

DOI: [10.29252/ARIDBIOM.2025.22155.2028](https://doi.org/10.29252/ARIDBIOM.2025.22155.2028)

## بررسی روند و تعیین ویژگی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی و گردوغبار

شهرستان سرخس

(مقاله پژوهشی)

۱- یاسر قاسمی‌آریان، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

ghasemiaryan@rifr-ac.ir

۲- هادی اسکندری‌دامنه، پژوهشگر بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۳- قاسم حقانی، کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، بازنشسته دفتر امور بیابان، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، تهران، ایران.

۴- محمود محمدی‌رودباری، کارشناس ارشد منابع طبیعی، مدیر عامل شرکت مهندسی مشاور طرح آبریز، تهران، ایران.

۵- وحید جعفریان، جانشین مرکز بین‌المللی مدیریت جامع حوزه آبخیز و منابع زیستی، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، تهران، ایران.

۶- حافظ اسکندری‌دامنه، کارشناس ارشد محیط زیست-آلودگی محیط، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

۷- علی حاجی‌بگلو، دانشجوی دکتری علوم مرتع، دفتر امور بیابان، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، تهران، ایران.

۸- نوید ضیایی، دانش‌آموخته دکتری بیابان‌زدایی، دفتر امور بیابان، سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، تهران، ایران.

دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۰۸

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۹

### چکیده

ارائه هرگونه راهکار اثربخش جهت کنترل و مهار فرسایش بادی و گردوغبار، نیازمند بررسی روند و تعیین ویژگی مناطق مبتلابه بوده که چارچوب هدف پژوهش حاضر در شهرستان سرخس را شکل می‌دهد. دستیابی به این هدف با استخراج و تلفیق داده‌های سنجش از دوری و زمینی میسر است. برای این منظور، روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجش از دوری ماهواره لندست و شاخص MSAVI در بازه زمانی ۲۰۲۳-۱۹۹۵ و در محیط Terrst2020 تعیین گردید. شناسایی و طبقه‌بندی میزان شدت فرسایش بادی در مناطق تحت تأثیر شامل مناطق برداشت، حمل و رسوب ماسه و کانون‌های بحرانی فرسایش بادی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و پیمایش میدانی منطبق بر دستورالعمل منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای انجام گرفت. در نهایت با تلفیق نقشه‌های حاصل از هر دو گام، موقعیت و ویژگی اراضی تخریب‌یافته تبیین گردید. نتایج بررسی روند تغییرات شاخص MSAVI نشان داد متوسط این شاخص از ۰/۲۰۹ در سال ۱۳۷۴ به ۰/۱۳۷ در سال ۱۴۰۳ کاهش یافته است. همچنین نتایج نشان داد مناطق برداشت، حمل و رسوب به ترتیب ۵۰/۱، ۲۴/۶ و ۲/۴ درصد از مناطق تخریب‌یافته را در بر دارند. بیشترین سطح مناطق تخریب‌یافته (۸۸ درصد) در اراضی زراعتی که غالباً دیم‌زارهای کم‌بازده هستند واقع گردیده است. بر همین اساس، تنها ۶ درصد از مناطق تخریبی در کاربری مرتع و ۴/۴۸ درصد در محدوده جنگل‌های دست‌کاشت قرار دارند. بنابراین، می‌توان اذعان نمود که تغییر کاربری اراضی و تبدیل مراتع به دیم‌زارهای کم‌بازده، اصلی‌ترین عامل تخریب سرزمین و بیابان‌زایی و متعاقباً تشدید فرسایش بادی و گردوغبار در شهرستان سرخس به حساب می‌آیند. در این راستا، هرگونه راهکار عملی برای حل این چالش می‌بایست با اولویت مدیریت دیم‌زارهای کم‌بازده (با تأکید بر رویکرد کشاورزی حفاظتی) و احیای مراتع تخریب‌یافته با مشارکت اجتماعات محلی هدف صورت پذیرد.

**واژگان کلیدی:** شاخص MSAVI، تخریب سرزمین، بیابان‌زایی، تغییر کاربری، کشاورزی حفاظتی، مشارکت.

### مقدمه

بیش از ۶ تا ۱۲ میلیون کیلومتر مربع از اراضی جهان از بیابان‌زایی و پیامدهای مخرب آن در ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی رنج می‌برند [۵]. کشور ایران نیز از جمله کشورهایی است که به طور جدی از بیابان‌زایی

این میزان، توفان‌های دریایی و سونامی را هم در بر می‌گیرد [۲،۳،۴].

اگرچه پرداختن جدی به مسئله گردوغبار مستلزم توجه به تمام ابعاد حکمرانی و مدیریت پایدار سرزمین است، اما در درجه اول آنچه منجر به برهم‌زدن پایداری خاکدانه، تخریب ساختمان و کاستن از سرعت آستانه فرسایش خاک می‌شود، زوال پوشش گیاهی است [۱۱]. در این میان، تکنیک‌های سنجش از دوری فرصت مناسبی را بررسی تغییرات پوشش گیاهی در طول سالیان گذشته فراهم می‌آورند.

در همین راستا، طی تحقیقی روند بیابان‌زایی و تخریب سرزمین در تالاب صالحیه و شوره‌زار دشت مرکزی قزوین در دوره زمانی سال ۱۴۰۲-۱۳۶۶ با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸ و با به‌کارگیری شاخص نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI) مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج بیانگر کاهش شدید درصد پوشش گیاهی بوده است [۷].

نتایج بررسی پویایی زمانی-مکانی پوشش زمین و اثرات آن بر مناطق بالقوه منبع گردوغبار در حوضه تاریم در شمال غربی چین نیز نشان داد زمین‌های کشاورزی، بیابان و جنگل به میزان ۲۸/۶۳، ۰/۶۴ و ۲۹/۲۷ درصد افزایش یافته‌اند، در حالی که علفزارها ۱۰/۲۹ درصد طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۰ کاهش یافته‌اند؛ به طوری که حدود  $۲۳۵۰/۴۲ \times ۱۰^۳$  مرتع از بین رفته و باعث ایجاد  $۸۶/۱۶۰۵ \times ۱۰^۳$  هکتار بیابان‌زایی در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰ شده است. همچنین نتایج این تحقیق بیان داشت رابطه معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد بین تخریب مراتع و بیابان‌زایی با افزایش منابع گردوغبار وجود داشته است.

مطالعه روند طولانی مدت رویداد گردوغبار در شمال غربی چین با ترکیب داده‌های اقلیمی و سنجش دوری در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۰ نشان داد که در طول دوره زمانی مد نظر، پوشش گیاهی و زبری سطح خاک کاهش یافته و از طرفی دیگر، سرعت باد به عنوان فاکتور اولیه برای گردوغبار در این بازه زمانی افزایش داشته است [۲۶].

نتایج مطالعه شناسایی کانون‌های گردوغباری در پایین دست رودخانه ژووشوی در تایوان با استفاده از شاخص‌های محیط‌زیستی نشان داد روند تغییرات پوشش گیاهی حاصل

متأثر شده است. چنانچه بیش از ۸۰ درصد از اراضی مناطق خشک و نیمه‌خشک به شدت تحت تأثیر خطر بیابان‌زایی و تخریب سرزمین می‌باشند [۲۶،۷]. بیابان‌زایی را می‌توان با زوال پوشش گیاهی سطح زمین به دلیل اثرات ترکیبی نیروهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی در مناطق خشک یا نیمه‌خشک تعریف نمود [۲۸،۹].

یکی از پیامدهای اصلی این پدیده بروز و تشدید گردوغبار است. باد، اگرچه رخدادی طبیعی بوده و در طول دوران زندگی بشر، همواره فرصتی برای تولید و ذخیره انرژی پاک به حساب آمده، اما امروزه با همراه‌نمودن میهمان ناخوانده‌ای به نام گردوغبار، به عنوان یک بحران و تهدید جدی برای امنیت ملی و غذایی کشورها شناخته می‌شود [۱۲]. این پدیده طی دو دهه اخیر ابعاد پررنگ‌تری به خود گرفته و توانسته است به تخریب و اختلال برخی زیرساخت‌ها و گاهی تعطیلی تمام نهادهای اجرایی کشور منجر شده و یک چالش عمیق اجتماعی را رقم زند [۱۲].

