نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ٦٦، شماره ١، بهار ١٣٩٢
٣٧

تاریخ دریافت: ١٣٨٩/١١/٩
تاریخ پذیرش: ١٣٩١/٤/١٤

ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی و اصلاح مدل مدالوس در دشت سگزی اصفهان

لیلا بخشنده‌مهر؛ کارشناس ارشد بیابان‌زدایی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
سعید سلطانی*؛ دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
عادل سپهر؛ استادیار دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد

چکیـده:

بر طبق تعریف کنفرانس بین‌المللی مبارزه با بیابان‌زایی، «پدیدهٔ بیابان‌زایی» عبارت اســت از تخریب اراضی در نواحی خشــک، نیمه‌خشــک، و نیمه‌مرطوبِ خشکِ ناشــی از عوامل متعددی چون تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی. این پدیده مدت‌هاست که یک مشــکل جدّی اقتصادی، اجتماعی، و زیســت‌محیطی در بسیاری از کشورها شــناخته شده است. روش مدالوس یکی از روش‌های کاربردی در ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی و برآورد ریســک آن است. در این تحقیق، به منظور ارزیابی بیابان‌زایی و تهیهٔ نقشهٔ آن در دشت سگزی (واقع در شرق شهر اصفهان)، مدلی منطقه‌ای، با اصلاح روش مدالوس، ارائه شده است. درگام اول، بر اســاس وضعیت محلی، هفت معیار کیفی، مشتمل بر اقلیم، خاک، پوشش گیاهی، آب زیرزمینی، فرسایش آبی، فرسایش بادی، و مدیریت و سیاست، برای ارزیابی بیابان‌زایی، مدنظر قرار گرفت. هر معیار شامل شاخص‌های متعددی است که آن را به لحاظ کیفی تعریف می‌کنند. این شــاخص‌ها بر اساس میزان تأثیرشان بر فرایند بیابان‌زایی کمّی شدند. برای هر شاخص امتیازی بین ١٠٠ تا ٢٠٠ در نظر گرفته شد. امتیاز هر معیار با محاسبهٔ میانگین هندسی امتیاز شاخص‌ها و امتیاز وضعیت فعلی بیابان‌زایی با محاسبهٔ میانگین هندسی امتیازات هفت معیار اصلی حاصل شد. در پایان، وضعیت فعلی بیابان‌زایی در چهار کلاس، مشتمل بر خفیف، متوســط، شدید، و بسیار شدید، طبقه‌بندی و نقشهٔ وضعیت این پدیده با سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. بر اساس این نتایج، ٢ درصد از مســاحت منطقه در کلاس بیابان‌زایی متوســط، ٣٥ درصد در کلاس بیابان‌زایی شدید، و ٦٣ درصد نیز در کلاس بیابان‌زایی بسیار شدید قرار دارد. معیار «اقلیم» و «مدیریت و سیاست» از عوامل مهمی هستند که موجبِ فرایند بیابان‌زایی در این منطقه شده‌اند.

واژگان کلیدی: ارزیابی بیابان‌زایی، مدالوس، سیستم اطلاعات جغرافیایی، دشت سگزی، نقشه‌برداری بیابان‌زایی.

* نویسنده مسئول تلفن: ٠٩١٣٣١٠٤٤٣٤
E. mail: ssoltani@cc.iut.ac.ir

مقدمه

نواحی خشک و نیمه‌خشک، که بیش از ٤٠ درصد سطح اراضی جهان را به خود اختصاص داده‌اند، زیستگاه یک بیلیون نفر از مردم دنیا به‌شمار می‌روند (Vero´n et al., 2006). جوامع انسانی در این مناطق به‌شدت به استفادهٔ بهینه از منابع طبیعی وابسته‌اند. روند روزافزون تخریب این منابع ارزشمند در بسیاری از این نواحی تهدیدی جدّی برای بشریت محسوب می‌شود. بیابان‌زایی، یکی از مظاهر این تخریب، کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه را تحت تأثیر قرار داده است.

بر اساس گزارش‌های موجود، این پدیده از نیمهٔ دوم قرن گذشته (دههٔ ۱۹۵۰)، شناسایی و به آن توجه شد. دانشمند فرانسوی (Lawden, 1927) نخستین کسی بود که واژهٔ «بیابان‌زایی» را ابداع کرد و در مفهوم تخریب اکوسیستم و منابع گیاهی به کار برد. پس از آن، در کتاب آب و هوا، جنگل‌ها، و بیابان‌زایی (Aubreville, 1949)، این پدیده کاهش قابلیت بهره‌وری اراضی و ایجاد بیابان‌های جدید تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی مخرب و فرسایندهٔ خاک معرفی شد (Sepehr, 2005). در پی خشک‌سالی‌ها و قحطی‌های پی‌درپیِ اواخرِ دههٔ ٦٠ و اوایل دههٔ ۷۰ در کشورهای افریقایی و فراگیرشدن مشکل بیابان‌زایی در جهان، سازمان ملل[1](UNEP)، در سال ۱۹۷۷، اولین کنفرانس جهانی بیابان‌زدایی (UNCCD)[2] را در نایروبی، پایتخت کنیا، برگزار کرد. در این کنفرانس، علاوه بر تعریف کلی و نسبتاً جامع واژهٔ بیابان، پدیدهٔ بیابان‌زایی به عنوان عامل تخریب و انهدام اکوسیستم‌های طبیعی، که سبب کاهش تولید بیولوژیک در حد ظهور تخریب خاک (به‌ویژه فرسایش بادی) می‌شود، معرفی شد.

بر اساس تعریف کنفرانس محیط زیست و توسعهٔ سازمان ملل متحد[3](UNCED, 1992)، در ریودوژانیرو، واژهٔ بیابان‌زایی عبارت است از:

«تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک، و خشکِ نیمه‌مرطوب تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی». (Longeran, 2005).

تاکنون روش‌های بسیاری برای ارزیابی بیابان‌زایی ارائه شده است؛ از آن جمله می‌توان به روش فائو–یونپ (1984)، روش آکادمی علوم ترکمنستان (Babaev, 1985)، و روش ICD[4] (Ekhtesasi & Mohajeri, 1995) اشاره کرد.

در کشور ایران، که ۸۵ درصد اراضی آن تحت اقلیم‌های خشک، نیمه‌خشک، و فراخشک است و با توجه به رشد یک‌درصدی میزان سالیانهٔ بیابان‌زایی و گسترش روزافزون آن، یافتن روش‌های ارزیابی این پدیده و علل ایجاد آن در قالب مدل‌های ارزیابی وضعیت فعلی و پیش‌بینی روند آن، بیش از پیش، ضروری می‌نماید. بنابراین، در سال‌های اخیر، مطالعات بسیاری بدین منظور انجام شده است.

محققان داخلی، در سال 1995، روش ICD را، به منظور ارزیابی بیابان‌زایی در ایران، ارائه کردند (Ibid). ایشان، در این روش، با تکیه بر مطالعات پایه و چشم‌اندازهای گیاهی، روش پیشنهادی را در مساحتی بالغ بر ۱۰ میلیون هکتار، از جنوب اصفهان تا سیرجان و بخش‌هایی از استان هرمزگان، بررسی و آزمایش کردند. بر اساس نتایج این تحقیق، منشأ ۲۵ درصد از بیابان‌های این مناطق محیطی و ۷۵ درصدِ آن انسانی است.

