

پایش روند بیابان‌زایی با تجزیه و تحلیل اطلاعات کمی و کیفی معیارهای آب و اقلیم (بیابان‌های ساحلی جنوب شرق ایران)

غلامرضا راهداری^۱، حسن خسروی^{۲*}، اکبر فخریه^۳، علیرضا شهریاری^۴ و محمدرضا راهداری^۴

۱. کارشناس ارشد اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری سیستان و بلوچستان
 ۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
 ۳. استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل
 ۴. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی دانشگاه تهران
- * نویسنده مسئول: hakhosravi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۵/۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۴/۳۱

چکیده

یکی از بحران‌های بوم شناختی (اکولوژیک) جهان امروزه، پدیده بیابان‌زایی است و برای مهار آن در موقعیت منطقه‌ای و جهانی نیاز به شناخت و درک صحیح از عوامل و فرایندهای بیابانی شدن اراضی است. پایش در مدیریت جامع به معنای جمع‌آوری و ذخیره نظام‌مند داده‌ها و اطلاعات از فعالیت‌ها است به منظور ارزیابی و گزارش‌دهی از شرایط کلی محدوده مورد نظر. در این پژوهش با بهره‌گیری از مدل IMDPA و روش‌های AHP و GIS، پایش روند بیابان‌زایی در سطح ۷۸۶۴/۵ هکتار از اراضی منطقه زرآباد در جنوب شرق ایران انجام شده است. با توجه به روش AHP مشخص شد که دو معیار اقلیم و آب به ترتیب با ارزش عددی ۰/۲۰۷ و ۰/۱۹۲ به ترتیب بیش‌ترین تاثیر را در بیابان‌زایی منطقه نسبت به سایر معیارها داشته‌اند. در پایان از این دو معیار برای پایش استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی نشان داد که در سه دوره مورد بررسی بیابان‌زایی روند غیر خطی داشته است، به‌طوری‌که در دوره ۲۰۰۴-۲۰۰۱ ارزش عددی بیابان‌زایی منطقه برابر با ۲/۷۳ است ولی در دوره ۲۰۰۷-۲۰۰۴ این عدد کاهش یافته که نشانگر روند کاهشی بیابان‌زایی در این سال‌ها است. علت اصلی آن بهبود وضعیت شاخص‌های اقلیمی از جمله مقدار بارش است و در دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۷ به عدد ۲/۵۵ رسید که نسبت به دوره ۲۰۰۷-۲۰۰۴، روند افزایش بیابان‌زایی مشاهده می‌شود. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد معیار اقلیم طی این سه دوره غالب است و در طبقه شدید طبقه‌بندی می‌شود. از بین شاخص‌های مطالعه شده، دو شاخص خشکی ترانسو و شاخص بارش سالانه به ترتیب با ارزش عددی ۳/۸۱ و ۳/۴ بیشترین تاثیر و شاخص نسبت جذب سدیم با ارزش عددی ۱/۱۷ کمترین تاثیر را در بیابان‌زایی دارد. از بین شاخص‌های کیفی آب در منطقه شاخص هدایت الکتریکی بیشترین تاثیر را در بیابان‌زایی دارد که این عامل خود ارتباط مستقیمی با روند افزایشی برداشت از سطح آب‌های زیرزمینی و افزایش شوری در محدوده مطالعه شده دارد.

واژگان کلیدی: ارزیابی، بیابان‌زایی، IMDPA، GIS، AHP

■ مقدمه

به عنوان رخدادی اقتصادی-اجتماعی-محیط زیستی در مناطق خشک، نیمه خشک و تحت مرطوب شناخته شده است (Sepehr & Zucca, 2012).

در دهه ۱۹۷۰ شرایط خشکسالی و قحطی در منطقه ساحل (شمال آفریقا) باعث پژوهش های گسترده و متعددی در مناطق مختلف برای ارزیابی این پدیده شد. در نهایت برای ارزیابی بیابانزایی بررسی ها و مطالعات مختلفی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته که باعث ارائه مدل های منطقه ای فراوانی شده است. از آن جمله می توان به مدل جهانی FAO-UNEP، GLASOD، TAXONOMY، MEDALUS، LADA^۱ (FAO/UNEP, 2001)، ICD^۲ (اختصاصی و مهاجری، ۱۳۷۴)، MICD^۳ و سایر مطالعات (Veron *et al.*, 2006; Zucca *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2007; Sepehr *et al.*, 2007; Santini, 2008; Seifan *et al.*, 2009; Rasmy *et al.*, 2010; Santini *et al.*, 2010; Afiffi *et al.*, 2010; Amiraslani & Dragovich, 2011; Hosseini, 2012; Xiaodong, 2013; Rahdari *et al.*, 2013; Salvati *et al.*, 2013; Yang, 2013) در داخل و خارج از کشور نام برد.

برای بهره گیری از این مدل ها در مناطق دیگر باید شاخص ها و معیارهای آنها مورد بررسی و ارزیابی دوباره قرار گرفته و با توجه به شرایط منطقه مورد بررسی تعدیل و اصلاح شوند. به همین منظور طرح جامع کمی سازی معیارها و شاخص های تاثیرگذار بر روند بیابانزایی در زیست بوم های طبیعی کشور توسط سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور در پروژه ای تحت عنوان "تدوین شرح خدمات و روش شناسی تعیین معیارها و شاخص های بیابانزایی" با کمک گروهی از استادان و محققان کشور در سطح ملی تدوین و در سال ۲۰۰۵ ارائه شد (Zehtabian *et al.*, 2006). بر پایه نتایج این طرح، ۹ معیار و ۳۵ شاخص بیابانزایی در ایران همراه با روش شناسی ارزیابی کمی و کیفی آنها در قالب مدل IMDPA^۴ (احمدی، ۱۳۸۳) ارائه شد.

بیابانزایی در ابتدا به عنوان تغییر حاصلخیزی سرزمین های بیابانی به وسیله فعالیت های انسانی توسط آبرویل (۱۹۴۹) مطرح شد (Herman & Hutchinson, 2005) بعدها توسط هورن در سال ۱۹۶۸ به عنوان توسعه تپه های ماسه ای بی آب و علف در مناطق شمالی صحرای بزرگ آفریقا بیان شد (Dregne, 1977) و همچنین به عنوان تشدید و گسترش بیابان ها مطرح گردید (Hare *et al.*, 1977). UNEP^۱ در سال ۱۹۷۷ بیابانزایی را این گونه تعریف کرد " کاهش و تخریب زیستی بالقوه زمین که می تواند در آخر به شرایط مشابه بیابانی منجر شود". کشورهای عضو سازمان ملل متحد در معاهده سازمان ملل برای مقابله با بیابانزایی UNCCD^۲ (1992) دستورالعمل های بین المللی را برای پاسخ به بیابانزایی، تصویب کردند و بر اساس این معاهده بیابانزایی اینگونه تعریف می شود " تخریب اراضی در مناطق خشک، نیمه خشک و تحت مرطوب که در نتیجه فاکتورهای از قبیل تنوع اقلیمی و فعالیت های انسانی ایجاد می شود." (Glenna *et al.*, 1998; Fang *et al.*, 2008; Bauer & Stringer, 2009; Dawelbait & Morari, 2012; Ferrara *et al.*, 2012).

