

## بررسی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی (مطالعه موردی: دشت گندمبان، قصر شیرین)

کامران حقگو - کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران  
نورالدین رستمی\* - استادیار مرتع و آبخیزداری، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران  
مسیب حشمتی - استادیار مرتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، کرمانشاه، ایران  
مرزبان فرامرزی - استادیار مرتع و آبخیزداری، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۸

وصول: ۱۳۹۵/۰۹/۰۷

### چکیده

در حال حاضر بیابان‌زایی به عنوان یک معضل، گریبان بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران را گرفته است. این مشکل، نه تنها در نواحی خشک و نیمه‌خشک، بلکه در بخش‌هایی از مناطق نیمه‌مرطوب نیز دیده می‌شود. بیابان‌زایی مشتمل بر فرآیندهایی است که هم‌زاییده عوامل طبیعی و هم نتیجه فعالیت‌های غیراصولی انسانی است؛ بنابراین، شناخت معیارها و شاخص‌های ارائه یک مدل برای نشان دادن شدت بیابان‌زایی و تعیین عوامل مؤثر برای جلوگیری از بیابان‌زایی، ضروری است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی پتانسیل بیابان‌زایی در دشت گندمبان شهرستان قصر شیرین با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی است. با توجه به شرایط منطقه، از سه معیار اقلیم، آب، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی و ۱۱ شاخص برای تهیه نقشه پتانسیل بیابان‌زایی استفاده شد. در مرحله بعد، شاخص‌های هر معیار در هر واحد کاری مورد ارزیابی و وزن‌دهی قرار گرفت. با بررسی میانگین هندسی شاخص‌ها و بهره‌گیری از فن‌جی‌آی‌اس، نقشه‌های مربوط به وضعیت هر معیار تهیه و در انتها از میانگین هندسی معیارها، نقشه نهایی پتانسیل بیابان‌زایی منطقه تهیه گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که منطقه مورد مطالعه از لحاظ شدت بیابان‌زایی در سه کلاس ناچیز (۵/۳۸٪)، متوسط (۷۲/۵۳٪) و شدید (۲۲/۰۸٪) قرار می‌گیرد. ارزیابی ارزش عددی معیارهای مورد بررسی نشان می‌دهد که مؤثرترین شاخص‌های بیابان‌زایی منطقه به ترتیب اهمیت، افت آب‌های زیرزمینی، حساسیت سازند زمین‌شناسی و هدایت الکتریکی هستند و در مقابل، نسبت جذب سدیم و کلر خاک کمترین اثر را داشتند. متوسط وزنی پتانسیل بیابان‌زایی در کل منطقه مورد بررسی ۷۲/۵۳٪ بود که در کلاس بیابان‌زایی متوسط قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: شاخص‌های بیابان‌زایی، معیارهای بیابان‌زایی، مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی، دشت گندمبان، ایران.

## مقدمه

شناخت بیابان‌ها تنها از دیدگاه عوامل اقلیمی میسر نیست، بلکه توجه به شرایط زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خاک و پوشش گیاهی و عوامل اکولوژی نیز ضروری است (احمدی، ۱۳۸۷: ۱). در حال حاضر بیابان‌زایی نه تنها در نواحی خشک و نیمه‌خشک، بلکه در بخش‌هایی از مناطق نیمه‌مرطوب جهان نیز دیده می‌شود (زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۱) و این روند بیابان‌زایی در کشورهای در حال توسعه و مستعد بیابان‌زایی، از شدت بالایی برخوردار است؛ لذا مبارزه با بیابان‌زایی و تخریب سرزمین باید به عنوان اولویت محلی، ملی، منطقه‌ای و جهانی در نظر گرفته شود (ملچیاده<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹). در این راه، شناخت فرآیندهای بیابان‌زایی و عوامل به وجود آورنده و تشدیدکننده آن، آگاهی از شدت و ضعف این عوامل (افراخته، ۱۳۷۴: ۲۳) و شناسایی معیارها و شاخص‌های ارائه یک مدل برای تعیین شدت بیابان‌زایی و عوامل مؤثر بر آن ضروری است (اختصاصی و مهاجری، ۱۳۷۴).

برای پی بردن به نقش عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی و پتانسیل آن، پژوهش‌های زیادی انجام شده که حاصل آن ارائه مدل‌های مختلف بیابان‌زایی است. در این راستا و بر اساس مطالعات انجام‌شده در ایران، مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی<sup>۲</sup> ارائه شده است که با استفاده از این مدل، می‌توان به نحو بهتری نقش عوامل را در بیابان‌زایی معلوم و مؤثرترین عامل را مشخص نمود. بر همین اساس، ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از مدل مذکور، حساسیت اراضی دشت سیستان به بیابان‌زایی را مورد ارزیابی قرار داده و پس از بررسی معیار اقلیم، پوشش گیاهی، خاک و فرسایش بادی به این نتیجه رسیدند که معیار فرسایش بادی بیشترین تأثیر و خاک، کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی داشته است. در پژوهشی دیگر، آرامی و همکاران (۱۳۹۳)، در ارزیابی خطر بیابان‌زایی با استفاده از همین مدل، در منطقه نیمه‌خشک آق‌بند استان گلستان به این نتیجه رسیدند که معیارهای پوشش گیاهی و وضعیت خاک از مهم‌ترین معیارهای بیابان‌زایی در منطقه است. زهتابیان<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۰)، نیز بیان می‌دارند که آنچه نقش معیار آب و آبیاری را در فرآیند بیابان‌زایی بیش از پیش برجسته نموده، دخالت‌های انسانی است که تخریب منابع آب را تشدید نموده است.