کمیسیون اروپا در سال ۱۹۸۷، با هدف مطالعات بیابان‌زایی و تخریب اراضی، تأسیس شد و پروژه‌های مختلفی در این زمینه به انجام رساند. مدالوس[5](MEDALUS) یکی از مهم‌ترین پروژه‌هایی است که به مدت نُه سال و در سه مرحله، از سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۹، انجام گرفت. این روش، که از جدیدترین

1. United Nation Environmet Programme
2. United Nation Conference to Combating Desertification
3. United Nation Conference of Environment and Development
4. Iranian Classification of Desertification
5. Mediteranean Desertification and Land Use

روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی است، در اکثر کشورهای حاشیهٔ مدیترانه و خاورمیانه اجرا شده و نتایج مثبتی به دنبال داشته است. اهداف عمومی مدالوس افزایش شناسایی فرایندها و دلایل اصلی تخریب خاک و بیابان‌زایی در نواحی نیمه‌خشک مدیترانه بود که به حجم زیادی داده نیاز داشت. در این پروژه، پایگاهی از داده‌های زمین مرجع ایجاد شد که شامل داده‌های صحرایی، مدل مدالوس، و تصاویر سنجش از دور بود. این پایگاه اطلاعات ارزشمندی برای تحقیقات بیابان‌زایی ارائه می‌داد و نقطهٔ مبدأ برای پایش تغییراتی بود که ممکن است در آینده در سایت‌ها ایجاد شود.

به دنبال ارائهٔ نتایج روش مدالوس، بیابان‌زایی دشت ورامین، با تکیه بر مسائل آب و خاک و در قالب روش مذکور، بررسی شد و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی جهت تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز به کار برده شد. در این تحقیق، شاخص‌های آب زیرزمینی، کاربری اراضی، و کیفیت خاک عوامل مؤثر در ایجاد بیابان‌زایی منطقه معرفی شدند (Rafiei Emam & Zehtabian , 2006).

تغییرات بیابان‌زایی و اَشکال مورفولوژیکی تپه‌های ماسه‌ای در نواحی بیابانی رامهرمز خوزستان، بر اساس روش مدالوس و با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM+، بررسی شد. بر اساس این مطالعه، ۸۲ درصد از سطح منطقه در کلاس بحرانی بیابان‌زایی قرار داشت (Sarsangi, 2008).

در سال ۱۳۸۳، «طرح ملی تعیین شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی کشور» به منظور نیل به اهداف «برنامهٔ اقدام ملی و مقابله با بیابان‌زایی»، با تکیه بر شرایط خاص اکولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی، و فرهنگی کشور، توسط دفتر تثبیت شن و بیابان‌زدایی سازمان جنگل‌ها، مراتع، و آبخیزداری کشور نهایی شد. این طرح با مشارکت استادان و محققان برجستهٔ کشور با استفاده از منابع معتبر داخلی، خارجی، و بین‌المللی تدوین شد (Ahmadi, 2006). بر اساس این طرح، ۹ معیار و ۳۶ شاخص بیابان‌زایی در ایران همراه با متدولوژی ارزیابی کمّی و کیفی آن‌ها در قالب مدلی، با عنوان «مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی»[1] (IMDPA) ارائه شد. در روش مذکور، شدت بیابان‌زایی به کمک ۹ معیار ـ خاک، فرسایش بادی، فرسایش آبی، اقلیم، آب، پوشش گیاهی، کشاورزی، توسعهٔ تکنولوژی، و مدیریت ـ ارزیابی می‌شود. برای تلفیق داده‌ها، همانند روش مدالوس، از میانگین هندسی استفاده می‌شود. در روش ایرانی، به هر لایه، بر اساس میزان تأثیر آن در بیابان‌زایی وزنی بین ۱- ٤ تعلق می‌گیرد و، در پایان، وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و کلاس شدت بیابان‌زایی در ٤ کلاس تعیین می‌شود. نتایج حاصل از بررسی این مدل در منطقهٔ شرق اصفهان نشان داد این مدل بیش از ۸۵ درصد با منطقهٔ مورد مطالعه انطباق داشت و برای واسنجی به تغییرات کمی احتیاج دارد.

وضعیت بیابانی‌شدن اراضی محدودهٔ شهر اصفهان با استفاده از مدل IMDPA و با تأکید بر شاخص‌های بیابان‌زایی تکنوژنیکی بررسی و ارزیابی شد (Sadeghi, 2010). نتایج به‌دست‌آمده نشان داد، در حال حاضر، بیش از ۲۰/۹ درصد از محدودهٔ شهر اصفهان در کلاس بیابانی‌شدن شدید، ۵۱/۸ درصد در کلاس متوسط، و فقط ۲۷/۳ درصد در معرض بیابانی‌شدن خفیف قرار دارد. مهم‌ترین عامل مؤثر در بیابانی‌شدن شهر اصفهان تبدیل باغات و اراضی زراعی به مسکونی و شهری و کاهش سرانهٔ فضای سبز و همچنین کاهش نسبت پذیرش جمعیت بالقوه به جمعیت بالفعل (کاهش زیست‌توده) است.

شدت بیابان‌زایی دشت سیستان نیز با استفاده از مدل IMDPA ارزیابی شد. در مطالعهٔ مذکور، چهار فاکتور ـ اقلیم، پوشش گیاهی، خاک، و فرسایش بادی ـ مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در بیابان‌زایی شناخته شدند و امتیاز شاخص‌های آن‌ها تعیین شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، شدت بیابان‌زایی در ۵۲ درصد از سطح منطقهٔ مورد مطالعه متوسط و مابقی در کلاس‌های شدید و فاقد کلاس تعیین شدند (Zolfaghari et al., 2011).

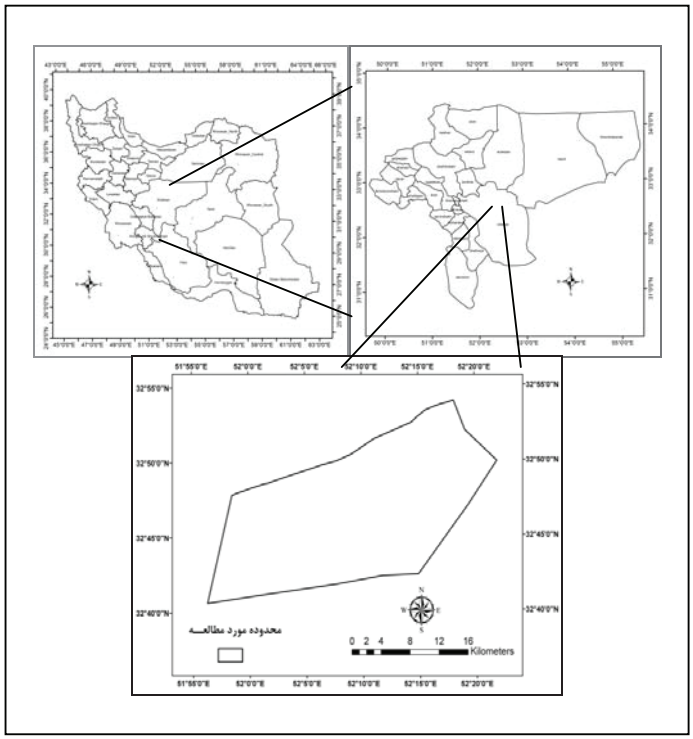
1. Iranian Model for Desertification Potential Assessment