به طور گسترده تشخیص داده شده است که بیابانزایی تهدیدی جدی برای مناطق خشک و نیمه خشک ۴۰٪ کره زمین و جمعیتی در حدود یک میلیارد نفر است. با توجه به این مشکل جای تعجب است که هیچ اجماعی به منظور انتخاب روشی برای ارزیابی وضعیت بالفعل بیابانزایی وجود ندارد. در ۷۰ سال گذشته تعاریف متعدد و متفاوتی و همچنین ارزیابی های متفاوتی ارائه شده است (Veron *et al.*, 2006).

برای تاکید بر ماهیت استمراری این چالش مجمع عمومی سازمان ملل سال ۲۰۰۶ را به نام "سال بین المللی بیابان و بیابانزایی" به منظور ارتقا آگاهی های عمومی درباره بیابانزایی برای کمک به حفاظت از تنوع زیستی در مناطق خشک و همچنین دانش سنتی بیان نمود (Stringer, 2008). در مجموع می توان گفت که بیابانزایی در نتیجه فعالیت های طبیعی یا انسانی است که منجر به تخریب و یا کم شدن حاصلخیزی زمین می شود و همچنین

¹ United Nations Environment Program

² United Nation Convention to Combat Desertification

³ Land Degradation Assessment in Drylands

⁴ Iranian Classification Desertification

⁵ Modified Iranian Classification Desertification

⁶ Iranian Model of Desertification Potential Assessment

بررسی کرد.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی بین طول جغرافیایی ۲۸۴۰۱۰۷ تا ۲۸۲۸۸۸۶ و عرض ۷۳۳۵۵۸ تا ۷۴۷۶۹۳ در سیستم UTM واقع شده است. این حوضه از شمال و شمال غربی به شهرستان نیک‌شهر، از جنوب غربی به محدوده جاسک استان هرمزگان، از جنوب به دریای عمان و از شرق به محدوده چابهار محدود می‌باشد و دارای وسعت ۷۸۶۴/۵ هکتار است. از نظر سیاسی منطقه بخشی از مناطق ساحلی شهرستان کنارک است که در فاصله ۱۲۰ کیلومتری آن قرار گرفته است. شغل اصلی مردم این منطقه کشاورزی و صیادی است. با توجه به شرایط مناسب خاک و آب‌های زیرزمینی این منطقه یکی از قطب‌های کشاورزی استان سیستان و بلوچستان می‌باشد که به علت دارا بودن آب و هوای مناسب در فصل زمستان در تولید محصول‌های خارج از فصل مورد اهمیت است. مهمترین رودخانه موجود در منطقه رودخانه رابچ، از ارتفاعات نیک‌شهر سرچشمه می‌گیرد و بعد از طی مسافتی طولانی در این منطقه به دریای عمان می‌ریزد که در مصب ورودی رویشگاه گونه حرا است. تپه‌های ساحلی با ارتفاعی نزدیک به ۵ متر در امتداد ساحل ایجاد شده‌اند که بیشتر آنها فعال و دارای حرکت هستند. منطقه مورد بررسی در تابستان تحت تاثیر رژیم بارش مانسون و در زمستان و پاییز تحت تاثیر رژیم سیستماتیک است که منشا آن دریای سرخ و مدیترانه می‌باشد. بیشترین بارش منطقه در فصول پاییز و زمستان اتفاق می‌افتد و میانگین بارش منطقه در دراز مدت برابر ۹۸/۹۴ میلی‌متر و متوسط دمای منطقه ۲۶/۶ درجه سانتیگراد برآورد گردید. میانگین رطوبت نسبی منطقه ۶۵ درصد بدست آمد و میانگین سرعت باد در منطقه ۶ نات و جهت باد غالب نیز جنوب غربی و درصد بادهای آرام نیز ۴۰ درصد است. بر اساس تعداد روزهای خشک و تقسیم بندی گوسن منطقه دارای اقلیم بیابانی است و از نظر طبقه بندی آمبرژه دارای اقلیم بیابانی گرم شدید می‌باشد. از نظر زمین شناسی جزئی از زون مکران بوده و محدوده

در روش IMDPA برای رسیدن به نقشه شدت بیابان‌زایی مناطق با توجه به شرایط منطقه مورد بررسی معیارها تعریف شده که هر معیار دارای شاخص‌هایی است. شناخت معیارها و شاخص‌ها به منظور ارائه مدلی برای نشان دادن شدت بیابان‌زایی و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آن جهت جلوگیری از گسترش فاکتورهای بیابان‌زایی ضرورت دارد (احمدی، ۱۳۸۳).

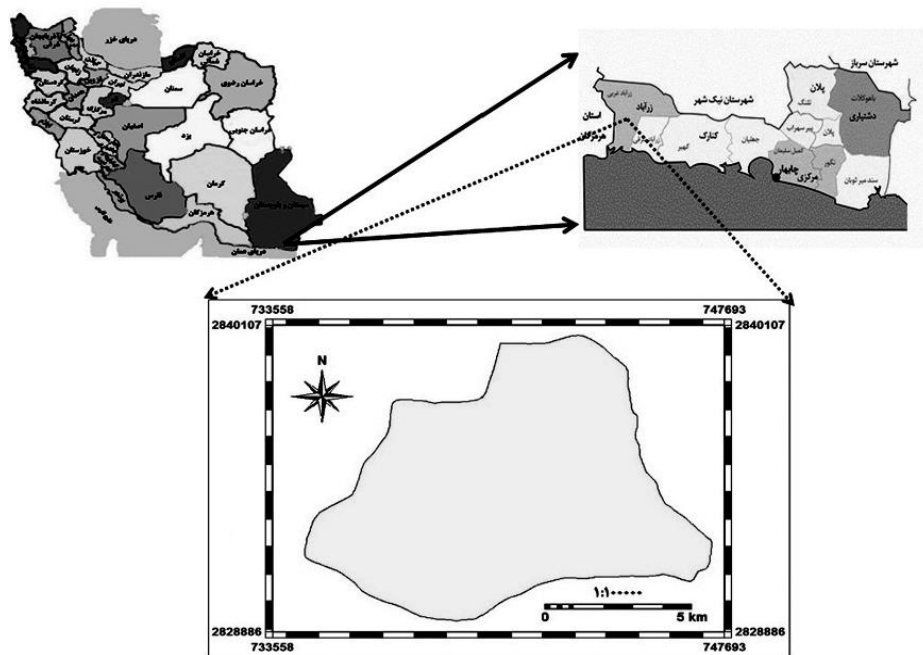
نتایج حاصل از پژوهش رئیسی (۱۳۸۷) با بهره‌گیری از مدل IMDPA نشان داد که از بین معیارهای بیابان‌زایی مورد بررسی در منطقه کهپیر کنارک (بیابان‌های ساحلی)، معیار تخریب خاک بالاترین درصد وزنی را به خود اختصاص داده به طوری که با متوسط وزنی ۱/۷۰ در کلاس شدید طبقه‌بندی می‌شود و پس از آن معیار فرسایش بادی، با متوسط وزنی ۱/۶۳ در رتبه بعدی قرار دارد، اقلیم و پوشش گیاهی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند (Zehtabian, et al. 2014).

