



دانشگاه گواران و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و سوم، شماره سوم، ۱۳۹۵  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## بررسی روابط آماری بین شاخص‌های ترکیبی بیابان‌زایی با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک

مژگان پاشایی‌نژاد<sup>۱</sup>، \*علیرضا راشکی<sup>۲</sup> و عادل سپهر<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد،

<sup>۲</sup>استادیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۲۴

### چکیده

**سابقه و هدف:** بیابان‌زایی، تخریب زمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب در نتیجه عوامل مختلفی از قبیل تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی تعریف می‌شود. بیابانی‌شدن را می‌توان نمود عینی فروپاشی اکوسیستم در محیط‌های شکننده دانست که آسیب‌پذیری بالاتری در برابر تغییرات و اغتشاشات محیطی دارند. در سال‌های اخیر نیز به دلیل تغییرات کاربری اراضی و فعالیت‌های غیراصولی انسان، در بسیاری از نقاط ایران، دامنه ارتجاع‌پذیری اکوسیستم‌ها تا حد ممکن تقلیل یافته است و در نتیجه باعث تشدید تخریب منابع محیطی گردیده است. به این جهت بیش‌تر تلاش‌ها جهت پیاده‌سازی و کاربرد یک روش کمی برای انجام ارزیابی بیابان‌زایی با استفاده از مفاهیم و تعاریف موجود در شاخص‌های ارزیابی است. ارزیابی حساسیت‌پذیری منطقه به بیابان‌زایی با استفاده از ترکیب چندین شاخص با بهره‌گیری از روش‌ها و آنالیزهای استاندارد، موجب درک جامع‌تری از شرایط بیابانی‌شدن یک منطقه می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی روابط آماری بین شاخص‌های ترکیبی بیابان‌زایی با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک در استان خراسان رضوی می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه ابتدا ۶ شاخص، پوشش گیاهی، بارش، دمای سطح زمین، میانگین رطوبت خاک و میانگین دمای خاک در اعماق ۰-۱۰۰ سانتی‌متر و تبخیر (تبخیر و تعرق، تبخیر از زمین) برای چهار دوره زمانی ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ با دامنه تفاوت چهارساله با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای TERRA سنجنده MODIS، MERRA و TRMM تهیه گردید. بنابراین جهت انجام تحلیل‌های آماری در ارتباط با متغیرهای در نظر گرفته شده، از آزمون همبستگی اسپیرمن بین شاخص پوشش گیاهی با سایر شاخص‌ها و جهت تعیین اختلاف هر شاخص در ۴ دوره زمانی، از آزمون ناپارامتری تجزیه واریانس کروسکال والیس استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج از آزمون همبستگی اسپیرمن بیانگر بیش‌ترین همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی با شاخص تبخیر از زمین و تبخیر و تعرق در سال ۲۰۰۹ به صورت مثبت و مستقیم و کم‌ترین همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی و شاخص میانگین رطوبت خاک در عمق ۴۰-۱۰۰ سانتی‌متری در سال ۲۰۱۳ به صورت منفی و معکوس به دست آمد. نتایج آزمون ناپارامتری کروسکال والیس نیز بیانگر بیش‌ترین اختلاف در جوامع (که دوره‌های زمانی مورد نظر است) مربوط به شاخص تبخیر و تعرق، بارش و پوشش گیاهی می‌باشد. در این مطالعه بیش‌ترین همبستگی بین شاخص‌ها

\* مسئول مکاتبه: [a.rashki@um.ac.ir](mailto:a.rashki@um.ac.ir)

که مثبت و مستقیم بود بیانگر شرایط اقلیمی نرمال در سال ۲۰۰۹ می‌باشد که باعث افزایش رطوبت در منطقه و در نتیجه افزایش تبخیر و تعرق به دلیل افزایش پوشش گیاهی شده است و کم‌ترین همبستگی که منفی و معکوس می‌باشد می‌تواند بیانگر کاهش پوشش گیاهی به دلیل شرایط اقلیمی حاکم در منطقه و یا دخالت‌های انسانی و در نتیجه افزایش رطوبت خاک به دلیل کاهش پوشش گیاهی باشد. بیش‌ترین اختلاف برای متغیرهای بارش، تبخیر و تعرق و پوشش گیاهی به دلیل شرایط اقلیمی متفاوت حاکم در این چهار دوره زمانی در منطقه می‌باشد. بیش‌ترین اختلاف برای متغیر بارش و پوشش گیاهی در دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۰۵ و برای متغیر تبخیر و تعرق در دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۱۳ است که این شرایط در سال ۲۰۰۱ به دلیل میانگین بارش در ماه‌های مورد مطالعه برای شرایط خشکسالی و در سال ۲۰۱۳ با شرایط تقریباً نرمال در منطقه می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه این‌که بخش وسیعی از استان خراسان رضوی در معرض ریسک بیابان‌زایی می‌باشد، به این منظور استفاده از شاخص‌های ترکیبی روشی مناسب جهت تعیین روابط پنهان و نهفته میان فاکتورهای پیش‌برنده و مؤثر در بیابان‌زایی است. روش‌های به‌کار برده شده در این مقاله ممکن است روشی مؤثر جهت (۱) انتخاب متغیر مناسب در ارتباط با بیابان‌زایی (۲) شناسایی تغییرات مکانی- زمانی متغیرها با استفاده از داده‌های دورسنجی برای چندین دوره زمانی (۳) تحلیل روابط و همبستگی بین متغیرها بر اساس آزمون‌های آماری به‌کار برده شده، باشد. با استفاده از تحلیل‌های آماری میان متغیرها می‌توان متغیرهایی که بیش‌ترین تأثیر و حساسیت را به بیابان‌زایی دارند را شناسایی نمود و جهت برنامه‌ریزی، در برنامه‌های مقابله با بیابانی شدن استفاده نمود.

**واژه‌های کلیدی:** آزمون‌های ناپارامتریک، حساسیت‌پذیری بیابان‌زایی، شاخص‌های ترکیبی

## مقدمه

فرآیند پیشروی چهره بیابانی اکوسیستم‌های خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب پدیده غیرقابل برگشت بیابانی‌شدن اراضی (بیابان‌زایی)<sup>۱</sup> را برای دنیای کنونی ترسیم کرده است، آنچه علاوه بر نوسانات اتمسفری و اقلیمی، اثرات محیطی مبتنی بر عملکرد انسان و فعالیت‌های نادرست وی از طبیعت را در مفهوم خود جای داده است. بیش‌ترین تعریف پذیرفته شده از بیابان‌زایی توسط کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی ارائه شده است که بیابان‌زایی را به‌عنوان تخریب زمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک، خشک نیمه‌مرطوب در نتیجه عوامل مختلف شامل تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی تعریف می‌کند (۲۱). بیابان‌زایی کاهش استعداد اراضی در اثر یک یا ترکیبی

از فرآیندها، همچون فرسایش بادی، فرسایش آبی، تخریب پوشش گیاهی، تخریب منابع آب، ماندابی شدن، شور شدن، قلیایی شدن خاک و ... که توسط عوامل محیطی یا انسانی شدت می‌یابد (۲).

بر این اساس بیابانی‌شدن را می‌توان نمود عینی فروپاشی اکوسیستم در مناطقی دانست که تغییرات و اغتشاشات محیطی، مجال حفظ تعادل را از اکوسیستم ربوده است. اکوسیستم‌هایی که به واسطه قرار داشتن در محیط‌های شکننده از آسیب‌پذیری بالایی در برابر تغییرات حاصل از نیروهای مؤثر در بیابان‌زایی برخوردارند (۱۸). از آن‌جا که اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک از دامنه ارتجاع‌پذیری<sup>۲</sup> کوتاه‌تری در برخورد با تغییرات محیط برخوردارند، آسیب‌پذیری بالاتری در برابر اغتشاشات محیطی وارده به اکوسیستم

زمینی و تکنیک سنجش از دور، قابل دسترس در آمار منتشر شده باشند (۱۰، ۲۰).

