



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

خلیل حبشی<sup>1\*</sup>، حمیدرضا کریم‌زاده<sup>2</sup>، سعید پورمنافی<sup>3</sup>، رضا جعفری<sup>2</sup>

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](mailto: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 نتیجه عوامل مختلفی همچون تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود. منطقه مورد مطالعه با وسعت 136 هزار هکتار در فاصله 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، بر پایه 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 بر پایه مقدار تأثیری که بر فرآیند بیابان‌زایی دارند با امتیازدهی در دامنه 100 تا 200 استانداردسازی و کمی شدند. ارزش کمی هر معیار با ضرب وزن محاسبه شده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در ارزش لایه هر شاخص و تلفیق لایه‌ها بر اساس ترکیب خطی وزنی به دست آمد. در پایان نقشه وضعیت بیابان‌زایی با ضرب وزن در ارزش لایه هر معیار و تلفیق لایه‌ها بر اساس روش ترکیب خطی وزنی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به دست آمد. بر اساس نتایج به دست آمده، 35/49 درصد از مساحت منطقه در طبقه شدید و 64/5 درصد در طبقه بسیار شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد. همچنین معیار اقلیم با وزن 0/29 دارای بیشترین تأثیر بر پدیده بیابان‌زایی بوده و پس از آن معیار مدیریت و معیار خاک به ترتیب با وزن‌های 0/23 و 0/21 قرار می‌گیرند.

**واژگان کلیدی:** اقلیم؛ مدیریت؛ فرسایش خاک؛ تحلیل سلسله‌مراتبی؛ مدالوس؛ بیابان‌زایی

### n مقدمه

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

بیابان‌زایی به معنی تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب است که در نتیجه عوامل مختلفی همچون تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های

از مدل مدالوس اصلاح شده بر پایه پنج معیار اصلی بیابان‌زایی، خاک، آب و هوا، فرسایش، پوشش گیاهی و مدیریت، استفاده شد (23). به منظور شناسایی مناطق حساس به بیابان‌زایی در حوضه 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<sup>4</sup>) بهره‌گیری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که منطقه مورد بررسی در چهار طبقه خطر بیابان‌زایی بسیار شدید، شدید، متوسط و کم قرار می‌گیرد و درصد مساحت هر کدام از طبقه‌ها به ترتیب 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). به منظور ارزیابی شدت و خسارت بیابان‌زایی در بخش شمالی دشت گرگان، از مدل مدالوس اصلاح شده 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<sup>5</sup>)، اولویت شاخص‌ها با بهره‌گیری از مدل دلفی در چهارچوب روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MADM<sup>6</sup>) 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 تغذیه منابع آب زیرزمینی به‌عنوان مهم‌ترین راهکارهای بیابان‌زدایی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شدند (29). همچنین نتایج استفاده از مدل IMDPA<sup>7</sup> با تأکید بر سه معیار آب، زمین، اقلیم و خاک، پتانسیل بیابان‌زایی در دشت عباس استان ایلام

بررسی‌های صورت گرفته توسط IFAD<sup>1</sup>، 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، به منظور ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی شرق اصفهان از مدل مدالوس<sup>2</sup> و روش ارزیابی چندمعیاره استفاده (MCA<sup>3</sup>) شد. اساس مدل مدالوس بر پایه روشی استوار است که در آخرین فاز پروژه مدالوس اجرا شده بود. در روش مذکور، محققان بر پایه چهار معیار اصلی اقلیم، پوشش گیاهی، خاک، و مدیریت و همچنین شاخص‌های متعلق به هر یک از این معیارها، بیابان‌زایی بخش‌هایی از کشورهای حوزه دریای مدیترانه را بررسی کردند (18). معیارها و شاخص‌های مدل مدالوس با توجه به شرایط اکولوژیکی منطقه مدیترانه انتخاب شده بودند. از آنجا که خصوصیات اقلیمی، اداکیکی و اکولوژیکی این منطقه با دیگر نقاط دنیا متفاوت است و مفهوم واژه 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 منطقه مورد مطالعه گزارش شد (26). برای ارزیابی بیابان‌زایی در شمال بیابان سینا کشور مصر

