

بررسی روند بیابان‌زایی دشت کاشان با استفاده از مدل IMDPA با تأکید بر معیار اقلیم

مجتبی قرائتی جهرمی^۱، عباسعلی ولی^۲، سید حجت موسوی^۳، فاطمه پناهی^۴، حسن خسروی^{۵*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۴

چکیده

خشکسالی یکی از مخرب‌ترین بلاهای طبیعی است که در مناطق مختلف ایران اغلب اتفاق می‌افتد. در این پژوهش به منظور پایش بیابان‌زایی دشت کاشان از چهار شاخص بارش، خشکی ترانسو، تداوم خشکسالی دهک‌دوم و بارش استاندارد (SPI) استفاده شد. بعد از آماده سازی داده‌ها با استفاده از جدول امتیازدهی مدل IMDPA هر یک از معیارها به صورت لایه‌های اطلاعاتی وارد محیط نرم افزار ArcGIG9.3 شد. سپس با به‌کارگیری روش کریجینگ، چهار شاخص فوق‌الذکر، ناحیه‌بندی شده و نقشه‌های هر شاخص برای سه دوره ۱۹۷۵-۱۹۹۰، ۱۹۹۱-۲۰۰۰ و ۲۰۰۱-۲۰۱۰ تهیه گردید. در نهایت با استفاده از میانگین هندسی، نقشه‌های تهیه شده سه دوره مطالعاتی، با هم ادغام شده و با قرار دادن لایه‌های امتیازدهی شده چهار شاخص مذکور، نقشه نهایی بر اساس مدل IMDPA از اقلیم دشت کاشان تهیه گردید. نتایج تحقیق نشان داد که معیار بارش استاندارد (SPI) با ارزش عددی ۲/۹۹ بیشترین تأثیر و معیار تداوم خشکسالی دهک‌دوم با ارزش عددی ۰/۱۴ کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارد. همچنین معیارهای خشکی ترانسو و بارش به ترتیب با ارزش‌های عددی ۲/۹۷ و ۲/۵۹ شدت بیابان‌زایی متوسط را نشان می‌دهند. در مجموع می‌توان گفت روند بیابان‌زایی از منظر معیار اقلیم رو به گسترش می‌باشد. به طوری که در چنین شرایطی، وقوع بیابان‌زایی با شدت بیشتر در دهه های آتی دور از انتظار نخواهد بود.

واژه‌های کلیدی: خشکی ترانسو، بارش استاندارد شده، بیابان‌زایی، IMDPA، کاشان

مقدمه

درصد از سرزمین‌های خشک جهان قلمروهای مستعد پدیده بیابان‌زایی است. در ایران، حدود ۱۰۰ میلیون هکتار از اراضی در معرض پدیده بیابان‌زایی قرار دارند. علی‌رغم مطالعات گسترده اقلیم‌شناسان در مورد شاخص‌های آب و هوایی مناطق بیابانی جهان، اختلاف نظر و ارقام متفاوتی وجود دارد. به همین جهت شاخص‌های اقلیمی متفاوتی ارائه شده است (خسروی، ۱۳۹۱). افزایش شدت بهره‌برداری روز به روز بر وسعت مناطق بیابانی جهان می‌افزاید، از این رو تاکنون جامعه جهانی به هیچ وجه به صورت فعلی درگیر بحران‌های اکولوژیکی مربوط به بیابان‌زایی نبوده است (جعفری، ۱۳۸۰). در مدل FAO-UNEP (۱۹۸۴) فرسایش آبی، فرسایش بادی، شور شدن خاک به‌عنوان فرآیندهای اصلی و کاهش مواد آلی، سله بستن و تجمع مواد سمی به‌عنوان فرآیندهای فرعی بیابان‌زایی در نظر گرفته شده‌اند. در این روش شدت بیابان‌زایی از جمع عوامل انسانی (فشار دام و انسان بر محیط زیست) و عوامل

بیابان‌زایی عبارت است از تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب در اثر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی (دانفنگ^۵ و همکاران، ۲۰۰۶؛ فراراً^۶ و همکاران، ۲۰۱۲). طبق این تعریف، در حدود ۸۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

^۲ دانشیار، گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

^۳ استادیار، گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

^۴ استادیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

* نویسنده مسئول: hakhosravi@ut.ac.ir

^۵ Danfeng

^۶ Ferrara

آرژانتین استفاده کردند. هدف آن‌ها از این تحقیق تعیین و آنالیز مناطق تخریب شده، بررسی پیشرفت فرآیندهای طبیعی و انسانی بیابان‌زایی استفاده از علم سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و ارزیابی توان این دو ابزار برای مطالعه سیمای بیابان‌زایی و ارزیابی استعدادهای محیط‌های مختلف طبیعی این کشور برای بیابان‌زایی است. مطالعه نقشه‌های تهیه شده با استفاده از این روش وضعیت مستعد منطقه را برای بیابانی شدن نشان داد (مقصودی، ۱۳۷۹). ناطقی و همکاران (۱۳۸۸) در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد با مدل IMDPA با تأکید بر معیارهای آب، زمین و پوشش به بررسی شدت بیابان‌زایی دشت سگری پرداخت که نتایج نشان داد، معیار آب با گرفتن امتیاز ۳/۱۷ در کلاس بیابان‌زایی خیلی شدید طبقه بندی می‌شود. با استفاده از مدل IMDPA و با تأکید بر معیارهای وضعیت کشاورزی، آب و خاک، بیابان‌زایی اراضی کشاورزی محدوده طشک در استان فارس را مورد بررسی قرار داد. نتایج به دست آمده نشان داد که در این منطقه شاخص‌های سیستم‌های آبیاری و افت آب‌های زیرزمینی، اصلی‌ترین عوامل بیابان‌زایی را تشکیل می‌دهد. ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۰)، ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل IMDPA و چهار معیار اقلیم، پوشش گیاهی، خاک و فرسایش بادی مورد بررسی قرار داد. نتایج به دست آمده نشان داد، معیارهای پوشش گیاهی و اقلیم به ترتیب با ارزش‌های عددی ۱/۵۱ و ۱/۵۷ شدت بیابان‌زایی متوسط را نشان می‌دهد. بخشنده مهر و همکاران (۱۳۹۲)، ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی و اصلاح مدل مدالوس در دشت سگری اصفهان را مورد پژوهش قرار دادند، بر اساس نتایج به دست آمده ۲ درصد از مساحت منطقه در کلاس متوسط، ۳۵ درصد در کلاس بیابان‌زایی شدید، و ۶۳ درصد نیز در کلاس بیابان‌زایی بسیار شدید قرار دارند. ناطقی و همکاران (۱۳۸۸) در ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سگری با بهره‌گیری از مدل IMDPA، به این نتیجه رسید که معیار آب با میانگین وزنی ۳/۹۷ بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارد و در کلاس بیابان‌زایی خیلی شدید قرار می‌گیرد. مسعودی (۱۳۸۹) جهت ارائه یک سیستم هشدار بیابان‌زایی در دشت کاشان با استفاده از مدل IMDPA و با ArcGIS9.3 و با تأکید بر دو معیار آب و اقلیم، نشان داد که معیار آب با ارزش عددی ۳/۳۶ بیشترین تأثیر را

محیطی (وضعیت فعلی، سرعت، استعداد) محاسبه می‌گردد که از اشکالات این روش می‌باشد. زیرا نقش عوامل محیطی و انسانی و تأثیر آن‌ها در بیابان‌زایی یکسان نیست و ارزش‌گذاری مشابه آن‌ها در تبیین شدت بیابان‌زایی نمی‌تواند از صحت مطلوب برخوردار باشد. لذا به‌کارگیری آن در مناطق مختلف دارای اشکالات زیادی می‌باشد. (ذاکری‌نژاد و همکاران ۱۳۹۱). گرنجر^۱ (۱۳۷۴) دلایل کشت بیش از حد محصولات کشاورزی، جنگل‌تراشی، چرای بیش از حد و آبیاری نامناسب را برای بیابان‌زایی نام می‌برد که هر کدام با افزایش جمعیت بشری شدیدتر می‌شود. سن و شارما^۲ (۱۹۹۵) بیابان‌زایی را افزایش فشار انسان در سیستم استفاده آن از اکوسیستم‌های حساس می‌داند که باعث کاهش بازدهی تولید و عدم برگشت-پذیری می‌گردد. کاتز^۳ و همکاران (۱۹۷۷) بیابان‌زایی را روند تخریب اراضی می‌دانند که شامل روند تخریبی در تولید و سامانه‌های اجتماعی اکوسیستم‌ها می‌باشد. در سال ۱۹۷۶ اولین تحقیق غیر رسمی و منطقه‌ای در زمینه تهیه نقشه بیابان‌زایی توسط محققین دانشگاه هامبورگ در منطقه دارفور کشور سودان و به مدت ۴ سال انجام گرفت. نتایج این کار به دو نقشه کاربری اراضی و بیابان‌زایی به علت ارتباط با یکدیگر گردآوری شد (جوادی، ۱۳۸۳). اولین فعالیت به‌صورت رسمی و گسترده در زمینه ارزیابی و تهیه نقشه‌ی بیابان‌زایی جهان با هدف درک بهتر از مسائل پیچیده‌ی این پدیده در سال ۱۹۷۷ توسط UNEP و یونسکو انجام گرفت که در برگزیده مناطق بیابانی و مناطقی که در معرض بیابان‌زایی قرار داشتند می‌شد (ذبیحی اسرمی، ۱۳۸۰). در سال ۱۹۸۵ برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد با همکاری دولت کنیا طرح راهنمایی ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی را در کشور کنیا به مورد اجرا گذاشت. هدف از انجام این طرح ارزیابی کاربردی روش یونپ- فائو بود که با انجام آن علاوه بر پی بردن به مزایا، ایرادات آن نیز شناسایی می‌شود (مشکوه، ۱۳۷۷). توریو^۴ و زیدام^۵ در سال ۱۹۹۸، از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور آنالیز بیابان‌زایی در منطقه پاتاگونایی