در سطح جهانی نیز در سال ۲۰۱۰، توفان ماسه‌ای گسترده‌ای از مغولستان و شمال چین به سمت پکن حرکت نموده و در سطح بیش از ۸۱۰ هزار کیلومترمربع (تقریباً نصف مساحت ایران)، زندگی بیش از ۲۵۰ میلیون نفر را تحت تأثیر قرارداد که مقامات چینی هشدار آلودگی سطح پنج را صادر کردند. همچنین در سال ۲۰۱۶ توفان گردوغبار و ماسه، شهر ابوظبی را درگیر نموده و میزان دید افقی در شهر را به کمتر از ۵۰۰ متر فروکاست که در پی این توفان میزان بستری بیماران آسمی در بیمارستان‌ها ۲۰٪ افزایش یافت [۱]. سایر خسارت‌های اقتصادی-اجتماعی توفان‌های گردوغبار شامل هزینه‌های اقتصادی بیماری‌ها، مرگومیر دام، کاهش محصول هستند. در خسارات بلندمدت نیز می‌توان به فرسایش خاک، آلودگی اکوسیستم‌ها، معلولیت و ناتوانی‌های دائمی ناشی از مشکلات بهداشتی و بیابان‌زایی اشاره کرد [۱۰،۲].

مرکز مطالعات منطقه آسیا و اقیانوسیه سازمان ملل متحد در گزارش خود تحت عنوان تاب‌آوری در برابر بلایا برای دستیابی به توسعه پایدار اعلام نموده است که توفان‌ها سهم قابل توجهی (حدود ۳۷ درصد) در میزان مرگومیر ناشی از بلایای طبیعی در منطقه آسیا و اقیانوسیه در طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۶ داشته‌اند؛ لازم به ذکر است که

هوای این شهرستان در روزهای متعدد به وضعیت بحرانی رسیده و رفاه ساکنان را به مخاطره انداخته است.

در این راستا، هدف از پژوهش حاضر بررسی روند ظهور و تشدید فعالیت کانون‌های بحرانی فرسایش بادی و گردوغبار شهرستان سرخس با استفاده از داده‌های محیطی در بازه زمانی ۱۴۰۳-۱۳۷۲ می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

شهرستان سرخس با وسعت ۵۳۹۶/۹ کیلومتر مربع، واقع در شمال شرق استان خراسان رضوی و بخشی از حوزه آبریز قره‌قوم، دارای ۲ شهر، ۲ بخش، ۶ دهستان، ۱۵۴ روستا، ۸۳ روستای دارای سکنه و دارای ۷۰ روستای ۲۰ خانوار و بالاتر است. این شهرستان دارای ۱۷۶/۴ کیلومتر مرز مشترک با کشور ترکمنستان است که یک فرصت ارزشمند برای توسعه فعالیت‌های گمرکی محسوب می‌گردد (شکل ۱).

بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ این شهرستان دارای ۲۶۹۳۲ خانوار و ۹۷۵۱۹ نفر جمعیت بوده که ۴۳۴۲۰ نفر در مناطق شهری و ۵۴۰۹۸ نفر در روستا زندگی می‌کنند. حداکثر ارتفاع محدوده ۷۱۲، حداقل ۲۵۰ و ارتفاع متوسط ۴۲۹/۶ متر از سطح دریاست [۱۲، ۱۳، ۱۴].

#### روش تحقیق

این پژوهش در ۳ گام انجام گرفت. در گام نخست برای بررسی روند بیابان‌زایی و تخریب سرزمین از تصاویر سنجش از دوری ماهواره لندست با وضوح ۳۰ متر در بازه زمانی ۱۳۷۴ تا ۱۴۰۳ بررسی شد (جدول ۱). این تصاویر از وبگاه<sup>۱</sup> USGS با پوشش ابری کمتر از ۱۰ درصد تهیه گردید.

در اکثر مطالعات برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی از شاخص NDVI استفاده می‌شود، اما محاسبه این شاخص در اراضی بیابانی به دلیل وجود خاک لخت با خطا همراه است. بنابراین، در این مطالعه برای بررسی پوشش گیاهی از شاخص اصلاح شده پوشش گیاهی تعدیل‌شده با خاک

از شاخص NDVI کاهشی بوده است. در این راستا، کانون‌های گردوغبار ۱۴۱ هکتار از منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته که حدود ۳۴٪ از آن زمین‌های بایر هستند [۲۷]. ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی عمق نوری و داده‌های اقلیمی کشور ایران در بازه زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۰ نشان داد روند تغییرات شاخص AOD و NDVI در بازه زمانی مدت نظر به ترتیب افزایشی و کاهشی بوده که رابطه همبستگی این دو شاخص نیر مثبت و معنی‌دار بوده است [۸].

تخریب پوشش گیاهی منجر به تشدید فرسایش بادی و گسترش مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی و کانون‌های بحرانی گردوغبار می‌شود. در این زمینه مطالعات متعددی توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور [۱۱، ۱۵، ۱۹، ۲۱، ۲۲، ۲۵] با هدف تعیین موقعیت و مساحت این محدوده‌ها صورت پذیرفته که این رقم برای استان خراسان رضوی ۱/۱۸ میلیون هکتار و برای شهرستان سرخس ۵۰۶۱۱ هکتار بوده است. در این راستا، بیشترین محدوده کانون‌ها در کاربری زراعت دیم با ۴۳ درصد و در واحد اراضی فلات‌ها و تراس‌های فوقانی با پستی‌وبلندی کم، واقع گردیده است [۱۱، ۱۲].

به طور کلی، بهره‌برداری غیراصولی و بارگذاری بیش از ظرفیت و توان سرزمین، در کنار آثار مشهود تغییرات اقلیمی، طبیعت شمال شرق کشور به‌ویژه محدوده شهرستان سرخس را از آستانه تحمل و تاب‌آوری خارج نموده است؛ به طوری که ظهور پهنه‌ای خوفناک از ماسه‌های روان، به تهدیدی جدی برای زیست‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی و زیرساخت‌های این شهرستان تبدیل گردیده است [۱۲].

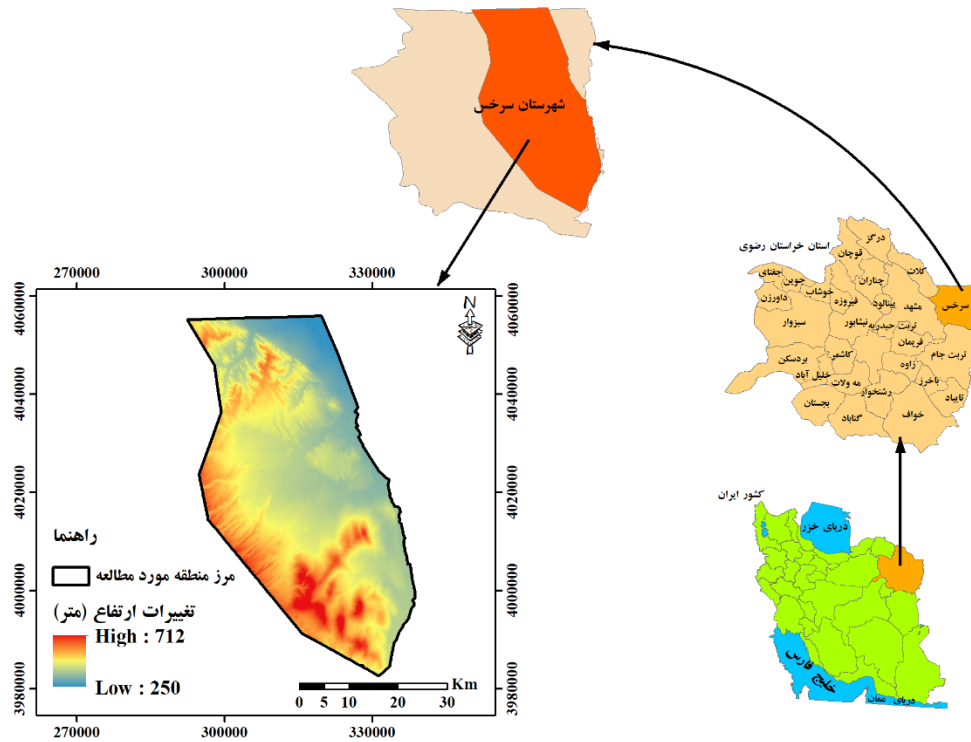
با وجود تمام قابلیت‌های شهرستان سرخس از جمله استقرار آن در محور ترانزیتی شرق کشور، وجود سد و رودخانه مرزی، ایجاد برخی زیرساخت‌ها در این منطقه ویژه اقتصادی و مهم‌تر از همه استخراج و صادرات منابع گازی غنی، پدیده بیابان‌زایی و گردوغبار به معضلی جدی در راه زیست‌پذیری و توسعه این شهرستان تبدیل شده است. چنانچه در طول سالیان اخیر چندین مرتبه راه‌آهن سراسری کشور در ایستگاه سرخس به دلیل گردوغبار و کاهش دید قطارها با مشکلات جدی روبرو شده و همچنین آلودگی

<sup>۱</sup> - United States Geological Survey  
(<http://earthexplorer.usgs.gov/>)

که در آن، NIR بازتاب باند مادون قرمز نزدیک و RED بازتاب باند قرمز است. دامنه تغییرات این شاخص بین +۱ و -۱ است. مناطق مرطوب و آب مقدارهای کم و پوشش گیاهی بیشترین مقادیر این شاخص را نشان می دهند.

