Archive of SID

جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سال ۲۷، پیـاپی ۶۲، شـماره ۲، تابسـتان ۱۳۹۵

ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقهٔ سراوان با استفاده از مدل IMDPA

فرهاد ذوالفقاری: مربی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی- مجتمع آموزش عالی سراوان، **ایران**
حسن خسروی*: استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران

وصـول: ۱۳۹۳/۷/۱۰ پـذیرش: ۱۳۹۴/۵/۲۷ ، صص ۱۰۲- ۸۷

چکیده

در این پژوهش با استفاده از روش ایرانی IMDPA، حساسیت اراضی منطقهٔ سراوان به بیابان‌زایـی ارزیـابی و بررسـی شـده است. برای این منظور، پس از بررسی و ارزیابی‌های اولیه، چهار معیار اقلیم، پوشش گیاهی، خاک و فرسایش بادی بـه‌عنـوان مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی منطقه با شاخص‌های متفاوت در نظر گرفته شد. با استفاده از روش فوق، امتیازات هـر شاخص در معیار مربوطه مشخص و ارزش هر معیار با محاسبهٔ میانگین هندسی امتیاز شاخص‌های آن مشخص شـد. پـس از آن هر یک از معیارها به صورت لایه‌های اطلاعاتی وارد محیط GIS شـدند. بـا روی‌همگـذاری و تلفیـق لایـه‌هـای رسـتری معیارهای مذکور و محاسبهٔ میانگین هندسی معیارها به‌کمک فرمـول $DM=(SI\times WEI\times VI\times CLI)^{1/4}$ و تجزیـه و تحلیـل آن با استفاده از مدل IMDPA نقشهٔ شدت بیابان‌زایی منطقه به‌دست آمد. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان می‌دهد، ۴۵/۲۴ درصد منطقه از نظر درجه بیابان‌زایی در کلاس متوسط و ۵۴/۳۹ درصد آن در کلاس شدید قرار دارد و ۰/۳۷ درصـد منطقـه که شامل مناطق مسکونی بود، در هیچ کلاسی قرار نگرفت. معیار اقلیم با ارزش عددی ۳/۱، بیشترین تأثیر و معیـار خـاک بـا ارزش عددی ۲/۳۵، کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارد. همچنین معیارهای پوشش گیاهی و فرسایش بادی به‌ترتیب بـا ارزش‌های عددی ۲/۶۲ و ۲/۸۷ شدت بیابان‌زایی شدید را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: شدت بیابان‌زایی، معیار، شاخص، مدل IMDPA، سراوان

***نویسنده مسؤول:** hakhosravi@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

بیابان‌زایی بعد از بحران کمبود آب و خشکسالی، سومین چالش مهم جهانی در قرن ۲۱ است. بیش از ۱۱۰ کشور جهان در معرض پدیدهٔ بیابان‌زایی قرار دارند. شناخت مناطقی که در معرض بیابان‌زایی قرار دارند، به‌منظور مبارزه با این پدیده اهمیت فراوانی دارد و راه را برای برنامه‌ریزی بهتر هموار می‌سازد (زهتابیان، ۱۳۸۹). این پدیده گریبان‌گیر بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای در حال توسعه است که نتیجهٔ آن از بین‌رفتن منابع تجدیدشونده در هر یک از این کشورهاست (احمدی، ۱۳۸۳). بیابان‌زایی مشتمل بر فرایندهایی است که در نتیجهٔ عوامل طبیعی و عملکرد نادرست انسان ایجاد می‌شود (Reynolds, 2008). طبق تعریف عبارت است از کاهش استعداد اراضی بر اثر یک یا ترکیبی از فرایندها از قبیل فرسایش بادی، فرسایش آبی، تخریب پوشش گیاهی، تخریب منابع آب، ماندابی‌شدن، شورشدن، قلیایی‌شدن خاک و ... که عوامل محیطی یا انسانی آن را تشدید می‌کنند. تاکنون مبارزه با بیابان‌زایی و تخریب سرزمین در کشورهای توسعه‌یافته و همچنین کشورهای در حال توسعه، اولویت محلی، ملی، منطقه‌ای و جهانی خصوصاً در سطح ملی در نظر گرفته نشده است (Melchiade، 2009).

می‌توان با ارائهٔ راهکارها و روش‌های مدیریتی مناسب از شدت پدیدهٔ بیابان‌زایی کاست و نیز از گسترش و پیش‌روی آن جلوگیری کرد. در این راه شناخت فرایندهای بیابان‌زایی و عوامل به‌وجودآورنده و تشدیدکنندهٔ آن و همچنین آگاهی از شدت و ضعف این فرایندها و عوامل، امری مهم و ضروری است که باید بررسی و ارزیابی شود. شناخت معیارها و شاخص‌ها به‌منظور ارائهٔ مدلی برای نشان‌دادن شدت بیابان‌زایی و تعیین مهمترین عوامل مؤثر بر آن، به‌منظور جلوگیری از گسترش عوامل بیابان‌زایی ضرورت دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۳). در هر منطقه بسته به شرایط اقلیمی، خاک‌شناسی، ژئومرفولوژی و ...، عوامل مختلفی در بیابان‌زایی نقش دارند.

برای ارزیابی بیابان‌زایی پژوهش‌های مختلفی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است و منجر به ارائهٔ مدل‌های منطقه‌ای فراوانی شده است که خاص همان مناطق است. برای استفاده از این مدل‌ها در مناطق دیگر باید شاخص‌ها و معیارهای آنها بررسی و ارزیابی مجدد و با توجه به شرایط منطقهٔ مطالعاتی تعدیل و اصلاح شوند (زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۶). از جملهٔ این روش‌ها، مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی به‌روش FAO- UNEP است که در سال ۱۹۷۷ برای تهیهٔ نقشهٔ جهانی بیابان‌زایی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰۰۰ استفاده شد و مشخص‌کنندهٔ مناطق بیابانی به انضمام مناطق اطراف آنهاست که در معرض خطر شدید بیابان‌زایی قرار داشتند. مؤسسهٔ تحقیقات فرهنگستان علوم ترکمنستان، طرحی با دقت بیشتر از روش فائو یونپ در زمینهٔ ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی ارائه کرد. در روش فوق که خارین و همکاران در سال ۱۹۸۵ تهیه کردند، مواردی همچون فرسایش بادی، فرسایش آبی، تخریب پوشش گیاهی، شورشدن خاک، باتلاقی‌شدن، آلودگی محیطی و بیابان‌زایی ناشی از عملکرد جانوران به عنوان فرایندهایی که موجب بیابان‌زایی در منطقه می‌شوند، پیشنهاد شد.

جیاردانو و همکاران در سال ۲۰۰۲ برای ارزیابی

www.SID.ir

Archive of SID

بیابان‌زایی منطقهٔ سیسیل ایتالیا، با روش MEDALUS[1] با توجه به شرایط منطقه، چهار شاخص خاک، اقلیم، پوشش گیاهی و مدیریت اراضی را که شاخص‌های کلیدی بیابان‌زایی در منطقهٔ مطالعاتی بودند، در نظر گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های این روش نشان داد، در بیش از ۵۰ درصد منطقه، حساسیت به بیابان‌زایی زیاد تا متوسط است. لادیسا و همکاران در سال ۲۰۰۲ در منطقهٔ باری ایتالیا شش شاخص خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، مدیریت و شاخص فشار انسانی را به‌روش MEDALUS برای ارزیابی بیابان‌زایی منطقه به‌کار بردند. علی و البرادعی در سال ۲۰۰۸، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیهٔ نقشهٔ حساسیت محیطی به بیابان-زایی در مصر به این نتیجه رسیدند که بیشترین قسمت از منطقهٔ مورد مطالعه در کلاس متوسط بیابان‌زایی قرار دارد.

