

ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی و شناخت مهم‌ترین عوامل تخریب با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی

- ❖ شیمیا نیکو: استادیار دانشکده کوبرشناسی، دانشگاه سمنان
- ❖ حسین آذر نیوند*: استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ غلامرضا زهتابیان: استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ حسن احمدی: استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ❖ محمدعلی زارع چاهوکی: دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

مبارزه با بیابان‌زایی، که امروزه تهدیدی جدی برای محیط و رفاه انسان به‌شمار می‌رود، نیازمند درک مسائل پیچیده این پدیده از طریق ارزیابی، آگاهی از شدت عمل فرایندها، و مشخص نمودن عوامل آن است. بنابراین، در این بررسی، پس از مطالعه شرایط حاکم بر منطقه دامغان، که نشان‌دهنده وجود بیابان‌زایی است، شدت و وضعیت فعلی بیابان‌زایی با تکیه بر معیارهای اقلیم، آب، زمین‌شناسی-ژئومورفولوژی، خاک، و فرسایش بادی، به عنوان مهم‌ترین معیارهای بیابان‌زایی، ارزیابی شد. با توجه به اعتبار بیشتر مدل‌های منطقه‌ای و مدل‌های دارای قابلیت بازنگری و اصلاح، در اینجا از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی (IMDPA)، که برای استفاده در مناطق خشک و اسنچی شده است، برای ارزیابی بیابان‌زایی استفاده شد. نخست شاخص فصلی بودن بارش، با توجه به ویژگی‌های خاص اقلیمی منطقه، به مدل اضافه شد. سپس، ارزیابی اولیه بیابان‌زایی انجام شد. سپس، با توجه به نتایج ارزیابی اولیه، شرایط منطقه، و مسائل مطرح‌شده در مراحل مختلف ارزیابی، اصلاحات لازم در مدل انجام شد و ارزیابی نهایی بیابان‌زایی و ارائه نقشه آن صورت گرفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که شدت بیابان‌زایی در ۳۳،۹۴ درصد از سطح منطقه شدید و در ۶۶،۰۶ درصد از سطح آن متوسط است. همچنین، اقلیم، شورشیدن منابع آب و خاک، کاربری نامناسب اراضی، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، شیوه نامناسب آبیاری، و چرای مفرط مهم‌ترین عوامل بیابان‌زایی در منطقه است.

واژگان کلیدی: ارزیابی بیابان‌زایی، شدت بیابان‌زایی، عوامل بیابان‌زایی، مدل اصلاح‌شده IMDPA، منطقه دامغان

مقدمه

- کمبود اطلاعات و ابزارهای لازم برای ارزیابی؛
- عدم توافق بین‌المللی درباره شاخص‌ها و معیارها و فرایندهای بیابان‌زایی؛ به طوری که شاخص‌های تعیین‌شده در روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی، همچون FAO-UNEP، GLASOD، TORKAMANESTAN، اعتبار آن‌ها در ارزیابی بیابان‌زایی تاکنون در سطح جهانی پذیرش نشده است.

با وجود مشکلات مذکور، بهترین روش برای ارزیابی بیابان‌زایی کاربرد مدل‌هایی است که با توجه به شرایط اقلیمی، اکولوژیکی، و اقتصادی-اجتماعی هر منطقه تدوین می‌شود [۵] یا، مشابه مدل مدالوس، برای افزودن معیارها و شاخص‌های مهم بیابان‌زایی در هر منطقه خاص دارای انعطاف‌پذیری لازم هستند. [۷]. بنابراین، در تحقیق حاضر، پس از بررسی اولیه شرایط منطقه، که نشان‌دهنده وجود بیابان‌زایی است، از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی (IMDPA)، که بر اساس مدل مدالوس و با توجه به شرایط کشور ایران تدوین و در مناطق مختلف اقلیمی واسنجی شده است [۲]، برای ارزیابی این پدیده استفاده شد. همچنین، به دلایل زیر شدت و وضعیت فعلی بیابان‌زایی ارزیابی و مهم‌ترین معیارها، شاخص‌ها، و عوامل بیابان‌زایی، با تکیه بر معیارهای محیطی و شاخص‌های آن‌ها، مشخص می‌شود:

- صرف‌نظر از نوع عامل بیابان‌زایی (طبیعی و انسانی)، بیابان‌زایی در نهایت موجب تغییر شرایط محیطی می‌شود [۲۰].

- بررسی اولیه شرایط منطقه و نتایج مطالعات قبلی صورت‌گرفته [۳، ۱۳، ۱۸] همگی گویای حاکمیت شرایط نامساعد اقلیمی و محیطی است.

تاکنون بیابان‌زایی، با استفاده از روش مذکور، در مناطق مختلف کشور با شرایط اقلیمی مشابه منطقه مورد مطالعه و با تکیه بر معیارهای محیطی، به عنوان مهم‌ترین معیارهای بیابان‌زایی، ارزیابی شده است.

تاکنون پذیرفته‌شده‌ترین تعریف برای پدیده بیابان‌زایی، که نتیجه عدم تعادل در کنش متقابل چهار عنصر اکوسیستم (اقلیم، خاک، پوشش گیاهی، و انسان) است [۲۲]، عبارت است از: تخریب اراضی در مناطق خشک، نیمه‌خشک، و خشک نیمه‌مرطوب در نتیجه عوامل مختلف شامل تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی [۱۶، ۱۹].

کنترل و کاهش آثار یا، به عبارتی، مبارزه با بیابان‌زایی، که امروزه تهدیدی جدی برای محیط و رفاه انسان به‌شمار می‌رود [۱۶]، نیازمند درک مسائل پیچیده این پدیده، ارزیابی و پایش انواع آن، آگاهی از شدت عمل فرایندهای آن (تخریب منابع گیاهی، تخریب ساختمان خاک، افت سطح و کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی، کاهش حاصل‌خیزی خاک، و ...) به‌ویژه در مناطق خشک، مشخص‌نمودن عوامل تخریب، و، در نهایت، انتخاب و اجرای اقدامات مناسب برای رفع مشکلات ایجادشده است [۶].

با توجه به اهمیت این معضل، تاکنون روش‌های مختلفی برای تخمین یا ارزیابی بیابان‌زایی ارائه و نقد شده است. اما، به‌رغم پیشرفت‌های صورت‌گرفته در زمینه روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی، مشکلات عدیده‌ای در استفاده از آن‌ها وجود دارد؛ از جمله اینکه این روش‌ها هنوز تا حد زیادی بر پایه قضاوت و نظر کارشناسی است که به عدم توافق نظر عمومی در ارتباط با اراضی تخریب‌یافته حتی در سطح ملی منجر شده است، مثلاً ارزیابی‌های صورت‌گرفته از بیابان‌زایی در هند، سطح اراضی تخریب‌یافته در این کشور را بین ۵۳ تا ۲۳۹ میلیون هکتار می‌داند [۱۰]. در خصوص دیگر مشکلات ارزیابی بیابان‌زایی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [۲۰]:

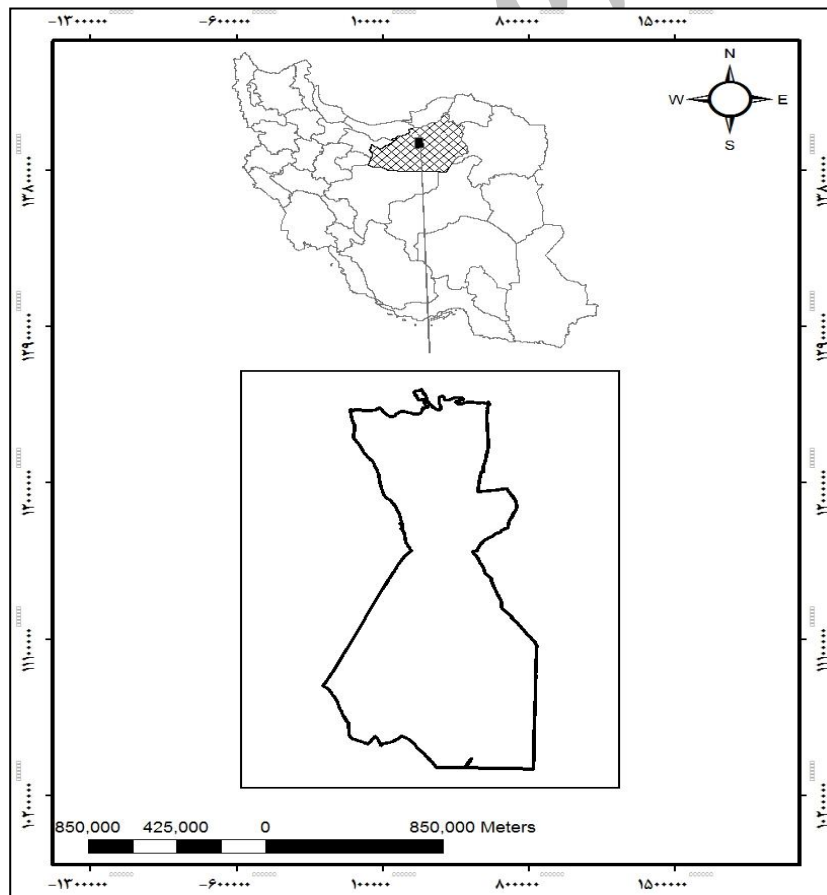
- برخی از آشکال تخریب به‌آسانی قابل رؤیت نیستند، مثل فشردگی خاک، اسیدی‌شدن، و کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی؛

دامنه جنوبی رشته‌کوه‌های البرز است که در حد فاصل عرض‌های جغرافیایی $35^{\circ}54'$ تا $36^{\circ}19'11''$ و طول جغرافیایی $54^{\circ}15'$ تا $54^{\circ}30'$ واقع شده است (شکل ۱). این منطقه، با گستره‌ای برابر $63068/67$ هکتار، از نظر تقسیمات کشوری، بخشی از شهرستان دامغان از توابع استان سمنان است. بر پایه روش دومارتن اصلاح‌شده، منطقه دارای اقلیم فراخشک سرد با میانگین بارش سالانه $104/5$ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه $16/3$ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مطلق دمای ماهانه $43^{\circ}C$ در تیر، حداقل مطلق دمای ماهانه $12^{\circ}C$ در دی‌ماه و میانگین سرعت باد در منطقه $4/73$ متر بر ثانیه است [۹].

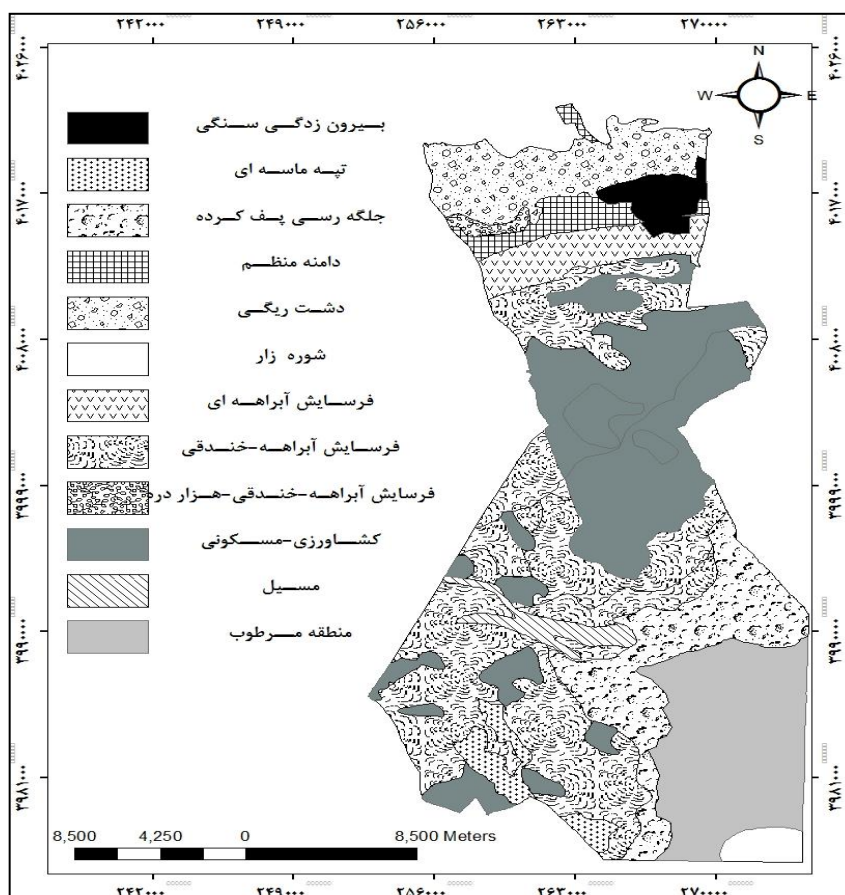
نتایج به‌دست‌آمده اهمیت این معیارها را در بیابان‌زایی مناطق خشک آشکار می‌سازد [۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۷]. اما، با وجود بیابان‌زایی و مشکلات ناشی از آن، همچون بیکاری و مهاجرت، خشک‌شدن چاه‌ها، غیر قابل استفاده‌شدن سطح وسیعی از اراضی کشاورزی، و، در نتیجه، متروکه‌شدن آن‌ها [۱۳]، تا کنون در جهت ارزیابی کمی بیابان‌زایی، شناخت مهم‌ترین عوامل آن، و ارائه راهکارهای مناسب برای مبارزه با این معضل در منطقه دامغان اقدامی انجام نشده است. بنابراین، تحقیق حاضر با هدف ارائه تصویری گویا از پدیده بیابان‌زایی و شناخت عوامل آن در جهت کنترل و کاهش آثار مخرب آن در منطقه مورد مطالعه انجام شد.

روش‌شناسی تحقیق

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوضه آبخیز دامغان در



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



شکل ۲. نقشه واحدهای کاری منطقه دامغان

... که فقط در بخشی از منطقه حائز اهمیت‌اند)، ارزیابی می‌شود (شکل ۳).