(MSAVI<sup>۱</sup>) استفاده گردید. MSAVI از رابطه (۱) محاسبه می شود [۲۴]:

$$MSAVI = \frac{2 \times (NIR+1) - \sqrt{(2 \times NIR+1)^2 - 8 \times (NIR-RED)}}{2} \quad (1)$$



شکل ۱- نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه در تقسیمات سیاسی کشور

جدول ۱- مشخصات تصاویر استفاده شده

تاریخ خورشیدی	ماهواره	سنجنده	گذر/ردیف	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱۳۷۴/۰۲/۱۰	لندست ۵	TM	۳۵/۱۵۸	۳۰
۱۳۷۹/۰۲/۲۳	لندست ۵	TM	۳۵/۱۵۸	۳۰
۱۳۸۴/۰۳/۱۵	لندست ۵	TM	۳۵/۱۵۸	۳۰
۱۳۸۹/۰۳/۰۳	لندست ۵	TM	۳۵/۱۵۸	۳۰
۱۳۹۳/۰۲/۲۹	لندست ۸	OLI	۳۵/۱۵۸	۳۰
۱۳۹۹/۰۳/۰۲	لندست ۸	OLI	۳۵/۱۵۸	۳۰
۱۴۰۳/۰۲/۲۵	لندست ۹	OLI	۳۵/۱۵۸	۳۰

$$\theta_{Slope} = \frac{n \times \sum_{j=1}^n i \times MSAVI_i - \sum_{j=1}^n i \times \sum_{i=1}^n MSAVI_i}{N \times \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2} \quad (2)$$

که در آن،  $\theta_{Slope}$  شیب تغییرات شاخص پوشش گیاهی MSAVI، n سری زمانی مورد مطالعه، i سال در سری

در ادامه برای تعیین اراضی تخریب یافته، روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی MSAVI برای هر پیکسل تصویر با استفاده از شیب تغییرات رگرسیون خطی در محیط Terrst2020 براساس رابطه ۲ شبیه سازی گردید.

<sup>۱</sup>- Modified Soil Adjusted Vegetation Index

های ماسه‌ای و اراضی فی مابین آن‌ها، جابجایی تپه‌های ماسه‌ای در طول سال) می‌باشند.

شایان ذکر است مطابق با دستورالعمل یادشده، آن دسته از مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی که یک عارضه تحت خسارت شامل سکونتگاه، خطوط مواصلاتی (جاده دسترسی و راه‌آهن)، تأسیسات، اراضی کشاورزی، کانال انتقال آب و ... در آن واقع باشد، کانون‌های بحرانی فرسایش بادی در نظر گرفته می‌شود.

در گام سوم نقشه اراضی تخریب‌یافته با نقشه مناطق تحت تأثیر (مناطق برداشت، حمل و رسوب) و کانون‌های بحرانی فرسایش بادی تلفیق شده و خصوصیات اراضی تخریب‌یافته از نظر قرارگیری در هر یک از واحدهای کاربری اراضی و مناطق تحت تأثیر و کانون‌های بحرانی فرسایش بادی تبیین گردید.

### نتایج

**بررسی روند تغییرات مکانی-زمانی شاخص MSAVI**  
 نتایج بررسی تغییرات شاخص پوشش گیاهی MSAVI در بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۳۷۴-۱۴۰۳) در منطقه مورد مطالعه (شکل ۲ و ۳) مؤید روند کاهشی این شاخص است؛ به طوری که متوسط آن از ۰/۲۰۹ در سال ۱۳۷۴ به ۰/۱۳۷ در سال ۱۴۰۳ کاهش یافته است. همچنین بررسی تغییرات مکانی نشان می‌دهد حداکثر مقدار شاخص یادشده طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۹ در قسمت‌های غربی و مرکزی منطقه و طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۴۰۳ در قسمت‌های جنوبی و جنوب شرقی منطقه مشاهده شده است.

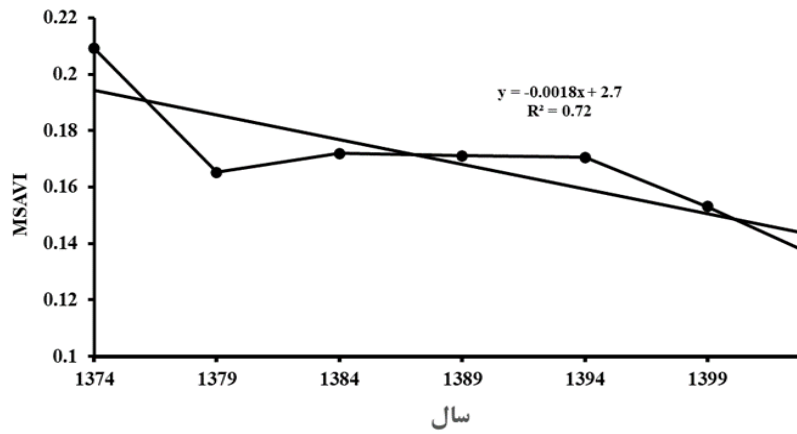
بررسی روند تغییرات کاهشی شاخص پوشش گیاهی MSAVI در این بازه زمانی ۳۰ ساله (با استفاده از شیب خط رگرسیون به عنوان نشانگر تخریب سرزمین) نشان داد (شکل ۴) ۲۴۱۴۷/۸ هکتار، معادل ۱۱ درصد از منطقه مورد مطالعه دچار تخریب شده که غالباً در قسمت‌های مرکزی، غربی و جنوب‌غربی منطقه بوده است. شکل ۴، موقعیت مناطق تخریب‌یافته محدوده مطالعاتی شهرستان سرخس را نشان می‌دهد.

زمانی مورد مطالعه،  $MSAVI_i$  مقدار  $MSAVI$  سال  $i$ ام است،  $\theta_{slope} > 0$  و  $\theta_{slope} < 0$  به ترتیب نشان‌دهنده شیب تغییرات مثبت و منفی شاخص پوشش گیاهی MSAVI می‌باشند [۱۸].

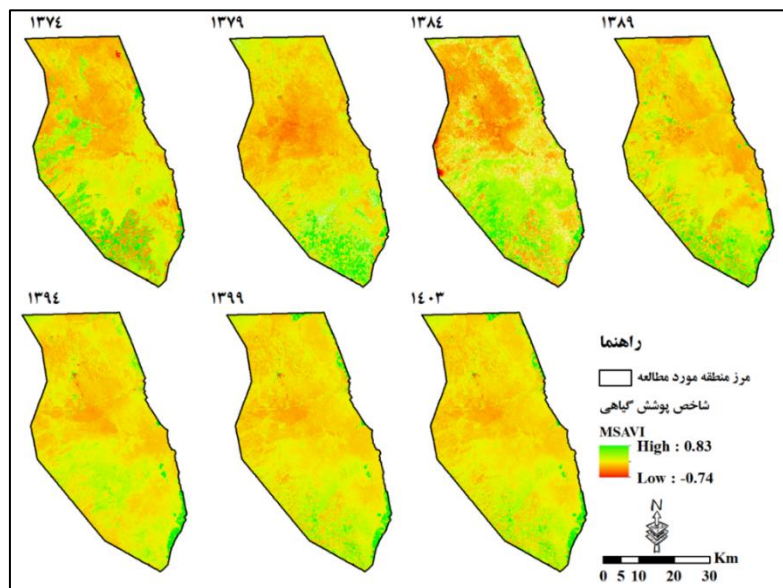
در گام دوم که شامل شناسایی مناطق برداشت، حمل و رسوب‌گذاری و درجه‌بندی میزان شدت فعالیت هر یک از این مناطق و تهیه نقشه مربوطه است، از تصاویر ماهواره‌ای، بازدیدها و پیمایش میدانی و دستورالعمل فنی منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای ارائه شده توسط دفتر امور بیابان سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور برگرفته از روش منشأیابی گام‌به‌گام [۳] استفاده به عمل آمد.