استفاده از یک شاخص به تنهایی، به منظور بیان این که تخریب روی داده و یا در حال رخداد است، از آنجا که همراه با ابهام است، نمی تواند تصویری دقیق از تخریب را نشان دهد. شاخص های انفرادی و ساده، تنها عوامل منفرد مؤثر در تخریب و اثرات آنها را نشان می دهند و با خطا، سوء تعبیر و شانس همراه هستند با وجودی که، هر شاخص به تنهایی ویژگی و کاربرد مربوط به خود را دارد، ترکیب چندین شاخص با هم درک جامع تر و پایدارتری از شرایط بیابانی شدن را ارائه می دهد. بنابراین استفاده از شاخص های ترکیبی، موجب تکامل و تقویت ارزیابی ها می شود (۴). ارزیابی آسیب پذیری اراضی به بیابانزایی به طور عمده از طریق استفاده از شاخص های نمایانگر اقلیم، خاک و پوشش گیاهی در مقیاس مکانی انجام می شود. این شاخص ها معمولاً در یک شاخص مرکب از آسیب پذیری اراضی توسط روش ها و فرآیندهای استاندارد آنالیز می شوند. یک رویکرد یکپارچه بر اساس تجزیه و تحلیل سری های زمانی چندمتغیره ممکن است الگوهای پنهان در روندها از عوامل اصلی مؤثر بر بیابانزایی را کشف کند (۱۴). با توجه به قابلیت بالای تصاویر ماهواره ای نظیر به هنگام بودن، چندطیفی بودن، تکراری بودن، پوشش وسیع و افزایش روزافزون توان تفکیک طیفی و مکانی، می توان از این ابزار جهت مطالعه و بررسی مراحل مختلف بیابانزایی استفاده نمود لایه های اطلاعاتی دقیق و مطمئن را می توان توسط فناوری سنجش از دور (RS) تهیه نمود (۳).

مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی بیابانزایی با استفاده از شاخص های ترکیبی انجام شده است. کاسموس و همکاران (۲۰۱۴) اراضی رها شده در مناطق مستعد بیابانزایی را توسط پروژه DESIRE

داشته و پاسخ آنها به این تغییرات با ظهور چشم اندازهای بیابانی به عنوان نمودی از تغییر حالات تعادلی، بروز می نماید (۱۷). در سال های اخیر تغییرات کاربری اراضی و فعالیت های غیراصولی انسان، دامنه ارتجاع پذیری اکوسیستم ها را در بسیاری از نقاط ایران تا حد ممکن تقلیل داده است و این امر باعث تشدید روند تخریب منابع محیطی گردیده است تا آنجا که در گزارش فائو- یونپ<sup>۱</sup> (۱۹۹۴)، ایران از جمله کشورهایی نام برده شده است که اراضی کشاورزی و عرصه های منابع طبیعی آن به شدت تحت تأثیر فرسایش و تخریب هستند (۱۸). تاکنون مبارزه با بیابانزایی و تخریب سرزمین در کشورهای توسعه یافته و همچنین کشورهای در حال توسعه به عنوان اولویت محلی، ملی، منطقه ای و جهانی به خصوص در سطح ملی در نظر گرفته نشده است (۲۲). پایش و نقشه سازی بیابانزایی یکی از بهترین روش های کنترل و یا توقف فرآیندهای بیابانزایی می باشد. تاکنون فعالیت ها و پژوهش های زیادی در زمینه ارزیابی شدت و وسعت بیابانزایی صورت گرفته است که شامل مشاهدات مستقیم، اندازه گیری ها، استفاده از علم سنجش از دور و معادلات تجربی می باشد. اما به طور خاص بیش تر تلاش ها جهت پیاده سازی و کاربرد یک روش کمی برای انجام ارزیابی بیابانزایی با استفاده از مفاهیم و تعاریف موجود در شاخص های ارزیابی است. اما این شاخص ها در بیش تر مواقع در اندازه گیری و یا مشاهده فرآیندهای پیچیده کمی دچار مشکل هستند و یا این که قادر به ارائه دادن برنامه ای به منظور پیش بینی خطر بیابانزایی نمی باشند. به گفته مابوت (۱۹۸۶) شاخص های بیابانزایی باید: ۱- به عنوان یک نوع خاص از بیابانزایی باشند، ۲- به اندازه کافی حساس به منظور نمایش توسعه تدریجی بیابانزایی در منطقه مورد مطالعه باشند و ۳- به آسانی توسط مشاهدات

زمین و نظارت بر بیابان‌زایی انجام دادند. در این مطالعه ابتدا از ضریب اسپیرمن<sup>۱</sup> و PCA<sup>۲</sup> تعدادی از شاخص‌ها که در ارزیابی بیابان‌زایی مهم بودند انتخاب و ترکیب و وارد مدل شدند (۷). مولینری (۲۰۱۴) آسیب‌پذیری و خطر بیابان‌زایی با استفاده از یک روش یکپارچه جدید در ساردینا ایتالیا توسط پروژه DPSIR مورد ارزیابی قرار داد. مدلسازی در این مطالعه در دوره زمانی از اوایل ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ انجام پذیرفت. در نهایت نقشه پنج مدل (فرسایش خاک، چرای بی‌رویه، پوشش گیاهی، فرسایش آبی و فرسایش بادی) تولید و در شاخص نهایی یکپارچه بیابان‌زایی<sup>۳</sup> IDI در پنج سطح از خطر بیابان‌زایی طبقه‌بندی شدند (۱۲). مطالعه دیگری با عنوان تعیین تخریب خاک و خطر بیابان‌زایی در حوزه مدیترانه توسط صلواتی و همکاران (۲۰۱۴) صورت گرفت که مراحل تحلیل از متغیرهای<sup>۴</sup> استنتاج شده از منابع داده‌ای مختلف برای ارزیابی بیش‌ترین عوامل مؤثر در تخریب خاک و بیابان‌زایی (SD,D)<sup>۵</sup> در منطقه مورد مطالعه شامل ۱- آزمایش‌های مختلف در نمره آسیب‌پذیری از بررسی هر متغیر در منطقه مورد مطالعه از طریق تحلیل ناپارامتری کاروسکال والیس<sup>۶</sup> (به‌منظور آزمایش در ارتباط با تفاوت قابل توجه در توزیع آماری هر متغیر مشاهده‌شده در منطقه مورد مطالعه اجرا شد)، ۲- تحلیل مؤلفه‌های اصلی PCA و ۳- ارزیابی تشابه در الگوهای مکانی متغیرها از طریق تحلیل سلسله مراتبی<sup>۷</sup> AHP می‌باشد (۱۳). کیریس و همکاران (۲۰۱۳) مطالعه دیگری در این زمینه تحت عنوان ارزیابی و انتخاب شاخص‌ها برای تخریب

زمین و نظارت بر بیابان‌زایی انجام دادند. در این مطالعه ابتدا از ضریب اسپیرمن به‌منظور ارزیابی روابط خطی و غیرخطی بین شاخص‌ها در فرآیند تخریب زمین و بیابان‌زایی و سپس از پروژه DESIRE برای کلاس‌بندی شاخص‌ها بر اساس اولویت آنان در بیابان‌زایی و تخریب زمین استفاده شد (۹). همچنین پژوهش دیگری توسط کاسموس و همکاران (۲۰۱۳) با عنوان ارزیابی و انتخاب شاخص‌ها برای تخریب زمین و نظارت بر بیابان‌زایی انجام پذیرفت که مراحل تحلیل پژوهش عبارتند از: ۱- استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن و ۲- استفاده از چارچوب پروژه DESIRE کلاس‌بندی و تعیین نمره آسیب‌پذیری برای هر کلاس و سپس مقایسه آن با سیستم وزنی مشابه در ESA<sup>۸</sup> برای ارزیابی بیابان‌زایی و در نهایت استفاده از متدولوژی DRI که تخریب زمین و خطر بیابان‌زایی را تعیین می‌کند (۸). مطالعه تخمین آسیب‌پذیری و تخریب زمین با استفاده از شاخص یکپارچه توسط ایمبرندا (۲۰۱۳) صورت گرفت که ارزیابی آسیب‌پذیری بیابان‌زایی با استفاده از نسخه اصلاح‌شده ESA انجام شد (۶). رتبه‌بندی شاخص‌های بیابان‌زایی با استفاده از الگوریتم تاپسیس<sup>۹</sup> مطالعه دیگری در این زمینه می‌باشد که توسط سپهر و زوکا (۲۰۱۲) انجام شد. در این مطالعه از روش تاپسیس به‌منظور تعیین ارجح‌ترین شاخص در میان مجموعه شاخص‌های سنجش از دوری در نظر گرفته شده در فرآیند بیابان‌زایی، در سه کشور پرتغال، برزیل و موزامبیک انتخاب شد (۱۶). سانتینی و همکاران (۲۰۰۹) مطالعه‌ای در زمینه ارزیابی خطر بیابان‌زایی با استفاده از یک شاخص ترکیبی در چارچوب GIS انجام دادند که با استفاده از شش شاخص (پوشش گیاهی، فرسایش آبی، فرسایش بادی، تخریب خاک،