لاوادو و همکاران در سال ۲۰۰۸، با بررسی حساسیت اراضی به تخریب، با استفاده از مدل ESAs[2] در جنوب غرب اسپانیا به این نتیجه رسیدند که نقشهٔ بیابان‌زایی تهیه‌شده طی این پژوهش، نسبت به سایر مدل‌ها بهتر و با شرایط طبیعی سازگارتر است. نونز و همکاران در سال ۲۰۰۹ تأثیر پتانسیل بیابان‌زایی را بر چرخهٔ زیست‌محیطی زندگی ارزیابی کردند. آنها چهار متغییر بیوفیزیکی خشکی، فرسایش، بهره برداری زیاد از آبخیز و خطر آتش‌سوزی را بر اساس منطقه و بیلان کاری برای مدل انتخاب کردند.

شاکریان و همکاران در سال ۲۰۱۱ با استفاده از مدل IMDPA در ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقهٔ جرقویه استان اصفهان با تعیین معیارهای خاک و آب نشان دادند، معیار خاک با کلاس متوسط مهمترین معیار در بیابان‌زایی منطقه و معیار آب با کلاس کم و ناچیز کمترین نقش را در بیابان‌زایی منطقه دارد.

زوکا و سپهر در سال ۲۰۱۲ با استفاده از الگوریتم TOPSIS، شاخص‌های رتبه‌بندی بیابان‌زایی را بررسی کردند. آنها نشان دادند، جنگل‌تراشی یکی از پیامدهایی است که منجر به پدیدهٔ بیابان‌زایی می‌شود. این روش در سه کشور برزیل، موزامبیک و پرتغال با استفاده از داده‌های مشاهدهٔ زمین استفاده شده است.

اختصاصی و مهاجر در سال ۱۳۷۴، روشی را برای طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران تحت عنوان ICD[3] منتشر کردند. در این روش سعی شده است تا غالب عوامل مؤثر در بیابانی‌شدن اراضی به‌صورت گام به گام بررسی و با رعایت تأثیرات متقابل آنها، امکان ارزیابی نسبتاً دقیق و در عین حال آسان برای کارشناسان و پژوهشگران فراهم شود.

زهتابیان و رفیعی در سال ۱۳۸۲، بیابان‌زایی دشت ورامین را با تکیه بر مسائل آب و خاک و در غالب روش ESAS بررسی کردند. در روش فوق، از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی به‌منظور تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی مختلف استفاده شد. به طوری که پس از وزن‌دادن به هر لایهٔ اطلاعاتی با توجه به فرمول موجود در این رابطه، بیابان‌زایی دشت ورامین بررسی و در نهایت نقشهٔ بیابان‌زایی تهیه شد. همچنین می‌توان روش‌های ASSOD، LADA ارائه‌شده در کنفرانس ۲۰۰۲، TAXONOMY، GLASOD (بابایف و همکاران ۱۹۹۳) و بررسی روش MEDALUS در منطقهٔ کاشان

[1] - Mediterranean Desertification and Land Use
[2] - Environmental sensitive Arias
[3]- Iranian Classification of Desertification

www.SID.ir

Archive of SID

در سال ۱۳۸۳ را نام برد که خسروی انجام داد و در نقاط مختلف جهان به‌منظور ارزیابی و تعیین شدت اثر عوامل مؤثر در ایجاد شرایط بیابان‌زایی انجام شده یا در حال انجام است.

یکی دیگر از مدل‌های ارائه‌شده در ایران، مدل IMDPA[1] است که در برگیرندهٔ ۹ معیار مؤثر در بیابان‌زایی و ۳۶ شاخص برای ارزیابی کمّی هریک از معیارهاست. این مدل را سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در پروژه‌ای با عنوان تدوین شرح خدمات و متدولوژی تعیین معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی با کمک گروهی از استادان و پژوهشگران کشور در سال ۱۳۸۴ ارائه کرد (زهتابیان و همکاران ۱۳۸۸). این ۹ معیار عبارت‌اند از: آب، خاک، پوشش گیاهی، ژئومرفولوژی، زمین‌شناسی، اقلیم، کشاورزی، توسعهٔ فناوری و اقتصادی- اجتماعی که به‌عنوان معیارهای بیابان‌زایی معرفی شده‌اند و برای کمّی‌کردن آنها از شاخص‌های مربوط به هر معیار کمک گرفته می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۸۳).

ناطقی (۱۳۸۸) با استفاده از مدل ایرانی IMDPA و معیارهای آب، زمین و پوشش، شدت بالفعل بیابان‌زایی برای دشت سگزی اصفهان را کلاس خیلی شدید برآورد کرد. رضوی (۱۳۸۷) با استفاده از همین مدل و با محاسبهٔ معیارهای آب، خاک، پوشش گیاهی و اقلیم در کویر میقان اراک، وضعیت فعلی بیابان‌زایی برای منطقه را کلاس شدید بیابان‌زایی برآورد کرد. وصالی (۱۳۸۷) با بررسی شدت بیابان‌زایی ناشی از فعالیت‌های انسانی در منطقهٔ آران و بیدگل، وضعیت فعلی بیابان‌زایی را بر اساس مدل IMDPA کلاس متوسط محاسبه کرد. زهتابیان (۱۳۸۹) با بررسی تأثیرات توسعهٔ کشاورزی و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در بیابان‌زایی منطقهٔ طشک استان فارس وضعیت بیابان‌زایی منطقه را کلاس شدید برآورد کردند. همچنین ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی شدت بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل IMDPA و انتخاب معیارهای اقلیم، پوشش گیاهی، خاک و فرسایش بادی، شدت بیابان‌زایی منطقه را شدید برآورد کردند.

بنابراین شناخت معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی و امتیازدهی آنها و بررسی یک مدل منطقه‌ای و تعیین مهمترین عوامل مؤثر برای جلوگیری از گسترش آنها بر بیابان‌زایی ضرورت دارد. برای شناخت وضعیت و شدت پدیدهٔ بیابان‌زایی و تفکیک عرصه‌های آسیب‌پذیر در برابر عوامل تخریب، باید معیارها و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی را شناسایی و ارزیابی کرد تا بتوان طرح‌های بیابان‌زایی را با موفقیت اجرا و از طریق استفادهٔ مطلوب اراضی و در نظر گرفتن معیارها و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی از ایجاد این پدیده جلوگیری نمود. بنابراین با توجه به بومی‌بودن این مدل به‌نظر می‌رسد که باید این مدل در تمامی نقاط کشور با شرایط اقلیمی متفاوت ارزیابی شود. برای این منظور در خصوص تعیین وضعیت بالفعل بیابان‌زایی در منطقهٔ روتک سراوان در استان سیستان و بلوچستان از مدل ایرانی IMDPA و معیارهای اقلیم، پوشش گیاهی، خاک و فرسایش بادی در این پژوهش استفاده شده است.

