

## ارزیابی و پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی دشت بسطاق خراسان جنوبی با تأکید بر معیارهای کلیدی آب و خاک

عاطفه فتاحی<sup>۱\*</sup>، کامران کریمی<sup>۲</sup>، بیژن آزاد<sup>۳</sup>، نگار عینی<sup>۴</sup>، حریر سهرابی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۲۸

### چکیده

امروزه تخریب منابع آب و خاک از فاکتورهای مهم بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که بر اثر عدم مدیریت و اقدامات ناشایست انسان صورت می‌گیرد. اقدامات اجرایی درخصوص کنترل بیابان‌زایی، باید متکی بر شناخت وضعیت فعلی خطر بیابانی شدن و شدت آن باشد. در پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی و پهنه‌بندی شدت خطر بیابان‌زایی دشت بسطاق در خراسان جنوبی، از دو معیار کلیدی آب و خاک در قالب مدل IMDPA بهره گرفته شد. بدین منظور، شاخص‌های این دو معیار امتیازدهی شد، معیارها از میانگین هندسی شاخص‌ها و نقشه بیابان‌زایی کل نیز از میانگین هندسی دو معیار در نرم‌افزار Arc GIS 10.2 به‌دست آمد. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان داد که از نظر معیار آب، شاخص هدایت الکتریکی با متوسط هندسی ۳/۳۳ و از نظر معیار خاک، شاخص سنگریزه سطحی با میانگین هندسی ۲/۶۹ مهم‌ترین شاخص‌ها در افزایش بیابان‌زایی منطقه هستند. همچنین نتایج پهنه‌بندی بیابان‌زایی کل نیز نشان داد که ۹۶/۲۹ درصد از منطقه (۲۲۱۱۱/۷۴ هکتار) در کلاس متوسط خطر بیابان‌زایی و ۳/۷ درصد از منطقه (۸۴۹/۶۳ هکتار) در کلاس خطر بیابان‌زایی شدید قرار دارد. به‌طور کلی، دشت بسطاق با میانگین ارزش هندسی بیابان‌زایی ۲/۱۳ در کلاس خطر متوسط بیابان‌زایی قرار دارد که برای جلوگیری از توسعه بیابان‌زایی در این منطقه و کاهش اثرات مخرب آن، باید اقدامات مدیریتی مناسبی در دشت بسطاق اجرا شود.

**واژه‌های کلیدی:** مدل بیابان‌زایی، پهنه‌بندی خطر، معیار و شاخص، دشت بسطاق.

۱. کارشناس ارشد بیابان‌زایی، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، نویسنده مسئول / Email: Fatahi\_Ati@yahoo.com

۲. دانشجو دکتری بیابان‌زایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳. کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی، بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۴. کارشناس ارشد بیابان‌زایی، دانشگاه ایلام

۵. کارشناس ارشد بیابان‌زایی، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان

## مقدمه

امروزه در سراسر دنیا بیابان‌زایی مسئله مهمی به‌شمار می‌رود که نه تنها در نواحی خشک و نیمه‌خشک، بلکه در بعضی از قسمت‌های نیمه‌مرطوب نیز دیده می‌شود. فرایند بیابان‌زایی عمدتاً مناطق خشک و نیمه‌خشک را تحت تأثیر قرار داده و با شتابی فزاینده، کارایی سرزمین‌ها را کاهش می‌دهد (اکبری و همکاران، ۲۰۰۹). پدیده بیابان‌زایی و کاهش استعداد اراضی در اثر یک یا ترکیبی از فرایندهای بیابان‌زایی از قبیل شور شدن اراضی، تخریب منابع گیاهی، ماندابی شدن، فرسایش آبی، فرسایش بادی و... ایجاد شده و نیز توسط عوامل طبیعی و انسانی تشدید می‌گردد (هندرست، ۲۰۰۳). برای ارزیابی بیابان‌زایی، تحقیقات مختلفی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است. مهم‌ترین مدل‌های رایج جهانی فائو-یونپ، لادا، گلاسود، تاکسونومی و مدالوس هستند. در سال ۱۳۸۳ در چهارچوب مدل مدالوس، مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی IMDPA در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران تهیه شد که بر پایه نتایج این طرح، ۹ معیار و ۳۶ شاخص بیابان‌زایی همراه با روش شناسی ارزیابی کمی و کیفی آن‌ها ارائه شد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۸). در نقاط مختلف جهان نیز مطالعاتی به منظور ارزیابی و تعیین شدت اثر عوامل مؤثر در ایجاد شرایط بیابان‌زایی انجام شده و یا در حال انجام است. 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 توسط خارین و همکاران در سال ۱۹۸۵ تهیه شده بود مواردی همچون فرسایش بادی، فرسایش آبی، تخریب پوشش گیاهی، شور شدن خاک، باتلاقی شدن، آلودگی محیطی و بیابان‌زایی ناشی از عملکرد جانوران به‌عنوان فرایندهایی که می‌توانند موجب بیابان‌زایی در منطقه شوند، پیشنهاد شد (خارین، ۱۹۸۵). وانگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۶) برای تعیین عوامل کلیدی در بیابان‌زایی کشور چین، تغییرات هفت پارامتر از عوامل اقلیمی و انسانی را در یک دوره پنجاه‌ساله مورد بررسی قرار

دادند؛ نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی نشان داد که عوامل اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، هر دو با هم در فرایند بیابان‌زایی دخالت دارند. لاوادی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی حساسیت اراضی به تخریب با استفاده از مدل ESAs در جنوب اسپانیا به این نتیجه رسیدند که نقشه بیابان‌زایی تهیه‌شده طی این تحقیق نسبت به سایر مدل‌ها بهتر و با شرایط طبیعی سازگار است. راسمی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از توسعه روش مدالوس با شبیه‌سازی حالت بالقوه بیابان‌زایی در آینده، در منطقه غرب دلتای نیل نشان دادند که بیشترین متغیرهای مؤثر در بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه، گسترش شهری، شور شدن و عدم اجرای سیاست‌ها در نظر گرفته شده است. تاواراس<sup>۵</sup> (۲۰۱۲) در طی پژوهشی با استفاده از مدل مدالوس به ارزیابی و تهیه نقشه حساسیت به بیابان‌زایی با استفاده از شش شاخص آب و هوا، خاک، پوشش گیاهی، مدیریت، رواناب و شاخص اجتماعی در حوضه ریبیراسکا پرداخته‌اند؛ نتایج مطالعه وی بیانگر این بود که بیش از ۵۰ درصد از حوضه مورد مطالعه، شواهد آشکاری از تبدیل شدن به منطقه‌ای با بیابان‌زایی را نشان می‌دهد. همچنین می‌توان به برخی از تحقیقاتی که در سال‌های اخیر در مورد کاربرد مدل IMDPA در ایران صورت گرفته است، اشاره کرد: وصالی (۲۰۰۸) به بررسی شاخص‌های بیوفیزیکی شدت بیابان‌زایی متأثر از فعالیت‌های انسانی در منطقه شهرستان‌های کاشان و آران‌ویدگل با استفاده از مدل IMDPA پرداخت و پس از امتیازدهی شاخص‌ها میانگین هندسی ارزش کمی شدت بیابان‌زایی برای کل منطقه را  $DS=2/31$  برآورد کرد که در کلاس متوسط بیابان‌زایی قرار گرفت. ناطقی و همکاران (۲۰۰۹) به بهره‌گیری از مدل IMDPA شدت بیابان‌زایی دشت سگزی را مورد بررسی قرار دادند که براساس تحقیقات صورت‌گرفته توسط وی، معیار آب با متوسط وزنی  $3/97$  در کلاس بسیار شدید، معیار زمین با متوسط وزنی  $3/26$  و معیار پوشش گیاهی با متوسط وزنی  $3/12$  هر دو در کلاس شدید بیابان‌زایی قرار گرفتند و در نهایت، نقشه نهایی

