

مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)/ دوره ۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵/ ص ۲۱۰-۱۹۹

تأثیر مخاطره‌آمیز کاهش سطح تاغزارهای اطراف شهر کرمان بر تشکیل کانون‌های ریزگرد

مهدی صداقت*

استادیار جغرافیا، دانشگاه پیام نور، ایران

سیدرضا مهرنیا (r_mehrniya@pnu.ac.ir)

دانشیار زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، ایران

صادق برزگر (s_barzegar1386@yahoo.com)

استادیار جغرافیا، دانشگاه پیام نور، ایران

محمدعلی زنگی‌آبادی (m.zangi.1988@gmail.com)

کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، از دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۳۱)

چکیده

گردوغبار و ماسه‌های روان برخاسته از کانون‌های ریزگرد، همواره خسارات زیست‌محیطی سنگینی به مراکز اقتصادی و جوامع بشری وارد آورده‌اند. از سال ۱۹۶۱ میلادی با توسعه جنگل‌های دست‌کاشت تاغ، برای تثبیت شن‌های روان کانون بحرانی ریزگرد بخش جنوب و جنوب شرقی شهر کرمان اقدام شده است. گزارش‌های مبنی بر تشدید تخریب پوشش گیاهی این جنگل‌ها، محققان را بر آن داشت تا با استفاده از روشی ترکیبی، تغییرات احتمالی پوشش گیاهی را مدلسازی و پایش کنند. در این مطالعه، باند ۳، موج قرمز، و باند ۴، مادون قرمز نزدیک، سنجنده‌های TM و ETM ماهواره لندست برای استخراج شاخص پوشش گیاهی نرمال شده به‌کار گرفته شد و تغییرات زمانی- مکانی تراکم جنگل‌های دست‌کاشت با بهره‌گیری از شاخص خودهمبستگی فضایی موران برای سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ میلادی بررسی شد. برای ارزیابی تأثیر عامل طبیعی خشکسالی در تخریب تاغزارها نیز داده‌های بارش روزانه ایستگاه هواشناسی کرمان طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۳ با استفاده از شاخص خشکسالی مؤثر آزمون شد. نتایج نشان می‌دهد که میانگین منطقه‌ای مقادیر NDVI در طول دوره مذکور روند کاهشی محسوس داشته است؛ درحالی‌که، شاخص موران عمومی مقادیر NDVI از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴ روندی افزایش داشته که الگوهای خوشه‌ای و متمرکز را گسترش داده است. این تغییرات برهم خوردن ساختار اولیه خطی و منظم جنگل‌های دست‌کاشت و ایجاد لکه‌های پر و خالی جنگلی را در منطقه نشان می‌دهد. گسترش خشکسالی‌ها به‌همراه دخالت‌های انسانی موجب تشدید تخریب جنگل‌ها در حاشیه دو جاده ارتباطی تهران و جویبار شده است. بدیهی است تداوم این روند، طرح‌های توسعه منطقه‌ای از قبیل طرح ملی محور گردشگری هفت باغ علوی (واقع در شرق منطقه شماره ۲) را با تهدیدهای زیست‌محیطی جدی مواجه خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: خودهمبستگی فضایی، شاخص خشکسالی مؤثر، شاخص موران، کرمان.

مقدمه

خیزش گردوغبار و حرکت ماسه‌های روان از محل کانون‌های ریزگرد، همواره به لحاظ زیست‌محیطی خسارات سنگینی را متوجه مراکز اقتصادی، اجتماعی کرده است. استان کرمان دارای ۱۶ کانون بادی و بیابانی است و ۴/۲ میلیون هکتار از اراضی بیابانی کرمان در خطر فرسایش قرار دارند [۲]. کانون‌های فرسایش بحرانی باد در استان کرمان مساحتی معادل ۶۷۶۲۳۴ هکتار را دربر می‌گیرند. شهر کرمان در نزدیکی چندین کانون بحرانی فرسایش بادی قرار گرفته که بیشتر آنها در جنوب و جنوب غربی شهر کرمان قرار گرفته‌اند. وجود برخی ساختارهای طبیعی یا انسانی همچون جنگل‌های دست‌کاشت تاغ^۱ در کنترل تعدادی از این کانون‌ها به‌ویژه در حاشیه شهر کرمان بسیار بااهمیت است و از بروز توفان شن جلوگیری می‌کند. مناطق مذکور از سال ۱۹۶۱ تحت پوشش طرح تثبیت شن‌های روان قرار گرفته و تا کنون طرح‌های متعددی برای نگهداری این جنگل‌ها اجرا شده است. تاغ‌زارهای اطراف کرمان مهم‌ترین عامل در جلوگیری از بروز توفان‌های شن در کلانشهر کرمان محسوب می‌شوند، این در حالی است که طی سال‌های اخیر عوامل مختلفی از جمله خشکسالی، عوامل انسانی و ساخت‌وسازهای غیرمجاز این جنگل‌ها را با تهدید مواجه کرده است.

