

## ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه سرآوان با استفاده از مدل IMDPA

فرهاد ذوالفقاری: مربی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی - مجتمع آموزش عالی سرآوان، ایران

حسن خسروی\*: استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران

وصول: ۱۳۹۳/۷/۱۰ پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۲۷، صص ۸۷-۱۰۲

### چکیده

در این پژوهش با استفاده از روش ایرانی IMDPA حساسیت اراضی منطقه سرآوان به بیابان‌زایی ارزیابی و بررسی شده است. برای این منظور، پس از بررسی و ارزیابی‌های اولیه، چهار معیار اقلیم، پوشش گیاهی، خاک و فرسایش بادی به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی منطقه با شاخص‌های متفاوت در نظر گرفته شد. با استفاده از روش فوق، امتیازات هر شاخص در معیار مربوطه مشخص و ارزش هر معیار با محاسبه میانگین هندسی امتیاز شاخص‌های آن مشخص شد. پس از آن هر یک از معیارها به صورت لایه‌های اطلاعاتی وارد محیط GIS شدند. با روی هم‌گذاری و تلفیق لایه‌های رستری معیارهای مذکور و محاسبه میانگین هندسی معیارها به کمک فرمول  $DM=(SI \times WEI \times VI \times CLI)^{1/4}$  و تجزیه و تحلیل آن با استفاده از مدل IMDPA نقشه شدت بیابان‌زایی منطقه به دست 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 درصد منطقه که شامل مناطق مسکونی بود، در هیچ کلاسی قرار ننگرفت. معیار اقلیم با ارزش عددی ۳/۱، بیشترین تأثیر و معیار خاک با ارزش عددی ۲/۳۵، کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارد. همچنین معیارهای پوشش گیاهی و فرسایش بادی به ترتیب با ارزش‌های عددی ۲/۶۲ و ۲/۸۷ شدت بیابان‌زایی شدید را نشان می‌دهد.

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

## 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 پدیده بیابان‌زایی قرار دارند. شناخت مناطقی که در معرض بیابان‌زایی قرار دارند، به منظور 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 نتیجه آن از بین رفتن منابع تجدیدشونده در هر یک از این کشورهاست (احمدی، ۱۳۸۳). بیابان‌زایی مشتمل بر فرایندهایی است که در نتیجه 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، ماندابی شدن، شورشدن، قلیایی شدن 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 ارائه راهکارها و روش‌های مدیریتی مناسب از شدت پدیده بیابان‌زایی کاست و نیز از گسترش و پیش‌روی آن جلوگیری کرد. در این راه شناخت فرایندهای بیابان‌زایی و عوامل به‌وجودآورنده و تشدیدکننده 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 به منظور ارائه مدلی برای نشان‌دادن شدت بیابان‌زایی و تعیین مهمترین عوامل مؤثر بر آن، به منظور جلوگیری از گسترش عوامل بیابان‌زایی ضرورت دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۳). در هر منطقه بسته به شرایط اقلیمی، خاک‌شناسی، ژئومورفولوژی و ... عوامل مختلفی در بیابان‌زایی نقش دارند.

برای ارزیابی بیابان‌زایی پژوهش‌های مختلفی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است و منجر به ارائه 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 منطقه مطالعاتی تعدیل و اصلاح شوند (زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۶). از جمله این روش‌ها، مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی به‌روش FAO- UNEP است که در سال ۱۹۷۷ برای تهیه نقشه جهانی بیابان‌زایی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰۰۰ استفاده شد و مشخص‌کننده مناطق بیابانی به انضمام مناطق اطراف آنهاست که در معرض خطر شدید بیابان‌زایی قرار داشتند. مؤسسه تحقیقات فرهنگستان علوم ترکمنستان، طرحی با دقت بیشتر از روش فائو یونپ در زمینه ارزیابی و تهیه نقشه 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

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 پدیده بیابان‌زایی می‌شود. این روش در سه کشور برزیل، موزامبیک و پرتغال با استفاده از داده‌های مشاهده زمین استفاده شده است.