- 1- Spearman correlation
- 2- Principal component analysis
- 3- Integrated Desertification Index
- 4- Variable
- 5- Soil degradation and desertification
- 6- Kruskal-wallis
- 7- Analytic hierarchy process

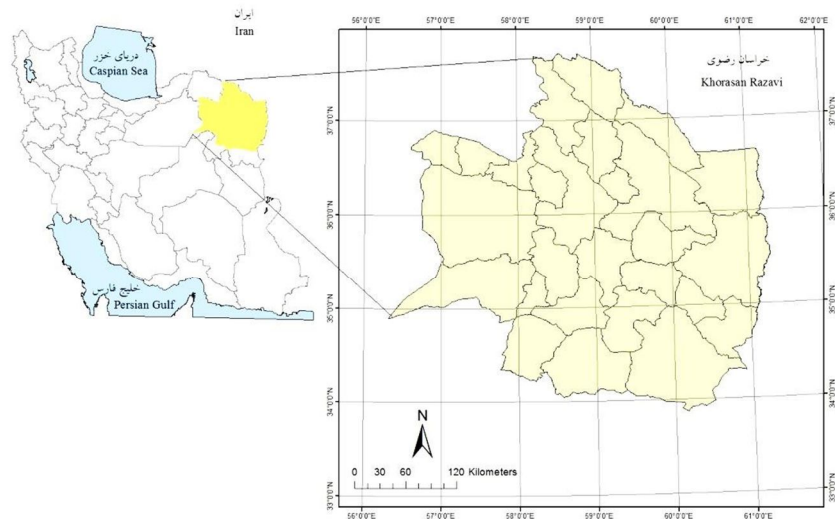
8- Environmentally Sensitive Assessment

9- TOPSIS

## مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: استان خراسان رضوی با مساحتی در حدود ۱۲۸,۴۳۰ کیلومترمربع و در محدوده مختصات جغرافیایی ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی در برگیرنده وسعت زیادی از مناطق خشک و نیمه‌خشک با میانگین بارشی در حدود ۲۱۰ میلی‌متر می‌باشد. ۶۰ درصد مساحت استان را مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی در بر گرفته است. همچنین به لحاظ گرادیان اقلیمی و ارتفاعی نیز هرچه از شمال استان به سمت جنوب پیش می‌رویم، همگام با کاهش ارتفاع از میزان بارش نیز کاسته می‌شود و در عوض فرآیندهای فرسایشی غالب، چهره منطقه را به سیمای یک اکوسیستم بیابانی تغییر می‌دهند. بنابراین می‌توان این استان را از نظر آسیب‌پذیری به بیابان‌زایی و فرآیندهای فرسایشی خاک جزء مناطق مستعد در ایران دانست (شکل ۱).

چرای بیش از حد و شوری آب زیرزمینی) در یک شاخص یکپارچه IDI بیابان‌زایی را در منطقه ساردینا ایتالیا ارزیابی نمودند (۱۵). سیلاخوری و همکاران (۲۰۱۴)، مطالعه‌ای تحت عنوان مقایسه کارایی مدل‌های ایرانی ارزیابی خطر بیابان‌زایی MICD و IMDPA در منطقه سبزوار انجام دادند. در این مطالعه برای منطقه سبزوار ابتدا خطر بیابان‌زایی با دو مدل ایرانی MICD و IMDPA ارزیابی و سپس مدل برتر انتخاب گردید. برای بررسی میزان انطباق بین نقشه‌های شدت خطر بیابان‌زایی توسط دو مدل MICD و IMDPA با حقایق زمینی از شاخص کاپا استفاده شد. تفاوت بین فراوانی کلاس‌های نقشه‌های خطر با آزمون مربع کای مورد مقایسه قرار گرفت. برای انتخاب مدل برتر علاوه بر شاخص کاپا، از ضریب همبستگی ناپارامتریک اسپیرمن و کندال استفاده شد (۱۹). هدف از این مطالعه بررسی روابط آماری بین شاخص‌های ترکیبی جهت تحلیل حساسیت‌پذیری به بیابان‌زایی با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک در استان خراسان رضوی می‌باشد.



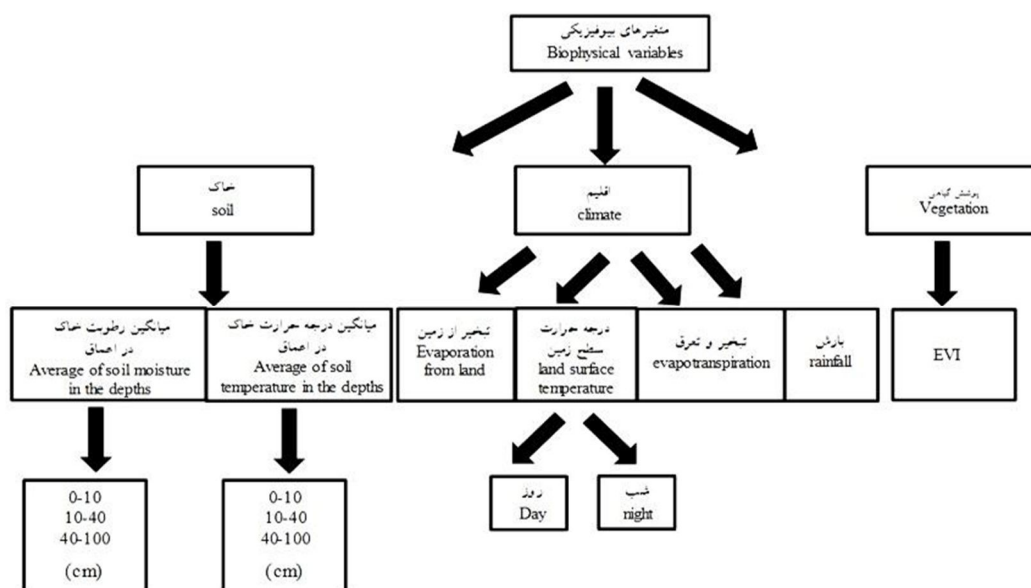
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان خراسان رضوی.

Figure 1. The geographical location of Khorasan Razavi.

مطالعه، ماهیت شاخص و شرایط اقلیمی در نظر گرفته شوند. در شکل ۲ فهرست متغیرهای در نظر گرفته شده در ارتباط با عوامل مؤثر بر حساسیت‌پذیری به بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه نمایش داده شده است. آماده‌سازی همه لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از نرم‌افزار Erdas نسخه ۲۰۱۳ برای شاخص پوشش گیاهی (EVI)<sup>۱</sup> و درونیابی سایر متغیرها با استفاده از تابع Topo to raster، نرم‌افزار ArcGIS صورت گرفت. محاسبه شاخص‌های بیابان‌زایی به صورت زیر (شکل ۲) صورت گرفته است:

روش کار: در این پژوهش به منظور بررسی روابط آماری بین شاخص‌های ترکیبی بیابان‌زایی در استان خراسان رضوی مطالعات در دو مرحله صورت گرفت: مرحله اول شامل جمع‌آوری و اندازه‌گیری داده‌ها و مرحله دوم ارزیابی و آنالیز متغیرها می‌باشد.