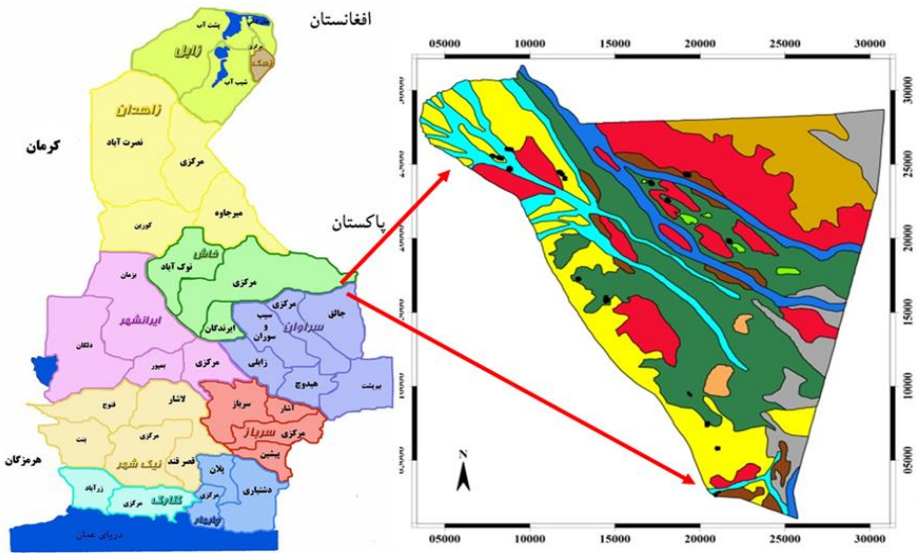
منطقهٔ مورد مطالعه در این پژوهش با وسعت حدود ۴۱۸۵۳/۳۷ هکتار در ۱۵۰ کیلومتری از مرکز شهرستان سراوان قرار دارد. این منطقه دارای مختصات

[1] - Iranian Model of Desertification Potential Assessment

www.SID.ir

Archive of SID

جغرافیایی ´۲۹ °۶۲ تا ´۴۷ °۶۲ طول شرقی و ´۰۰ °۲۸ تا ´۱۶ °۲۸ عرض شمالی است که از مرز بین کشور پاکستان با ایران در جنوب شرقی در نظر گرفته شده است (شکل ۱).



شکل ۱ – موقعیت و نقشهٔ ژئومورفولوژی منطقهٔ مورد مطالعه

رژیم بارندگی در این منطقه، مدیترانه‌ای و حداکثر بارندگی‌های آن در فصل سرد سال (زمستان با میانگین ۱۵/۵۱ میلی‌متر) و مقدار بسیار ناچیزی در فصل تابستان است. از مجموع متوسط بلندمدت بارندگی سالانهٔ منطقه (۱۳۶۲ تا ۱۳۹۰) به میزان ۳۵/۱۱ میلی‌متر، ۱۵/۵۱ میلی‌متر آن در زمستان، ۹/۷۷ میلی‌متر در بهار، ۵/۱۲ میلی‌متر در تابستان و ۴/۷۱ میلی‌متر در پاییز به وقوع می‌پیوندد (ایستگاه سینوپتیک سراوان، ۱۳۹۱). بر اساس آمار و اطلاعات ایستگاه سینوپتیک سراوان برای دورهٔ آماری ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۱، متوسط سالیانهٔ دمای هوا ۲۲/۱ درجه سانتی‌گراد است. بر همین اساس تیرماه با متوسط ۳۹/۷ درجه سانتی‌گراد گرمترین ماه سال و دی‌ماه با متوسط ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد سردترین ماه سال است.

با بررسی گزارش‌های مختلف و بازدید از منطقهٔ اطلاعات پایه از جمله نقشه‌های موضوعی، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و سایر اطلاعات مورد نیاز گردآوری و محدودهٔ منطقهٔ مورد مطالعه مشخص شد. بر اساس مطالعات صورت‌گرفته رخساره‌های ژئومورفولوژی به‌عنوان واحد مطالعات تعیین گردید. به‌منظور تهیهٔ نقشهٔ شدت بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه معیارهای، خاک، فرسایش بادی، پوشش گیاهی و اقلیم با شاخص‌های مربوطه بر اساس مدل ایرانی بیابان‌زایی (IMDPA) انتخاب شد. شاخص‌های بافت خاک، هدایت الکتریکی، عمق خاک و درصد سنگریزه عمقی برای معیار خاک بر اساس جدول (۱) ارزیابی شد و میانگین هندسی معیار خاک بر اساس رابطهٔ ۱ محاسبه شد (خسروی، ۱۳۸۳).

رابطهٔ (۱): ۱/۴(عمق خاک× درصد سنگریزه عمقی× هدایت الکتریکی× بافت)= معیار خاک

جدول ۱– شاخص‌های مربوط به معیار خاک برای ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و دامنهٔ امتیازدهی			
	۱-۱/۵۰	۱/۵۱-۲/۵۰	۲/۵۱-۳/۵۰	۳/۵۱-۴
هدایت الکتریکی (**ds/m**)	< ۵	۵-۸	۹-۱۶	> ۱۶
عمق خاک (سانتی‌متر)	> ۸۰	۵۰-۸۰	۲۰-۵۰	< ۲۰
بافت خاک	رسی و لوم رسی	لوم ریز	لوم درشت	شنی و لومی شنی
میزان سنگریزه عمقی (درصد)	< ۱۵	۱۵-۳۵	۳۵-۷۵	> ۷۵

شاخص‌های شدت فرسایش بادی، درصد پوشش غیرزنده، درصد پوشش گیاهی و شاخص روزهای طوفانی و گرد و غباری برای تعیین معیار فرسایش بادی بر اساس جدول (۲) و معیار فرسایش بادی با استفاده از رابطهٔ ۲ محاسبه شد.

رابطهٔ (۲): ۱/۴ (تعداد روزهای طوفانی× پوشش گیاهی× تراکم پوشش غیرزنده× شدت فرسایش)= معیار فرسایش بادی

جدول ۲- شاخص‌های مربوط به معیار فرسایش بادی برای ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی

نوع شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و دامنهٔ امتیازدهی			
	۱-۱/۵۰	۱/۵۱-۲/۵۰	۲/۵۱-۳/۵۰	۳/۵۱-۴
ظهور رخساره فرسایشی	بدون آثار و اشکال فرسایش بادی و آشفتگی خاک در طول سال	دارای آثار بادبردگی محدود در سطح خاک، سطوح شلجمی پراکنده و تشکیل سنگفرش بیابان متراکم	پهنهٔ ماسه‌ای، کلوتک پراکنده شلجمی متراکم و تشکیل سنگفرش کم‌تراکم	تپهٔ ماسه‌ای فعال، کلوتک‌های متراکم و نزدیک به هم
درصد پوشش غیرزنده (سنگریزه بزرگتر از ۲میلیمتر) در سطح خاک **(MC)**	MC>80	40<MC<80	20<MC<40	MC<20
درصد پوشش گیاهی **(PC)**	PC>40	20<PC<40	10<PC<20	<10
تعداد روزهای با شاخص طوفانی گرد و خاک (DSI)	**<**۱۰	۱۰-۳۰	۳۰-۶۰	**>** ۶۰