حدود ۲/٤ درصد از مجموع بیابان‌های جهان در کشور ایران قرار دارد که در ۱۷ استان، از جمله استان اصفهان، پراکنده‌اند. با علم به این موضوع، در این پژوهش سعی شده است، با توجه به روش ارزیابی و تهیهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی، که در مرحلهٔ سوم پروژهٔ مدالوس بدان پرداخته شده است و، در نهایت، در سال ۱۹۹۹، به عنوان شاخص‌های کلیدی بیابان‌زایی و تهیهٔ نقشهٔ مناطق حساس به بیابان‌زایی[1](ESAs) ارائه شده است، عوامل مؤثر در بیابان‌زایی دشت سگزی شناسایی شود و وضعیت فعلی و مناطق حساس به بیابان‌زایی در این دشت ارزیابی و نقشهٔ وضعیت فعلی این پدیده تهیه شود.

روش‌شناسی

منطقهٔ مورد بررسی

دشت سگزی، واقع در ٤۰ کیلومتری شرق شهر اصفهان، یکی از ۱٦ کانون بحرانی بیابان‌زایی در استان اصفهان است. این دشت، با توجه به نزدیکی آن به مناطق شهری، تأسیسات نظامی، و حمل و نقل و نیز صنایع و کارگاه‌هایی که در آن واقع شده‌اند، از جنبهٔ جلوگیری از فرسایش بادی و بیابان‌زدایی در اولویت مطالعاتی و اجرایی قرار دارد. محدودهٔ مورد مطالعه، که بخشی از این دشت است، با مساحت ۵۵۰۰۰ هکتار بین طول‌های شرقی ″۱٦ ′۵٦ ۵۱ و ″۳۹ ′۲۲ ۵۲ و عرض‌های شمالی ″۳٦ ′٤۰ ۳۲ و ″۵۹ ′۵۳ ۳۲ گسترده شده است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه

1. Environmentally Sensitive Areas to desertification

مرتفع‌ترین نقطهٔ این منطقه، با ارتفاع ۲۱۲۰ متر، در شمال شرقی آن واقع است و پست‌ترین نقطه در جنوب غربی منطقه، با ارتفاع ۱۵۵۰ متر از سطح دریای آزاد. شیب متوسط منطقه برابر با ۱/۰۸ درصد است. بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی شرق اصفهان، متوسط بارش سالیانهٔ منطقه ۱۰۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۵/۲ درجهٔ سانتیگراد است. میانگین تبخیر سالیانه در منطقه ۲۲۰۱/۵ میلی‌متر است. میانگین سرعت ماهانهٔ شدیدترین بادها در طی یک دورهٔ آماری ۲٤ ساله (۵۹ – ۸۳) از ۱۱/۷ متر بر ثانیه در شهریورماه تا ۱۹ متر بر ثانیه در فروردین‌ماه در نوسان است. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، اقلیم منطقه از نوع خشک و، بر طبق تقسیم‌بندی آمبرژه، از نوع خشک سرد است.

مراحل تحقیق

برای دستیابی به هدف اصلی این تحقیق، که بررسی وضعیت فعلی بیابان‌زایی و ارائهٔ نقشهٔ بیابان‌زایی منطقهٔ شرق اصفهان با توجه به روش مدالوس است، عوامل مؤثر در بیابان‌زایی منطقه شناسایی شد و هر کدام به منزلهٔ یک معیار یا معرّف[1] در نظر گرفته شد. سپس، خصوصیات معیارهای مذکور، که در بیابان‌زایی منطقه مؤثرند، به عنوان شاخص[2] مدنظر قرار گرفتند تا، با ارزیابی آن‌ها، میزان تأثیر هر معیار در فرایند بیابان‌زایی مشخص شود. با بررسی مطالعات صورت‌گرفته در منطقهٔ سگزی و همچنین بازدیدهای صحرایی، هفت عامل ـ اقلیم، خاک، پوشش گیاهی، آب‌های زیرزمینی، فرسایش آبی، فرسایش بادی، و مدیریت و سیاست ـ معیارهای ارزیابی بیابان‌زایی انتخاب شدند (جداول ۱ تا ۷).

هر کدام از این معیارها و شاخص‌های مورد نظر آن‌ها، در واحدهای کاری منطقهٔ مطالعاتی، بررسی و امتیاز آن‌ها تعیین شد. بنابراین، در وهلهٔ اول، نقشهٔ واحدهای کاری منطقه به شرح زیر ترسیم شد. با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه‌های شیب، جهت شیب، و طبقات ارتفاعی تهیه شد. پس از تفسیر عکس‌های هوایی (مقیاس ۱:۵۵۰۰۰) منطقه و بازدیدهای صحرایی، مرز واحدها، تیپ‌ها، و رخساره‌های منطقه تعیین شد و نقشهٔ مورفولوژی منطقهٔ مطالعاتی ترسیم شد. به دلیل آنکه شیب منطقه کم و تغییر جهت شیب منطقه ناچیز بود، نقشهٔ واحد کاری منحصراً از تلفیق دو نقشهٔ زمین‌شناسی و نقشهٔ ژئومورفولوژی تهیه شد. به عبارتی، رخساره‌های ژئومورفولوژی واحد کاری در نظر گرفته شد. این منطقه، از نظر ژئومورفولوژیکی، مشتمل بر دو واحد است: دشت‌سر (دشت‌سر اپانداژ و پوشیده)؛ واحد پلایا. نوزده رخسارهٔ ژئومورفولوژی در این منطقه شناسایی و تفکیک شد.

به هر یک از شاخص‌های مورد نظر، با توجه به وضع موجود در منطقه و استانداردهای تعیین‌کنندهٔ کیفیت، امتیازی بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ تعلق می‌گیرد. امتیاز هر معیار با محاسبهٔ میانگین هندسی (رابطهٔ ۱) امتیازات شاخص‌های مربوط به آن تعیین و طبقه‌بندی می‌شود.

رابطهٔ ۱

$$W_X = (w_1 \times w_2 \times \ldots \times w_n)^{1/n}$$

که در آن WX امتیاز مربوط به هر معیار، w (n,...,۱,۲) امتیازهای مربوط به هر شاخص و n تعداد شاخص‌هاست. در پایان، امتیاز وضعیت بیابان‌زایی (DS) نیز با محاسبهٔ میانگین هندسی امتیاز معیارهای تعیین‌شده (رابطهٔ ۲) به‌دست می‌آید. و کلاس بیابان‌زایی هر واحد کاری و، به تبع آن، کل منطقه مشخص می‌شود.