این روش، خود شامل دو مرحله جهت‌یابی و مکان‌یابی مناطق برداشت است. جهت‌یابی مناطق برداشت، با جمع‌آوری اطلاعات منطقه‌ای از طریق مصاحبه با مطلعان محلی و کارشناسان، بررسی مرفولوژی عمومی تپه‌های ماسه‌ای و مطالعه کلی رژیم‌های باد هر منطقه با استفاده از آمارهای هواشناسی و گلبادها صورت پذیرفت. مکان‌یابی مناطق برداشت نیز با شناسایی رخساره‌های حساس به فرسایش بادی در هر یک از مناطق برداشت، حمل و رسوب‌گذاری و تعیین شدت آن‌ها بر پایه امتیازات کسب شده از دستورالعمل فنی منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای تعیین شده و میزان شدت هر یک از مناطق سه گانه درجه‌بندی گردید.

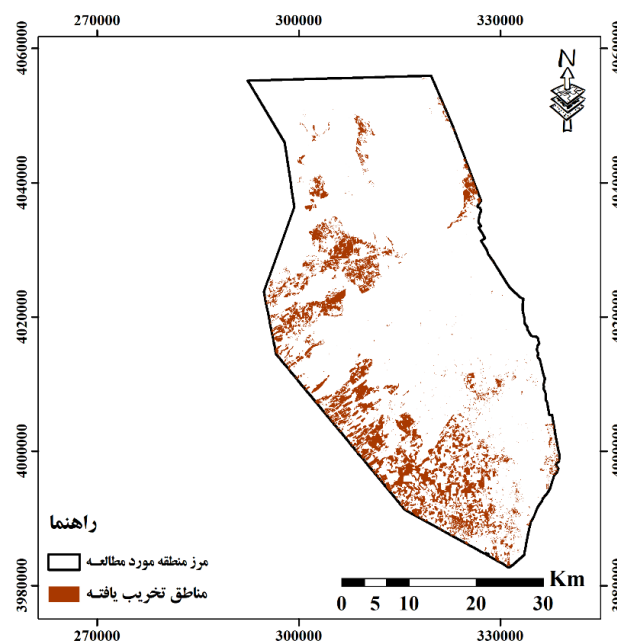
فاکتورهای تعیین میزان شدت در مناطق برداشت ۸ فاکتور (نوع اراضی و کاربری آن، آثار فرسایش سطحی در خاک، تراکم پوشش گیاهی، تراکم سنگریزه، نوع سله، بافت سطحی خاک، مقاومت عمومی خاک، نحوه و میزان نمک خاک سطحی، فاصله منشأ تا تپه‌های ماسه‌ای)، در مناطق حمل ۵ فاکتور (فاصله بین برداشت تا رسوب‌گذاری، عرض کانال باد، جمع‌شدن نهشته بادی در پشت موانع طبیعی و مصنوعی، وضعیت کانال‌ها و کریدورهای طبیعی باد، وضعیت کاهش دید و ایجاد خسارت به منابع زیستی در حین وقوع طوفان) و در مناطق رسوب ۵ فاکتور (ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای، شکل تپه‌های ماسه‌ای، تراکم تپه‌های ماسه‌ای در واحد سطح، تراکم پوشش گیاهی بر روی تپه



شکل ۲- متوسط شاخص MSAVI در بازه زمانی ۱۳۷۴-۱۴۰۳



شکل ۳- تغییرات مکانی شاخص MSAVI در بازه زمانی ۱۳۷۴-۱۴۰۳

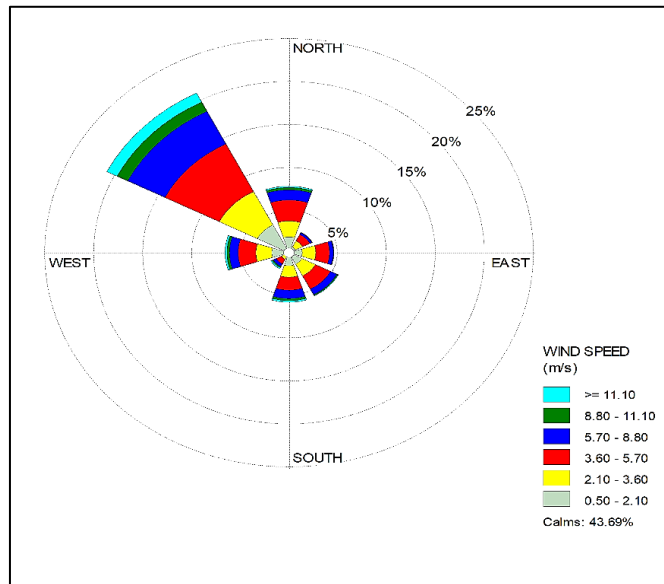


شکل ۴- موقعیت مناطق تخریب یافته محدوده مطالعاتی شهرستان سرخس

### شناسایی و درجه‌بندی میزان فعالیت مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی شهرستان سرخس

نتایج مربوط به شناسایی و درجه‌بندی میزان فعالیت مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی شهرستان سرخس نشان داد که مناطق یادشده مساحت ۲۰۴۴/۲ کیلومترمربع از این شهرستان را در بر گرفته است. جمع‌بندی حاصل از اطلاعات ایستگاه‌ها هواشناسی سرخس و رسم گلبادهای ماهانه و فصلی، اطلاعات محلی و مرفولوژی تپه‌های ماسه‌ای نشان داد که باد اصلی محدوده مطالعاتی شمالی تا شمال‌غربی و باد فرعی (جنوب تا جنوب‌غربی) است.

بررسی گلبادهای ماهانه نیز نشان داد فراوانی باد اصلی در نیمه اول و فصل گرم سال بیشتر بوده که بومیان آن را باد چه‌چهه یا سیاه می‌نامند. همچنین در نیمه دوم و در فصل سرد سال فراوانی باد فرعی یعنی جهت جنوب تا جنوب‌غربی بیشتر است که بومیان آن را باد قبله یا فرح می‌نامند. برآیند نیروهای باد با دو جهت فوق سبب شده پهنه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای در محدوده شرق تا جنوب‌شرقی محدوده مورد مطالعه گسترش یافته که این موضوع مؤید قدرت فرساینده‌گی باد در هر دو جهت با تأکید بر قدرت بیشتر باد با جهت شمال‌غربی است. شکل ۵ گلباد سالانه محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۵- گلباد سالانه شهرستان سرخس

در منطقه حمل واقع است و کمترین سطح جزو مناطق رسوبگذاری است.

جدول ۱، شدت، مساحت و درصد مساحت مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی به تفکیک مناطق (برداشت، حمل و رسوبگذاری) و شکل ۶ موقعیت این مناطق را نشان می‌دهد. بر این اساس، بیشترین سطح محدوده مطالعاتی (۵۲ درصد)

جدول ۱- مساحت و درصد مساحت مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی شهرستان سرخس (کیلومترمربع)