<sup>5</sup> Linear Assignment

<sup>6</sup> Multi-Attribute Decision Making

<sup>7</sup> Iranian Model of Desertification Potential Assessment

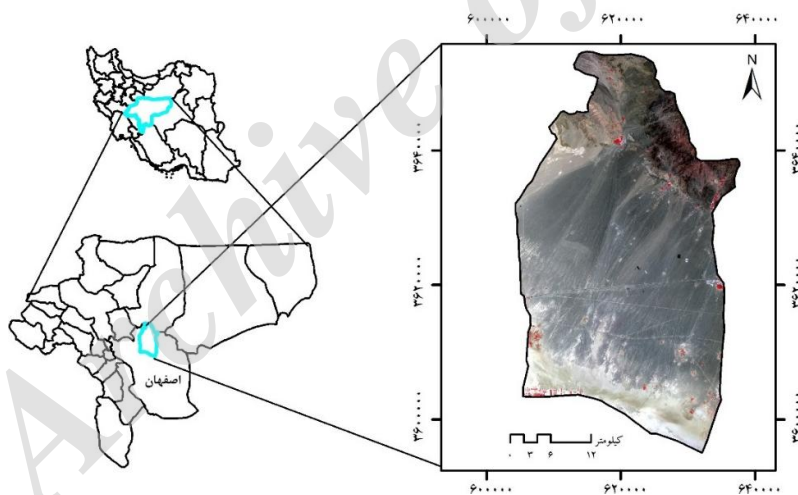
<sup>1</sup> International Fund for Agricultural Development

<sup>2</sup> MEDALUS

<sup>3</sup> Multi Criteria Analysis

<sup>4</sup> Analytic Hierarchy Process

زاینده رود محدود می‌شود. این منطقه با وسعت 136 هزار هکتار بخش کوچکی از منطقه وسیع ایران مرکزی متعلق به زون سنندج - سیرجان می‌باشد که بین  $6' 52^{\circ}$  تا  $27' 52^{\circ}$  طول شرقی و  $29' 32^{\circ}$  تا  $3' 33^{\circ}$  عرض شمالی قرار گرفته است (شکل 1). منطقه مورد مطالعه از سه واحد کوهستان، دشت‌سر و پلایا تشکیل شده و شبکه آبراهه در این منطقه از نوع موازی‌ست و همه آبراهه‌های فصلی سرانجام به رودخانه زاینده‌رود منتهی می‌شوند. طول بزرگ‌ترین آبراهه 60 کیلومتر، بلندترین نقطه ارتفاعی در کوه مارشان با ارتفاع 3327 متر و کمترین نقطه ارتفاعی در جنوب شرقی منطقه با ارتفاع 1468 متر از سطح آب‌های آزاد است. بر اساس آمار هواشناسی میانگین بارندگی و درجه حرارت سالیانه در منطقه به ترتیب 105/5 میلی‌متر و  $15/7$  درجه سلسیوس است. اقلیم منطقه نیز براساس طبقه‌بندی دومارتن در طبقه خشک قرار می‌گیرد (13).



شکل 1. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

گرفته در زمینه ارزیابی بیابان‌زایی و همچنین بازدیدهای صحرائی، شش معیار اقلیم، خاک، پوشش گیاهی، آب زیرزمینی، فرسایش خاک و مدیریت و سیاست، به‌عنوان معیارهای ارزیابی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند. هر کدام از این معیارها و شاخص‌های مورد بررسی آن‌ها، در واحدهای کاری منطقه مطالعاتی، بررسی و امتیاز آن‌ها تعیین شد. بنابراین، در وهله اول با استفاده از

نشان داد که کل منطقه مورد مطالعه در طبقه متوسط بیابان‌زایی قرار می‌گیرد (3). همچنین نتایج حاصل از امتیازدهی معیارهای مورد بررسی بیان‌کننده این است که معیار اقلیم با ارزش 2/61 مؤثرترین معیار در افزایش بیابان‌زایی دشت عباس است (3).

با توجه به اهمیت شناخت وضعیت و شدت بیابان‌زایی برای جداسازی عرصه‌های آسیب‌پذیر و مقابله با بیابان‌زایی، هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی کمی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در شرق اصفهان با استفاده از مدل مدالوس و روش ارزیابی چندمعیاره است.