سه شاخص وضعیت پوشش گیاهی، بهره‌برداری از پوشش و تجدید حیات پوشش گیاهی برای معیار پوشش گیاهی در کلیهٔ رخساره‌های ژئومورفولوژی به‌صورت مجزا بررسی شد، به‌گونه‌ای که عامل چرای دام از نظر تعداد دام موجود نسبت به ظرفیت دامی (فشار دام)، زمان و طول دورهٔ چرا و نوع دام استفاده‌کننده بسته به میزان علوفهٔ تولیدی و نوع دام چراکننده با توجه به ترکیب پوشش و وضعیت فیزیوگرافی منطقه، شاخص بهره‌برداری از پوشش، در کلاس‌های مختلفی طبقه‌بندی شد. همین‌طور

www.SID.ir

Archive of SID

ظاهرشدن گونه‌های مهاجم در هر منطقه معرف بهره‌برداری شدید است (آذرنیوند و چاهوکی، ۱۳۸۷). به‌منظور ارزیابی وضعیت پوشش گیاهی از لحاظ مهیابودن یا نبودن شرایط تجدید حیات، شاخص تجدید پوشش گیاهی انتخاب و کلاس‌های مختلف آن با توجه به امکان‌پذیر بودن یا نبودن اجرای عملیات اصلاحی تعیین شد.

امتیاز این شاخص با توجه به خصوصیات پوشش گیاهی از قبیل ترکیب گیاهی، گرایش و وضعیت مرتع تعیین شد، زیرا با دانستن وضعیت مرتع و گرایش آن نوع عملیات اصلاحی، لازم و ضروری‌بودن آن مشخص می‌شود. جدول (۳) نحوهٔ ارزیابی شاخص‌های این معیار را نشان می‌دهد. در نهایت میانگین هندسی معیار پوشش گیاهی با استفاده از رابطهٔ ۳ محاسبه شد.

رابطهٔ (۳): ۱/۳ (تجدید پوشش گیاهی× بهره‌برداری از پوشش× وضعیت پوشش)= پوشش گیاهی

شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و دامنهٔ امتیازدهی			
	۱-۱/۵۰	۱/۵۱-۲/۵۰	۲/۵۱-۳/۵۰	۳/۵۱-۴
وضعیت پوشش گیاهی	گونه‌های مهاجم کمتر از ۵ درصد ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهد و کمتر از ۲۵ درصد ترکیب گیاهی از گونه‌های یکساله است.	گونه‌های مهاجم ۲۰-۵ درصد از ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهد و ۵۰-۲۵ درصد ترکیب گیاهی منطقه از گیاهان یکساله است.	گونه‌های مهاجم ۵۰-۲۰ درصد ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهد و بیشتر پوشش گیاهی منطقه یکساله است.	گونه‌های مهاجم بیش از ۵۰ درصد از ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهد و پوشش گیاهان منطقه از گیاهان یکساله است.
	درصد پوشش تاجی دایمی بیش از ۳۰ درصد	درصد پوشش تاجی دایمی ۳۰-۱۵ درصد	درصد پوشش تاجی دایمی ۱۵-۵ درصد	درصد پوشش تاجی گیاهان دایمی کمتر از ۵ درصد
بهره‌برداری از پوشش گیاهی	آثار بوته‌کنی مشاهده نمی‌شود.	قطع بوته‌ها، درختچه‌ها و درختان نسبتاً زیادتر از بیوماس سالانه	قطع بوته‌ها، درختچه‌ها و درختان زیاد و کاملاً محسوس	قطع بی‌رویهٔ بوته‌ها، درختان و درختچه‌ها در حال حاضر و یا گذشته نه‌چندان دور
	چرا متعادل و یا کمتر از ظرفیت و در فصل مناسب	مازاد دام تا ۲۵ درصد بیش از ظرفیت چرا	مازاد دام ۲۵ تا ۵۰ درصد بیش از ظرفیت چرا	مازاد دام بیش از ۵۰ درصد بیشتر از ظرفیت چرا
تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات به‌طور طبیعی انجام می‌شود.	تجدید حیات با هزینهٔ کم امکان‌پذیر است.	تجدید حیات با هزینهٔ زیاد امکان‌پذیر است.	تجدید حیات پوشش گیاهی بسیار مشکل و یا غیرممکن و توجیه‌ناپذیر اکولوژیکی- اقتصادی
	نیازی به عملیات اصلاحی نیست.	عملیات احیای پوشش تاکنون مؤثر بوده است.	عملیات اصلاحی انجام‌شده نسبتاً موفق بوده است.	عملیات اصلاح و احیای پوشش تاکنون موفق نبوده است.

جدول ۳- شاخص‌های معیار پوشش گیاهی برای ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی

برای ارزیابی معیار اقلیم در منطقهٔ مورد مطالعه شاخص‌های مقدار بارش، شاخص خشکی و تداوم

www.SID.ir

Archive of SID

خشکسالی به‌صورت جدول (۴) انتخاب و میانگین هندسی این معیار بر اساس رابطهٔ ۴ محاسبه شد.

رابطهٔ (۴): ۳ /۱ (شاخص خشکی× تداوم خشکسالی× میزان بارش)= معیار اقلیم

جدول ۴- شاخص‌های معیار اقلیم برای ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی

شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و دامنهٔ امتیازدهی			
	۱-۱/۵۰	۱/۵۱-۲/۵۰	۲/۵۱-۳/۵۰	۳/۵۱-۴
حدود بارش سالانه (میلی-متر)	< ۲۸۰	۱۵۰-۲۸۰	۷۵-۱۵۰	< ۷۵
شاخص خشکی **UTI**	۱۸۰-۱۵۰	۱۵۰-۱۲۰	۱۲۰-۹۰	۹۰-۰
شاخص تداوم خشکسالی	۳ تا ۴ سال	۵ تا ۶ سال	۶ تا ۷ سال	بیشتر از ۷ سال

لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر شاخص پس از تعیین امتیاز هر رخساره (با توجه به مطالعات صحرایی و استناد به کار سایر پژوهشگران و با توجه به شرایط منطقه) با استفاده از مدل مورد مطالعه در محیط ILWIS تهیه شد (ذوالفقاری، ۱۳۹۰). نحوهٔ وزن‌دهی به‌صورت خطی و با نسبت برابر بود.

در این پژوهش برای کاهش خطای کارشناسی و همچنین تعیین ارزش عددی شدت بیابان‌زایی و اینکه این شدت به کدام کلاس بیابان‌زایی نزدیک‌تر است، ۴ رتبه بیابان‌زایی کم و ناچیز، متوسط، شدید و خیلی شدید به‌صورت جدول (۵) بر اساس مدل مورد مطالعه انتخاب گردید. به مناطق مسکونی ارزش صفر داده شد و در هیچ کلاسی طبقه‌بندی نشد.