رابطهٔ ۲

$$D_S = (W_S \times W_V \times W_C \times W_{Wa} \times W_{Wi} \times W_G \times W_M)^{\frac{1}{7}}$$

در این رابطه، WS امتیاز معیار خاک، WV امتیاز معیار پوشش گیاهی، WC امتیاز معیار اقلیم، WWa امتیاز معیار فرسایش آبی، WWi امتیاز معیار فرسایش بادی، WG امتیاز معیار آب زیرزمینی، و WM امتیاز معیار مدیریت و سیاست است.

1. criteria
2. index

جدول ۱. مبنای امتیازدهی شاخص‌های معیار کیفیت خاک

شاخص	کلاس	شرح	امتیاز
بافت خاک	1	L , SCL , SL , LS , CL	100 – 125
	2	SC , SiL , SiCL	125 – 150
	3	Si , C , SiC	150 – 175
	4	S	175 – 200
درصد سنگریزهٔ سطحی	1	20 <	100 – 135
	2	20 - 50	135 – 170
	3	>50	170 – 200
شیب (درصد)	1	0 – 5	100 – 125
	2	5 – 12	125 – 150
	3	12 – 35	150 – 175
	4	> 35	175 – 200
عمق خاک (سانتی‌متر)	1	>75	100 – 125
	2	30 - 75	125 – 150
	3	15 – 30	150 – 175
	4	<15	175 – 200
زهکشی خاک	1	نفوذ آب سریع و در خلال دورهٔ رشد خاک مرطوب	100 – 125
	2	نفوذ آب کند و خاک به حد کافی مرطوب	125 – 150
	3	نفوذ آب کند و خاک برای مدت طولانی مرطوب	150 – 175
	4	نفوذ آب بسیار کند و آب بر روی خاک جمع می‌شود	15 – 200
میزان گچ خاک (درصد)	1	0 – 10	100 – 125
	2	10 – 30	125 – 150
	3	30 – 45	150 – 175
	4	>45	175 – 200
هدایت الکتریکی (میکرومو س بر سانتی‌متر)	1	0 – 8	100 – 120
	2	8 – 16	120 – 140
	3	16 – 32	140 – 160
	4	32 – 100	160 – 180
	5	>100	180 – 200
مواد آلی خاک (درصد)	1	>3	100 – 125
	2	1 - 3	125 – 150
	3	0/5 - 1	150 – 175
	4	<0/5	150 – 200
نسبت جذب سدیم	1	<15	100- 125
	2	15 - 40	125 – 150
	3	40 - 100	150 – 175
	4	>100	175 – 200

جدول ۲. مبنای امتیازدهی شاخص‌های معیار کیفیت آب زیرزمینی

شاخص	کلاس	شرح	امتیاز
کلر (میلی‌گرم در لیتر)	1	<250	100 - 120
	2	250 - 500	120 - 140
	3	500 – 1500	140 - 160
	4	1500 – 2000	160 - 180
	5	>2000	180 - 200
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	1	<250	100 - 120
	2	250 - 750	120 - 140
	3	750 - 2250	140 - 160
	4	2250 - 5000	160 - 180
	5	>5000	180 - 200
نسبت جذب سدیم	1	<10	100 - 125
	2	10 - 18	125 - 150
	3	18 – 26	150 - 175
	4	>26	175 - 200
کل مواد جامد محلول (میلی‌گرم در لیتر)	1	<500	100 - 125
	2	500 - 1000	125 - 150
	3	1000 - 2000	150 - 175
	4	>2000	175 - 200
عمق آب زیرزمینی (متر)	1	25<	100 - 120
	2	10 - 25	120 - 140
	3	5 - 10	140 - 160
	4	2/5 - 5	160 - 180
	5	<2/5	180 - 200
افت سطح آب (سانتی‌متر)	1	0 - 10	100 - 120
	2	10 - 20	120 - 140
	3	20 - 30	140 - 160
	4	30 - 50	160 - 180
	5	>50	180 - 200

جدول ۳. مبنای امتیازدهی شاخص‌های معیار کیفیت اقلیم

شاخص	کلاس	شرح	امتیاز
بارش (سانتی‌متر)	1	>300	100 – 135
	2	150 - 300	135 – 170
	3	<150	170 – 200
تبخیر (سانتی‌متر)	1	<1500	100 – 135
	2	1500 – 2000	135 – 170
	3	>2000	170 – 200
ضریب خشکی دومارتن	1	I >40	100 – 135
	2	20< I <40	135 – 170
	3	20 >I	170 - 200

جدول ٤. مبنای امتیازدهی شاخص‌های معیار کیفیت پوشش گیاهی

شاخص	کلاس	شرح	امتیاز
حفاظت در برابر فرسایش	1	باغات، درختچه‌ها، و مراتع همیشه سبز	100 – 125
	2	مراتع و بوته‌زارهای دائمی	125 – 150
	3	محصولات کشاورزی یک‌ساله، غلات، علفزارهای یک‌ساله	150 – 175
	4	اراضی لخت و بایر	175 – 200
مقاومت در برابر خشک‌سالی	1	باغات، درختچه‌ها، و مراتع همیشه سبز	100 – 125
	2	مراتع و بوته‌زارهای دائمی	125 – 150
	3	محصولات کشاورزی یک‌ساله، غلات، علفزارهای یک‌ساله	150 – 175
	4	اراضی لخت و بایر	175 – 200
درصد پوشش گیاهی	1	>50	100 – 125
	2	35-50	125 – 150
	3	10-35	150 – 175
	4	<10	175 – 200

جدول ۵. مبنای امتیازدهی شاخص‌های معیار کیفیت فرسایش بادی

شاخص	کلاس	شرح	امتیاز
کلاس‌های فرسایش بادی ($IRIFR_1$)	1	I و II	100 - 125
	2	III	125 - 150
	3	IV	150 – 175
	4	V	175 - 200
درصد سنگریزهٔ سطحی	1	>80	100 - 125
	2	50-80	125 - 150
	3	20 - 50	150 – 175
	4	<20	175 - 200
فراوانی بادها با سرعت متوسط بیش از 6 متر بر ثانیه	1	<5	100 - 125
	2	5 - 10	125 - 150
	3	10 - 20	150 - 175
	4	>20	175 - 200

جدول ٦. مبنای امتیازدهی شاخص‌های معیار کیفیت فرسایش آبی

شاخص	کلاس	کلاس فرسایش	امتیاز
کلاس فرسایش در مدل PSIAC	1	I و II	100 - 125
	2	III	125 - 150
	3	IV	150 – 175
	4	V	175 - 200