## n مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی

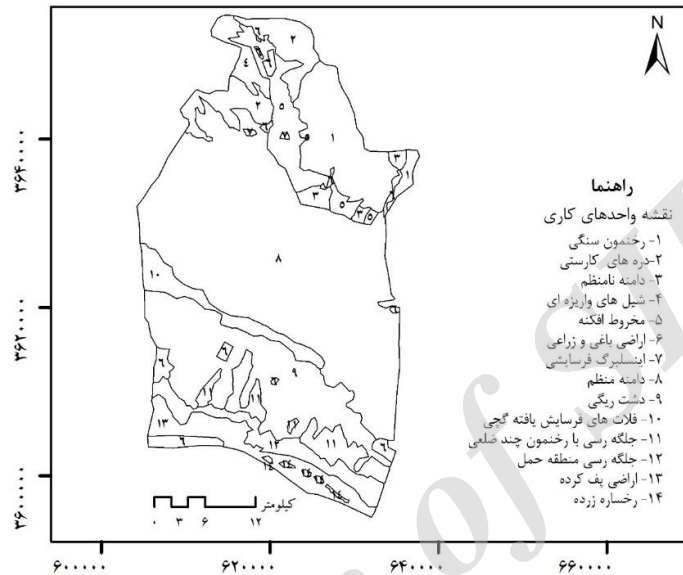
منطقه مورد بررسی از جهت غرب به دشت سگزی، مزرعه شور و در مجاورت کلان‌شهر اصفهان، از جهت شرق به شهرهای هرنند و کوهپایه، از جهت شمال به ارتفاعات کوه‌های شاهان و مارشان و از جنوب به رودخانه

### مراحل انجام پژوهش

برای دستیابی به هدف پژوهش، ابتدا عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی منطقه شناسایی شده و هر کدام به منزله یک معیار در نظر گرفته شدند. سپس ویژگی‌های معیارهای مذکور، که در بیابان‌زایی منطقه مؤثرند، به‌عنوان شاخص مدنظر قرار گرفتند تا با ارزیابی آن‌ها، کیفیت هر معیار در فرایند بیابان‌زایی مشخص شود. براساس مطالعات صورت

تعیین و نقشه 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).

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



شکل 2. نقشه واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه

طراحی و به‌منظور وزن‌دهی در اختیار 20 کارشناس از مجموعه متخصصین منابع طبیعی بخش بیابان، اساتید دانشگاهی با توجه به تخصص مرتبط و آشنایی با منطقه 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. نکته حائز اهمیت در مورد ماتریس‌های مقایسه 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

### 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 برگرفته معیارها و زیر معیارهای مهم در راستای هدف پژوهش بود

در رابطه 1 DM کیفیت لایه معیار مورد نظر،  $W_i$  وزن شاخص‌های معیار مورد نظر براساس مدل AHP و  $X_i$  لایه امتیاز شاخص‌های معیار مورد نظر است.

### معیار اقلیم

به منظور ارزیابی کیفیت معیار اقلیم سه شاخص متوسط بارش سالیانه، تبخیر پتانسیل و شاخص خشکی به عنوان 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.

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

در رابطه 2  $I_a$  شاخص خشکی،  $P$  بارش سالانه برحسب mm و  $T$  دمای سالانه برحسب درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

جدول 1. مبنای امتیازدهی شاخص‌های معیار اقلیم

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

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

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 (WLC8) است. برای استفاده از روش WLC ابتدا وزن هر یک 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 تعیین‌کننده کیفیت، امتیازی بین 100 (بهترین وضعیت) تا 200 (بدترین وضعیت) اختصاص داده شد. در نهایت ارزیابی وضعیت هر کدام از معیارها براساس رابطه 1 انجام شد (34).

$$DM = \sum (W_i \cdot X_i) \quad (1)$$

### معیار خاک

به منظور ارزیابی کیفیت معیار خاک، به عنوان یکی از معیارهای اصلی در ارزیابی بیابان‌زایی منطقه شرق اصفهان پس از بازدید صحرایی و بررسی منابع موجود در ارتباط با خاک‌شناسی منطقه، تعداد 29 نمونه خاک به صورت تصادفی از واحدهای کاری در نیمه دوم اردیبهشت 1394 برداشت و به آزمایشگاه انتقال داده شد.