3. lavada  
4. Rasmy  
5. Tavares

1. Kharin  
2. Wang

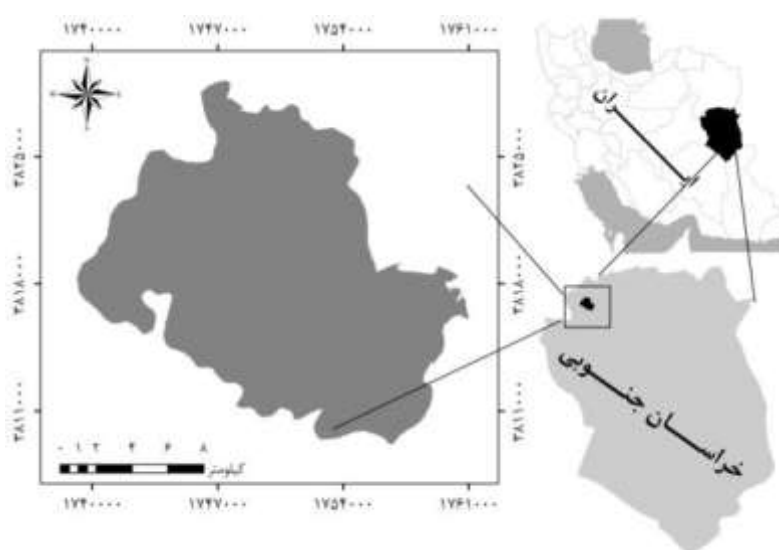
تحقیقات پیشین که مدل IMDPA را یک مدل مناسب برای ارزیابی بیابان‌زایی در مناطق خشک ایران معرفی کرده‌اند (وصالی، ۲۰۰۸؛ ناطقی و همکاران، ۲۰۰۹؛ شکوهی، ۲۰۱۱؛ نیکو، ۲۰۱۱). هدف از این پژوهش، تعیین و معرفی شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی با توجه به معیارهای کلیدی آب و خاک در قالب تجزیه و تحلیل مدل IMDPA و شرایط حاکم بر دشت بسطاق است تا از این طریق بتوان با شناسایی و کنترل عوامل تأثیرگذار در بیابان‌زایی منطقه، از گسترش بیابان‌ها و تخریب اراضی منطقه جلوگیری کرد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

دشت بسطاق در شمال غربی استان خراسان جنوبی و در محدوده جغرافیایی  $08^{\circ} 58'$  تا  $04^{\circ} 58'$  طول شرقی و از  $31'$  تا  $30^{\circ} 33'$  عرض شمالی واقع شده است. وسعت منطقه مورد مطالعه بالغ بر ۲۲۹۶۱ هکتار است که محدوده ارتفاعی ۱۳۰۶ متر در غرب منطقه تا ۱۳۹۲ متر در شمال شرق منطقه را در بر می‌گیرد. این منطقه از شمال غرب به شهر فردوس و از شرق به شهر قائن محدود می‌شود. شهر سرایان در منطقه مورد مطالعه قرار دارد. شکل (۱) موقعیت استانی و کشوری منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد.

بیابان‌زایی منطقه مبین میزان شدید و بسیار شدید روند بیابان‌زایی منطقه است. شکوهی (۲۰۱۱) به بررسی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA و با تأکید بر معیارهای آب و خاک در دشت یزد پرداخت. براساس نتایج نقشه نهایی بیابان‌زایی منطقه، شدت متوسط بیابان‌زایی را نشان داد. نیکو (۲۰۱۱) با استفاده از مدل IMDPA با تکیه بر تمامی ۹ معیار و ۳۶ شاخص متناسب با شرایط منطقه دامغان، به ارزیابی وضعیت پتانسیل بیابان‌زایی در منطقه مذکور پرداخت و در نهایت، شدت بیابان‌زایی را در منطقه مورد مطالعه، متوسط ارزیابی کرد. بیات (۲۰۱۳) به منظور بررسی عوامل مؤثر در بیابان‌زایی منطقه مرغزار دشت شهر کرد با استفاده از مدل IMDPA، سه معیار آب، خاک و پوشش گیاهی را مورد بررسی قرار داد و پس از امتیازدهی شاخص‌ها و معیارها، شدت بیابان‌زایی در این منطقه را برابر ۱/۸۹ ارزیابی کرد که بیانگر قرارگرفتن در کلاس بیابان‌زایی متوسط است. فتاحی و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از مدل IMDPA، معیار آب در منطقه بیابانک استان سمنان را مورد بررسی قرار دادند و پس از امتیازدهی شاخص‌ها، کلاس بیابان‌زایی شدید را در این منطقه براساس معیار آب گزارش کردند. از آنجایی که بررسی شدت خطر بیابان‌زایی برای مدیریت عرصه‌هایی که در معرض بیابانی شدن هستند، ضروری است و همچنین با توجه به نتایج



شکل (۱): نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و کشور (منبع: نگارندگان)

شاخص‌های تشکیل دهنده آن طبق معادله (۲) تعیین شد.

معیار آب

$$\text{کلر} \times \text{نسبت جذب سدیم} \times \text{هدایت الکتریکی} \times \text{افت آب زیرزمینی} = \sqrt[4]{\dots} \quad (۲)$$

جدول (۱): شاخص ارزیابی معیار کیفیت آب (مسعودی، ۱۳۸۹؛ ممبئی<sup>۹</sup> و همکاران، ۱۳۹۴)

کلاس بیابان‌زایی	ناچیز و کم	متوسط	شدید	خیلی شدید
امتیاز	۰-۱/۵	۱/۶-۲/۵	۲/۶-۳/۶	۳/۶-۴
افت آب زیرزمینی (سانتی‌متر بر سال)	<۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۵۰	>۵۰
EC (میکروموس بر سانتی‌متر)	<۷۵۰	۷۵۰-۲۲۵۰	۵۰۰۰	>۵۰۰۰
SAR	<۱۸	۱۸-۲۶	۲۶-۳۲	>۳۲
CL (میلی‌گرم بر لیتر)	<۲۵۰	۲۵۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۵۰۰	>۱۵۰۰

### معیار خاک

در پژوهش حاضر، نقشه شدت خطر بیابان‌زایی از منظر معیار خاک از چهار شاخص هدایت الکتریکی، عمق، بافت و درصد سنگریزه عمقی استفاده شد و نقشه شدت خطر هر شاخص مطابق جدول (۲) امتیازدهی و در چهار کلاس ناچیز و کم، متوسط، شدید و خیلی شدید کلاس‌بندی شد. مشخصات فیزیکی شیمیایی خاک‌ها از طریق حفر ۱۴ پروفیل خاک، ارسال نمونه خاک‌ها به آزمایشگاه و اندازه‌گیری پارامترهای موردنیاز به دست آمد.

در نهایت، معیار خاک مطابق معادله (۳) از میانگین هندسی شاخص‌های مذکور به دست آمد.