جدول ۷. مبنای امتیازدهی شاخص‌های معیار کیفیت سیاست و مدیریت

کاربری	شاخص	کلاس	شرح	امتیاز
اراضی کشاورزی	کیفیت عملیات کشاورزی	1	کشت واریته‌های بومی، استفاده نکردن از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، مکانیزاسیون محدود، آیش مناسب و به‌موقع زمین	100 - 135
		2	کشت واریته‌های اصلاح‌شده، استفاده از کودها و آفت‌کش‌ها، مکانیزاسیون در موارد ضروری مانند شخم، آیش مناسب و به‌موقع زمین	135 - 175
		3	کشت واریته‌های اصلاح‌شده، استفاده از کودها و آفت‌کش‌ها، مکانیزاسیون نامحدود و شدید، آیش قرار ندادن زمین یا آیش بی‌موقع	175 - 200
	شیوهٔ آبیاری و کیفیت آب	1	استفاده از شیوه‌های جدید آبیاری، کیفیت آب آبیاری مناسب	100 - 125
		2	استفاده از شیوه‌های جدید آبیاری، کیفیت آب آبیاری نامناسب	125 - 150
		3	استفاده از شیوه‌های آبیاری سنّتی، کیفیت آب آبیاری نسبتاً مناسب	150 - 175
		4	استفاده از شیوه‌های آبیاری سنّتی، کیفیت آب آبیاری نامناسب	175 - 200
اراضی مرتعی	میزان تخریب مرتع (نسبت ظرفیت بالقوه به بالفعل)	1	1 – 1/5	100 - 125
		2	1/5 - 2	125 - 150
		3	2 – 5	150 - 175
		4	>5	175 - 200
	فشار چرا (نسبت دام موجود به ظرفیت مرتع)	1	0 - 1	100 - 125
		2	1 - 1/5	125 - 150
		3	1/5 - 2	150 - 175
		4	>2	175 - 200
اراضی معدنی	نحوهٔ بهره‌برداری از معادن	1	بهره‌برداری بهینه، حفظ خاک سطحی و احیای پوشش گیاهی پس از برداشت	100 – 125
		2	بهره‌برداری بهینه، حفظ خاک سطحی، احیانکردن پوشش گیاهی پس از برداشت	125 – 150
		3	بهره‌برداری بی‌رویه، حفظ خاک سطحی، احیانکردن پوشش گیاهی پس از برداشت	150 – 175
		4	بهره‌برداری بی‌رویه، ازبین‌بردن خاک سطحی، ایجادنکردنِ هیچ گونه عامل حفاظتی پس از برداشت	175 – 200

شاخص‌های هر معیار با توجه به خصوصیات اکولوژیکی و در بازدیدهای صحرایی انتخاب شده‌اند. هر شاخص به نوعی نمایانگر عاملی مؤثر در بیابان‌زایی منطقه است.

به منظور ارزیابی معیار اقلیم، بارش، تبخیر، و شاخص خشکی شاخص‌های ارزیابی تعیین شدند. این شاخص‌ها با استفاده از آمار و داده‌های ایستگاه هواشناسی شرق اصفهان، که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقهٔ مطالعاتی است، محاسبه شد، سپس، بر اساس جدول، امتیاز آن‌ها تعیین شد. معیار کیفیت خاک منطقه با استفاده از ۹ شاخصی که در جدول ۱ تا ۷ آمده است ارزیابی شد. بدین منظور، در واحدهای کاری، با توجه به وسعت و تنوع خاک آن‌ها، پروفیل‌هایی با عمق ۴۰ سانتی‌متر حفر و نمونه‌هایِ خاک آزمایش و تحلیل شد. از آنجا که پارامترهای شیمیایی خاک در رخساره‌هایی که وسعتشان زیاد است مختلف است، برای تخمین میزان

پارامترها در دیگر نقاط رخساره و امتیازدهی دقیق‌تر، از روش‌های میان‌یابی، نظیر کریجینگ و وزن فواصل معکوس[1](IDW)، استفاده شد. این آنالیزها در محیط نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS ۹,۳) انجام شد. امتیازدهی این شاخص‌ها از طریق همپوشانی نقشهٔ واحدهای کاری با نقشه‌های تهیه‌شده به روش میان‌یابی صورت گرفت. معیار پوشش گیاهی در هر رخساره، با توجه نوع پوشش غالب و درصد پوشش گیاهی، ارزیابی شد. درصد پوشش در هر رخساره با استفاده از چند ترانسکت ۱۰۰ متری در هر رخساره اندازه‌گیری شد. میانگین درصد پوشش ترانسکت‌ها به عنوان درصد پوشش کل در هر رخساره محاسبه شد.

آب زیرزمینی منطقه از دو جنبهٔ کیفی و کمّی و با استفاده از آمار و داده‌های آنالیز شیمیایی و عمق آب در چاه‌های داخل محدوده و مجاور آن بررسی شد. از آنجا که تعداد این چاه‌ها محدود بود، به منظور تعمیم خصوصیات پارامترهای شیمیایی و عمق آب در رخساره‌ها، از روش‌های میان‌یابی (کریجینگ و وزن فواصل معکوس) استفاده شد.

فرسایش آبی با استفاده از روش PSIAC[2] و فرسایش بادی نیز با استفاده از روش IRIFR[3] (Ekhtesasi & Ahmadi, 1998) ارزیابی شد. سپس، بر اساس کلاس فرسایش در این دو مدل، امتیاز این دو معیار تعیین شد. در معیار فرسایش بادی، دو شاخص فراوانی بادهای فرساینده و میزان سنگریزهٔ سطحی نیز ارزیابی شدند و امتیاز آن‌ها تعیین شد.

معیار سیاست و مدیریت نیز بر اساس نوع کاربری ارزیابی شد. برای هر نوع کاربری شاخص‌های متناسب با آن تعیین شد و با توجه به بازدیدهای صحرایی و مصاحبه با اهالی، امتیازدهی شاخص‌ها انجام گرفت.

کلاس کیفیت هر کدام از هفت معیار مورد نظر، با توجه به جدول ۸، تعیین و با استفاده از نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS ۹,۲)، نقشهٔ کیفیت هر معیار تهیه شد.

پس از ارزیابی و بررسی شاخص‌ها و محاسبهٔ امتیاز هر معیار در هر واحد کاری، به منظور بررسی وضعیت فعلی بیابان‌زایی، میانگین هندسی امتیازات معیارهای اصلی، از طریق رابطهٔ ۲، محاسبه و امتیاز مربوط به شدت بیابان‌زایی تعیین شد.

پس از محاسبهٔ این امتیاز، کلاس وضعیت فعلی بیابان‌زایی، با توجه به جدول ۸، تعیین شد. سپس، با ورود امتیازها به سیستم اطلاعات جغرافیایی (نرم‌افزار ArcGIS ۹,۲) و تعیین کلاس وضعیت فعلی بیابان‌زایی، نقشهٔ وضعیت فعلی بیابان‌زایی تهیه شد.