باد عاملی مهم و تأثیرگذار در پویایی مناطق خشک و نیمه‌خشک است. اثر پوشش گیاهی بر کنترل فرسایش بادی را اولین بار بیتز در سال ۱۹۱۱ بررسی کرد [۲۶]. همچنین برخی از محققان در مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی خود دریافتند که ارتفاع، شکل و تراکم پوشش گیاهی در شدت فرسایش بادی تأثیر دارد [۲۳]. پوشش گیاهی مانع برخورد مستقیم باد با خاک می‌شود و با اصلاح ساختمان خاک به‌وسیله مواد آلی چسبندگی ذرات خاک را افزایش می‌دهد. مهم‌ترین کارکرد پوشش گیاهی، کاهش سرعت باد در سطح زمین است [۴]. شدت فرسایش بادی با توان سوم سرعت باد متناسب است و کاهش ناچیز سرعت باد، سبب کاهش چشمگیر شدت فرسایش بادی می‌شود [۱۶]. به‌عنوان مثال در صورت نصف شدن سرعت باد بیش از آستانه، شدت فرسایش بادی معادل یک‌هشتم سرعت اولیه خواهد شد [۱۷]. افزایش تراکم بوته‌ها از ۱۰ تا ۲۵ درصد، سبب کاهش شدید مقدار ماسه‌های منتقل شده می‌شود و در تراکم حدود ۳۰ درصد، مقدار ماسه‌های انتقال‌یافته در حد جزئی است [۲۳]. براساس بررسی‌های صورت‌گرفته، ذرات با قطر کمتر از ۰/۸۴ میلی‌متر حساس‌ترین ذرات به فرسایش بادی هستند. در این خصوص مؤثرترین روش عملی در کنترل فرسایش بادی باقی گذاشتن بقایای گیاهی روی سطح زمین است [۱۸].

برای مبارزه با بیابان‌زایی و کنترل توفان‌های گردوغبار یک برنامه جنگلکاری در سطح وسیع تحت عنوان «کمربند پناهگاهی جنگل‌های سه‌گانه شمالی» از اواخر دهه ۱۹۷۰ در چین آغاز شد [۲۸]. محققان با این فرضیه که این جنگلکاری به‌طور موفقیت‌آمیزی توانسته است بیابان‌زایی و توفان‌های گردوغبار را کنترل کند، تأثیر این جنگلکاری را ارزیابی کردند. ارزان‌ترین و مؤثرترین روش برای جلوگیری از فرسایش بادی، پوشاندن سطح زمین به‌وسیله پوشش گیاهی طبیعی زنده و غیرزنده است و هر قدر پوشش گیاهی بیشتر باشد، نقش آن نیز بهتر نمایان می‌شود. البته استفاده از عوامل طبیعی مانند جنگل‌های دست‌کاشت، سال‌هاست که جایگزین روش‌هایی از جمله مالچ‌پاشی شده است.

اندازه‌گیری فرسایش بادی به لحاظ زمانی و مکانی همواره با مشکلاتی مواجه بوده است. اولین مدل پرکاربرد در زمینه فرسایش خاک در سال ۱۹۶۵ با عنوان معادله فرسایش خاک ارائه شد. پس از آن دپارتمان کشاورزی ایالات متحده [USDA]، الگوی جدیدی را در سال ۲۰۱۰ میلادی با عنوان سیستم پیش‌بینی فرسایش خاک^۱ ارائه کرد [۲۱]. در همین زمینه، استفاده از مدل‌های کاربردی از جمله روش تجربی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع ایران [IRIFR] برای بررسی شدت فرسایش بادی و برآورد پتانسیل رسوب‌دهی آن در مناطق مختلف کشور مورد توجه محققان بوده است [۵].

