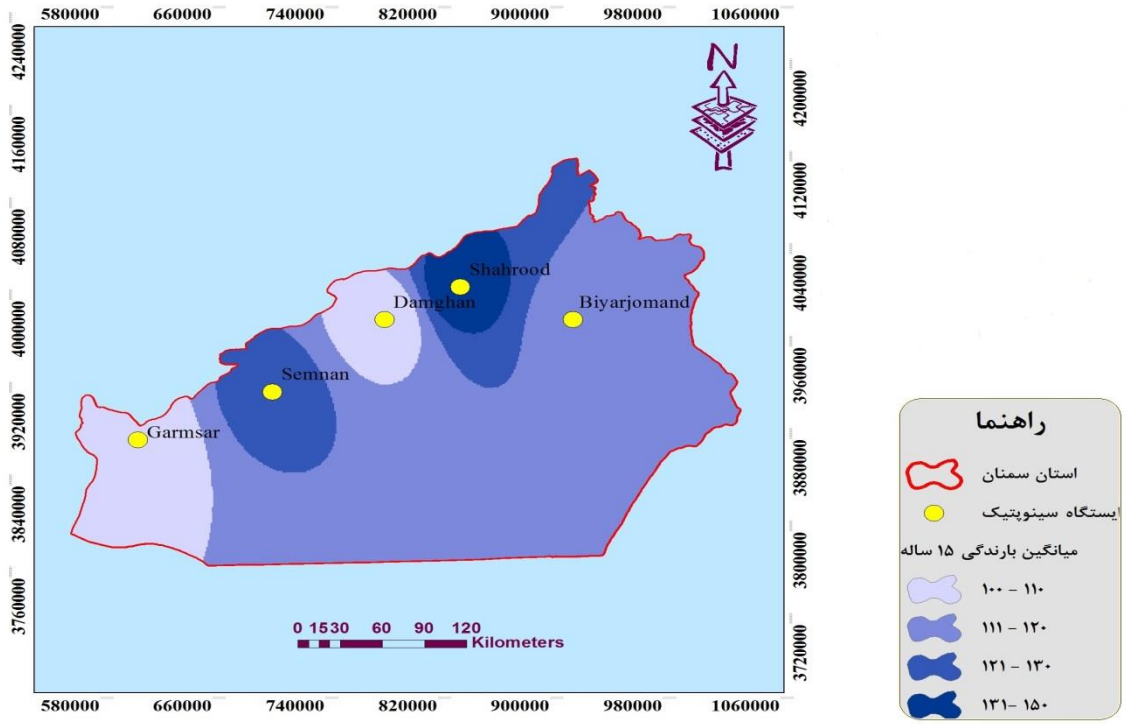
نتایج و بحث

پس از شناسایی و تعیین ایستگاه‌های مربوط به سازمان هواشناسی با استفاده از دوره آماری ۱۵ ساله نقشه همبارش (میلی‌متر) و همدمای (سانتی‌گراد) استان سمنان رسم و در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. این نقشه‌ها نشان می‌دهد که شهرستان گرمسار کمترین میزان بارش و بیشینه دما و شهرستان شاهرود دارای بیشترین میزان بارش و کمینه دما نسبت به سایر شهرستان‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشند. به جهت اینکه اطلاعات کاملی از وضعیت روزهای گرد و غبار و 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 ایستگاه-های سینوپتیک استان سمنان به ترتیب در شکل‌های ٤، ٥، ٦ و ٧ نمایش داده شده است.

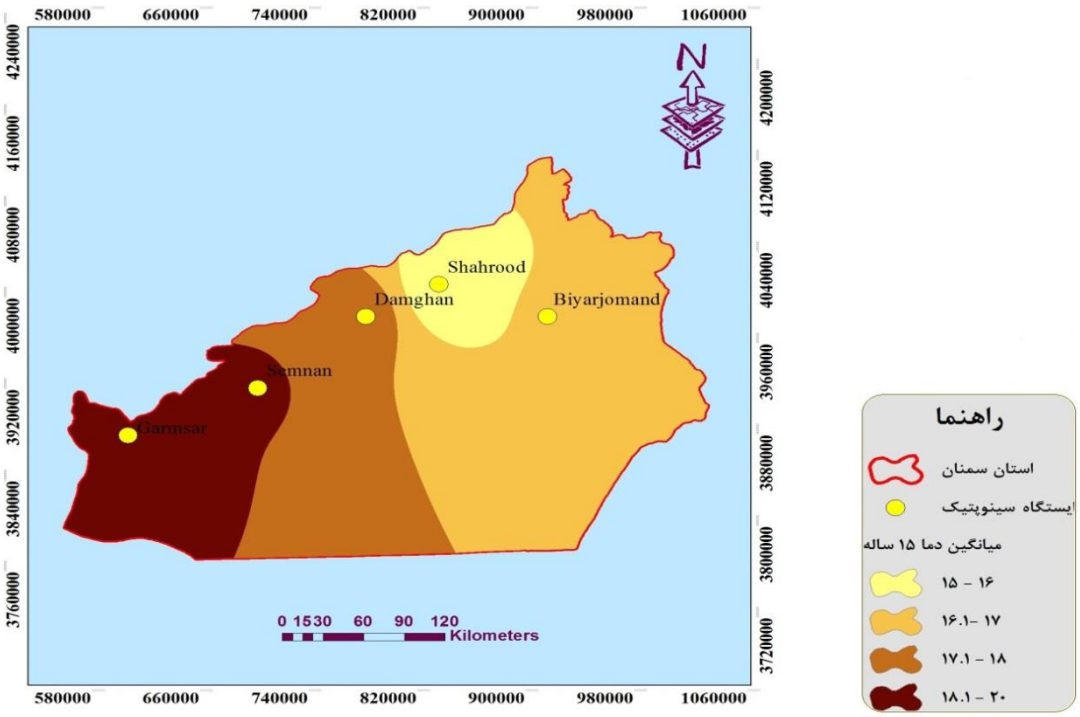
در بازه زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۳، در استان سمنان بیشترین میزان بارندگی در مقیاس سالانه و ماهانه به‌ترتیب در سال ۲۰۰۷ و ماه‌های آوریل و می می‌باشد (شکل ٤). شکل ٥ نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر دمای میانگین، بیشینه و کمینه‌های دمایی در ماه‌های جولای و آگوست و کمترین آن‌ها در ماه ژانویه به وقوع پیوسته است همچنین 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 ٤/٣ متر بر ثانیه و جولای با ٤/٢ متر بر ثانیه بوده است (شکل ٦). نتایج حاصل از تحلیل تبخیر و تعرق پتانسیل در ایستگاه-های 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 ۷).