همچنین، با توجه به وقوع بیشتر بارندگی‌های منطقه به ترتیب در فصول بهار و زمستان [۳، ۱۴]، شاخص فصلی بودن بارندگی به معیار اقلیم اضافه شد که برای ارزیابی آن از رابطه ۱ و جدول ۱ استفاده می‌شود [۵، ۲۱].

(۱)

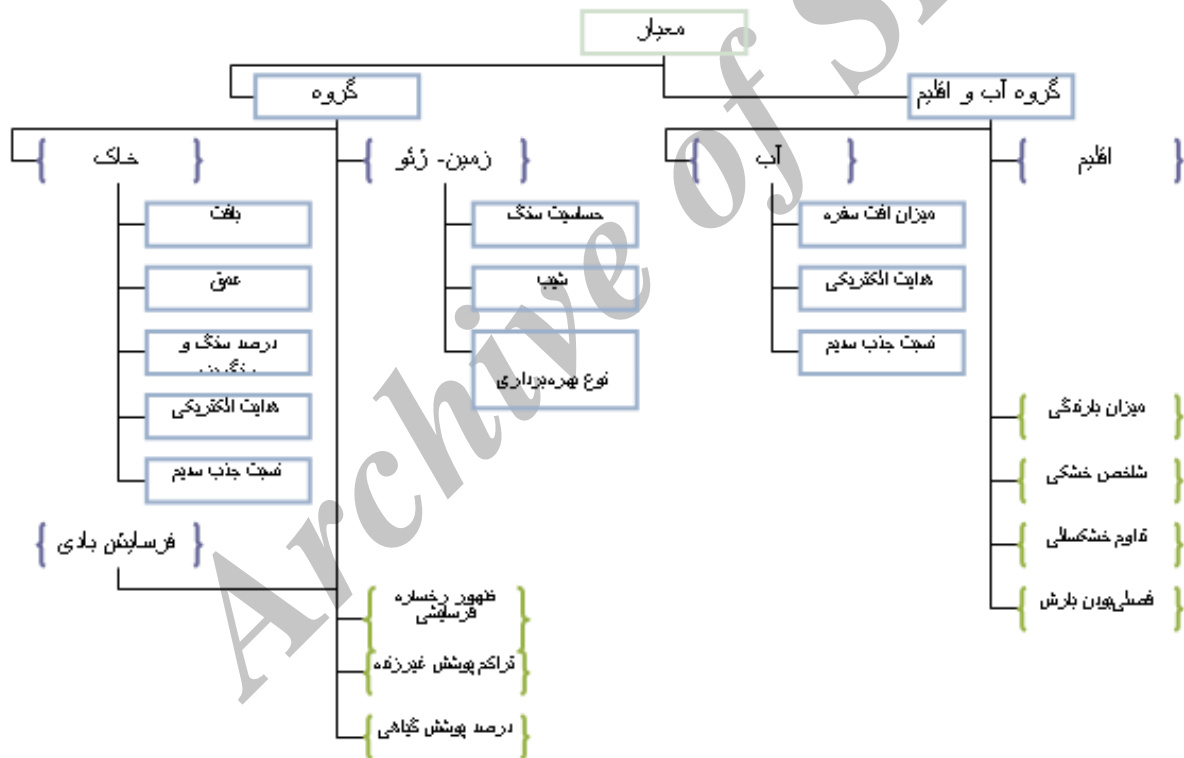
$$Sli = \frac{1}{Ri} \sum_{n=1}^{n-12} \left| Xin - \frac{Ri}{12} \right|$$

که در آن Sli شاخص فصلی بودن بارش، Ri میزان بارندگی در سال i و Xin میزان بارندگی در ماه n سال i است.

در این تحقیق، برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی و شناخت عوامل بیابان‌زایی در منطقه دامغان از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی استفاده شد. در اینجا از میان نه معیار (اقلیم، آب، خاک، زمین‌شناسی-ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی، کشاورزی، فرسایش (آبی و بادی)، اقتصادی-اجتماعی، و توسعه شهری-صنعتی) و ۳۹ شاخص ارائه‌شده در مدل IMDPA برای ارزیابی بیابان‌زایی در مناطق خشک کشور [۲]، پنج معیار اقلیم، آب، زمین‌شناسی-ژئومورفولوژی، خاک، فرسایش بادی، و هجده شاخص مربوطه، به عنوان مهم‌ترین معیارها و شاخص‌ها، با توجه به شرایط حاکم، مطالعات پیشین و مطرح بودن آن‌ها در تمام سطح مورد بررسی (برخلاف معیارهای پوشش گیاهی، فرسایش آبی، و

جدول ۱. وضعیت بیابان‌زایی شاخص فصلی بودن بارش، معیار اقلیم

حدود شاخص	فصلی بودن بارش (Sli)	تشریح حدود شاخص	بیان کیفی	بیان کمی
۱	<۴۰	پراکنش بارش به صورت یک‌نواخت در طول سال	کم	۱
۲	۴۰-۸۰	بارش نسبتاً فصلی تا فصلی با فصل خشک کوتاه تا متوسط	متوسط	۲
۳	۸۰-۱۲۰	بارش فصلی مشخص با یک فصل خشک طولانی	زیاد	۳
۴	>۱۲۰	بارش به شدت فصلی به گونه‌ای که بیشترین بارندگی در کمتر از سه ماه از سال به وقوع می‌پیوندد	بسیار شدید	۴



شکل ۳. شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی مورد مطالعه در منطقه دامغان

جمع‌آوری شده، عملیات صحرائی و آزمایشگاهی لازم و جداول امتیازدهی ارائه شده در مدل، بر اساس میزان تأثیر در بیابان‌زایی، وزنی بین ۱ (بهترین ارزش) تا ۴ (بدترین ارزش) دریافت می‌کند. سپس، ارزش‌های عددی تولیدشده شاخص‌ها در واحدهای

شاخص‌ها در واحدهای کاری که نقشه آن در محیط نرم‌افزار GIS 9.3 از تلفیق نقشه‌های شیب، جهت، ارتفاع، رخساره‌های ژئومورفولوژی، سنگ‌شناسی، و کاربری‌های اراضی حاصل شده است (شکل ۲)، بر استفاده از اطلاعات و آمار

توجه به شرایط منطقه و مسائل مطرح شده در مراحل مختلف ارزیابی، انجام می‌شود. با استفاده از مدل اصلاح شده، وضعیت و شدت بیابان‌زایی ارزیابی نهایی می‌شود و نقشه آن ارائه می‌گردد.

در مرحله آخر، با توجه به میانگین وزنی ارزش‌های عددی شاخص‌ها و معیارها (بر اساس مساحت واحدهای کاری)، در کل سطح منطقه، مهم‌ترین آن‌ها مشخص می‌شود و، با تجزیه و تحلیل این نتایج، شرایط حاکم بر منطقه و مطالعات پیشین بررسی می‌شود و مهم‌ترین عوامل بیابان‌زایی مشخص می‌گردد. همچنین، بر اساس این عوامل، روش‌های مناسب برای مبارزه با بیابان‌زایی ارائه می‌شود.