معیار خاک =

$$\text{عمق خاک} \times \text{بافت خاک} \times \text{هدایت الکتریکی} \times \text{درصد سنگریزه خاک} = \sqrt[4]{\dots} \quad (۳)$$

در این تحقیق، با بهره‌گیری از مدل ایرانی IMDPA نقشه شدت خطر بیابان‌زایی دشت بسطاق براساس دو معیار کلیدی آب و خاک که هر معیار از شاخص‌هایی تشکیل شده، به دست آمد، معیارها با توجه به شرایط حاکم بر منطقه انتخاب شدند. داده‌های کیفی و کمی آب زیرزمینی از سازمان مدیریت منابع آب کشور (تماب) اخذ و داده‌ها مرتب‌سازی و از میان داده‌های اندازه‌گیری شده، اطلاعات چاه‌های پیژومتری طی دوره زمانی سیزده‌ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۲) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور تهیه نقشه‌های شدت خطر بیابان‌زایی شاخص‌های موردبررسی که به صورت نقطه‌ای هستند، از روش‌های درونیایی مختلف بهره گرفته شد. با توجه به اینکه معیارهای مختلفی برای ارزیابی دقت روش‌های درونیایی وجود دارد، در پژوهش حاضر از میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد؛ معادله محاسبه این معیار به صورت زیر است (دیویس<sup>۸</sup>، ۱۹۸۷).

$$RMSE = \sqrt{\left[ \sum_{k=0}^n (Z(xi) - z(xi))^2 \right] / n} \quad (۱)$$

که در آن،  $Z(xi)$  مقدار برآورد شده در نقطه  $x_i$ ،  $Z(xi)$  مقدار اندازه‌گیری شده در نقطه  $x_i$ ،  $i$  شماره نقاط و  $n$  تعداد نقاط مشاهده شده معیار است.

### معیار آب

به منظور بررسی معیار آب دشت بسطاق از چهار شاخص افت آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی، نسبت جذبی سدیم و کلر استفاده شد. داده‌های مذکور از سازمان مدیریت منابع آب کشور (تماب) اخذ و مرتب‌سازی شده و از میان داده‌های اندازه‌گیری شده، اطلاعات چاه‌های پیژومتری و مشاهده‌ای طی دوره زمانی سیزده‌ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۲) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

با توجه به بررسی منابع و استناد به تحقیقات سایر محققان به هر شاخص مطابق با جدول (۱) وزنی بین ۱ تا ۴ داده شد، به طوری که ارزش ۱ به بهترین و ارزش ۴ به بدترین وزن داده شده است. در نهایت، معیار کیفیت آب از میانگین هندسی

جدول (۲): تعیین امتیاز شاخص‌های معیار خاک در مدل IMDPA

کلاس بیابان‌زایی امتیاز	ناچیز و کم ۰-۱/۵	متوسط ۱/۶-۲/۵	شدید ۲/۶-۳/۶	خیلی شدید ۳/۶-۴
عمق خاک (سانتی‌متر)	>۸۰	۵۰-۸۰	۲۰-۵۰	<۲۰
EC (دسی زیمنس بر متر)	<۴	۴-۸	۸-۱۶	>۱۶
بافت خاک سنگ و سنگریزه	سنگین تا خیلی سنگین <۱۵	متوسط ۱۵-۳۵	سبک ۳۵-۶۵	درشت تا خیلی درشت >۶۵

(شکل ۴). دومین شاخص تأثیرگذار در شدت بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه، شاخص کلر به دست آمد (جدول ۴). نتایج طبقه‌بندی شاخص مذکور نشان داد که ۳۳/۳۴ درصد (۷۶۵۷/۴۹ هکتار) از منطقه در کلاس خیلی شدید و ۳۵/۱ درصد از منطقه در کلاس شدید قرار گرفته است (شکل ۲ و ۵). نتایج ارزیابی میانگین ارزش عددی شاخص مذکور نیز حاکی از شدید بودن ( $D_s=2/9$ ) شدت خطر بیابان‌زایی منطقه از نظر شاخص کلر است (جدول ۴). وضعیت منطقه مورد مطالعه از نظر افت سفره آب زیرزمینی به نحوی است که از شمال شرق منطقه به سمت جنوب غرب از میزان افت آبخوان کاسته می‌شود (شکل ۵). نتایج حاصل از طبقه‌بندی شاخص افت آب براساس کلاس‌های بیابان‌زایی حاکی از این است که بیشترین وسعت از منطقه در کلاس متوسط قرار گرفته است، به طوری که ۹۱/۶۵ درصد (۲۱۰۴۵/۵ هکتار) از منطقه در کلاس متوسط قرار گرفته است (شکل ۲ و ۳). همین امر موجب شده که شدت بیابان‌زایی از نظر شاخص افت آب میانگین ارزش عددی ۲/۲۴ متوسط ارزیابی شود (جدول ۴). شکل (۳) نقشه پهنه‌بندی مکانی شدت بیابان‌زایی را از نظر معیار افت آب نشان می‌دهد. نتایج حاصل از ارزیابی شاخص نسبت جذب سدیم نیز نشان داد که کل منطقه (۱۰۰ درصد مساحت) در کلاس کم و ناچیز قرار گرفته است، به طوری که میانگین ارزش عددی دشت بسطاق از حیث شاخص مذکور ۱/۱۲ برآورد شد که در کلاس کم و ناچیز قرار گرفت (جدول ۴). شکل (۶) نیز نقشه شدت خطر بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه را از نظر شاخص نسبت جذب سدیم نمایش می‌دهد.

در نهایت، نقشه شدت خطر بیابان‌زایی دشت بسطاق از میانگین هندسی دو فاکتور کلیدی آب و خاک طبق معادله (۴) تهیه و براساس جدول (۳) به چهار کلاس کیفی طبقه‌بندی شد.

$$(4) \text{ معیار آب} \times \text{معیار خاک} = \sqrt{\text{شدت خطر بیابان‌زایی}}$$

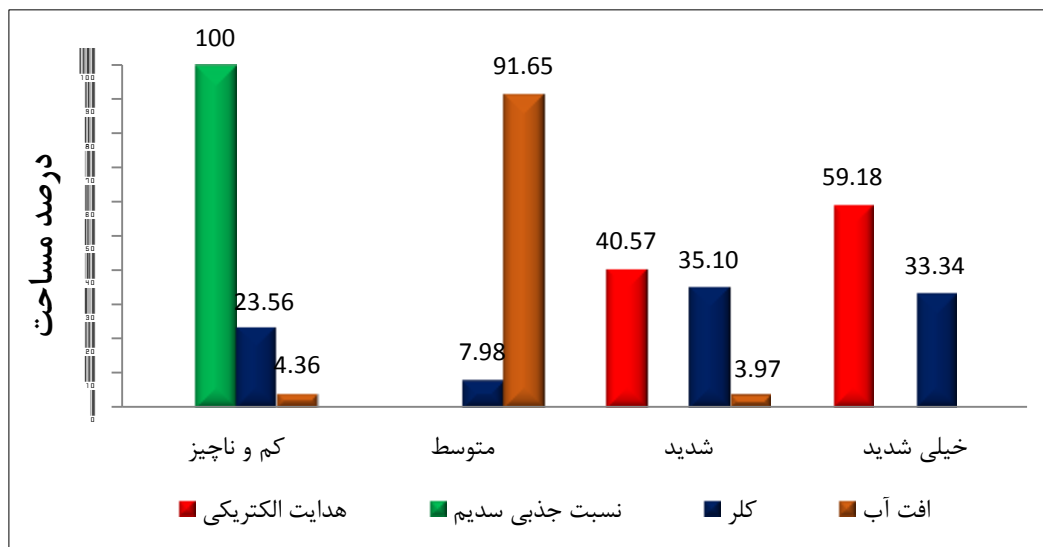
جدول (۳): توزیع فراوانی کلاس‌های شدت خطر بیابان‌زایی

کلاس‌های کیفی شدت بیابان‌زایی	دامنه ارزش عددی
کم و ناچیز	۱-۱/۵
متوسط	۱/۵۱-۲/۵
شدید	۲/۵۱-۳/۵
خیلی شدید	۳/۵۱-۴