محاسبه سرعت باد

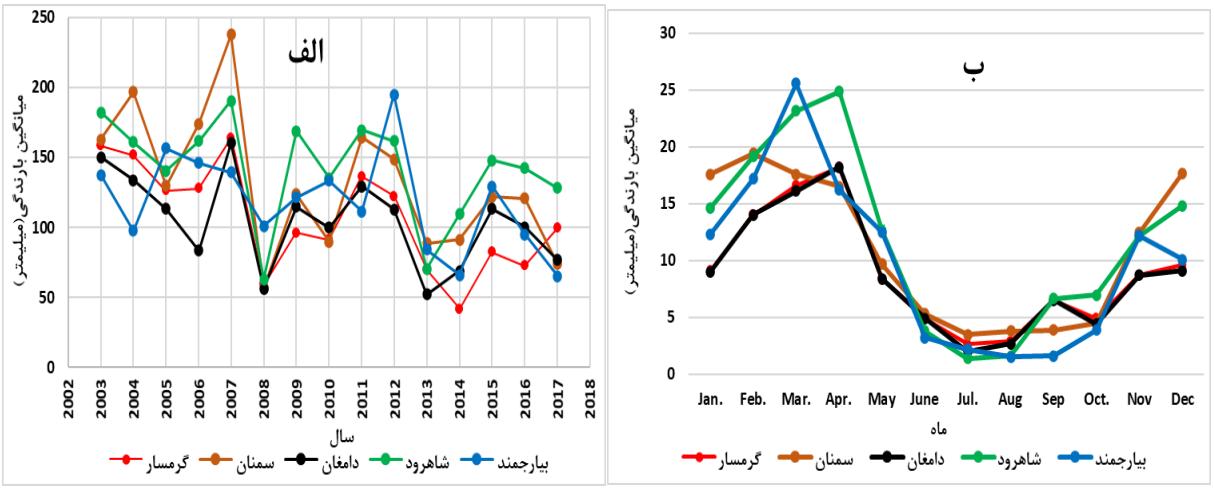
فراوانی بادهای با سرعت بیشتر از سرعت آستانهٔ فرسایش بادی در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین در ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان در جدول ۳ نشان می‌دهد که پدیده گرد و غبار در ایستگاه دامغان نسبت به سایر ایستگاه‌ها به دلیل بالاتر بودن بادهای فرساینده (۲۰درصد) بیشتر می‌باشد. نتایج این جدول، نمودار تغییرات بلندمدت سرعت باد غالب (شکل ٦) را تایید می‌کند.