نتایج حاصل از پژوهش جعفری‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) که به ارزیابی شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل (IMDPA) در منطقه ملاثانی اهواز پرداختند، نشان داد که معیار پوشش گیاهی با ارزش ۳/۵۲ در کلاس بسیار شدید قرار دارد. معیار کشاورزی با ارزش ۲/۴۲ و معیار مسائل اقتصادی-اجتماعی با ارزش ۲/۲۱ و معیار اقلیم با ارزش ۲/۰۵ و معیار فرسایش با ارزش ۱/۵۵ و معیار تکنولوژی توسعه شهری با ارزش ۱/۸۶ در کلاس بیابان‌زایی متوسط قرار داشتند. معیار زمین شناسی و ژئومرفولوژی با ارزش ۱/۲۴ در کلاس ناچیز و کم قرار گرفته است.

هدف از این پژوهش بررسی روند بیابان‌زایی منطقه زراباد با توجه به تجزیه و تحلیل اطلاعات کمی و کیفی مدل IMDPA و شرایط موجود منطقه بر اساس دو معیار آب و اقلیم در بازه زمانی ۲۰۰۱ الی ۲۰۱۱ (۱۳۸۱-۱۳۸۹) است. در این پژوهش سعی شده است که تأثیرگذارترین متغیرهای بیابان‌زایی در منطقه کنارک با روش AHP محاسبه شود تا بتوان با کم‌ترین هزینه و بهترین اطلاعات بتوان سیستم پایش در این مطالعه را

نیز ۲۱۸۰/۳ میلی‌متر در سال در بلند مدت برآورد گردیده است.

مورد بررسی نیز از خصوصیات خاص این زون پیروی می‌کند. در نهایت میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل در منطقه



شکل ۱. منطقه مورد بررسی

طوری که ارزش یک بهترین و ارزش چهار بدترین وزن بوده است (جدول ۲). در نهایت برای هر شاخص و زیرشاخص (جدول ۳ و ۴) با توجه به وزن‌دهی انجام شده، آنالیزهای مربوطه انجام شد و برای هر سال نقشه‌های رستری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. در این روش هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های خود و در نهایت شدت بیابان‌زایی در منطقه طبق معادله ۱ بدست می‌آید.

(معادله ۱)

$$Index-X = [(Layer-1).(layer-2)...(Layer-n)]^{1/n}$$

Index-x: معیار مورد نظر،

Layer: شاخص‌های هر معیار،

n: تعداد شاخص‌های هر معیار

روش پژوهش

در آغاز محدوده منطقه مورد بررسی بر روی نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی مشخص و سپس با بازدیدهای میدانی کنترل شد. برای انتخاب معیارهای مورد بررسی در این پژوهش با استفاده از مدل IMDPA و روش AHP^۱ (جدول ۱) و همچنین استفاده از نرم افزار Expert Choice دو معیار و شش شاخص انتخاب گردید. با توجه به نظر کارشناس وزن مربوط به هر یک از معیارها تعیین شد و در نهایت دو معیار آب و اقلیم به علت تاثیر زیاد در بیابان‌زایی و همچنین در دسترس بودن اطلاعات مربوط به آنها، برای ارزیابی سیستم پایش انتخاب شدند. در مرحله بعدی از مدل IMDPA برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی در طول دوره آماری استفاده و روند بیابان‌زایی در این بازه زمانی با استفاده از دو معیار آب و اقلیم بررسی شد. در این مدل به هر شاخص مطابق نظر کارشناسی و شدت تاثیر آن در بیابان‌زایی وزنی بین یک تا چهار داده شد و نحوه وزن‌دهی به صورت خطی و نسبت برابر بود به

¹ Analytic hierarchy process

جدول ۱. وزن بدست آمده از هر یک از معیارها به روش AHP

معیار	اقلیم	زمین شناسی- ژئومورفولوژی	خاک	پوشش گیاهی	کشاورزی	آب	فرسایش	اقتصادی- اجتماعی	تکنولوژی- توسعه شهری
وزن	۰/۲۰۷	۰/۰۶۳	۰/۰۷۲	۰/۰۹۸	۰/۱۱۴	۰/۱۹۲	۰/۰۷۴	۰/۱۵۳	۰/۰۴۷

جدول ۲. توزیع فراوانی کلاس‌های شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی

طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی	علامت	دامنه ارزش عددی
غیر قابل ملاحظه	۱	۰/۰۱-۱
کم	۲	۱/۰۱-۱/۵۰
متوسط	۳	۱/۵۱-۲/۵
شدید	۴	۲/۵۱-۳/۵
بسیار شدید	۵	۳/۵۱-۴

جدول ۳. وزن و طبقه شاخص‌های معیار اقلیم

شاخص ارزیابی	طبقه	غیر قابل ملاحظه	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
امتیاز	۰/۰۱-۱	۱/۰۱-۱/۵۰	۱/۵۱-۲/۵۰	۲/۵۱-۳/۵	۳/۵۱-۴	
بارش سالیانه (میلی‌متر)	≥ 600	۲۸۰-۶۰۰	۱۵۰-۲۸۰	۷۵-۱۵۰	< 75	
شاخص خشکی ترانسو	> 0.165	۰/۴۵-۰/۶۵	۰/۲-۰/۴۵	۰/۰۵-۰/۲	< 0.05	
شاخص خشکسالی (کد طبقه)	۷	۵،۶	۴	۲،۳	۱	

جدول ۴. وزن و طبقه شاخص‌های معیار آب

شاخص ارزیابی	طبقه بیابان‌زایی	غیر قابل ملاحظه	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
امتیاز	۰/۰۱-۱	۱/۰۰-۱/۵۰	۱/۵۱-۲/۵۰	۲/۵۱-۳/۵	۳/۵۱-۴	
افت (cm/year)	۰-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۵۰	> 50	
EC ($\mu\text{mhos/cm}$)	< 500	۵۰۰-۷۵۰	۷۵۰-۲۲۵۰	۲۲۵۰-۵۰۰۰	> 5000	
SAR ($\mu\text{mhos/cm}$)	< 15	۱۵-۱۸	۱۸-۲۶	۲۶-۳۲	> 32	

نسبت به انحراف معیار داده‌های بارش بلند مدت) مورد بررسی بهره‌گیری شد. برای محاسبه شاخص‌های معیار آب نیز از اطلاعات مربوط به چاه‌های پی‌زومتری برداشت شده توسط وزارت نیرو در منطقه استفاده شد.