¹ Granger

² Sen & Sharma

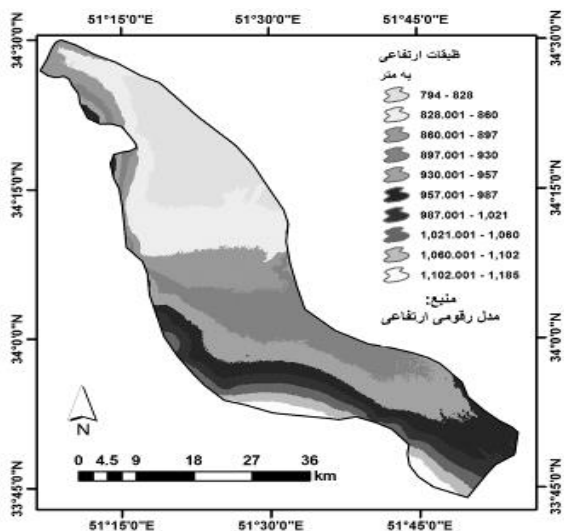
³ Kates

⁴ Torio

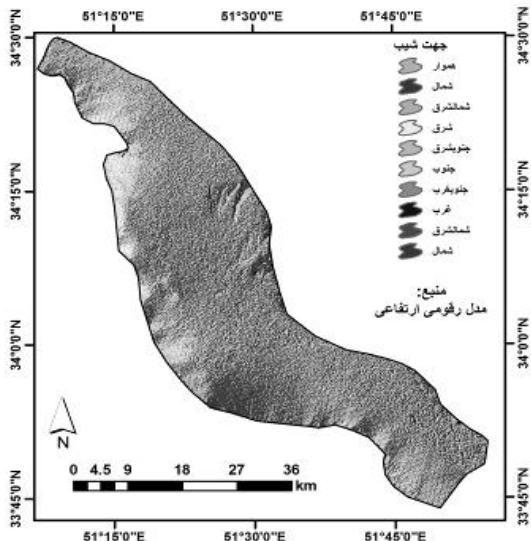
⁵ Zuidam



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و اصفهان



شکل ۲- نقشه ارتفاع آبخوان کاشان مطالعه نسبت به سطح دریا



شکل ۳- نقشه جهت شیب آبخوان کاشان

در بیابان‌زایی منطقه دارد و در کلاس شدید قرار می‌گیرد. نگارش و همکاران (۱۳۹۰) با تجزیه و تحلیل ناهنجاری‌های اقلیمی مؤثر بر فرایند بیابان‌زایی در خضرآباد یزد به این نتیجه رسیدند که تغییرات عناصر مورد بررسی شامل دما و بارش به نفع شرایط بیابانی به‌طور مستقیم و با فراهم نمودن زمینه تشدید این شرایط به علت فعالیت‌های انسانی از طریق فشار بر منابع آب و پوشش گیاهی می‌باشد. از جمله اهداف این تحقیق می‌توان به تهیه نقشه ارزش عددی هر شاخص و هر معیار اقلیمی برای سه دوره زمانی، تعیین کلاس شدت بیابان‌زایی در هر واحدکاری و در کل منطقه برای سه دوره زمانی، مقایسه وضعیت پیشین بیابان‌زایی منطقه مطالعاتی با وضعیت کنونی آن و تعیین شدت پیشروی بیابان‌زایی منطقه و نقد و بررسی روند بیابان‌زایی منطقه و تهیه گزارش نهایی اشاره کرد. خسروی (۱۳۹۱) در قالب رساله‌ی دکتری با استفاده از مدل ArcGIS9.3 و IMDPA و با تأکید بر معیارهای اقلیم، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، منابع آب و پوشش گیاهی، روند و اثر تغییرات معیارها و شاخص‌های پایش بیابان‌زایی دشت کاشان را بررسی نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش ابتدا حوزه آبخیز شهرستان کاشان را مرزبندی، سپس آبخوان کاشان را به‌عنوان منطقه مورد مطالعه مشخص شد (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه، در استان اصفهان، در موقعیت ۵۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۱۵ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض جغرافیایی واقع شده است که وسعتی معادل ۱۸۴۹/۴ کیلومتر مربع شهرستان‌های کاشان و آران‌بیدگل را پوشش می‌دهد. بر اساس شکل ۲، بلندترین نقاط مرتفع در منطقه ارتفاعی حدود ۱۱۸۵ متر از سطح دریا ارتفاع دارد که در قسمت جنوبی منطقه واقع است. کمترین ارتفاع منطقه ۷۹۴ متر ارتفاع از سطح دریا دارد، که قسمت میانی و شمالی منطقه را شامل می‌شود. همان‌گونه که بر اساس شکل ۳، اکثر شیب منطقه مورد مطالعه متمایل به شمال و شرق و حد واسط بین این دو یعنی شمال شرقی است.

شاخص خشکی ترانسو

جهت بررسی شاخص خشکی در این تحقیق از شاخص ترانسو استفاده گردیده است، که بر اساس معادله ۲ تعریف می‌شود.

$$I = \frac{P}{ETP} \quad (2)$$

که در آن P بارش سالانه و ETP مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه می‌باشد. تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه با استفاده از روش تورنت‌وایت تعیین شد.

شاخص تداوم خشکسالی دهک‌دوم

برای مطالعه بیابان‌زایی با توجه به دامنه تغییرات خشکسالی‌ها، تعریف زیر پیشنهاد می‌شود: یک سال خشک به سالی اطلاق می‌گردد که جمع بارش در آن سال از نظر آماری از مقدار دهک دوم (D_2) جامعه بارندگی‌های سالانه کمتر باشد^۱. این تعریف طبق معادله ۳ می‌باشد.

$$P(X < D_2) = 0.20 \quad (3)$$

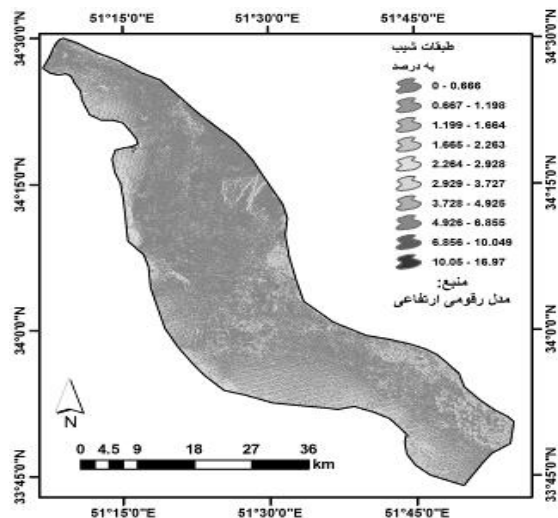
شاخص بارش استاندارد^۲ (SPI)

طبق این شاخص خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد، و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد. مقادیر تجمعی SPI نیز، بزرگی و شدت دوره خشکسالی را نشان می‌دهد. طبقه بندی دوره‌های مرطوب، نرمال و خشک بر اساس روش SPI در جدول ۲ آمده است. شاخص بارش استاندارد (SPI) مطابق با معادله ۴ محاسبه می‌شود.

$$SPI = \frac{(P_{ik} - \bar{P}_i)}{\sigma_i} \quad (4)$$

که SPI بارش استاندارد شده، P_{ik} مقادیر بارش در ایستگاه i در k امین سال مشاهده به میلی‌متر، \bar{P}_i میانگین بارش بلند مدت ایستگاه i به میلی‌متر و σ_i انحراف معیار داده‌های بارش بلند مدت ایستگاه i می‌باشد. دامنه طبقه‌های شدت برای تعیین ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها بر اساس نمایه SPI در جدول ۲ آمده است. سپس با استفاده از جدول ۳ هر

در این پژوهش، به منظور بررسی معیارها و شاخص‌ها، دوره ارتفاع متوسط منطقه ۹۹۰ متر از سطح دریا است. از شکل ۴ مشخص است، حوضه مورد مطالعه دارای شیب بسیار کم و مسطح می‌باشد، که حدود ۹۰٪ از منطقه شیبی کمتر از ۲٪ و حداکثر شیب منطقه ۱۶٪ است. مطالعاتی ۳۶ ساله تحت سه دوره مطالعاتی ۱۶ ساله (سال ۱۹۷۵ تا ۱۹۹۰)، ۱۰ ساله (سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰) و ۱۰ ساله (سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰) در نظر گرفته شد.



شکل ۴- نقشه درصد شیب آبخوان کاشان

در هر دوره طبق روش چهار شاخص بارش سالانه، تداوم خشکسالی، خشکی ترانسو و بارش استاندارد در نظر گرفته شد. طبق معامله ۱ از چهار شاخص اقلیمی میانگین هندسی گرفته شد.

$$Q_1 = \prod_{j=1}^4 Q_{1,j} = \sqrt[4]{(Q_{1,1}) \cdot (Q_{1,2}) \cdot (Q_{1,3}) \cdot (Q_{1,4})} \quad (1)$$

$Q_{(1,1)}$ امتیاز شاخص بارش سالانه، $Q_{(1,3)}$ امتیاز شاخص تداوم خشکسالی دهک‌دوم، $Q_{(1,2)}$ امتیاز شاخص خشکی ترانسو و $Q_{(1,4)}$ امتیاز شاخص بارش استاندارد (SPI) می‌باشد.

شاخص بارش سالانه

از آمار بارش چهار ایستگاه محمدآباد، راوند، فین و ابیان استفاده گردید و با استفاده از همبستگی داده‌ها، آمار ۳۶ ساله منطقه (۲۰۱۰-۱۹۷۵) بازسازی و طبقه‌بندی شد.

^۱ در استرالیا خشکسالی‌های شدید به سال‌هایی با رشد کمتر از دهک اول اطلاق می‌گردد (x بارندگی، D_2 دهک دوم)

^۲ Standardized Precipitation Index

بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش طی ۳۶ سال به نتایج زیر رسیده‌ایم، که در آبخوان کاشان میزان اراضی شهری، به صورت کاملاً خطی در طول ۳۶ سال افزایش یافته است و نسبت به سال ۱۹۷۵ حدود ۸ برابر افزایش یافته، همچنین اراضی مرتعی در ۱۶ سال اول ۳۵٪ افزایش و از آن پس تا سال ۲۰۰۰ نسبتاً ثابت باقی مانده است و از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۰۰ روند کاهشی را پیموده است. از طرفی اراضی تحت تسلط ماسه‌های بادی، در ۱۶ سال اول ۷۱٪ کاهش و سپس تا سال ۲۰۰۰ ثابت باقی مانده است و از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۰۰ با شیب ملایم رو به افزایش نهاده است. اراضی کشاورزی و باغات نیز در ۱۶ سال اول ۴۴٪ افزایش، همچنین پس از آن تا سال ۲۰۱۰ با شیب ملایم‌تری افزایش را نشان می‌دهد. در نهایت اراضی شور و بدون پوشش گیاهی در ۲۶ سال اول ۱۵٪ کاهش، ولی از سال ۲۰۰۰ رو به افزایش نهاده است (جدول ۴). نتیجه نهایی این مطالب دربردارنده استفاده نامناسب از اراضی به منظور توسعه فعالیت‌های انسانی از قبیل شهرسازی و کشاورزی را نشان داده و این امر نیز رخداد مسائل زیست محیطی نظیر تخریب اراضی و بیابان‌زایی انسانی را تشدید می‌کند.