مطالعات گوناگونی با استفاده از روش‌های میدانی در زمینه وضعیت تاغ‌زارهای جنوبی کرمان صورت گرفته است. به‌طور مثال، تحقیقات خوبی درباره اثر فرسایش بادی در افزایش شدت بیابان‌زایی و ارائه مدل منطقه‌ای بیابان‌زایی در منطقه ماهان (جنوب شهر کرمان) صورت گرفته که مؤید کلاس متوسط شدت بیابان‌زایی در کل منطقه تحقیق است [۱]. بررسی مورفومتری و علل استقرار ریگ کرمان از طریق تحلیل ویژگی‌های باد و دانه‌سنجی ذرات ماسه نشان داد که در فصول مختلف، سیستم‌های مختلف گردش جو، جهت بادها را تغییر می‌دهد و بر استقرار ریگ کرمان تأثیر می‌گذارد [۶]. در مطالعه دیگری در زمینه بررسی تغییرات کاربری اراضی در ریگ کرمان [۳]، بر تأثیر طرح‌های توسعه اعم از صنعتی، کشاورزی و گردشگری، در کاهش شدید سطح آب سفره‌های زیرزمینی، شورش‌دگی ثانویه اراضی و در نهایت آلودگی محیط تأکید شده است. به‌علاوه، مناطق وسیعی از گستره تپه‌های ماسه‌ای تحت فعالیت‌های کشاورزی قرار گرفته‌اند که در پی آن، بخش عظیمی از جنگلکاری‌های تاغ را از بین رفته و موجب ناپایداری و ضعف در تثبیت خاک شده است.

مقاله حاضر با بهره‌گیری از شیوه‌ای نوین (بر پایه روش‌های دورسنجی و زمین‌آمار)، امکان کمی‌سازی تغییرات اخیر الگوهای پوشش گیاهی تاغ واقع در منطقه کرمان را فراهم آورده و از شاخص پوشش گیاهی نرمال^۱ برای دستیابی به اهداف مورد نظر استفاده کرده است. شاخص مذکور، کمیت مهمی است که به‌طور گسترده در مقیاس جهانی، به‌منظور بررسی تغییرات اقلیمی به کار می‌رود [۷]. روش‌شناسی ترکیبی استفاده‌شده در این مقاله پیش از این در مطالعات دیگری با بهره‌گیری از شاخص درجه حرارت سطحی استفاده شده است [۲۷، ۱۹].