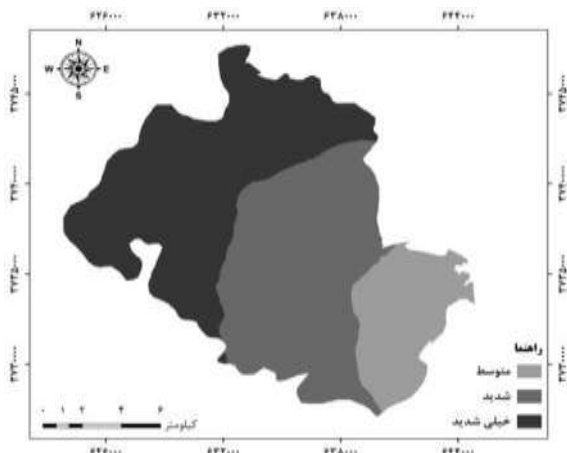
## نتایج

### معیار آب

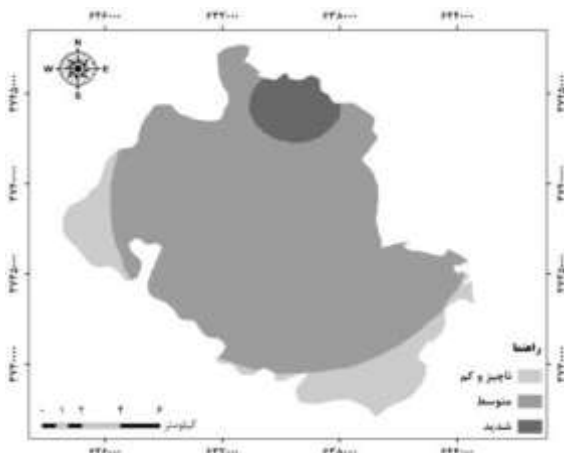
شکل (۲) نمودار درصد مساحت چهار شاخص افت آب، کلر، نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی را براساس چهار کلاس شدت بیابان‌زایی نشان می‌دهد. بر این اساس مشاهده می‌شود که شاخص هدایت الکتریکی تأثیرگذارترین شاخص بر افزایش شدت بیابان‌زایی دشت بسطاق است (جدول ۴)، به طوری که ۵۹/۱۸ درصد (۱۳۵۸۹/۳۹ هکتار) از منطقه در کلاس خیلی شدید و ۹۳۱۵/۶ هکتار (۴۰/۵۷ درصد) در کلاس شدید قرار گرفته است (شکل ۲). میانگین ارزش عددی شاخص مذکور نیز ۳/۳۳ برآورد شد که نشان‌دهنده شدید بودن کلاس بیابان‌زایی شاخص هدایت الکتریکی است (جدول ۴). شکل (۴) نقشه پهنه‌بندی مکانی شاخص مذکور را نشان می‌دهد، بر این اساس مشاهده می‌شود که از جنوب شرق منطقه (کلاس متوسط) به سمت شمال دشت (کلاس خیلی شدید) بر شدت خطر بیابان‌زایی منطقه افزوده می‌شود



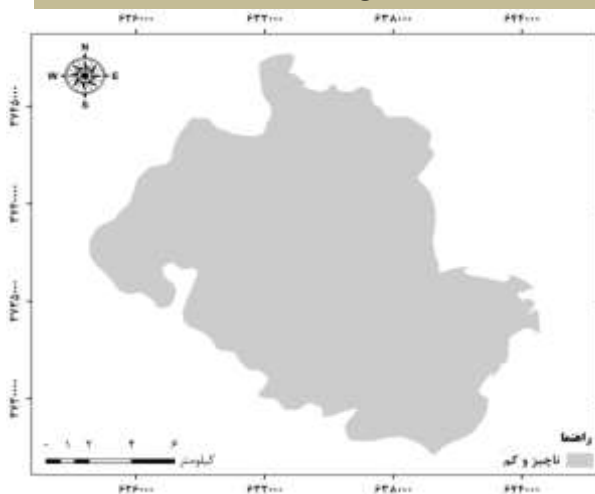
شکل (۲): نمودار درصد مساحت کلاس‌های شدت خطر بیابانزایی شاخص‌های معیار آب (منبع: نگارندگان)



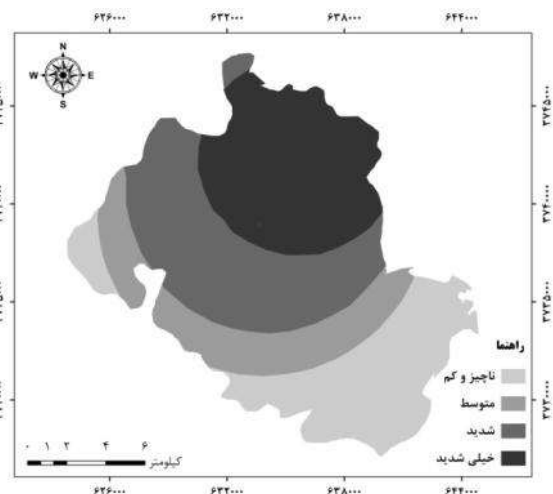
شکل (۴): نقشه شدت بیابانزایی شاخص هدایت الکتریکی آب (منبع: نگارندگان)



شکل (۳): نقشه شدت بیابانزایی شاخص افت آب (منبع: نگارندگان)



شکل (۶): نقشه شدت بیابانزایی شاخص نسبت جذبی سدیم (منبع: نگارندگان)



شکل (۵): نقشه شدت بیابانزایی شاخص کلر آب (منبع: نگارندگان)

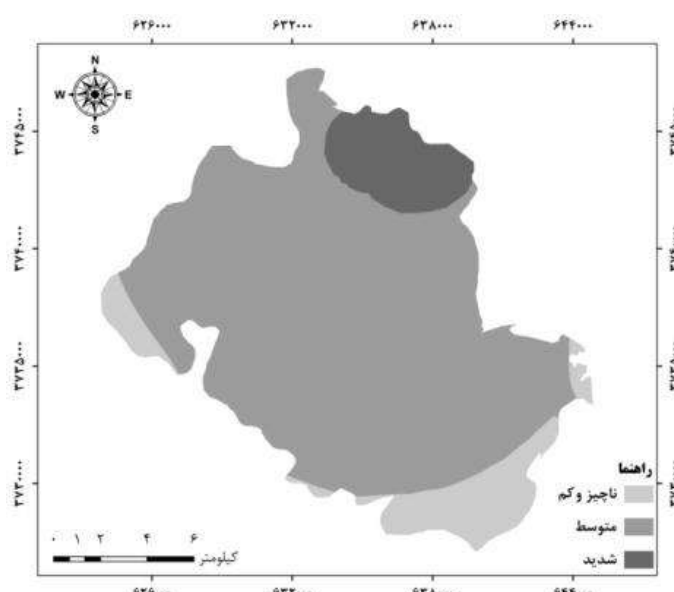
شکل (۷) نقشه شدت خطر بیابان‌زایی معیار آب را که از میانگین هندسی چهار شاخص تشکیل دهنده آن حاصل شده نشان می‌دهد. جدول (۵) نیز نتایج پهنه‌بندی مکانی کلاس‌بندی شاخص معیار مذکور براساس مساحت و درصد مساحت را نمایش می‌دهد. بر این اساس مشاهده می‌شود که بیشترین وسعت منطقه که ۸۱/۲۳ درصد (۱۷۶۵۲/۱۲ هکتار) از منطقه را شامل می‌شود، در کلاس متوسط شدت خطر بیابان‌زایی قرار گرفته است، همچنین ۱۰/۲۵ درصد از مساحت منطقه در کلاس کم و ناچیز قرار گرفته است (جدول ۵). میانگین ارزش عددی معیار آب ۲/۰۹ برآورد شد که نشان‌دهنده متوسط بودن شدت خطر بیابان‌زایی از نظر معیار موردبررسی است (جدول ۴).