منطقه را بر اساس امتیاز شاخص‌های معیار اقلیم در روش IMDPA کلاس‌بندی می‌کنیم و در نهایت نقشه پهنه‌بندی شده و کلاس بندی شده را ترسیم می‌کنیم.

جدول ۲- طبقه‌بندی دوره‌های مرطوب، نرمال و خشک بر اساس روش SPI

کد طبقه	مقدار SPI	طبقه
۷	۲ و بیشتر	بی نهایت مرطوب
۶	۱/۹۹ تا ۱/۵	مرطوب شدید
۵	۱ تا ۱/۴۹	مرطوب متوسط
۴	-۰/۹۹ تا ۰/۹۹	بارش نرمال
۳	-۱/۴۹ تا -۱	خشکی ملایم
۲	-۱/۹۹ تا -۱/۵	خشکی شدید
۱	-۲ و کمتر	خشکی حاد

شاخص نوع بهره‌برداری از واحد کاری

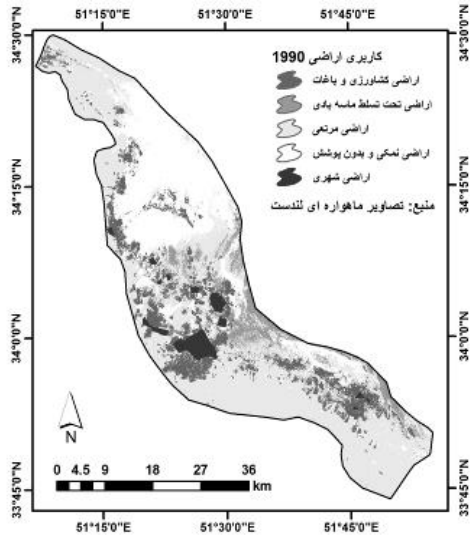
تشخیص به موقع و دقیق تغییرات عوارض سطح زمین، پایه و اساس برای درک بهتر روابط و تعاملات بین پدیده‌های انسانی و طبیعی به منظور مدیریت بهتر و استفاده بهینه از منابع را فراهم می‌آورد. با پایش تغییرات کاربری اراضی در بازه‌های زمانی می‌توان به روند مسائل محیطی نظیر تخریب اراضی، کاهش توان اکوسیستم و بیابان‌زایی پی برد. با توجه به

جدول ۳- تعیین امتیاز شاخص‌های معیار اقلیم در روش IMDPA

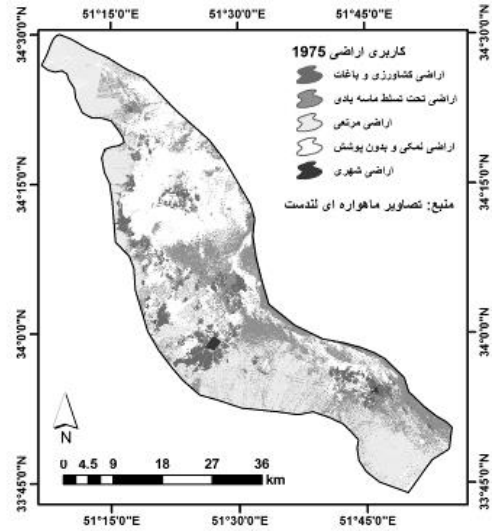
استمرار خشکسالی	کمتر از ۳ سال	۳-۴ سال	۵-۶ سال	۶-۷ سال	بیشتر از ۷ سال
شاخص خشکسالی	۷	۵ و ۶	۴	۲ و ۳	۱
شاخص خشکسالی ترانسو	بیشتر از ۰/۶۵	۰/۶۵-۰/۴۵	۰/۴۵-۰/۲۵	۰/۲۵-۰/۱۵	کمتر از ۰/۰۵
بارش سالانه (میلی متر)	بیشتر یا مساوی ۶۰۰	۲۸۰-۶۰۰	۱۵۰-۲۸۰	۷۵-۱۵۰	کمتر از ۷۵
شاخص امتیاز	۰/۰۱-۱	۱/۰۱-۱/۵	۱/۵۱-۲/۵	۲/۵۱-۳/۵	۳/۵۱-۴
ارزیابی کلاس	غیر قابل ملاحظه	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید

جدول ۴- درصد و مقدار مساحت (km^2) کاربری اراضی حوضه آبی کاشان در بازه‌های زمانی مطالعاتی

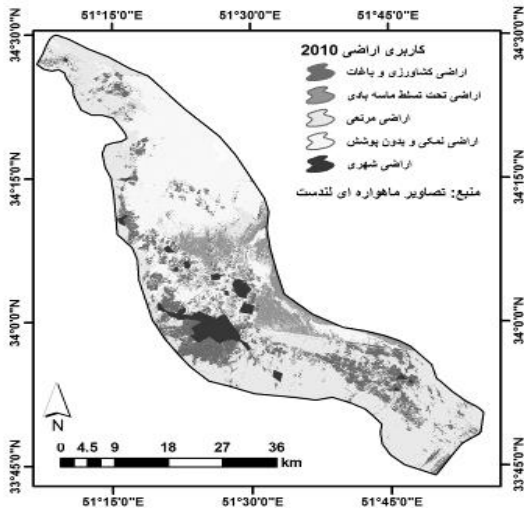
نوع بهره برداری از واحدکاری	سال ۱۹۷۵		سال ۱۹۹۰		سال ۲۰۰۱		سال ۲۰۱۰	
	مساحت km^2	درصد	مساحت km^2	درصد	مساحت km^2	درصد	مساحت km^2	درصد
اراضی کشاورزی و باغات	۱۹۴/۷۱۹۱	۱۰/۵	۲۸۱/۰۶۷۳	۱۵/۲	۳۰۰/۴۰۰۹	۱۶/۲	۳۴۵/۷۷۹۱	۱۸/۷
اراضی تحت تسلط ماسه های بادی	۳۸۲/۱۱۸۱	۲۰/۷	۱۱۰/۷۰۰۹	۶/۰	۱۰۴/۱۷۱۹	۵/۶	۱۳۵/۲۲۶۸	۷/۳
اراضی مرتعی	۶۳۹/۴۸۱۲	۳۴/۶	۸۶۷/۸۱۴۲	۴۶/۹	۸۷۴/۸۰۹۵	۴۷/۳	۷۷۳/۵۲۰۳	۴۱/۸
اراضی شور و بدون پوشش گیاهی	۶۲۲/۶۳۸۴	۳۳/۷	۵۷۲/۰۳۹۱	۳۰/۹	۵۲۸/۳۱۲۶	۲۸/۶	۵۶۱/۲۵۶۲	۳۰/۳
اراضی شهری	۴/۳۵۴۰۱۲	۰/۲	۱۶/۴۲۹۸۹	۰/۹	۲۷/۷۶۵۶	۱/۵	۳۲/۳۸۹۹	۱/۸
نواحی تفکیک نشده	۶/۰۸۹۳۴۵	۰/۳	۱/۳۴۸۶۱۱	۰/۱	۱۳/۹۳۹۵۴	۰/۸	۱/۲۲۸۲۷	۰/۱
کل	۱۸۴۹/۴	۱۰۰	۱۸۴۹/۴	۱۰۰	۱۸۴۹/۴	۱۰۰	۱۸۴۹/۴	۱۰۰



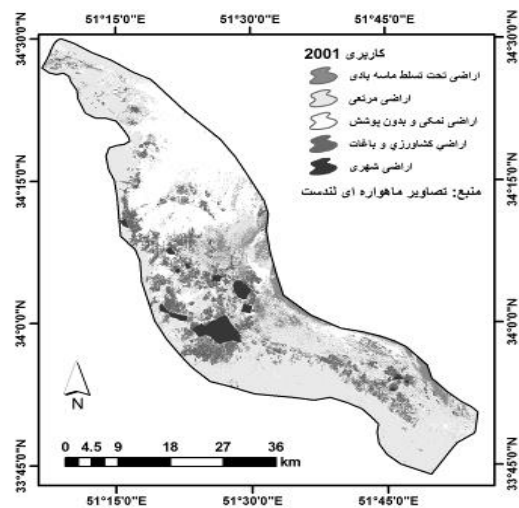
شکل ۶- نقشه کلاس‌بندی کاربری اراضی در سال ۱۹۹۰



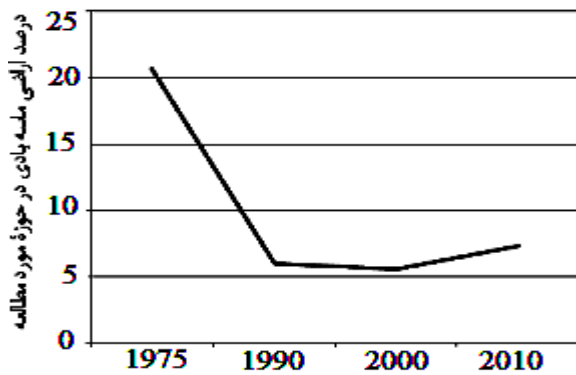
شکل ۵- نقشه کلاس‌بندی کاربری اراضی در سال ۱۹۷۵



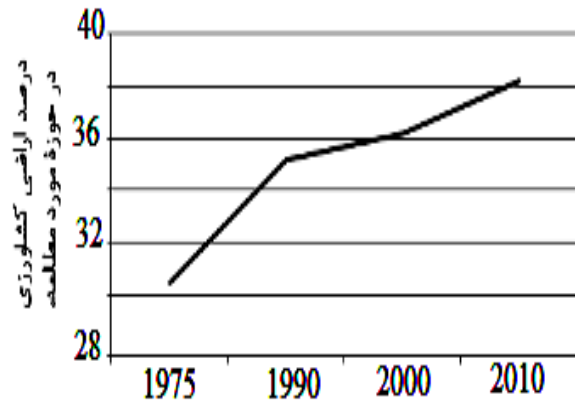
شکل ۸- نقشه پنج‌گانه کاربری اراضی در سال ۲۰۱۰