مفهوم پایش در مدیریت جامع و در سطوح مدیریت محلی، منطقه‌ای و ملی و یا یک حوزه آبخیز جمع‌آوری و ذخیره نظامند داده‌ها و اطلاعات از فعالیت‌ها، پروژه‌ها، طرح‌ها و برنامه‌ها به‌منظور ارزیابی و گزارش‌دهی از وضعیت محدوده مورد نظر است. از اهداف پایش فراهم

با توجه به اقلیم خاص منطقه ۶ ایستگاه که اقلیم مشابه با منطقه داشته‌اند انتخاب شد. به دلیل کمبود آمار در بعضی از ایستگاه‌ها تنها از ایستگاه کنارک برای مطالعات شاخص‌های اقلیمی استفاده شده است. برای محاسبه شاخص خشکی از شاخص خشکی ترانسو استفاده شده است که از نسبت بارش سالیانه به تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه بدست می‌آید و برای شاخص خشکسالی نیز از بارش سالانه استاندارد شده ایستگاه‌ها (مابالتفاوت بارش در سال مورد نظر از بارش بلند مدت

آماري مورد بررسی از منظر مقدار بارش در طبقه شدید و بسیار شدید بیابان‌زایی قرار گرفته است. همانطور که قبلاً ذکر شده شاخص خشکی از رابطه ترانسو به دست آمد و تبخیر و تعرق پتانسیل از فرمول تورنت وایت محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که منطقه مورد بررسی در طول دوره آماری از منظر شاخص خشکی در طبقه کم بیابان‌زایی قرار نگرفته است، و بیشتر در طبقه بسیار شدید و فقط در سال ۱۳۸۶ در طبقه متوسط بیابان‌زایی قرار داشته است.

روند تغییر طبقه‌های شدت بیابان‌زایی شاخص‌های معیار اقلیم در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که طی دوره آماری مورد بررسی شدت بیابان‌زایی شاخص خشکسالی در طبقه‌های متوسط و شدید بیابان‌زایی قرار گرفته است و فقط در سال ۱۳۸۶ منطقه در طبقه کم بیابان‌زایی قرار گرفته است.

معیار آب

شکل ۴ نقشه طبقه‌های شدت بیابان‌زایی از نظر شاخص نوسانات سطح سفره زیرزمینی برای انتهای فصل برداشت (مهرماه) را نشان می‌دهد که با استفاده از روش کرجینک تهیه شده است. سطح سفره در تمامی نقاط یکسان نبوده و بسته به توپوگرافی، میزان برداشت از سفره آب زیرزمینی، شیب هیدرولیک، بافت آبخانه و ضخامت آن از منطقه‌ای به منطقه دیگر تفاوت دارد.

شکل ۵ نقشه وضعیت شاخص هدایت الکتریکی در طی سه دوره آماری مورد بررسی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که موازات برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و کاهش سطح سفره شاهد کاهش شدید کیفیت آب‌های زیرزمینی و شور شدن هرچه بیشتر آن‌ها هستیم.

شکل ۶ نقشه طبقه‌های وضعیت بیابان‌زایی از منظر شاخص نسبت جذب سدیم را نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان داد که منطقه در ۱۰ سال اخیر در دو کلاس ۱ و ۲ از نظر نسبت جذب سدیم قرار دارد یعنی در طبقه کم و متوسط بیابان‌زایی قرار دارد.

کردن امکان اندازه‌گیری فعالیت‌های انجام شده و نتایج به دست آمده از آن‌ها می‌باشد، نتایجی که ممکن است مستقیم و یا غیرمستقیم حاصل شوند و رابطه نتایج و فعالیت‌ها در مرحله ارزیابی مورد آزمون قرار گیرد.

روش‌های درون‌یابی

از روش‌های درون‌یابی قطعه‌ای، روش فاصله وزنی معکوس و روش تابع شعاع محور و از روش‌های زمین‌آمار روش کریجینگ معمولی استفاده شد. به منظور انتخاب بهترین درون‌یاب از روش ارزیابی متقابل^۱ استفاده شد. در این روش در هر بار اجرای روش درون‌یابی معین از بین داده‌های نقطه‌ای (در این مطالعه چاه‌ها) یک نقطه حذف می‌شود سپس بر اساس اطلاعات نقاط باقیمانده و روش درون‌یابی معین برای آن نقطه مجهول مقداری پیش‌بینی می‌شود. به این ترتیب همه نقاط یک به یک حذف و پیش‌بینی برای این نقاط صورت می‌گیرد. در پایان با توجه به مقدار پیش‌بینی شده و مقدار مشاهداتی جهت انتخاب بهترین مدل در روش کریجینگ از پنج معیار آماری متوسط خطا (M^1)، مجذور مربع خطا (RMS^3)، خطای استاندارد متوسط (ASE^4)، میانگین استاندارد شده (MS^5) و مجذور مربع خطای استاندارد شده ($RMSS^6$) استفاده شد و در روش‌های IDW و RBF دو معیار آماری M و RMS به کار گرفته شد.

نتایج

معیار اقلیم

پس از تجزیه و تحلیل‌های انجام شده بر روی شاخص‌های مورد بررسی، منحنی تواتر بارش سالیانه و بارش استاندارد شده برای هر سال به دست آمد که به ترتیب در اشکال ۲ و جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۶ شدت بیابان‌زایی شاخص میزان بارندگی را در دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۸۱ نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل نتایج شاخص بارندگی نشان می‌دهد در دوره

¹ cross value dation

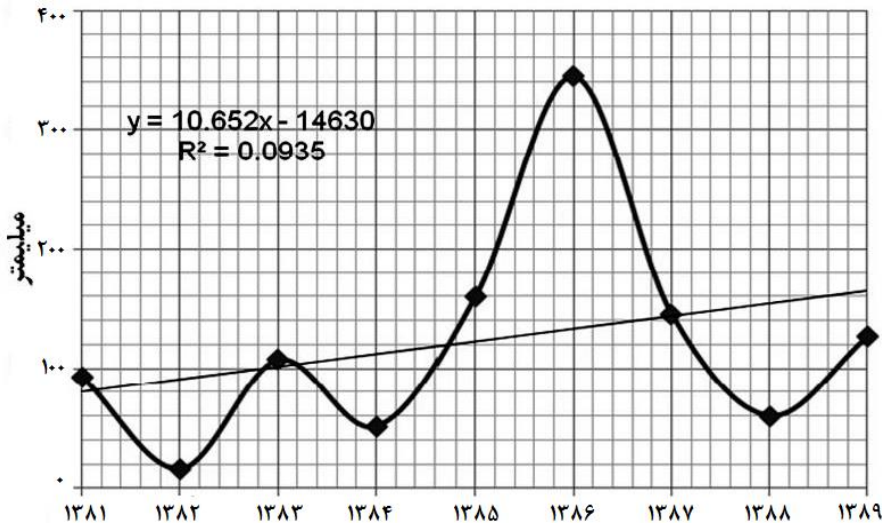
² Mean

³ Root Mean Square

⁴ Average Standard Error

⁵ Mean Standardized

⁶ Root-Mean-Square Standardized



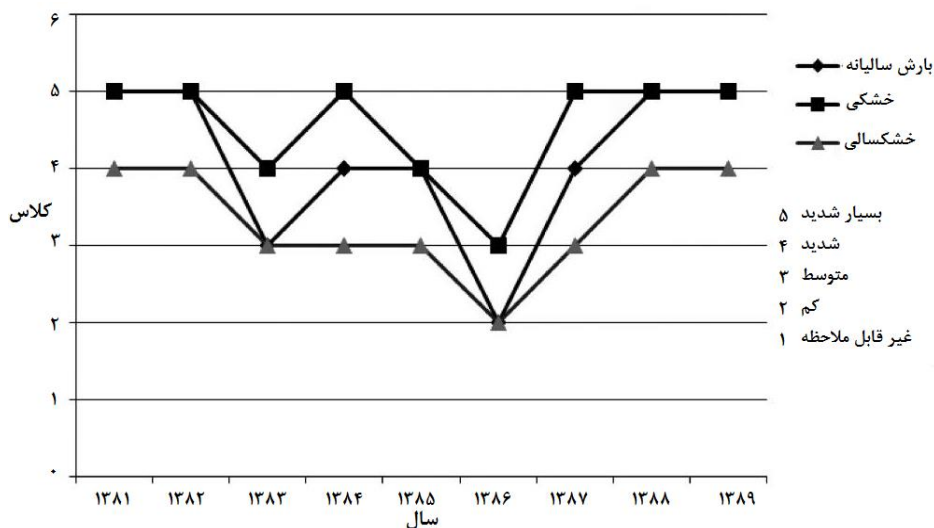
شکل ۲. تواتر سالیانه میانگین بارندگی منطقه مورد بررسی (۱۳۸۱-۱۳۸۹)