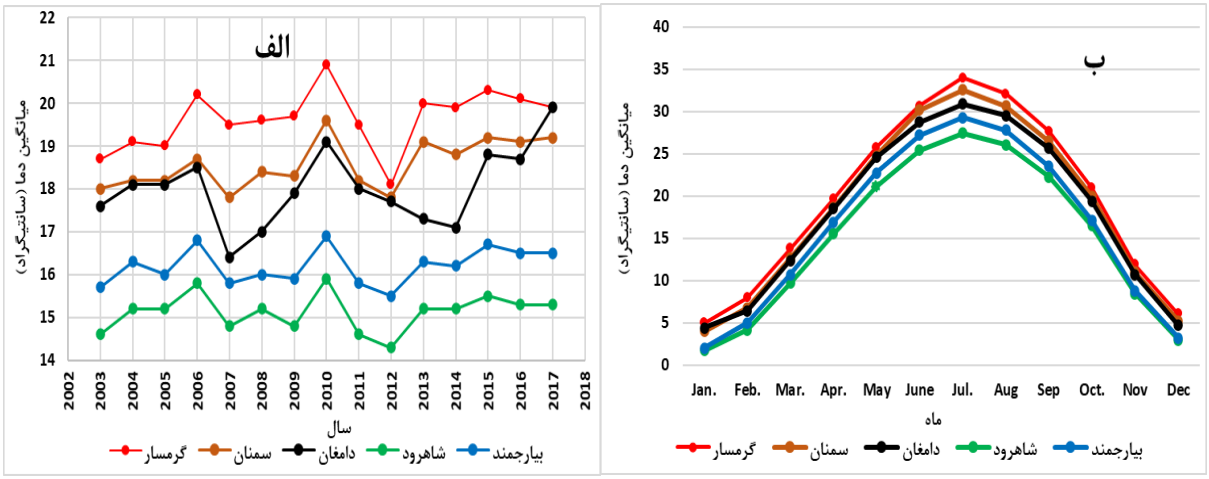
شکل ۲- نقشه همبارش استان سمنان



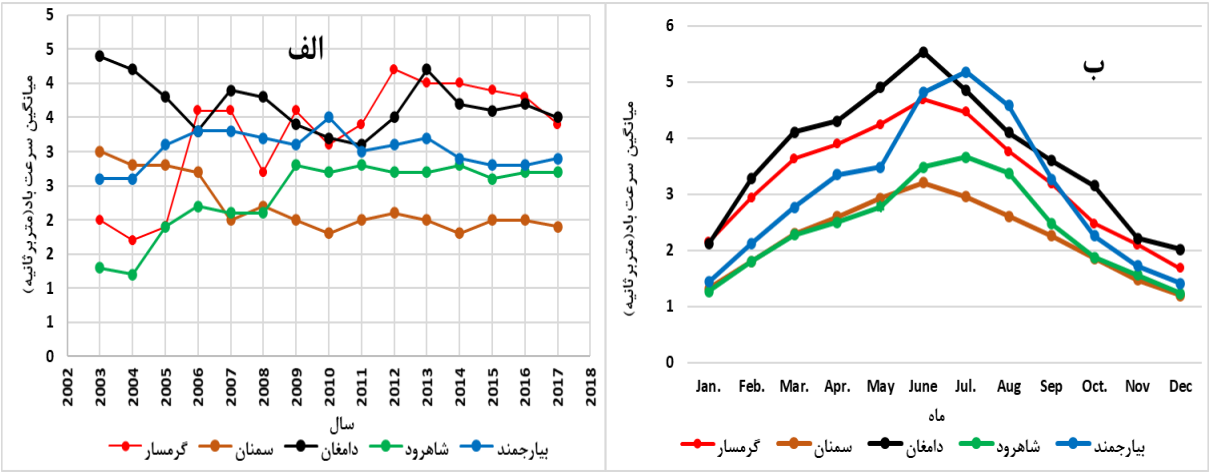
شکل ۳- نقشه همدمای استان سمنان



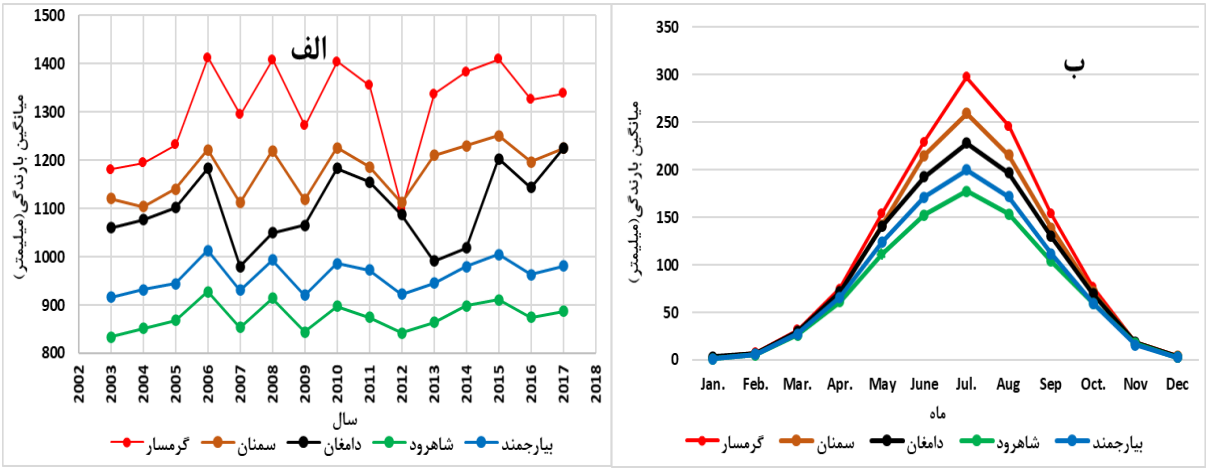
شکل ٤- نمودار تغییرات بلندمدت بارش سالانه (الف) وماهانه (ب) ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان



شکل ٥- نمودار تغییرات بلندمدت دما سالانه (الف) و ماهانه (ب) ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان



شکل ٦- نمودار تغییرات بلندمدت سرعت باد غالب سالانه (الف) و ماهانه (ب) ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان



شکل ۷- نمودار تغییرات بلندمدت تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه (الف) و ماهانه (ب) ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان

جدول ۳- درصد فراوانی بادهای با سرعت بیشتر از سرعت آستانهٔ فرسایش بادی در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین

ایستگاه	بادهای غیرفرساینده (٪)	بادهای فرساینده(٪)
گرمسار	۸۹/۹	۱۰/۱
سمنان	۹۸/۵	۱/۵
دامغان	۸۰/۲	۱۹/۸
شاهرود	۹۸/۹	۱/۱
بیارجمند	۹۰/۵	۹/۵

محاسبه روزهای گرد و غبار

تعداد روزهای توأم با گرد و غبار با در نظر گرفتن سرعت باد غالب روزانه بیشتر از ٦ متر بر ثانیه (Wang و Fang، 2006) در دو مقیاس ماهانه و سالانه استخراج شد و نمودار تغییرات بلندمدت تعداد روزهای توأم با پدیده گرد و غبار با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان در طول دوره مطالعه تعیین شد (شکل ۸).