شکل ۷- نقشه کلاس‌بندی کاربری اراضی در سال ۲۰۰۱



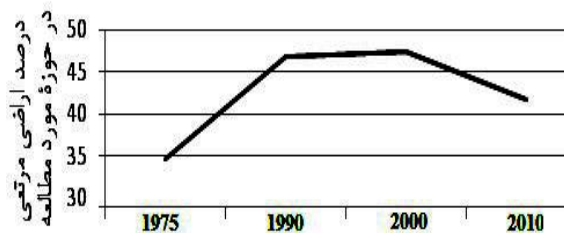
شکل ۱۰- نمودار خطی درصد اراضی تحت تسلط ماسه‌های بادی در منطقه مورد مطالعه و روند صعودی و نزولی آن (۱۹۷۵-۲۰۱۰)



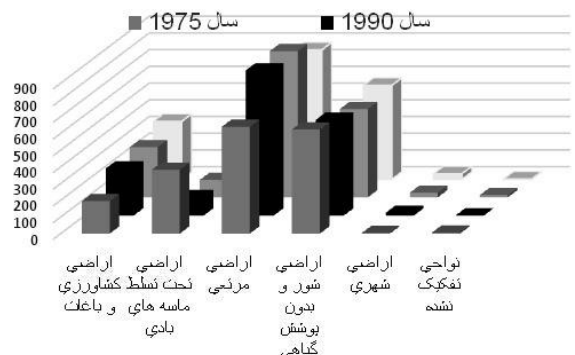
شکل ۹- نمودار خطی درصد اراضی کشاورزی و باغات در منطقه مورد مطالعه و روند صعودی و نزولی آن (۱۹۷۵-۲۰۱۰)



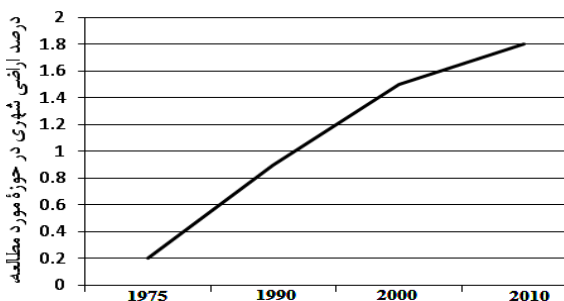
شکل ۱۲- نمودار خطی درصد اراضی شور و بدون پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه و روند صعودی و نزولی آن (۱۹۷۵-۲۰۱۰)



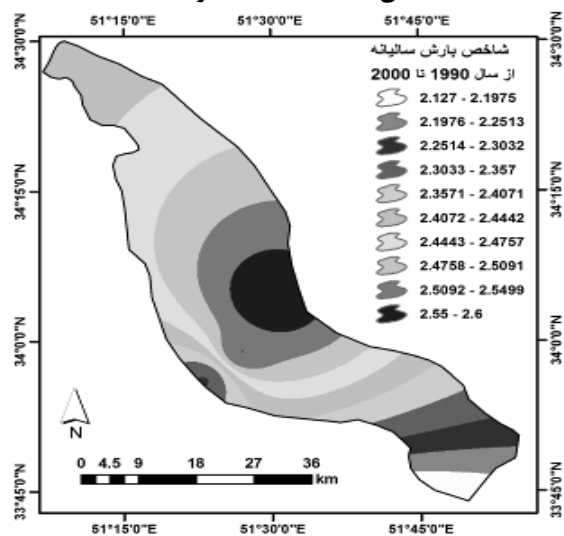
شکل ۱۱- نمودار خطی درصد اراضی مرتعی در منطقه مورد مطالعه و روند صعودی و نزولی آن (۱۹۷۵-۲۰۱۰)



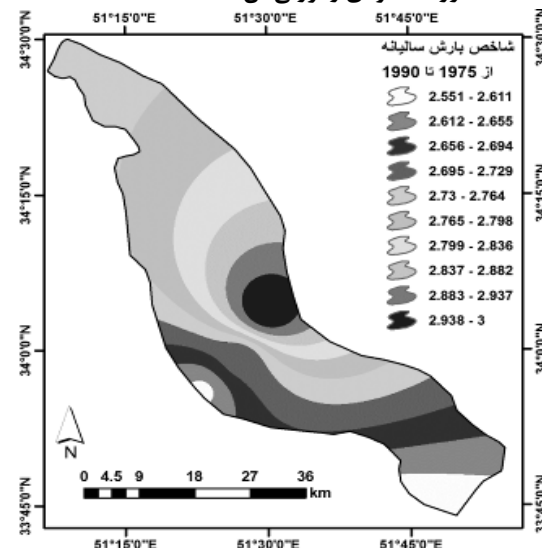
شکل ۱۴- نتایج مساحی سنجی کاربری‌های منطقه مطالعاتی در سال‌های ۱۹۷۵، ۱۹۹۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰



شکل ۱۳- نمودار خطی درصد اراضی شهری در منطقه مورد مطالعه و روند صعودی و نزولی آن (۱۹۷۵-۲۰۱۰)



شکل ۱۶- نقشه پهنه‌بندی شاخص بارش سالیانه (۲۰۰۰-۱۹۹۱)

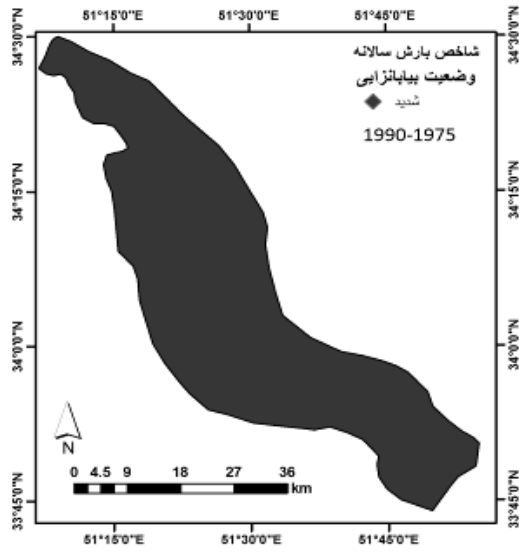


شکل ۱۵- نقشه پهنه‌بندی شاخص بارش سالیانه (۱۹۹۰-۱۹۷۵)

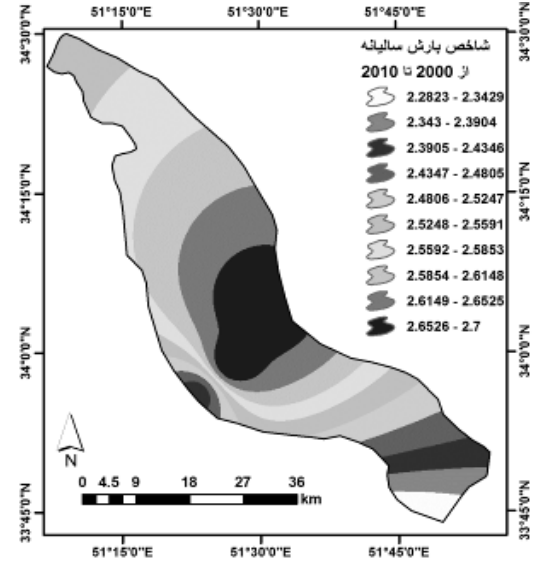
کلاس شدید قرار دارد (شکل‌های ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸). شاخص تداوم خشکسالی دهک دوم در تمام دوره‌ها در کلاس غیر قابل ملاحظه قرار دارد (شکل ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵).

نتایج

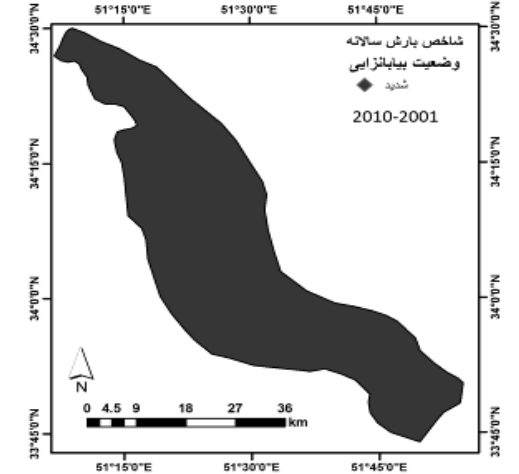
شاخص بارش سالانه از نظر مدل IMDPA در تمام دوره‌ها در کلاس شدید قرار دارد (شکل ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱). شاخص خشکی ترانسو از نظر مدل IMDPA در تمام دوره‌ها در



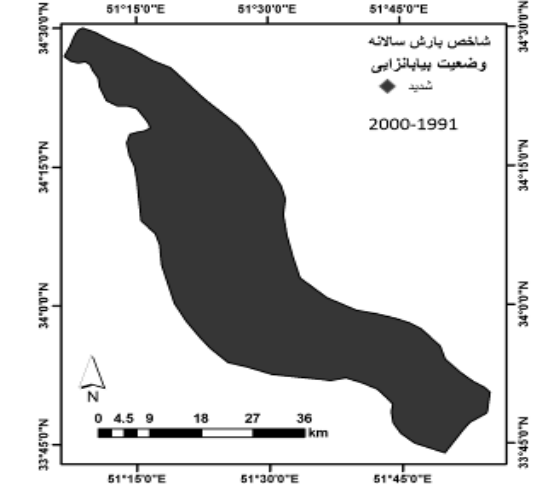
شکل ۱۸- نقشه کلاس‌بندی شاخص بارش سالانه (۱۹۷۵-۱۹۹۰)



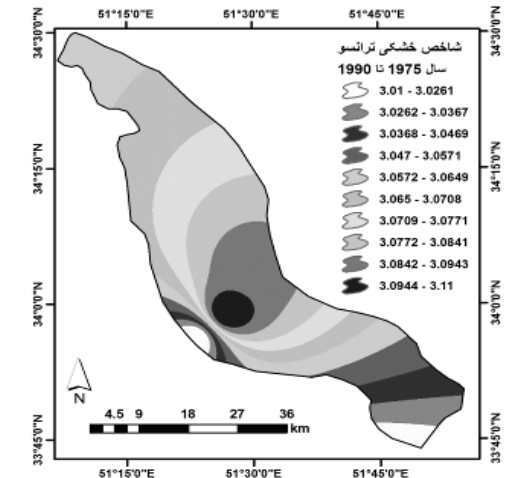
شکل ۱۷- نقشه پهنه‌بندی شاخص بارش سالانه (۲۰۱۰-۲۰۰۱)