مواد و روش‌ها

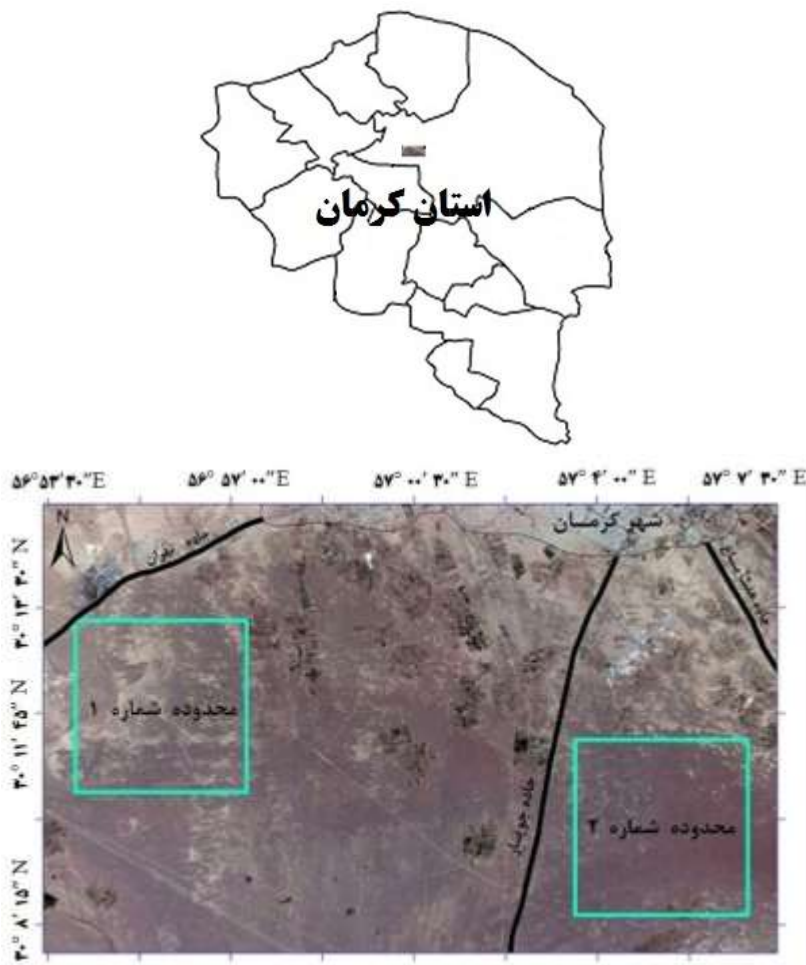
منطقه تحقیق

این منطقه بین عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۸ دقیقه و ۱۵ ثانیه تا ۳۰ درجه و ۱۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی، و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۵۷ درجه و ۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی (UTM زون ۴۰) قرار گرفته که در قالب دو محدوده شماره ۱ (جاده تهران) و شماره ۲ (جاده جویبار) بررسی شده است (شکل ۱). منطقه با اقلیم جنب‌حاره‌ای خشک از میانگین دمای سالانه ۱۵/۹ درجه سانتی‌گراد، میانگین بیشینه دمای ۲۴/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین کمینه دمای ۷ درجه سانتی‌گراد برخوردار است. میانگین بارش سالیانه ۱۴۸ میلی‌متر است که بیش از ۸۰ درصد بارش سالیانه آن طی ماه‌های ژانویه تا مارس می‌بارد. بررسی اطلاعات به‌دست‌آمده از جهت و سرعت بادهای شدید ایستگاه کرمان مبین آن است که بیش از ۹۰ درصد بادهای شدید این منطقه با سرعت فراتر از ۱۰ متر در ثانیه (۳۶ کیلومتر در ساعت) و از جهت غرب و جنوب غرب می‌وزند که در مسیر خود با تحریک کانون‌های ریزگرد در بخش‌های جنوب غربی و جنوب شهر کرمان، توفان‌های گردوغبار را به‌همراه می‌آورند. گفتنی است بادهای با سرعت بیش از ۱۱ متر بر ثانیه مستعد خیزش توفان‌های شن هستند.

روش‌شناسی و مواد

در مقاله حاضر، از مقادیر شاخص پوشش گیاهی استانداردشده حاصل از پردازش باندهای ۳ و ۴ سنجنده‌های TM و EMT+ ماهواره لندست (با تفکیک مکانی ۳۰ متر) در محدوده طرح جنگل‌های دست‌کاشت ضلع جنوب غرب (محدوده شماره ۱) و جنوب (محدوده شماره ۲) شهر کرمان طی سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۹ استفاده شده است. این شاخص از تفاوت نسبی برآورد بازتابش تاج پوشش گیاهی به‌ترتیب از باندهای مادون قرمز و مادون قرمز نزدیک

1. Normalized Difference Vegetation Index



شکل ۱. موقعیت منطقه تحقیق روی تصویر Google Map (۲۰۱۵)

به دست می‌آید [۲۴]. این شاخص کمیتی از میزان پوشش گیاهی موجود در یک منطقه مشخص و میزان سلامت و رشد آن است [۱۳]. مقادیر شاخص NDVI با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شده است:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (1)$$

Red و NIR به ترتیب معیارهایی برای اندازه‌گیری بازتابش در مناطق قرمز (باند ۳) و مادون قرمز نزدیک (باند ۴) هستند.

در ادامه، به منظور شناسایی وابستگی فضایی مقادیر NDVI بین ۲۴۵۸ سلول شبکه از شاخص موران^۱ که معیاری جهانی برای خودهمبستگی فضایی است استفاده شد. شاخص موران از پرکاربردترین شاخص‌ها برای دستیابی به سطوح عمومی خودهمبستگی فضایی برای متغیرهای کمی است [۱۵، ۱۲، ۹، ۸]. شاخص موران از طریق رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (P_i - \bar{P})(P_j - \bar{P})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (2)$$

P_i و P_j به ترتیب به روند NDVI در نقاط شبکه i و j بازمی‌گردند. P میانگین سرتاسری روند NDVI است. W_{ij} یک وزن همجواری براساس عکس مجذور فاصله است ($K=4$ نزدیک‌ترین همسایه)؛ به نحوی که اگر نقاط شبکه i و j در فاصله آستانه قرار داشته باشند $W_{ij}=1$ ، در غیر این صورت $W_{ij}=0$. همانند ضریب همبستگی، چنانچه P_i و P_j هر دو در یک سوی میانگین قرار بگیرند، I مثبت می‌شود، در حالی که چنانچه یکی بالای میانگین و دیگری پایین آن باشد، I منفی می‌شود [۲۵]. در مقاله حاضر، تحلیل خودهمبستگی فضایی عمومی برای تشریح کمی ویژگی‌های ناهمگونی فضایی و ارزیابی زمانی-مکانی تغییرات چشم‌انداز پوشش زمین به کار گرفته شد.

در نهایت محققان برای بررسی تأثیر عوامل طبیعی (خشکسالی‌ها) در تشدید تخریب تاغ‌زارهای دست‌کاشت جنوب شهر کرمان به بررسی تغییرات روند خشکسالی‌های رخ داده در منطقه پرداختند. به این منظور، شاخص خشکسالی مؤثر^۲ از داده‌های بارش روزانه ایستگاه هواشناسی کرمان طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۴ میلادی استخراج شد. این روش با استفاده از مقادیر مجموع بارش روزانه مفهومی را با عنوان بارش مؤثر^۳ معرفی کرد [۱۰]. بارش مؤثر مقدار مجموع بارش روزانه با تابع کاهشی وابسته به زمان است. بنابراین، تنها اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه سری‌های شاخص خشکسالی این روش مقادیر بارش روزانه است. بارش مؤثر نماینده کاهش روزانه منابع آبی است که با تابع زیر محاسبه می‌شود:

$$EP_i = \sum_{n=i}^i \left[\left(\frac{\sum_{m=1}^n P_m}{n} \right) \right] \quad (3)$$