نتایج نشان می‌دهد که در مقیاس سالانه بیشترین تعداد روزهای توأم با گردوغبار در ایستگاه دامغان (۱۰۵۸ روز) و کمترین تعداد روزهای توأم با گرد و غبار در ایستگاه شاهرود (۵۸ روز) در دوره آماری ۱۵ ساله می‌باشد. همچنین سال ۲۰۱۳ با ۲۰۷ روز گرد و غبار بیشترین فراوانی را در دوره آماری مورد مطالعه نشان می‌دهد. در مقیاس ماهانه ماه جولای، جان و می با فراوانی ۳۹۰، ۳۸۱ و ۲۸۱ تعداد روزهای توأم با گردوغبار نسبت به سایر ماه‌های سال منجر به پدیده گردوغبار شده است.

محاسبه تحرک تپه‌های ماسه‌ای (شاخص لنکستر)

با استفاده از شاخص اقلیمی تحرک تپه‌های ماسه‌ای و محاسبه شاخص لنکستر، میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای برآورد گردید (جدول ٤). متوسط شاخص تحرک تپه‌های ماسه‌ای (شاخص لنکستر) ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان در دوره شاخص آماری ۱۵ ساله نشان می‌دهد که تنها در دامغان با بیشینه شاخص لنکستر، میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای کاملا فعال بوده است. با استفاده از نتایج جدول ٤ پهنه‌بندی شاخص لنکستر استان سمنان در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) رسم گردید (شکل ۹).

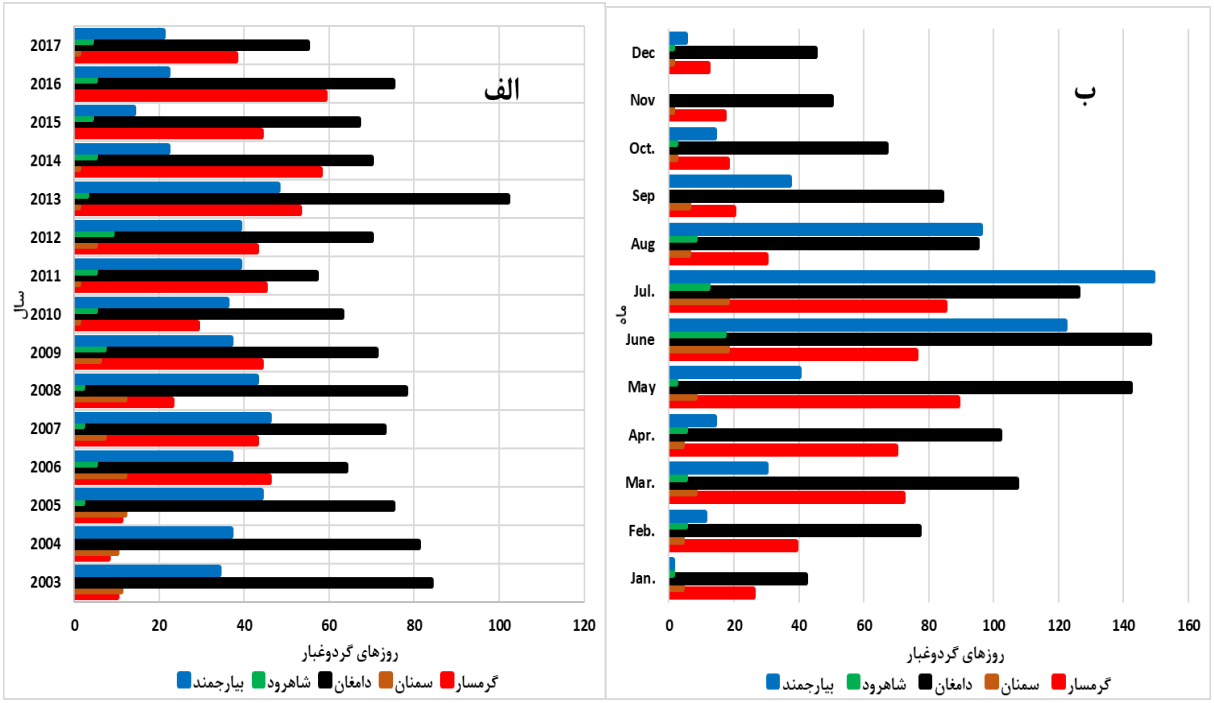
شکل ۱۰ تغییرات بین‌سالی شاخص تحرک‌پذیری ماسه‌ها را برای ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در بازه

زمانی ۱۵ ساله نشان می‌دهد که بیشترین تحرک تپه‌های ماسه‌ای مربوط به ایستگاه دامغان بوده و وضعیت فعالیت رسوبات بادی آن کاملا فعال می‌باشد همچنین بیشینه تحرک تپه‌های ماسه‌ای (شاخص لنکستر) در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱٤ که به‌ترتیب مربوط به ایستگاههای دامغان و گرمسار می‌باشد. ایستگاه شاهرود، با کمترین فروانی بادهای فرساینده (۱/۱) و تعداد روز گرد و غبار، از پتانسیل فعالیت تپه‌های ماسه‌ای کمتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها برخوردار می‌باشد و وضعیت فعالیت رسوبات بادی آن غیر فعال می‌باشد.