جمع‌آوری و اندازه‌گیری داده‌ها: تغییرات شاخص‌های اقلیمی مطالعاتی با توجه به نوسانات شاخص‌های اقلیمی در چهار دوره زمانی ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ با دامنه تفاوت چهار ساله انجام شده است. همچنین سعی شده است در انتخاب ماه‌های مورد



شکل ۲- فهرست شاخص‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش.

Figure 2. List of indicators considered in this study.

محاسبه میانگین دما و رطوبت خاک در اعماق ۰-۱۰۰ سانتی‌متری: محاسبه میانگین دما و رطوبت خاک با استفاده از داده‌های رقومی GLDAS سایت NOAA/GADAS Disc.Nasa.Gov / Giovanni با تفکیک مکانی ۱ کیلومتر در ۱ کیلومتر برای ماه خرداد (ژوئن) بر اساس مدل 'CLM' (این مدل بر اساس ترکیب فیلد زمانی و مکانی آنالیز اتمسفری NOAA/GADAS تهیه شده است) انجام گردید.

**محاسبه تبخیر:** جهت محاسبه تبخیر و تعرق و تبخیر از زمین (شامل انواع سطوح: دریا و دریاچه، زمین پوشیده از یخ و برف، زمین‌های خشک و ... می‌باشد) نیز از داده‌های رقومی MERRA و بر اساس ماه خرداد (ژوئن) مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۳ به‌عنوان نمونه‌ای از شاخص تبخیر محاسبه شده بر اساس داده‌های رقومی MERRA را نشان می‌دهد.

**محاسبه دمای سطح زمین:** به‌منظور محاسبه دمای سطح زمین در روز و شب برای خردادماه (ژوئن)، از داده‌های رقومی سنجنده MODIS، ماهواره TERRA (MOD11CM1D) و تفکیک مکانی ۵/۶ کیلومتر در ۵/۶ کیلومتر مورد استفاده قرار گرفت.

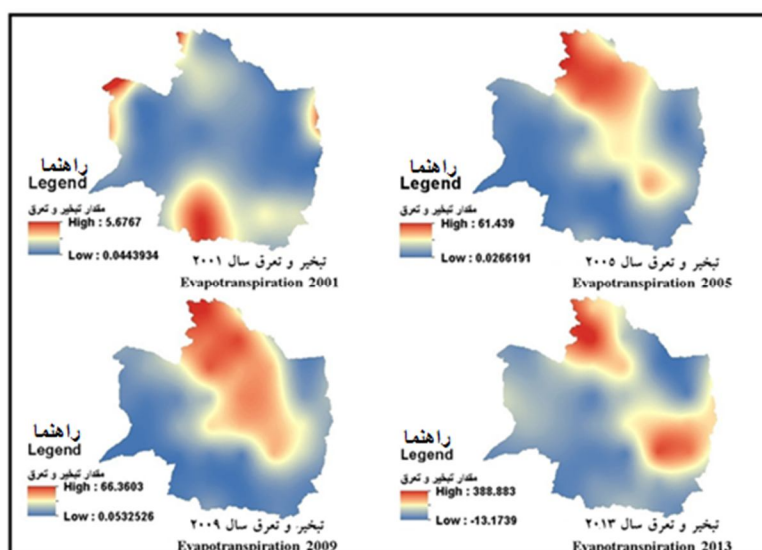
محاسبه شاخص پوشش گیاهی (EVI): شاخص‌های بسیاری برای پایش پوشش گیاهی معرفی شده است. یکی از این شاخص‌ها، شاخص EVI است که برای برطرف نمودن محدودیت‌های موجود در شاخص NDVI توسعه داده شده است. به‌منظور محاسبه شاخص پوشش گیاهی EVI از سنجنده MODIS، ماهواره TERRA (MOD13Q1) با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر بهره گرفته شد.

انتخاب زمان تصویر در ارتباط با حداکثر رشد رویشی برای ماه خردادماه (ژوئن) در نظر گرفته شد. بر پایه رابطه ۱، میزان شاخص EVI برای چهار دوره زمانی ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ محاسبه و مقایسه مقادیر برای ماه خرداد در این چهار دوره صورت گرفت.

$$EVI = 2.5 (NIR - R) / (NIR + C_1R - C_2BLUE + L) \quad (1)$$

در این رابطه شاخص پوشش گیاهی بهبودیافته،  $NIR$ ،  $R$  و  $BLUE$  مقادیر بازتاب تصحیح اتمسفری شده  $C_1$ ،  $C_2$  و  $L$  ضرایب تصحیح اتمسفری می‌باشد. این مقادیر برای محصول استاندارد EVI مودیس برابر با  $C_1 = 6$ ،  $C_2 = 7/5$  و  $L = 1$  است (۱).

**محاسبه میزان بارندگی:** محاسبه مقادیر بارش، با کمک داده‌های رقومی TRMM با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه در ۰/۲۵ درجه و بر پایه متوسط مقدار ۹ ماهه از مهرماه سال قبل تا خردادماه سال مورد مطالعه (اکتبر تا ژوئن) انجام گردید. دلیل انتخاب این دوره آماری تأثیرگذاری میزان بارش این دوره بر پوشش گیاهی، سال مورد مطالعه می‌باشد.



شکل ۳- تبخیر و تعرق ماهانه (میلی‌متر در ماه) برای ۴ دوره زمانی.

Figure 3. Monthly evapotranspiration (mm) for 4 periods.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^k d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (2)$$

در این رابطه  $r_s$  همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن،  $d_i^2$  مجذور تفاوت رتبه بین دو متغیر ( $x_i$  و  $y_i$ )،  $n$  تعداد نمونه می‌باشد.

همچنین جهت تحلیل تغییرات مقادیر شاخص‌ها و میزان اختلاف در توزیع آماری هر شاخص در دوره‌های زمانی مورد مطالعه، ابتدا با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه پارامتریک و آزمون بارتلت، فرض نامساوی بودن واریانس برای هر متغیر در دوره زمانی مورد نظر مشخص گردید ( $P\text{-value} \leq 0.05$ ). بدین منظور لزوم استفاده از آزمون ناپارامتریک تعیین شد (۱۱). بنابراین از آزمون ناپارامتریک تجزیه واریانس یک‌طرفه کروسکال والیس برای بررسی تغییرات متغیرها مطابق رابطه ۳ استفاده شد.

$$x_{k,w}^2 = H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k n_i \bar{r}_i^2 - 3(N+1) \quad (3)$$

در این رابطه  $x_{k,w}^2$  و یا  $H$  آزمون ناپارامتری تجزیه واریانس کروسکال والیس،  $N$  تعداد کل مشاهدات درون همه گروه‌ها،  $n_i$  تعداد مشاهدات در گروه  $i$ ،  $\bar{r}_i^2$  میانگین از  $r_i$  می‌باشد.

آنالیز داده‌ها: در این مطالعه از تصاویر و داده‌های رقومی ماهواره‌ای با تفکیک مکانی متفاوتی استفاده گردید که جهت آنالیزهای آماری مورد نظر اندازه پیکسل‌های آن یکسان گردید (۱۰۰۰ متر) (۵). برای بررسی ارتباط بین متغیر پوشش گیاهی EVI با سایر متغیرها (به دلیل حیاتی بودن فاکتور پوشش گیاهی نسبت به سایر فاکتورها در بحث مربوط به ارزیابی بیابان‌زایی) از آزمون همبستگی استفاده گردید. قبل از تعیین نوع آزمون همبستگی اقدام به بررسی نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون نرمالیت (Normality Test) شد و نتایج بیانگر غیرنرمال بودن داده‌ها بود ( $P\text{-value} \leq 0.05$ ) و هر گاه دو متغیر به صورت کمی باشند که توزیع هر دوی آنها یا یکی از آنها نرمال نباشند، برای تعیین همبستگی آنها از ضریب رتبه‌ای اسپیرمن استفاده می‌شود (۱۱). بنابراین جهت تحلیل همبستگی بین مقادیر EVI با شاخص‌های بارش، دما (روز و شب)، تبخیر (تبخیر و تعرق و تبخیر از زمین)، میانگین دما و رطوبت- خاک در اعماق ۰-۱۰۰ سانتی‌متری، از آزمون همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن (سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳) بر پایه رابطه ۲ استفاده شد.