<sup>8</sup> Weighted Linear Combination

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

جدول 2. شاخص‌های ارزیابی معیار خاک

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

(ترانسکت) 100 متری در هر واحد کاری اندازه‌گیری شد؛ سپس میانگین درصد پوشش ترانسکت‌ها به عنوان درصد پوشش کل در هر واحد کاری محاسبه شد. در پایان امتیازدهی شاخص‌های کیفیت معیار پوشش گیاهی بر اساس جدول 3 انجام شد.

### 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

جدول 3. شاخص‌های ارزیابی معیار پوشش گیاهی

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

معیار آب زیرزمینی شامل هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، کل مواد جامد محلول، کلر، مقدار بیکربنات، pH و افت سطح آب زیرزمینی‌اند. به منظور تعمیم اطلاعات و ویژگی‌های نقاط نمونه‌برداری به کل سطح منطقه، با توجه به ویژگی‌های و ارزش‌های عددی پارامترها

### معیار آب زیرزمینی

در پژوهش حاضر آب زیرزمینی از دو جنبه کیفی و کمی با استفاده از آمار و داده‌های آنالیز شیمیایی 41 حلقه چاه پیژومتری داخل و مجاور منطقه مطالعاتی بررسی شد. شاخص‌های به کار رفته برای ارزیابی کیفیت

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (Z_{(xi)} - z'_{(xi)})^2}{N}} \quad (3)$$

در رابطه 3 RMSE ریشه خطای مجذور میانگین می‌باشد که واحد اندازه‌گیری آن بسته به شاخص مورد بررسی متفاوت است. N تعداد نمونه‌های مورد مطالعه، Z'(xi) مقدار نمونه در محل نمونه‌برداری شده و Z(xi) مقادیر تخمین‌زده شده است.

درون‌یابی<sup>9</sup> به دو روش کریجینگ و معکوس فاصله وزنی<sup>10</sup> در محیط GIS انجام شد. دقت روش‌های مذکور نیز با استفاده از ریشه خطای مجذور میانگین<sup>11</sup> (رابطه 3) مقایسه گردید و در پایان برای تولید نقشه هر شاخص، از روشی استفاده شد که کمترین مقدار خطا را داشت (31). در پایان نقشه‌های حاصل از درون‌یابی براساس جدول 4 امتیازدهی شد.

جدول 4. شاخص‌های ارزیابی معیار آب زیرزمینی

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

اینکه در این دو مدل طبقه‌های I و II به ترتیب بیان‌گر طبقه خیلی کم و کم فرسایش‌اند این دو طبقه برای طبقه‌بندی نقشه حاصل از این مدل‌ها براساس روش مدالوس در طبقه یک قرار داده شدند.

#### معیار فرسایش خاک

به‌منظور ارزیابی کیفیت معیار فرسایش خاک، از دو شاخص فرسایش آبی به روش PSIAC و فرسایش بادی به روش IRIFER استفاده شد (4، 5). سپس بر پایه جدول 5 طبقه فرسایش این مدل‌ها مشخص شد. به دلیل

جدول 5. شاخص‌های ارزیابی معیار فرسایش

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

<sup>11</sup> Root Mean Square Error<sup>9</sup> Interpolation<sup>10</sup> Inverse Distance Weighted

### 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 هر یک 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 شیوه

آبیاری و کیفیت آب، کیفیت عملیات کشاورزی و مقدار عملیات حفاظتی صورت گرفت. ارزیابی کیفیت کاربری معدن با استفاده از شاخص‌های نحوه 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 اصلاح شده، استفاده از کودها و آفت‌کش‌ها، مکانیزاسیون نامحدود و شدید، عدم آیش قرار دادن زمین یا آیش بی‌موقع	175 - 200
	شیوه آبیاری و کیفیت آب	1	کیفیت آبیاری	امتیاز
		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 وضعیت تخریب مرتع	1	نسبت ظرفیت بالقوه به بالفعل*	امتیاز
		1	1 - 1/5	100 - 125
		2	1/5 - 2	125 - 150
		3	2 - 5	150 - 175
		4	> 5	175 - 200
اراضی معدنی	شاخص نحوه بهره‌برداری از معدن	1	نسبت دام موجود به ظرفیت مرتع	امتیاز
		1	0 - 1	100 - 125
		2	1 - 1/5	125 - 150
		3	1/5 - 2	150 - 175
		4	> 2	175 - 200
اراضی معدنی	شاخص نحوه بهره‌برداری از معدن	1	بهره‌برداری بهینه، حفظ خاک سطحی و احیای پوشش گیاهی پس از برداشت	امتیاز
		1	بهره‌برداری بهینه، حفظ خاک سطحی و احیای پوشش گیاهی پس از برداشت	100 - 125
		2	بهره‌برداری بی‌رویه، 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
اراضی معدنی	مقدار اجرای عملیات حفاظتی	1	مقدار اجرای عملیات حفاظتی	امتیاز
		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