پیش بینی اثرات تغییر احتمالی عوامل اقلیمی بر تحرک پذیری ماسه‌های روان

مقدار حساسیت شاخص لنکستر در برابر تغییر عوامل اقلیمی موثر در دامنه مثبت تا منفی ۳۰٪ برای ایستگاه منتخب استان سمنان (ایستگاه سینوپتیک دامغان) مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱۱).

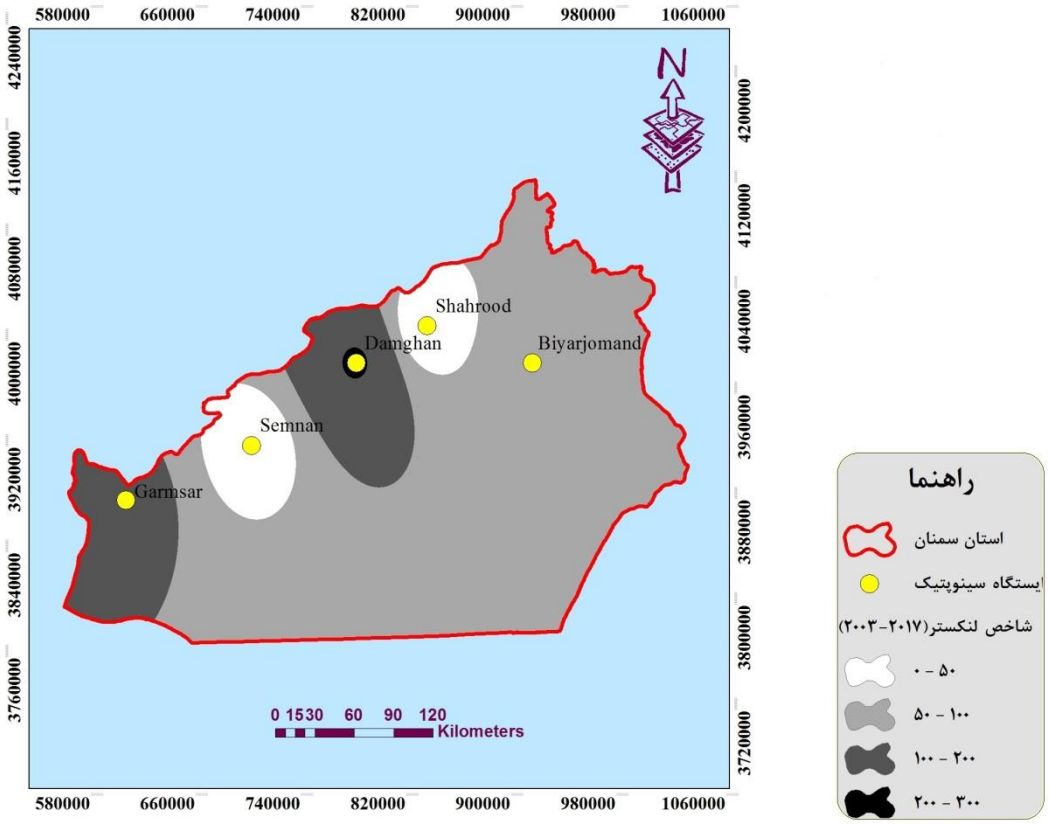
نتایج حاصل از آزمون تحلیل حساسیت نشان داد شاخص تحرک پذیری ماسه نسبت به تغییرات باد رابطه همبستگی مثبت و نسبت به تغییرات ناشی از باران رابطه منفی نشان می‌دهد بعبارتی با افزایش ۱۰ درصدی



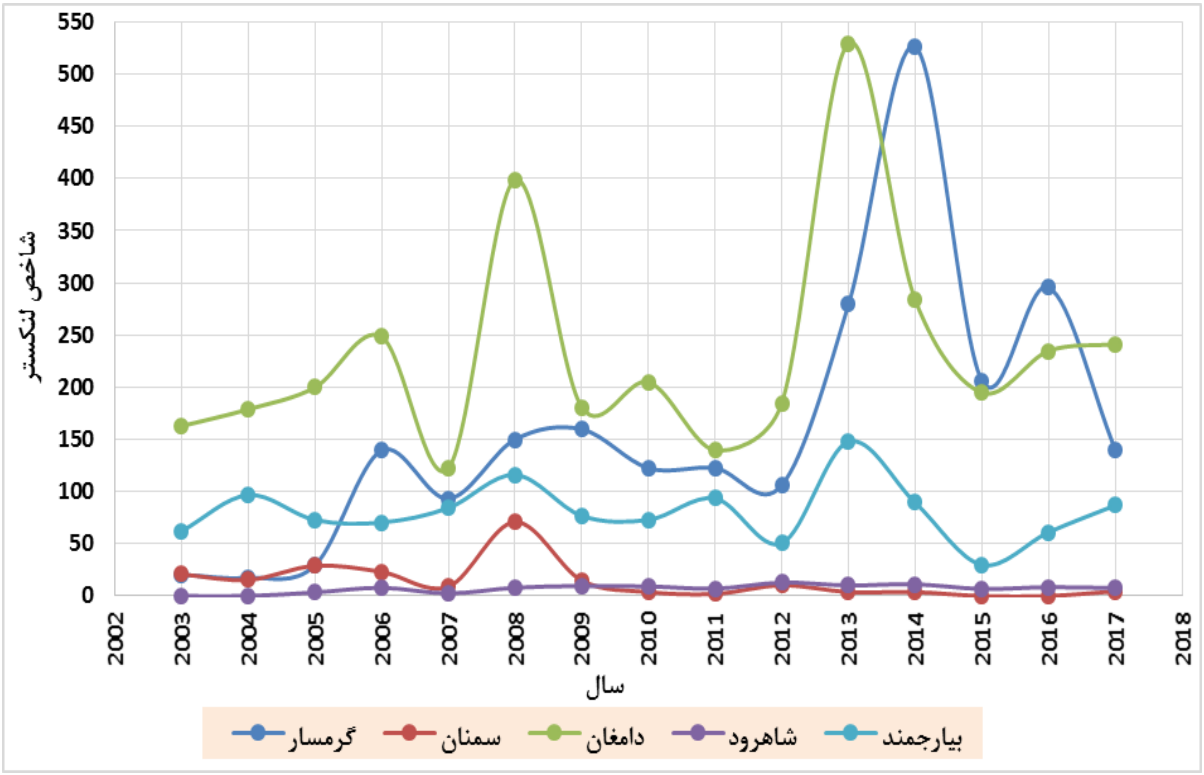
شکل ۸- نمودار تغییرات بلندمدت تعداد روزهای گرد و غبار سالانه (الف) و ماهانه (ب) ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان

جدول ٤- شاخص لنکستر و داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان

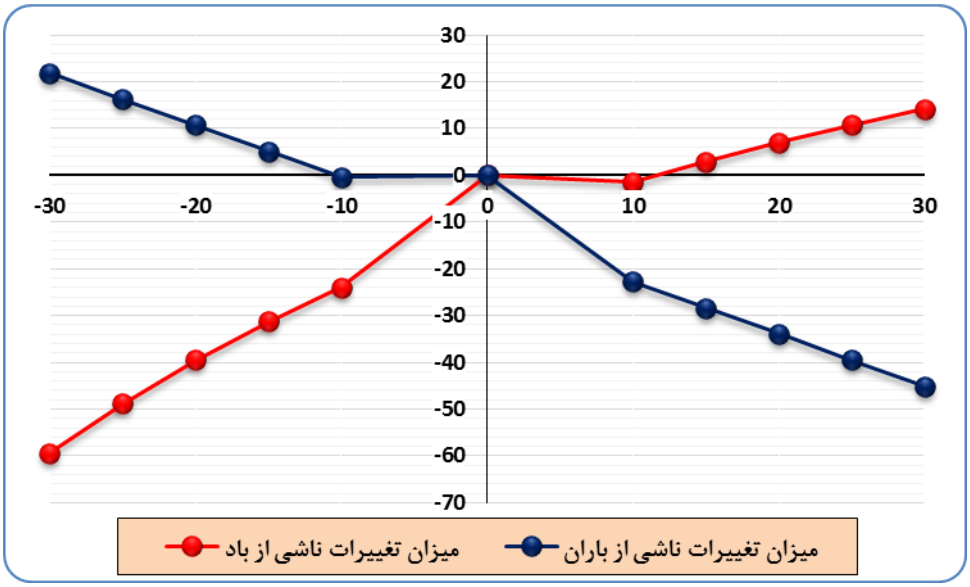
ایستگاه	درصد فراوانی بادهای فرساینده(W)	بارش(P) میلی‌متر	تبخیر و تعرق پتانسیل میلی‌متر	شاخص لنکستر(M)	میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای
گرمسار	۱۰/۱	۱۰٦	۱۲۹۳/۸	۱۲۲/۷	فعال
سمنان	۱/۵	۱۳۱	۱۱۷۱/٤	۱۳/۳	غیرفعال
دامغان	۱۹/۸	۱۰٤	۱۰۹۰	۲۰۷/۷	کاملا فعال
شاهرود	۱/۱	۱٤۲	۸۷۲/٦	٦/۸	غیرفعال
بیارجمند	۹/۵	۱۱۸	۹۵٦/٤	۷٦/٤	فعال فقط در نوک تپه



شکل ۹- تغییرات شاخص لنکستر در استان سمنان



شکل ۱۰- نمودار زمانی پتانسیل فعالیت تپه‌های ماسه‌ای استان سمنان در ایستگاه‌های مورد مطالعه



شکل ۱۱- حساسیت شاخص لنکستر نسبت به تغییرات بارش و بادهای بیشتر از سرعت آستانه فرسایش ایستگاه منتخب

سرعت باد غالب منطقه مورد مطالعه، شاخص تحرک پذیری ماسه تغییر چندانی مشاهده نمی‌شود ولی با کاهش ۱۰ درصدی سرعت باد، شاخص تحرک پذیری ماسه حدود ۲۵ درصد کاهش می‌یابد و چنانچه مقدار میانگین بارندگی از ۱۰٤ میلی‌متر به مقدار ۳۰ درصد افزایش یابد و به ۱۳۵/۲ میلی‌متر برسد، شاخص لنکستر از ۲۰۷/۷ به حدود ۱۷۰ می‌رسد و اکاهش ٤۸ درصدی را نشان می‌دهد. در مقابل چنانچه درصد فراوانی سرعت بادهای بیشتر از ٦ متر بر ثانیه ۳۰ درصد افزایش یابد شاخص لنکستر با افزایش ۱۵ درصدی به حدود ۲۳۹ می‌رسد. همچنین اگر مقادیر میانگین سرعت باد ۳۰ درصد در آینده کاهش یابد و یا مقدار بارندگی به مقدار ۳۰ درصد افزایش یابد، وضعیت تپه‌ها از حالت کاملا فعال به فعال تغییر خواهد کرد. حساسیت تحرک پذیری ماسه نسبت به تغییرات افزایش ناشی از باران بیشتر از سرعت باد بوده و بالعکس حساسیت تحرک پذیری ماسه نسبت به تغییرات کاهش ناشی از باران کمتر از سرعت باد می‌باشد..