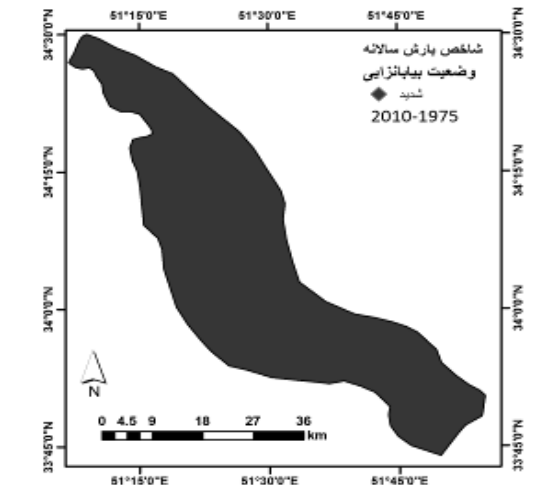
شکل ۲۰- نقشه کلاس‌بندی شاخص بارش سالانه (۲۰۱۰-۲۰۰۱)



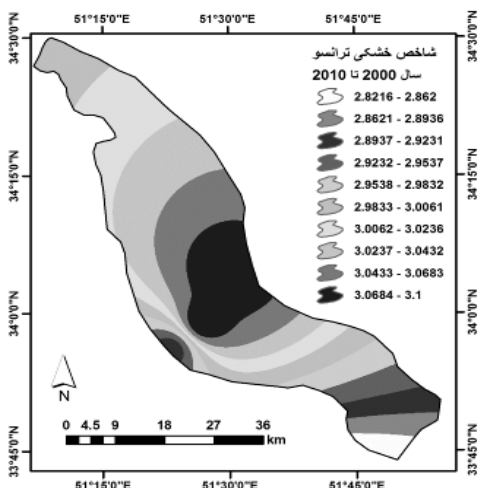
شکل ۱۹- نقشه کلاس‌بندی شاخص بارش سالانه (۲۰۰۰-۱۹۹۱)



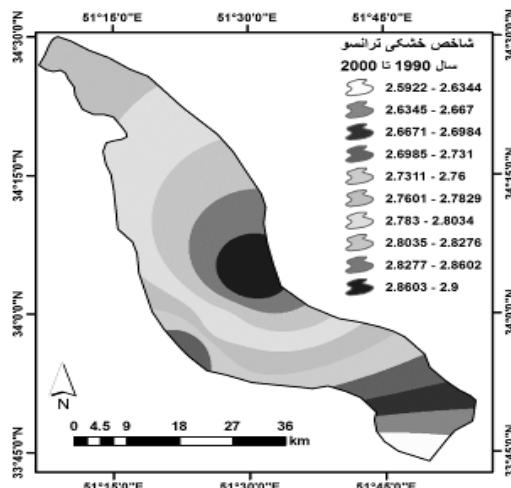
شکل ۲۲- نقشه پهنه‌بندی شاخص خشکی ترانسو (۱۹۷۵-۱۹۹۰)



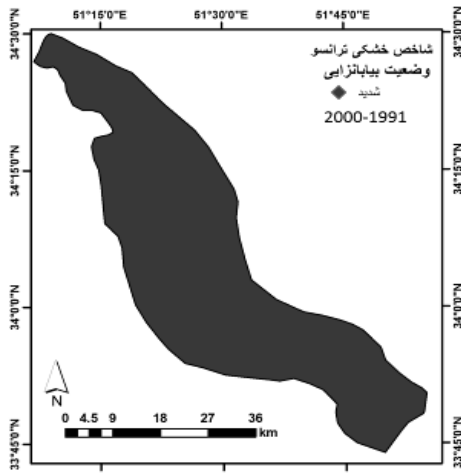
شکل ۲۱- نقشه کلاس‌بندی نهایی شاخص بارش سالانه (۲۰۱۰-۱۹۷۵)



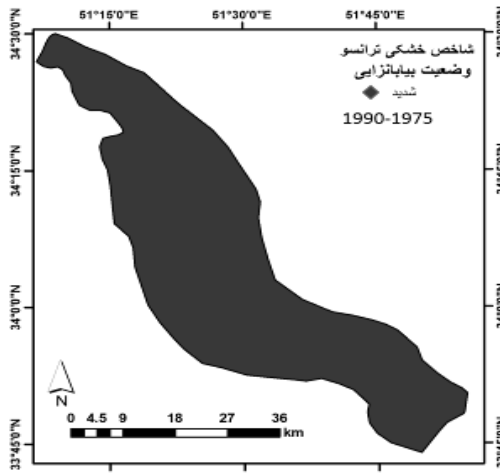
شکل ۲۴- نقشه پهنه‌بندی شاخص خشکی ترانسو (۲۰۱۰-۲۰۰۱)



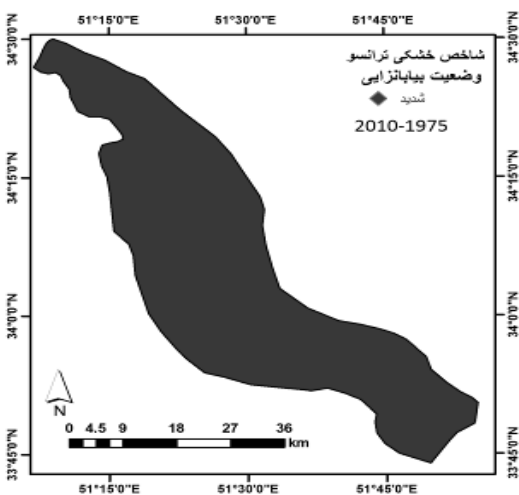
شکل ۲۳- نقشه پهنه‌بندی شاخص خشکی ترانسو (۲۰۰۰-۱۹۹۱)



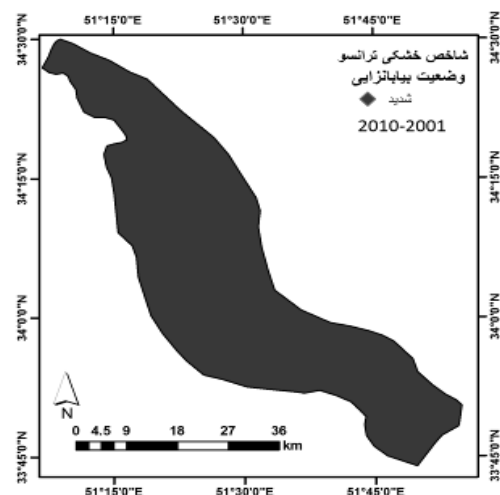
شکل ۲۶- نقشه کلاس‌بندی شاخص خشکی ترانسو از سال (۲۰۰۰-۱۹۹۱)



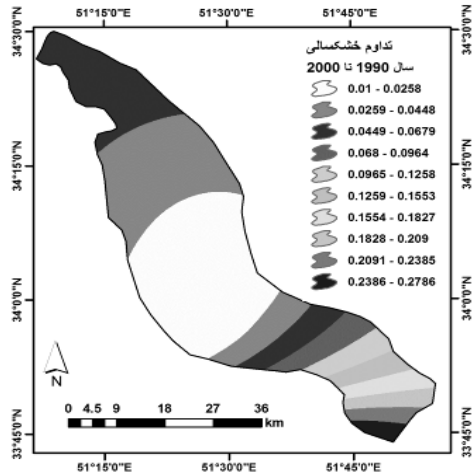
شکل ۲۵- نقشه کلاس‌بندی شاخص خشکی ترانسو (۱۹۷۵-۱۹۹۰)



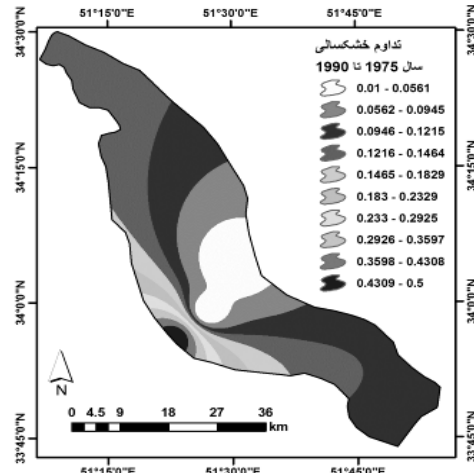
شکل ۲۸- نقشه کلاس‌بندی نهایی شاخص خشکی ترانسو (۲۰۱۰-۱۹۷۵)



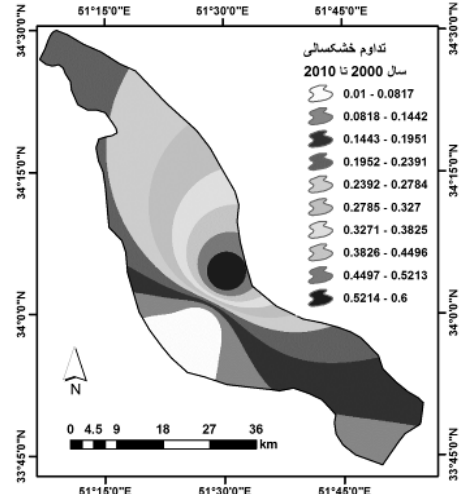
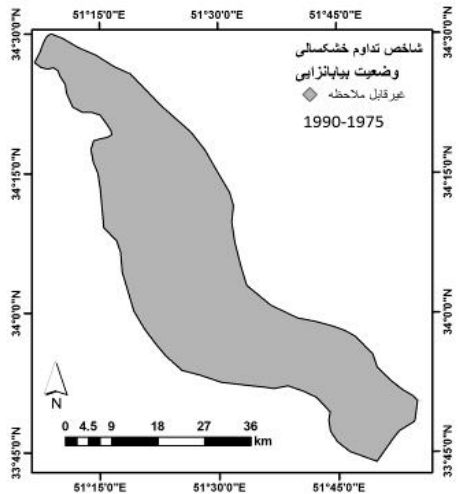
شکل ۲۷- نقشه کلاس‌بندی شاخص خشکی ترانسو (۲۰۱۰-۲۰۰۱)



شکل ۲۹- نقشه پهنه‌بندی شاخص تداوم خشکسالی (۱۹۷۵-۱۹۹۰)