جدول (۴): میانگین ارزش عددی و کلاس کیفی بیابان‌زایی شاخص‌های معیار آب

شاخص	میانگین ارزش عددی	کلاس کیفی خطر بیابان‌زایی	میانگین ارزش عددی	کلاس کیفی بیابان‌زایی براساس معیار آب
هدایت الکتریکی	۳/۳۳	شدید		
کلر	۲/۹	شدید		
افت آب	۲/۲۴	متوسط	۲,۰۹	متوسط
نسبت جذبی سدیم	۱/۱۲	کم و ناچیز		

جدول (۵): مساحت و درصد مساحت کلاس‌های بیابان‌زایی براساس معیار آب

کلاس خطر بیابان‌زایی	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی
ناچیز و کم	۲۳۵۳/۹۹	۱۰/۲۵
متوسط	۱۸۶۵۲/۱۲	۸۱/۲۳
شدید	۱۲۲۶/۴۵	۵/۳۴
خیلی شدید	۰	۰

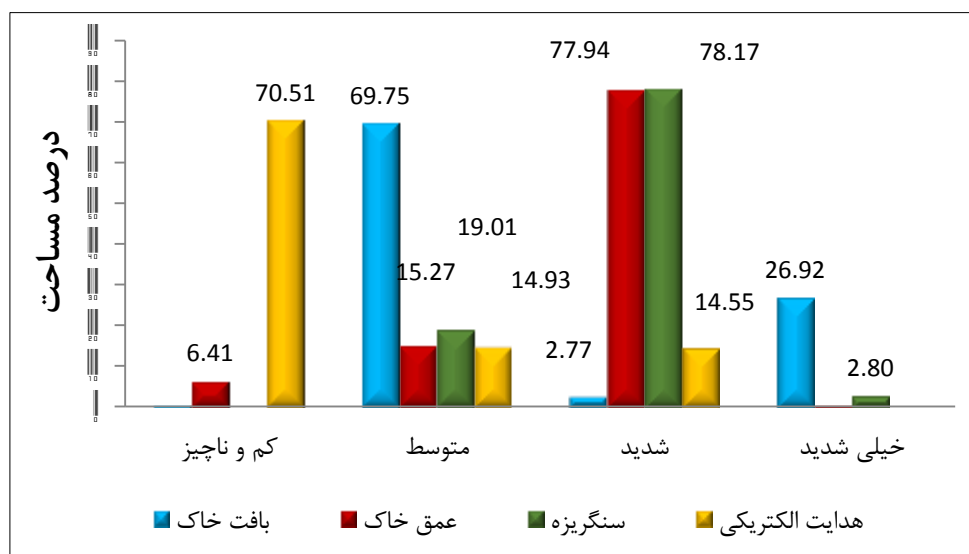


شکل (۷): نقشه شدت خطر بیابان‌زایی معیار آب (منبع: نگارندگان)

### معیار خاک

خطر متوسط جای دارد (شکل ۸ و ۱۰). کمترین مقدار از منطقه مورد مطالعه را نیز کلاس کم و ناچیز به خود اختصاص داده است (شکل ۱۰). نتایج ارزیابی شاخص عمق خاک نیز نشان‌دهنده وضعیت شدید بیابان‌زایی از نظر شاخص مذکور است، به طوری که میانگین ارزش عددی شاخص عمق خاک ۲/۵۶ برآورد شد (جدول ۶). نتایج پهنه‌بندی شاخص مذکور نیز نشان داد که ۷۷/۹۴ درصد از وسعت منطقه در کلاس بیابان‌زایی شدید قرار گرفته است (شکل ۸ و ۱۲) که مقدار برآورد شده شدید بودن شدت خطر بیابان‌زایی شاخص مذکور را تأیید می‌کند (جدول ۶). کمترین وسعت از منطقه کلاس شدت خطر خیلی شدید با مساحت ۸۵/۳۸ هکتار به خود اختصاص داده است (شکل ۸ و ۱۲). نتایج پهنه‌بندی شاخص هدایت الکتریکی نیز نشان داد که بیشترین مساحت منطقه با مقدار ۱۶۱۹۱/۳۱ هکتار (۷۰/۵۱ درصد) در کلاس کم و ناچیز قرار گرفته است (شکل ۸ و ۹). کلاس‌های متوسط و شدید هم تقریباً به صورت مساوی، ۱۴/۵ درصد از منطقه را پوشش داده‌اند (شکل ۸ و ۹). میانگین ارزش عددی شاخص مذکور ۱/۵۶ برآورد شد که نشان از متوسط بودن کلاس شدت خطر بیابان‌زایی دشت بسطاق از حیث هدایت الکتریکی است (جدول ۶).

شکل (۸) نتایج حاصل از پهنه‌بندی مکانی چهار شاخص تشکیل‌دهنده معیار خاک را به صورت درصد مساحت در قالب نمودار نشان می‌دهد. شکل‌های (۹) تا (۱۲) نیز نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی شدت خطر بیابان‌زایی شاخص‌های تشکیل‌دهنده معیار خاک را نمایش می‌دهد. نتایج به دست آمده نشان داد که شاخص سنگریزه سطحی با میانگین ارزش عددی ۲/۶۹ مؤثرترین فاکتور در افزایش شدت خطر بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه است (جدول ۶). بر این اساس، دشت بسطاق در سه کلاس متوسط، شدید و خیلی شدید قرار گرفته است که بیشترین وسعت منطقه که بالغ بر ۱۷۹۵۰ هکتار (۷۸/۱۷ درصد) است، در کلاس شدید بیابان‌زایی قرار گرفته است. بعد از کلاس شدید، کلاس متوسط با درصد مساحت ۱۹/۰۱ درصد بیشترین وسعت از منطقه را پوشش داده است (شکل ۸ و ۱۱). دومین شاخصی که بر افزایش شدت بیابان‌زایی معیار خاک تأثیرگذار است، شاخص بافت خاک با میانگین ارزش عددی برابر با ۲/۵۷ (طبقه خطر شدید) می‌باشد (جدول ۶). نتایج پهنه‌بندی شاخص مذکور نشان داد که ۲۶/۹۲ درصد از طبقه مذکور که برابر با ۶۱۸۱/۶۸ هکتار می‌باشد، در کلاس شدت بیابان‌زایی خیلی شدید قرار گرفته است. همچنین ۶۹/۷۵ درصد (۱۶۰۱۷/۴۲ هکتار) از منطقه در کلاس شدت

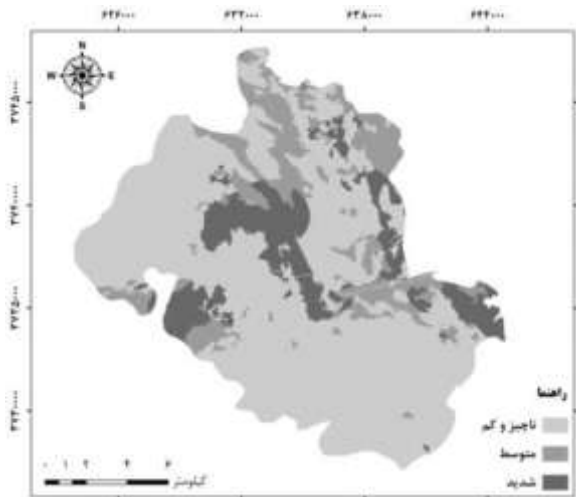


شکل (۸): نمودار درصد مساحت کلاس‌های شدت خطر بیابان‌زایی شاخص‌های معیار خاک (منبع: نگارندگان)