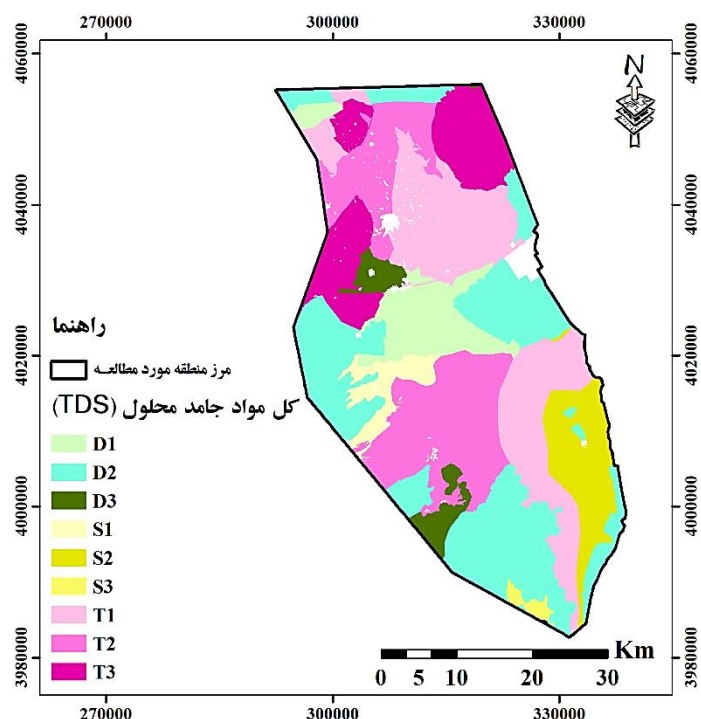
جمع کل	منطقه برداشت شدت و مساحت		منطقه حمل شدت و مساحت				منطقه رسوب شدت و مساحت				نوع و شدت فعالیت هر منطقه		
	زیاد	متوسط کم	جمع	کم	متوسط	زیاد	جمع	کم	متوسط	زیاد			
۲۰۴۴/۲	۱۵۰/۶	۵۴۵/۴	۶۲/۳	۷۵۸/۳	۴۳۹/۲	۳۹۸/۷	۲۲۴/۷	۱۰۶۲/۶	۲۶۱/۱	۱۴۸/۵	۱۳/۵	۲۲۳/۲	مساحت (کیلومترمربع)
۱۰۰	۷/۴	۲۶/۷	۳	۳۷/۱	۲۱/۵	۱۹/۵	۱۱	۵۲	۳	۷/۳	۰/۷	۱۰/۹	درصد مساحت

مناطق تخریب یافته را در بر می گیرند. با این حال، بیشترین سطح در خصوص طبقات شدت مناطق حمل و رسوب، مربوط به مناطق حمل با شدت متوسط است. جدول ۲ و شکل ۶ به ترتیب درجه بندی مناطق تخریب یافته به تفکیک مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی و موقعیت هر یک را نشان می دهند.

نتایج تلفیق نقشه مربوط به مناطق تخریب یافته با نقشه مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی نشان داد بیشترین سطح از مناطق تخریب یافته (۷۳ درصد) در مناطق برداشت واقع گردیده است. در این میان، مناطق برداشت با شدت متوسط بیشترین سطح را با ۵۰/۱ درصد به خود اختصاص می دهند. مناطق حمل و رسوب نیز به ترتیب ۲۴/۶ و ۲/۴ درصد از

جدول ۲- درجه بندی مناطق تخریب یافته به تفکیک مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی

مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
منطقه برداشت شدید (D1)	۱۴۲۵/۷	۵/۹
منطقه برداشت متوسط (D2)	۱۳۰۷۴/۶	۵۴/۱
منطقه برداشت خفیف (D3)	۳۱۲۲/۷	۱۲/۹
منطقه حمل شدید (T1)	۱۳۷۱/۶	۵/۷
منطقه حمل متوسط (T1)	۳۰۹۶/۶	۱۲/۸
منطقه حمل خفیف (T1)	۱۴۷۳/۱	۶/۱
منطقه رسوب شدید خفیف (S1)	۲۶/۲	۰/۱
منطقه رسوب متوسط (S2)	۲۸۰/۵	۱/۲
منطقه رسوب خفیف (S3)	۲۷۶/۷	۱/۱
جمع	۲۴۱۴۷/۸	۱۰۰



شکل ۶- موقعیت مناطق تخریب یافته تحت تأثیر فرسایش بادی شهرستان سرخس (مناطق برداشت، حمل و رسوب)

نام های صمدآباد، گنبدلی، خانگیران و دق بهلول نامگذاری شد. جدول ۳، شدت، مساحت و درصد مساحت کانون

در محدوده مورد مطالعه، تعداد چهار کانون بحرانی فرسایش بادی با مساحت ۱۲۴۹۶۸/۱۲ هکتار شناسایی و با

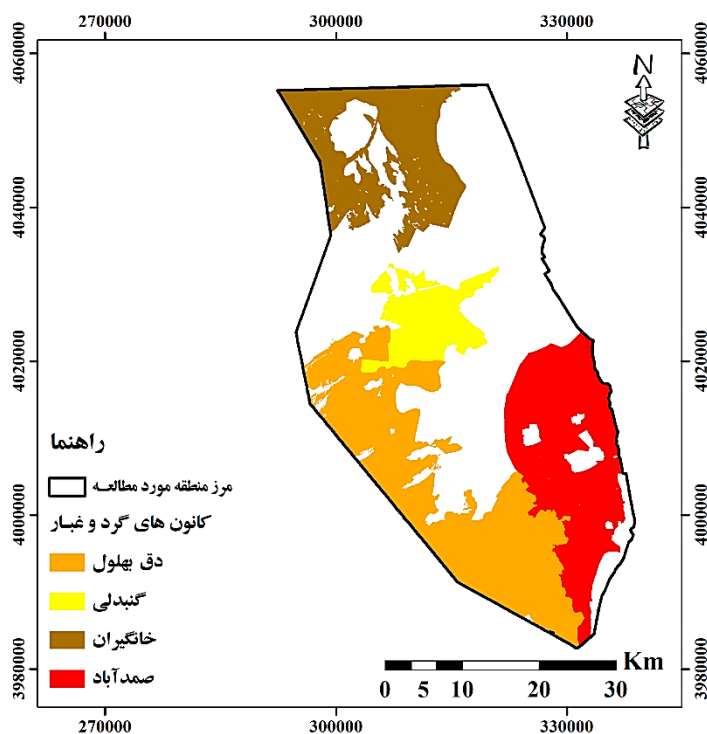


برداشت با ۴۱ درصد بیشترین سطح را در درجه‌بندی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی بر عهده دارند. بیشترین سطح رسوبگذاری نیز در کانون بحرانی صمدآباد در جنوب شرقی محدوده مطالعاتی رخ داده است.

بحرانی فرسایش بادی و شکل ۷، موقعیت این مناطق را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد دق بهلول دارای بیشترین سطح کانون بحرانی فرسایش بادی است که بیشترین سطح مناطق برداشت را نیز در بر دارد. به طور کلی، مناطق

جدول ۳- شدت و مساحت کانون‌های بحرانی فرسایش بادی شهرستان سرخس (واحد سطح: کیلومتر مربع)

ردیف	نام کانون	مساحت	D1	D2	D3	جمع D	T1	T2	T3	جمع T	S1	S2	S3	جمع S
۱	خانگیران	۲۹۱/۱	۱۵/۹	۳۶/۹	۰	۵۲/۸	۱۰۶/۳	۱۳۳/۷	۶۰/۲	۳۰۰/۲	۰	۰	۰	۰
۲	گنبدلی	۱۶۵/۵	۱۱۲/۵	۵/۲	۹/۴	۱۲۷/۱	۳۸/۳	۰	۰	۳۸/۳	۰	۰	۰	۰
۳	دق بهلول	۴۶۴/۶	۰	۳۰۳/۷	۲۸/۴	۳۳۲/۴	۰	۵۴/۸	۰	۵۴/۸	۶۱/۲	۰	۱۳/۴	۷۴/۶
۴	صمدآباد	۳۲۸/۴	۰	۰	۰	۰	۱۹۲/۲	۰	۰	۱۹۲/۲	۰	۱۳۶	۰	۱۳۶
	جمع مساحت	۱۲۴۹/۷	۱۲۸/۴	۳۴۵/۹	۳۷/۹	۵۱۲/۲	۳۳۶/۹	۱۸۸/۵	۶۰/۲	۵۸۵/۶	۶۱/۲	۱۳۶	۱۳/۴	۲۱۰/۶
	درصد مساحت	۱۰۰	۱۰/۳	۲۷/۷	۳	۴۱	۲۷	۱۵/۱	۴/۸	۱۹/۹	۴/۹	۱۰/۹	۱/۱	۱۶/۹



شکل ۷- موقعیت کانون‌های بحرانی فرسایش بادی شهرستان سرخس و موقعیت مناطق تخریب‌یافته بر روی آن

موقعیت مناطق تخریب‌یافته را به تفکیک کانون‌های بحرانی فرسایش بادی نشان می‌دهد.