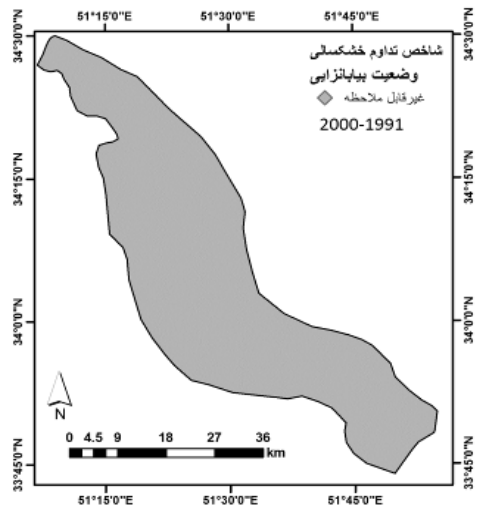
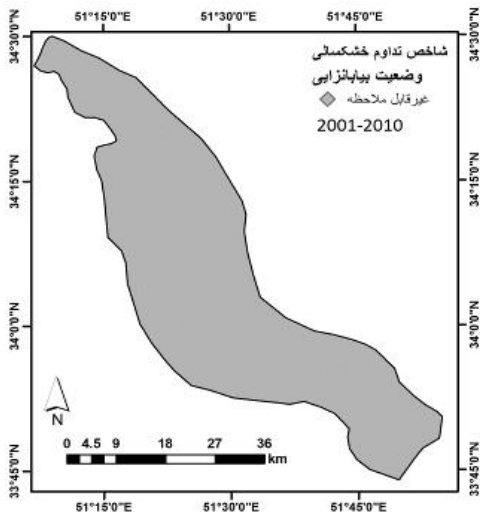


شکل ۳۰- نقشه پهنه‌بندی شاخص تداوم خشکسالی (۱۹۹۱-۲۰۰۰)



شکل ۳۱- نقشه پهنه‌بندی شاخص تداوم خشکسالی (۲۰۰۱-۲۰۱۰)

شکل ۳۲- نقشه کلاس‌بندی شاخص تداوم خشکسالی (۱۹۷۵-۱۹۹۰)

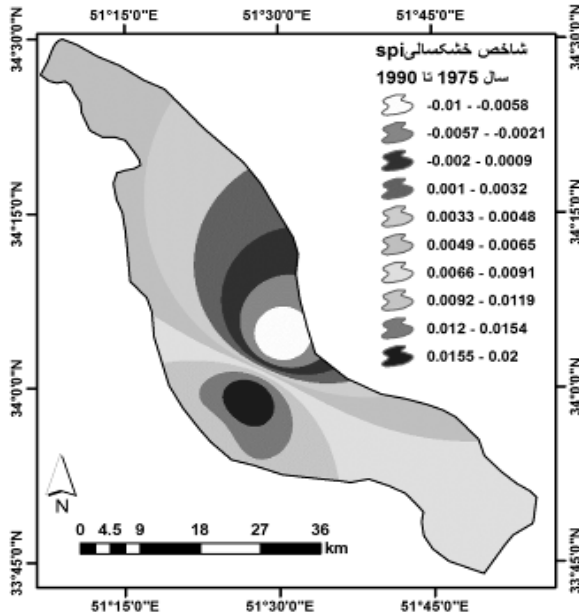


شکل ۳۳- نقشه کلاس‌بندی شاخص تداوم خشکسالی (۲۰۰۱-۲۰۱۰)

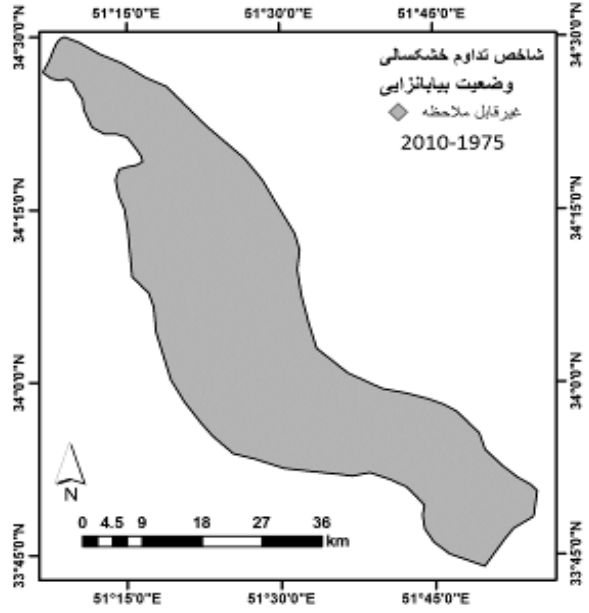
شکل ۳۴- نقشه کلاس‌بندی شاخص تداوم خشکسالی (۱۹۹۱-۲۰۰۰)

متوسط و ۴۰٪ در کلاس شدید قرار گرفته‌اند (شکل ۴۱) و در نهایت از تلفیق این سه نقشه می‌توان نتیجه گرفت که از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰ کل بیش از ۹۸٪ منطقه در کلاس شدید و ۲٪ منطقه در کلاس متوسط قرار می‌گیرد (شکل ۴۲).

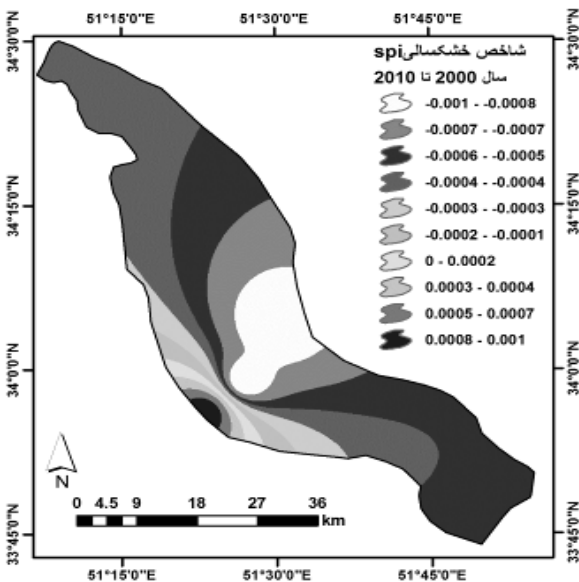
شاخص بارش استاندارد (SPI) از نظر مدل IMDPA در دوره اول در کلاس حدود ۹۰٪ در کلاس شدید و حدود ۱۰٪ در کلاس بسیار شدید قرار می‌گیرد (شکل ۳۹)، همچنین در دوره دوم حدود ۹۵٪ در کلاس شدید و ۵٪ در کلاس متوسط قرار می‌گیرد (شکل ۴۰). در دوره سوم حدود ۶۰٪ در کلاس



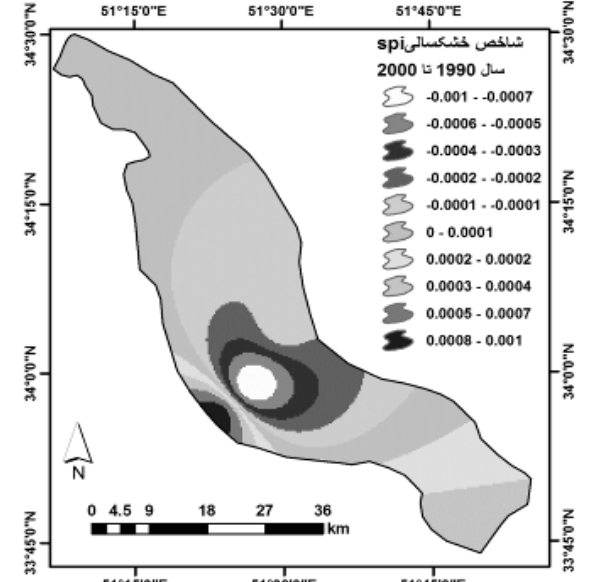
شکل ۳۶- نقشه پهنه‌بندی شاخص بارش استاندارد (SPI) (۱۹۷۵-۱۹۹۰)



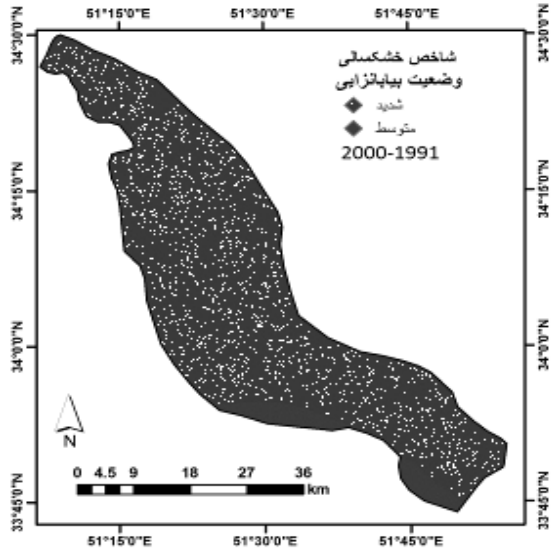
شکل ۳۵- نقشه کلاس‌بندی نهایی شاخص تداوم خشکی (۲۰۱۰-۱۹۷۵)



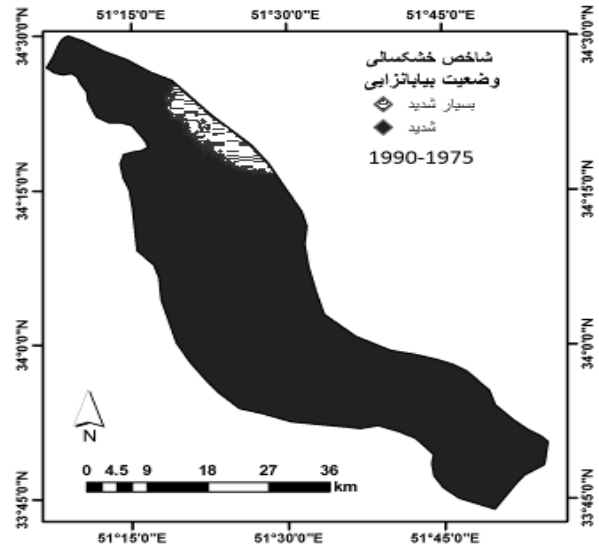
شکل ۳۸- نقشه پهنه‌بندی شاخص بارش استاندارد (۲۰۱۰-۲۰۰۱)