نتیجه‌گیری

همواره در مناطق خشک و نیمه خشک فعالیت تپه-های ماسه‌ای مشکلات فراوانی را برای مردم محلی ایجاد کرده است. بنابراین، به منظور کاهش خسارات ناشی از آن، شناسایی تپه‌های ماسه‌ای فعال و تثبیت آن‌ها امری ضروری است. در این تحقیق، تلاش شد با در نظرگرفتن شرایط آب و هوایی (بارش و دما) و سرعت باد میزان فعالیت روزهای گردوغبار در مقیاس‌های سالانه و ماهانه بررسی گردد. نتایج این تحقیق نشان داد که در منطقه مورد مطالعه در طول دوره آماری ۱۵ ساله (۲۰۰۳-۲۰۱۷) دامغان بالاترین و شاهرود پایین درصد بادهای فرساینده را دارند. با استفاده از بادهای بیشتر از سرعت آستانه فرسایش، نمودار تغییرات بلندمدت تعداد روز توأم با پدیده گردوغبار برای ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان رسم و نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه ایستگاه دامغان (۱۰۵۸ روز) بیشترین و ایستگاه شاهرود (۵۸ روز) کمترین تعداد روز توأم با گرد و غبار در دوره آماری ۱۵ ساله را ثبت کرده‌اند همچنین در مقیاس ماهانه مقدار بیشینه ماه جولای نشان دهندهٔ این است که احتمال رخداد توفان گردوغبار در این ماه بیشتر است. در ادامه با استفاده از شاخص اقلیمی منطقه مورد مطالعه، شاخص تحرک-پذیری تپه‌های ماسه‌ای برآورد و پهنه‌بندی شاخص لنکستر نشان داد که شهرستان دامغان با بالاترین شاخص، دارای پتانسیل فعالیت رسوبات بادی کاملا فعال می‌باشد و

فلذا تثبیت تپه‌های ماسه‌ای امری ضروری برای کاهش خسارات ناشی از فعالیت تپه‌های ماسه‌ای در این منطقه است در حالیکه شهرستان شاهرود، با کمترین فروانی بادهای فرساینده (۱/۱) و تعداد روزهای گرد و غبار، از پتانسیل فعالیت تپه‌های ماسه‌ای برخوردار نمی‌باشد و بیشتر محدوده استان دارای پتانسیل فعالیت رسوبات بادی فعال فقط در نوک تپه می‌باشند. همچنین پیش‌بینی اثرات تغییر احتمالی بارش و باد بر تحرک پذیری ماسه‌ای (شاخص لنکستر) در ایستگاه منتخب استان نشان داد که با افزایش ۲۰ درصد بارش و سرعت باد، شاخص تحرک پذیری ماسه به ترتیب ۳۳ درصد کاهش و ۸ درصد افزایش پیدا کرده است و حساسیت تحرک پذیری ماسه نسبت به تغییرات افزایش ناشی از باران بیشتر از سرعت باد و نسبت به تغییرات کاهش ناشی از باران کمتر از سرعت باد می‌باشد..

منابع مورد استفاده

پورمند، س.، غلامعلی زاده آهنگر، ا. و دهواری، ع. ۱۳۹٤. بررسی توان جابجایی ماسه توسط باد در دشت شیله سیستان. نشریه آب و خاک، ۲۹(۱)، ۱۵۰-۱۳۹.

توکلی‌فرد، ا.، قاسمیه، ه.، نظری سامانی، ع. و مشهدی، ن. ۱۳۹۳. تحلیل میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای بند ریگ کاشان با استفاده از شاخص لنکستر. مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، ۵: ٤۸-۳۷.

خسروشاهی، م.، ابراهیمی خوسفی، ز.، گوهردوست، آ.، لطفی‌نسب اصل، س.، درگاهیان، ف. و کاشی زنوزی، ل. ۱۳۹۹. پایش تغییرات سطح تالاب گاوخونی و ارتباط آن با پدیده گرد و غبار و حرکت تپه‌های ماسه‌ای پیرامون آن. مدیریت بیابان، ۸(۱۵)، ۱۶۰-۱۳۹.

دانش شهرکی، م.، شهریاری، ع، گنجعلی، م و بامری، ا. ۱۳۹۵. تغییرات فصلی و مکانی نرخ گرد و غبار حمل شده از روی شهرهای دشت سیستان و ارتباط آن با برخی پارامترهای اقلیمی. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک, ۲۳(٦), ۱۹۹-۲۱۵.

شریفی، م. ۱۳۹۸. قبض و بسط ریگزارهای ایران نمونهٔ مطالعه: ریگ زرین در ایران مرکزی. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۰ (۱)، ۱۵۰-۱۲۷.

عباس‌نژاد، ا. و ذهاب‌نوری، س. ۱۳۹۱. شناسایی اشکال فرسایش بادی دشت رفسنجان (پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۲، صص. ۱۲۷-۱٤٤.

عرب عامری، ع. و حلبیان، ا.ح. ۱۳۹٦. تحلیل مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها و معرفی مناسب‌ترین نوع آن برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از الگوریتم ELECTRE (مطالعهٔ موردی: ریگ چاه جام). جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۸ (۲)، ۱۰۸-۹۳.