نتایج تلفیق نقشه مربوط به مناطق تخریب‌یافته (با استفاده از شاخص MSVI) با نقشه کاربری اراضی نشان داد که بیشترین سطح این مناطق (۸۸ درصد) در اراضی زراعتی که غالباً دیم‌زارهای کم‌بازده هستند، واقع است. بر همین اساس، تنها ۶ درصد از مناطق تخریبی در کاربری مرتع بوده است. ۴/۴۸ درصد از مناطق تخریب یافته در

نتایج تلفیق نقشه مربوط به مناطق تخریب‌یافته با نقشه کانون‌های بحرانی فرسایش بادی نشان داد بیشترین سطح از مناطق تخریب‌یافته با ۷۹/۹ درصد در کانون بحرانی دق بهلول و و کمترین آن در کانون بحرانی صمدآباد با ۴/۷ درصد واقع گردیده است. بر این اساس کانون بحرانی دق بهلول دارای بیشترین سطح از مناطق تخریب‌یافته است. جدول ۴ و شکل ۷ به ترتیب مساحت، درصد مساحت و

شکل ۸ موقعیت مناطق تخریب یافته روی کاربری اراضی محدوده مطالعاتی شهرستان سرخس را نشان می دهد.

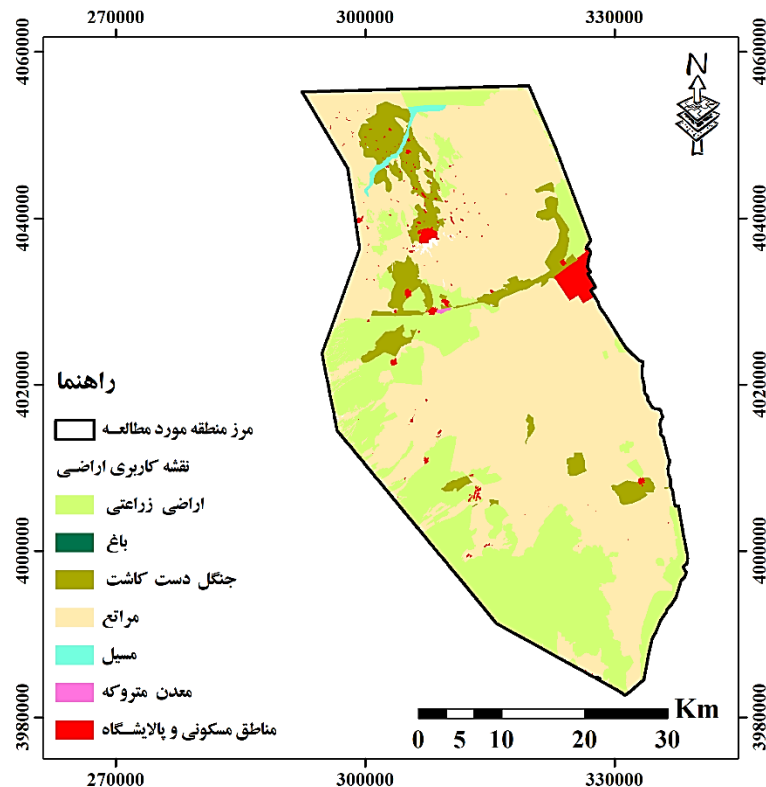
محدوده جنگل های دست کاشت شناسایی شده است. جدول ۵، مساحت و درصد مساحت مناطق تخریب یافته محدوده مطالعاتی را به تفکیک نوع کاربری اراضی نشان می دهد.

جدول ۴- مساحت، درصد مساحت و موقعیت مناطق تخریب یافته به تفکیک کانون های بحرانی فرسای بادی

نام کانون بحرانی فرسایش بادی	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
خانگیران	۹۴۵/۵	۴/۸
صمدآباد	۹۲۶/۵	۴/۷
گنبدلی	۲۰۷۳/۹	۱۰/۶
دق بهلول	۱۵۶۸/۹	۷۹/۹
جمع	۱۹۶۳۴/۹	۱۰۰

جدول ۵- مساحت و درصد مساحت مناطق تخریب یافته محدوده مطالعاتی را به تفکیک نوع کاربری اراضی

کاربری	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
مرتع	۱۶۵۷/۷	۶/۸۵
اراضی زراعتی	۲۱۳۱۴/۳	۸۸/۰۵
جنگل دست کاشت	۱۰۸۵/۳	۴/۴۸
مسیل	۹۰/۸	۰/۳۷
معدن متروکه	۴/۹	۰/۰۲
مناطق مسکونی و پالایشگاه	۵۲/۳	۰/۲۲
جمع	۲۴۲۰۵/۸۱	۱۰۰



شکل ۸- موقعیت مناطق تخریب یافته روی کاربری اراضی محدوده مطالعاتی شهرستان سرخس

## بحث و نتیجه‌گیری

فراوانی چشمگیر رخداد گردوغبار در شهرستان سرخس، طی سال‌های اخیر به یک مسئله اجتماعی تبدیل شده است. ارائه هرگونه راهکار منطقی به سیاستگذاران و برنامه‌ریزان در سطح محلی، استانی و ملی برای حل این مسئله (از جنبه اکولوژیکی) و پیاده‌سازی هرگونه اقدام برای کنترل و مهار این پدیده از جانب کارشناسان اجرایی، نیازمند شناسایی منطقه از نظر روند تخریب پوشش گیاهی و تشخیص دقیق مناطق تحت‌تأثیر فرسایش بادی و کانون‌های بحرانی گردوغبار است تا مکان‌یابی و اولویت‌بندی مناسبی برای اجرای برنامه‌های عملیاتی جهت تعدیل شرایط اکولوژیکی و تخفیف خسارات گرد و غبار ارائه گردد.

پژوهش حاضر که با هدف دستیابی به این مهم انجام گرفت از تلفیق نتایج دو نوع بررسی در قالب سنجش از دور و پیمایش میدانی بهره گرفت تا روند تغییرات پوشش گیاهی منطقه (با استفاده از شاخص MSAVI) و نتیجه تبدیل آن به مناطق تحت‌تأثیر فرسایش بادی و گردوغبار را شناسایی نماید. نتایج مؤید روند کاهش شاخص پوشش گیاهی MSAVI در بازه زمانی ۲۳ ساله (۱۳۷۴-۱۴۰۳) است؛ به طوری که متوسط مقدار شاخص، از ۰/۲۰۹ در سال ۱۳۷۴ به ۰/۱۳۷ در سال ۱۴۰۲ کاهش یافته است.

نتایج نشان داد ۲۴۱۴۷/۸ هکتار از منطقه مورد مطالعه جزو مناطق تخریب‌یافته محسوب شده که بیشتر در قسمت‌های مرکزی، غربی و شرقی منطقه بوده است. نکته قابل توجه در ارتباط با تغییرات مکانی این بود که حداکثر مقدار شاخص یادشده، طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۹ در قسمت‌های غربی و مرکزی منطقه و طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۴۰۳ در قسمت‌های جنوبی و جنوب‌شرقی منطقه مشاهده شده است.

در این راستا، نتایج بررسی‌ها نشان داد تغییرات در قسمت‌های غربی و مرکزی منطقه ناشی از اجرای پروژه‌های توسعه پوشش گیاهی و جنگل‌های دست‌کاشت با هدف تثبیت شن‌های روان در دهه ۱۳۷۰ بوده تا از این طریق ناپایداری منابع اکولوژیکی کنترل گردد چرا که حرکت شن‌های روان تهدیدی جدی برای جاده ترانزیت مشهد-سرخس در منطقه گنبدلی، مدفون‌شدن روستاهای گنبدلی و صمدآباد، تهدید منابع زیستی و اقتصادی شهر سرخس

(نظیر فرودگاه، اراضی کشاورزی، منطقه ویژه اقتصادی، راه‌آهن، پالایشگاه -به‌ویژه محدوده پالایشگاه خانگیران- و چاه‌های گاز) بوده است. همچنین افزایش شاخص در قسمت جنوبی و جنوب‌شرقی ناشی از اقدامات مالچ‌پاشی همراه با تاغ‌کاری صورت گرفته در حوالی روستاهای گنبدلی و سرباز بوده که بسیار موفق بوده است. با این حال نتایج بیانگر این واقعیت است که جنگل‌های دست‌کاشت منطقه به نحو مطلوبی حفاظت نگردیده است؛ چراکه ۴/۴۸ درصد از مناطق تخریب‌یافته در آن محدوده واقع گردیده است.