جدول ۵. مقادیر بارش استاندارد شده در منطقه

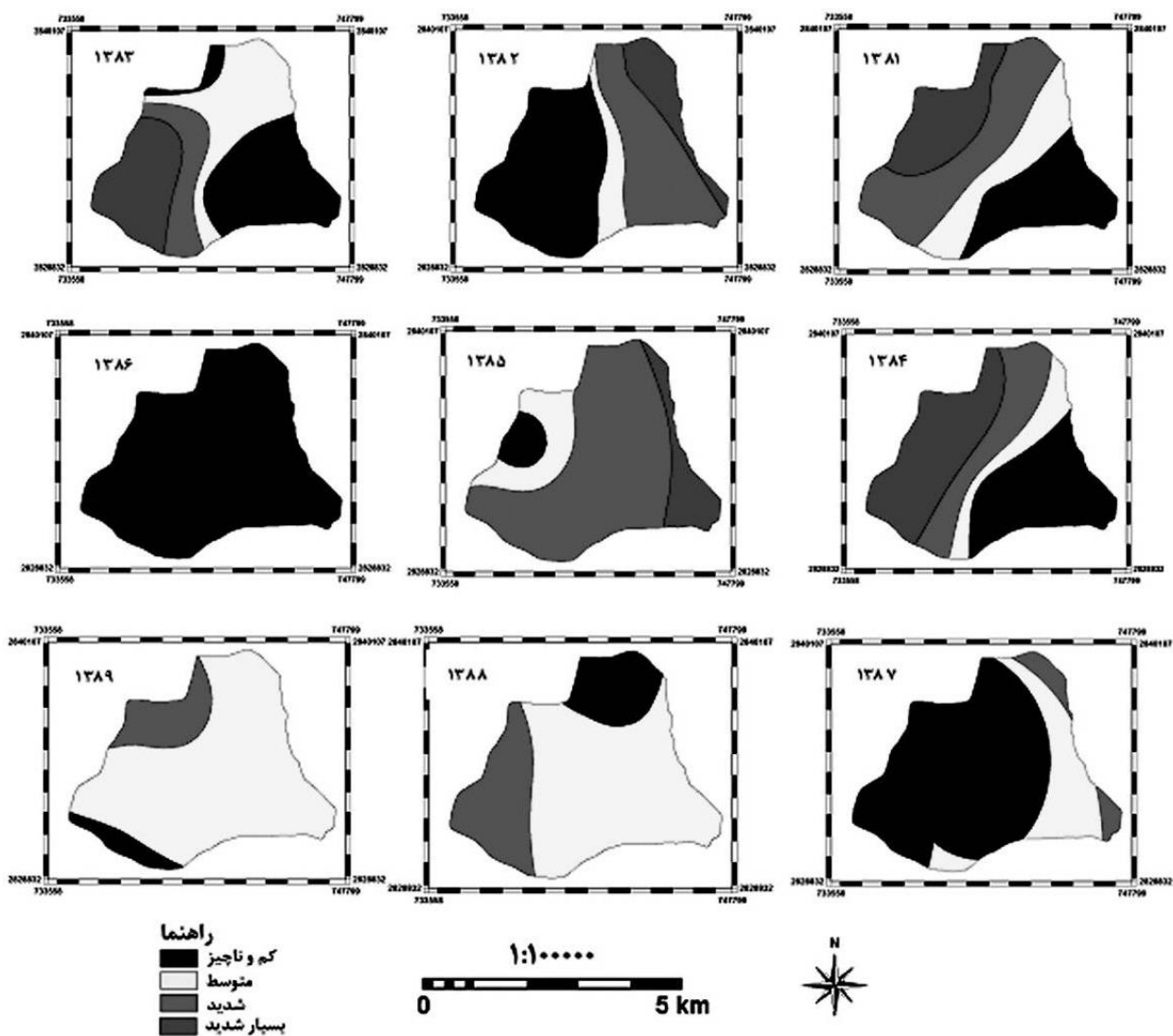
سال	۸۹	۸۸	۸۷	۸۶	۸۵	۸۴	۸۳	۸۲	۸۱
بارش استاندارد شده	-۰/۵۹۱۱۱	-۰/۸۴۹۲۴	-۰/۱۷۵۷۰۵	۲/۸۴۰۶۶۴	۰/۱۹۳۰۵۹	-۰/۲۹۱۷۶	-۰/۸۵۶۸۳	-۰/۸۵۶۸۳	-۰/۷۵۹۲۲

جدول ۶. روند بیابان‌زایی شاخص‌های معیار اقلیم (۱۳۸۱-۱۳۸۹)

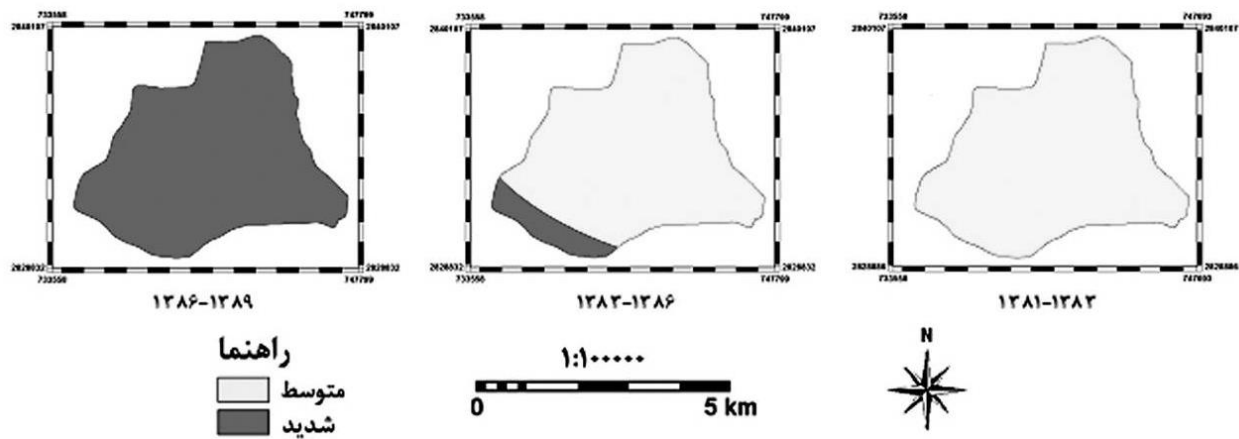
سال شاخص	۱۳۸۹	۱۳۸۸	۱۳۸۷	۱۳۸۶	۱۳۸۵	۱۳۸۴	۱۳۸۳	۱۳۸۲	۱۳۸۱
بارش سالانه	بسیار شدید	بسیار شدید	شدید	کم	شدید	شدید	متوسط	بسیار شدید	بسیار شدید
شاخص خشکی	بسیار شدید	بسیار شدید	بسیار شدید	متوسط	شدید	بسیار شدید	شدید	بسیار شدید	بسیار شدید
شاخص خشکسالی	شدید	شدید	متوسط	کم	متوسط	متوسط	متوسط	شدید	شدید