جدول ۸. کلاس‌های وضعیت فعلی بیابان‌زایی

نوع ارزیابی	کلاس‌های وضعیت بیابان‌زایی			
کیفی	خفیف	متوسط	شدید	بسیار شدید
کمّی	100 - 120	121 - 135	136 - 153	>153

نتایج

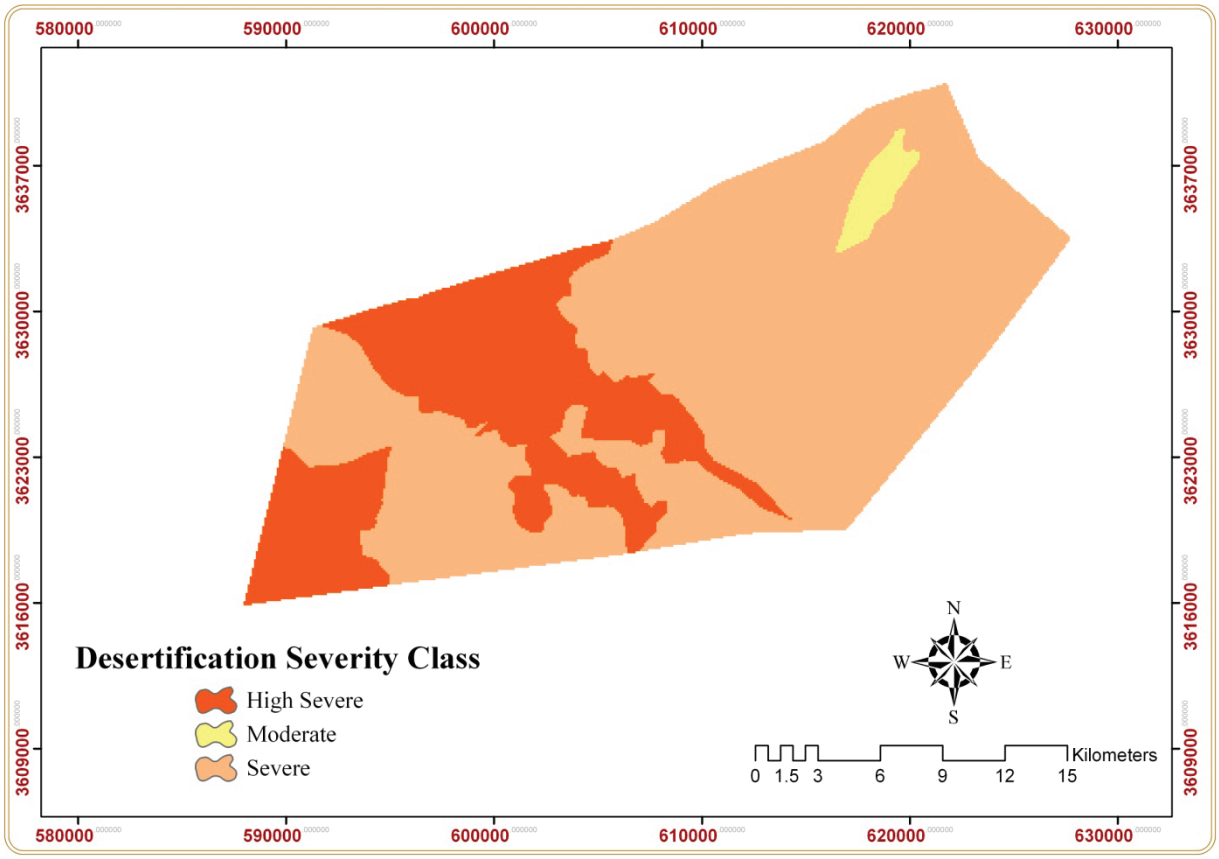
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، پس از ارزیابی و امتیازدهی شاخص‌های مربوط به هر معیار و محاسبهٔ میانگین هندسی امتیازات واحدهای کاری، امتیازات هفت معیار مورد ارزیابی به شرح زیر به دست آمد و شاخص‌هایی که حائز بالاترین امتیاز بود نیز تعیین شد (جدول ۹).

نتایج نشان می‌دهد دو معیار کیفیت اقلیم و معیار کیفیت مدیریت و سیاست، به‌ترتیب، حائز بالاترین امتیازند. این امر در نتیجهٔ خصوصیات و شرایط آب

1. Inverse Distance Weighting
2. Pacific Southwest Inter Agency Commitee
3. Iranianr ResearchiInstitute of Forest and Rangelands

جدول ۹. امتیازات هفت معیار و شاخص‌های ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی

معیارها و شاخص‌های مورد استفاده در ارزیابی بیابان‌زایی دشت سگزی	معیار	امتیاز	شاخص‌ها		میانگین وزنی امتیازات
	کیفیت خاک	144/3	بافت خاک		160
			درصد سنگریزه		157
			شیب		132
			عمق خاک		124
			زهکشی خاک		142
			میزان گچ خاک		165
			هدایت الکتریکی عصارهٔ اشباع خاک (EC)		158
			مواد آلی خاک		183
			نسبت جذب سدیم (SAR)		160
	کیفیت اقلیم	195/5	بارش		195
			تبخیر		197/8
			ضریب خشکی دومارتن		195
	کیفیت پوشش گیاهی	148/08	حفاظت در برابر فرسایش		155
			مقاومت در برابر خشک‌سالی		130
			درصد پوشش گیاهی		175
	کیفیت فرسایش آبی	131/32	کلاس فرسایش آبی در مدل PSIAC		131/31
	کیفیت فرسایش بادی	156/03	فراوانی بادها با سرعت متوسط بیش از 6 متر بر ثانیه		195
			کلاس فرسایش بادی در مدل .IRIFR-E.A		157
			درصد سنگریزهٔ سطحی		143
	کیفیت آب زیرزمینی	144/23	میزان یون کلرید		158
			هدایت الکتریکی (EC)		180
			نسبت جذب سدیم (SAR)		125
			کل مواد جامد محلول (TDS)		187
			عمق آب زیرزمینی		120
			افت سطح آب		135
	کیفیت مدیریت و سیاست	164/4	کیفیت عملیات کشاورزی	اراضی کشاورزی	165
			شیوهٔ آبیاری و کیفیت آب		181/6
			میزان تخریب مرتع (نسبت ظرفیت بالقوه به بالفعل)	اراضی مرتعی	170/7
			فشار چرا (نسبت دام موجود به ظرفیت مرتع)		145/36
			نحوهٔ بهره‌برداری از معادن	اراضی معدنی	190
			میزان اجرای عملیات حفاظتی		168/4



شکل ۲. نقشهٔ وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه

و هوایی خاص منطقه و فعالیت‌های غیراصولی انسانی ایجاد شده است. عملیات نامناسب کشاورزی، چرای بی‌رویه در مراتع، و برداشت‌های بی‌رویهٔ معدنی نیز از فعالیت‌های مخرب انسانی است که موجب بالابودنِ امتیاز معیار سیاست و مدیریت در منطقه شده است.

بر اساس آمار هواشناسی ایستگاه شرق اصفهان، که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقهٔ مورد مطالعه است، میزان تبخیر در منطقه بیش از ۲۰ برابر مقدار بارش است. این امر نمایانگر اقلیم خشک و کمبود آب قابل دسترس برای پوشش گیاهی منطقه است. بالابودن امتیاز معیار اقلیم به واسطهٔ همین خصوصیات اقلیمی است.

در ارتباط با معیار کیفیت آب‌های زیرزمینی، دو شاخص کل مواد جامد محلول و هدایت الکتریکی آب از عوامل مهمِ مؤثر در فرایند بیابان‌زایی منطقه و نشان‌دهندهٔ غیر قابل استفاده بودن آب زیرزمینی‌اند، چه از جنبهٔ شرب و چه از جنبهٔ آبیاری. کیفیت این معیار در رخساره‌هایی که میزان گچ و نمک خاک بالاست نامناسب‌تر است.