۲۰۰۹ به صورت مثبت و مستقیم نشان می‌دهد. همچنین کم‌ترین همبستگی، بین پوشش گیاهی و متغیر میانگین رطوبت خاک در عمق ۴۰-۱۰۰ سانتی‌متری برای سال ۲۰۱۳ می‌باشد که منفی و معکوس می‌باشد. همچنین همبستگی مثبت و مستقیمی بین پوشش گیاهی و متغیرهای بارش و تبخیر و تعرق (به استثناء سال ۲۰۰۱ که منفی و معکوس می‌باشد) و تبخیر از زمین (به جز سال ۲۰۰۱ که همبستگی بین پوشش گیاهی و تبخیر از زمین معنی‌دار نبود) و همبستگی منفی و معکوس بین پوشش و متغیرهای دمای سطح زمین (روز و شب) و میانگین رطوبت خاک در اعماق ۰-۱۰۰ سانتی‌متر برای سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ و همچنین میانگین دمای خاک (در اعماق ۰-۱۰۰ سانتی‌متر) وجود دارد.

آنالیزهای آماری با کمک نرم‌افزار R (برای انجام آزمون همبستگی اسپیرمن از پکیج PSPEARMAN و ورژن ۲.۱۴.۲ نرم‌افزار R و برای آزمون تجزیه واریانس کروسکال والیس از پکیج PMCMR و ورژن ۳.۰.۰ نرم‌افزار R) انجام شده است.

### نتایج و بحث

بررسی میزان همبستگی تغییرات پوشش و سایر متغیرها: پس از مطالعه خصوصیات متغیرهای بیوفیزیکی در ارتباط با پوشش گیاهی، ارتباط بین پوشش گیاهی و سایر پارامترها توسط ضریب همبستگی ناپارامتری اسپیرمن مورد آنالیز قرار داده شد که در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج آزمون اسپیرمن مشخص کرد که شاخص EVI بیش‌ترین همبستگی را با شاخص تبخیر و تعرق و تبخیر از زمین در سال

جدول ۱- میزان همبستگی اسپیرمن بین شاخص EVI و سایر متغیرها.

Table 1. The Spearman Correlation between the EVI index and other variables.

				دوره زمانی Period	متغیر Variable
2013	2009	2005	2001		
0.591	0.406	0.598	0.433	بارش (Rainfall)	
0.431	0.716	0.628	-0.073	تبخیر و تعرق (Evapotranspiration)	
0.429	0.719	0.640	0.09	تبخیر از زمین (Evaporation from land)	
-0.414	-0.492	-0.449	-0.351	روز (Day)	
-0.488	-0.467	-0.439	-0.405	شب (Night)	
-0.180	-0.316	-0.099	-0.238	0-10 cm	
-0.084	-0.198	-0.072	-0.067	10-40 cm	
-0.065	-0.187	-0.133	-0.022	40-100 cm	
-0.346	-0.259	-0.141	-0.125	0-10 cm	
-0.353	-0.270	-0.287	-0.127	10-40 cm	
-0.358	-0.287	-0.283	-0.111	40-100 cm	

همبستگی همه متغیرها (به جز متغیر تبخیر از زمین در سال ۲۰۰۱ با  $P\text{-value} \geq 0/05$  در سطح  $0/05$  درصد معنی‌دار می‌باشند ( $P\text{-value}=0$ ).  
Correlation of all variables are significant (except the evaporation from the land in 2001, with  $P\text{-value} \geq 0/05$ ) at the 0.05 level.

مهم‌ترین این متغیرها عبارتند از پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق، بارش می‌باشد و بیش‌ترین اختلاف معنی‌دار برای متغیر تبخیر و تعرق در جوامع مورد مطالعه می‌باشد.

بررسی آزمون کروسکال‌والیس متغیرها: نتایج از آنالیز واریانس ناپارامتری کروسکال‌والیس (جدول ۲) نشان داد که از ۱۲ متغیر ۴ متغیر به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای دارای اختلاف در سری زمانی مورد مطالعه که در این‌جا جوامع برای آزمون محسوب می‌شوند، دارد. که

جدول ۲- آزمون ناپارامتری تجزیه واریانس کروسکال‌والیس برای هر متغیر بین جوامع در نظر گرفته شده.

Table 2. Kruskal-Wallis non-parametric analysis of variance test for each variable between communities considered.

آزمون کروسکال‌والیس Kruskal-wallis test	دوره زمانی Period			متغیر Variable
	2013	2009	2005	
*	0.00	0.00	0.00	پوشش گیاهی Vegetation
*	0.018	0.020	0.00	بارش (Rainfall)
*	0.139	0.132	0.119	از زمین (Evaporation from land)
	0.024	0.024	0.046	تبخیر و تعرق (Evapotranspiration)
*	0.042	0.047	0.042	روز (Day)
	0.016	0.026	0.018	شب (Night)
	0.234	0.234	0.238	0-10 cm
	0.195	0.202	0.183	10-40 cm
	0.231	0.231	0.233	40-100 cm
	0.205	0.209	0.207	0-10 cm
	0.184	0.188	0.186	10-40 cm
	0.210	0.214	0.212	40-100 cm

\* ستاره‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف در جوامع در سطح ۰/۰۵ است (P-value ≤ ۰/۰۵).

Asterisks indicate significant tests in the communities at  $P < 0.05$ .

بیابان‌زایی، از نتایج همبستگی که بین متغیرهای بیوفیزیکی و اقتصادی-اجتماعی در ارتباط با اراضی رها شده انجام شد، دریافتند که از ۴۸ متغیر در نظر گرفته شده تنها تعداد معدودی به‌طور قابل‌توجهی با رها کردن زمین (که این متغیرها با علایم مثبت و منفی نشان داده شده بودند)، همبستگی معناداری داشتند که این متغیرها عبارتند از: بارش فصلی،

میزان همبستگی بین پوشش گیاهی (EVI) بیانگر آن بود که پوشش گیاهی عامل مهمی در میزان تأثیرپذیری منطقه مورد نظر از تغییرات متغیرهای بیوفیزیکی در نظر گرفته شده در دوره‌های زمانی مورد مطالعه به‌دلیل شرایط اقلیمی حاکم در منطقه، می‌باشد. در مطالعه کاسموس و همکاران (۲۰۱۴) تحت عنوان اراضی رها شده در مناطق مستعد

که دارای مقدار ضریب همبستگی بیش‌تر از ۰/۴ (سطح معنی‌داری ۰/۰۵) می‌باشند که عبارتند از فرسایش آبی در کاربری‌های اراضی مختلف، عملیات خاکورزی، شور شدن خاک، آتش‌سوزی جنگل، چرای بیش از حد دام، مؤثر و مهم‌ترین شاخص در ارتباط با ارزیابی بیابان‌زایی می‌باشند (۹).

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد شاخص پوشش گیاهی EVI، به‌دلیل همبستگی بالایی که با متغیر تبخیر از زمین (به استثناء سال ۲۰۰۱) و تبخیر و تعرق دارد (شکل ۴) در مطالعه و بررسی حساسیت‌پذیری منطقه مورد نظر به بیابان‌زایی کارایی خوبی از خود نشان می‌دهد، که می‌توان از آن در پهنه‌بندی و پایش این پدیده استفاده کرد.

شرایط کلی منطقه مورد مطالعه از نظر اقلیمی بر اساس آمار بارش سالانه و میانگین سالانه متوسط دمای روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک استان گویای این واقعیت است که در سال ۲۰۰۱ به‌دلیل میانگین بارش سالانه حدود ۱۳۰/۶۲ میلی‌متر و میانگین سالانه متوسط دمای روزانه ۱۶/۵ سانتی‌گراد خصوصاً در ماه‌های بین اکتبر تا ژوئن پدیده خشکسالی در این منطقه حاکم بوده است و در سال ۲۰۰۵ با میانگین بارش سالانه حدود ۲۰۵/۹۴ میلی‌متر و میانگین سالانه متوسط دمای روزانه ۱۵/۸ سانتی‌گراد شرایط تقریباً نرمال و در سال ۲۰۰۹ با میانگین بارش سالانه ۲۶۳/۹۹ میلی‌متر و میانگین سالانه متوسط دمای روزانه ۱۵/۶ سانتی‌گراد شرایط نرمال و در سال ۲۰۱۳ با میانگین بارش در حدود ۱۵۹ میلی‌متر از نظر اقلیمی شرایط تقریباً نرمالی در منطقه وجود داشته است.