جدول ۵- کلاس‌های شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی

ردیف	دامنهٔ ارزش عددی	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی	کلاس بیابان‌زایی
۱	**۱-۱/۵۰**	**کم و ناچیز**	I
۲	**۱/۵۱-۲/۵۰**	**متوسط**	II
۳	**۲/۵۱-۳/۵۰**	**شدید**	III
۴	**۳/۵۱-۴**	**خیلی شدید**	IV

پس از تهیهٔ ۱۴ لایه رستری شاخص‌های مربوط به معیارهای مورد بررسی، از تلفیق لایه‌های مربوط به هر معیار لایه‌های معیارهای مورد مطالعه به‌دست آمد. به عبارت دیگر در این روش هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های خود طبق رابطهٔ (۵) به‌دست می‌آید (احمدی ۱۳۸۳):

رابطهٔ (۵)

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

که در آن:

Index-x: معیار مورد نظر

Layer: شاخص‌های هر معیار

n: تعداد شاخص‌های هر معیار

در نهایت پس از تهیهٔ لایه‌های مربوط به معیارهای مورد مطالعه از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی چهار معیار خاک، فرسایش بادی، پوشش گیاهی و اقلیم بر اساس رابطهٔ (۶) در محیط نرم‌افزار ILWIS**3/3** نقشهٔ نهایی

www.SID.ir

Archive of SID

وضعیت فعلی بیابانزایی منطقه به‌دست آمد و با توجه به شکل ۶ طبقه‌بندی شد.

رابطهٔ (۶)

$$DM^{1}=(SI^{2}\times WEI^{3}\times VI^{4}\times CLI^{5})^{1/4}$$

۲- یافته‌های پژوهش

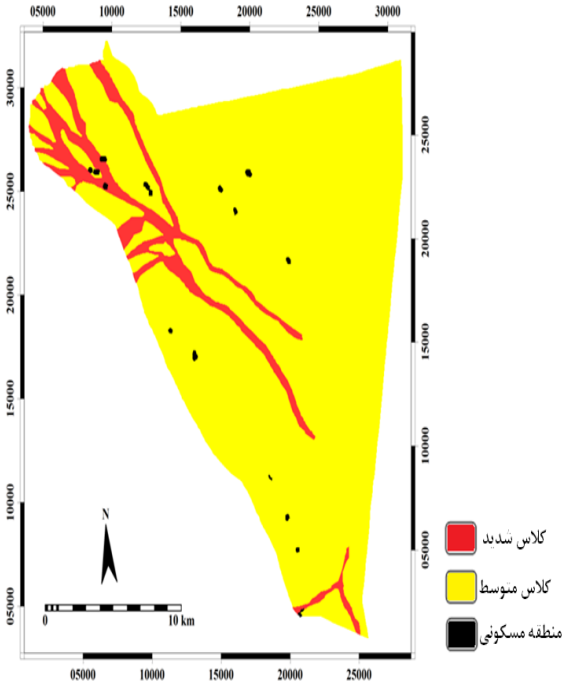
نتایج حاصل از وزن‌دهی شاخص‌ها و تلفیق معیارها و لایه‌های اصلی، با توجه به میانگین هندسی وزن‌ها به‌طور جداگانه در شکل‌های ۶ ، ۷، ۸ و ۹ نشان داده شده است. همچنین نقشه‌های وضعیت معیار خاک، معیار فرسایش بادی، معیار پوشش گیاهی و معیار اقلیم منطقه مورد مطالعه نیز در شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ آمده است.

معیار خاک

بررسی انجام‌شده بر روی متوسط وزنی ارزش‌های کمّی چهار شاخص مورد بررسی در معیار خاک نشان می‌دهد، در منطقهٔ مورد مطالعه بافت خاک با ارزش عددی ۲/۴۸، بیشترین نقش را در بیابانزایی و افزایش کلاس تخریب خاک دارد. همچنین متوسط وزنی معیار خاک برای کل منطقه با ارزش ۲/۳۵ در وضعیت متوسط بیابانزایی ارزیابی شد.

جدول ۶- متوسط وزنی ارزش کمّی شاخص‌های مؤثر در معیار خاک

شاخص‌های معیار	امتیاز شاخص	وضعیت بالفعل بیابانزایی	کلاس بیابانزایی
بافت خاک	۲/۴۳	متوسط	II
هدایت الکتریکی	۲/۲۶	متوسط	II
درصد سنگریزه عمقی	۲/۴۸	متوسط	II
عمق خاک	۲/۴۷	متوسط	II



معیار فرسایش بادی

ارزیابی متوسط وزنی ارزش‌های کمّی چهار شاخص مورد بررسی در معیار فرسایش بادی نشان می‌دهد، در منطقهٔ مورد مطالعه متوسط وزنی معیار فرسایش بادی برای کل منطقه با ارزش ۲/۸۷ در وضعیت شدید بیابانزایی است. از بین شاخص‌های این معیار، شاخص پوشش غیرزنده با ارزش عددی ۳/۴۷ در

-1 Desertification Map : نقشهٔ شدت بیابانزایی

-۲ Soil Index : معیار خاک

-۳ Wind Erosion Index : معیار فرسایش بادی

-۴ Vegetation Index : معیار پوشش

-۵ Climate Index : معیار اقلیم

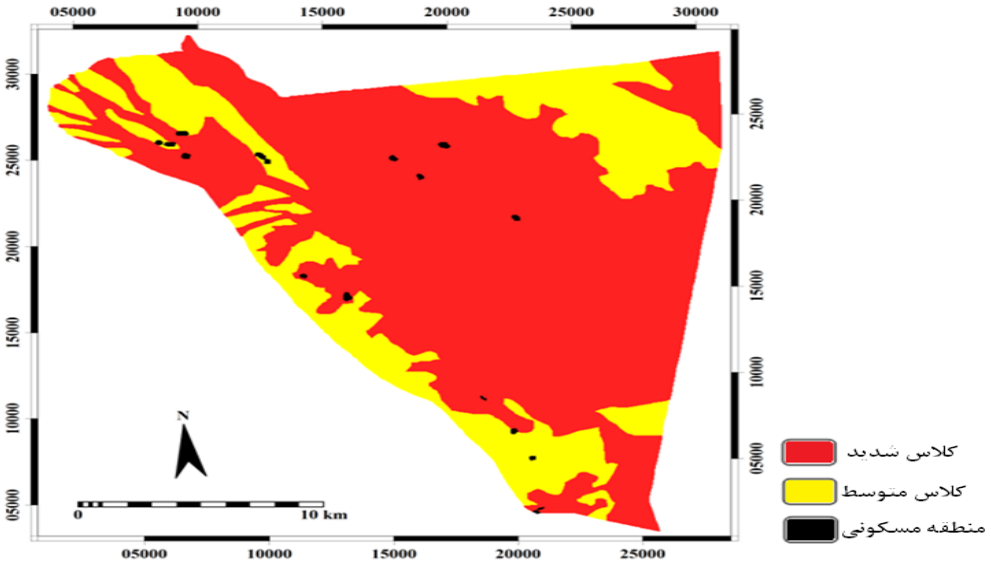
www.SID.ir

Archive of SID

کلاس شدید قرار می‌گیرد و بیشترین نقش را در افزایش امتیاز این معیار دارد.