اختصاصی و مهاجر در سال ۱۳۷۴، روشی را برای طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران تحت عنوان ICD<sup>۳</sup> منتشر کردند. در این روش سعی شده است تا غالب عوامل مؤثر در بیابانی شدن اراضی به صورت 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 سامانه اطلاعات جغرافیایی به منظور تهیه لایه‌های اطلاعاتی مختلف استفاده شد. به طوری که پس از وزن‌دادن به هر لایه اطلاعاتی با توجه به فرمول موجود در این رابطه، بیابان‌زایی دشت ورامین بررسی و در نهایت نقشه بیابان‌زایی تهیه شد. همچنین می‌توان روش‌های LADA، ASSOD، ارائه‌شده در کنفرانس ۲۰۰۲، GLASOD، TAXONOMY (بابایف و همکاران ۱۹۹۳) و بررسی روش MEDALUS در منطقه کاشان

بیابان‌زایی منطقه سیسیل ایتالیا، با روش MEDALUS<sup>۱</sup> با توجه به شرایط منطقه، چهار شاخص خاک، اقلیم، پوشش گیاهی و مدیریت اراضی را که شاخص‌های کلیدی بیابان‌زایی در منطقه 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 منطقه باری ایتالیا شش شاخص خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، مدیریت و شاخص فشار انسانی را به روش MEDALUS برای ارزیابی بیابان‌زایی منطقه به کار بردند. علی و البرادعی در سال ۲۰۰۸، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه حساسیت محیطی به بیابان‌زایی در مصر به این نتیجه رسیدند که بیشترین قسمت از منطقه مورد مطالعه در کلاس متوسط بیابان‌زایی قرار دارد.

لاوادی و همکاران در سال ۲۰۰۸، با بررسی حساسیت اراضی به تخریب، با استفاده از مدل ESAs<sup>۲</sup> در جنوب غرب اسپانیا به این نتیجه رسیدند که نقشه بیابان‌زایی تهیه شده 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 چرخه زیست‌محیطی زندگی ارزیابی کردند. آنها چهار متغیر بیوفیزیکی خشکی، فرسایش، بهره برداری زیاد از آبخیز و خطر آتش‌سوزی را بر اساس منطقه و بیان کاری برای مدل انتخاب کردند.

شاکریان و همکاران در سال ۲۰۱۱ با استفاده از مدل IMDPA در ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه

<sup>۱</sup> - Mediterranean Desertification and Land Use

<sup>۲</sup> - Environmental sensitive Arias

<sup>۳</sup> - Iranian Classification of Desertification

متوسط محاسبه کرد. زهتابیان (۱۳۸۹) با بررسی تأثیرات توسعه کشاورزی و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در بیابان‌زایی منطقه 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 پدیده 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 استفاده مطلوب اراضی و در نظر گرفتن معیارها و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی از ایجاد این پدیده جلوگیری نمود. بنابراین با توجه به بومی بودن این مدل به نظر 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 منطقه 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.

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

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

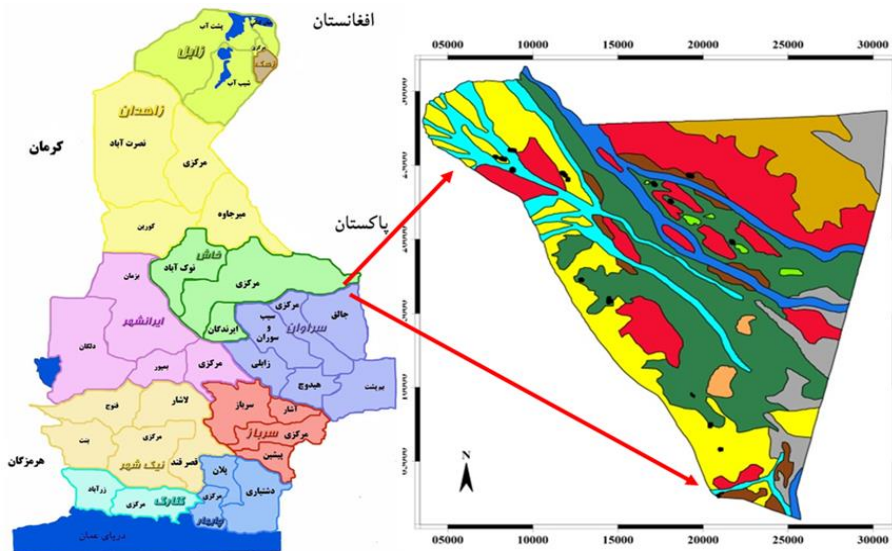
یکی دیگر از مدل‌های ارائه شده در ایران، مدل IMDPA<sup>۱</sup> است که در برگیرنده ۹ معیار مؤثر در بیابان‌زایی و ۳۶ شاخص برای ارزیابی کمی هریک از معیارهاست. این مدل را سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در پروژه‌ای با عنوان تدوین شرح خدمات و متدولوژی تعیین معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی با کمک گروهی از استادان و پژوهشگران کشور در سال ۱۳۸۴ ارائه کرد (زهتابیان و همکاران ۱۳۸۸). این ۹ معیار عبارت‌اند از: آب، خاک، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، اقلیم، کشاورزی، توسعه فناوری و اقتصادی-اجتماعی که به عنوان معیارهای بیابان‌زایی معرفی شده‌اند و برای کمی کردن 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 محاسبه 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 منطقه آران و بیدگل، وضعیت فعلی بیابان‌زایی را بر اساس مدل IMDPA کلاس