پس از بررسی و ارزیابی فرسایش آبی و بادی در منطقه، می‌توان اظهار کرد که نیمی از مساحت منطقه تحت تأثیر فرسایش آبی است و نیمی دیگر تحت تأثیر فرسایش بادی. با توجه به اینکه نیمهٔ غربی منطقه همواره مورد هجوم بادهای سنگین فرساینده قرار می‌گیرد، در این بخش‌ها، میزان فرسایش بادی زیادتر است و انواع رخساره‌های ناشی از این پدیده نیز به چشم می‌خورد. امتیاز این شاخص با عنوان «وزش بادهای با سرعت بیش از ٦ متر بر ثانیه» (سرعت آستانه) از بقیهٔ شاخص‌ها بیشتر است و شاخص مؤثرتری به‌شمار می‌رود.

معیار کیفیت سیاست و مدیریت، پس از معیار کیفیت اقلیم، رشد فزایندهٔ بیابان‌زایی در این منطقه را موجب شده است. این معیار در کاربری‌های متفاوت اراضی، جداگانه و با شاخص‌های متمایز، ارزیابی شد. در اراضی کشاورزی، به دلیل شور و قلیایی‌بودن آب و استفاده از روش‌های سنّتی و نامناسب آبیاری، شاخص شیوهٔ آبیاری و کیفیت آب در فرایند بیابان‌زایی تأثیر بیشتری داشته است. در کاربری مرتع نیز دو شاخص تخریب مرتع و فشارِ چرا ارزیابی و امتیاز آن‌ها تعیین شد. میزان این امتیازات در رخساره‌های دشت‌سر اپانداژ، که در گذشته پوشش گیاهی مطلوبی داشته و دام بیشتری در آن چرا کرده بود، بالاتر است. چرای مفرط در این رخساره‌ها موجب تخریب کیفیت خاک و پوشش گیاهی موجود شده و رخساره‌ها، به‌تدریج، قابلیت چرا را از دست داده¬اند. در دو رخساره ـ تراس‌های گچی قدیمی و کوره‌های آجرپزی ـ نیز نحوهٔ بهره‌برداری از معادن و خاک بررسی شد و امتیاز آن‌ها تعیین گشت. این دو رخساره، به علت اجرای غیراصولی عملیات استخراج و عواقب ناشی از این بهره‌برداری، نقشی مؤثر و اساسی در ایجاد و گسترش پدیدهٔ بیابان‌زایی دارند. سطح این تراس‌های گچی در گذشته پوشیده از سنگفرشی بوده که آثار آن هنوز در رخسارهٔ سنگفرش بیابانی مشهود است. برداشت غیراصولی گچ و خاک موجب ازبین‌رفتن این لایهٔ محافظ شده و، با ازبین‌رفتن آن، باد در برخورد مستقیم با خاک ریزدانه فرسایش بادی را تشدید کرده است.

وضعیت فعلی بیابان‌زایی در ۶۳ درصد از سطح منطقهٔ مورد مطالعه بسیار شدید، در ۳۵ درصد منطقه شدید، و در ۲ درصد از کل سطح منطقه متوسط است. نقشهٔ وضعیت فعلی بیابان‌زایی در شکل ۲ آمده است. از جنبهٔ حساسیت منطقه به این پدیده بیش از ۹۸ درصد از سطح منطقه در وضعیت بحرانی قرار دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، به منظور ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی دشت سگزی، به ارائهٔ مدلی منطقه‌ای اقدام شد. اساس این مدل بر پایهٔ روشی استوار است که در آخرین فاز پروژهٔ مدالوس اجرا شده بود. در روش مذکور، محققان بر پایهٔ چهار معیار اصلی ـ اقلیم، پوشش گیاهی، خاک، و مدیریت ـ و همچنین شاخص‌های متعلق به هر یک از این معیارها بیابان‌زاییِ بخش‌هایی از کشورهای مجاور مدیترانه را بررسی کردند.

معیارها و شاخص‌های این مدل با توجه به شرایط اکولوژیکی منطقهٔ مدیترانه انتخاب شده بود. از آنجا که خصوصیات اقلیمی، ادافیکی، و اکولوژیکی این منطقه با دیگر نقاط دنیا متفاوت است و مفهوم واژهٔ بیابان‌زایی نیز وابسته به این ویژگی‌هاست، معیارها و شاخص‌هایی که برای ارزیابی این پدیده انتخاب و ارزیابی شد نیز با هم متفاوت است. بنابراین، در بررسی پدیدهٔ بیابان‌زایی در هر نقطه از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی و نیز محدودهٔ امتیازات آن‌ها مختص به همان منطقه و یا مناطقی با شرایط مشابه آن است.

مدل مدالوس برای ارزیابی بیابان‌زایی در منطقهٔ کاشان، با بررسی هفت معیارِ اقلیم، پوشش گیاهی، خاک، منابع آب، فرسایش آبی، فرسایش بادی، و سیاست و مدیریت به کار گرفته شد. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان‌دهندهٔ آن بود که بیابان‌زایی در منطقهٔ کاشان با شدت متوسط، شدید، و بسیار شدید روند افزایشی داشته و معیار تخریب منابع آب معیار غالب در بیابان‌زاییِ این منطقه محسوب می‌شود (Zehtabian et al., 2005). همچنین، این مدل، به منظور ارزیابی بیابان‌زایی منطقهٔ فیدویه – گرمشت لارستان، منطقه‌ای شده و، علاوه بر چهار فاکتور روش مدالوس، دو عامل آب‌های زیرزمینی و فرسایش خاک منطقه نیز ارزیابی و امتیاز انها تعیین شد (Sepehr et al., 2007).

در ارزیابی پدیدهٔ بیابان‌زایی دشت سگزی، با توجه به شرایط حاکم و نظر کارشناسان آشنا با منطقه، علاوه بر چهار معیار مورد ارزیابی در روش مدالوس، سه معیار فرسایش آبی، فرسایش بادی، و آب‌های زیرزمینی نیز بررسی شد. همچنین، شاخص‌های این معیارها نیز با

توجه به شرایط منطقه و محدودیت‌های موجود در آن انتخاب و ارزیابی شد.

بر اساس نتایج این مطالعه، دو معیار اقلیم و سیاست و مدیریت در منطقهٔ سگزی بالاترین امتیاز را به خود اختصاص دادند و مهم‌ترین عوامل ایجادکنندهٔ بیابان‌زایی در منطقه به شمار می‌روند.

بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه با استفاده از مدل IMDPA و با ارزیابی سه معیارِ آب، زمین، و پوشش گیاهی نیز بررسی شده است (Nateghi et al., 2008). مدل مورد استفاده در مطالعهٔ حاضر از جنبهٔ ساختار به مدل IMDPA شبیه است. اما، در این تحقیق، کلیهٔ معیارهایی که موجب بروز پدیدهٔ بیابان‌زایی در منطقه شده بودند بررسی شدند و تعداد معیارها به هفت عدد رسید. در نتایج حاصل از مطالعه به روش IMDPA معیار آب مهم‌ترین عامل بیابان‌زایی در منطقه معرفی شده است، حال آنکه نتایج حاصل از مطالعهٔ حاضر به‌خوبی نشان می‌دهد که معیارهای اقلیم، مدیریت، و فرسایش بادی از عواملِ مهم ایجادکنندهٔ بیابان‌زایی در منطقه‌اند. شایان ذکر استَ کهَ در مطالعهٔ منطقه به روش IMDPA شدت بیابان‌زایی ارزیابی و در این تحقیق مدلی منطقه‌ای برای ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی ارائه شده است.