1. Moran Index
2. Effective Drought Index
3. Effective Precipitation

تحلیل روند سری‌های زمانی شاخص خشکسالی مؤثر به‌وسیلهٔ آزمون من-کندال صورت گرفت. این روش به‌طور گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌کار گرفته شده است [۲۲]. فرض صفر این آزمون دال بر تصادفی بودن و نبود روند در سری داده‌ها و فرض یک یا تحقیق (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌هاست. از روابط زیر برای آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده می‌شود:

$$\tau = \frac{4 \sum n_i}{N(N-1)} - 1 \quad (4)$$

$$\sigma_\tau^2 = \frac{(4N+10)}{9N(N-1)} - 1 \quad (5)$$

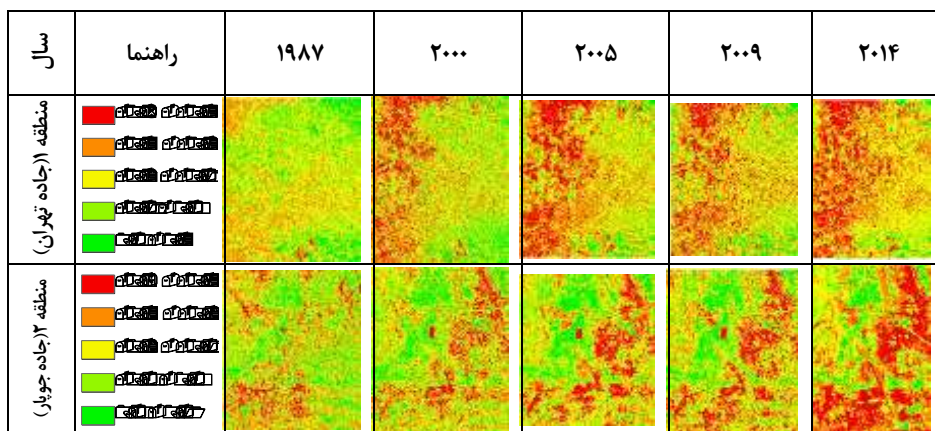
که در آنها τ ، آمارهٔ مورد نظر به‌صورت یک متغیر تصادفی و σ_τ پراش آن، n_i مقادیر بیشتر از i امین مقدار و N تعداد داده‌هاست. نسبت τ/σ_τ نشان‌دهندهٔ یک روند بین داده‌هاست، در صورتی که این نسبت بین $+1/96$ و $-1/96$ باشد، نبود روند بین داده‌ها را در سطح ۹۵ درصد نشان می‌دهد.

نتایج

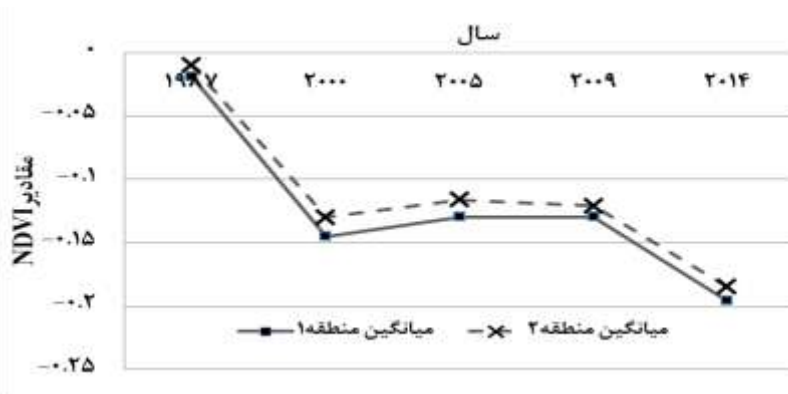
تغییرات مقادیر شاخص پوشش گیاهی استاندارد شده

این تغییرات در دورهٔ تحقیق نشان داد که مقادیر شاخص کاهش یافته است. همان‌طور که در تصویر سال ۲۰۱۴ مشخص است، در بخش شرقی محدودهٔ شمارهٔ ۱ (جادهٔ تهران) روند کاهش پوشش تاغ زیادتر بوده است، اما در محدودهٔ شمارهٔ ۲ (جادهٔ جوپار) این روند بیشتر در قسمت غربی دیده می‌شود، با این تفاوت که در سال ۲۰۰۹ افزایشی نسبی در پوشش مشاهده می‌شود. همچنین مقایسهٔ بصری مقادیر NDVI نشان می‌دهد که الگوی تاغ‌زارها به‌سمت خوشه‌ای شدن و تمرکز در نقاطی خاص گرایش داشته است (شکل ۲).