<sup>1</sup> - Iranian Model of Desertification Potential Assessment

پاکستان با ایران در جنوب شرقی در نظر گرفته شده است (شکل ۱).

جغرافیایی ۶۲°۲۹' تا ۶۲°۴۷' طول شرقی و ۲۸°۰۰' تا ۲۸°۱۶' عرض شمالی است که از مرز بین کشور



شکل ۱ - موقعیت و نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و سایر اطلاعات مورد نیاز گردآوری و محدوده منطقه مورد مطالعه مشخص شد. بر اساس مطالعات صورت گرفته رخساره‌های ژئومورفولوژی به عنوان واحد مطالعات تعیین گردید. به منظور تهیه نقشه شدت بیابان‌زایی منطقه 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 رابطه ۱ محاسبه شد (خسروی، ۱۳۸۳).

رابطه (۱):  $(\text{عمق خاک} \times \text{درصد سنگریزه عمقی} \times \text{هدایت الکتریکی} \times \text{بافت}) = \text{معیار خاک}$   
 جدول ۱ - شاخص‌های مربوط به معیار خاک برای ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی

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 سالانه 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 دوره آماری ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۱، متوسط سالیانه 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 منطقه اطلاعات پایه از جمله نقشه‌های موضوعی، عکس‌های

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

رابطه (۲):  $1/4$  (تعداد روزهای طوفانی  $\times$  پوشش گیاهی  $\times$  تراکم پوشش غیرزنده  $\times$  شدت فرسایش) = معیار فرسایش بادی  
جدول ۲- شاخص‌های مربوط به معیار فرسایش بادی برای ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی

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 رابطه ۲ محاسبه شد.

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

(فشار دام)، زمان و طول دوره چرا و نوع دام استفاده‌کننده بسته به میزان علوفه تولیدی و نوع دام چراکننده با توجه به ترکیب پوشش و وضعیت فیزیوگرافی منطقه، شاخص بهره‌برداری از پوشش، در کلاس‌های مختلفی طبقه‌بندی شد. همین‌طور

سه شاخص وضعیت پوشش گیاهی، بهره‌برداری از پوشش و تجدید حیات پوشش گیاهی برای معیار پوشش گیاهی در کلیه رخساره‌های ژئومورفولوژی به صورت مجزا بررسی شد، به گونه‌ای که عامل چرای دام از نظر تعداد دام موجود نسبت به ظرفیت دامی

ظاهرشدن گونه‌های مهاجم در هر منطقه معرف بهره‌برداری شدید است (آذرنیوند و چاهوکی، ۱۳۸۷). به منظور ارزیابی وضعیت پوشش گیاهی از لحاظ مهیا بودن 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 ضروری بودن آن مشخص می‌شود. جدول (۳) نحوه ارزیابی شاخص‌های این معیار را نشان می‌دهد. در نهایت میانگین هندسی معیار پوشش گیاهی با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

رابطه (۳):  $\frac{1}{3}$  (تجدید پوشش گیاهی  $\times$  بهره‌برداری از پوشش  $\times$  وضعیت پوشش) = پوشش گیاهی

شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و دامنه امتیازدهی		
	۱-۱/۵۰	۲/۵۱-۳/۵۰	۳/۵۱-۴
گیاهی وضعیت پوشش	گونه‌های مهاجم کمتر از ۵ درصد ترکیب گیاهی را تشکیل می‌دهد و کمتر از ۲۵ درصد ترکیب گیاهی از گونه‌های یکساله است.	گونه‌های مهاجم ۲۰-۵۰ 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 ۱۵-۳۰ درصد	درصد پوشش تاجی دایمی کمتر از ۵ درصد
بهره‌برداری از پوشش گیاهی	آثار بوته‌کنی مشاهده نمی‌شود.	قطع بوته‌ها، درختچه‌ها و درختان نسبتاً زیاده‌تر از بیوماس سالانه	قطع بی‌رویه 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 بیش از ۵۰ درصد بیشتر از ظرفیت چرا
تجدید پوشش گیاهی	تجدید حیات به‌طور طبیعی انجام می‌شود.	تجدید حیات با هزینه کم امکان‌پذیر است.	تجدید حیات پوشش گیاهی بسیار مشکل و یا غیرممکن و توجه ناپذیر اکولوژیکی-اقتصادی
	نیازی به عملیات اصلاحی نیست.	عملیات احیای پوشش تاکنون مؤثر 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 منطقه مورد مطالعه

شاخص‌های مقدار بارش، شاخص خشکی و تداوم

خشکسالی به صورت جدول (۴) انتخاب و میانگین هندسی این معیار بر اساس رابطه ۴ محاسبه شد. خشکسالی = (میزان بارش) × معیار اقلیم  
 جدول ۴- شاخص‌های معیار اقلیم برای ارزیابی رابطه (۴): ۱/۳ (شاخص خشکی × تداوم پتانسیل بالفعل بیابان‌زایی

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

این شدت به کدام کلاس بیابان‌زایی نزدیک‌تر است، ۴ رتبه بیابان‌زایی کم و ناچیز، متوسط، شدید و خیلی شدید به صورت 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

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

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). نحوه وزن‌دهی به صورت خطی و با نسبت برابر بود. در این پژوهش برای کاهش خطای کارشناسی و همچنین تعیین ارزش عددی شدت بیابان‌زایی و اینکه

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

رابطه (۵)

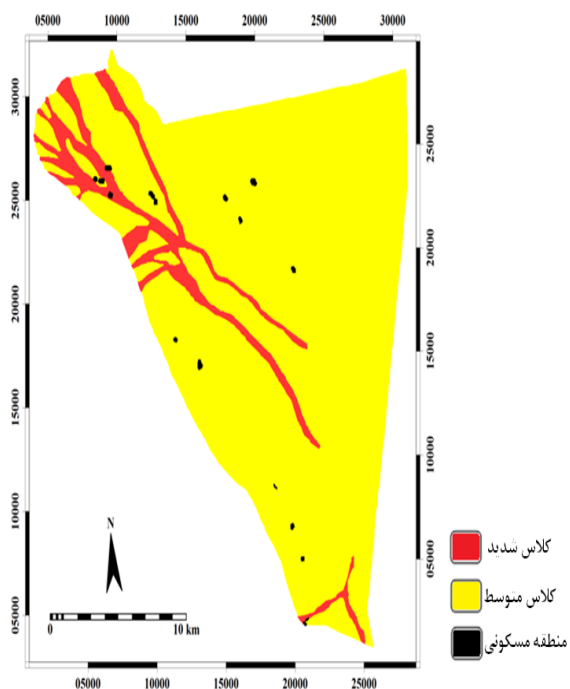
$$Index - X = [(Layer - 1).(layer - 2)...(Layer - n)]^{1/n}$$

که در آن:  
 Index-x: معیار مورد نظر  
 Layer: شاخص‌های هر معیار  
 n: تعداد شاخص‌های هر معیار  
 در نهایت پس از تهیه لایه‌های مربوط به معیارهای مورد مطالعه از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی چهار معیار خاک، فرسایش بادی، پوشش گیاهی و اقلیم بر اساس رابطه (۶) در محیط نرم‌افزار ILWIS/3 نقشه نهایی



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

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



### معیار فرسایش بادی

ارزیابی متوسط وزنی ارزش‌های کمی چهار شاخص مورد بررسی در معیار فرسایش بادی نشان می‌دهد، در منطقه 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

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

رابطه (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 به طور 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 انجام شده بر روی متوسط وزنی ارزش‌های کمی چهار شاخص مورد بررسی در معیار خاک نشان می‌دهد، در منطقه 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.