با توجه به رابطه همبستگی بین پوشش گیاهی و تبخیر از زمین و تبخیر و تعرق می‌توان به این نتیجه دست یافت که در مقیاس زمانی ۲۰۰۹ پوشش گیاهی در منطقه خراسان‌رضوی به دلایل شرایط اقلیمی مناسب در ماه‌های مورد مطالعه از جمله بارش با

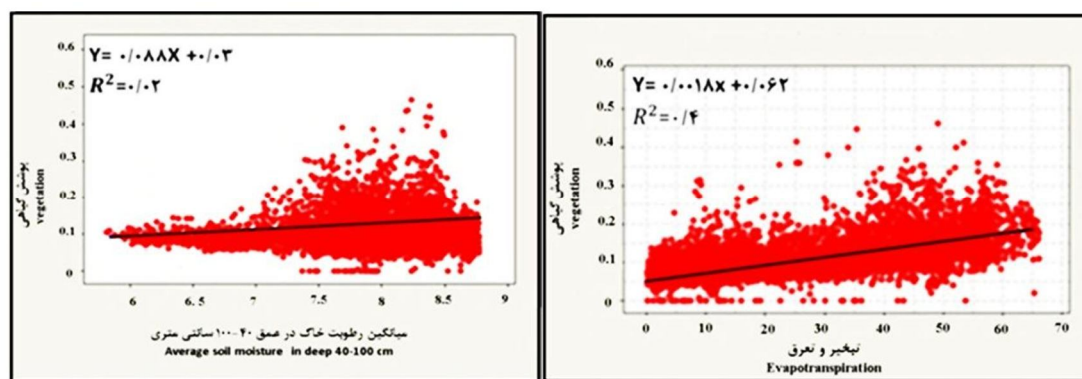
تکه‌تکه شدن زمین، اندازه اراضی کشاورزی، خصوصیات خاک، اجرای سیاست‌های مدیریتی و ... می‌باشد (۷). در مطالعه صلواتی و همکاران (۲۰۱۴) تحت عنوان آشکارسازی تخریب خاک و خطر بیابان‌زایی در حوزه مدیرانه با استفاده از آزمون کروسکال والیس به این نتیجه دست یافتند که از ۴۷ متغیر ۲۰ متغیر (بارش، شاخص خشکی، بارش فصلی، تبخیر و تعرق پتانسیل، بارش فرساینده، مواد مادری، مواد آلی افق سطحی خاک، تراکم زهکشی، نواحی غیرقابل نفوذ، اندازه زمین‌های زراعی، تکه‌ای شدن پوشش، حصول خالص زراعت، کنترل چرا، کشاورزی پایدار و ...) به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای در پنج منطقه مورد مطالعه (ترکیه، مکزیک، تونس، اسپانیا و مراکش) دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد (۱۳). در مطالعه ارزیابی و انتخاب شاخص‌ها برای تخریب زمین و نظارت بر بیابان‌زایی که توسط کاسموس و همکاران (۲۰۱۳) انجام پذیرفت و تحلیل آماری از ضریب همبستگی بین چندین شاخص برای مناطق مورد مطالعه (کشاورزی، جنگل، مرتع و ...) نشان داد که بیش‌ترین تعداد از فاکتورهای مؤثر بر خطر بیابان‌زایی اراضی مربوط به مناطق کشاورزی (۱۷ فاکتور) همراه با فرسایش آبی به‌عنوان فرآیند اصلی تخریب اراضی، مراتع (۱۶ فاکتور) و کم‌ترین تعداد شاخص‌های مؤثر بر بیابان‌زایی با هشت فاکتور در مناطق جنگلی می‌باشد. مؤثرترین شاخص‌ها در ارزیابی خطر بیابان‌زایی و تخریب اراضی در این مطالعه عبارتند از: بارش فصلی، شیب، پوشش گیاهی، شدت کاربری اراضی، نرخ ترک اراضی می‌باشد (۸). در مطالعه کیریس و همکاران (۲۰۱۳) که با عنوان ارزیابی و انتخاب شاخص‌ها برای تخریب زمین و نظارت بر بیابان‌زایی انجام شد با استفاده از ضریب همبستگی بین شاخص‌های بیوفیزیکی و اقتصادی-اجتماعی به این نتیجه دست یافتند که شاخص‌هایی

۲۰۰۱-۲۰۱۳ که این ویژگی به دلیل شرایط خشکسالی موجود در منطقه در سال ۲۰۰۱ در ماه‌های مورد مطالعه (اکتبر تا ژوئن) با میانگین بارش حدود ۱۵۰ میلی‌متر و شرایط اقلیمی تقریباً نرمال حاکم در سال ۲۰۱۳ با میانگین بارش حدود ۲۲۰ میلی‌متر می‌باشد). است.

در نتیجه می‌توان به‌عنوان مؤثرترین عامل اقلیمی در آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه به بیابان‌زایی در نظر گرفت و هم‌چنین متغیر بارش و پوشش گیاهی (EVI) نیز در مقیاس زمانی ۲۰۰۱-۲۰۱۳ دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند (شکل ۵) و بیش‌ترین تفاوت را پوشش گیاهی در جوامع ۲۰۰۱ و ۲۰۰۵ دارد.

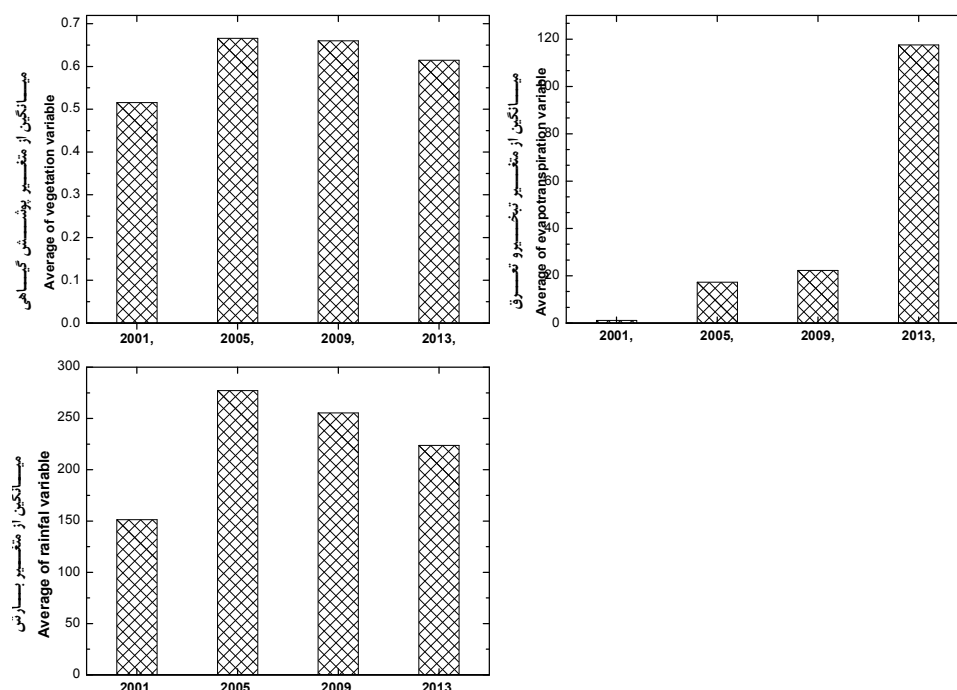
که این ویژگی به دلیل شرایط خشکسالی موجود در سال ۲۰۰۱ به‌ویژه در ماه‌های مورد مطالعه (اکتبر تا ژوئن) و شرایط اقلیمی نرمالی که در سال ۲۰۰۵ (با میانگین بارش حدود ۲۷۰ میلی‌متر) در منطقه حاکم بوده است، می‌باشد. که این خصوصیت نشان‌دهنده بهبود وضعیت پوشش گیاهی به دلیل بهبود وضعیت اقلیمی به‌ویژه بارش در منطقه مورد مطالعه می‌باشد و در نتیجه در این مقیاس زمانی می‌توان گفت که کم‌ترین خطر بیابان‌زایی وجود داشته است.

