نشریه شمـاره 10، پاییز و زمستان 1396، صفحات 115-99

نشریه مدیریت بیابـان

www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

ارزیابی بیابان‌زایی در شرق اصفهان با استفاده از روش تلفیقی مدل مدالوس و ارزیابی چند معیارهٔ (MCA)

خلیل حبشی[1*]، حمیدرضا کریم‌زاده[2]، سعید پورمنافی[3]، رضا جعفری[2]

1. دانش آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
2. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
3. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

* نویسنده مسئول: kh.habashi@yahoo.com

تاریخ دریافت: 1396/05/04 **تاریخ پذیرش**: 1396/10/20

چکیده

بیابان‌زایی به معنی تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب است که در نتیجهٔ عوامل مختلفی همچون تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود. منطقهٔ مورد مطالعه با وسعت 136 هزار هکتار در فاصلهٔ 20 کیلومتری از جهت شرق کلان‌شهر اصفهان واقع شده است. با توجه به همجواری این منطقه به شهر اصفهان مطالعه و بررسی بیابان‌زایی در این منطقه امری ضروری است. در پژوهش حاضر، برای ارزیابی بیابان‌زایی در گام اول، برپایهٔ وضعیت محلی، شش معیار کیفی، مشتمل بر اقلیم، خاک، آب زیرزمینی، پوشش گیاهی، فرسایش خاک و مدیریت و سیاست برای ارزیابی بیابان‌زایی مدنظر قرار گرفتند. هر معیار شامل شاخص‌هایی است که آن را به لحاظ کیفی تعریف می‌کنند. این شاخص‌ها برپایهٔ مقدار تأثیری که بر فرآیند بیابان‌زایی دارند با امتیازدهی در دامنهٔ 100 تا 200 استانداردسازی و کمّی شدند. ارزش کمّی هر معیار با ضرب وزن محاسبه شده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در ارزش لایهٔ هر شاخص و تلفیق لایه‌ها بر اساس ترکیب خطی وزنی به‌دست آمد. در پایان نقشهٔ وضعیت بیابان‌زایی با ضرب وزن در ارزش لایهٔ هر معیار و تلفیق لایه‌ها براساس روش ترکیب خطی وزنی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌دست آمد. براساس نتایج به‌دست آمده، 35/49 درصد از مساحت منطقهٔ درطبقه شدید و 64/5 درصد در طبقه بسیار شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد. همچنین معیار اقلیم با وزن 0/29 دارای بیشترین تأثیر بر پدیدهٔ بیابان‌زایی بوده و پس از آن معیار مدیریت و معیار خاک به‌ترتیب با وزن‌های 0/23 و 0/21 قرار می‌گیرند.

واژگان کلیدی: اقلیم؛ مدیریت؛ فرسایش خاک؛ تحلیل سلسه‌مراتبی؛ مدالوس؛ بیابان‌زایی

n مقدمه

بیابان‌زایی به‌معنی تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب است که در نتیجه عوامل مختلفی همچون تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود (32). در حال حاضر بیابان‌زایی معضلی گریبان‌گیر برای بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای در حال توسعه است (30، 33). طبق

بررسی‌های صورت‌گرفته توسط IFAD[1]، بیابان‌زایی 40 درصد از کل اراضی زمین را تهدید نموده و سالانه 12 میلیون هکتار از اراضی را تحت تأثیر مستقیم خود قرار می‌دهد. این پدیده سالانه 42 میلیارد دلار به اقتصاد جهانی زیان رسانده و حدود دو میلیارد نفر از مردم جهان با این پدیده روبرو بوده و سالانه موجب مهاجرت پنج میلیون نفر می‌شود (15). فرآیند بیابان‌زایی همواره با تخریب خاک و منابع آب، پوشش گیاهی و دیگر منابع همراه است (6).

در پژوهش حاضر، به‌منظور ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی شرق اصفهان از مدل مدالوس[2] و روش ارزیابی چندمعیاره استفاده (MCA[3]) شد. اساس مدل مدالوس بر پایهٔ روشی استوار است که در آخرین فاز پروژهٔ مدالوس اجرا شده بود. در روش مذکور، محققان بر پایهٔ چهار معیار اصلی اقلیم، پوشش گیاهی، خاک، و مدیریت و همچنین شاخص‌های متعلق به هر یک از این معیارها، بیابان‌زایی بخش‌هایی از کشورهای حوزهٔ دریای مدیترانه را بررسی کردند (18). معیارها و شاخص‌های مدل مدالوس با توجه به شرایط اکولوژیکی منطقهٔ مدیترانه انتخاب شده بودند. 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.

با توجه به اهمیت موضوع، مطالعات متعددی جهت ارزیابی بیابان‌زایی صورت گرفته است (11، 16، 27، 28، 30). جهت ارزیابی فرآیند بیابان‌زایی در کشور هندوستان از روش مدالوس و هفت معیار پوشش گیاهی، فرسایش بادی، فرسایش آبی، شوری‌زایی، برجستگی‌های یخبندان و لغزش توده‌ای استفاده گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که سطح تخریب اراضی حدود 35 درصد است و عمده‌ترین عوامل تخریب فرسایش آبی، پوشش گیاهی و فرسایش بادی در منطقهٔ مورد مطالعه گزارش شد (26). برای ارزیابی بیابان‌زایی در شمال بیابان سینا کشور مصر از مدل مدالوس اصلاح‌شده بر پایهٔ پنج معیار اصلی بیابان‌زایی، خاک، آب و هوا، فرسایش، پوشش گیاهی و مدیریت، استفاده شد (23). به‌منظور شناسایی مناطق حساس به بیابان‌زایی در حوضهٔ رودخانه باسیلیکاتا در جنوب ایتالیا از مدل مدالوس و معیارهای اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و مدیریت استفاده گردید (9). در پژوهشی با هدف پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی در شمال شرق گنبد استان گلستان، از مدل ارزیابی چندمعیاره و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP[4]) بهره‌گیری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که منطقهٔ مورد بررسی در چهار طبقه خطر بیابان‌زایی بسیار شدید، شدید، متوسط و کم قرار می‌گیرد و درصد مساحت هر کدام از طبقه‌ها به‌ترتیب 36/5، 15/2، 40/1 و 8 است. همچنین کاربری اراضی و حساسیت‌سازند زمین‌شناسی به فرسایش از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فرایند بیابان‌زایی منطقه شناسایی شدند (21). به‌منظور ارزیابی شدت و خسارت بیابان‌زایی در بخش شمالی دشت گرگان، از مدل مدالوس اصلاح‌شده استفاده گردید. نتایج نشان داد که 52/48 درصد از مساحت منطقه در طبقه شدید، 44/27 درصد در طبقه متوسط و 2/79 درصد در طبقه کم بیابان‌زایی قرار می‌گیرد. همچنین براساس نتایج به‌دست آمده شاخص‌های خاک و ماندابی شدن از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر روند بیابان‌زایی منطقه‌اند (14). در پژوهشی با هدف ارزیابی راهکارهای بیابان‌زدایی با استفاده از روش تخصیص خطی (LA[5])، اولویت شاخص‌ها با بهره‌گیری از مدل دلفی در چهارچوب روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM[6]) تهیه شد. سپس اولویت راهکارها با استفاده از مدل خطی مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج، جلوگیری از تغییر نامناسب کاربری زمین، توسعه و احیای پوشش گیاهی و کنترل تغذیهٔ منابع آب زیرزمینی به‌عنوان مهم‌ترین راهکارهای بیابان‌زدایی در منطقهٔ مورد مطالعه شناسایی شدند (29). همچنین نتایج استفاده از مدل IMDPA[7] با تأکید بر سه معیار آب، زمین، اقلیم و خاک، پتانسیل بیابان‌زایی در دشت عباس استان ایلام