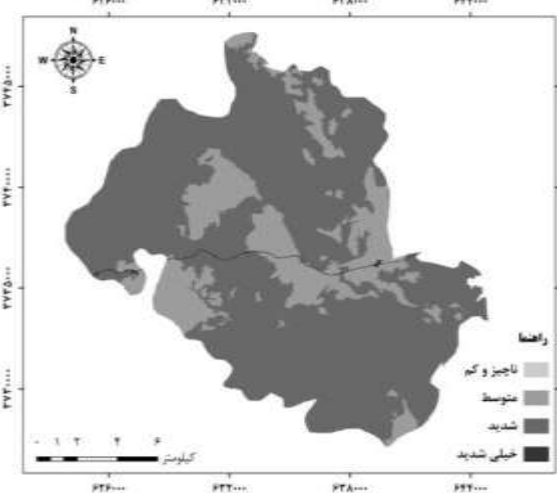




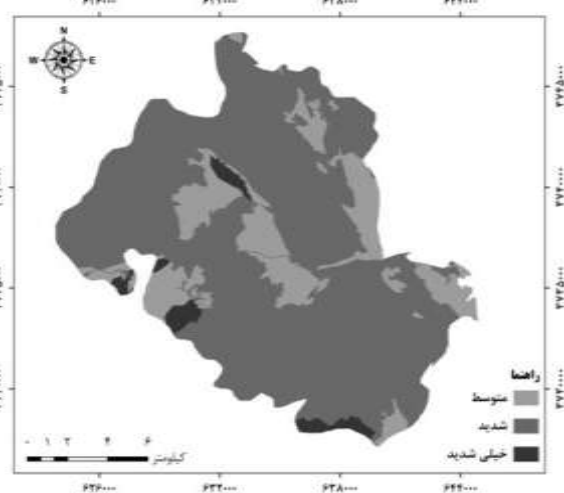
شکل (۱۰): نقشه شدت بیابان‌زایی شاخص بافت خاک (منبع: نگارندگان)



شکل (۹): نقشه شدت بیابان‌زایی شاخص هدایت الکتریکی خاک (منبع: نگارندگان)



شکل (۱۲): نقشه شدت بیابان‌زایی شاخص عمق خاک (منبع: نگارندگان)



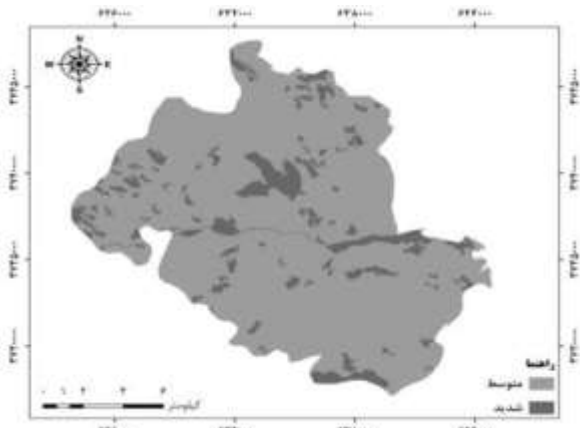
شکل (۱۱): نقشه شدت بیابان‌زایی شاخص سنگریزه سطحی (منبع: نگارندگان)

می‌شود، از شدت خطر متوسط بیابان‌زایی برخوردار است و ۱۱/۳۱ درصد باقی‌مانده از منطقه نیز در کلاس شدید خطر بیابان‌زایی قرار دارد. شکل (۱۳) نیز نقشه پهنه‌بندی مکانی معیار خاک منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول (۷) نتایج کلاس‌بندی معیار خاک را به صورت مساحت و درصد مساحت نشان می‌دهد. بر این اساس، ۸۸/۶۸ درصد از مساحت منطقه که ۲۰۳۶۴/۲۸ هکتار را شامل

جدول (۶): میانگین ارزش عددی و کلاس کیفی بیابان‌زایی شاخص‌های معیار خاک

شاخص	میانگین ارزش عددی	کلاس کیفی خطر بیابان‌زایی	میانگین ارزش عددی	کلاس کیفی بیابان‌زایی براساس معیار خاک
سنگریزه سطحی	۲/۶۹	شدید	۲/۱۹	متوسط
بافت خاک	۲/۵۷	شدید		
عمق خاک	۲/۵۶	شدید		
هدایت الکتریکی	۱/۵۶	متوسط		



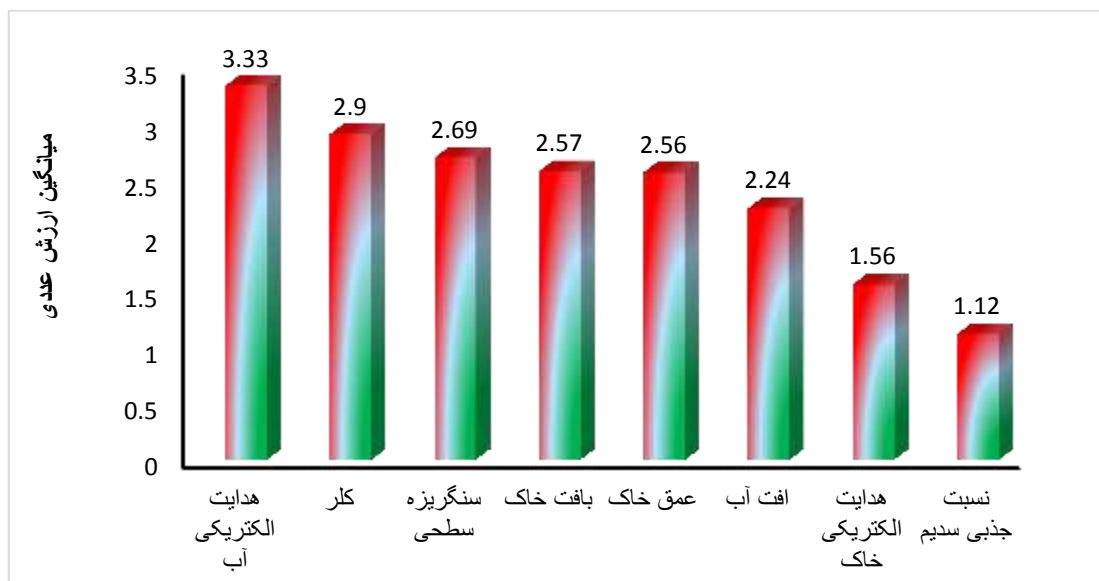
شکل (۱۳): نقشه شدت خطر بیابان‌زایی معیار خاک (منبع: نگارندگان)

جدول (۷): مساحت و درصد مساحت کلاس‌های بیابان‌زایی براساس

معیار خاک		
کلاس خطر بیابان‌زایی	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی
ناچیز و کم	۰	۰
متوسط	۲۰۳۶۴/۲۸	۸۸/۶۸
شدید	۲۵۹۷/۰۹	۱۱/۳۱
خیلی شدید	۰	۰

شکل (۱۴): میانگین ارزش عددی شاخص‌های مختلف را که در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، نشان می‌دهد. براساس شکل (۱۴) شاخص هدایت الکتریکی آب با بیشترین میانگین ارزش عددی (۳/۳۳) تأثیرگذارترین عامل بر بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه است و به دنبال آن شاخص‌های

کلر، سنگریزه سطحی خاک، بافت خاک و افت آب به ترتیب با میانگین ارزش‌های ۲/۹، ۲/۶۹، ۲/۵۷، ۲/۵۶ و ۲/۲۴ سایر شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی منطقه‌اند. همچنین شاخص هدایت الکتریکی خاک و نسبت جذبی سدیم آب به عنوان کم‌اثرترین فاکتورها بر بیابان‌زایی منطقه شناخته شدند.