نتایج

جداول ۲ تا ۶ نتایج اولیه حاصل از ارزیابی شاخص‌های معیارهای مورد ارزیابی در منطقه دامغان را نشان می‌دهد. همچنین، بر طبق نتایج ارزیابی اولیه، شدت بیابان‌زایی معیار اقلیم از نظر کمی برابر با ۲/۰۵ و از نظر کیفی متوسط است؛ شدت بیابان‌زایی معیار زمین-ژئومورفولوژی برابر با ۱/۹۳ و از نظر کیفی متوسط است؛ شدت بیابان‌زایی منطقه با تکیه بر معیار آب با میانگین وزنی ۱/۸۸ متوسط است؛ شدت بیابان‌زایی منطقه با تکیه بر معیار خاک با میانگین وزنی ۱/۸۵ متوسط است؛ و شدت بیابان‌زایی منطقه با تکیه بر معیار فرسایش بادی با میانگین وزنی ۲/۲۵ متوسط است.

کاری در نرم‌افزار GIS تبدیل به نقشه‌های موضوعی می‌شود. هر نقشه نشان‌دهنده وضعیت بیابان‌زایی شاخص مربوطه است و در چهار کلاس کم، متوسط، شدید، و خیلی شدید ارائه خواهند شد. سپس، هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های آن به دست می‌آید. سپس، نقشه‌های مربوط به معیارهای بیابان‌زایی مشابه نقشه‌های شاخص‌ها تهیه می‌شود که نشان‌دهنده وضعیت بیابان‌زایی معیارهای مربوطه است و در چهار کلاس کم، متوسط، شدید، و خیلی شدید قرار می‌گیرند. در مرحله بعد، سنتز و تلفیق معیارها به صورت خوشه‌ای انجام می‌شود و چهار گروه معیار اصلی زیر از میانگین هندسی معیارها حاصل می‌شود. البته، در تحقیق حاضر دو گروه به شرح زیر بررسی می‌شود:

۱. گروه اقلیم و آب (Q1)، شامل دو معیار اقلیم و آب؛
 ۲. گروه زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی (Q2)، شامل معیارهای زمین-ژئومورفولوژی، خاک، و فرسایش.
- سپس، پتانسیل بیابان‌زایی در هر واحد کاری از میانگین هندسی دو گروه مذکور طبق رابطه ۲ ارزیابی می‌شود و نقشه بیابان‌زایی منطقه تهیه می‌گردد.

(۲)

$$DPA_i = \sqrt[2]{Q_1 \cdot Q_2}$$

در ادامه، برای ارائه نتایج، با دقت و صحت بیشتر، مدل بازنگری می‌شود و اصلاحات لازم، با

جدول ۲. وضعیت کمی و کیفی بیابان‌زایی شاخص‌های معیار اقلیم

ردیف	شاخص‌ها	وضعیت بیابان‌زایی (کمی)	وضعیت کیفی بیابان‌زایی
۱	مقدار بارش سالانه	۳	شدید
۲	شاخص خشکی UTI	۳	شدید
۳	تداوم خشکسالی	۱	ناچیز
۴	شاخص فصلی بودن بارندگی	۲	متوسط

جدول ۳. میانگین وزنی ارزش عددی شاخص‌های معیار آب

ردیف	شاخص‌ها	میانگین وزنی ارزش عددی شاخص	وضعیت کیفی بیابان‌زایی
۱	هدایت الکتریکی آب	۳,۰۳	شدید
۲	نسبت جذب سدیم	۱,۲۳	کم
۳	افت سفره آب زیرزمینی	۲,۳۲	متوسط

جدول ۴. میانگین وزنی ارزش عددی شاخص‌های معیار زمین - ژئومورفولوژی

ردیف	شاخص‌ها	میانگین وزنی ارزش عددی شاخص	وضعیت کیفی بیابان‌زایی
۱	حساسیت سنگ	۲,۸۴	شدید
۲	شیب	۱,۰۱	کم
۳	نوع بهره‌برداری از واحد کاری	۲,۶۵	متوسط

جدول ۵. میانگین وزنی ارزش عددی شاخص‌های معیار خاک

ردیف	شاخص‌ها	میانگین وزنی ارزش عددی شاخص	وضعیت کیفی بیابان‌زایی
۱	بافت خاک	۱,۸۴	متوسط
۲	عمق خاک	۱,۴۹	کم
۳	هدایت الکتریکی خاک	۲,۹۱	شدید
۴	نسبت جذب سدیم	۲,۷۸	شدید
۵	درصد سنگ و سنگریزه	۱,۳۵	کم

جدول ۶. میانگین وزنی ارزش عددی شاخص‌های معیار فرسایش بادی

ردیف	شاخص‌ها	میانگین وزنی ارزش عددی شاخص	وضعیت کیفی بیابان‌زایی
۱	ظهور رخساره فرسایشی	۱,۴۷	کم
۳	درصد پوشش غیرزنده	۳,۵۷	خیلی شدید
۴	درصد پوشش گیاهی	۲,۳۲	متوسط

کاری طبق تعریف ارائه‌شده در مدل برای ارزیابی شاخص‌های مذکور دارای دقت و صحت کافی نیستند. بنابراین، نخست واحدهای کاری را به زیرواحدهایی که از نظر خصوصیات مذکور همگن‌اند تقسیم می‌کنند و شاخص‌ها در زیرواحدها ارزیابی می‌شود. در نهایت، برای ارزیابی این شاخص در هر واحد کاری از میانگین وزنی آن در زیرواحدها استفاده می‌شود.

مسائل مطرح‌شده در حین ارزیابی بیابان‌زایی شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی به بازنگری و اجرای اصلاحات زیر منجر شد:

با توجه به آمار و اطلاعات مربوط به چاه‌ها و پیژومترهای منطقه، شاخص‌های افت سفره آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی آب در نقاط مختلف یک واحدکاری یکسان نیست و در چند کلاس مختلف بیابان‌زایی قرار می‌گیرند. بنابراین، واحدهای

بیابان‌زایی شاخص نسبت جذب سدیم در ۶۹/۶۲ درصد از سطح منطقه کم و ناچیز است و واردکردن این شاخص در میانگین هندسی برای ارزیابی معیار آب در سطح مذکور موجب می‌شود که تأثیر شاخص هدایت الکتریکی آب با بیابان‌زایی شدید از بین برود و، نهایتاً، بیابان‌زایی معیار آب متوسط ارزیابی شود. برای رفع این مشکل، شاخص نسبت جذب سدیم (در واحدهای کاری موجود در سطح مذکور) در ارزیابی معیار آب لحاظ نمی‌شود. بنابراین، با حذف شاخص مذکور، میانگین وزنی معیار آب، که در مدل اولیه برابر با ۱/۸۸ با بیابان‌زایی متوسط است، در مدل اصلاح‌شده برابر با ۲/۵۱ و وضعیت بیابان‌زایی آن شدید است.