[1] International Fund for Agricultural Development
[2] MEDALUS
[3] Multi Criteria Analysis
[4] Analytic Hierarchy Process
[5] Linear Assignment
[6] Multi-Attribute Decision Making
[7] Iranian Model of Desertification Potential Assessment

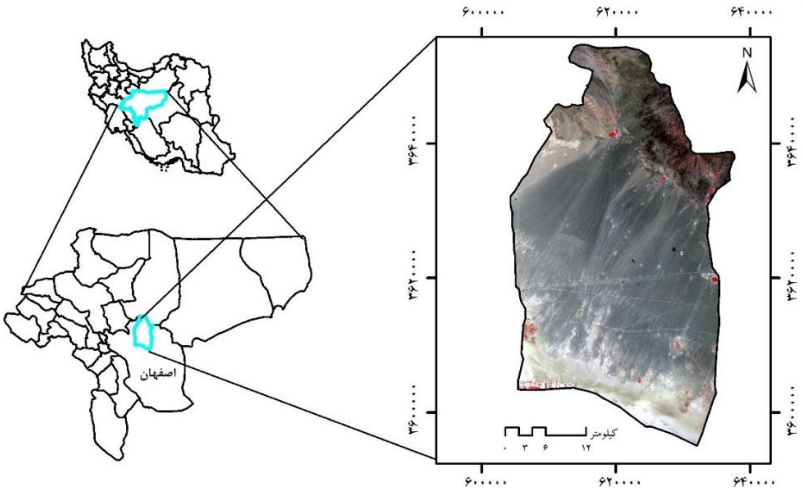
نشـــان داد که کل منطقهٔ مورد مطالعه در طبقه متوســـط بیـــابان‌زایی قرار می‌گیرد (3). همچنین نتایج حاصـــل از امتیازدهی معیارهای مورد بررسی بیان‌کنندهٔ این است که معیـــار اقلیم بـــا ارزش 2/61 مؤثرترین معیـــار در افزایش بیابان‌زایی دشت عباس است (3).

با توجه به اهمیت شناخت وضعیت و شدت بیابان‌زایی برای جـــداســـازی عرصـــه‌هـــای آســـیب‌پذیر و مقابله با بیـــابان‌زایی، هدف از انجام پژوهش حاضـــر، ارزیابی کمّی وضـعیت فعلی بیابان‌زایی در شـرق اصـفهان با استفاده از مدل مدالوس و روش ارزیابی چندمعیاره است.

n مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعاتی

منطقهٔ مورد بررســی از جهت غرب به دشـت سـگزی، مزرعهٔ شـــور و در مجاورت کلان‌شـــهر اصـــفهان، از جهت شـــرق به شـــهرهای هرند و کوهپایه، از جهت شـــمال به ارتفاعات کوه‌های شاهان و مارشنان و از جنوب به رودخانهٔ زاینده رود محدود می‌شود. این منطقه با وسعت 136 هزار هکتار بخش کوچکی از منطقهٔ وسیع ایران مرکزی متعلق به زون سنندج – سیرجان می‌باشد که بین '6 52^0 تا '27 52^0 طول شـرقی و '29 32^0 تا '3 33^0 عرض شمالی قرار گرفته اسـت (شـکل 1). منطقهٔ مورد مطالعه از سـه واحد کوهستان، دشت‌سر و پلایا تشکیل شده و شبکهٔ آبراهه در این منطقه از نوع موازی‌ســـت و همهٔ آبراهه‌های فصـــلی ســـرانجام به رودخانه زاینده‌رود منتهی می‌شـــوند. طول بزرگ‌ترین آبراهـه 60 کیلومتر، بلندترین نقطهٔ ارتفاعی در کوه مارشنان با ارتفاع 3327 متر و کمترین نقطهٔ ارتفاعی در جنوب شـــرقی منطقه با ارتفاع 1468 متر از ســـطح آب‌های آزاد اسـت. بر اسـاس آمار هواشـناسـی میانگین بـارنـدگی و درجـه حرارت ســـالیانه در منطقه به ترتیب 105/5 میلی‌متر و 15/7 درجهٔ ســلســیوس اســت. اقلیم منطقه نیز براسـاس طبقه‌بندی دومارتن در طبقهٔ خشـک قرار می‌گیرد (13).

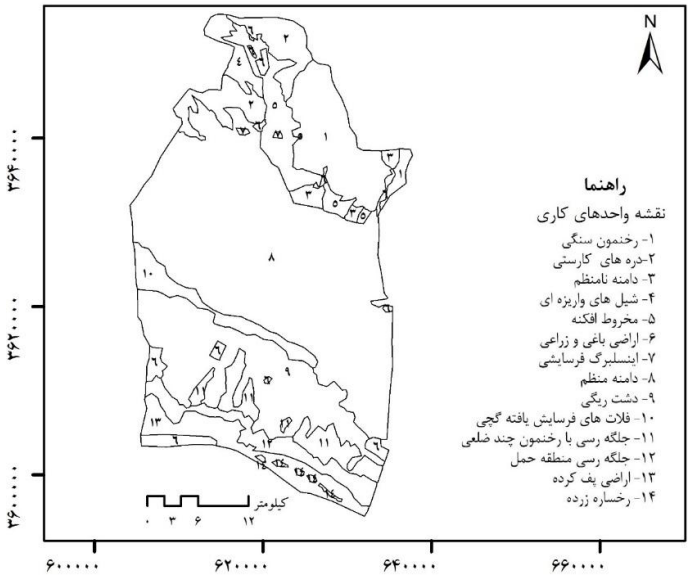


شکل 1. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه

مراحل انجام پژوهش

برای دســـت‌یابی به هدف پژوهش، ابتدا عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی منطقه شـناسایی شده و هر کدام به منزلهٔ یک معیار در نظر گرفته شـدند. سـپس ویژگی‌های معیارهای مذکور، که در بیابان‌زایی منطقه مؤثرند، به‌عنوان شـاخص مدنظر قرار گرفتند تا با ارزیابی آن‌ها، کیفیت هر معیار در فرایند بیابان‌زایی مشـخص شود. براساس مطالعات صورت گرفتـه در زمینهٔ ارزیابی بیابان‌زایی و همچنین بازدیدهای صـحرایی، شـش معیار اقلیم، خاک، پوشـش گیاهی، آب زیرزمینی، فرسـایش خاک و مدیریت و سـیاست، به‌عنوان معیـارهای ارزیابی بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه انتخاب شدند. هر کدام از این معیارها و شاخص‌های مورد بررسی آن‌هـا، در واحـدهـای کاری منطقهٔ مطالعاتی، بررســـی و امتیاز آن‌ها تعیین شد. بنابراین، در وهلهٔ اول با استفاده از

از نقشه‌های توپوگرافی رقومی شده سازمان نقشه‌برداری کشور در مقیاس 1:25000، تصویر باند پانکروماتیک سنجنده OLI ماهواره لندست 8 مربوط به تاریخ 5 خرداد 1394، تصاویر گوگل‌ارث و بازدیدهای میدانی مرز واحدها، تیپ‌ها و رخساره‌های ژئومرفولوژی منطقه به‌صورت بصری تعیین و نقشهٔ مرفولوژی ترسیم شد. در پژوهش حاضر، رخساره‌های ژئومرفولوژی به‌عنوان واحد کاری، در بررسی عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی مدنظر قرار گرفته و پارامترهای مؤثر در بیابان‌زایی به‌تفکیک در این واحدها بررسی شد (شکل 2).