میانگین حدود ۲۵۵ میلی‌متر که شرایط نرمالی داشته است و اقدامات حفاظتی (از قبیل: قرق، احداث جنگل‌های دست‌کاشت و ...) افزایش یافته و در نتیجه رطوبتی که گیاه که از برگ‌های خود که به‌صورت تبخیر خارج می‌کند باعث افزایش تبخیر در منطقه مورد مطالعه شده است. با توجه به شکل ۴ می‌توان این گونه برداشت نمود که در سال ۲۰۱۳ پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی به دلایلی چون عوامل اقلیمی (کاهش بارندگی، افزایش دما و ...) و دخالت‌های انسانی (چرای بیش از حد دام، شخم، استفاده بیش از توان زمین‌های زراعی و ...) کاهش یافته و در نتیجه از رطوبت در عمق ۴۰-۱۰۰ سانتی‌متر استفاده نشده است و کم‌ترین همبستگی را با این متغیر دارد. از آزمون ناپارامتری تجزیه واریانس کروسکال‌والیس برای بررسی تفاوت ۱۲ متغیر در جوامع ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ استفاده شد. با توجه به شکل ۵ می‌توان مشاهده نمود که میانگین متغیر تبخیر و تعرق در بررسی جوامع ۲۰۰۱-۲۰۱۳ دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشد بنابراین می‌توان این‌گونه استنباط نمود که تبخیر و تعرق دارای بیش‌ترین تفاوت در مقیاس زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ (به‌ویژه برای جوامع



شکل ۴- ارتباط بین پوشش گیاهی با متغیر تبخیر و تعرق در سال ۲۰۰۹ (بیش‌ترین همبستگی در سمت راست) و متغیر میانگین رطوبت خاک در عمق ۴۰-۱۰۰ در سال ۲۰۱۳ (کم‌ترین همبستگی در سمت چپ) را نشان می‌دهد.

Figure 4. Relationship between vegetation index and evapotranspiration in 2009 (highest correlation donated in the right panel) and relationship between vegetation and soil moisture within 40-100 cm depth in 2013 (lowest correlation donated in the left panel).



شکل ۵- نشان‌دهنده تفاوت در جوامع ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ برای متغیرهای تبخیر و تعرق، بارش و پوشش گیاهی می‌باشد.

Figure 5. Shows difference in variables in 2001, 2005, 2009 and 2013 for evapotranspiration, rainfall and vegetation.

زمانی متغیرها با استفاده از داده‌های دورسنجی برای چندین دوره زمانی و ۳- تحلیل روابط و همبستگی بین متغیرها بر اساس آزمون‌های آماری به‌کار برده شده، باشد. با استفاده از تحلیل‌های آماری میان متغیرها (پوشش گیاهی، بارش، تبخیر و تعرق و تبخیر از زمین، میانگین دما و رطوبت در اعماق خاک، دمای سطح زمین) در این مقاله می‌توان تغییرات اقلیمی در منطقه و متغیرهایی که بیش‌ترین تأثیر و حساسیت را به این گونه تغییرات دارند را شناسایی نمود و جهت برنامه‌ریزی، در برنامه‌های مقابله با بیابانی‌شدن استفاده نمود.

### جمع‌بندی

بیابان‌زایی و تخریب زمین پدیده‌ای پویا و دینامیک در زمان و مکان است و می‌تواند آن را به‌عنوان یک مشکل جدی، متأثر از عوامل بیوفیزیکی و اقتصادی- اجتماعی دانست. با توجه این‌که بخش وسیعی از استان خراسان رضوی در معرض ریسک بیابان‌زایی می‌باشد، بدین منظور استفاده از شاخص‌های ترکیبی روشی مناسب جهت تعیین روابط پنهان و نهفته میان فاکتورهای پیش‌برنده و مؤثر در بیابان‌زایی است. روش‌های به‌کار برده شده در این مقاله ممکن است روشی مؤثر جهت: ۱- انتخاب متغیر مناسب در ارتباط با بیابان‌زایی، ۲- شناسایی تغییرات مکانی-

### منابع

1. Abbaszade Tehrani, N., and Saberi, N. 2013. Seasonal Land Cover Change Assessment Using Remote Sensing Data Analysis. International Conference on the 3 Environmental Planning Management (ACEPM2013), November 26-27, 2013 Tehran.
2. Arami, A.H., Ownegh, M., and Sheikh, V.B. 2014. Assessment of desertification hazard by using the 9 criteria IMDPA model in Semi-arid Agh-Band region, Golestan Province. J. Water Soil Cons. 21: 2. 153-172.

3. Akbari, M.R., Karimzadeh, H., Modarres, R., and Chakoshi, B. 2007. Assessment and classification of desertification using RS & GIS techniques (Case study: the Arid Region, in the north of Isfahan). *Iran. J. Range Des. Res.* 14: 2. 124-142.
4. Ekhtesasi, M., and Sepehr, A. 2011. Methods and models of desertification assessment and mapping. Yazd University. Press, 288p. (In Persian)
5. Hadian, F., Hoseini, Z., and Hasani, M. 2014. Monitoring of vegetation changes using the rainfall data and NOAA AVHRR satellite images over Kermanshah. *Iran. J. Range.* 1: 1. 46-62.
6. Imbrenda, V., D'Emilio, M., Lanfredi, M., Simoniello, T., Ragosta, M., and Macchiato, M. 2013. Integrated Indicators for the estimation of vulnerability to land degradation. *J. INTECH.* 65: 6. 907-923.
7. Kosmas, C., Kairis, O., Karavitis, C., Acikalin, S., Alcalá, M., Alfama, P., Atlhopheng, J., Barrera, J., Belgacem, A., Solé-Benet, A., Brito, J., Chaker, M., Chanda, R., Darkohd, M., Ermolaeva, O., Fassouli, V., Fernandez, F., Gokceoglu, C., Gonzalez, D., Gungor, H., Hessel, R., Khatteli, H., Khitrov, N., Kounalaki, A., Laouina, A., Magole, L., Medina, L., Mendoza, M., Mulale, K., Ocakoglu, F., Ouessar, M., Ovalle, C., Perez, C., Perkins, J., Pozo, A., Prat, C., Ramos, A., Ramos, J., Riquelme, J., Ritsema, C., Romanenkov, V., Sebego, R., Sghaier, M., Silva, N., Sizemskaya, M., Sonmez, H., Taamallah, H., Tezcanj, L., De Vente, J., Zagal, E., Zeiliger, A., and Salvati, L. 2014. An Exploratory Analysis of land abandonment drivers in areas Prone to desertification. *CATENA* 128: 252-261.
8. Kosmas, C., Kairis, O., Karavitis, Ch., Ritsema, C., Salvati, L., Acikalin, S., Alcalá, M., Alfama, P., Atlhopheng, J., Barrera, J., Belgacem, A., Solé-Benet, A., Brito, J., Chaker, M., Chanda, R., Coelho, C., Darkoh, M., Diamantis, I., Ermolaeva, O., Fassouli, V., Fei, W., Feng, J., Fernandez, F., Ferreira, A., Gokceoglu, C., Gonzalez, D., Gungor, H., Hessel, R., Juying, J., Khatteli, H., Khitrov, N., Kounalaki, A., Laouina, A., Lollino, P., Lopes, M., Magole, L., Medina, L., Mendoza, M., Morais, P., Mulale, K., Ocakoglu, F., Ouessar, M., Ovalle, C., Perez, C., Perkins, J., Pliakas, F., Polemio, M., Pozo, A., Prat, C., Qinke, Y., Ramos, A., Ramos, J., Riquelme, J., Romanenkov, V., Rui, L., Santaloia, F., Sebego, R., Sghaier, M., Silva, N., Sizemskaya, M., Soares, J., Sonmez, H., Taamallah, H., Tezcan, L., Torri, D., Ungaro, F., Valente, S., DeVente, J., Zagal, E., Zeiliger, A., Zhonging, W., and Ziogas, A. 2013. Evaluation and selection of indicators for land degradation and desertification monitoring: methodological approach. *Springer J. Environ. Manage.* 54: 951-970.
9. Kairis, O., Kosmas, C., Karavitis, Ch., Ritsema, C., Salvati, L., Acikalin, S., Alcalá, M., Alfama, P., Atlhopheng, J., Barrera, J., Belgacem, A., Solé-Benet, A., Brito, J., Chaker, M., Chanda, R., Coelho, C., Darkoh, M., Diamantis, I., Ermolaeva, O., Fassouli, V., Fei, W., Feng, J., Fernandez, F., Ferreira, A., Gokceoglu, C., Gonzalez, D., Gungor, H., Hessel, R., Juying, J., Khatteli, H., Khitrov, N., Kounalaki, A., Laouina, A., Lollino, P., Lopes, M., Magole, L., Medina, L., Mendoza, M., Morais, P., Mulale, K., Ocakoglu, F., Ouessar, M., Ovalle, C., Perez, C., Perkins, J., Pliakas, F., Polemio, M., Pozo, A., Prat, C., Qinke, Y., Ramos, A., Ramos, J., Riquelme, J., Romanenkov, V., Rui, L., Santaloia, Sebego, R., Sghaier, M., Silva, N., Sizemskaya, M., Soares, J., Sonmez, H., Taamallah, H., Tezcan, L., Torri, D., Ungaro, F., Valente, S., de Vente, J., Zagal, E., Zeiliger, A., Zhonging, W., and Ziogas, A. 2013. Evaluation and selection of indicators for land degradation and desertification monitoring: Types of degradation, Causes, and implications for management. *Springer J. Environ. Manage.* 54: 971-982.
10. Mabbutt, J. 1986. Desertification indicators. *J. Clim. Change.* 9: 113-122.
11. Mesdaghi, M. 2011. Statistical and regression methods. Emam Reza University. Press, 421p. (In Persian)
12. Molinari, P. 2014. A geographic information system gis with integrated models: a new approach for assessing the vulnerability and risk of desertification in Sardinia (Italy). *J. Global Bioethic.* 25: 1. 27-41.