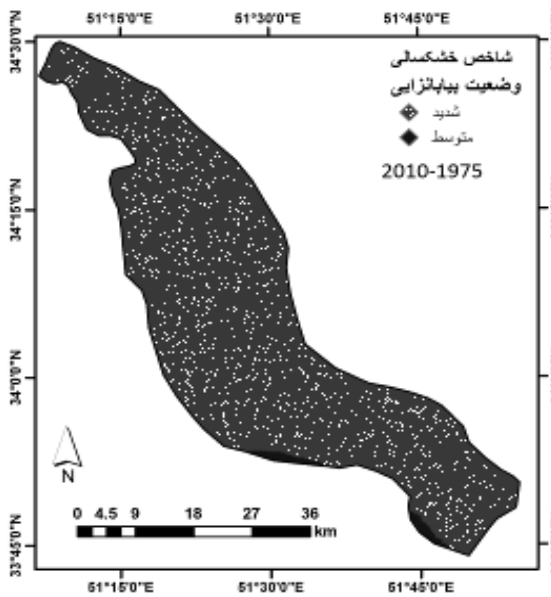
شکل ۳۷- نقشه پهنه‌بندی شاخص بارش استاندارد (SPI) (۲۰۰۰-۱۹۹۱)



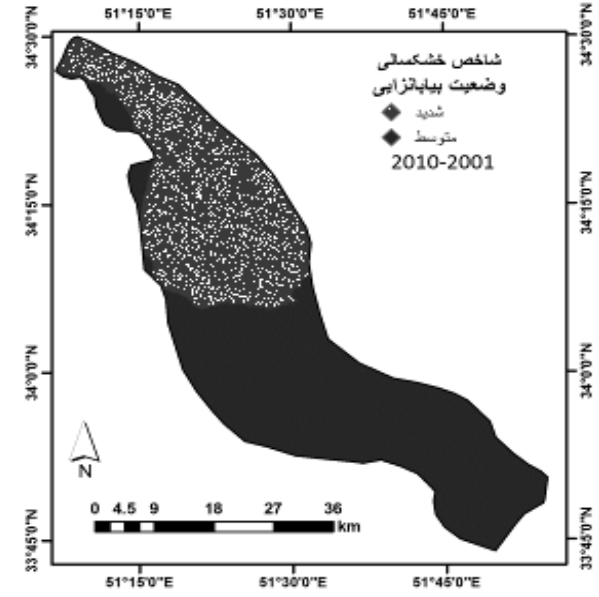
شکل ۴۰- نقشه کلاس‌بندی شاخص بارش استاندارد (۱۹۹۱-۲۰۰۰)



شکل ۳۹- نقشه کلاس‌بندی شاخص بارش استاندارد (SPI) (۱۹۷۵-۱۹۹۰)



شکل ۴۲- نقشه کلاس‌بندی نهایی شاخص بارش (۱۹۷۵-۲۰۱۰)

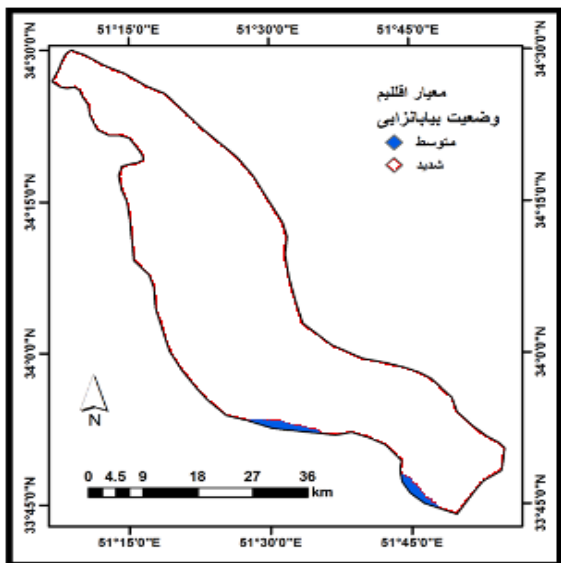


شکل ۴۱- نقشه کلاس‌بندی شاخص بارش استاندارد (۲۰۰۱-۲۰۱۰)

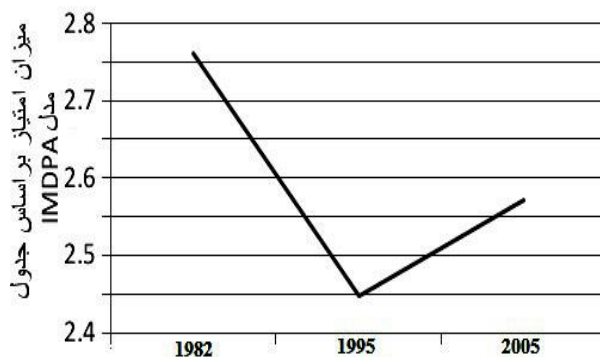
عددی ۰/۱۱۹ کمترین امتیاز بر اساس مدل IMDPA را به خود اختصاص داده است. همچنین معیارهای بارش استاندارد (SPI) و بارش به ترتیب با ارزش‌های عددی ۲/۷۶۲ و ۲/۹۷۳ شدت بیابان‌زایی متوسط را نشان می‌دهند. در دوره دوم، شاخص بارش استاندارد (SPI) با امتیاز ۳/۰ بیشترین تأثیر و شاخص تداوم خشکسالی دهک‌دوم با ارزش عددی ۰/۰۸۶ کمترین امتیاز بر اساس مدل IMDPA را به خود اختصاص

بحث و نتیجه‌گیری

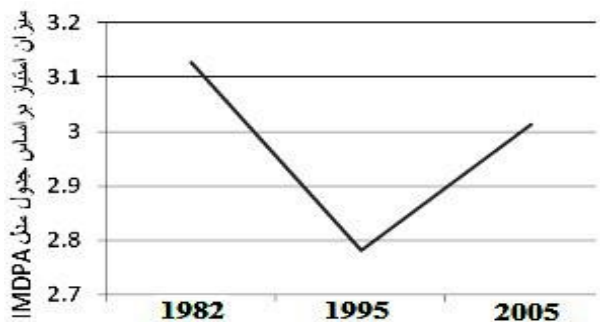
با استفاده از جدول ۵ می‌توان روند بیابان‌زایی هر شاخص را در سه دوره را با هم مقایسه کرد. شاخص بارش سالانه بر اساس مدل IMDPA در دوره اول بیشترین امتیاز و در دوره دوم کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده است. طبق جدول ۵، در دوره اول، شاخص خشکی ترانسو با امتیاز ۳/۱۲۶ بیشترین تأثیر و شاخص تداوم خشکسالی دهک‌دوم با ارزش



شکل ۴۳- نقشه کلاس بندی نهایی تلفیق چهار شاخص اقلیمی در سه دوره (۲۰۱۰-۱۹۷۵)



شکل ۴۴- نمودار خطی میانگین وزنی شاخص بارش سالانه بر اساس جدول امتیازات ۳ و روند صعودی و نزولی آن (۲۰۱۰-۱۹۷۵)



شکل ۴۵- نمودار خطی میانگین وزنی شاخص خشکی ترانسو بر اساس جدول امتیازات ۳ و روند صعودی و نزولی آن (۲۰۱۰-۱۹۷۵)

داده است. همچنین معیارهای شاخص خشکی ترانسو و بارش به ترتیب با ارزش‌های عددی ۲/۷۸۱ و ۲/۴۴۷ شدت بیابان-زایی متوسط را نشان می‌دهند. در دوره سوم، شاخص شاخص خشکی ترانسو با امتیاز ۳/۰۱۴ بیشترین تأثیر و شاخص تداوم خشکسالی دهکدوم با ارزش عددی ۰/۲۳۵ کمترین امتیاز بر اساس مدل IMDPA را به خود اختصاص داده است. همچنین معیارهای شاخص خشکی ترانسو و بارش به ترتیب با ارزش‌های عددی ۳/۰۱۴ و ۲/۵۷۱ شدت بیابان‌زایی متوسط را نشان می‌دهند. در میانگین سه دوره معیار بارش استاندارد (SPI) با ارزش عددی ۲/۹۹ بیشترین تأثیر و معیار تداوم خشکسالی دهکدوم با ارزش عددی ۰/۱۴ کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارد. همچنین معیارهای شاخص ترانسو و بارش به ترتیب با ارزش‌های عددی ۲/۹۷ و ۲/۵۹ شدت بیابان‌زایی متوسط را نشان می‌دهند. در نمودارهای زیر روند افزایش و کاهش هر شاخص در طول سه دوره نشان داده شده است. در سال‌های دوره اول و دوم روند بیابان‌زایی کاهش یافته است و نمودار آنها نزولی می‌باشد، اما در سال‌های بین دوره دوم و سوم روند افزایش بیابان با سرعت بیشتری نسبت به قبل به خود اختصاص داده‌اند. این شتاب افزایش بیابان در تمام شاخص‌ها اقلیمی براساس مدل IMDPA رخ داده است، به جز شاخص بارش استاندارد (SPI) که در سال‌های بین دوره اول تا دوم شیب کاملاً صعودی از نظر شتاب روند بیابان‌زایی را به دارا می‌باشد و پس از آن (سال‌های بین دوره دوم و دوره سوم) این شاخص بدون شتاب به مسیر خود در افزایش بیابان ادامه می‌دهد (شکل ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸).