$$D_s = (I_s \times W_{I_s}) + (I_v \times W_v) + (I_c \times W_c) + (I_{SE} \times W_{SE}) + (I_G \times W_G) + (I_M \times W_M) \quad (4)$$

در رابطه 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.

### ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی

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

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

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

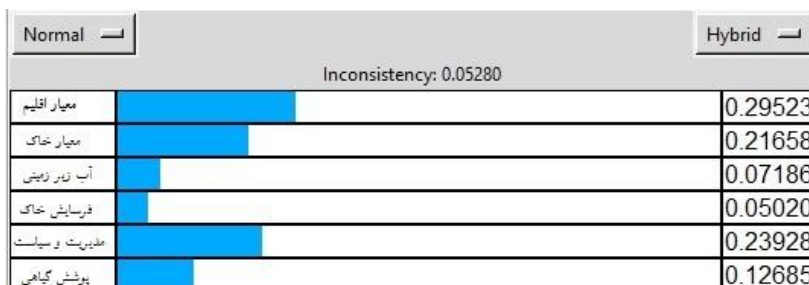
Decision وزن نهایی هر یک از معیارها تعیین شد (شکل 3). براساس نتایج به‌دست آمده معیار اقلیم با وزن 0/29 دارای بیشترین تأثیر بر بیابان‌زایی بوده و پس از آن معیارهای مدیریت و سیاست و خاک به ترتیب با وزن‌های 0/23 و 0/21 قرار می‌گیرند.

### n نتایج و بحث

برای تعیین مقدار تأثیر هر یک از معیارهای مورد بررسی بر فرآیند بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه از ماتریس مقایسه زوجی استفاده شد (جدول 8). با وارد کردن ماتریس مقایسه زوجی به نرم‌افزار Super

جدول 8. ماتریس مقایسه زوجی معیارها نسبت به بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

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



شکل 3. وزن نهایی معیارهای ارزیابی بیابان‌زایی

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 سیاست‌نشان 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 نحوه بهره‌برداری با وزن 0/66 تشخیص داده شد.

وزن نهایی شاخص‌های به‌کار رفته، برای ارزیابی کیفیت معیارها، با واردکردن ماتریس مقایسه‌زوجی 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 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 منطقه 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 پدیده بیابان‌زایی تأثیر می‌گذارند؛ این عوامل موجب شکننده‌شدن ساختمان و سبک‌شدن

جدول 9. وزن نهایی شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی

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

## ادامه جدول 9. وزن نهایی شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی

وزن	شاخص	معیار	وزن	شاخص	معیار
0/31	کیفیت عملیات کشاورزی	اراضی کشاورزی	0/66	فرسایش بادی	فرسایش
0/05			0		
0/49	کیفیت آبیاری	اراضی کشاورزی	0/34	فرسایش بادی	فرسایش
0/2	سیاست‌های حفاظتی	اراضی معدنی	0/63	درصد پوشش گیاهی	پوشش گیاهی
0/66	نحوه بهره‌برداری	اراضی معدنی	0/2	حفاظت در برابر فرسایش	پوشش گیاهی
0/34	سیاست‌های حفاظتی	اراضی معدنی	0/08	مقاومت در برابر خشکی	پوشش گیاهی
0/59	فشار چرا	اراضی مرتعی	0/06	مقاومت در برابر خشکی	پوشش گیاهی
0/24	مقدار تخریب مراتع	اراضی مرتعی	0/08	گرایش پوشش گیاهی	پوشش گیاهی
0/15	سیاست‌های حفاظتی	اراضی مرتعی			