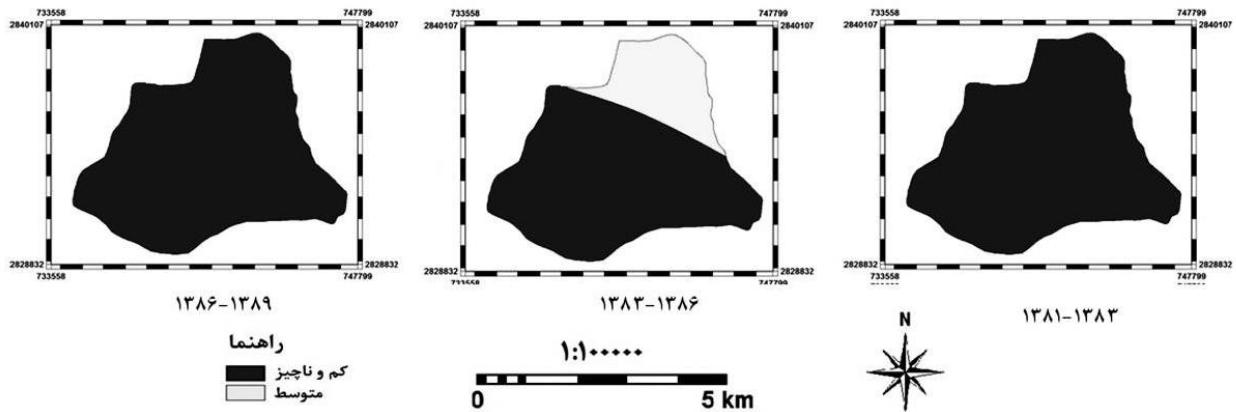
شکل ۳. نمایش روند تغییرات شاخص‌های معیار اقلیم



شکل ۴. نقشه طبقه بیابان‌زایی شاخص نوسانات سطح سفره (۱۳۸۱-۱۳۸۹)



شکل ۵. نقشه طبقه بیابان‌زایی شاخص هدایت الکتریکی



شکل ۶. نقشه طبقه بیابان‌زایی شاخص نسبت جذب سدیم

منطقه مورد بررسی در طبقه بیابان‌زایی بسیار شدید قرار نداشته است، در حالی که در سال ۱۳۸۴ بیش از ۳۴ درصد از منطقه در طبقه بسیار شدید بیابان‌زایی قرار داشته است.

جدول ۷ وسعت طبقه‌های بیابان‌زایی شاخص تغییر سطح سفره از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۹ را نشان می‌دهد، نتایج نشان می‌دهد که در دوره ۱۳۸۶-۱۳۸۹ از منظر شاخص نوسان سطح سفره،

جدول ۷. وسعت کلاسه‌های بیابان‌زایی شاخص نوسانات سطح سفره از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۹

سال	مساحت		کم		متوسط		شدید		خیلی شدید	
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
۱۳۸۱	۲۰۰۷	۲۵/۵۲	۱۵۵۹	۱۹/۸۳	۲۶۸۶/۵	۳۴/۱۶	۱۶۱۲	۲۰/۴۹	۱۶۱۲	۲۰/۴۹
۱۳۸۲	۳۷۳۶	۴۷/۵۱	۷۰۸/۵	۹/۰۱	۲۵۱۴	۳۱/۹۶	۹۰۶	۱۱/۵۲	۹۰۶	۱۱/۵۲
۱۳۸۳	۲۷۳۰	۳۴/۷۲	۲۱۷۹/۵	۲۷/۷۱	۱۰۹۹	۱۳/۹۸	۱۸۵۶	۲۳/۵۹	۱۸۵۶	۲۳/۵۹
۱۳۸۴	۲۵۶۱	۳۲/۵۷	۹۲۹	۱۱/۸۱	۱۶۶۲/۵	۲۱/۱۳	۲۷۱۲	۳۴/۴۹	۲۷۱۲	۳۴/۴۹
۱۳۸۵	۴۳۷	۵/۵۶	۱۰۹۱	۱۳/۸۷	۵۴۲۰/۵	۶۸/۹۳	۹۱۶	۱۱/۶۴	۹۱۶	۱۱/۶۴
۱۳۸۶	۷۸۶۴/۵	۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-	-
۱۳۸۷	۵۷۸۵	۷۳/۵۶	۱۶۵۷	۲۱/۰۷	۴۲۲/۵	۵/۳۷	-	-	-	-
۱۳۸۸	۱۱۲۴	۱۴/۲۹	۵۰۰۰/۵	۶۳/۵۸	۱۷۴۰	۲۲/۱۳	-	-	-	-
۱۳۸۹	۴۰۴	۵/۱۴	۶۴۵۰/۵	۸۲/۰۲	۱۰۱۰	۱۲/۸۴	-	-	-	-

افزوده شده است. در سال ۱۳۸۰ منطقه در طبقه شدید قرار نداشته است در حالی که در سال ۱۳۸۹، کل منطقه در طبقه شدید قرار داشته است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در دوره آماری مورد بررسی تغییر شاخص نسبت جذب سدیم در منطقه زرا‌آباد به صورت عینی قابل توجه نبوده است.

وسعت طبقه‌های بیابان‌زایی شاخص‌های هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در جدول ۸ نشان داده شده است. طی ۱۰ سال اخیر افت طبقه‌های بیابان‌زایی از منظر شاخص هدایت الکتریکی در منطقه زرا‌آباد به صورت عینی مشهود است به طوری که از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ از وسعت طبقه کم و متوسط کاسته شده و بر وسعت طبقه شدید

جدول ۸. وسعت طبقه‌های بیابان‌زایی شاخص هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در سه دوره آماری

دوره‌ی آماری (پارامتر)	کلاس		کم		متوسط		شدید	
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
۱۳۸۰-۱۳۸۳	EC	۶۷۵	۸/۵۸	۹۱/۴۲	-	-	-	-
	SAR	۷۸۶۴/۵	۱۰۰	-	-	-	-	-
۱۳۸۳-۱۳۸۶	EC	-	-	۷۸۶۴/۵	۱۰۰	-	-	-
	SAR	۱۷۶۲	۲۲/۴۰	۶۱۰۲/۵	۷۷/۶۰	-	-	-
۱۳۸۶-۱۳۸۹	EC	-	-	-	-	۷۸۶۴/۵	۱۰۰	-
	SAR	۷۸۶۴/۵	۱۰۰	-	-	-	-	-

■ بحث و نتیجه‌گیری

بررسی‌های انجام گرفته بر روی متوسط وزنی شاخص‌ها نشان می‌دهد شاخص خشکی بیش‌ترین تاثیر و شاخص نسبت جذب سدیم کم‌ترین تاثیر را در منطقه دارند. از بین این دو معیار، معیار آب روند افزایشی را نشان می‌دهد که نشان دهنده عدم تغذیه مناسب سفره آبریززمینی و برداشت بیش از حد از آبخوان است. معیار اقلیم در دوره ۱۳۸۳-۱۳۸۶ روند کاهشی را از خود نشان می‌دهد که بیانگر بهبود شرایط اقلیمی در این منطقه می‌باشد، اما مجدداً در دوره بعدی ۱۳۸۶-۱۳۸۹ روند افزایشی را به خود گرفته که با شرایط حاکم بر منطقه در این سال‌ها کاملاً هم‌خوانی دارد. جدول‌های ۷ و ۸ نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی و شاخص‌های هیدروژئولوژی (آب‌های زیرزمینی) با شاخص‌های اقلیمی و خشکسالی در این منطقه تقریباً هم‌زمانی دارد.