۱- نقشه شدت بیابان‌زایی Desertification Map

۲- معیار خاک Soil Index

۳- معیار فرسایش بادی Wind Erosion Index

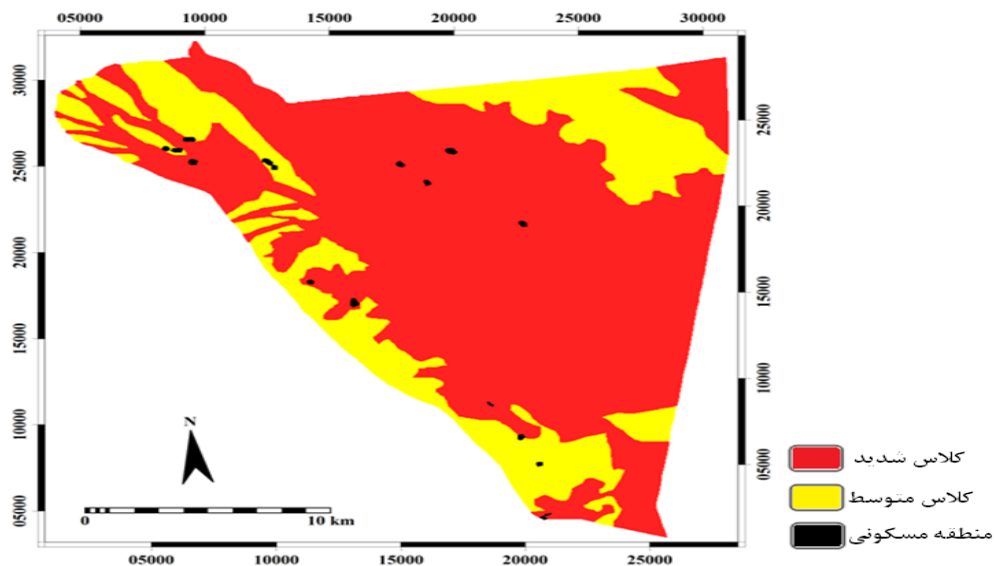
۴- معیار پوشش Vegetation Index

۵- معیار اقلیم Climate Index

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

جدول ۷- متوسط وزنی ارزش کمی شاخص‌های وضعیت بالفعل بیابان‌زایی

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



شکل ۳- نقشه معیار فرسایش بادی منطقه مورد مطالعه

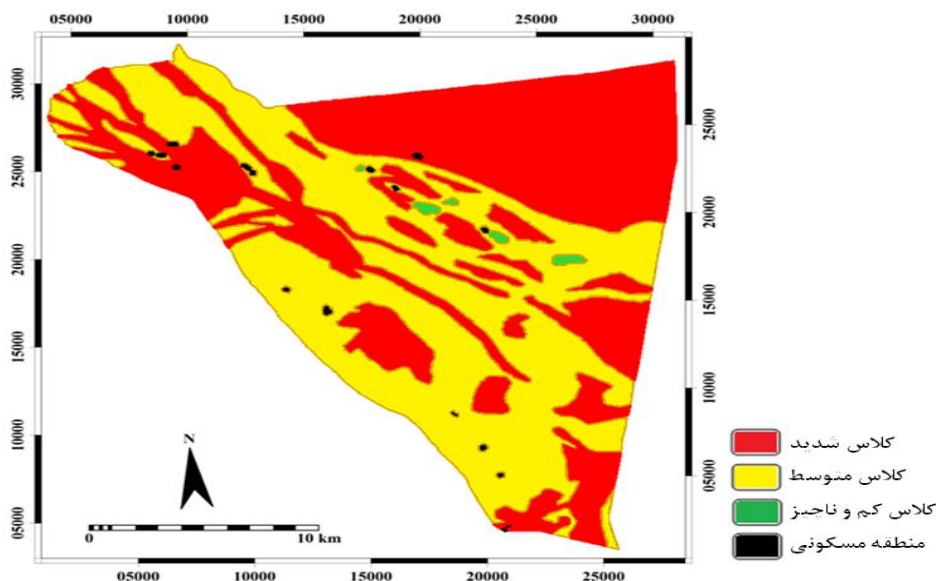
معیار شاخص تجدید حیات پوشش گیاهی با ارزش عددی ۳/۱۰ بیشترین نقش را بیابان‌زایی منطقه بر عهده دارد.