برآورد میانگین منطقه‌ای مقادیر شاخص NDVI نشان می‌دهد که در طول دوره، مقادیر شاخص روند کاهشی محسوسی داشته‌اند. همان‌گونه که از نمودار (شکل ۳) مشخص است، این کاهش بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۰ با شیب زیادی صورت گرفته، در حالی که در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹، فرایند احیا آغاز شده و دوباره در فاصلهٔ سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۴ میلادی، روند کاهشی غلبه یافته است (شکل ۳).



شکل ۲. مقایسه تغییرات مقادیر شاخص NDVI در تاغ‌زارهای جنوب غرب (منطقه ۱) و جنوب (منطقه ۲) شهر کرمان طی سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴. پهنه‌های سبز برخوردار از پوشش گیاهی تاغ و پهنه‌های قرمز فاقد پوشش است.



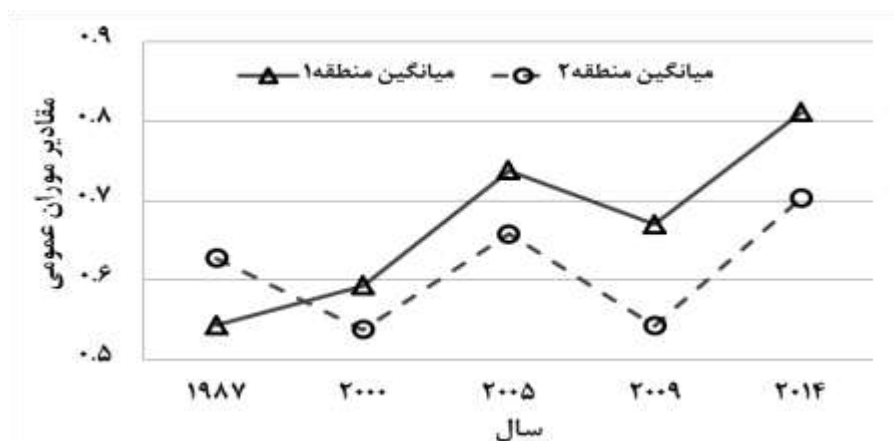
شکل ۳. تغییرات میانگین منطقه‌ای مقادیر NDVI در دو منطقه بررسی شده در طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴

خودهمبستگی فضایی

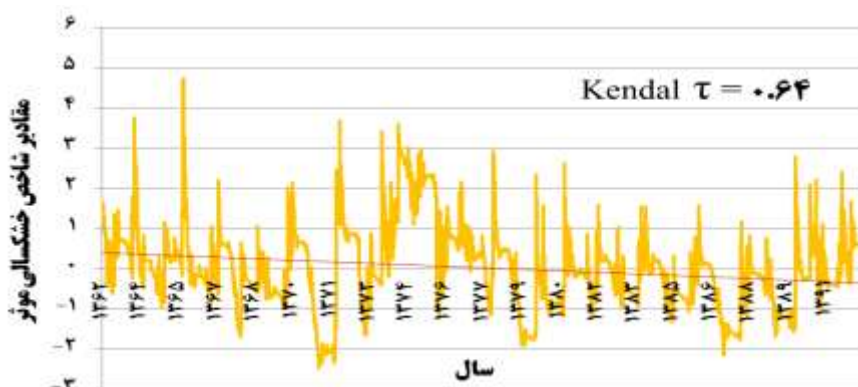
تحلیل خودهمبستگی فضایی عمومی مؤید آن است که داده‌های NDVI تاغ‌زارهای کرمان از ساختار فضایی برخوردارند و توزیع خوشه‌ای دارند. آنچه مسلم است، الگوی پراکنش فضایی تاغ‌زارهای مذکور در سال‌های نخست اجرای طرح از نوع منظم، ردیفی و فاقد ساختار فضایی بوده است، حال آنکه طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴، خودهمبستگی فضایی افزایش یافته و متغیر NDVI تمرکز فضایی پیدا کرده است (شکل ۴). بنابراین، خوشه‌های NDVI تقویت

تأثیر مخاطره‌آمیز کاهش سطح تاغ‌زارهای اطراف شهر کرمان بر تشکیل کانون‌های ریزگرد ۲۰۷

شده‌اند. براساس نمودار زیر، روند افزایشی مقادیر موران عمومی طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴، بیانگر خوشه‌ای شدن الگوی پراکنش فضایی به‌جای الگوی منظم است. بررسی روند تغییرات شاخص خشکسالی مؤثر نشان داد که مقادیر شاخص روند کاهشی داشته‌اند. به بیانی خشکسالی‌های منطقه طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۲ شدت یافته‌اند (شکل ۵). اجرای آزمون ناپارامتریک من‌کنندال روی مقادیر شاخص خشکسالی مؤثر، با ارائهٔ روند کاهشی معنادار در سطح $0/05$ و ضریب τ کندال $0/64$ ، فرضیهٔ تأثیر عوامل طبیعی در تخریب تاغ‌زارهای جنوب کرمان را اثبات کرد.