جدول ۷- متوسط وزنی ارزش کمّی شاخص‌های مؤثر در معیار فرسایش بادی

شاخص‌های معیار	امتیاز شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی	کلاس بیابان‌زایی
شدت فرسایش (ظهور رخساره‌های فرسایشی)	۲/۸۷	شدید	III
درصد پوشش غیرزنده	۳/۴۷	شدید	III
درصد پوشش گیاهی	۳/۴۳	شدید	III
تعداد روزهای با شاخص گرد و خاک	۲/۲۰	متوسط	II



شکل ۳- نقشهٔ معیار فرسایش بادی منطقهٔ مورد مطالعه

معیار پوشش گیاهی

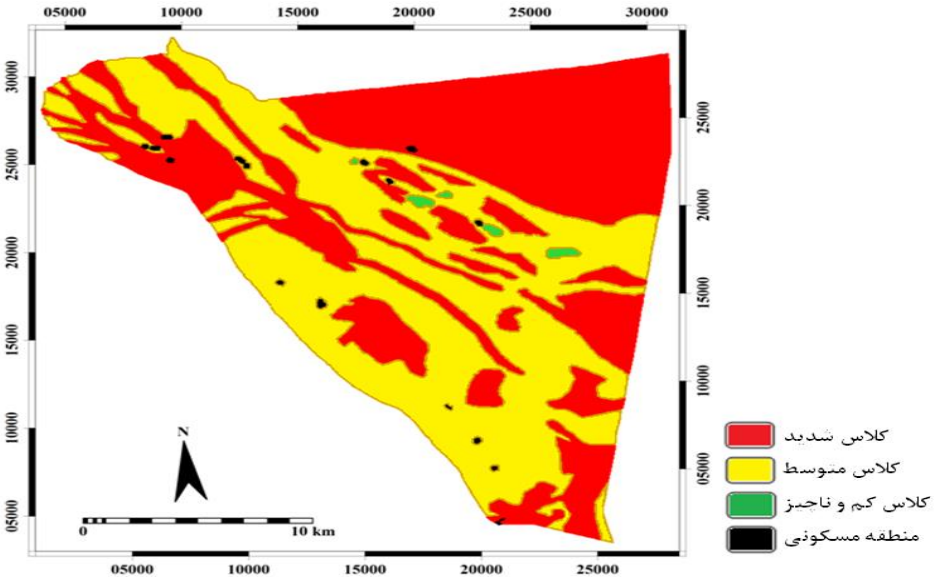
بررسی انجام‌شده بر روی متوسط وزنی ارزش‌های کمّی سه شاخص مورد بررسی در معیار پوشش گیاهی نشان می‌دهد، این معیار با ارزش عددی ۲/۶۲ در کلاس شدید قرار دارد و در بین شاخص‌های این معیار شاخص تجدید حیات پوشش گیاهی با ارزش عددی ۳/۱۰ بیشترین نقش را بیابان‌زایی منطقه بر عهده دارد.

جدول ۸- متوسط وزنی ارزش کمّی شاخص‌های مؤثر در معیار پوشش گیاهی

شاخص‌های معیار	امتیاز شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی	کلاس بیابان‌زایی
وضعیت پوشش	۲/۴۹	متوسط	II
بهره‌برداری از پوشش	۲/۵۸	شدید	III
تجدید پوشش	۳/۱۰	شدید	III

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- نقشهٔ معیار پوشش گیاهی منطقهٔ مورد مطالعه

معیار اقلیم

منطقهٔ مورد مطالعه قسمتی از منطقهٔ مجاور مرز ایران و پاکستان در منتهی‌الیه جنوب شرق کشور است و علاوه بر کمبود نزولات، فزونی درجه حرارت و تبخیر و تعرق و داشتن اقلیم خشک، خشکسالی‌های پی در پی نیز دارد. از این‌رو نمی‌توان نقش اقلیم را در تشدید پدیدهٔ بیابانزایی نادیده گرفت. معیار اقلیم نقش مهمی در تخریب و تشدید پدیدهٔ بیابانزایی منطقه ایفا می‌کند. از آنجا که پس از بررسی آمار ایستگاه‌های بارندگی موجود در منطقه، میزان بارش در طول دورهٔ آماری مورد بررسی دچار تغییرات چشمگیری بود، ارزش معیار اقلیم برای منطقهٔ مورد مطالعه در همهٔ رخساره‌های یکسان برآورد شد.

پس از ارزیابی و تهیهٔ لایهٔ اطلاعاتی معیار اقلیم برای کل منطقه، ارزش عددی این معیار ۳/۱۰ به‌دست آمد که بیانگر کلاس شدید در بیابانزایی منطقه است. به طوری که شاخص خشکی در شرایط خیلی شدید و شاخص‌های میزان بارش و تداوم خشکسالی در کلاس شدید قرار گرفت. میزان تأثیر عامل اقلیم در بیابانزایی منطقه با توجه به شاخص‌های مورد بررسی، در کلاس شدید ارزیابی شد.

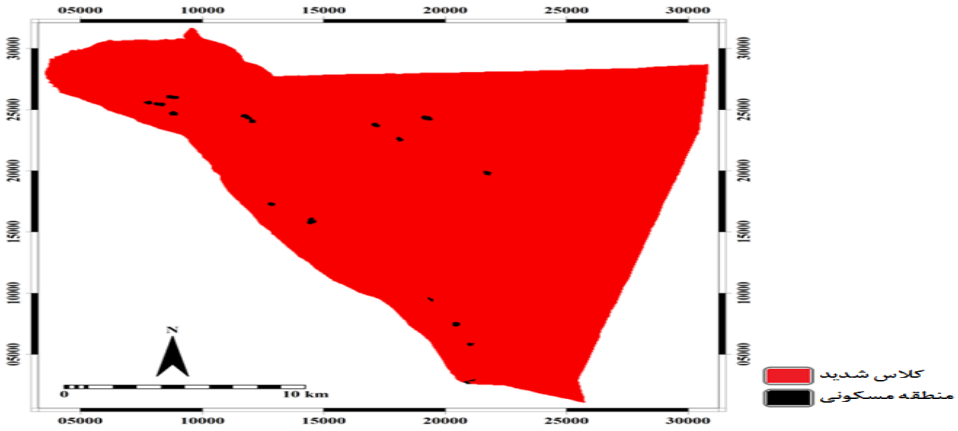
بررسی‌های انجام‌شده بر روی متوسط وزنی ارزش‌های کمّی عوامل مؤثر بر معیار اقلیم نشان می‌دهد، در منطقهٔ مورد مطالعه، شاخص خشکی، مؤثرترین عامل در افزایش شدت بیابانزایی در منطقه و شاخص تداوم خشکسالی‌ها کمترین نقش را در بیابانزایی منطقه در معیار اقلیم داشته است.