در مطالعاتی که به منظور تعیین مهم‌ترین عوامل بیابان‌زایی در چین انجام شد، فعالیت‌های انسانی علت اصلی بیابان‌زایی معرفی گردید (ژو<sup>۴</sup>، ۱۹۹۸؛ یانگان<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۰). پژوهشگران دیگری نیز در تحقیقات خود بیان کرده‌اند که بیابان‌زایی و گسترش بیابان در منطقه مورد مطالعه آنها ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند چرای مفرط، بوته‌کشی، استفاده بی‌رویه از اراضی و کشاورزی بوده است (یان لی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۴؛ وو و لانگ<sup>۷</sup>، ۲۰۰۲؛ سیواکومار<sup>۸</sup>، ۲۰۰۷) و به همین سبب، انجام مدیریت صحیح این مناطق مورد تأکید است (فتاحی و همکاران، ۲۰۱۷). در حالی که نتایج پژوهش رسمی<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از توسعه روش مدالوس<sup>۱۰</sup> و شبیه‌سازی پتانسیل بیابان‌زایی در غرب دلتای نیل نشان داد که بیشترین متغیرهای مؤثر در بیابان‌زایی در آن

1- Melchiade

2- Iranian Model of Desertification Potential Assessment (IMDPA)

3- Zehtabian

4- Zhu

5- Yonghuan

6- Yan Li

7- Wu &amp; Long

8- Sivakumar

9- Rasmy

10- MEDALUS

منطقه، توسعه شهری، شوری خاک و عدم اجرای سیاست‌های بیابان‌زدایی است. جیوردانو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۲)، نیز در جنوب ایتالیا پس از اصلاح و بازسازی مدل مناطق حساس زیست‌محیطی<sup>۲</sup>، با توجه به شرایط منطقه، چهار معیار کلیدی بیابان‌زایی را خاک، اقلیم، پوشش گیاهی و مدیریت اراضی در نظر گرفتند.

به هر حال، همان‌گونه که در تعریف بیابان‌زایی نیز مشاهده می‌گردد داشتن مفهوم صریح و روشنی از بیابان‌زایی، مستلزم درک دقیق و مشخصی از واژه‌های تخریب اراضی، مناطق خشک، تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است. مدل، ابزاری برای تحلیل رفتار پدیده‌ها و ساده‌کردن پیچیدگی‌های موجود در جهان واقعی است و هدف آن افزایش درک ما دربارهٔ واقعیت‌ها و فرآیندها در جهان است (شایان و شریفی، ۱۳۸۵). به منظور مطالعات بیابان‌زایی در ایران، ۹ معیار و ۳۶ شاخص بیابان‌زایی همراه با متدولوژی ارزیابی کمی و کیفی آنها در قالب مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی ارائه شده است. در روش یادشده شدت بیابان‌زایی به کمک ۹ معیار خاک، فرسایش بادی، فرسایش آبی، اقلیم، آب، پوشش گیاهی، کشاورزی، توسعه شهری و فناوری، زمین و ژئومورفولوژی و مدیریت، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹). انطباق معیارها و شاخص‌های تعریف‌شده در مدل با شرایط اکولوژیکی ایران، امکان امتیازدهی آسان‌تر و تهیه نقشه به کمک فن‌جی‌آی‌اس از امتیازات مدل مذکور به حساب می‌آید. نتایج حاصل از بررسی مدل مذکور در دو اقلیم نیمه‌خشک تا خشک نیمه‌مرطوب (حبله‌رود) و خشک تا نیمه‌خشک (شرق اصفهان) حاکی از آن است که نتایج این روش کاملاً رضایت‌بخش است. به منظور کاهش دامنه تغییرات و افزایش اعتبار مدل مذکور این روش در سایر حوزه‌های آبخیز کشور با اقلیم‌های متفاوت، در دست بررسی، ارزیابی و اصلاح است (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰: ۸۹)؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی پتانسیل بیابان‌زایی با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی در دشت گندمبان شهرستان قصر شیرین است.

### معرفی منطقه مورد بررسی

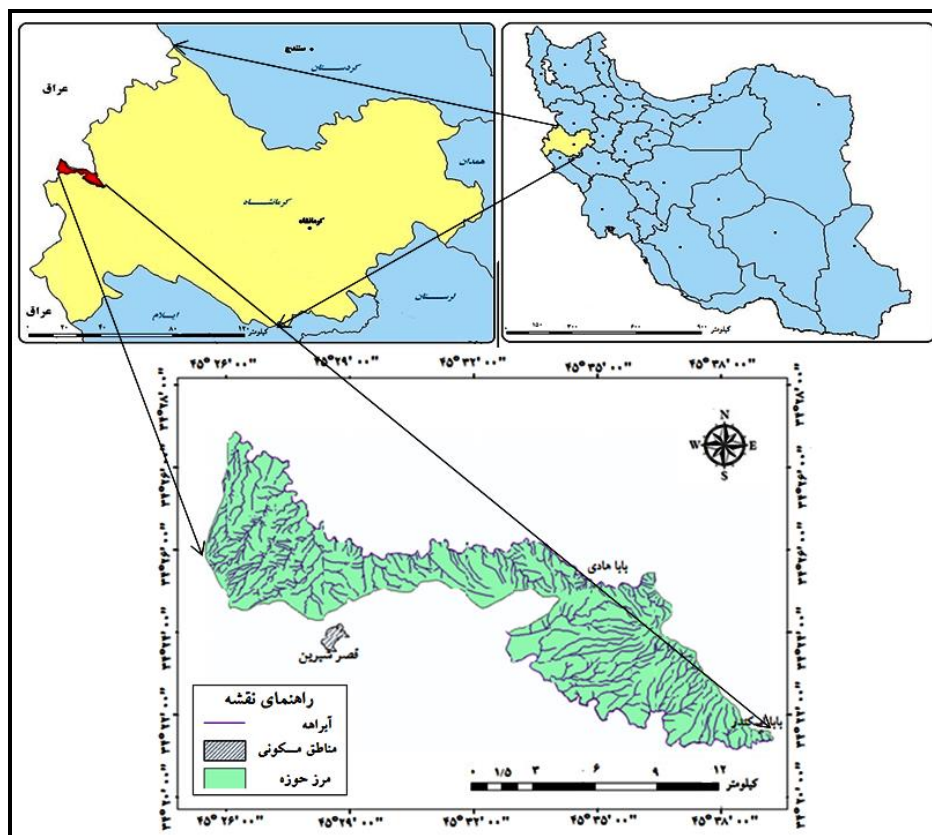
منطقه مورد مطالعه، بخشی از شهرستان قصر شیرین در استان کرمانشاه است. موقعیت جغرافیایی منطقه بین  $30^{\circ} 35' 45''$  تا  $30^{\circ} 39' 45''$  طول شرقی و  $20^{\circ} 21' 34''$  تا  $28^{\circ} 21' 50''$  عرض شمالی است. وسعت محدوده مطالعاتی  $11445/96$  هکتار است که حداکثر ارتفاع آن  $1147/6$  متر و حداقل ارتفاع در خروجی منطقه برابر  $347$  متر است (شکل ۱). این منطقه، از شمال و غرب به عراق، از جنوب به حومه قصر شیرین و از شرق به دهستان دشت ذهاب منتهی می‌شود و بخشی از حوضه رودخانه الوند و قوره‌تو است که این رودخانه‌ها از شمال و داخل محدوده عبور می‌کنند. به همین سبب، این محدوده فاقد یک حوضه آبخیز مستقل بوده و مطالعه آن بر اساس تقسیم‌بندی‌های داخلی به صورت واحدهای هیدرولوژیکی صورت گرفت.