شکل ۴. تغییرات شاخص موران عمومی در هر دو منطقه بررسی شده از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴



شکل ۵. روند کاهشی معنادار شاخص خشکسالی مؤثر در ایستگاه کرمان طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۲

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که تغییرات مقادیر شاخص پوشش گیاهی استاندارد شده در هر دو محدوده بررسی شده، روندی کاهشی داشته‌اند. از این رو شدت تخریب پوشش گیاهی جنگل‌های دست‌کاشت تاغ جنوب شهر کرمان طی دهه گذشته افزایش یافته است. این سیر نزولی در هر دو منطقه به یک اندازه بوده است. در دوره تحقیق، برخلاف کاهش مقادیر شاخص پوشش گیاهی مقادیر شاخص موران (خودهمبستگی فضایی) افزایش داشته است. این بدان معناست که طی نیم قرن گذشته بعد از احداث و اجرای طرح تاغ‌زارهای جنوب کرمان پراکنش ردیفی و منظم تاغ‌های کاشته شده تحت تأثیر عوامل مختلف طبیعی و انسانی دستخوش تغییر شده است و بخش زیادی از آنها از بین رفته‌اند. شکل‌گیری فضاهای خالی در پهنه طرح و ایجاد لکه‌های بدون پوشش، سبب تشکیل و تقویت خوشه‌های فضایی در پراکنش تاغ‌زارهای جنوب غربی و جنوب شهر کرمان شده است.

علت‌یابی تضعیف پوشش گیاهی تاغ‌زارهای دست‌کاشت جنوب شهر کرمان، مؤید آن است که این رویداد هم‌زمان متأثر از عوامل طبیعی و انسانی بوده است. با اینکه شدت یافتن خشکسالی‌ها در تخریب جنگل‌های دست‌کاشت منطقه تأثیر زیادی داشته است، پدیده خشکسالی از ویژگی‌های ذاتی اقلیم منطقه است و از دیدگاه محققان، آنچه بیش از همه سبب تهدید پوشش گیاهی تاغ‌زارهای دست‌کاشت شده، سوء مدیریت - نظارت و اجرا نشدن طرح‌های احیای دوباره اکوسیستم تاغ‌زار بوده است. نبود نظارت بر تخلیه زباله و نخاله‌های ساختمانی در محدوده اراضی تاغ‌زارها و در پاره‌ای از موارد، برداشت غیرقانونی ماسه از فضاهای خالی منطقه، سوء استفاده و تشدید تخریب پوشش گیاهی توسط افراد سودجو را در پی داشته است. بدیهی است تداوم این روند، طرح‌های توسعه منطقه‌ای از قبیل طرح ملی محور گردشگری هفت باغ علوی (واقع در شرق منطقه شماره ۲) را با تهدیدهای جدی زیست‌محیطی مواجه خواهد کرد.

منابع

- [۱]. زهتابیان، غلامرضا؛ جوادی، محمدرضا؛ احمدی، حسن؛ آذر نیوند، حسین (۱۳۸۵). «بررسی اثر فرسایش بادی در افزایش شدت بیابان‌زایی و ارائه مدل منطقه‌ای بیابان‌زایی در حوضه آبخیز ماهان». *مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی*، ش ۷۳: ۶۵-۷۵.
- [۲]. شاهی، علی (۱۳۸۳). گزارش طرح تثبیت شن‌های روان کانون‌های ریزگرد کرمان، اداره کل منابع طبیعی استان کرمان.