شناسایی و درجه‌بندی میزان فعالیت مناطق تحت‌تأثیر فرسایش بادی شهرستان سرخس نشان داد که بیشترین سطح (۵۲ درصد) در منطقه حمل و کمترین سطح جزو مناطق رسوبگذاری (۱۰/۹ درصد) است. همچنین در محدوده مطالعاتی، تعداد چهار کانون بحرانی فرسایش بادی با مساحت ۱۲/۱۲۴۹۶۸ هکتار تحت نام‌های صمدآباد، گنبدلی، خانگیران و دق‌بهلول شناسایی گردید که درجه بندی آن‌ها از نظر شدت فرسایش بادی نشان داد مناطق برداشت با ۴۱ درصد بیشترین سطح را در کانون‌های بحرانی فرسایش بادی بر عهده دارند. بیشترین سطح برداشت در کانون بحرانی دق‌بهلول در غرب و جنوب‌غربی منطقه و بیشترین سطح رسوبگذاری نیز در کانون بحرانی صمدآباد در جنوب‌شرقی محدوده مطالعاتی واقع است.

نتایج بررسی‌ها در خصوص سطوح رسوبگذاری منطقه نشان داد که این پدیده ناشی از برآیند بادهای اصلی (شمال و شمال‌غربی) و فرعی (جنوب تا جنوب‌غربی) است. در این راستا، بررسی گلبادهای ماهانه نشان داد فروانی باد اصلی (که بومیان آن را باد چه‌چپه یا سیاه می‌نامند) در نیمه اول و فصل گرم سال و فراوانی باد فرعی (که بومیان آن را باد قبله یا فرح)، در نیمه دوم و فصل سرد سال بیشتر است. برآیند نیروهای باد با دو جهت فوق سبب‌شده پهنه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای در محدوده شرق تا جنوب شرقی گسترش یافته که این موضوع مؤید قدرت فرساینده‌گی باد در هر دو جهت با تأکید بر قدرت بیشتر باد با جهت شمال‌غربی است. نتایج [۱۲] و [۲۱] نیز در محدوده سرخس مؤید این واقعیت است.

تلفیق نقشه مربوط به مناطق تخریب‌یافته (مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از شاخص MSAVI) با نقشه

است. در این میان، خاک‌ورزی اراضی برای کشت گندم و جو، برداشت محصول (مصادف با زمانی که رطوبت خاک به شدت تحلیل‌رفته و هم‌زمان شدت باد در حال افزایش دارد) و در ادامه، لگدکوبی دام برای استفاده از پس‌چر مزارع، بر استعداد خاک منطقه برای فرسایش بادی افزوده است.

از آنجا که غالب اراضی شهرستان سرخس تحت مالکیت آستان قدس رضوی است، هرگونه اقدام جهت کنترل و مهار گردوغبار می‌بایست با مشارکت این نهاد و اجتماعات محلی هدف صورت پذیرد. مهم‌ترین پیشنهاد برای تحقق این مهم (اگر همچنان تأکید بر کشاورزی است)، پیاده‌سازی اصول کشاورزی حفاظتی هم‌زمان با اجرای طرح‌های چندمنظوره (کشت گیاهان پایا، کم‌آبخواه و اقتصادی) با هدف پایداری زیست‌توده و در نتیجه حفاظت خاک و در عین حال، پایداری معیشت اجتماعات محلی است. در این راستا، بهره‌مندی از ظرفیت مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها (پالایشگاه گاز خانگیران) بر تأثیر اقدامات خواهد افزود.

همچنین ورود دام مازاد بر ظرفیت و خارج از فصل چرا در مراتع شهرستان سرخس، عامل دوم تشدید پدیده گردوغبار این شهرستان محسوب می‌شود؛ چنانچه کوچ قشلاقی دام و عشایر به مراتع این شهرستان بر شدت بهره‌برداری می‌افزاید. در این میان، علاقه وافر بومیان به دامداری و جنبه فرهنگی موضوع، بر پیچیدگی هرگونه اقدام برای اعمال تعادل دام و مرتع افزوده و نیازمند مطالعات و فعالیت‌های اجتماعی عمیق است.

در جهت ارائه پیشنهادات کاربردی و سازنده برای مدیریت گردوغبار سرخس، توجه به ویژگی‌های گیاه چمن پیازک‌دار (*Poa bulbosa*) نیز که گونه غالب مناطق برداشت به‌خصوص در نیمه شمالی محدوده مطالعاتی است مفید خواهد بود؛ چراکه پایداری این گونه (از طریق قرق و مدیریت چرای دام)، به سبب تأثیری که پیازچه آن در حفظ خاک دارد، به تنهایی می‌تواند سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین اقدام جهت تخفیف شدت فرسایش بادی منطقه باشد.

کاربری اراضی نشان داد که بیشترین سطح این مناطق (۸۸ درصد) در اراضی زراعی و تنها ۶ درصد از مناطق تخریبی در کاربری مرتع واقع است. لذا می‌توان اذعان نمود که تغییر کاربری اراضی از طریق شخم و شیار (در اراضی واگذارشده توسط آستان قدس رضوی) و در نتیجه تبدیل مراتع به دیم‌زارهای کم‌بازده، اصلی‌ترین عامل تخریب سرزمین و بیابان‌زایی و متعاقباً تشدید پدیده گردوغبار در شهرستان سرخس بوده است. چنانچه این موضوع توسط ۷۹ درصد از افراد محلی هدف مصاحبه نیز مورد تأیید بوده است.

در همین راستا، موقعیت جغرافیایی این شهرستان در مجاورت صحرای قره‌قوم جمهوری ترکمنستان، دشت‌های آبرفتی حاشیه رود تجن، خاک‌های لسی حساس به فرسایش واقع در دامنه شمالی ارتفاعات غربی منطقه، چرای مفرط دام در مراتع بسیار فقیر (اجاره‌داده‌شده توسط آستان قدس رضوی)، قطع و بوته‌کشی توسط عشایر و دامداران منطقه، جزو عوامل ثانویه در تشدید فرسایش بادی و گردوغبار به حساب می‌آیند که در مطالعات شناسایی مناطق تحت تأثیر و کانون‌های بحرانی فرسایش بادی کشور [۶، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۲۱] مورد تأیید قرار گرفته‌اند. محققانی نیز در بررسی تنوع مکانی و زمانی پوشش گیاهی و عوامل مؤثر بر آن در شمال شرق ایران بر اساس دو شاخص EVI و NDVI، تغییر کاربری اراضی و تبدیل مراتع به دیم‌زارهای کم‌بازده را عامل اصلی کاهش درصد پوشش گیاهی عنوان نمودند [۲۵]. نتایج پژوهش‌های صورت‌گرفته در صحرای چی‌واوای ایالات متحده و شمال چین نیز مآید این واقعیت است که تغییر کاربری اراضی و تبدیل مراتع به دیم‌زارهای ۱۸ کم‌بازده و در نهایت رهانمودن آن‌ها عامل اصلی تخریب پوشش گیاهی و متعاقباً تشدید پدیده گردوغبار در مناطق مورد مطالعه بوده است [۱۹، ۱۶، ۱۷].

معرفی عامل اصلی تشدید پدیده گردوغبار در هر منطقه، همواره بین متخصصان و کارشناسان اجرایی در نهادهای ذی‌نفع، محل مناقشه بوده است. نتایج پژوهش حاضر به خوبی مؤید این حقیقت است که تغییر کاربری اراضی و تبدیل مراتع به دیم‌زارهای کم‌بازده مهم‌ترین عامل افزایش حساسیت اراضی شهرستان سرخس به فرسایش بادی و تشدید پدیده گردوغبار طی چهار دهه اخیر بوده