متوسط بارندگی حوضه بر اساس آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی خسروی، پاتاق، شهرک دیره و سومار در دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۶۰-۱۳۹۰) حدود  $345$  میلی‌متر است. بر اساس این آمار، از سال  $1367$  به بعد (به‌جز سال‌های  $1370$ ،  $1374$  و  $1376$ )، میانگین بارش منطقه کمتر از میانگین بلندمدت بوده و منطقه در خشکسالی به سر برده است. تداوم  $24$  ساله خشکسالی، اثرات مخربی بر منطقه داشته است. ماه‌های آذر و اسفند پرباران‌ترین و خرداد، تیر، مرداد و شهریور کم‌باران‌ترین ماه‌های سال هستند. رژیم حرارتی منطقه ترمیک<sup>۳</sup> و با

1- Giordano

2- Environmental Sensitive Areas (ESAs)

3- Thermic



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان کرمانشاه و ایران

توجه به پراکنش بارندگی و اختلاف نسبتاً کم بین بارندگی در زیرحوضه‌های مختلف، رژیم رطوبتی در کل حوضه، زریک<sup>۱</sup> است. جهت وزش باد غالب، غربی با میانگین سرعت ۵/۱ متر بر ثانیه است. بر اساس روش دمارتن و آمبرژه<sup>۲</sup>، اقلیم منطقه نیمه‌خشک است. سازندهای زمین‌شناسی به طور غالب گچساران و آجاجاری است که ماری و حساس به فرسایش هستند. از لحاظ ژئومورفولوژی نیز ۳ تیپ اصلی اراضی (کوه، تپه و آبرفت‌های بادبزی شکل سنگریزه‌دار) و یک رده خاک به نام انتی‌سل شناسایی گردید (مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۶۳).

## مواد و روش‌ها

در مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی، سه معیار اقلیم، آب و زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی به عنوان معیارهای کلیدی بیابان‌زایی در نظر گرفته می‌شود. هر معیار شامل چند شاخص است که به هر شاخص بر اساس تأثیر آن در بیابان‌زایی با توجه به شرایط منطقه، مطالعات میدانی و نظر کارشناسان مربوطه، وزنی بین ۰ تا ۴ داده شده است که ۰ بهترین و ۴ بدترین وزن است. برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی، معیارهای مورد بررسی به صورت میانگین هندسی با یکدیگر ترکیب و کلاس بیابان‌زایی تعیین می‌گردد. در نهایت، نقشه پتانسیل بیابان‌زایی بر اساس معیارهای مورد نظر تهیه و مهم‌ترین عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی مشخص می‌گردد. در ادامه نحوه محاسبه هر یک از معیارها و شاخص‌های مربوطه توضیح داده می‌شود. در این پژوهش، به منظور کمی‌سازی اطلاعات اقلیمی از سه شاخص به شرح زیر استفاده گردید:

1- Xeric

2- De Martonne & Emberger

**الف: شاخص بارش سالانه**

ابتدا با استفاده از روش ایستگاه معرف، نواقص آمار بارش ۳۰ ساله منطقه (۱۳۹۰-۱۳۶۰) مربوط به ۴ ایستگاه نزدیک منطقه بازسازی شد؛ سپس برای این شاخص، ۵ کلاس تعیین و امتیازدهی گردید و به عنوان یک لایه اطلاعاتی در بررسی پتانسیل بیابان‌زایی منطقه مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱).

**ب: شاخص خشکسالی**

شاخص بارش استاندارد، شاخصی است که بر اساس احتمال بارش برای مقیاس‌های زمانی متفاوت به کار برده می‌شود. طبق این روش، خشکسالی زمانی اتفاق می‌افتد که شاخص بارش استاندارد به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که مقدار آن مثبت گردد و مقادیر تجمعی آن نیز بزرگی و شدت دوره خشکسالی را نشان دهد (رابطه ۱).

$$SPI = \frac{P_{ik} - \bar{p}_i}{\delta_i} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن، SPI بارش استاندارد شده،  $P_{ik}$  مقادیر بارش در ایستگاه  $i$  در  $k$  امین سال به میلی‌متر،  $\bar{p}_i$  میانگین بارش بلندمدت ایستگاه  $i$  به میلی‌متر و  $\delta_i$  انحراف معیار داده‌های بارش بلندمدت ایستگاه  $i$  است؛ بنابراین، به منظور بررسی تداوم خشکسالی از شاخص بارش استاندارد<sup>۱</sup> و آمار بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه استفاده و بر اساس جدول ۱، وزن‌دهی و مساحت هر طبقه در هر واحد هیدرولوژیکی در محیط جی.آی.اس محاسبه و میانگین وزنی امتیاز برای هر واحد هیدرولوژیکی محاسبه گردید. در نهایت، میانگین هندسی شاخص‌های بارش سالانه<sup>۲</sup>، خشکسالی<sup>۳</sup> و استمرار خشکسالی<sup>۴</sup> بر اساس رابطه<sup>۲</sup> به عنوان معیار اقلیم<sup>۵</sup> محاسبه گردید.

$$CLC = \frac{D \times DD \times AR}{3} \quad \text{رابطه ۲}$$

از دیگر سو، کیفیت آب، نتیجه ترکیب و غلظت املاح موجود در آن است. برای بررسی وضعیت کیفیت آب منطقه، ۵ شاخص هدایت الکتریکی<sup>۶</sup>، نسبت جذب سدیم<sup>۷</sup>، کل مواد جامد محلول در آب<sup>۸</sup> و کلر<sup>۹</sup> و نوسانات سفره آب زیرزمینی<sup>۱۰</sup> انتخاب گردید؛ سپس به منظور شناخت وضعیت کمی آب زیرزمینی، آمار ۱۵ چاه و برای آنالیز شیمیایی آمار ۱۰ چاه مورد ارزیابی قرار گرفت و اطلاعات مورد نظر استخراج گردید.