جدول ۹- متوسط وزنی ارزش کمّی شاخص‌های مؤثر در معیار اقلیم

شاخص‌های معیار	امتیاز شاخص	وضعیت بالفعل بیابانزایی	کلاس بیابانزایی
میزان بارش	۳/۱۰	شدید	**III**
تداوم خشکسالی	۳	شدید	**III**
شاخص خشکی	۳/۶۰	خیلی شدید	**IV**

www.SID.ir

Archive of SID

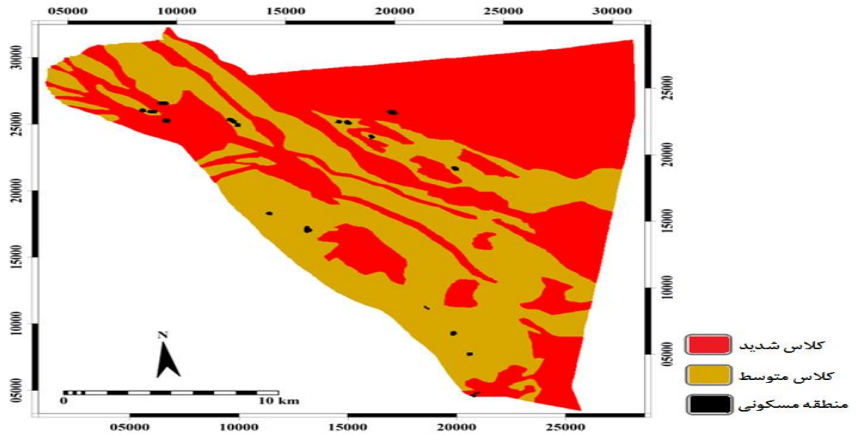


شکل ۵- نقشهٔ معیار اقلیم منطقهٔ مورد مطالعه

۳- نتیجه‌گیری و بحث

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که منطقه از نظر وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از روش IMDPA در دو کلاس متوسط و شدید قرار می‌گیرد. از کل مساحت منطقهٔ مورد مطالعه، ۱۵۰/۳۶ هکتار (۰/۳۷ درصد کل منطقه) جزو مناطقی است که کلاس شدت بیابان‌زایی برای آنها تعریف نشده است که این مناطق شامل مناطق مسکونی است. ۱۸۹۳۶/۹۴ هکتار (۴۵/۲۴ درصد کل منطقه) در کلاس بیابان‌زایی متوسط و ۲۲۷۶۶/۰۷ هکتار (۵۴/۳۹ درصد کل منطقه) در کلاس بیابان‌زایی شدید قرار دارد (شکل ۱۵).

با محاسبهٔ میانگین وزنی شدت‌های بیابان‌زایی کلیهٔ واحدهای کاری شدت بیابان‌زایی برای کل منطقهٔ مورد مطالعه مقدار ۲/۷۲ به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ وضعیت شدید بیابان‌زایی در کل منطقه است. در بین معیارهای مورد بررسی در بیابان‌زایی منطقه معیار خاک با متوسط وزنی ۲/۳۵ و کلاس متوسط کمترین اثر و معیار اقلیم با متوسط وزنی ۳/۱۰ و کلاس شدید مؤثرترین معیار در بیابان‌زایی منطقه بوده است. همچنین معیارهای فرسایش بادی و پوشش گیاهی با متوسط‌های وزنی ۲/۸۷ و ۲/۶۲ در کلاس شدید بیابان‌زایی قرار دارند.



شکل ۶- نقشهٔ بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

از میان شاخص‌های مورد بررسی شاخص خشکی با متوسط وزنی ۳/۶۰ و کلاس بیابان‌زایی خیلی شدید بیشترین اثر و شاخص تعداد روزهای با شاخص طوفانی گرد و خاک با ارزش عددی ۲/۲۰ کمترین اثر را در بیابان‌زایی منطقه داشته است. منبع تأمین ماسه در محدودهٔ تحت بررسی به‌علت خشکسالی‌های مکرر و خشک‌شدن بستر آبراهه‌ها و مسیل‌های واقع در قطاع شمال غربی منطقه است. از جملهٔ این مسیل‌ها که از سرشاخه‌های رودخانهٔ تلخاب هستند، می‌توان به گزو و سیانجاه اشاره کرد. همچنین بالابودن درجه‌حرارت و فقر پوشش گیاهی این پدیده را تشدید می‌کند.

از جمله پژوهش‌هایی که در ایران در رابطه با تعیین شاخص‌ها، معیارها و ارزیابی شدت بیابان‌زایی صورت گرفته است، می‌توان به پژوهش‌های خسروی (۱۳۸۳)، رفیعی (۱۳۸۲)، رئیسی (۱۳۸۷)، محمد قاسمی (۱۳۸۵)، فزونی (۱۳۸۶) و ناطقی (۱۳۸۸) اشاره کرد.

مقایسه نتایج پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌هایی که در مناطق دیگر ایران از مدل IMDPA برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی استفاده کردند؛ از جمله کویر میقان اراک (رضوی، ۲۰۰۸)، آران و بیدگل (وصالی، ۲۰۰۸)، طشک استان فارس (زهتابیان، ۱۳۸۹) و دشت سیستان (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۰)، نشان داد که رابطهٔ بسیار نزدیک و مشابهی بین آنها وجود دارد و بیانگر این است که این مدل از کارایی لازم برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی در ایران برخوردار است.

با توجه به اینکه بیشتر روش‌های متداول در تعیین شدت بیابان‌زایی، بسیار وقت‌گیر است و نیاز به عملیات صحرایی بسیاری دارد (خسروی، ۱۳۸۳)، استفاده از شیوه‌های جدید سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی ضمن کاهش هزینه‌های پرسنلی، موجب افزایش سرعت و دقت در برآورد نتایج حاصله می‌شود (مخدوم و همکاران ۱۳۸۰).

با توجه به تجزیه و تحلیل انجام‌شده و نتایج به‌دست آمده در منطقهٔ سراوان، روش پیشنهادی با در نظر گرفتن شاخص‌های مناسب و به تعداد نسبتاً کافی در مناطق خشک و به‌علت سادگی و مرحله‌ای‌بودن آن، روش خاص وزن‌دادن به شاخص‌ها، استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در تلفیق نقشه‌ها و استفاده از میانگین هندسی به جای جمع یا میانگین حسابی (ICD, UNEP-FAO) در محاسبهٔ شاخص‌ها و نقشهٔ نهایی بیابان‌زایی، روش نسبتاً دقیقی است. این مدل می‌تواند در مناطق مشابه مورد مطالعه برای تعیین شدت بیابان‌زایی استفاده شود و در صورت لزوم شاخص‌ها و کلاس‌های آن اصلاح گردد. بررسی و تجزیه و تحلیل مطالعات انجام‌شده سایر پژوهشگران و نیز ارزیابی نتایج به دست آمده از وضعیت منطقهٔ مورد مطالعه به‌وسیلهٔ بازدیدهای صحرایی و روش ارزیابی مذکور نشان‌دهندهٔ کارایی مطلوب مدل در منطقه است. برای کنترل و تثبیت ماسه‌های بادی که متأسفانه تاکنون در این زمینه هیچگونه عملیات اجرایی صورت نگرفته است، این اقدامات پیشنهاد می‌شود: انجام عملیات مالچ‌پاشی، ایجاد و احداث تله‌های رسوبگیر، جلوگیری از تردد وسایط نقلیه که به‌صورت قاچاق ترددهای غیرمجاز انجام می‌دهند و موجب تخریب خاک و شکستن سله خاک در منطقه شده‌اند، همچنین به‌منظور ایجاد محیط پایدار برای کشت و توسعهٔ گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط منطقه با توجه به زهکش‌شدن آب‌های زیرزمینی و

www.SID.ir

Archive of SID

سطحی به‌سوی کشور پاکستان جنگلکاری و ایجاد باغ‌های خرما پیشنهاد می‌شود.

منابع

احمدی، ح و همکاران، (۱۳۸۳). گزارش نهایی طرح تدوین شرح خدمات جامع و متدولوژی تعیین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران.