شکل 2. نقشهٔ واحدهای کاری منطقهٔ مورد مطالعه

روش ارزیابی چندمعیاره

روش ارزیابی چندمعیاره یک ابزار مفید برای تعیین مؤثرترین متغیر در بین چندین متغیر مورد بررسی براساس چندین معیار یا صفت با اثرات مختلف است. این روش به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا معیارهای اساسی را شناخته و بتوانند تصمیم صحیح را اتخاذ نمایند (19). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند معیاره است که در سال 1970 توسط توماس ال ساعتی ارائه شد (25). از مزایای AHP این است که اعمال نظر کارشناسی توسط افراد را تا حد زیادی آسان‌تر کرده و احتمال خطا را کاهش می‌دهد، همچنین در این روش می‌توان تعداد زیادی از عوامل را دخالت داده و با استفاده از نظر کارشناسی وزن هر عامل را به‌دست آورد (12). اولین کار در AHP، انجام مقایسه‌های زوجی بین عوامل براساس جدول ترجیحات ساعتی است؛ به این منظور پرسش‌نامه‌ای که در برگیرندهٔ معیارها و زیر معیارهای مهم در راستای هدف پژوهش بود طراحی و به‌منظور وزن‌دهی در اختیار 20 کارشناس از مجموعهٔ متخصصین منابع طبیعی بخش بیابان، اساتید دانشگاهی با توجه به تخصص مرتبط و آشنایی با منطقهٔ مورد مطالعه قرار گرفت. در پایان از پاسخ‌های کارشناسان میانگین هندسی گرفته شد و این میانگین‌ها به نرم‌افزار Super Decision انتقال داده شدند. برای رسیدن به وزن نسبی معیارها ابتدا چهارچوب ساختار سلسله‌مراتبی معیارها جهت وزن‌دهی ساخته شد، سپس نتایج وزن‌دهی حاصل از پرسش‌نامه به قسمت مقایسات زوجی وارد شد و در نهایت وزن نسبی معیارها و شاخص‌ها برآورد گردید. نکتهٔ حائز اهمیت در مورد ماتریس‌های مقایسهٔ زوجی و به‌طور کلی روش AHP، مقدار ناسازگاری قضاوت‌هاست که برای رسیدن به قضاوت‌های با ثبات ضرورت دارد ضریب ناسازگاری ماتریس‌ها کمتر یا مساوی 0/1 باشد، از این‌رو در صورتی که در بعضی ماتریس‌های مقایسات زوجی این مقدار بیشتر از 0/1 شود، لازم است کارشناس

مربوط، قضاوت خود را تکرار کند تا ماتریس‌ها با ثبات شوند (12).

ارزیابی کیفیت معیارها با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی (WLC)

یکی از معمول‌ترین روش‌ها برای تلفیق لایه‌ها در هنگام استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش ترکیب خطی وزنی (WLC[8]) است. برای استفاده از روش WLC ابتدا وزن هریک از شاخص‌ها و معیارها با استفاده از روش AHP تعیین شد. سپس برای ارزیابی کیفیت هر معیار، ابتدا به هر کدام از شاخص‌های آن معیار با توجه به وضع موجود در منطقه و استانداردهای تعیین‌کنندهٔ کیفیت، امتیازی بین 100 (بهترین وضعیت) تا 200 (بدترین وضعیت) اختصاص داده شد. در نهایت ارزیابی وضعیت هر کدام از معیارها براساس رابطهٔ 1 انجام شد (34).

$$DM = \sum(Wi \text{ Ч } Xi) \quad (1)$$

در رابطهٔ 1 DM کیفیت لایهٔ معیار مورد نظر، Wi وزن شاخص‌های معیار مورد نظر براساس مدل AHP و Xi لایهٔ امتیاز شاخص‌های معیار مورد نظر است.

معیار اقلیم

به‌منظور ارزیابی کیفیت معیار اقلیم سه شاخص متوسط بارش سالیانه، تبخیر پتانسیل و شاخص خشکی به‌عنوان شاخص‌های ارزیابی در نظر گرفته شدند. این شاخص‌ها با استفاده از آمار و داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های شرق اصفهان، ورزنه و اردستان محاسبه شدند. برای تعیین شاخص خشکی، از شاخص خشکی دومارتن (رابطه 2) استفاده شد. امتیازدهی شاخص‌ها نیز براساس جدول 1 انجام شد.

$$Ia = P/(T+10) \quad (2)$$

در رابطهٔ 2 Ia شاخص خشکی، P بارش سالانه برحسب mm و T دمای سالانه برحسب درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

جدول 1. مبنای امتیازدهی شاخص‌های معیار اقلیم

شاخص ارزیابی	طبقه بیابان‌زایی	1	2	3
	امتیاز	100-135	135-170	170-200
بارش (میلی‌متر)		>300	150-300	<150
تبخیر (میلی‌متر)		<1500	1500-2000	> 2000
شاخص خشکی (I_A)		I > 10	10 > I > 5	I < 5

معیار خاک

به‌منظور ارزیابی کیفیت معیار خاک، به‌عنوان یکی از معیارهای اصلی در ارزیابی بیابان‌زایی منطقهٔ شرق اصفهان پس از بازدید صحرایی و بررسی منابع موجود در ارتباط با خاک‌شناسی منطقه، تعداد 29 نمونه خاک به‌صورت تصادفی از واحدهای کاری در نیمهٔ دوم اردیبهشت 1394 برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه پس از خشک کردن نمونه‌های خاک در مجاورت هوا، از الک 2 میلی‌متری عبور داده شده و برای هر نمونه، شاخص‌های بافت خاک (درصد شن، سیلت و رس) به روش هیدرومتری (1)، مقدار گچ به روش خشک کردن (وزنی)، هدایت الکتریکی گل اشباع با دستگاه EC Meter، مقدار pH با استفاده از دستگاه pH Meter، مقدار مواد آلی با استفاده از روش اکسیداسیون تر به

[8] Weighted Linear Combination

روش والکی پلاک (2) و درصد سنگ‌ریزهٔ سطحی نیز در هر واحد کاری به‌صورت کیفی برآورد گردید. در نهایت شاخص‌ها براساس جدول 2 امتیازدهی شدند.

جدول 2. شاخص‌های ارزیابی معیار خاک

شاخص ارزیابی	طبقه	1	2	3	4	5
	امتیاز	100 - 133	133 - 166	166 – 200		
سنگریزه سطحی		>60	20-60	<20		
pH		7-7/5	7/5-8/3	8/3-8/9		
	امتیاز	100 - 125	125 – 150	150-175	175-200	
بافت خاک		L, SCL, SL, LS, CL	SC, SiL, SiCL	Si, C, SiC	S	
درصد گچ		0 - 10	10 - 30	30 - 45	45<	
	امتیاز	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200
درصد مواد آلی		1/5-2	1-1/5	0/5-1	0/2-0/5	0-0/2
EC (ds/m)		0 - 4	4-20	20-60	60-100	100<

معیار پوشش گیاهی

جهت ارزیابی کیفیت معیار پوشش گیاهی از شاخص‌های حفاظت در برابر فرسایش، مقاومت در برابر خشکسالی، گرایش پوشش گیاهی و درصد پوشش گیاهی استفاده شد. درصد پوشش گیاهی با استفاده از چند نوار (ترانسکت) 100 متری در هر واحد کاری اندازه‌گیری شد؛ سپس میانگین درصد پوشش ترانسکت‌ها به‌عنوان درصد پوشش کل در هر واحد کاری محاسبه شد. در پایان امتیازدهی شاخص‌های کیفیت معیار پوشش گیاهی بر اساس جدول 3 انجام شد.