جدول ۱. تعیین امتیاز شاخص‌های معیار اقلیم

کلاس بیابان‌زایی / امتیاز					
بسیار شدید	شدید	متوسط	کم	غیر قابل ملاحظه	شاخص ارزیابی
۳/۵۱-۴	۲/۵۱-۳/۵	۱/۵۱-۲/۵	۱/۰۱-۱/۵	۰/۱-۱	بارش سالانه (میلی‌متر)
<۷۵	۷۵-۱۵۰	۱۵۰-۲۸۰	۲۸۰-۶۰۰	≥۶۰۰	شاخص خشکسالی SPI
۱	۲ و ۳	۴	۵ و ۶	۷	استمرار خشکسالی (سال)
بیشتر از ۷	۷-۶	۵-۶	۳-۴	کمتر از ۳	

- 1- Standardized Precipitation Index (SPI)
- 2- Annual Rainfall (AR)
- 3- Drought (D)
- 4- Drought Duration (DD)
- 5- Climate Creterion (CLC)
- 6- Electrical Conductivity (EC)
- 7- Sodium Adsorption Ratio (SAR)
- 8- Total dissolved solids (TDS)
- 9- Chlorine (Cl)
- 10- Groundwater Level (GL)

هدایت الکتریکی آب نشان‌دهنده میزان املاح هادی موجود در آب و مواد جامد محلول در آب نیز برابر با غلظت همه یون‌های موجود در آب است. نسبت جذب سدیم نیز معیاری برای ارزیابی خطر سدیم در آب‌های مخصوص آبیاری است که به وسیله محاسبه نسبت سدیم به منیزیم و کلسیم به صورت رابطه ۳ تعیین می‌شود (همه غلظت‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر است):

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad \text{رابطه ۳}$$

معیار آب<sup>۱</sup> بر اساس شاخص‌های مذکور و رابطه ۴ و جدول ۲ محاسبه گردید.

$$WC = \frac{EC \times SAR \times TDS \times Cl \times GL}{5} \quad \text{رابطه ۴}$$

معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی<sup>۲</sup> نیز از میانگین هندسی ۳ شاخص شیب<sup>۲</sup>، کاربری اراضی<sup>۴</sup> و حساسیت سازنده<sup>۵</sup> و با استفاده از رابطه ۵ محاسبه گردید و هر واحد کاری در هر یک از شاخص‌ها به صورت جدا ارزش‌دهی شد. با توجه به ثابت بودن این شاخص در طول زمان، ارزش آن ثابت در نظر گرفته شد. نقشه شیب منطقه با بهره‌گیری از نقشه مدل رقومی ارتفاع و فن‌جی.آی.اس، در چهار کلاس تهیه و امتیاز مربوط به هر طبقه مطابق جدول ۳ محاسبه گردید.

$$GGC = \frac{LU \times FS \times S}{3} \quad \text{رابطه ۵}$$

از آنجا که منطقه مورد مطالعه شامل سه نوع کاربری مرتع، اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی است، امتیاز مربوط به شاخص کاربری اراضی با توجه به رخساره‌های موجود در هر نوع کاربری در جدول ۴ تعیین گردید.

جدول ۲. تعیین امتیاز شاخص‌های معیار آب

شاخص ارزیابی	کلاس بیابان‌زایی / امتیاز	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
نوسانات سطح سفره (سانتی‌متر در سال)	۲۰ <	۲۰-۳۰	۱/۵۱-۲/۵	۳۰-۵۰	۳/۵۱-۴
هدایت الکتریکی (میکرو موس بر سانتی‌متر)	۷۵۰ <	۷۵۰-۲۲۵۰	۱/۵۱-۲/۵	۲۲۵۰-۵۰۰۰	>۵۰۰
نسبت جذب سدیم	۱۵ <	۱۵-۲۶	۱/۵۱-۲/۵	۲۶-۳۲	>۳۲
مواد جامد محلول در آب	۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۱/۵۱-۲/۵	۲۰۰۰-۳۰۰۰	>۳۰۰۰
کلر (میلی گرم بر لیتر)	۰-۲۵۰	۲۵۰-۵۰۰	۱/۵۱-۲/۵	۵۰۰-۱۵۰۰	>۱۵۰۰

جدول ۳. کلاس و وزن شاخص شیب

کد	طبقات شیب (%)	امتیاز
۱	۰-۵	۱-۱/۵
۲	۵-۱۵	۱/۵۱-۲/۵
۳	۱۵-۳۰	۲/۵۱-۳/۵
۴	>۳۰	۳/۵۱-۴

1- Water Creterion (WC)

2- Geology-Geomorphology Criteria (GGC)

3- Slope (S)

4- Land Use (LU)

5- Formation Sensitivity (FS)

جدول ۴. امتیاز مربوط به کاربری‌های اراضی و رخساره‌های آن

امتیاز	رخساره‌ها	واحد‌ها
۴	کفه نمکی و رسی، تپه‌ماسه	مرتع ضعیف تا متوسط
۳	آهک مارنی، کنگلومرای مارنی، شیل	
۲/۵	مارن، آهک مارنی، آهک، کنگلومرا، شیل، ماسه‌سنگ	
۲	کواترنر آبرفتی	
۱/۵	آهک، کنگلومرا، ماسه‌سنگ، دولومیت، شیل، مرمر، آهک دوباره متبلور شده	
۱	سنگ‌های آذرین با سنگ‌های آذرین دگرگون شده و سنگ‌های دگرگون	
۴	کفه نمکی - رسی	کشاورزی آبی، اراضی آیش
۳	کواترنر آبرفتی	
۴	کفه نمکی - رسی	اراضی شهری و روستایی
۳	کواترنر	
۳	کواترنر آبرفتی	اراضی جنگل کاری شده
۲	دولومیت، شیل، مرمر، آهک دوباره متبلور شده	
۱	سنگ‌های آذرین با سنگ‌های آذرین دگرگون شده و سنگ‌های دگرگون	

شاخص حساسیت هر سازند به فرسایش با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و روش فیض‌نیا (۱۳۷۴)، بررسی و امتیاز آن محاسبه گردید (جدول ۵).