- [۳]. مشهدی، ناصر (۱۳۹۱). بررسی تغییرات کاربری اراضی در ارگ کرمان، اولین همایش ملی بیابان، تهران: مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران.
- [۴]. معاونت نظارت راهبردی ریاست جمهوری (۱۳۹۳). ضوابط و معیارهای فنی احداث بادشکن بیولوژیک، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ضوابط شماره ۶۵۸.
- [۵]. هاشمی، زهره؛ جوادی، محمدرضا؛ میری، عباس (۱۳۸۹). «بررسی شدت فرسایش بادی و پتانسیل رسوب‌دهی حاصل از آن با استفاده از مدل IRIFR در منطقه زهکاستان سیستان و بلوچستان». فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال ششم، ش سوم: ۴۱-۳۱.
- [۶]. یمانی، مجتبی؛ ذهاب ناظوری، سمیه؛ گورابی، ابوالقاسم (۱۳۹۰). «بررسی مورفومتری و علل استقرار ریگ کرمان از طریق تحلیل ویژگی‌های باد و دانه‌سنجی ذرات ماسه». مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. ش ۴: ۳۳-۱۷.
- [7]. A.K. Bhandari, A. Kumar, (2012) "Feature Extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Case Study of Jabalpur City", Proceedings of Communication, Computing & Security. Procedia Technology Volume 6, pp. 612– 621.
- [8]. Anselin, L., (1995). Local indicators of spatial association, LISA, Geographical Analysis.
- [9]. Anselin, L., Syabri, I., Kho, Y., (2006). GeoDa: an introduction to spatial data analysis, Geogr Anal, V38, 5–22.
- [10]. Byun, H.R. and D.A. Wilhite, (1996): Daily quantification of drought severity and duration. *Journal of Climate* 5: 1181–1201.
- [11]. Chang, H.J., (2007). Stream flow characteristics in urbanizing basins in the Portland Metropolitan Area Oregon, USA Hydrol. Process 21, 211-222.
- [12]. Cliff, A., Ord, J., (1981). Spatial processes, models and applications. Pion, London.
- [13]. Gates, David M. (1980) Biophysical Ecology, Springer-Verlag, New York, 611 p.
- [14]. George, S. S., (2007). Stream flow in the Winnipeg River basin, Canada: trends, extremes and climate linkages, J. Hydro 332, 396-411.
- [15]. Griffith, D.A., (1987). Spatial Autocorrelation: a primer. Association of American Geographers, Washington.
- [16]. Hagen, L. G. (1996). Crop Residue Effects on Aerodynamic Processes and Wind Erosion, Theoretical & Applied Climatology, 54, 39–46.
- [17]. Hiroyuki Torita , Hajime Satou.(2007). Relationship between Shelterbelt Structure and Mean Wind Reduction. Agricultural and Forest Meteorology, Volume 145, Issues 3–4, Pages 186–194. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2007.04.018>
- [18]. Horning, L.B., Stetler, L.D., Saxton, K.E., (1998). Surface residue and soil roughness for wind erosion protection. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 41, 1061–1065.

- [19]. Juan, j.L., Xiang, R.W., Xin, J.W., Wei, C.M., Hao, Z., (2009). Remote sensing evaluation of urban heat island and its spatial pattern of the Shanghai metropolitan area, China. *Ecological Complexity* 6, 413-420.
- [20]. Junran Li, Gregory S. Okin, Lorelei Alvarez, Howard Epstein, (2007), Quantitative effects of vegetation cover on wind erosion and soil nutrient loss in a desert grassland of southern New Mexico, USA, *Biogeochemistry*, vol:85, i:3, pages 317 - 332.
- [21]. John Tatarko a, , Michael A. Sporcic b, Edward L. Skidmore, (2010). A history of wind erosion prediction models in the United States Department of Agriculture prior to the Wind Erosion Prediction System, *Aeolian Research* 10, 3-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2012.08.004>
- [22]. Lettenmaier, D. P., E. F. Wood, and J. R. Wallis, 1994: Hydro-climatological Trends in the Continental United States 1948-88. *J. Climate*, 7: 586-607.
- [23]. Marshall JK (1971) Drag measurements in roughness arrays of varying density and distribution. *Agric Meteorol* 8:269-292
- [24]. Nageswara PPR, Shobha SV, Ramesh, KS, Somashekhar RK (2005), "Satellite-based assessment of Agricultural drought in Karnataka State, *Journal of the Indian society of remote sensing* ", 33 (3), pp. 429-434.
- [25]. O'Sullivan, D., Unwin, D. J., (2003). *Geographic Information Analysis* (Hoboken: Wiley).
- [26]. Skidmore, E. L. (1965). Assessing wind erosion forces: direction and relative magnitudes. *soilsci. Am. proc.* 29: 587 - 590.
- [27]. X, Dai., Z, Guo., L, Zhang., Dan, L., (2010). Spatiotemporal exploratory analysis of urban surface temperature field in Shanghai, China. *Stoch Environ Res Risk Assess* 24, 247-257.
- [28]. X. M. Wang, C.X. Zhang, E. Hasi, Z.B. Dong. (2010) Has the Three North Forest Shelterbelt Program Solved the Desertification and Dust Storm Problems in Arid and Semiarid China?. *Journal of Arid Environments*, vol:74, pp:13-22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.08.001>