مدل ارائه‌شده در این تحقیق، در مقایسه با روش‌هایی که در گذشته استفاده شده دارای مزایای زیر است:

ـ استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGIS ۹,۲ نظیر تهیهٔ نقشه‌های شیب و جهت، اعمال روش‌های میان‌یابی در پارامترهای شیمیایی خاک و پارامترهای چاه‌های آب زیرزمینی و اعمال محاسبات نظیر میانگین هندسی، در این محیط، موجب افزایش سرعت و دقت کارشناس در ارزیابی می‌شود؛

ـ استفاده از میانگین هندسی امتیازات، در مقایسه با روش‌هایی که از جمع و یا ضرب امتیازات بهره گرفته‌اند، نتایجی بسیار نزدیک به واقعیت به دست می‌دهد. همچنین، استفاده از این عملیات ریاضی انعطاف مدل را برای افزودن شاخص‌های پیش‌بینی‌نشده بالا می‌برد؛

ـ شاخص‌های مورد ارزیابی در این مدل، با توجه به شرایط اکولوژیکی و نظر کارشناسان آشنا با شرایط منطقهٔ مورد مطالعه، تغییرپذیر است؛

ـ ارزیابی معیار سیاست و مدیریت در کاربری‌های مختلف و گزینش شاخص‌های متفاوت، بسته به نوع کاربری، از دیگر مزایای این مدل محسوب می‌شود. از آنجا که عوامل مدیریتی بیابان‌زا در کاربری‌های مختلف یکسان نیستند، شاخص‌های مورد استفاده نیز باید با توجه به نوع کاربری انتخاب شوند.

با توجه به بررسی‌های به‌عمل‌آمده در این تحقیق، باید اذعان کرد که انسان نمی‌تواند در بهبود شرایط عوامل محیطی، همچون اقلیم و خاک، نقش خاصی داشته باشد. بنابراین، باید دامنهٔ فعالیت‌هایش را، در جهت مبارزه با پدیدهٔ بیابان‌زایی، معطوف به بخش‌هایی نماید که بتواند تغییری در شرایط آن‌ها ایجاد کند.

مهم‌ترین مشکلی که در دشت سگزی به واسطهٔ فعالیت‌های نامناسب انسانی ایجاد شده بهره‌برداریِ بی‌رویه از گچ و خاکِ منطقه و احداث کارگاه‌هایِ پختِ گچ و آجر استَ ـ که به شیوهٔ سنّتی عمل می‌نمایند. گفتنی است آلودگی ناشی از عملکرد نامناسب این واحدها، در چند دههٔ گذشته، گریبانگیر ساکنان این دشت و همین طور کلان‌شهر اصفهان بوده است. بنابراین، جلوگیری از فعالیت این کارگاه‌ها و معادن و انتقال آن‌ها به محلی غیر از کانون بحران فرسایش بادی از مهم‌ترین اقداماتی است که باید به منظور جلوگیری از سیر صعودی پدیدهٔ بیابان‌زایی انجام گیرد. تغییر الگوی کشت محصولات کشاورزی، استفاده از روش‌های جدید آبیاری در بخش کشاورزی، و استفادهٔ بهینه از سفره‌های آب زیرزمینی از مواردی است که می‌تواند در بهبود شرایط دشت سگزی مؤثر باشد.

References

[1] Ahmadi, H. (1998). Applied Geomorphology, Desert-Wind Erosion, vol.2, 1th Edition, University of Tehran press.
[2] Ahmadi, H. (2006). Iranian model of desertification potential assessment in east of Esfahan. Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
[3] Babaev, A.G. (1985). Methodological principals of desertification processes, assessment and mapping. Desert Research Institute, Turkmenistan, Ashghabat.
[4] Bakhshandehmehr, L. (2009). Quantitative assessment of desertification present status in east Isfahan and development of a regional model (Emphasis on MEDALUS Method). M.Sc thesis, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology.
[5] Brandt, C.J. and Thornes J.B. (1996). Mediterranean Desertification and Land Use, John Wiley & Sons Inc., London.
[6] Darkoh, M.B.K. (1998). The nature, causes and consequences Of desertification in the dry lands of Africa. Land degradation & Development, 9, 1-20.
[7] Dregne, H. E. (1977). Desertification in arid lands. Economic Geography, 53(4), 322–331.
[8] Ekhtesasi, M.R. and Ahmadi, H. (1997). The qualitative and quantitative survey of wind erosion and assessment of sediment. Journal of Iran Natural resources, 50(2), 11-25.
[9] Ekhtesasi, M.R. and Mohajeri, S. (1995). The Methodology of Classification, Quality and Severity of desertification In Iran. Second Conference on Desertification and The Methods of Combating Desertification, Kerman, Iran.
[10] Ekhtesasi, M.R. and Sepehr, A. (2011). Methods and Models of Desertification Assessment And Mapping, Yazd University press.
[11] FAO. (1984). Provisional methodology for assessment and mapping of desertification. Food and Agriculture Organization of the United Nations and United Nations Environment Programme, Rome, Italy.
[12] Geeson, N.A., Brandt C.J. and Thornes J.B. (2002). Mediterranean Desertification, a mosaic of processes and Responses, John Wiley & Sons Inc., London.
[13] Lonergan S. (2005). The role of UNEP in desertification research and mitigation, Journal of Arid Environments, 63(3), 533-534.
[14] Nateghi, S., Zehtabian Gh. and Ahmadi H. (2010). Evaluating desertification severity in Segzi plain using IMDPA model, Journal of Range and Watershed Management, 62(3), 419-430.
[15] Rafiei Emam, A. and Zehtabian, GH. (2006). The approach of desertification sensitivity mapping, Forest & Rangeland 66, 6-13.
[16] Rubio, J.L. and Bochet E. (1998). Desertification indicators and diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe, Journal of Arid Environments, 39, 113-120.
[17] Sadeghi, S. (2010). The survey of desertification of Isfahan city emphasis on techtogenic desertification indices. M.Sc thesis, Faculty on Natural Resources, Yazd University.

[18] Sarsangi, A. (2008). The study of desertification changes and determining the morphological shape of sand dunes in Khuzestan using RS & GIS. M.Sc thesis, University of Shahid Chamran.
[19] Sepehr, A., Hassanli A. and Ekhtesasi M.R. (2007). Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method, Environmental Monitoring and Assessment, 134(1-3), 243-254.
[20] Vero´n, S.R., Paruelo J.M and Oesterheld M. (2006). Assessing desertification, Journal of Arid Environments, 66, 751–763.
[21] Yassoglou, N.J. and Kosmos C. (2000). Desertification in the meditrranean Europe, A case in Greece, Rala Report, 200, 27-33.
[22] Zehtabian, Gh., Ahmadi H., Khosravi H. and Rafiei Emam A. (2005). The approach of desertification mapping using MEDALUS methodology in Iran, Biaban 10(1), 205-220.
[23] Zolfaqari, F., Shahriyari A., Fakhireh A., Rashki A., Noori S. and Khosravi H. (2011). The Assessment of desertification severity in Sistan plain using IMDPA model, Watershed Management Researches, 91, 97-107.