با کمی دقت به جدول‌ها و نمودارهای حاصل از تجزیه و تحلیل معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی مشخص می‌شود طی سه دوره مورد بررسی بیابان‌زایی روند غیر خطی داشته است به طوری‌که در دوره ۱۳۸۰-۱۳۸۳ ارزش عددی بیابان‌زایی منطقه برابر با ۲/۷۳ می‌باشد ولی در دوره ۱۳۸۳-۱۳۸۶ این عدد کاهش یافته که نشان‌گر روند کاهشی بیابان‌زایی در این سال‌هاست که علت اصلی آن بهبود وضعیت شاخص‌های اقلیمی از جمله میزان بارندگی برآورد شد و در دوره ۱۳۸۶-۱۳۸۹ به عدد ۲/۵۵ رسید و روند افزایش بیابان‌زایی مشاهده گردید. طی ۱۰ سال اخیر افت طبقه‌های بیابان‌زایی از منظر شاخص

هدایت الکتریکی در منطقه زراآباد به صورت عینی مشهود است به طوری‌که از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ از وسعت طبقه کم و متوسط کاسته شده و بر وسعت طبقه شدید افزوده شده است. در سال ۱۳۸۰ منطقه در طبقه شدید قرار نداشته است در حالیکه در سال ۱۳۸۹، کل منطقه در طبقه شدید قرار داشته است. به نظر می‌رسد بیلان منفی سفره، تغییرات در خطوط پیژومتر و شیب هیدرولیک سفره موجب پیشروی آب شور از سمت دریا به داخل آب‌های ساحلی و جنوب به طرف شمال منطقه شده است.

طی ۱۰ سال اخیر تغییرات شاخص نسبت جذب سدیم در منطقه زراآباد به صورت عینی قابل مشهود نیست و طی سالیان اخیر دچار نوسان زیادی نبوده است. بررسی‌ها نشان داد که منطقه در در ۱۰ سال اخیر در دو کلاس ۱ و ۲ از نظر نسبت جذب سدیم قرار دارد یعنی در کلاس کم و متوسط تخریب اراضی قرار گرفته است. از بین این دو شاخص کیفی آب در منطقه شاخص هدایت الکتریکی تاثیر بیشتری را نسبت به شاخص نسبت جذب سدیم در منطقه دارد که این عامل خود ارتباط مستقیمی با روند افزایشی برداشت از سطح آب‌های زیر زمینی و افزایش شوری در محدوده مطالعه شده دارد.

همچنین از بین شاخص‌های مطالعه شده، دو شاخص خشکی ترانسو و شاخص بارش سالانه به ترتیب با ارزش عددی ۳/۸۱ و ۳/۴ بیشترین تاثیر و شاخص نسبت جذب سدیم با ارزش عددی ۱/۱۷ کمترین تاثیر را در بیابان‌زایی دارد. نتیجه پژوهش حاضر با نتایج زهتابیان و خسروی (۲۰۱۱)، خسروی (۱۳۸۳) در منطقه کاشان و

خشکی، خشکسالی، نوسانات سطح سفره آب، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم با بهره‌گیری از روش AHP پرداخته شد. نتایج حاصل از این پژوهش که بر روی بیابان‌های ساحلی صورت گرفت با نتایج مطالعات مسعودی (۱۳۸۹) و خسروی (۱۳۹۱) در بیابان‌های داخلی به‌جهت دسترسی به اطلاعات، کاهش هزینه‌های مربوطه و افزایش سرعت مطالعه با توجه به روش GIS مطابقت دارد.

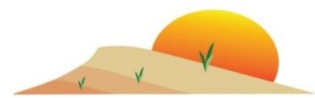
احمدی (۱۳۸۳) در دشت سگزی که وضعیت بیابان‌زایی شاخص میزان بارش و شاخص خشکی را شدید ارزیابی نمودند، علی‌رغم تفاوت‌های اقلیمی مطابقت دارد. رئیسی (۱۳۸۷) در منطقه کهیر شهرستان کنارک شاخص میزان بارش با بیابان‌زایی شدید را یکی از مهمترین شاخص‌های بیابان‌زایی معرفی کرد که نتایج این پژوهش‌ها نیز با توجه به شباهت‌های اقلیمی این مناطق همخوانی دارد. در این پژوهش به ارزیابی شدت بیابان‌زایی با انتخاب دو معیار آب و اقلیم و شش شاخص میزان بارش، شاخص

■ منابع

۱. احمدی، ح. (۱۳۸۳). گزارش نهایی طرح تدوین شرح خدمات جامع و متدلوژی تعیین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۲. اختصاصی، م. و مهاجری، س. (۱۳۷۴). روش طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران (ICD). مجموعه مقالات دومین همایش بررسی مناطق بیابانی کشور، کرمان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.
۳. جعفری زاده، م. (۱۳۸۹). ارزیابی شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA (مطالعه موردی: منطقه ملانانی اهواز). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۴. خسروی، ح. (۱۳۸۳). کاربرد مدل مدالوس در بررسی بیابان‌زایی کاشان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۵. خسروی، ح. (۱۳۹۱). ارائه مدل پایش و سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی (مطالعه موردی: منطقه کاشان). رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۶. راهداری، غ. (۱۳۹۱). پایش بیابان‌زایی و ارائه سیستم هشدار بر اساس دو فاکتور اقلیم و آب زیر زمینی در منطقه کنارک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل.
۷. رئیسی، ع. (۱۳۸۷). بررسی عوامل موثر بر شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA در منطقه کهیر کنارک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۸. مسعودی، ر. (۱۳۸۹). سیستم هشدار اولیه بیابان‌زایی براساس دو فاکتور آب و اقلیم (مطالعه موردی: دشت کاشان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
9. Afiffi, A., Gad, A. & Refat, A. (2010). Use of GIS and Remote Sensing for Environmental Sensitivity Assessment of North Coastal Part, Egypt. *Journal of American Science*, 6, 271-283.
10. Amiraslani, F. & Dragovich, D. (2011). Combating desertification in Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches. *Journal of Environmental Management*, 92 (1), 1-13.
11. Bauer, S. & Stringer, L.C. (2009). The role of science in the global governance of desertification. *Journal of Environment Development*, 18 (3), 248-267.
12. Dawelbait, M. & Morari, F. (2012). Monitoring desertification in a Savannah region in Sudan using Landsat images and spectral mixture analysis. *Journal of Arid Environments*, 80, 45-55.
13. Dregne, H.E. (1977). Desertification of arid lands. *Economic Geography*, 53(4), 322-331.