با توجه به نتایج حاصل از ارزیابی شاخص شیب، متوسط وزنی ارزش عددی این شاخص برابر با ۱/۰۱ است. این شاخص در ۹۶/۳۵ درصد از سطح منطقه کم و در ۱/۲۵ درصد (کویر) بدون کلاس است؛ دلیل این امر آن است که سطح محدوده مورد مطالعه عمدتاً در واحد دشت‌سر و پلایا با شیب کم قرار گرفته است و عامل شیب در بیابان‌زایی آن مطرح نیست. واردکردن این شاخص در میانگین هندسی برای ارزیابی معیار زمین-ژئومورفولوژی موجب می‌شود که این معیار کمتر از مقدار واقعی ارزیابی شود. بنابراین، برای ارزیابی دقیق‌تر و صحیح‌تر معیار مذکور، شاخص شیب در ارزیابی نهایی معیار فوق لحاظ نشده است. بدین ترتیب، با حذف اثر این شاخص، میانگین وزنی معیار زمین-ژئومورفولوژی، که در مدل اولیه برابر با ۱/۹۳ با بیابان‌زایی متوسط است، در مدل اصلاح‌شده برابر با ۲/۷۱ و وضعیت بیابان‌زایی آن شدید است.

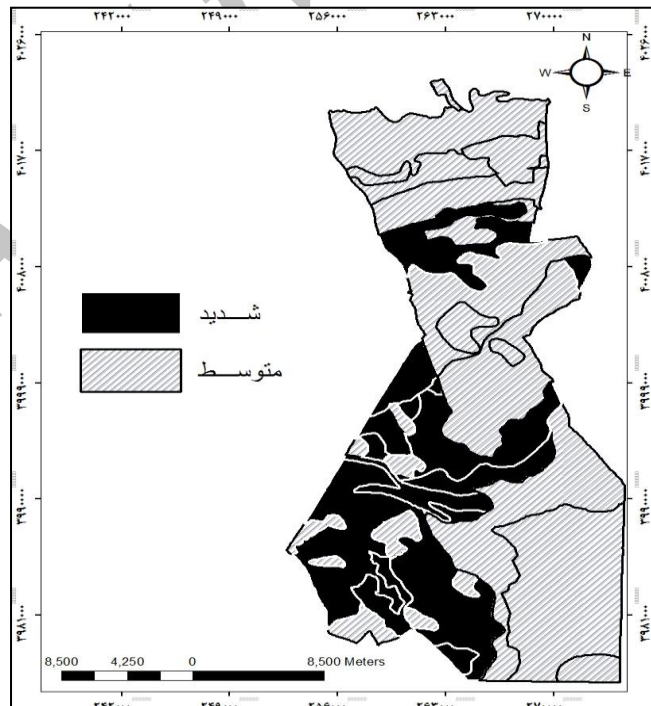
بیابان‌زایی شاخص عمق خاک در ۸۱/۱۵ درصد

از سطح منطقه کم و ناچیز است و واردکردن این شاخص در میانگین هندسی برای ارزیابی معیار خاک در سطح مذکور موجب می‌شود که تأثیر شاخص هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم با بیابان‌زایی شدید از بین برود و، نهایتاً، ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی معیار خاک دارای دقت و صحت کافی نباشد. بنابراین، برای رفع این مشکل، اثر شاخص عمق خاک (در واحدهای کاری موجود در سطح مذکور) در ارزیابی نهایی شدت بیابان‌زایی معیار خاک لحاظ نمی‌شود. همچنین، بیابان‌زایی شاخص درصد سنگ و سنگریزه عمقی خاک در ۷۳/۱۹ درصد از سطح منطقه کم و ناچیز است و واردکردن این شاخص نیز در میانگین هندسی برای ارزیابی معیار خاک در سطح مذکور موجب می‌شود تا شدت بیابان‌زایی این معیار کمتر از مقدار واقعی ارزیابی شود. بنابراین (مشابه شاخص عمق خاک)، اثر این شاخص در سطح مذکور در ارزیابی بیابان‌زایی معیار خاک لحاظ نمی‌شود. بدین ترتیب، با حذف شاخص‌های عمق خاک و درصد سنگ و سنگریزه عمقی از سطح مذکور، میانگین وزنی معیار خاک، که در مدل اولیه برابر با ۱/۸۵ با بیابان‌زایی متوسط است، در مدل اصلاح‌شده برابر با ۲/۴۲ است و وضعیت بیابان‌زایی آن متوسط، ولی در آستانه ورود به کلاس بالاتر یا بیابان‌زایی شدید است.

پس از اعمال اصلاحات مذکور، نتایج حاصل از ارزیابی بیابان‌زایی معیارهای مورد مطالعه - گروه‌های اقلیم - آب، زمین‌شناسی - ژئومورفولوژی، و پتانسیل - بیابان‌زایی را در هر واحد نشان می‌دهد. شکل ۴ نقشه وضعیت و شدت فعلی بیابان‌زایی منطقه دامغان را نشان می‌دهد.

جدول ۷. نتایج ارزیابی بیابان‌زایی معیارهای مورد ارزیابی، دو گروه اقلیم - آب و زمین‌شناسی - ژئومورفولوژی و پتانسیل بیابان‌زایی (DPAi) در واحدهای کاری

توصیف شدت بیابان‌زایی	پتانسیل بیابان‌زایی (DPAi)	گروه زمین- ژئو	گروه آب و اقلیم	معیار فرسایش بادی	معیار خاک	معیار زمین- ژئومورفولوژی	معیار آب	معیار اقلیم	بیابان‌زایی واحد کاری
متوسط	۲,۳۸	۲,۵۱	۲,۲۶	-	۲,۵۱	-	۲,۵۲		۱
متوسط	۲,۲۸	۲,۵۸	۲,۰۲	۲	۲,۵۱	۳,۴۶	۲		۲
شدید	۲,۵۵	۳,۱۹	۲,۰۵	۲,۸۸	۲,۸۲	۴	-		۳
متوسط	۲,۱۳	۱,۸۲	۲,۵۱	۱,۵۸	۱,۵۸	۲,۴۴	۳,۰۸		۴
شدید	۲,۷۴	۲,۸۱	۲,۶۹	۲,۸۸	۳,۱۷	۲,۴۴	۳,۵۵		۵
شدید	۲,۶۴	۳,۰۱	۲,۳۲	۲,۸۸	۳,۱۷	۳	۲,۶۳		۶
متوسط	۲,۳۳	۲,۷	۲,۰۲	۲,۵۱	۲,۲۸	۳,۴۶	۲		۷
متوسط	۲,۴۴	۲,۹۱	۲,۰۵	۲,۲۸	۳,۱۳	۳,۴۶	-		۸
متوسط	۲,۲۹	۱,۹۷	۲,۶۷	۲	۱,۵۸	۲,۴۴	۳,۴۶	۲,۰۵	۹
شدید	۲,۶۹	۲,۹۳	۲,۴۷	۲,۸۸	-	۳	۳		۱۰
متوسط	۲,۲۱	۱,۹۷	۲,۴۸	۲	۱,۵۸	۲,۴۴	۳,۰۱		۱۱
متوسط	۲,۲۹	۱,۹۷	۲,۶۷	۲	۱,۵۸	۲,۴۴	۳,۴۶		۱۲
شدید	۲,۵۷	۲,۷	۲,۴۶	۲,۸۸	۲,۸۲	۲,۴۴	۲,۹۵		۱۳
متوسط	۲,۰۸	۲,۱۶	۲,۰۲	۱,۵۸	۲,۶۳	۲,۴۴	۲		۱۴
متوسط	۲	۱,۹۷	۲,۰۵	۱,۵۸	۲,۴۵	۲	-		۱۵
متوسط	۲,۱۵	۲,۲۶	۲,۰۵	۱,۸۱	۲,۶۳	۲,۴۴	-		۱۶
متوسط	۱,۹۱	۲,۱۶	۱,۷	۱,۵۸	۲,۶۳	۲,۴۴	۱,۴۱		۱۷
متوسط	۱,۸۵	۲,۰۲	۱,۷	۱,۵۸	۲,۶۳	۲	۱,۴۱		۱۸