جدول 3. شاخص‌های ارزیابی معیار پوشش گیاهی

شاخص ارزیابی	طبقه	1	2	3	4
	امتیاز	100 - 133	133 - 166	166 – 200	
گرایش پوشش گیاهی		مثبت	ثابت	منفی	
	امتیاز	100 - 125	125 – 150	150-175	175-200
مقاومت در برابر خشکسالی		باغ‌ها، درختچه‌ها و مراتع همیشه سبز	مراتع و بوته‌زارهای دائمی	محصولات کشاورزی یک‌ساله، غلات، علفزارهای یک‌ساله	اراضی لخت و بایر
درصد پوشش گیاهی		>50	35 – 50	10 - 35	<10
حفاظت در برابر فرسایش		باغ‌ها، درختچه‌ها و مراتع همیشه سبز	مراتع و بوته‌زارهای دائمی	محصولات کشاورزی یک‌ساله، غلات، علفزارهای یک‌ساله	اراضی لخت و بایر

معیار آب زیرزمینی

در پژوهش حاضر آب زیرزمینی از دو جنبهٔ کیفی و کمی با استفاده از آمار و داده‌های آنالیز شیمیایی 41 حلقه چاه پیزومتری داخل و مجاور منطقهٔ مطالعاتی بررسی شد. شاخص‌های به‌کار رفته برای ارزیابی کیفیت معیار آب زیرزمینی شامل هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، کل مواد جامد محلول، کلر، مقدار بیکربنات، pH و افت سطح آب زیرزمینی‌اند. به‌منظور تعمیم اطلاعات و ویژگی های نقاط نمونه‌برداری به کل سطح منطقه، با توجه به ویژگی های و ارزش‌های عددی پارامترها

درون‌یابی[9] به دو روش کریجینگ و معکوس فاصله وزنی[10] در محیط GIS انجام شـــد. دقت روش‌های مذکور نیز با اســـتفاده از ریشـــه خطای مجذور میانگین[11] (رابطه 3) مقایسـه گردید و در پایان برای تولید نقشهٔ هر شاخص، از روشی استفاده شد که کمترین مقدار خطا را داشت (31). در پایان نقشـه‌های حاصل از درون‌یابی براساس جدول 4 امتیازدهی شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\Sigma_i^N \left(Z_{(xi)} - z'_{(xi)}\right)^2}{N}} \qquad (3)$$

در رابطـه 3 RMSE ریشـــهٔ خطای مجذور میانگین می‌باشـد که واحد اندازه‌گیری آن بسـته به شـاخص مورد بررســی متفاوت اســت. N تعداد نمونه‌های مورد مطالعه، Z(xi) مقدار نمونه در محل نمونه‌برداری شـــده و Z′(xi) مقادیر تخمین‌زده شده است.

جدول 4. شاخص‌های ارزیابی معیار آب زیرزمینی

شاخص ارزیابی	طبقه	1	2	3	4	5
	امتیاز	100 - 133	133 - 166	166 – 200		
بیکربنات (میلی گرم در لیتر)		1/5>	1/5-8/5	>8/5		
pH		< 6/5	6/5-8/4	> 8/4		
کلر (میلی‌گرم در لیتر)		< 4	4-10	>10		
	امتیاز	100 - 125	125 – 150	150-175	175-200	
نسبت جذب سدیم		<10	10 – 18	18 – 26	>26	
کل مواد جامد محلول (میلی گرم در لیتر)		< 500	500 – 1000	1000 – 2000	> 2000	
	امتیاز	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200
افت سطح آب (سانتی‌متر)		0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 50	> 50
EC (ds/m)		<250	250 – 750	750 -2250	2250 – 5000	>5000

معیار فرسایش خاک

به‌منظور ارزیابی کیفیت معیار فرســـایش خاک، از دو شـاخص فرسایش آبی به روش PSIAC و فرسایش بادی به روش IRIFER اسـتفاده شـد (4، 5). سـپس بر پایهٔ جدول 5 طبقه فرسایش این مدل‌ها مشخص شد. به دلیل اینکـه در این دو مـدل طبقـه‌های I و II به‌ترتیب بیان‌گر طبقـه خیلی کم و کم فرســـایش‌انـد این دو طبقـه برای طبقه‌بندی نقشـــهٔ حاصـــل از این مدل‌ها براســـاس روش مدالوس در طبقه یک قرار داده شدند.

جدول 5. شاخص‌های ارزیابی معیار فرسایش

شاخص	طبقه	1	2	3	4
	امتیاز	100-125	125-150	150-175	175-200
فرسایش بادی		I و II	III	IV	V
فرسایش آبی		I و II	III	IV	V

[9] Interpolation
[10] Inverse Distance Weighted
[11] Root Mean Square Error

معیار مدیریت و سیاست

در پژوهش حاضر برای بررسی معیار مدیریت و سیاست، ابتدا نوع کاربری اراضی برای هر واحد کاری تعیین شد. سپس برای هریک از کاربری‌ها، عواملی که در بیابان‌زایی دخیل بودند، با توجه به بازدیدهای میدانی و مصاحبه با اهالی شناسایی شده و به‌عنوان شاخص در نظر گرفته شدند. در پژوهش حاضر ارزیابی کیفیت واحدهایی که کاربری کشاورزی و باغی داشتند با استفاده از شاخص‌های شیوهٔ آبیاری و کیفیت آب، کیفیت عملیات کشاورزی و مقدار عملیات حفاظتی صورت گرفت. ارزیابی کیفیت کاربری معدن با استفاده از شاخص‌های نحوهٔ بهره‌برداری و مقدار عملیات حفاظتی انجام شد. برای کاربری مرتع نیز شاخص‌های مقدار تخریب مرتع، فشار چرا و مقدار عملیات حفاظتی به‌عنوان شاخص‌های ارزیابی مدنظر قرار گرفتند. در پایان برای ارزیابی کیفیت معیار مدیریت و سیاست امتیازدهی شاخص‌ها براساس جدول 6 انجام شد.

جدول 6. شاخص‌های ارزیابی معیار سیاست و مدیریت

کاربری	شاخص	طبقه	شرح	امتیاز
اراضی کشاورزی	کیفیت عملیات کشاورزی	1	کشت واریته‌های بومی، عدم استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، مکانیزاسیون محدود، آیش مناسب و به‌موقع زمین	100 - 135
		2	کشت واریته‌های اصلاح شده، 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، عدم آیش قرار دادن زمین یا آیش بی‌موقع	175 - 200
	شاخص	طبقه	کیفیت آبیاری	امتیاز
	شیوهٔ آبیاری و کیفیت آب	1	استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری، کیفیت آب آبیاری مناسب	100 – 125
		2	استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری، کیفیت آب آبیاری نامناسب	125 – 150
		3	استفاده از شیوه‌های آبیاری سنتی، کیفیت آب آبیاری نسبتاً مناسب	150 – 175
		4	استفاده از شیوه‌های آبیاری سنتی، کیفیت آب آبیاری نسبتاً نامناسب	175 – 200
اراضی مرتعی	شاخص	طبقه	نسبت ظرفیت بالقوه به بالفعل*	امتیاز
	, وضعیت تخریب مرتع	1	1 – 1/5	100 – 125
		2	1/5 – 2	125 – 150
		3	2 – 5	150 – 175
		4	> 5	175 – 200
	شاخص	طبقه	نسبت دام موجود به ظرفیت مرتع	امتیاز
	فشار چرا	1	0 – 1	100 – 125
		2	1 - 1/5	125 – 150
		3	1/5 – 2	150 – 175
		4	> 2	175 – 200
اراضی معدنی	شاخص	طبقه	نحوه بهره‌برداری	امتیاز
	نحوه بهره‌برداری از معادن	1	بهره‌برداری بهینه، حفظ خاک سطحی و احیای پوشش گیاهی پس از برداشت	100 – 125
		2	بهره‌برداری بهینه، حفظ خاک سطحی، عدم احیای پوشش گیاهی پس از برداشت	125 – 150
		3	بهره‌برداری بی‌رویه، حفظ خاک سطحی، عدم احیای پوشش گیاهی پس از برداشت	150 – 175
		4	بهره‌برداری بی‌رویه، از بین بردن خاک سطحی، عدم ایجاد هیچ گونه عامل حفاظتی پس از برداشت	175 – 200
	شاخص	طبقه	مقدار اجرای عملیات حفاظتی	امتیاز
	مقدار عملیات حفاظتی	1	بیش از 70 درصد منطقه تحت عملیات حفاظتی	100 – 125
		2	30 تا 70 درصد منطقه تحت عملیات حفاظتی	125 – 150
		3	کمتر از 30 درصد منطقه تحت عملیات حفاظتی	150 – 175
		4	عدم اجرای هرگونه عملیات حفاظتی	175 – 200

ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی

در پژوهش حاضر، براساس بازدیدهای میدانی شش معیار اقلیم: خاک، پوشش گیاهی، آب زیرزمینی، فرسایش خاک و مدیریت و سیاست، به‌عنوان معیارهای ارزیابی بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه انتخاب شدند. پس از ارزیابی وضعیت هر معیار در پایان وضعیت فعلی بیابان‌زایی با تلفیق لایه‌های معیارها به روش WLC و براساس رابطهٔ 4، در محیط GIS، محاسبه و براساس جدول 7 وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه طبقه‌بندی شد.

$$D_s = (I_S \text{ Ч } W_{IS}) + (I_V \text{ Ч } W_V) + (I_C \text{ Ч } W_C) + (I_{SE} \text{ Ч } W_{SE}) + (I_G \text{ Ч } W_G) + (I_M \text{ Ч } W_M) \quad (4)$$

در رابطهٔ 4 DS وضعیت فعلی بیابان‌زایی، I_S امتیاز معیار خاک، W_S وزن معیار خاک، I_V امتیاز معیار پوشش گیاهی، W_V وزن معیار پوشش گیاهی، I_C امتیاز معیار اقلیم، W_C وزن معیار اقلیم، I_{SE} امتیاز معیار فرسایش، W_{SE} وزن معیار فرسایش، I_G امتیاز معیار آب زیرزمینی، W_G وزن معیار آب زیرزمینی، I_M امتیاز معیار سیاست و مدیریت و W_M وزن معیار مدیریت و سیاست است.

جدول 7. طبقه‌های وضعیت فعلی بیابان‌زایی با توجه به امتیاز شدت بیابان‌زایی (30)

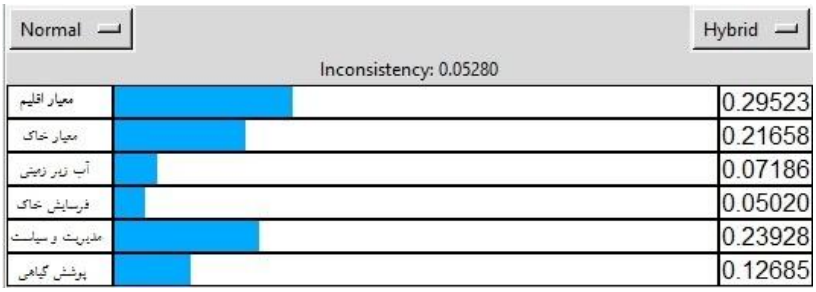
نوع ارزیابی	طبقه‌های وضعیت بیابان‌زایی			
کیفی	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
کمی	100 - 122	123 - 137	138 – 153	154-200

n نتایج و بحث

برای تعیین مقدار تأثیر هر یک از معیارهای مورد بررسی بر فرآیند بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه از ماتریس مقایسهٔ زوجی استفاده شد (جدول 8). با واردکردن ماتریس مقایسهٔ زوجی به نرم‌افزار Super Decision وزن نهایی هر یک از معیارها تعیین شد (شکل 3). براساس نتایج به‌دست آمده معیار اقلیم با وزن 0/29 دارای بیشترین تأثیر بر بیابان‌زایی بوده و پس از آن معیارهای مدیریت و سیاست و خاک به‌ترتیب با وزن‌های 0/23 و 0/21 قرار می‌گیرند.

جدول 8. ماتریس مقایسهٔ زوجی معیارها نسبت به بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه

	اقلیم	مدیریت وسیاست	خاک	پوشش گیاهی	آب زیرزمینی	فرسایش
اقلیم	1	1	1	4	5	5
مدیریت و سیاست		1	1	3	4	4
خاک			1	2	3	3
پوشش گیاهی				1	2	3
آب زیرزمینی					1	2
فرسایش						1



شکل 3. وزن نهایی معیارهای ارزیابی بیابان‌زایی

وزن نهایی شاخص‌های به‌کار رفته، برای ارزیابی کیفیت معیارها، با واردکردن ماتریس مقایسۀزوجی شاخص‌ها به نرم‌افزار Super Decision و رعایت مقدار قابل قبول ضریب ناسازگاری تعیین شد (جدول 9). براساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که از بین شاخص‌های به‌کار رفته جهت ارزیابی کیفیت معیار اقلیم شاخص خشکی با وزن 0/6 دارای بیشترین تأثیر بر بیابان‌زایی معیار اقلیماست. بررسی نشان داده است که شاخص خشکی از مهمترین شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در منطقۀ زابل است (24). همچنین در بررسی بیابان‌زایی دشت سگزی اصفهان مؤثرترین شاخص معیار اقلیم را تبخیر و شاخص خشکی بیان شده است (8، 17). از بین شاخص‌های به‌کار رفته برای ارزیابی وضعیت خاک شاخص‌های هدایت الکتریکی، درصد گچ و بافت خاک به‌ترتیب با وزن‌های 0/43، 0/26 و 0/18 دارای بیشترین تأثیر بر کیفیت معیار خاک‌اند. مقدار شوری و درصد گچ، از مهمترین شاخص‌های خاک، بر پدیدۀ بیابان‌زایی تأثیر می‌گذارند؛ این عوامل موجب شکننده‌شدن ساختمان و سبک‌شدن بافت خاک‌اند که در نتیجه فرسایش خاک را افزایش می‌دهند و همچنین بر رشد گیاهان تأثیر گذاشته و سبب عاری شدن سطح خاک از پوشش گیاهی می‌شوند (5، 17، 22). شاخص‌های EC، افت سطح آب زیرزمینی و TDS به‌ترتیب با وزن‌های 0/26، 0/21 و 0/19 دارای بیشترین تأثیر بر کیفیت معیار آب زیرزمینی‌اند. شاخص فرسایش بادی با وزن 0/66 اهمیتی بیشتر از شاخص فرسایش آبی در بیابان‌زایی معیار فرسایش دارد. از بین شاخص‌های مورد بررسی، جهت ارزیابی کیفیت معیار پوشش گیاهی، درصد پوشش با وزن 0/63 دارای بیشترین اهمیت بر بیابان‌زایی معیار پوشش گیاهی است. نتایج حاصل از وزن‌دهی به معیار مدیریت و سیاست نشان می‌دهد که بیشترین عامل تأثیرگذار در کاربری مرتع فشار چرا با وزن 0/59 است. در اراضی کشاورزی کیفیت آبیاری با وزن 0/49 مؤثرترین عامل بوده و در اراضی معدنی مخرب‌ترین عامل نحوۀ بهره‌برداری با وزن 0/66 تشخیص داده شد.