14. Fang, L., Bai, Z., Wei, S., Yanfen, H., Zongming, W. & Kaishan, S. (2008). Sandy desertification change and its driving forces in western Jilin Province, North China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 136, 379-390.
15. FAO/UNEP, (2001). Land Degradation Assessment in Dry land (LADA). United Nations Environment Program, Global Environment Facility, 67p.
16. Ferrara, A., Salvati, L., Sateriano, A. & Nole, A. (2012). Performance evaluation and cost assessment of a key indicator system to monitor desertification vulnerability. *Journal of Ecological Indicators*, 23, 123-129.
17. Glenna, E., Stafford Smith, M. & Squires, V. (1998). On our failure to control desertification: implications for global change issues and a research agenda for the future, *Journal of Environmental Science and Policy*, 1, 71-78.
18. Hare, F.K., Kates, R.W. & Warren, A. (1977). The making of deserts: climate, ecology and society, *Economic Geography*, 53 (4), 332-346.
19. Herman, S.M. & Hutchinson, C.F. (2005). The changing contexts of the desertification debate. *Journal of Arid Environments*, 63, 538-555.
20. Hosseini, S.M. (2012). Desertification hazard zoning in Sistan Region; Iran. *Journal of Geographical Sciences*, 22(5), 885-894.
21. Li, S., Zheng, Y., Luo, P. & Wang, X. (2007). Desertification in western Hainan Island, China (1959 to 2003). *Land Degradation & Development*, 18, 473-485.
22. Rahdari, Gh., Rahdari, M.R., Fakhireh, A.A., Shahryari, A.R. & Khosravi, H. (2013). GIS-based Monitoring and EWSs of Desertification (Case study; southeastern of Iran). *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1, 10: 1185-1198.
23. Rasmy, M., Gad, A., Abdelsalam, H. & Siwailam, M. (2010). A dynamic simulation model of desertification in Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 13, 101-111.
24. Salvati, L., Sateriano, A. & Zitti, M. (2013). Long-term land cover changes and climate variations a country-scale approach for a new policy target. *Journal of Land Use Policy*, 30, 401-407.
25. Santini, M. (2008). A new GIS-based spatial modeling approach for desertification risk assessment in the Mediterranean area. An Italian case study: Sardinia Island. PhD thesis, University of Tuscia, Italy.
26. Santini, M., Caccamo, G., Laurenti, A., Noce, S. & Valentini, R. (2010). A multi-component GIS framework for desertification risk assessment by an integrated index. *Journal of applied geography*, 30, 394-415.
27. Seifan, M. (2009). Long-term effects of anthropogenic activities on semi-arid sand dunes. *Journal of Arid Environments*, 73, 332-337.
28. Sepehr, A. & Zucca, A. (2012). Ranking desertification indicators using TOPSIS algorithm. *Journal of natural hazard*, 62, 1137-1153.
29. Sepehr, A., Hassanli, A. M., Ekhtesasi, M. R. & Jamali, J. B. (2007). Quantitative assessment of desertification in south of Iran using Medalus method. *Environmental Monitoring and Assessment*, 134, 243-254.
30. Stringer, L.C. (2008). Reviewing the International Year of Deserts and Desertification 2006: what contribution towards combating global desertification and implementing the United Nations Convention to Combat Desertification. *Journal of Arid Environments*, 72, 2065-2074.
31. UNCED, (1992). Convention on desertification. 3-14 June, Rio de Janeiro, Brazil: United Nations Conference on Environment and Development.
32. Veron, S.R., Paruelo, J.M. & Oesterheld, M. (2006). Assessing desertification. *Journal of Arid Environments*, 66, 751-763.

33. Xiaodong, G. (2013). Quantifying the synergistic effect of the precipitation and land use on sandy desertification at county level: A case study in Naiman Banner, Northern China. *Journal of Environmental Management*, 123, 34-41.
34. Yang, L. (2013). Roles of science in institutional changes: The case of desertification control in China. *Journal of environmental science and policy*, 27, 32 – 54.
35. Zehtabian, G. R., Amiraslani, F. & Khosravi, H., (2006). The reapplication of MEDALUS methodology in Kashan; Iran. 14th International Soil Conservation Organization Conference, Water Management and Soil Conservation in Semi-arid Environments Marrakech, Morocco.
36. Zehtabian, Gh., Ahmadi, H., Raesi, A., Rahdari, M.R. & Khosravi, H. (2014). Quantitative assessment of desertification with emphasis on geo-climatology. *Elixir International Journal*, 68A 22474-22477.
37. Zehtabian, Gh. & Khosravi, H. (2011). Urbanization, Land Use, Land Degradation and Environment, chapter13: effective criteria and indices of desertification and effect of agricultural management on land degradation in Iran, Daya publication house.
38. Zucca, C., Canu, A. & Della Peruta, R. (2006). Effects of land use and landscape on spatial distribution and morphological features of gullies in an agro pastoral area in Sardinia (Italy). *Catena*, 68, 87–95.



Monitoring of Desertification Trend Based on Analysis of Water and Climate Criterion (Southeastern Coastal Deserts of Iran)

Gh.R. Rahdari¹, H. Khosravi^{*2}, A. Fakhireh³, A.R. Shahryari³ and M.R. Rahdari⁴

¹ Senior Expert, Department of Natural Resources and Watershed Management of Sistan and Baluchestan Province, Iran

² Assistant Professor, University of Tehran, Iran

³ Assistant Professor, University of Zabol, Iran

⁴ PhD student, University of Tehran, Iran

*Corresponding author, E-mail: hakhosravi@ut.ac.ir

Received: 27/07/2013

Accepted: 22/07/2014

Abstract

Nowadays, desertification is one of the important ecological crises affecting the world. We require a proper understanding of causes and processes of desertification to control the serious phenomenon in the global and regional scales. In comprehensive management, the monitoring content is systematic collection and storage of data from activities and strategies that provide assessment and report about the overall condition of the study area. In this study, using AHP and GIS techniques, the desertification process was assessed by IMDPA model in 7864.5 ha of Zarabad region in the southeastern Iran. The results of analysis showed that desertification benchmarks and indicators in the three periods had a nonlinear trend of desertification process in the region so that the numerical value is equal to 2.73 in the period 2001-2004 but in the period 2004-2007 the figure has decreased that is show decreasing trend of desertification in recent years and the main reason for the improvement was climatic parameters such as rainfall. The numerical value in the period 2007-2010 is 2.55 shows an increasing trend of desertification. As the result show that climate benchmark is dominant over three periods and classified in high grade. Among the indicators studied, Transou aridity index and annual precipitation index had the maximum effect with the values of 3.81 and 3.4 while sodium absorption ratio value was 1.17 with the least impact on desertification. Among two water quality indices in the area, the electrical conductivity has greater influence than sodium absorption ratio that it directly related to the increased exploitation of groundwater and increased salinity in the studied region.

Keywords: Evaluation, Desertification, IMDPA, GIS, AHP