شکل ۴. نقشه وضعیت بیابان‌زایی منطقه دامغان

ویژگی‌های خاص اقلیمی منطقه، ارائه شود. سپس، ارزیابی اولیه بیابان‌زایی به بازنگری مدل IMDPA و اعمال اصلاحات لازم برای ارزیابی دقیق‌تر و صحیح‌تر این پدیده منجر شد که، بر طبق آن و با توجه به اینکه کاربرد میانگین هندسی در مدل IMDPA موجب می‌شود تا تأثیر مناطقی با بیابان‌زایی کم، شدید، و خیلی شدید از بین برود و در اکثر موارد شدت بیابان‌زایی متوسط ارزیابی شود، در واحدهایی که تأثیر شاخص‌های هر معیار در بیابان‌زایی منطقه کم و ناچیز ارزیابی شده است در ارزیابی نهایی بیابان‌زایی آن معیار اثر شاخص‌های مذکور لحاظ نشده است. همچنین، در این مدل واحدهای کاری به عنوان مینا و پایه مطالعات انتخاب شدند؛ مشخص بودن برخی از عوامل محیطی و انسانی مورد ارزیابی در آن‌ها موجب سهولت کار و افزایش سرعت عمل می‌شود. اما، برخی از شاخص‌ها (مثل شاخص افت سفره آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی آب، و سیستم‌های آبیاری) در نقاط مختلف یک واحد کاری یکسان نبودند و واحدهای کاری برای ارزیابی شاخص‌های مذکور دارای دقت و صحت کافی نیستند. بنابراین، نخست واحدهای کاری به زیرواحدهایی که از نظر خصوصیات مرتبط با شاخص‌های مذکور همگن‌اند تقسیم و شاخص‌ها در زیرواحدها ارزیابی شدند. در نهایت، برای ارزیابی این شاخص در هر واحد کاری از میانگین وزنی آن در زیرواحدها استفاده شد. این موضوعی است که در ارزیابی‌های قبلی بیابان‌زایی در نظر گرفته نشده است و لحاظ کردن آن در تحقیق حاضر موجب افزایش دقت و صحت ارزیابی شده است.

پس از اعمال اصلاحات مذکور، ارزیابی نهایی بیابان‌زایی شاخص‌ها، معیارها، و شدت و وضعیت فعلی نشان داد که به دلیل حاکم بودن اقلیم فراخشک با بارندگی کم، میانگین بالای دمای سالیانه، و تبخیر و

در مجموع، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل شاخص‌ها، معیارها، گروه‌ها، و ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی در کل منطقه گویای موارد زیر است:

الف) از میان دو گروه مورد بررسی، گروه زمین‌شناسی- ژئومورفولوژی با میانگین وزنی ۲/۴۶ دارای تأثیر بیشتری در بیابان‌زایی منطقه در مقایسه با گروه اقلیم- آب با میانگین وزنی ۲/۳ است.

ب) از میان پنج معیار مورد ارزیابی، معیار زمین- ژئومورفولوژی با میانگین وزنی ۲/۷۱ و معیار آب با میانگین وزنی ۲/۵۱ بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی کل منطقه دارند.

ج) از میان ۱۸ شاخص مورد ارزیابی، شاخص‌های درصد پوشش غیرزنده مربوط به معیار فرسایش بادی، هدایت الکتریکی آب، میزان بارش سالانه، شاخص خشکی، و هدایت الکتریکی خاک به ترتیب با میانگین وزنی ۳/۵۷، ۰۳، ۳، ۳، و ۲/۹۱ بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارند.

د) شدت بیابان‌زایی در کل منطقه برابر با ۲/۳۶ ($DPA_i=2.36$) است، و وضعیت بیابان‌زایی متوسط، ولی در آستانه ورود به کلاس بالاتر با بیابان‌زایی شدید است.

بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی، که برای استفاده در مناطقی با اقلیم خشک و اسنجی شده است، موجب می‌شود تا لزوم اجرای اصلاحات، با توجه به شرایط خاص اقلیمی و میزان خطای ارزیابی، به حداقل برسد. با این حال، بررسی شرایط حاکم بر منطقه نشان داد که فصلی بودن بارش یکی از خصوصیات اقلیمی منطقه است. بنابراین، فصلی بودن بارش، به عنوان یکی از شاخص‌های معیار اقلیم، در مدل ارزیابی بیابان‌زایی منطقه وارد شد تا تصویر گویاتری از بیابان‌زایی این معیار، با توجه به

دیگر نیز، شاخص هدایت الکتریکی آب را مهم‌ترین شاخص بیابانزایی منطقه ابوزیدآباد معرفی کرد [۱].
- اختلاط آب شور و شیرین در اثر برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و افت سطح سفره؛
- سازندهای موجود در محل تغذیه آب‌های زیرزمینی؛

- بالابودن میزان تبخیر.

بیابانزایی شاخص افت سفره آب زیرزمینی در ۵۰/۴۳ درصد از سطح منطقه، به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، شدید و خیلی شدید است. ولی در مجموع بیابانزایی این شاخص با میانگین وزنی ۲/۳۲ متوسط و در آستانه ورود به کلاس بالاتر (شدید) است. این امر به افزایش شدت بیابانزایی شاخص فوق در آینده نزدیک در صورت ادامه روند کنونی بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی دلالت دارد.

بیابانزایی معیار آب (با حذف اثر شاخص نسبت جذب سدیم در ۶۹/۶۲ درصد از سطح منطقه به دلیل کم‌اهمیت بودن آن در بیابانزایی منطقه)، با توجه به بیابانزایی شدید شاخص‌های افت سفره و هدایت الکتریکی آب، در بیشترین سطح منطقه، در ۵۸/۲۸ درصد از سطح منطقه شدید و خیلی شدید است و این معیار با بیابانزایی شدید دومین معیار مهم بیابانزایی در منطقه مورد مطالعه است. در این زمینه، در دشت سگری نیز بیابانزایی معیار آب را به دلایل افت شدید سفره و هدایت الکتریکی بالای منابع آب شدید ارزیابی نمودند [۱۲].

بیابانزایی شاخص حساسیت سنگ به دلیل حساسیت بالای سازندهای دوره کواترن به فرسایش در ۸۲/۳۱ درصد از سطح منطقه شدید و خیلی شدید ارزیابی شد. در مجموع، این شاخص مهم‌ترین شاخص معیار زمین‌شناسی - ژئومورفولوژی است و بیشترین تأثیر را در بیابانزایی این معیار دارد.