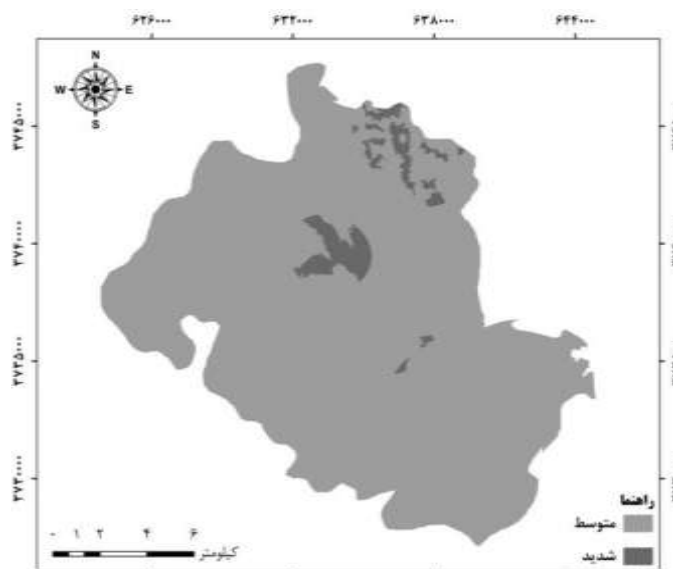
شکل (۱۴): میانگین ارزش عددی شاخص‌های مختلف مورد مطالعه

نقشه نهایی شدت خطر بیابان‌زایی منطقه از میانگین هندسی دو معیار کلیدی آب و خاک براساس مدل IMDPA به‌دست آمد. جدول (۸) نتایج پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی منطقه را براساس مساحت و درصد مساحت نشان می‌دهد؛ بر این اساس ۹۶/۲۹ درصد از مساحت منطقه در کلاس متوسط بیابان‌زایی قرار گرفته است که مساحتی بالغ بر ۲۲۱۱۱ هکتار را شامل می‌شود و ۳/۷ درصد باقی‌مانده در کلاس خطر شدید جای دارد. ارزیابی انجام‌شده حاکی از متوسط بودن شدت خطر بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه است، به طوری که میانگین ارزش عددی بیابان‌زایی نهایی منطقه ۲/۱۳ برآورد شد (جدول ۸). شکل (۱۵) نیز نقشه نهایی بیابان‌زایی منطقه دشت بسطاق را نشان می‌دهد.

را شامل می‌شود و ۳/۷ درصد باقی‌مانده در کلاس خطر شدید جای دارد. ارزیابی انجام‌شده حاکی از متوسط بودن شدت خطر بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه است، به طوری که میانگین ارزش عددی بیابان‌زایی نهایی منطقه ۲/۱۳ برآورد شد (جدول ۸). شکل (۱۵) نیز نقشه نهایی بیابان‌زایی منطقه دشت بسطاق را نشان می‌دهد.

جدول (۸): مساحت و درصد مساحت کلاس‌های شدت خطر بیابان‌زایی

کلاس خطر بیابان‌زایی	مساحت (هکتار)	درصد فراوانی	میانگین ارزش عددی بیابان‌زایی	کلاس کیفی بیابان‌زایی
ناچیز و کم	۰	۰		
متوسط	۲۲۱۱۱/۷۴	۹۶/۲۹	۲/۱۳	متوسط
شدید	۸۴۹/۶۳	۳/۷		
خیلی شدید	۰	۰		



شکل (۱۵): نقشه شدت خطر بیابان‌زایی دشت بسطاق (منبع: نگارندگان)

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که دشت بسطاق از نظر وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از روش مورد استفاده در دو کلاس خطر متوسط و شدید قرار دارد که از کل مساحت منطقه، ۹۶/۲۹ درصد از مساحت منطقه (۲۲۱۱۱/۷۴ هکتار) در کلاس خطر متوسط بیابان‌زایی و ۳/۷ درصد (۸۴۹/۶۳ هکتار) (جدول ۸) که بیشتر به صورت واحدهای کاری مجزا در مرکز دشت و شمال شرق دشت می‌باشند، در کلاس خطر شدید جای گرفته است (شکل ۱۵). نتایج میانگین ارزش عددی حاکی از متوسط بودن شدت خطر بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه است، به طوری که میانگین ارزش عددی بیابان‌زایی نهایی منطقه ۲/۱۳ برآورد شد (جدول ۸). بنابراین اجرای اقدامات مدیریتی به منظور کنترل بیابان‌زایی و کاهش اثر آن در

منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود. نتایج حاصل شده با نتایج شکوهی و همکاران (۲۰۱۱) که بیابان‌زایی نهایی را متوسط ارزیابی کردند، همخوانی دارد. نتایج حاصل از بررسی دو معیار کلیدی نشان‌دهنده غالب بودن معیار خاک با میانگین ارزش عددی ۲/۱۹ (جدول ۶) نسبت به معیار آب با میانگین ارزش عددی ۲/۰۹ (جدول ۴) است که هر دو معیار در کلاس متوسط بیابان‌زایی قرار گرفته‌اند (جدول ۴ و ۶). از نظر معیار خاک، شاخص‌های تأثیرگذار بر بیابان‌زایی منطقه به ترتیب شامل سنگریزه سطحی، بافت خاک، عمق خاک و هدایت الکتریکی خاک هستند که سه شاخص اول به ترتیب با متوسط‌های وزنی ۲/۶۹، ۲/۵۷ و ۲/۵۶ در کلاس شدید بیابان‌زایی و شاخص هدایت الکتریکی خاک با متوسط وزنی ۱/۵۶ در کلاس متوسط قرار گرفت (جدول ۶). یافته‌های به دست آمده از این پژوهش با نتایج رئیسی و همکاران (۲۰۱۲)

(۲۰۱۳) در دشت عباس، فتاحی (۲۰۱۵) در منطقه خشک جنوب سمنان و ممبئی و همکاران (۲۰۱۳) در دشت عباس همخوانی دارد. به طور کلی، در میان شاخص های مختلف هدایت الکتریکی آب به عنوان مؤثرترین عامل بیابان زایی در منطقه مورد مطالعه شناخته شد (شکل ۱۴) که با نتایج مطالعات فتاحی (۲۰۱۵) و خسروی (۲۰۱۴) همخوانی دارد. بنابراین برای جلوگیری از توسعه بیابان زایی در منطقه، باید به کیفیت آب چاه ها به ویژه میزان هدایت الکتریکی آب آن ها توجه ویژه ای شود. آنچه در مدل مورد استفاده از اهمیت زیادی برخوردار است، این مطلب است که مدل مذکور در اقلیم های مختلف ایران قابل اجرا بوده و لزومی به ارائه مدل جداگانه ای نیست و تنها رمز موفقیت و تطابق مدل با شرایط حاکم بر منطقه، انتخاب فاکتور و شاخص های کلیدی متناسب است. از دیگر نقاط قوت مدل، قابلیت انعطاف پذیری فوق العاده آن است، به طوری که هر پارامتری را می توان به راحتی به مدل اضافه یا کم نمود، مضاف بر اینکه مدل نیز قادر به تشخیص پارامترهای تأثیرگذار است که این امر در بهبود مدیریت منطقه می تواند مثر ثمر باشد.