جدول 9. وزن نهایی شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی

ردیف	معیار	شاخص	ضریب ناسازگاری	وزن	ردیف	معیار	شاخص	ضریب ناسازگاری	وزن
1	اقلیم	شاخص خشکی	0	0/6	3	آب زیرزمینی	pH	0/03	0/03
		مقدار تبخیر		0/2			بیکربنات		0/03
		مقدار بارش		0/2			EC		0/26
2	خاک	بافت خاک	0/08	0/18			کلر CL		0/07
		درصد گچ خاک		0/24			SAR		0/18
		سنگریزه سطحی		0/03			TDS		0/19
		درصد مواد آلی		0/06			افت سطح آب		0/21
		pH		0/03					
		EC		0/43					

ادامه جدول 9. وزن نهایی شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی

ردیف	معیار	شاخص	ضریب ناسازگاری	وزن	ردیف	معیار	شاخص	ضریب ناسازگاری	وزن
4	فرسایش	فرسایش بادی	0	0/66	6	مدیریت و سیاست	اراضی کشاورزی: کیفیت عملیات کشاورزی	0/05	0/31
		فرسایش بادی		0/34			اراضی کشاورزی: کیفیت آبیاری		0/49
5	پوشش گیاهی	درصد پوشش گیاهی	0/08	0/63			اراضی معدنی: سیاست‌های حفاظتی		0/2
		حفاظت در برابر فرسایش		0/2			اراضی معدنی: نحوهٔ بهره‌برداری	0	0/66
		مقاومت در برابر خشکی		0/06			اراضی معدنی: سیاست‌های حفاظتی		0/34
		گرایش پوشش گیاهی		0/08			اراضی مرتعی: فشار چرا		0/59
							اراضی مرتعی: مقدار تخریب مراتع	0/05	0/24
							اراضی مرتعی: سیاست‌های حفاظتی		0/15

معیار اقلیم

بررسی وضعیت معیار اقلیم با استفاده از آمار و داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های شرق اصفهان، ورزنه و اردستان انجام شد و متوسط بارندگی سالیانه 105/5 میلی‌متر، متوسط دمای سالیانه 15/65 درجه سلسیوس، پتانسیل تبخیر سالیانه 2882 میلی‌متر و شاخص خشکی برای منطقه برابر 4/1 به‌دست آمد. در پایان به شاخص‌های بارش، تبخیر پتانسیل و شاخص خشکی به‌ترتیب امتیازهای 185، 190 و 192 اختصاص داده شد و نقشهٔ کیفیت معیار اقلیم براساس رابطهٔ 1 تهیه شد. براساس نقشهٔ معیار اقلیم کل منطقه مورد مطالعه در طبقه شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد (شکل 4-الف). از دلایل قرار گرفتن اقلیم در طبقه شدید بیابان‌زایی علاوه بر مقدار بارش کم (105 میلی متر) می‌توان به مقدار تبخیر زیاد (2882 میلی متر) اشاره کرد.

معیار خاک

نقشهٔ شدت کیفیت معیار خاک برپایهٔ رابطهٔ 1 تهیه شد. نقشه به‌دست‌آمدهٔ منطقهٔ مورد بررسی در چهار طبقه کم، متوسط، شدید و بسیار شدید بیابان‌زایی قرار دارد که مساحت هرکدام از طبقه‌ها به‌ترتیب 22076 هکتار معادل 16/24 درصد، 68204 هکتار معادل 50/17 درصد، 34722 هکتار معادل 25/54 درصد و 10920 هکتار معادل 8 درصد است (شکل 4-ب). از دلایل بالابودن طبقه بیابان‌زایی معیار خاک منطقه می‌توان به تجمع املاح در سطح خاک، فعال بودن فرآیندهای فرسایش بادی و افت سطح آب زیرزمینی اشاره کرد. شرایط خاک را می‌توان با عملیات اصلاحی مانند انجام زهکشی مناسب، احداث بادشکن و کاشت گیاهان و درختان شوری پسند بهبود بخشید. تاثیر فشار چرا، تغییر ویژگی‌های خاک و مقدار نفوذ آب بر پدیدهٔ بیابان‌زایی در آریزونای آمریکا نشان‌داده است که تغییر ویژگی‌های خاک، مهمترین عاملی است که بر بیابان‌زایی آن منطقه تأثیر می‌گذارد، به‌طوری که با تغییر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند افزایش شوری و املاح خاک، متلاشی شدن ساختمان خاک و کاهش مواد آلی، بیابان‌زایی با شدت زیاد صورت می‌گیرد (10). همچنین بهره‌گیری از شاخص‌های معیار خاک برای بررسی وضعیت بیابان‌زایی چند منطقه در استان قم نشان داد که شاخص شوری مهم‌ترین شاخص در بیابان‌زایی منطقه است (20).

معیار آب زیرزمینی

نقشهٔ کیفیت معیار آب زیرزمینی با استفاده از رابطهٔ 1 تهیه شد. نتایج حاصل از ارزیابی وضعیت معیار آب

زیرزمینی نشان می‌دهد که 41141 هکتار معادل 30/26 درصد از مساحت کل منطقه مطالعاتی در طبقه متوسط بیابان‌زایی و 94179 هکتار معادل 69/28 درصد از مساحت منطقه در طبقه شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد (شکل 4-پ). که دلیل آن را می‌توان به مقدار بیش‌ازحد مجاز شاخص‌های هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول در منطقه و تأثیرات مهمی که این شاخص‌ها بر شرایط خاک می‌گذارند نسبت داد. این شرایط هم با استفاده از آب‌های زیرزمینی به عنوان آب آبیاری و هم با تبخیر آب زیرزمینی از سطح خاک و برجا ماندن املاح در سطح خاک و در نتیجه شورشدن سطح خاک ایجاد می‌شود.

معیار پوشش گیاهی

پوشش گیاهی منطقه به‌دلیل شرایط خشک اقلیمی و همچنین شور و قلیابودن خاک منطقه، وضعیت مناسبی ندارند. بررسی کیفیت معیار پوشش گیاهی با استفاده از رابطهٔ 1 انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که وضعیت این معیار در چهار طبقه کم، متوسط، شدید و بسیار شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد؛ به‌طوری که 888 هکتار معادل 0/65 درصد از منطقه در طبقه کم، 2496 هکتار معادل 1/83 درصد از مساحت منطقه در طبقه متوسط، 41484 هکتار معادل 30/52 درصد از مساحت منطقه در طبقه شدید و 91054 هکتار معادل 66/98 درصد از مساحت منطقه طبقه وضعیت بیابان‌زایی بسیار شدید است (شکل 4-ت).

معیار فرسایش خاک

نقشهٔ کیفیت معیار فرسایش خاک با استفاده از رابطهٔ 1 تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد که 27963 هکتار معادل 20/5 درصد از مساحت منطقه در طبقه فرسایش کم و 107966 هکتار معادل 79/5 درصد از مساحت منطقه در طبقه فرسایش متوسط قرار می‌گیرد (شکل 4-ث). فرسایش کم در قسمت‌های شمالی منطقه را می‌توان به وجود سنگ‌ریزه در سطح خاک و تا حدودی به پوشش گیاهی نسبت داد. در قسمت‌های میانی و جنوبی منطقه به‌دلیل کمبود یا فقدان پوشش گیاهی، عاری‌بودن سطح از سنگ‌ریزه، هموار‌بودن سطح زمین و فقدان رطوبت در سطح خاک فرسایش با شدت بیشتری صورت می‌گیرد. برای تعیین وضعیت بیابان‌زایی بر پایهٔ معیار فرسایش های آبی و بادی نشان داد که شاخص فرسایش بادی بیشترین تأثیر را بر بیابان‌زایی منطقه دارد. نتایج دیگر مطالعات نیز مؤید این مطلب است که دلیل این امر، مناسب بودن شرایط ایجاد فرسایش بادی در مناطق بیابانی است (30).