تعرق شدید در منطقه دامغان، بیابانزایی شاخص‌های میزان بارش و شاخص خشکی شدید است، و با توجه به وقوع ۳۹/۴۵ و ۳۳/۸۵ درصد بارندگی‌های سالیانه، به ترتیب در فصول بهار و زمستان، بیابانزایی شاخص فصلی بودن بارش متوسط ارزیابی شد. همچنین، به دلیل عدم تداوم خشکسالی در دوره آماری مورد مطالعه (۱۳۵۹ - ۱۳۸۹)، بیابانزایی شاخص مربوطه کم ارزیابی شد. در مجموع، با توجه به شرایط نامساعد اقلیمی منطقه مورد مطالعه، انتظار می‌رود که بیابانزایی معیار اقلیم برای منطقه مورد مطالعه شدید باشد، ولی نتایج حاصل از ارزیابی بیانگر بیابانزایی متوسط این معیار است. نتیجه مذکور به این صورت قابل توضیح است که وارد کردن شدت کم بیابانزایی شاخص تداوم خشکسالی در میانگین هندسی شاخص‌ها برای ارزیابی بیابانزایی معیار اقلیم موجب می‌شود تا تأثیر شاخص‌هایی با بیابانزایی شدید از بین برود و شدت بیابانزایی این معیار متوسط ارزیابی شود. در اینجا ذکر این نکته ضروری است که تداوم خشکسالی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های اقلیمی مناطق خشک و نیمه‌خشک است و بیابانزایی کم و ناچیز شاخص مربوطه در یک دوره زمانی مذکور به معنی کم‌اهمیت بودن آن نیست. متأسفانه، اطلاعات لازم برای ارزیابی این شاخص در سال‌های پیش از دوره زمانی مذکور وجود ندارد، ولی احتمالاً تداوم خشکسالی یکی از دلایل اصلی بیابانزایی در گذشته بوده و یکی از مهم‌ترین دلایل آن در آینده خواهد بود [۳].

با توجه به شور بودن آب در ۷۴/۲ درصد از سطح منطقه، که به دلایلی که در پی می‌آید به وقوع می‌پیوندد [۴، ۱۸]، شاخص هدایت الکتریکی آب با بیابانزایی شدید مهم‌ترین شاخص معیار آب است و بیشترین تأثیر را در بیابانزایی این معیار دارد. محقق

زیاد املاح در خاک مواجه‌اند، شدید و خیلی شدید است. در ۲۳/۵۸ درصد از سطح منطقه (شامل اراضی کشاورزی)، که در مجاورت اراضی مذکور قرار دارند، به دلیل فعالیت‌های کشاورزی، شدت بیابان‌زایی این شاخص متوسط ارزیابی شد. همچنین، در ۱۸/۶۳ درصد از منطقه (شامل دشت‌سر فرسایشی)، که در مجاورت واحد کوهستان قرار دارد و مشکل تجمع املاح مختلف و قلیائیت بالا وجود ندارد، بیابان‌زایی شاخص مذکور کم و ناچیز ارزیابی شد. در مجموع، میانگین وزنی بیابان‌زایی این شاخص، با توجه به بیابان‌زایی شدید آن در بیش از نیمی از سطح منطقه، شدید است.

بیابان‌زایی معیار خاک (با حذف اثر شاخص‌های عمق خاک و درصد سنگ و سنگریزه عمقی در واحدهای کاری که بیابان‌زایی این شاخص‌ها کم است) در ۶۴/۱۴ درصد از منطقه شدید و در ۳۴ درصد از منطقه متوسط ارزیابی شد. در مجموع، شدت بیابان‌زایی منطقه با تکیه بر این معیار متوسط، ولی در آستانه تغییر کلاس بیابان‌زایی است. بنابراین، در صورت ادامه استفاده از آب‌هایی با کیفیت نامناسب جهت آبیاری، استفاده از سیستم‌های نامناسب آبیاری، رهاکردن اراضی کشاورزی، و آیش‌های غیراصولی در آینده نزدیک شاهد تشدید تخریب خاک و بیابان‌زایی شدید این معیار خواهیم بود.

درصد پوشش غیرزنده (سنگ و سنگریزه سطح خاک)، به عنوان یک عامل حفاظتی در برابر فرسایش بادی، در ۸۱/۷۲ درصد از سطح منطقه کمتر از ۲۰ درصد است. بنابراین، بیابان‌زایی شاخص درصد پوشش غیرزنده در سطح مذکور خیلی شدید است. همچنین، بیابان‌زایی شاخص مذکور در ۱۸/۲۸ درصد از سطح منطقه متوسط ارزیابی شد. در مجموع، این شاخص با بیابان‌زایی خیلی شدید در منطقه دامغان

شدت بیابان‌زایی شاخص بهره‌برداری از واحد کاری در ۵۲ درصد از منطقه متوسط، در ۴۴/۸۴ درصد از آن غالباً به دلیل چرای مفرط دام در مراتع شدید و خیلی شدید، و میانگین وزنی آن در کل منطقه شدید است.

بیابان‌زایی معیار زمین‌شناسی - ژئومورفولوژی (با حذف اثر شاخص شیب در ۹۰/۶ درصد از منطقه) در ۶۶ درصد از سطح محدوده مورد مطالعه متوسط، در ۳۲/۷۱ درصد از سطح منطقه شدید و خیلی شدید، و در مجموع شدت بیابان‌زایی منطقه با تکیه بر معیار زمین‌شناسی - ژئومورفولوژی به دلیل بیابان‌زایی شدید شاخص‌های حساسیت سنگ و بهره‌برداری از واحد کاری شدید است و این معیار بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه دارد.

بیابان‌زایی شاخص هدایت الکتریکی خاک (به عنوان مهم‌ترین شاخص معیار خاک)، با توجه به شوری خاک در ۵۵/۹۳ درصد از سطح منطقه، خیلی شدید است، که به دلایل زیر به وقوع می‌پیوندد [۴، ۱۸]:

- آبیاری با آب‌های شور؛
- رهاکردن اراضی کشاورزی و آیش‌های غیراصولی و طولانی‌مدت؛
- شیوه نامناسب آبیاری (ستتی غالباً غرقابی)؛

- میزان تبخیر چندین برابر میزان بارندگی است، که به افزایش استعداد شورشیدن خاک منجر می‌شود. در ارتباط با شاخص مذکور، نتایج تحقیق دیگری نیز شاخص هدایت الکتریکی خاک را مؤثرترین شاخص بیابان‌زایی معیار خاک و دومین شاخص مهم بیابان‌زایی منطقه ابوزیدآباد معرفی کرد [۱]. همچنین، نتایج بررسی‌های مشابه در منطقه زابل نشان داد که این شاخص تأثیر زیادی در بیابان‌زایی این منطقه دارد [۱۱].