جدول ۵- میانگین وزنی کل حوضه مورد مطالعه، شاخص‌های اقلیمی در سه دوره بر اساس جدول ۳ امتیازات برای کل حوضه

شاخص	دوره اول	دوره دوم	دوره سوم	معدل میانگین وزنی سه دوره
بارش سالانه	۲/۷۶۲	۲/۴۴۷	۲/۵۷۱	۲/۵۹۳
خشکی ترانسو	۳/۱۲۶	۲/۷۸۱	۳/۰۱۴	۲/۹۷۳
تداوم خشکسالی دهکدوم	۰/۱۱۹	۰/۰۸۶	۰/۲۳۵	۰/۱۴۶
بارش استاندارد (SPI)	۲/۹۷۳	۳/۰۰۰	۳/۰۰۱	۲/۹۹۱

پژوهش با پژوهش خسروی (۱۳۹۱) در کاشان که شدت بیابان‌زایی را شدید ارزیابی نمودند مطابقت دارد. با کمی دقت در جداول و نمودارهای حاصل از تجزیه و تحلیل معیارها و شاخص‌های بیابان‌زدایی در می‌یابیم که بعضی از واحدهای کاری (شکل شاخص نوع بهره‌برداری از واحد کاری) در آستانه ورود به کلاس بالاتر قرار به سمت روند قهقرا از نظر روند بیابان‌زایی قرار دارند. هر چه از مناطق کوهستانی دور شده و به مناطق دشتی نزدیک‌تر می‌شویم شدت تأثیر روند بیابان‌زایی بیشتر خواهد شد که از جمله دلایل آن را می‌توان اثر عوامل انسانی در افزایش تخریب منابع آب، خاک و پوشش دانست. کمبود بارندگی و عدم پراکنش مناسب آن، طولانی بودن دوره خشکی، گرمای شدید و شدت تبخیر، در بعضی از قسمت‌ها سبب شده تا این منطقه این امتیاز را به خود اختصاص دهد. طی بررسی‌هایی که صورت گرفته، می‌توان به این مطلب اشاره نمود که حساسیت مناطق کاشان، راوند و آران به بیابان‌زایی بر اساس بارش، شدید می‌باشد. ولی ایستگاه فین حساسیت متوسط را نشان می‌دهد، همچنین فقط مناطق کوهستانی و یا نزدیک به کوه زرد در غرب و جنوب غربی به علت بارش بیشتر از نظر امتیاز شاخص بارش امتیاز کم را به خود اختصاص داده‌اند.

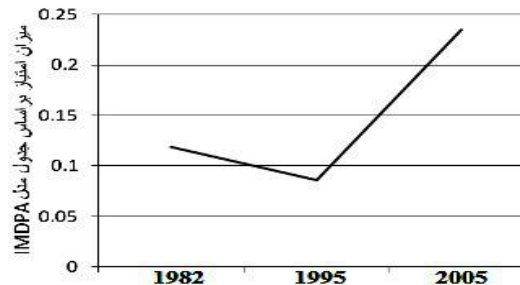
سیاسگذاری

از کلیه عزیزانی که ما را در انجام این تحقیق یاری کرده، خانم دکتر هدی قاسمیه، آقای سید علی موسوی، آقای محمد میرزاوند و آقای محسن معین‌زاده تشکر می‌نماییم.

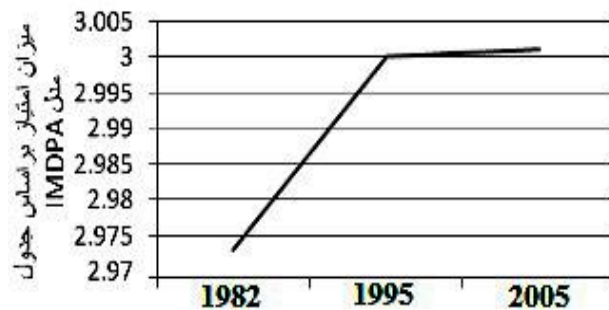
منابع

بخشنده‌مهر، ل.، سلطانی، س.، عادل، س. ۱۳۹۲. ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی و اصلاح مدل مدالوس در دشت سگری اصفهان. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۴۶(۱): ۲۷-۴۱.

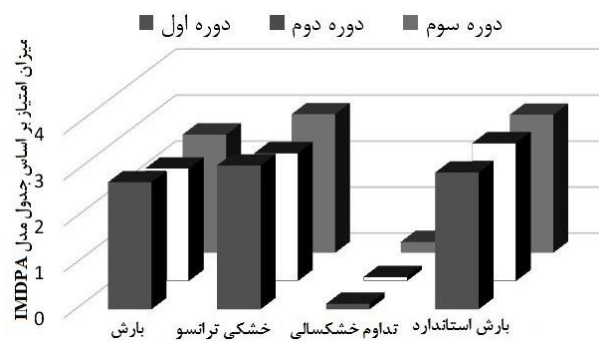
جعفری، ر. ۱۳۸۰. ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی با تحلیل و بررسی روش FAO - UNEP و ICD. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۲۰۱ص.



شکل ۴۶- نمودار خطی میانگین وزنی شاخص تداوم خشکسالی دهک دوم بر اساس جدول امتیازات ۳ و روند صعودی و نزولی آن (۱۹۷۵-۲۰۱۰)



شکل ۴۷- نمودار خطی میانگین وزنی شاخص بارش استاندارد (SPI) بر اساس جدول ۲ و جدول امتیازات ۳ و روند صعودی و نزولی آن (۱۹۷۵-۲۰۱۰)



شکل ۴۸- نمودار میانگین وزنی چهار شاخص اقلیمی مورد بررسی بر اساس جدول امتیازات ۳ و مقایسه چهار شاخص با یکدیگر آن (۱۹۷۵-۲۰۱۰)

نتایج حاصل گویای آن است که مهم‌ترین عوامل بیابان‌زایی در منطقه بارندگی کم و تبخیر شدید است که در نتیجه کمبود منابع آبی را به دنبال دارد. در انتها می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که مجموع شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل برای کل منطقه بر اساس معیار اقلیم امتیاز شدید تعیین گردیده است. نتیجه

- مقصودی، م. ۱۳۷۹. کاربرد GIS و سنجش از دور در شناخت بیابان‌زایی (ترجمه). (مطالعه موردی: پاتاگونیا آرژانتین) نشریه نقشه‌برداری، سال ۱۱(۴): ۴۱-۴۹.
- ناطق، س.، زهتابیان، غ.ر.، احمدی، ح. ۱۳۸۸. ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سگزی با بهره‌گیری از مدل IMDPA. نشریه مرتع و آبخیز، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۲ (۳): ۴۳۰-۴۱۹.
- نگارش، ح.، فلاح فیروزآبادی، ح. خسروی، م. ۱۳۹۰. تجزیه و تحلیل ناهنجاری‌های اقلیمی مؤثر بر فرایند بیابان‌زایی در منطقه خضرآباد یزد. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۴۳(۳): ۹۴-۶۹.
- FAO\UNEP. 1984. Provisional Methodology for Assessment and Mapping of Desertification. Food and Agriculture Organization of the United Nations. United Nations Environmental Programme, Rome, 73p.
- Ferrara, A., Salvati, L., Sateriano, A., Nole, A. 2012. Performance evaluation and cost assessment of a key indicator system to monitor desertification vulnerability. J. Ecol. Indicators, 23:123-129.
- Kates, R.W., Johnson, D.L., Johnson Haring, K. 1977. Population, society and Desertification, Nairobi: Report of UNCOD A/CONF, 74-78.
- Danfeng, S., Dawson, R. Baoguo, Li. (2006). Agricultural causes of desertification risk minqin, China. J. Environ. Manag., 79: 348-356.
- Sen, A. K., sharma, K. D., 1995. Causative Agents indicators of Monitoring and Desertification in ASIA and the pacific region scientific publishers Jodhpur (INDIA): 41-58.
- Torio, E.M., Zuidam, R.A. 1998. Remote Sensing Syhergism and Geographical Information System for Desertification Analysis: an example from North West Patagonia.
- جوادی، م. ر. ۱۳۸۳. بررسی عوامل مؤثر در افزایش شدت بیابان‌زایی و ارائه مدل منطقه‌ای بیابان‌زایی در استان کرمان (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ماهان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته بیابان‌زدایی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۹۵ص.
- خسروی، ح. ۱۳۹۱. ارائه مدل پایش و سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی (مطالعه موردی: منطقه کاشان). رساله دکتری، رشته بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۲۰۳ص.
- ذاکری‌نژاد، ر.، مسعودی، م.، فلاح‌شمسی، س. ر.، افضلی، س. ف. ۱۳۹۱. ارزیابی شدت بیابان‌زدایی با معیار آب زیرزمینی و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی؛ مطالعه موردی زرین دشت استان فارس. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۲(۷): ۳-۱۰.
- ذبیحی اسرمی، ع. ر. ۱۳۸۰. بررسی عوامل بیابان‌زایی غرب دریاچه نمک قم و روش‌های کنترل آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته بیابان‌زدایی، دانشگاه مازندران.
- ذوالفقاری، ف.، شهریاری، ع. ر.، فخریه، ا.، راشکی، ع. ر.، نوری، س.، خسروی، ح. ۱۳۹۰. ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل IMDPA. فصلنامه پژوهش‌های آبخیزداری، ۹۱: ۹۷-۱۰۷.
- گرنجر، آلن. ترجمه عبدالمجید ثامن. ۱۳۷۴. کویرزایی چگونه مردم کویر می‌سازند- چگونه آنرا متوقف می‌سازند، چرا این کار را نمی‌کنند، انتشارات دانشگاه شیراز.
- مسعودی، ر. ۱۳۸۹. سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی براساس دو فاکتور آب و اقلیم (مطالعه موردی: دشت کاشان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۶۳ص.
- مشکوه، م. ع. ۱۳۷۷. روش موقت ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی (ترجمه). انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۱۰۴ص.



The study of desertification process on the basis of climate using IMDPA model (Case Study: Kashan Plain, Iran)

M. Gharaati Jahromi¹, A. A. Vali², S. H. Mousavi³, F. Panahi³, H. Khosravi^{4*}

Received: 18/10/2014

Accepted: 23/02/2015

Abstract

Desertification is a major challenge in Iran. In this study, four variables of rainfall, drought duration, aridity index and standard precipitation index (SPI) have been used for monitoring extent of desertification in Kashan plain, Iran. Required data were prepared and scored according to IMPDA scoring table. The obtained criteria were integrated and elaborated in ArcGIS9 software as information layers. Then, each of above mentioned variables were regionalized using proper Krigging method. The maps of each index were generated for three time periods: 1975-1990, 1991-2000 and 2001 to 2010. Ultimately, corresponding maps of these three periods were synthesized using geometric average method, and a final climatic map of Kashan plain based on IMDPA model was produced. The results indicated that the severity of desertification increased from south west towards the central and north east parts of the region. The standard precipitation index with the average value of 2.99 had the most significant effect on desertification severity while drought duration with the value of 0.14 had the least influence. Two other indices i.e. drought index and rainfall amount with the values of 2.97, 2.59 ranked in between. In general, it can be concluded that desertification would intensify in future decades.

Keywords: Aridity index, Standard precipitation, Desertification, IMDPA, Kashan, Iran

¹ M. Sc. student, of desert combating, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Iran

² Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Iran

³ Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Iran

⁴ Assistant Professor, Faculty of Natural resources, University of Tehran, Iran

(*Corresponding author email address: hakhosravi@ut.ac.ir)