## References

- [1]. Akhtar-Schuster, M., Stringer, L. C., Metternicht, G., Barger, N. N., Chotte, J.-L., & Kust, G. (2022). Assessing the Impact of Science in the Implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification. *Land*, 11(4), 568. doi: 10.3390/land11040568
- [2]. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. (2017). *Investing in infrastructure for an inclusive and sustainable future*. Report No. E.21. II. E.18. U. N. publication.
- [3]. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. (2017). *Leave No One Behind: Disaster Resilience for Sustainable Development*, Report No. E.17. II. F.16. U. N. publication.
- [4]. Ekhtesasi, M. R., Ahmadi, H., Baghestani, N., Khalili, A. and Feiznia, S. (1996). *A study for ascertaining the origin of sand dune's in Yazd-Ardakan Plain*, Research institute of forest and rangelands. [in Farsi]
- [5]. Environmental protection organization (2019). *Action plan to adapt to the dust phenomenon of Tehran*. [in Farsi]
- [6]. Environmental protection organization (2021). *Internal origin studies of wind erosion, sand and dust storms*. [in Farsi]
- [7]. Eskandari damaneh, H., & Ghasemi Aryan, Y. (2024). Investigating the trend and explaining the key drivers of desertification and land degradation in Salehiyeh wetland and Qazvin salt plain. *Integrated Watershed Management*, doi: 10.22034/iwm.2024.2026209.1146 [in Farsi]
- [8]. Eskandari Damaneh, H., Eskandari Damaneh, H., Sayadi, Z., & Khoorani, A. (2021). Evaluation of spatiotemporal changes and correclations of aerosol optical depth, NDVI and climatic data over Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 28(4), 772-786. doi: 10.22092/ijrdr.2021.125252 [in Farsi]
- [9]. Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G., Khosravi, H., Azarnivan, H., & Barati, A. (2022). Investigating the Influence of Drought on Trend of Vegetation Changes in Arid and Semiarid Regions, Using Remote Sensing Technique: A Case Study of Hormozgan province). *Desert Ecosystem Engineering*, 9(28), 13-28. doi: 10.22052/deej.2020.9.28.11 [in Farsi]
- [10]. Eskandari Dameneh, H., Gholami, H., Telfer, M. W., Comino, J. R., Collins, A. L., & Jansen, J. D. (2021). Desertification of Iran in the early twenty-first century: assessment using climate and vegetation indices. *Scientific Reports*, 11(1), 20548. doi: 10.1038/s41598-021-99636-8
- [11]. Geological organization (2017). *The national plan of dust prone areas in Iran*. [in Farsi]
- [12]. Ghasemi Arian, Y. (2017). *The feasibility of using social, economic and human resources to desertification and land degradation to stabilize the population and create security in the eastern border areas of Iran*. Research project report, the specialized working group of defense technology, Supreme National Defense University. [in Farsi].
- [13]. Ghasemi Arian, Y. (2021). *Monitoring of dust sources and shifting sand in Khorasan Razavi province*. The research project's final report, Research Institute of Forests and Rangelands. [in Farsi]
- [14]. Ghasemi Arian, Y., & Yari, R., (2022). *The role, importance and economic value of vegetation in controlling shifting sand and dust control*, Chehar Derakht publication. [in Farsi]
- [15]. Hamidian, A., & Ghasemi Arian, Y., (2021). *Preparing a risk map of wind erosion and dust storms emphasizing affected human societies and developing mitigation strategies (case study: Razavi Khorasan Province)*. Project's final report, Research Institute of Forests and Rangelands. [in Farsi]
- [16]. Kandakji, T., Gill, T. E., & Lee, J. A. (2021). Drought and land use/land cover impact on dust sources in Southern Great Plains and Chihuahuan Desert of the US: Inferring anthropogenic effect. *Science of the Total Environment*, 755, 142461. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142461
- [17]. Liu, X., Song, H., Lei, T., Liu, P., Xu, C., Wang, D., ... & Zhao, H. (2021). Effects of natural and anthropogenic factors and their interactions on dust events in Northern

- China. *Catena*, 196, 104919. doi: 10.1016/j.catena.2020.104919
- [18]. Mehmood, K., Anees, S. A., Rehman, A., Tariq, A., Zubair, M., Liu, Q., ... & Luo, M. (2024). Exploring spatiotemporal dynamics of NDVI and climate-driven responses in ecosystems: Insights for sustainable management and climate resilience. *Ecological Informatics*, 80, 102532. doi: 10.1016/j.ecoinf.2024.102532
- [19]. Naeimi, M., Mirakbari, M., Khosroshahi, M., Zandifar, S., & Ghasemi Aryan, Y. (2022). Analyzing the effects of climate change on dust events, a case study: Khorasan Razavi province. *Desert Ecosystem Engineering*, 10(33), 65-78. doi: 10.22052/deej.2021.10.33.41 [in Farsi]
- [20]. Natural Resources and Watershed Management Organization (2013). *Identifying hot spots of wind erosion in Iran*, Desert affair bureau. [in Farsi]
- [21]. Natural Resources and Watershed Management Organization (2018). *Revision plan for the hot spots of wind erosion in Iran*, Desert affair bureau, Natural resources and watershed organization. [in Farsi]
- [22]. Natural Resources and Watershed Management Organization (2018). *Desert affair bureau, natural resources and watershed organization*. [in Farsi]
- [23]. Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H., & Sorooshian, S. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 48(2), 119-126. doi: 10.1016/0034-4257(94)90134-1
- [24]. Rivera-Marin, D., Dash, J., & Ogutu, B. (2022). The use of remote sensing for desertification studies: A review. *Journal of Arid Environments*, 206, 104829. doi: 10.1016/j.jaridenv.2022.104829
- [25]. Shobeiri, S. M., Khosravi, H., Azarnivan, H., & Eskandari Dameneh, H. (2024). Spatiotemporal Dynamics of Vegetation Cover and Their Relationships with Climate Change and Land Use in North-Eastern Iran (2001-2020). *Journal of Rangeland*, 18(1), 1-22. [in Farsi]
- [26]. Wang, Y., Yu, H., Li, L., Li, J., Sun, J., Shi, J., & Li, J. (2024). Long-term trend of dust event duration over Northwest China. *Science of The Total Environment*, 951, 175819. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.175819
- [27]. Wu, S.-W., Huang, H., Tsai, S.-F., & Lin, C.-Y. (2023). Identification of aeolian dust hotspots in the lower reaches of Zhuoshui river in Taiwan using environmental indicators. *Ecological Indicators*, 154, 110864. doi: 10.1016/j.ecolind.2023.110864
- [28]. Zehtabian, G., Khosravi, H., Eskandari damaneh, H., & Abolhasani, A. (2018). An Iranian Model of Desertification Potential Assessment for Sustainable Regional Development. *Environmental Erosion Research Journal*, 8(1), 21-38. [in Farsi]

## Investigating the trend and determining the characteristics of critical wind and dust erosion hotspots in Sarakhs County (Research Paper)

1-Yaser Ghasemi Aryan\*, Assistant Professor, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

ghasemiaryan@rifr-ac.ir

2- Hadi Eskandari Damaneh, Researcher, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

3- Ghasem Hghani, MSc of Combat Desertification, Retired, Desert Affairs Bureau, Natural Resources and Watershed Management Organization, Tehran, Iran.

4- Mahmood Mohammadi Roudbari, MSc of Natural Resources Engineering, Consulting Engineers Company of Tarh Abriz, Tehran, Iran.

5- Vahid Jafarian, Deputy Director of the International Center for Integrated Watershed and Biological Resources Management, Natural Resources and Watershed Management Organization, Tehran, Iran.

6- Hafez Eskandari Damaneh, MSc. Student of Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

7- Ali Hajibaglou, PhD Student in Rangeland Sciences, Desert Affairs Bureau, Natural Resources and Watershed Management Organization, Tehran, Iran.

8- Navid Ziaee, PhD in Combat Desertification, Desert Affairs Bureau, Natural Resources and Watershed Management Organization, Tehran, Iran.

Received: 29 Sep. 2024

Accepted: 18 Jan. 2025

### Abstract

Examining the trends and characteristics of the affected areas is essential to effectively control and contain wind and dust erosion. This study focuses on Sarakhs County and aims to achieve this by integrating remote sensing and ground-based data. The trend of vegetation changes was analyzed using Landsat satellite images and the MSAVI index from 1995 to 2023 within the Terrst2020 environment. The intensity of wind erosion in the affected areas, including sand extraction, transport, and deposition, was identified and classified using satellite images and field surveys based on sand dune origination guidelines. By integrating the maps obtained from these steps, the location and characteristics of the degraded lands were determined. The study revealed that the average MSAVI index decreased from 0.209 in 1995 to 0.137 in 2004, indicating a decline in vegetation cover. The harvesting, transportation, and sedimentation areas accounted for 50.1%, 24.6%, and 2.4% of the degraded areas, respectively. Most of the degraded regions (88%) were in agricultural lands, primarily low-yield rainfed lands. Only 6% of the degraded areas were in pasture lands, while 48.4% were in man-made forests. It is evident that land use changes, particularly the conversion of pastures to low-yield rainfed lands, are the main drivers of land degradation and desertification, leading to increased wind erosion and dust in Sarakhs County. Therefore, practical solutions should prioritize the management of low-yield drylands through conservation agriculture and restoring degraded rangelands with the participation of local communities.

**Keywords:** MSAVI index, Land degradation, Desertification, Dust, Land use change.