بر اساس امتیاز به دست آمده برای هر یک از معیارها، نقشه‌های بیابان‌زایی مربوط به هر معیار تهیه و برای هر کدام از لایه‌ها با توجه به وزن و امتیاز آنها، بانک اطلاعاتی لازم تشکیل شد. در پایان، لایه‌های موجود به روش شرطی و بر اساس امتیاز هر لایه با منطق هم‌پوشانی در محیط جی.آی.اس با هم ترکیب و نقشه نهایی پتانسیل بیابان‌زایی منطقه از میانگین هندسی معیارها و بر اساس جدول ۶ تهیه گردید.

### نتایج

پس از تعیین ارزش عددی شدت بیابان‌زایی برای هر شاخص، با توجه به وزن‌دهی انجام شده، نقشه مربوط به هر معیار تهیه گردید (شکل ۲ تا ۴). توزیع فراوانی کلاس‌های پتانسیل بیابان‌زایی بر اساس این معیارها در جداول ۷ تا ۹ ارائه شده است.

جدول ۵. کلاس‌ها و وزن شاخص حساسیت سازند و واحدهای سنگی به فرسایش

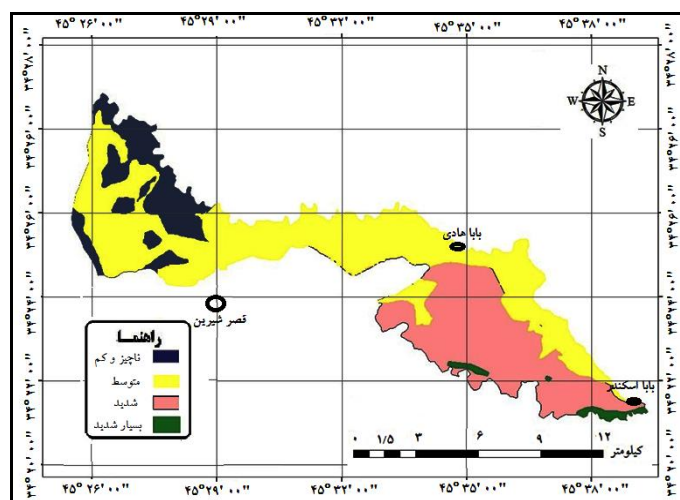
نام شاخص	تعریف کلاس	کلاس	امتیاز
حساسیت سازند	توف و شیل توفی، سنگ‌های آتشفشانی، اسپلیت و بازالت	کم	۱
	سازندهای گچساران، آجاجاری و بختیاری، ماسه‌سنگ قرمز و شیل، کنگلومرا	متوسط	۲
	آهک و دولومیت	شدید	۳
	مخروط‌افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی، رسوبات رودخانه‌ای، اراضی ساحلی، نهشته‌های واریزه‌ای، مارن و ژئپس و ماسه‌سنگ، کفه نمکی و کویر، رس‌ماسه‌ای	خیلی شدید	۴

جدول ۶. توزیع فراوانی کلاس‌های شدت بیابان‌زایی

دامنه ارزش عددی	طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی
۰-۱/۵	ناچیز و کم
۱/۵-۲/۵	متوسط
۲/۵-۳/۵	شدید
۳/۵-۴	بسیار شدید

جدول ۷. توزیع فراوانی کلاس‌های شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار اقلیم

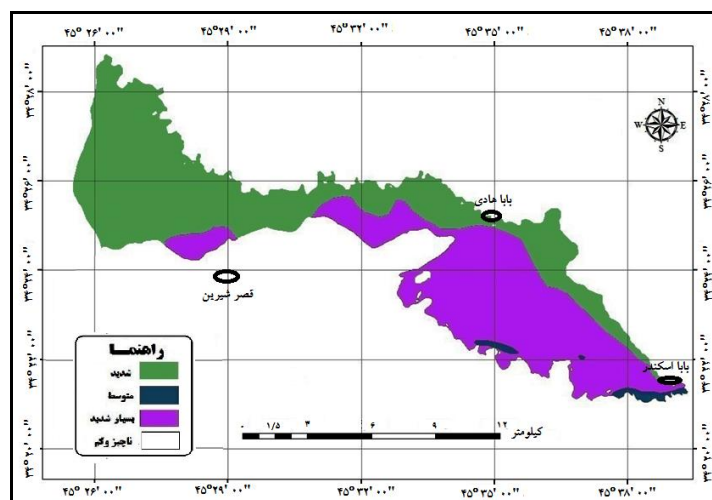
مساحت		طبقه بیابان‌زایی	میانگین وزنی شدت بیابان‌زایی
درصد	هکتار		
۱۶/۲۰	۱۹۵۶/۶۴	ناچیز و کم	۱/۳۲
۵۳/۹۳	۶۲۵۸/۱۲	متوسط	۲/۲۲
۲۶/۸۳	۲۸۸۳/۵۳	شدید	۲/۷۵
۳/۰۳	۳۴۷/۶۷	بسیار شدید	۳/۸۹
۱۰۰	۱۱۴۴۵/۹۶	-	جمع



شکل ۲. نقشه شدت بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه بر اساس معیار اقلیم

جدول ۸. توزیع فراوانی کلاس‌های شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار آب

مساحت		طبقه بیابان‌زایی	میانگین وزنی شدت بیابان‌زایی
درصد	درصد		
۳/۶۵	۴۰/۱۳۱	ناچیز و کم	۰/۹۴
۱۸/۶۳	۲۱۱۶/۹	متوسط	۲/۰۷
۴۱/۵۴	۴۶۱۸/۱۶	شدید	۳/۰۹
۳۶/۸۰	۴۳۰۹/۵۹	بسیار شدید	۳/۷۵
۱۰۰	۱۱۴۴۵/۹۶	-	جمع