34722 هکتار معادل 25/54 درصد و 10920 هکتار معادل 8 درصد است (شکل 4-ب). از دلایل بالا بودن 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 پدیده بیابان‌زایی در آریزونای آمریکا نشان‌دهنده است که تغییر ویژگی‌های خاک، مهمترین عاملی است که بر بیابان‌زایی آن منطقه تأثیر می‌گذارد، به طوری که با تغییر ویژگی‌های 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

نقشه کیفیت معیار آب زیرزمینی با استفاده از رابطه 1 تهیه شد. نتایج حاصل از ارزیابی وضعیت معیار آب

## معیار اقلیم

بررسی وضعیت معیار اقلیم با استفاده از آمار و داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های شرق اصفهان، ورزنه و اردستان انجام شد و متوسط بارندگی سالانه 105/5 میلی‌متر، متوسط دمای سالانه 15/65 درجه سلسیوس، پتانسیل تبخیر سالانه 2882 میلی‌متر و شاخص خشکی برای منطقه برابر 4/1 به دست آمد. در پایان به شاخص‌های بارش، تبخیر پتانسیل و شاخص خشکی به ترتیب امتیازهای 185، 190 و 192 اختصاص داده شد و نقشه کیفیت معیار اقلیم بر اساس رابطه 1 تهیه شد. بر اساس نقشه 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 میلی‌متر) می‌توان به مقدار تبخیر زیاد (2882 میلی‌متر) اشاره کرد.

## معیار خاک

نقشه شدت کیفیت معیار خاک بر پایه رابطه 1 تهیه شد. نقشه به دست آمده منطقه مورد بررسی در چهار طبقه کم، متوسط، شدید و بسیار شدید بیابان‌زایی قرار دارد که مساحت هر کدام از طبقه‌ها به ترتیب 22076 هکتار معادل 16/24 درصد، 68204 هکتار معادل 50/17 درصد،

به دلیل کمبود یا فقدان پوشش گیاهی، عاری بودن سطح از سنگریزه، همواربودن سطح زمین و فقدان رطوبت در سطح خاک فرسایش با شدت بیشتری صورت می‌گیرد. برای تعیین وضعیت بیابان‌زایی بر پایه 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 رابطه 1 ارزیابی شد. براساس نتایج به دست آمده وضعیت معیار مدیریت و سیاست منطقه 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 بی‌رویه 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 تهیه نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه 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 نقشه حاصل از روش ترکیب خطی وزنی، نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی به دست آمد (شکل 5). براساس نتایج به دست آمده 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

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 بیش از حد 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 برج ماندن املاح در سطح خاک و در نتیجه شورشیدن سطح خاک ایجاد می‌شود.

### معیار پوشش گیاهی

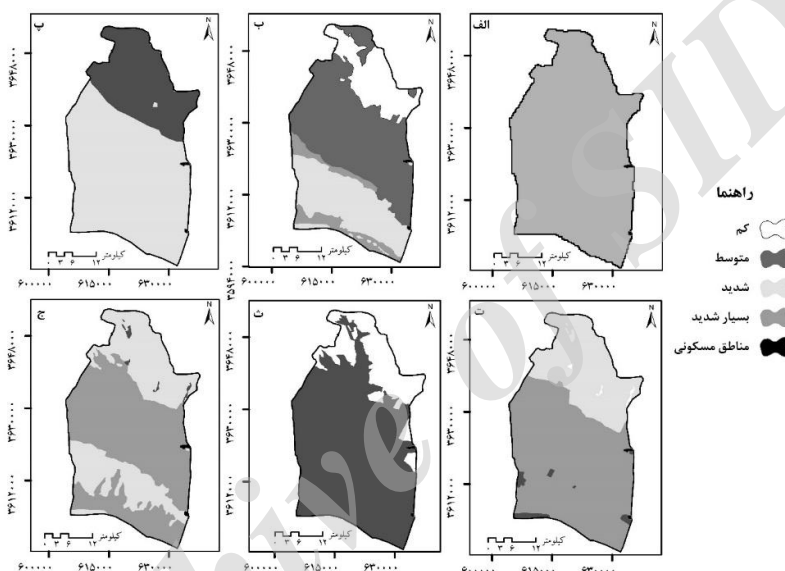
پوشش گیاهی منطقه به دلیل شرایط خشک اقلیمی و همچنین شور و قلیا بودن خاک منطقه، وضعیت مناسبی ندارند. بررسی کیفیت معیار پوشش گیاهی با استفاده از رابطه 1 انجام شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که وضعیت این معیار در چهار طبقه کم، متوسط، شدید و بسیار شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد؛ به طوری که 888 هکتار معادل 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