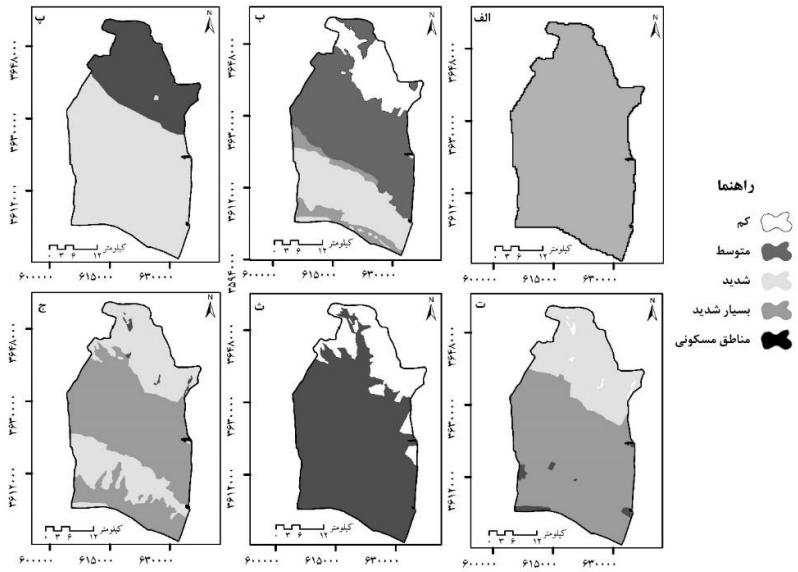
معیار مدیریت و سیاست

کیفیت معیار مدیریت و سیاست براساس رابطهٔ 1 ارزیابی شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده وضعیت معیار مدیریت و سیاست منطقهٔ مورد مطالعه در سه طبقه متوسط، شدید و بسیار شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد. بدین صورت که 889/4 هکتار معادل 0/65 درصد در طبقه متوسط، 53695 هکتار معادل 39/5 درصد در طبقه شدید و 81329 هکتار معادل 59/8 درصد در طبقه بسیار شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد (شکل 4-ج). فعالیت‌های غیراصولی انسانی از جمله: عملیات نامناسب کشاورزی، چرای بی‌رویه در مراتع و برداشت‌های بی‌رویهٔ معدنی و عدم تثبیت سطح خاک پس از برداشت نیز از فعالیت‌های مخرب انسانی است که موجب قرار گرفتن وضعیت مدیریت در طبقه شدید و بسیار شدید شده است.

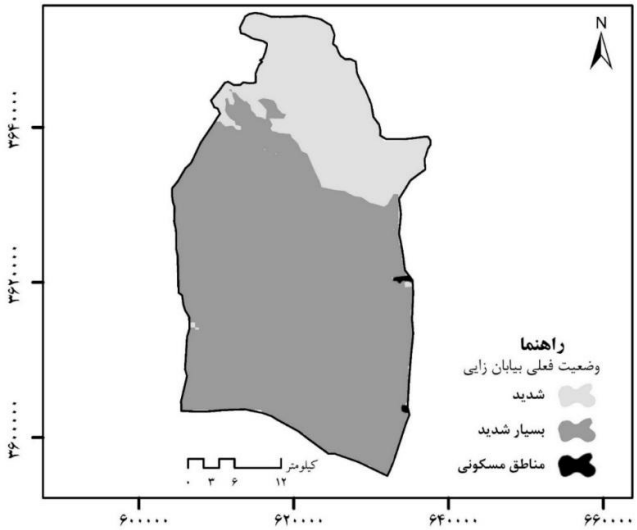
وضعیت فعلی بیابان‌زایی

برای تهیهٔ نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه از شش معیار اقلیم، خاک، آب زیرزمینی، مدیریت و سیاست، پوشش گیاهی و فرسایش خاک استفاده شد. این معیارها با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) در محیط GIS با یکدیگر تلفیق شدند سپس با طبقه‌بندی نقشهٔ حاصل از روش ترکیب خطی وزنی، نقشهٔ وضعیت فعلی بیابان‌زایی به‌دست آمد (شکل 5). براساس نتایج به‌دست‌آمده وضعیت فعلی بیابان‌زایی در 30808 هکتار معادل 22/6 درصد از مساحت منطقه در طبقه شدید و در 103689 هکتار معادل 76/4 درصد طبقه

بیابان‌زایی بسیار شدید است. وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه در پژوهش حاضر در پژوهشی توسط حبشی (1394) با کاربرد مدل مدالوس ارزیابی شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده 35/4 درصد از مساحت منطقه طبقه بیابان‌زایی شدید و در 64/5 درصد طبقه بیابان‌زایی بسیار شدید است که با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش بوعلی (8) نیز هم‌خوانی دارد. آن‌ها نیز با بررسی پدیدهٔ بیابان‌زایی دشت سگزی به این نتیجه رسیدند که وضعیت بیابان‌زایی در دو طبقه شدید و بسیار شدید قرار می‌گیرد که مساحت هر یک از طبقه‌ها به‌ترتیب برابر با 21/13 و 78/87 درصد است (8). نتایج پژوهش حاضر تا حدودی با نتایج بخشنده مهر (7) هم‌خوانی دارد. آن‌ها نیز با بررسی وضعیت بیابان‌زایی بخشی از دشت سگزی به این نتیجه رسیدند که وضعیت بیابان‌زایی در سه طبقه متوسط، شدید و بسیار شدید قرار می‌گیرد که مساحت هر یک از طبقه‌ها به‌ترتیب برابر با 34/1،86/69 و 63/45 درصد است (7).



شکل 4. نقشهٔ وضعیت فعلی معیارهای بیابان‌زایی: الف) معیار اقلیم، ب) معیار خاک، پ) معیار آب زیرزمینی، ت) معیار پوشش گیاهی، ث) معیار فرسایش و ج) معیار مدیریت و سیاست



شکل 5. نقشهٔ وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقهٔ مورد مطالعه

n بحث و نتیجه‌گیری

مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران در نتیجهٔ تغییرات اقلیمی و دخالت‌های انسانی دچار بیابان‌زایی شدید هستند. بنابراین ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی جهت برنامه‌ریزی و بهبود استفاده و مدیریت منابع طبیعی، در این مناطق، امری مهم و ضروری است. در پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی شرق شهر اصفهان به وسعت 136 هزار هکتار، از مدل مدالوس و روش ارزیابی چندمعیاره استفاده شد. نتایج حاصل از بررسی معیارها و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی نشان‌دهندهٔ این است که عوامل طبیعی بیشتر از عوامل انسانی بیابان‌زایی شرق اصفهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ از بین معیارهای مورد بررسی معیار اقلیم غالب است. با توجه به همجواری منطقهٔ مورد مطالعه به کلان‌شهر اصفهان، آثار هر گونه تخریب و ازدست‌رفتن توان اراضی در این منطقه به‌طو مستقیم کلان‌شهر اصفهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ ادامهٔ روند بیابان‌زایی سبب فرسایش خاک، شورشدن اراضی و به دنبال آن تخریب اراضی کشاورزی، افت سطح آب زیرزمینی و تخریب مراتع می‌شود؛ در اثر این رخداد علاوه بر کاهش کیفیت هوا و ظهور گرد و غبارهای محلی، زندگی جمعیت‌های روستایی ساکن در منطقه دستخوش تغییر شده و آن‌ها را به مهاجرت به سمت شهر اصفهان وادار می‌کند که در اثر این مهاجرت جمعیت‌های روستایی تولیدکنندهٔ محصولات مختلف اعم از کشاورزی و دامی تبدیل به جمعیت حاشیه‌نشین خواهند شد. در پایان باید متذکر شد که کنترل عوامل طبیعی ایجادکننده شرایط بیابان‌زایی خارج از توانایی انسان است ولی می‌توان تدابیری اندیشید تا بتوان بیابان‌زایی ناشی از عوامل انسانی را به حداقل رساند. از جملهٔ این تدابیر در منطقهٔ مورد بررسی می‌توان به تثبیت سطح خاک شخم‌خورده پس از برداشت لایهٔ سطحی آن برای مصارف صنعتی، مدیریت صحیح از جمله الگوی صحیح کشت محصولات کشاورزی، استفاده از روش‌های جدید آبیاری در بخش کشاورزی، استفادهٔ بهینه از سفره‌های آب زیرزمینی و همچنین کنترل تعداد دام‌های چراکننده از مراتع اشاره کرد.