که شاخص بافت خاک را در کلاس متوسط گزارش کردند، همسو نیست. همچنین از نظر شاخص هدایت الکتریکی که در کلاس متوسط قرار دارد، با نتایج رئیسی و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد. نتایج به دست آمده از نظر معیار خاک با نتایج (شاکران و همکاران، ۲۰۱۱) در منطقه جرقویه تطابق و از نظر معیار آب عدم تطابق نشان دادند. نتایج به دست آمده از نظر معیار آب حاکی از آن بود که تأثیرگذارترین شاخص های بیابان زایی منطقه به ترتیب عبارت بودند از: هدایت الکتریکی آب، کلر، افت آب و نسبت جذبی سدیم (جدول ۴). شاخص های هدایت الکتریکی و کلر به ترتیب با متوسط های وزنی ۳/۳۳ و ۲/۹۱ در کلاس شدید بیابان زایی، شاخص افت آب با متوسط وزنی ۲/۲۴ در کلاس متوسط بیابان زایی و در نهایت، شاخص نسبت جذبی سدیم با متوسط وزنی ۱/۱۲ در کلاس بیابان زایی کم و ناچیز قرار گرفتند (جدول ۴). نتیجه به دست آمده که حاکی از مهم بودن شاخص هدایت الکتریکی و کم اهمیت بودن شاخص نسبت جذبی سدیم بود (جدول ۴) با نتایج شکوهی و همکاران (۲۰۱۱) در منطقه خضرآباد دشت یزد، طباطبایی فر و همکاران (۲۰۱۳) در دشت گرمسار، کریمی

## منابع

- Ahmadi, H., Zehtabian, Gh. R., Jafari, M., Azarnivand, H., Fieznia, S. 2008. The assessment model of potential desertification. Department of the arid areas rehabilitation, Faculty of Natural Resources, Tehran University, 480 pp.
- Akbari, M., Karimzadeh, H. R., Modares, R., Chakoshi, B. 2009. Desertification assessment and classification using remote sensing and geographic information system in and arid area north of Isfahan. *Journal of Range and Desert Research of Iran* 14, 142-124.
- Bayat, Zahra. 2013. Evaluation of desertification using IMDPA in a lowland meadow in Sharekord. MS Thesis, University of Semnan, College of the Desert.
- Fatahi, A. 2015. Desertification risk assessment in the arid region south of Semnan Province using IMDPA model. MSc Thesis, College of desert, Semnan University.
- Fatahi, A., Azad, B., Ara, H. 2017. Desertification Assessment By Using Water Criterion In Iran's Central Arid Regions. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences (JAEBS)*, 7(1), 188-197.
- Honardoust, F. 2003. Desertification assessment and proposition of a regional model for the Gonbad Dashliboroun Plain. MSc thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Karimi, K. 2013. Trend detection and prediction of desertification in Abasabad plain using Neural Network (with emphasis on biophysical factors). MSc thesis, College of agriculture and Natural Resources, Tehran University.
- Kharin, N. G., 1985. Methodological principles of desertification Assessment mapping, Ashkhabad.
- khosravi, H., Gh. R. Zehtabian, H. Ahmadi and H. Azarnivand, 2014. Hazard Assessment of

- Desertification as a Result of Soil and Water Recourse Degradation in Kashan Region, Iran. *DESERT.*, 19 (1): 45-55.
10. Lavado Conntador, J.F. et al. 2008. Mapping Sensitivity to land degradation Extremadura. *SW Spain* 1, 25-41.
  11. Massoudi, R., 2011. Early Warning System for Desertification Based on Two Water and Climate criteria (Kashan Plain). MSc thesis, Tehran University.
  12. Mombeyni, M., 2013. Desertification intensity assessment using IMDPA model, MSc thesis, Ilam University.
  13. Nateghi, S., Zehtabian, G.h.R., Ahmadi, H., 2009. Evaluation of Desertification Intensity in Segzi Plain Using IMDPA Model. *Journal of Range and Watershed Management. Iranian Journal of Natural Resources*, 62(3), 419-430.
  14. Nikou, Sh. 2011. Desertification potential assessment using IMDPA model in order to understand influential factors for land degradation case study: Damghan region. PhD thesis, College of agriculture and Natural Resources, Tehran University.
  15. Rasmy, M. et al. 2010. A dynamic simulation model of desertification in Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* 13, 101.
  16. Reisi, A., Zehtabian, Gh. R., Ahmadi, H., Khosravi, H., Dastourani, M. 2012. Assessing the current state of desertification in coastal areas using biophysical criteria of the IMDPA Model (Case study: Kahir Konarak, Chabahar). *Journal of Watershed Management Research (Research and Development)* 97, 51-43.
  17. Shakerian, N., Zehtabian, Gh.R., Azarnivand, H., Khosravi, H. 2011. Evaluation of desertification intensity based on soil and water criteria in Jarghooyeh region. *Desert* 16, 23-32
  18. Shokohi, E. 2011. Study of desertification status using IMDPA model with emphasis on water and soil case study: Khezrabad, Elahabad of Yazd plain, M.sc thesis, faculty of natural Resources.
  19. Shokouhi, A., Zehtabian, Gh.R., Tavili, A., 2011. Mapping of desertification in Khezrabad-Alahabad plain in Yazd Province using IMDPA and with empahsis on water and soil indices. *Range and Watershed Management Journal, Journal of Natural Resources Iran* 65, 528-517.
  20. Tabatabaefar, S.M., Zehtabian, Gh.R., Rahimi, M., KHosravi, H., Nikoo, Sh., 2013. The empaxt impact assessment of temporal variation of climatological and ground water condition on desertification intensity in Garmsar plain. *Desert Management*. 2, 39-48.
  21. Tavares, J. 2012. Assessment and mapping of desertification sensitivity in an insular Sahelian mountain region case study of the Ribeira Seca Watershed, Cape Verde. *Geophysical Research Abstracts* 14.
  22. Vesali, A. 2008. Assessment of the intensity of biophysical factors of desertification intensity under the influence of human activities (case study: Kashan and Aran Bidgol). MSc thesis in *Arid Zone Management*, College of agriculture and Natural Resources, Tehran University.
  23. Wang X.D, zhong, X. H. liu, S. H. Liu, S.Z. Wang. Y. and Li M.H. 2006. Regional assessment of environment vuluerability in the Tibetan plateau: Development and application of a new method. *Journal of arid Environment*. 72, 1929-1939.

## Risk Assessment and Mapping of Desertification in Bostaq Plain, Southern Khorasan with Emphasis on the Key Criteria of Soil and Water

Atefeh Fatahi<sup>1\*</sup>, Kamran Karimi<sup>2</sup>, Bijan Azad<sup>3</sup>, Negar Eini<sup>4</sup>, Harir Sohrabi<sup>5</sup>

Received: 24/4/2017

Accepted: 19/7/2017

### Abstract

Today, degradation of soil and water resources are the most important factors of desertification in arid and semi-arid areas as a result of mismanagement and improper human behavior. Enforcement measures in relation to desertification control have to be based on knowledge of the current state of desertification risk and its severity. In the present study, to evaluate the risk and severity of desertification in Bostaq Plain in Southern Khorasan Province, two key criteria of water and soil were used in the IMDPA model, each having four indices. To this end, indices were scored and then averaged (geometric mean) to form the final desertification map in Arc GIS 10.2. Results of the study showed that in terms of water criteria, electric conductivity (EC) with geometric mean of 3.33 and in terms of soil, surface stone cover with mean of 2.69 were the critical desertification indices in the region. Total desertification status could be further divided into two classes of 96.29% (22111.74 ha) as medium and 3.7% (849.63 ha) as severe. Generally, Bostaq Plain with geometric mean of 2.13 was in the medium desertification class and is due to protection and development of desertification management strategies which can reduce the effects of desertification and should be implemented in managerial practices in the Bostaq plain.

**Keywords:** desertification model, risk zoning, criteria and indices, Bostaq Plain.

1. MSc Student in Desertification Combating, College of Desert, Semnan University; Email: Fatahi\_Ati@yahoo.com
2. PhD Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3. Faculty of Natural Resource and Environmental Engineering, Shiraz University
4. MSc in Desertification Combating, Gilan University
5. MSc Student in Desertification Combating, College of Desert, Semnan University