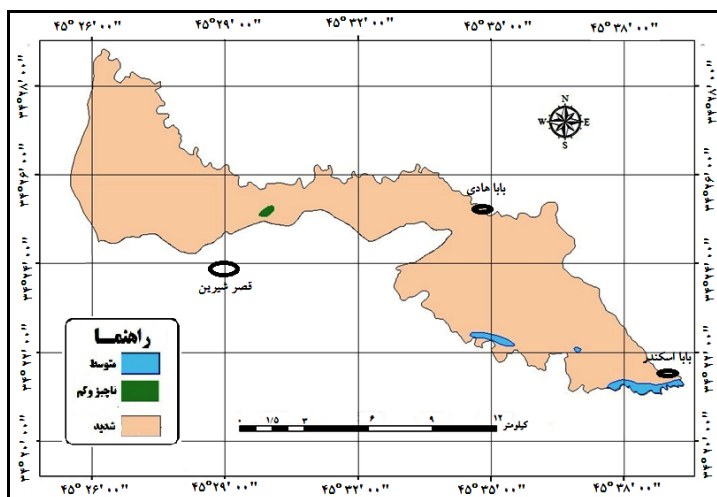


شکل ۳. نقشه شدت بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه بر اساس معیار آب



جدول ۹. توزیع فراوانی کلاس‌های پتانسیل بیابان‌زایی بر اساس معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی

میانگین وزنی شدت بیابان‌زایی	طبقه بیابان‌زایی	مساحت	
		هکتار	درصد
۱/۴۳	ناچیز و کم	۶۱۵/۸۷	۵/۳۸
۱/۸۳	متوسط	۱۵۲۷/۸۴	۱۳/۳۴
۲/۸۳	شدید	۹۳۰۲/۲۵	۸۱/۲۷
جمع	-	۱۱۴۴۵/۹۶	۱۰۰



شکل ۴. نقشه شدت بیابان‌زایی منطقه بر اساس معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی

نقشه نهایی از میانگین وزنی معیارها و نقشه معیارها از میانگین وزنی شاخص‌های آن طبق رابطه ۶ حاصل گردید (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰: ۹۶).

$$\text{رابطه ۶} \quad \text{Index} - x = [(layer - 1) \cdot (layer - 2) \dots (layer - n)]^{1/n}$$

که در آن  $\text{Index} - x$ : معیار مورد نظر،  $\text{Layer}$ : شاخص‌های هر معیار و  $N$ : تعداد شاخص‌های هر معیار است. در نهایت پس از تهیه لایه‌های معیارهای مورد مطالعه، از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی آنها بر اساس رابطه ۷، نقشه نهایی وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه (شکل ۵) با توجه به جدول ۱۰ ترسیم گردید.

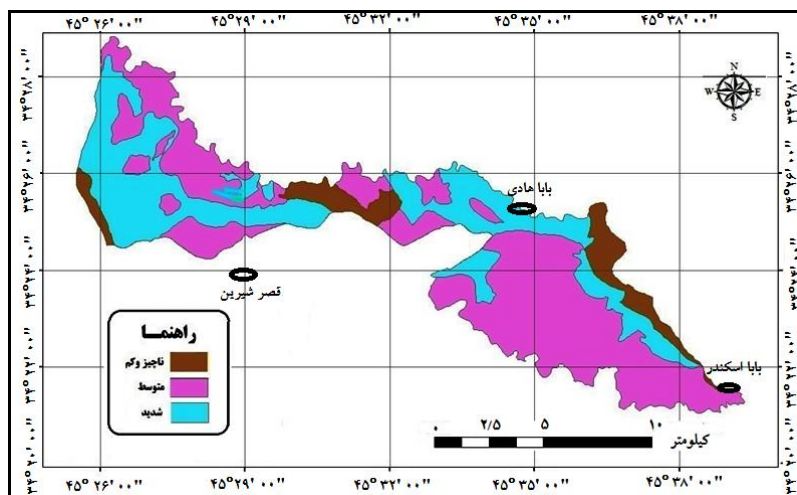
$$\text{رابطه ۷} \quad \text{DS} = (\text{CLC} \cdot \text{WC} \cdot \text{GGC})^{1/3}$$

که در آن  $\text{DS}$ : شدت بیابان‌زایی<sup>۱</sup>،  $\text{CLC}$ : معیار اقلیم،  $\text{WC}$ : معیار آب،  $\text{GGC}$ : معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی است.

در پایان، نقشه شدت بیابان‌زایی دشت گندمبان قصر شیرین از هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی معیارهای اقلیم، آب، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی محاسبه و نقشه پتانسیل بیابان‌زایی منطقه به دست آمد (شکل ۵). منطقه مورد نظر از لحاظ شدت بیابان‌زایی در ۳ کلاس ناچیز و کم (۵/۳۸٪)، متوسط (۷۲/۵۳٪) و شدید (۲۲/۰۸٪) طبقه‌بندی شد (جدول ۱۰). ارزیابی ارزش عددی معیارهای مورد بررسی نشان می‌دهد شاخص اکفت آب زیرزمینی مؤثرترین عامل در شدت بیابان‌زایی منطقه مورد بررسی است. متوسط وزنی پتانسیل بیابان‌زایی در کل منطقه مورد بررسی ۷۲/۵۳٪ بوده که در کلاس بیابان‌زایی متوسط قرار می‌گیرد.

جدول ۱۰. توزیع فراوانی کلاس‌های پتانسیل وضعیت بیابان‌زایی منطقه

میانگین وزنی شدت بیابان‌زایی	طبقه بیابان‌زایی	مساحت	
		هکتار	درصد
۱/۳۲	ناچیز و کم	۶۱۵/۸۷	۵/۳۸
۲/۳۴	متوسط	۸۳۰۲/۲۵	۷۲/۵۳
۲/۸۲	شدید	۲۵۲۷/۸۴	۲۲/۰۸
جمع	-	۱۱۴۴۵/۹۶	۱۰۰



شکل ۵. نقشه پتانسیل بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

### بحث

با توجه به تجزیه و تحلیل انجام‌شده و نتایج به دست آمده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی در منطقه دشت گندمیان آشکار می‌گردد که روش موجود برای منطقه مورد مطالعه مناسب بوده و از کارایی خوبی برخوردار است. ضمن اینکه، این مدل، بر پایه روش مدالوس تدوین شده است و مزایای خاص آن از قبیل استفاده محدودتر از نظرات کارشناسی (در مقایسه با سایر روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی)، استفاده از میانگین هندسی و فنّ جی.آی.اس در سطوح مختلف ارزیابی موجب افزایش دقت و صحت نتایج می‌شود و همچنین به کمک شاخص‌ها و معیارهای متنوع و مؤثر بر بیابان‌زایی در مدل، خصوصیات کیفی به کمی تبدیل می‌شوند. بررسی و مقایسه نتایج حاصل از معیارهای مذکور نشان می‌دهد شدت بیابان‌زایی منطقه از لحاظ معیار اقلیم در طبقه متوسط، از نظر معیار آب در طبقه شدید و از نظر معیار زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی نیز در طبقه شدید قرار دارد و بر اساس نتایج به دست آمده مهم‌ترین شاخص‌های بیابان‌زایی در منطقه دشت گندمیان به ترتیب شاخص افت آب، شاخص حساسیت سازند و شاخص هدایت الکتریکی هستند که بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی کل منطقه دارند.