n References

1. Dane, J. H., & Topp, C. (2002). Methods of Soil Analysis Part 4 Physical Methods. Inc Madison Wisconsin USA: Soil Science Society of America.
2. Sparks, D. L. (1996). Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Inc Madison Wisconsin USA: American Society of Agronomy-Soil Science Society of America.
3. Mombeni, M., Karamshahi, A., Graee, Azadnia, F., & Khosravi, H. (2015). Assessing Current State of Desertification Based on Water, Climate and Soil Indicators Using IMDPA Model (Case Study: Dashte Abbas). *Journal of Water and Soil Science*. 19(72), 349-360, (in Farsi).
4. Ahmadi, H. (2006). Applied Geomorphology: Volume1 water erosion. Tehran: University of Tehran Press, (in Farsi).
5. Ahmadi, H. (2008). Applied Geomorphology: volume 2 wind erosion. Tehran: University of Tehran Press, (in Farsi).
6. Babaev, A. (1999). Desert Problems and Desertification in Central Asia: Springer.
7. Bakhshandehmehr, L., Soltani, S., & Sepehr, A. (2013). Assessment curent situation of desertification and modifed MEDALUS model in the Isfahan Segzi plain. *Journal of Range and Watershed Management*. 66(1), 27-41, (in Farsi).
8. Boali, A. (2014). Mapping and Assessment of Desertification Using MEDALUS Model and Bayesian Belief Networks Isfahan. M.Sc. Thesis, Isfahan University of Technology: Department of Natural Resources, (in Farsi).
9. Canora, F., D'angella, A., & Aiello, A. (2015). Quantitative assessment of the sensitivity to desertification in the Bradano River basin (Basilicata, southern Italy). *Journal of Maps*, 11(5), 745-759.

10. Castellano, M., & Valone, T. (2007). Livestock, soil compaction and water infiltration rate: evaluating a potential desertification recovery mechanism. *Journal of Arid Environments*, 71(1), 97-108.

11. Coscarelli, R., Caloiero, T., Minervino, I., & Sorriso-Valvo, M. (2016). Sensitivity to desertification of a high productivity area in Southern Italy. *Journal of Maps*, 12(3), 573-581.

12. Ghodsipoor, H. (2016). Discussions on multi-criteria decision, Analytical Hierarchy Process.Tehran: Amirkabir University of Technology Press, (in Farsi).

13. Habashi, KH. (2015). Assessment of Desertification in east Isfahan Using MEDALUS Model and Fuzzy Logic. Master of Sience Thesis, Isfahan University of Technology: Department of Natural Resources, (in Farsi).

14. Honardoust, F., Ownegh, M., & Sheikh, V. (2011). Assessing desertification sensitivity in the northern part of Gorgan plain, southeast of the Caspian Sea. *Iran Research Journal of Environmental Sciences*, 5(3), 205.

15. Hoseini, S. M., Ekhtesasi, M. R., Shahriyari, A. R., & Shafiei, H. (2009). Study of Current and Potential Desertification Status with Emphasis on Wind Erosion Criterion using MICD Method (Case Study: Niatak Region of Sistan). Journal of Range and Watershed Management. *Iranian Journal of Natural Resources*, 63(2), 165-181, (in Farsi).

16. Jafari, R., & Bakhshandeh mehr, L. (2013). Quantitative mapping and assessment of environmentally sensitive areas to desertification in central Iran. *Land Degradation & Development*.

17. Khanamani, A., Karimzadeh, H. R., Jafari, R., & Golshahi, A. (2013). Quantitative assessment of current desertification using MEDALUS model (Case study: Segzi plain). *Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science*, 4(1), 13-25, (in Farsi).

18. Kosmas, C., Kirkby, M., & Geeson, N. (1999). Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. European Commission, EUR. 18882.

19. Loken, E. (2007). Use of Multi Criteria Decision Analysis methods for energy planning problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1584-1595.

20. Jafari. M., Panahi, F., Ahmadi, H., Abbasi, H.R., Mosavi, M., Zareae, M.A., & Tavile, A. (2006). Assessment of soil criteria indices for desertification studies in Ghom province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 13(3), 278-283, (in Farsi).

21. Mashayekhan, A., & Honardoust, F. (2011). Multi-Criteria Evaluation Model for Desertification Hazard Zonation Mapping using GIS. *Journal of Applied Biological Sciences*, 5(3).

22. Moghadam, M. R. (2007). Pasture and rangeland. Tehran: University of Tehran Press, (in Farsi).

23. Mohamed, E. S. (2013). Spatial assessment of desertification in north Sinai using modified MEDLAUS model. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(12), 4647-4659.

24. Mohammad Ghasemi, S. (2006). Study of desertification intensity based on water and soil for mapping desertification in the zabol. Master of Sience Thesis, University of Tehran: Department of Natural Resources, (in Farsi).

25. Nikmardan, A. (2012). Expert choice11 Software Presentation.Tehran: Publication of Jihad Amir Kabir University, (in Farsi).

26. Raj, K. G. (2009). Desertification/land degradation status mapping of India. *Current Science*, 97(10), 1478.

27. Sadeghravesh, M.H., Khosravi, H., & Ghasemian, S. (2015). Application of Fuzzy Analytical Hierarchy Process for assessment of combating-desertification alternatives in central Iran. *Natural Hazards*, 75(1), 653-667.

28. Sadeghravesh, M.H., Khosravi, H., Abolhasani, A., & Shekoohizadeghan, S. (2016). Evaluation of Combating Desertification Alternatives using PROMETHEE Model. *Journal of Geography and Geology*, 8(2).

29. Sadeghravesh, M.H., Khosravi, H., & Ghasemian, S. (2016). Assessment of combating - desertification strategies using the linear assignment method. *Solid Earth*, 7(2), 673-683.

30. Sepehr, A., Hassanli, A., Ekhtesasi, M., Jamali, J. (2007). Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environmental monitoring and Assessment*, 134(1), 243-254.

31. Shi, W., Liu, J., Du, Z., Song, Y., Chen, C., & Yue, T. (2009). Surface modelling of soil pH. *Geoderma*, 150(1), 113-119.

32. UNCCD. (1994). United Nations convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. Paris: United Nation General Assembly.

33. Verón, S. R., Paruelo, J. M., & Oesterheld, M. (2006). Assessing desertification. *Journal of Arid Environments*, 66(4), 751-763.

34. Wang, X., Zhong, X., Liu, S., Liu, J., Wang, Z., & Li, M. (2008). Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method. *Journal of Arid environments*, 72(10), 1929-1939.

No. 10, Autumn & Winter, 2018, pp 99-115

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Assessment of desertification in east Isfahan using integration MEDALUS model and multi criteria analysis (MCA)

Kh. Habashi[1]*, H. Karimzadeh[2], S. Pourmanafi[2], R. Jafari[2]

1. MSc Graduate, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

* Corresponding Author: kh.habashi@yahoo.com

Received date: 26/07/2017 **Accepted date: 10/01/2018**

Abstract

Desertification means land degradation in arid, semi-arid and dry sub-humid regions as a result of various factors, including climatic variations and human activities. In this research, the study area with an area of 136 thousand hectares located 20 kilometers far away from east Isfahan was selected. Due to the proximity of this area to Isfahan city and the impact that desertification phenomenon on the city, studying the desertification in this region is of great importance. To assess the current status of desertification, the multi criteria Analysis and MEDALUS model was used. For this purpose, in the first step and based on the local situation, six qualitative criteria, including climate, soil, groundwater, vegetation, soil erosion, desertification management and policy evaluation were considered. These indices have been standardized and quantified based on their effect on desertification in the frame by scoring 100 to 200. The qualitative value of each criterion has been obtained by multiplying the weight of the Analytic Hierarchy Process (AHP) and integration of layers based on the weighted linear combination. Finally, the desertification status map has been acquired through multiplying weight to the layer value of each criterion and integrating layers according to the method of weighted linear combination in Geographic Information System (GIS). According to the results, 35.49% of the area of the region falls in a severe class and 64.5% falls in very severe class of desertification. Besides, the climate criterion with a weight of 0.29 has the greatest impact on the phenomenon of desertification and then it goes to the management and soil criteria with weights of soil 0.23 and 0.21, respectively. Therefore, to assess desertification and executive programs to deal with it in the region, considering these criteria are of great importance.

Keywords: Climate; Management; Soil erosion; AHP; MEDALUS; Desertification