13. Salvati, L., Kosmas, C., Kairis, O., Karavitis, C., Acikalin, S., Belgacem, A., Solé-Benet, A., Chaker, M., Fassouli, V., Gokceoglu, C., Gungor, H., Hessel, R., Khatteli, H., Kounalaki, A., Laouina, A., Ocakoglu, F., Ouessar, M., Ritsema, C., Sghaier, M., Sonmez, H., Taamallah, H., Tezcan, L., and De Vente, J. 2014. Unveiling soil degradation and desertification risk in the mediterranean basin: a data mining analysis of the relationships between biophysical and socioeconomic factors in agro-forest landscapes. *J. Environ. Plan. Manage.* 54: 10. 1-15.
14. Salvati, L., and Zitti, M. 2009. The environmental risky region: identifying land degradation processes through integration of socio-economic and ecological indicators in a multivariate regionalization model. *J. Environ. Manage.* 47: 3. 280-291.
15. Santini, M., Caccamo, G., Laurenti, A., Noce, S., and Valentini, R. 2009. A multi-component gis framework for desertification risk assessment by an integrated index. *J. Elsevier.* 22p.
16. Sepehr, A., and Zucca, C. 2012. Ranking desertification indicators using TOPSIS algorithm. *J. Nat. Hazards.* 62: 1137-1153.
17. Sepehr, A., Ekhtesasi, M., and Almodaresi, A. 2011. Development of desertification indicator system base on DPSIR (Take advantages of Fuzzy-TOPSIS). *Geograph. Environ. Plan. J.* 45: 1. 33-50.
18. Sepehr, A., and Parvian, N. 2012. Desertification vulnerability mapping and prioritize confronting strategies in Khorasan Razavi province based on the nartbh pramsh algorithm. *Earth Sci. Res. J.* 8: 58-71.
19. Silakhori, E., Ownegh, M., Sadoddin, A., and Filekesh, E. 2014. Comparing efficiency of iranian desert hazard assessment models, namely MICD and IMDPA (Case study: Sabzevar region). *J. Water Soil Cons.* 5: 89-99.
20. Sommer, S., Zucca, C., Grainger, A., Cherlet, M., Zougmore, R., Sokona, Y., Hill, J., Della Peruta, R., Roehrig, J., and Wang, G. 2011. Application of indicator systems for monitoring and assessment of desertification from national to global scales. *J. Land Deg. Dev.* 22: 184-197.
21. Thomas, G., and David, S. 1997. Science and the desertification debate. *J. Arid Environ.* 37: 599-608.
22. Zolfaghari, F., Shahriari, A.R., Fakhireh, A., Rashki, A.R., Noori, S., and Khosravi, H. 2011. Assessment of desertification potential using IMDPA model in Sistan plain. *Watershed Management Research (Pajouhesh and Sazandegi).* 91: 97-107. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(3), 2016*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **The analysis of statistical relations of desertification integrated indicators by using the ANOVA Non-Parametric tests**

**M. Pashaei Nejad<sup>1</sup>, \*A.R. Rashki<sup>2</sup> and A. Sepehr<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Desert and Arid Management, Ferdowsi University of Mashhad,

<sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Desert and Arid Management, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 05/22/2015; Accepted: 12/15/2015

### **Abstract**

**Background and Objectives:** Desertification defines land degradation in the arid, semi arid and subhumid dry regions in consequence of some parameters such as climate change, and human activities. Desertification defines land degradation in the arid, semi arid and subhumid dry regions in consequence of some parameters such as climate change, and human activities. Desertification is considered the collapse of fragile ecosystem with higher vulnerability to environmental changes. In recent years many parts of Iran, reaction of ecosystems has reduced due to incorrect land use changes and human activities and thus exacerbate land degradation. Therefore, more efforts are to implement quantitative method to assess desertification by using of concepts and definitions of evaluated indicators. Assessment of sensitivity of a region to desertification by combination of indices and utilization of methods and standard analysis, leading us to understanding more about desertification. This study aim to evaluate statistical correlation of indicators, effecting desertification by using nonparametric analysis in Khorasan e Razavi province at eastern Iran.

**Materials and Methods:** In this study, six indicators include Vegetation cover, Precipitation, Surface temperature, Soil moisture, soil temperature at 0-100 cm underground and Evaporation (evapotranspiration, soil evaporation) for four periods of 2001, 2005, 2009 and 2013 were used. These indices were products of MODIS, MERRA and TRMM sensors onboard on TERRA satellite. In order to do statistical analysis of the variables, the Spearman correlation tests were used between vegetation index and the other indicators. Nonparametric analysis of Kruskal-Wallis tests were also used to determine variance in different indicators at the four periods.

**Results and Discussion:** High correlation between the vegetation index and the evapotranspiration in 2009 shows that increase in vegetation cover causes increasing in evapotranspiration due to a specific climate condition over this area. The same but converse correlation showed less vegetation consequence increase humidity in the subsurface depths to 2013. Kruskal-Wallis test results also showed that there are significant differences in the study time periods for rainfall, evapotranspiration and vegetation due to different climatic conditions prevailing in the region. Highest significant difference is for evapotranspiration in 2001-2013 due to transition of drought period to a normal climate.

**Conclusion:** Since a large part of Khorasan e Razavi province is at desertification risk, combination indicators is an appropriate method to estimate potential relationships among of factors contributing to desertification. Methods used in this study may be an effective method to 1) choice appropriate variables associated to desertification 2) Identify spatiotemporal changes of variables by using remote sensing for different periods 3) analysis between variables Based on statistical test. Statistical analysis of variables can be identified the most influence and sensitive variables to desertification.

**Keywords:** Desertification vulnerability, Integrated index, Non-parametric tests

---

\* Corresponding Author; Email: a.rashki@um.ac.ir