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

### معیار پوشش گیاهی

بررسی انجام شده بر روی متوسط وزنی ارزش‌های کمی 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

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



شکل ۴- نقشه معیار پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه

#### معیار اقلیم

منطقه مورد مطالعه قسمتی از منطقه 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 پدیده بیابان‌زایی نادیده گرفت. معیار اقلیم نقش مهمی در تخریب و تشدید پدیده بیابان‌زایی منطقه ایفا می‌کند. از آنجا که پس از بررسی آمار ایستگاه‌های بارندگی موجود در منطقه، میزان بارش در طول دوره آماری مورد بررسی دچار تغییرات چشمگیری بود، ارزش معیار اقلیم برای منطقه مورد مطالعه در همه رخساره‌های یکسان برآورد شد.

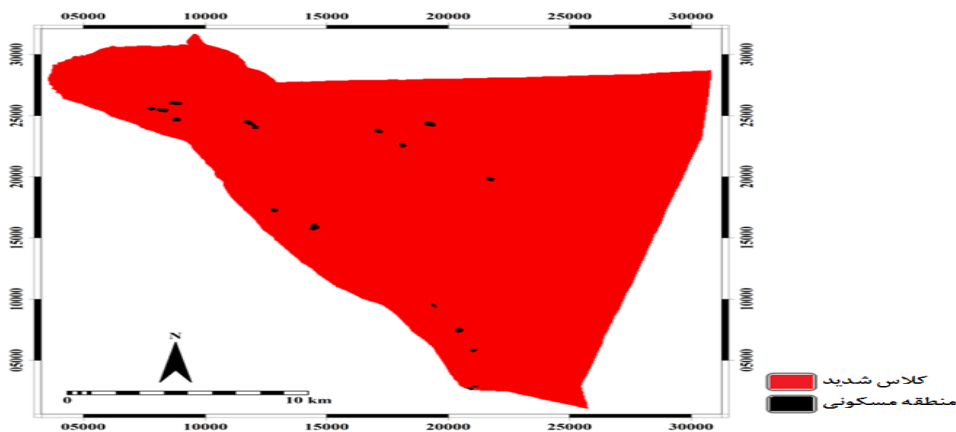
پس از ارزیابی و تهیه لایه اطلاعاتی معیار اقلیم برای کل منطقه، ارزش عددی این معیار ۳/۱۰ به‌دست

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 کمی عوامل مؤثر بر معیار اقلیم نشان می‌دهد، در منطقه 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 کمی 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

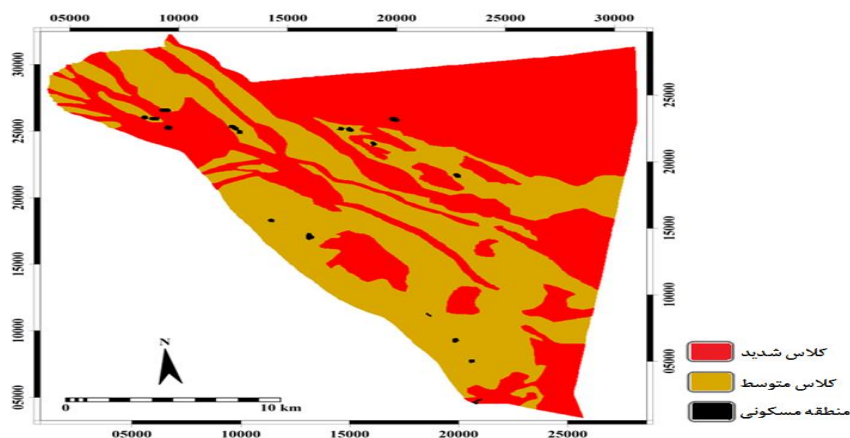


شکل ۵- نقشه معیار اقلیم منطقه مورد مطالعه

### 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 منطقه 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 محاسبه میانگین وزنی شدت‌های بیابان‌زایی کلیه واحدهای کاری شدت بیابان‌زایی برای کل منطقه مورد مطالعه مقدار ۲/۷۲ به دست آمد که نشان‌دهنده 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- نقشه بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