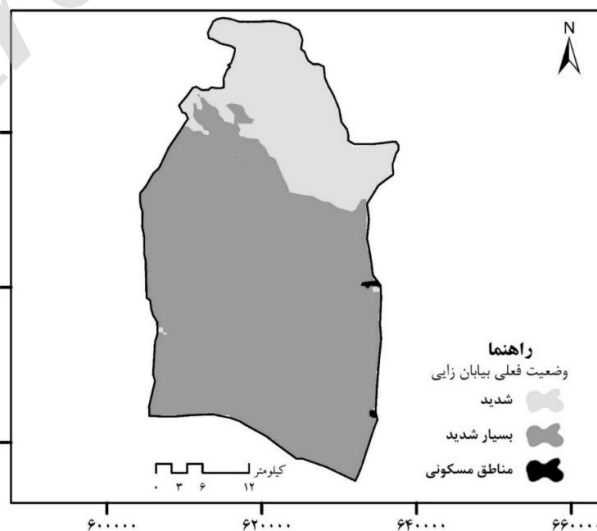
نقشه کیفیت معیار فرسایش خاک با استفاده از رابطه 1 تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد که 27963 هکتار معادل 20/5 درصد از مساحت منطقه در طبقه فرسایش کم و 107966 هکتار معادل 79/5 درصد از مساحت منطقه در طبقه فرسایش متوسط قرار می‌گیرد (شکل 4-ث). فرسایش کم در قسمت‌های شمالی منطقه را می‌توان به وجود سنگ‌ریزه در سطح خاک و تا حدودی به پوشش گیاهی نسبت داد. در قسمت‌های میانی و جنوبی منطقه

رسیدند که وضعیت بیابان‌زایی در دو طبقه شدید و بسیار شدید قرار می‌گیرد که مساحت هر یک از طبقه‌ها به ترتیب برابر با 21/13 و 78/87 درصد است (8). نتایج پژوهش حاضر تا حدودی با نتایج بخش‌نامه 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 به ترتیب برابر با 34/1.86/69 و 63/45 درصد است (7).

بیابان‌زایی بسیار شدید است. وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر در پژوهشی توسط حبشی (1394) با کاربرد مدل مدالوس ارزیابی شده است. براساس نتایج به دست آمده 35/4 درصد از مساحت منطقه طبقه بیابان‌زایی شدید و در 64/5 درصد طبقه بیابان‌زایی بسیار شدید است که با نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش بوعلی (8) نیز هم‌خوانی دارد. آن‌ها نیز با بررسی پدیده بیابان‌زایی دشت سگزی به این نتیجه



شکل 4. نقشه 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. نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه

## n بحث و نتیجه‌گیری

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 تولیدکننده 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 جمله این تدابیر در منطقه مورد بررسی می‌توان به تثبیت سطح خاک شخم‌خورده پس از برداشت لایه سطحی آن برای مصارف صنعتی، مدیریت صحیح از جمله الگوی صحیح کشت محصولات کشاورزی، استفاده از روش‌های جدید آبیاری در بخش کشاورزی، استفاده بهینه از سفره‌های آب زیرزمینی و همچنین کنترل تعداد دام‌های چراکننده از مراتع اشاره کرد.

مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران در نتیجه 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 نشان‌دهنده 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 منطقه 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؛ ادامه روند بیابان‌زایی سبب فرسایش خاک، شورشدن اراضی و به دنبال آن

## 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: Volume 1 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 modified 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 Science 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 Science 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.

Archive of SID



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

Kh. Habashi<sup>1\*</sup>, H. Karimzadeh<sup>2</sup>, S. Pourmanafi<sup>2</sup>, R. Jafari<sup>2</sup>

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