پایداری و کیفیت خاک این مناطق بر اثر تخریب پوشش گیاهی شدیداً آسیب دیده و زمینه سیل و شوری خاک را فراهم می‌آورد. از سویی نیز به دلیل داشتن رس و سیلت زیاد به یک کانون گردوغبار تبدیل خواهد شد. شدت گرما و جهت وزش باد غالب، دو عاملی هستند که پتانسیل تشکیل بیابان و کانون گردوغبار (منشأ داخلی) را در این منطقه در صورت حذف پوشش گیاهی طبیعی (مراتع قشلاقی) فراهم می‌آورد. با تخریب پوشش گیاهی به دلیل دمای بالا و تداوم آن، رطوبت و املاح لایه‌های زیرین خاک سریع به سطح آمده و خشکی و شوری خاک را در پی خواهد داشت. بیابان‌زایی یعنی نابودی پوشش گیاهی در نواحی بسیار خشک و نتایجی

چون فرسایش خاک و طوفان‌های ماسه‌ای و گردوغبار را در پی دارد که استمرار کاهش توان بیولوژیک اراضی، از بین رفتن شرایط مساعد زندگی و افزایش مناظر ناخوشایند بیابانی را در پی خواهد داشت (فتاحی، ۱۳۸۸). در پژوهش‌های مختلف، معیارهای متفاوتی برای بررسی وضعیت بیابان‌زایی مورد مطالعه قرار گرفته است از جمله معیار آب توسط محمدقاسمی و همکاران (۱۳۸۷)، در منطقه زابل، معیار فرسایش آبی توسط هاشمی و همکاران (۱۳۹۰)، در منطقه زهک سیستان، معیار فرسایش بادی توسط ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۰)، در دشت سیستان و معیارهای خاک و پوشش گیاهی توسط رضایی‌پور باغدر و همکاران (۱۳۹۴)، در باغدر یزد و ممبنی و همکاران (۱۳۹۵)، در دشت عباس دهلران و معیار نسبت اراضی مسکونی به کشاورزی توسط حکیم‌زاده اردکانی و همکاران (۲۰۱۷). یکی از دلایل بسیار مهم در بیابان‌زایی منطقه، استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و حفر چاه‌های متعدد به دلیل گسترش کشاورزی و استفاده از سیستم‌های آبیاری سنتی است که در سال‌های اخیر سبب افت شدید سفره آب زیرزمینی در منطقه شده است که این موضوع در مناطق خشک عمومیت دارد و نتایج مطالعات فتاحی و همکاران (۱۳۸۹) در حوضه آبخیز دریاچه نمک که افت سفره آب زیرزمینی را مهم‌ترین شاخص در بیابان‌زایی عنوان کرده‌اند، این موضوع را تأیید می‌نماید.

### نتیجه‌گیری

با توجه به تجزیه و تحلیل انجام‌شده و نتایج به دست آمده از ارزیابی روش مورد استفاده در دشت گندمیان مشخص گردید که روش مذکور با در نظر گرفتن شاخص‌های مناسب و کافی در مناطق خشک و همچنین سادگی مراحل اجرای مدل، روش خاص وزن‌دهی شاخص‌ها و استفاده از میانگین هندسی به‌جای جمع یا میانگین حسابی در محاسبه شاخص‌ها و نقشه نهایی بیابان‌زایی و استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در تلفیق نقشه‌ها، روش نسبتاً دقیقی است و می‌تواند در مناطق مشابه برای تعیین شدت بیابان‌زایی مورد استفاده قرار گیرد و در صورت لزوم شاخص‌ها و کلاس‌های آن را بر اساس شرایط منطقه اصلاح نمود؛ بنابراین، از آنجا که مؤثرترین شاخص‌های بیابان‌زایی منطقه، افت آب‌های زیرزمینی، حساسیت سازند زمین‌شناسی و هدایت الکتریکی هستند؛ نقش فعالیت‌های انسانی و مدیریت منابع آب موجود در منطقه آشکار می‌گردد و با اجرای روش‌های صحیح علمی استفاده از منابع می‌توان تبعات نامناسب تخریب اراضی و بیابان‌زایی را کاهش داد.

### منابع

- آرامی، عبدالحسین؛ اونق، مجید؛ واحدبردی، شیخ (۱۳۹۳) ارزیابی خطر بیابان‌زایی با مدل ۹ معیاری IMDPA در منطقه نیمه‌خشک آق‌بند، استان گلستان، پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۱ (۲)، صص. ۱۷۲-۱۵۳.
- احمدی، حسن (۱۳۸۷) ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۲، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- اختصاصی، محمدرضا؛ سپهر، عادل (۱۳۹۰) روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه یزد، یزد.
- اختصاصی، محمدرضا؛ مهاجری، سعید (۱۳۷۴) روش طبقه‌بندی و شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران، دومین همایش ملی بیابان‌زایی و روش‌های مختلف بیابان‌زدایی، کرمان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
- افراخته، حسن (۱۳۷۴) مدل در جغرافیا و کاربرد مدل‌ها در قلمرو فعالیت‌های کشاورزی، انتشارات جهاد دانشگاهی، زاهدان.
- حسینی، سید محمود؛ اختصاصی، محمدرضا؛ بزی، خداحم (۱۳۸۹) بررسی نوع و شدت عوامل مؤثر در بیابان‌زایی سیستان، مطالعه موردی منطقه نیاتک، فضای جغرافیایی، ۹ (۳۱)، صص. ۱۳۶-۱۱۹.