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 منطقه سراوان، روش پیشنهادی با در نظر گرفتن شاخص‌های مناسب و به تعداد نسبتاً کافی در مناطق خشک و به‌علت سادگی و مرحله‌ای بودن آن، روش خاص وزن‌دادن به شاخص‌ها، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در تلفیق نقشه‌ها و استفاده از میانگین هندسی به جای جمع یا میانگین حسابی (ICD, UNEP-FAO) در محاسبه شاخص‌ها و نقشه 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 منطقه مورد مطالعه به‌وسیله بازدیدهای صحرایی و روش ارزیابی مذکور نشان‌دهنده 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 به صورت قاچاق تردهای غیرمجاز انجام می‌دهند و موجب تخریب خاک و شکستن سله خاک در منطقه شده‌اند، همچنین به منظور ایجاد محیط پایدار برای کشت و توسعه گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط منطقه با توجه به زهکش شدن آب‌های زیرزمینی و

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 محدوده تحت بررسی به‌علت خشکسالی‌های مکرر و خشک‌شدن بستر آبراهه‌ها و مسیل‌های واقع در قطاع شمال غربی منطقه است. از جمله این مسیل‌ها که از سرشاخه‌های رودخانه تلخاب هستند، می‌توان به گزو و سیانجه اشاره کرد. همچنین بالابودن درجه حرارت 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 رابطه 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)،

سطحی به سوی 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، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

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

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)، مجموعه مقالات دومین همایش بررسی

مسائل مناطق بیابانی کشور ۱۳۷۴، کرمان

آذرینوند، ح. و زارع چاهوکی، م، ع، (۱۳۸۷). معرفی

شاخص‌های معیار پوشش گیاهی برای ارزیابی شدت

بیابان‌زایی. فصلنامه علمی، اجتماعی و اقتصادی جنگل

و مرتع، شماره ۷۸- بهار ۱۳۸۷.

خسروی، ح، (۱۳۸۳). کاربرد مدل مدالوس در بررسی

بیابان‌زایی منطقه کاشان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد،

دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

رفیعی امام، ع، (۱۳۸۲). بررسی بیابان‌زایی دشت ورامین با

تکیه بر مسایل آب و خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد،

دانشکده 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). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع

طبیعی دانشگاه تهران.

رئیس‌ی، ع، (۱۳۸۷). بررسی عوامل مؤثر در شدت

بیابان‌زایی (بیابان‌های ساحلی) با استفاده از مدل

IMDPA در منطقه کهیر کنارک، پایان‌نامه کارشناسی

ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

زهتابیان، غ، ر. و رفیعی، ع، (۱۳۸۲). ESAs روشی

جدید برای ارزیابی و تهیه نقشه حساسیت مناطق به

بیابان‌زایی. مجله بیابان، جلد ۸، شماره 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. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۶۰، شماره ۳،

زمستان ۱۳۸۶.

زهتابیان، غ، ر. خسروی، ح. قدسی، م، (۱۳۸۸). تعیین

شدت بیابان‌زایی در منطقه کاشان با استفاده از مدل

IMDPA. مجله علمی و پژوهشی بیابان، خرداد

۱۳۸۸، ویژه‌نامه 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). فصلنامه

علمی- پژوهشی خشک بوم، جلد ۱. شماره ۲.

زمستان ۱۳۸۹.

ذوالفقاری، ف. شهریاری، ع. ر. فخره، ا. راشکی، ع. ر.

نوری، س. خسروی، ح، (۱۳۹۰). ارزیابی شدت

بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل IMDPA.

فصلنامه پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۹۱. تابستان

۱۳۹۰.

فزون، ل، (۱۳۸۶). ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی دشت

سیستان با استفاده از مدل مدالوس اصلاح‌شده با تأکید

بر معیار فرسایش آبی و بادی. پایان‌نامه کارشناسی

ارشد، دانشکده 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 (مطالعه موردی: منطقه زابل)، پایان-

- the 2<sup>nd</sup> 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.
- نامه کارشناسی ارشد، دانشکده 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. فصلنامه مرتع و آبخیزداری، شماره ۶۲. پاییز ۱۳۸۸.
- وصالی، س. ع، (۱۳۸۷). بررسی شاخص‌های بیوفیزیکی شدت بیابانزایی متأثر از فعالیت‌های انسانی (منطقه مورد مطالعه: کاشان و آران بیدگل). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- Ali, R. R. & Baroudy, E.I. 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 2<sup>nd</sup> 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](http://www.GISdevelopment.net)
- Ladisa G, Todorovic M, & Trisorio\_liuzzi G. 2002. Characterization of Area Sensitive to Desertification in Southern Italy, *Proc. Of*