Abbasi, H.R. Opp, C. Groll, M. Rohipour, H .Gohardoust, H., 2019. Assessment of the distribution and activity of dunes in Iran based on mobility indices and ground data, Aeolian Research. 41: 1–17.

Ash, J.E., Wasson, R.J., 1983. Vegetation and sand mobility in the Australian desert dunefield. Zeitschrift Fur Geomorphologie 45 (Supp.), 7 - 25.

Ashkenazy, Y., Yizhaq, H., Tsoar, H., 2012. Sand dune mobility under climate change in the Kalahari and Australian deserts. Climate Change. 112: 901-923.

Bogle, R., Redsteer, M.H. and 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, 41-51.

Dong, Z., Qian, G., Lv, P., HU, G., 2013. Investigation of the sand sea with the tallest dunes on Earth: China's Badain Jaran Sand Sea. Earth-Science Reviews. 120: 20–39.

Ebrahimi Khusfi, Z., Roustaei, F., Ebrahimi Khusfi, M., and Naghavi, S. (2019). Investigation of the relationship between dust storm index, climatic parameters, and normalized difference vegetation index using the ridge regression method in arid regions of Central Iran. Arid Land Research and Management, Published online, 239-263.

Gaaloul, N., ESLAMIAN, S., and Katlane, R (2020). Impacts of Climate Change and Water Resources Management in the Southern Mediterranean Countries. Water Productivity Journal, 1(1), 51-72.

Kang, L., Huang, J., Chen, S., Wang, X. (2016). Long-term trends of dust events over Tibetan Plateau during 1961–2010.

Atmospheric Environment, 125, 188-198.
Khusfi, Z.E., Khosroshahi, M., Roustaei, F. and Mirakbari, M., (2020). Spatial and seasonal variations of sand-dust events and their relation to atmospheric conditions and vegetation cover in semi-arid regions of central Iran. Geoderma, 365, 114225-114241.
Lancaster, N., 1988. Development of linear dunes in the southwestern Kalahari, southern Africa. J. Arid Environ. 14, 233–244.
Lancaster, N., 1989. The dynamics of star dunes: an example from the Gran Desierto Mexico. Sedimentology. 36: 273–289.
Lancaster, N., Helm, K., 2000. A test of a climatic index of dune mobility using measurements from the southwestern United States. Earth Surf Proc Landf. 25: 197–207.
Livingstone, I., Bristow, C., Bryant, R.G., Bullard, J., White, K., Wiggs, G.F.S., Baas, A.C.W., Bateman, M.D., Thomas, D.S.G., 2010. The Namib Sand Sea Digital Database of aeolian dunes and key forcing variables. Aeolian Research. 2: 93–104.
Rajaee, T., Rohani, N., Jabbari, E., & Mojaradi, B. (2020). 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, 13(12), 1-20.
Sharifikia, M., & Rabbani, F. (2020). Source routing and detection of dust storm in the Salt Lake basin of Qom in Iran. Arabian Journal of Geosciences, 13(14), 1-17.
Tsoar, H (2005). Sand dunes mobility and stability in relation to climate. Physical Journals, 357, 50- 56.
Wang, X., Dong, Z., Liu, L., Qu, J., 2004. Sand sea activity and interactions with climatic parameters in the Taklimakan Sand Sea, China. Journal of Arid Environments. 57: 85–98.
Wang,W. Fang, Z. Y. (2006). Numerical simulation and synoptic analysis of dust, emission and transport in East Asia. Global and planetary change, volume 52, pages 57-70.

نشریه حفاظت منابع آب و خاک
ISSN 2251-7480

Monitoring and Forecasting of Effective Climatic Factors on the Mobility of Sand Dunes in Semnan province

Ebrahim Yousefi Mobarhan [1]*, Mansour Ghodrati [2] and Mohammad Khosroshahi[3]

1*) Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources of Semnan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Semnan, Iran.
* Corresponding Author Email: e.yusefi@areeo.ac.ir
2) Research Instructor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources of Semnan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Semnan, Iran.
3) Associate Professor, Desert Research Department, Forests and Rangelands Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.

Received: 16-02-2021 Accepted: 03-07-2021

Abstract

Wind erosion and the movement of quicksands are considered as one of the important processes of land degradation and a serious challenge in Iran. In this study, an attempt was made to estimate the frequency of dust days in synoptic stations of Semnan province by considering the weather conditions. Also, the activity of sand dunes based on Lancaster index was examined. The results of this study during the statistical period of 15 years (2003-2017) showed Damghan station with 10% of erosive winds and 1058 days with dust and Shahroud station with 1% of erosive winds and 58 days with dust and Dust has the highest and lowest percentages of winds with speeds higher than the wind erosion threshold, respectively. The results of Lancaster index showed that Damghan city with the highest index has the potential of "fully active" wind sediments and therefore the stabilization of sand dunes is essential to reduce the damage caused by the activity of sand dunes in this area. The results of predicting the effects of possible changes in climatic factors on the mobility of quicksand in the selected station of the province showed that the sensitivity of sand mobility to changes due to increase in rain more than wind speed and to changes in decrease due to rain less than wind speed and if the average wind speed decreases by 30% in the future or the amount of rainfall increases by 30%, the condition of the hills will change from fully active to active.

Keywords: Climate, Eolian sediment, Lancaster index, Sand and dust storm, Semnan.