ذوالفقاری، فرهاد؛ شهریاری، علیرضا؛ فخریه، اکبر؛ راشکی، علیرضا؛ نوری، سهیلا؛ خسروی، حسن (۱۳۹۰) ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از مدل IMDPA، پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، ۲۴ (۹۱)، صص. ۹۷-۱۰۷.

رضایی‌پور باغدر، عبدالحسین؛ بهرامی، حسین؛ رفیع شریف‌آباد، جواد؛ خسروی، حسن (۱۳۹۴) ارزیابی شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA (مطالعه موردی: منطقه باغدر، یزد)، **مطالعات جغرافیایی مناطق خشک**، ۵ (۱۹)، صص. ۴۲-۵۴.

زهتابیان، غلامرضا؛ احمدی، حسن؛ اختصاصی، محمدرضا؛ جعفری، رضا (۱۳۸۱) تعیین شدت فرسایش بادی در منطقه کاشان با استفاده از مدل بیابان‌زایی، **منابع طبیعی ایران**، ۵۵ (۲)، صص. ۱۴۵-۱۵۸.

سازمان هواشناسی استان کرمانشاه (۱۳۹۴) **گزارش سالیانه اداره تحقیقات اقلیمی و هواشناسی کاربردی**، استان کرمانشاه.

شایان، سیاوش؛ شریفی، محمد (۱۳۸۵) مدل به عنوان تکنیکی در ژئومورفولوژی، **تحقیقات جغرافیایی**، ۲۱ (۸۰)، صص. ۱۰۲-۱۲۰.

فتاحی، محمدمهدی (۱۳۸۸) بررسی روند بیابان‌زایی در استان قم با استفاده از داده‌های سنجنش از دور با تأکید بر تغییرات استفاده از اراضی و تغییرات کمی و کیفی منابع آب، **تحقیقات مرتع و بیابان ایران**، ۱۶ (۳۵)، صص. ۲۳۴-۲۵۳.

فتاحی، محمد مهدی؛ درویش، محمد؛ جاویدکیا، حمیدرضا؛ ادنایی، سید مهدی (۱۳۸۹) ارزیابی و تهیه نقشه خطر کل بیابان‌زایی با روش فائو-یونپ (مطالعه موردی: حوضه آبریز قمرود)، **تحقیقات مرتع و بیابان ایران**، ۱۷ (۴)، صص. ۵۷۵-۵۸۸.

فیض‌نیا، سادات (۱۳۷۴) مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران، **منابع طبیعی ایران**، ۴۷، صص. ۹۵-۱۱۶.

محمدقاسمی، سیلوانا؛ زهتابیان، غلامرضا؛ احمدی، حسن (۱۳۸۷) ارزیابی شدت بیابان‌زایی منطقه زابل از منظر معیار آب با استفاده از مدل مدالوس، **پژوهش و سازندگی**، ۲۱ (۸۰)، صص. ۵۹-۶۷.

ممبئی، مریم؛ کرشاهی، عبدالعلی؛ آزادنی، فرزاد؛ گرایسی، پرویز؛ کریمی، کامران (۱۳۹۵) ارزیابی شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل ایرانی بیابان‌زایی IMDPA (مطالعه موردی: دشت عباس، استان ایلام)، **سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی**، ۷ (۲۴)، صص. ۱۰۰-۱۱۲.

مؤسسه تحقیقات خاک و آب (۱۳۶۳) **مبانی ارزیابی اراضی**، نشریه ۶۵۵، وزارت جهاد کشاورزی، تهران.  
هاشمی، زهره؛ پهلوانروی، احمد؛ مقدم‌نیا، علیرضا؛ جوادی، محمدرضا؛ میری، عباس (۱۳۹۰) ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه زهک سیستان با تأکید بر معیار فرسایش آبی، **پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)**، ۹۱، صص. ۶۸-۷۹.

Fatahi, A., Azad, B., Ara, H. (2017) Desertification Assessment by Using Water Criterion in Iran's Central Arid Regions, **Applied Environmental and Biological Sciences**, 7 (1), pp. 188-197.

Giordano, L., Giordano, F., Grauso, S., Iannetta, M., Sciortino, M., Bonnati, G., Borfecchia, F., Cecco, L.de., Felici, F., Martini, S., Schino, G. Proc. (2002) Desertification Vulnerability in Sicily (Southern Italy), **2nd Int. conf. on new Trend in water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible solutions for Aquatic Environments**, June 24-28.

Hakimzadeh Ardakani, M. A., Cheshm Berah, F., Mokhtari, M. H. (2017) Investigating the Effects of Land Use Changes on Trend of Desertification Using Remote Sensing (Case

- Study: Abarkooh Plain, Yazd, Iran), **Rangeland Science**, 7 (4), pp. 348-360.
- Melchiade, B. (2009) Secretariat of the Convention to Combat Desertification, **CSD-17 Intergovernmental Preparatory Meeting Panel on Desertification**, New York, February 26.
- Rasmy, M., Gad, A., Abdelsalam, H., Siwailam, M. (2010) A Dynamic Simulation Model of Desertification in Egypt, **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences**, 13 (2), pp. 101-111.
- Sivakumar, M. V. K. (2007) Interactions Between Climate and Desertification, **Agricultural and Forest Meteorology**, 142 (2-4), pp. 143-155.
- Wu, B., Long, J. C. (2002) Landscape Change and Desertification Development in the Mu Us Sandland, Northern China, **Arid Environments** 50 (3), pp. 429-444.
- Yan Li, X., You Liu, L., Hua Wang, J. (2004) Wind Tunnel Simulation of Aeolian Sandy Soil Erodibility under Human Disturbance, **Geomorphology**, 59 (1-4), pp. 3-11.
- Yonghuan, M., Shengyue, F., Lihue, Z., Zhao yang, D., Zhang, K., Feng, J. (2000) The Temporal Change of Driving Factors During the Course of Land Desertification in Arid Region of North China: the case of Minqin County, **Environmental Journal**. 51 (6), pp. 999-1008.
- Zehtabian, Gh., Khosravi, H., Ghodsi, M. (2010) **Water and Sustainability in Arid Regions, Chapter 5: High Demand in a Land of Water Scarcity**, Springer.
- Zhu, Z. (1998) Concept, Cause and Control of Desertification in China, **Quaternary Sciences**, II: pp. 145-155.