بیابان‌زایی شاخص نسبت جذب سدیم خاک در ۵۵/۹۱ درصد از سطح منطقه (شامل اراضی کشاورزی رهاشده و اراضی حاشیه کویر)، که با مشکل تجمع

- با احداث بندهای خاکی، حوضچه‌های ذخیره مصنوعی آب در بالادست، جمع‌آوری آب باران از سطح جاده‌های منطقه در فصل بارندگی در مناطقی با نفوذپذیری خوب و تزریق آن‌ها به سفره‌های زیرزمینی، یک‌پارچه‌سازی اراضی، استفاده از روش‌های آبیاری مدرن، آبیاری قطره‌ای در باغات و آبیاری بارانی در اراضی زراعی، و ترویج و تشویق کشاورزان به کشت محصولاتی که ارزش افزوده آن‌ها از سایر محصولات بیشتر و نیاز آبی آن‌ها کمتر است می‌توان مشکلات کمبود آب و استفاده از آب‌های لب شور در آبیاری ناشی از آن را، که به متروکه شدن اراضی کشاورزی و نهایتاً شوری خاک و بیابان‌زایی منجر شده است، برطرف کرد. همچنین، اقدامات مذکور مانع ادامه روند افت شدید سفره‌های آب زیرزمینی و افزایش شوری منابع آبی ناشی از اختلاط آب شور و شیرین می‌شود.

- با کاهش تعداد دام‌های وابسته به مراتع از طریق تبدیل دامداری سنتی به دامداری نیمه‌صنعتی و صنعتی می‌توان مشکل چرای مفرط دام از اراضی مرتعی را، که به بیابان‌زایی شدید شاخص بهره‌برداری از واحد کاری (معیار زمین - ژئومورفولوژی) منجر شده است، حل کرد.

- انجام دادن سایر مطالعات در این زمینه لازم است و تدوین سیستم هشدار بیابان‌زایی در منطقه از دیگر اقدامات سودمند در این زمینه است.

مهم‌ترین شاخص معیار فرسایش بادی است و بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی این معیار دارد.

شدت بیابان‌زایی معیار فرسایش بادی در ۴۴٫۹ درصد از منطقه، به دلیل وجود اراضی کشاورزی رها شده و تپه‌های ماسه‌ای با حساسیت زیاد نسبت به فرسایش بادی، شدید و در ۵۳٫۸۵ درصد از سطح منطقه متوسط ارزیابی شد. در مجموع، میانگین وزنی شدت بیابان‌زایی منطقه با تکیه بر معیار مذکور متوسط است.

در نهایت، نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه نشان داد که بیابان‌زایی در ۳۳٫۹۴ درصد از سطح منطقه شدید و در ۶۶٫۰۶ درصد از سطح منطقه متوسط است. همچنین، بر طبق نتایج، در حدود ۱۳ درصد از سطح منطقه، که در کلاس متوسط بیابان‌زایی قرار دارد، در آستانه ورود به کلاس بالاتر بیابان‌زایی است و در صورت ادامه روند کنونی بیابان‌زایی در آینده نزدیک با تشدید تخریب و بیابان‌زایی شدید مواجه خواهد شد. در این زمینه، تحقیقات مشابه بیابان‌زایی دشت سگزی و کویر میقان اراک را، که شرایط اقلیمی نزدیکی به منطقه مورد مطالعه دارند، شدید ارزیابی نمودند [۱۲، ۱۵].

بنابراین، با توجه به مهم‌ترین معیارها، شاخص‌ها، و عوامل بیابان‌زایی قابل کنترل، راهکارهای زیر برای مبارزه با بیابان‌زایی و کاهش این روند پیشنهاد می‌شود:

References

- [1] Abdi, zh. (2007). Determination and mapping of desertification based on water and soil in Abuzeyd Abad region, Ms.c thesis of Tehran University, 118pp.
- [2] Ahmadi, H. (2006). Calibration of Desertification Assessment Indices and Criteria in Iran (Dasht-e-Segzi of Isfahan), Iran Forests, Range & Watershed Management Organization.
- [3] Azarnivand, h. (1990). Study of vegetation cover and soil in relation to geomorphologic units of Damghan, M.S.c thesis of Tarbiat Modarres University, 162pp.
- [4] Baradaran Nasiri, M. (1993). Determination of the souces of Damghan playa salt deposits, Ms.c thesis of Tehran University, 175pp.
- [5] DESERTLINK (2004). *Desertification Indicators System for Mediterranean Europe*, 336pp.
- [6] Dregne, H.E. (1999). *Desertification assessment and control .In: The United Nations University (Ed.). New Technologies to Combat Desertification, Proceedings of the International Symposium held in Tehran, Iran, 12-15 October 1998*, 121pp.
- [7] Farajzadeh, M. and Nik Eghbal, M. (2007). Evaluation of MEDALUS Model for Desertification Hazard Zonation Using GIS in Izad Khast Plain, Iran, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(16):2622-2630.
- [8] Hastenrath, S. (1991). *Climate dynqmics of the tropics*, 512p.
- [9] Iran Meteorological Organization (2011). Scientific journal of Meteorological Organization of Semnan province, *Journal of Arid Environments*, 66, 751-763.
- [10] Katyal, R.K., Zhang, Y., Jones, R.H. and Dyer, P.D. (1997). Atmospheric mold spore counts in relation to meteorological parameters, *Journal of Biometeorology*, 41, 17-22.
- [11] Mohammadghasemi, S. (2006). Assessment and mapping of desertification intensity based on water and soil in Zabol, Ms.c thesis of Tehran University, 134pp.
- [12] Nateghi, S., Zehtabiyani, GH.R. and Ahmadi, H. (2009). Determination of desertification intensity using IMDPA model in Segzi plain, *Iranian journal of Natural Resources*, 62(3): 419-430
- [13] Natural Resources office of Semnan province (2005). *The plan of combating desertification in Amir Abad of Damghan*, 265pp.
- [14] Nikoo, Sh. (2006). Study of effective environmental factors on distribution of vegetation cover in Damghan region, Ms.c thesis of Tehran University, 105pp.
- [15] Razavi, S.M. (2009). Determination of desertification intensity using IMDPA model with emphasis on water, soil, vegetation cover and climate criterias in Kavir-e-Mighan of Arak, Ms.c thesis of Tehran University, 100pp.
- [16] Reynolds, J.F. and Stafford Smith, D.M. (2002). *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?*, Dahlem University Press, Berlin, 88, 437.
- [17] Shokouhi, E.S. (2011). Study of desertification status using IMDPA model with emphasis on water and soil criterias in Khezr Abad-Elah Abad of Yazd, Ms.c thesis of Tehran University, 120pp.
- [18] Torabi, S.R. (2003). Water and soil salinization factor in Baram region of Damghan, Ms.c thesis of Tehran University, 146pp.
- [19] UN (United Nations) (1994). UN Earth Summit, Convention on Desertification, *UN Conference*

in *Environment and Development*, Rio de Janeiro, Brazil, June 3-14, 1992. DPI/SD/1576. United Nations, New York.

- [20] Veron, S.R., Paruelo, J.M. and Oesterheld, M. (2006). Assessing desertification, *Journal of Arid Environment*, 66, 751-763.
- [21] Walsh, P.D. and Lawler, DM. (1981). Rainfall seasonality: description, spatial patterns and change through time, *Weather journal*, 36, 201-208.
- [22] Zerey, E.W. (2010). Critical Reading of Desertification Indicators, EDN/CSFD contribution to a European proposal of a minimum set of indicators for the UNCCD 10 year Strategy.

Archive of SID