احمدی، ح، (۱۳۸۳). بررسی عوامل مؤثر در بیابان‌زایی، مجلهٔ جنگل و مرتع، شمارهٔ ۶۲، ۷۰-۶۶

اختصاصی، م، ر. ع، سپهر، (۱۳۹۰). روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی. انتشارات دانشگاه یزد.

اختصاصی، م، ر. و مهاجری، س، (۱۳۷۴). روش طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران (ICD)، مجموعه‌مقالات دومین همایش بررسی مسائل مناطق بیابانی کشور ۱۳۷۴، کرمان

آذرنیوند، ح. و زارع چاهوکی، م، ع، (۱۳۸۷). معرفی شاخص‌های معیار پوشش گیاهی برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی. فصلنامهٔ علمی، اجتماعی و اقتصادی جنگل و مرتع، شمارهٔ ۷۸- بهار ۱۳۸۷.

خسروی، ح، (۱۳۸۳). کاربرد مدل مدالوس در بررسی بیابان‌زایی منطقهٔ کاشان. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران.

رفیعی امام، ع، (۱۳۸۲). بررسی بیابان‌زایی دشت ورامین با تکیه بر مسایل آب و خاک. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

رضوی، س. م، (۱۳۸۷). ارزیابی و تعیین شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA با تأکید بر معیارهای آب، خاک و پوشش گیاهی (مطالعه موردی کویر میقان- اراک). پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران.

رئیسی، ع، (۱۳۸۷). بررسی عوامل مؤثر در شدت بیابان‌زایی (بیابان‌های ساحلی) با استفاده از مدل IMDPA در منطقه کهیر کنارک، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران.

زهتابیان، غ، ر. و رفیعی، ع، (۱۳۸۲). ESAs روشی جدید برای ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ حسّاسیت مناطق به بیابان‌زایی. مجلهٔ بیابان، جلد ۸، شمارهٔ ۱. ۱۲۶-۱۲۰.

زهتابیان، غ، ر. احمدی، ح. اختصاصی، م، ر. و خسروی، ح، (۱۳۸۶). واسنجی مدل مدالوس جهت ارائه یک مدل منطقه‌ای برآورد شدت بیابان‌زایی در منطقه کاشان. مجلهٔ منابع طبیعی ایران، جلد۶۰، شمارهٔ ۳، زمستان۱۳۸۶.

زهتابیان، غ، ر. خسروی، ح. قدسی، م، (۱۳۸۸). تعیین شدت بیابان‌زایی در منطقه کاشان با استفاده از مدل IMDPA، مجلهٔ علمی و پژوهشی بیابان، خرداد ۱۳۸۸، ویژه‌نامهٔ روز جهانی مقابله با بیابان‌زدایی.

زهتابیان، غ، ر. اسفندیاری، م، (۱۳۸۹). بررسی اثرات توسعه کشاورزی و بهره‌برداری از منابع آب زیر زمینی در بیابان‌زایی منطقه طشک (استان فارس). فصلنامهٔ علمی- پژوهشی خشک بوم، جلد ۱. شمارهٔ ۲. زمستان ۱۳۸۹.

ذوالفقاری، ف. شهریاری، ع.ر. فخیره، ا. راشکی، ع.ر. نوری، س. خسروی، ح، (۱۳۹۰). ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل IMDPA. فصلنامهٔ پژوهش‌های آبخیزداری، شمارهٔ ۹۱. تابستان ۱۳۹۰.

فزونی، ل، (۱۳۸۶). ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل مدالوس اصلاح‌شده با تأکید بر معیار فرسایش آبی و بادی. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه زابل.

محمد قاسمی، س، (۱۳۸۵). بررسی معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی با تکیه بر آب و خاک جهت ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی (مطالعهٔ موردی: منطقه زابل)، پایان-

www.SID.ir

Archive of SID

نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران.

مخدوم، م. درویش صفت، ع، ا. جعفر زاده، ه. مخدوم، ع، ر، (۱۳۸۰). ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS). انتشارات دانشگاه تهران.

ناطقی، س. زهتابیان، غ. ر. احمدی، ح، (۱۳۸۸). ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سگزی با بهره‌گیری از مدل IMDPA . فصلنامهٔ مرتع و آبخیزداری، شمارهٔ ۶۲. پاییز ۱۳۸۸.

وصالی، س. ع، (۱۳۸۷). بررسی شاخص‌های بیوفیزیکی شدت بیابان‌زایی متأثر از فعالیت‌های انسانی (منطقهٔ مورد مطالعه: کاشان و آران بیدگل). پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران.

Ali, R. R. & Baroudy, E.l. 2008. Use of GIS in Mapping the Environmental Sensitivity to Desertification in Wadi El Natrun Depression, Egypt. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol 2, Issue 1, pp 157-164.

Babaev, A.G. Kharin, N. G, Orlovsky. 1993. Assessment and Mapping of Desertification Processes, a Mythological Guide. Ashghabad

FAO-UNEP/ UNESCO/ WMO, 1977, Word Map of Desertification at a Scale of 1:25000000

Giordano L, F. Giordano, S. Grauso, M. Lannetta, M. Scicortino, G. Bonnati, & F. Borfecchia. 2002. Desertification vulnerability in Sicily. Proc. Of the 2nd Int. Conf. On New Trend in Water and Environmental Engineering for Safety and Life:Eco-compatible solutions for Aquatic Environmental, Capri, Italy.

Kharin N, G. *et al*. 1985. A Methodological principles of desertification processes assessment and mapping. Arid lands of Turkmenistan taken as example, Ashkhabad.www.GISdevelopment.net

Ladisa G, Todorovic M, & Trisorio_liuzzi G. 2002. Characterization of Area Sensitive to Desertification in Southern Italy, Proc. Of the 2nd Int. Conf. On New Trend in Water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible solutions for Aquatic Environmental, Capri, Italy.

Lavado Conntador, J.F. Schnabel, S. Mezo Gutierrez, A.G. & Pulido, F. M. 2008. Mapping Sensitivity to land degradation Extremadura. SW Spain. Vol 1, Issue 1, pp 25-41.

LDAs conference, 2002. Land degradation assessment in dry lands- LADA project, Report of emailconference,Oct-Nov2002.http://www.fao.org/landandwater/agll/lada/emailconf.stm

Melchiade B. 2009. Secretariat of the convention to combat desertification. CSD-17 Intergovernmental Preparatory Meeting Panel on Desertification. New York, February 26.

Nunez M. Civit B. Munoz P. Arena A. P. Rieradevall J. Anton A. 2009. Assessing potential desertificatio environmental impact in life cycle assessment. Int J Life Cycle Assess(2010). 15:67-78.

Reynolds J. F. 2008. Cutting through the confusion: Desertification, an old problem viewed through the lens of a new framework, the Dry lands Development Paradigm (DDP). Dry lands, Deserts & Desertification Conference December 14-17. Sede Boque Campus, Israel.

Sepehr A. Zucca C. 2012. Ranking desertification indicators using TOPSIS algorithm. Springer Science & Business Media B. V. 2012.

zehtabian, G., 2004. The criteria indices that effected on desertification with emphasis on water and Irrigation. farsi

N. Shakeriana, Gh. R. Zehtabian, H. Azarnivand, H. Khosravi., 2011. Evaluation of desertification intensity based on soil and water criteria in Jarghooyeh region. Journal of Desert. 16 (2011) 23-32.

www.SID.ir