



دانشگاه گیلان، دانشکده مهندسی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و چهارم، شماره اول، ۱۳۹۶  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## پهنه‌بندی و ارزیابی خطر تخریب اراضی با استفاده از روش مدالوس در حوضه سیاهپوش استان اردبیل

نقیسه یغمائیان مهابادی<sup>۱</sup>، \* حسین اسدی<sup>۲</sup> و صدیقه رضایی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه گیلان، دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تهران،

<sup>۲</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۱۸

### چکیده

**سابقه و هدف:** امروزه تخریب اراضی در نتیجه عوامل مختلفی مانند تغییرات اقلیمی و بهره‌برداری و مدیریت نادرست انسان، به‌عنوان معضل جدی در بسیاری از مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب دنیا مطرح می‌باشد. این پدیده مدت‌ها است که به‌عنوان یک مشکل جدی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در بسیاری از کشورها شناخته شده است. برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی و تهیه نقشه مربوط به آن مدل‌های مختلفی ارائه شده است. مناسب‌ترین روش برای بررسی عوامل مؤثر در تخریب اراضی و شدت بیابان‌زایی از نظر متخصصان استفاده از مدل‌های ارزیابی بیابان می‌باشد. مدل ESAs به‌علت آسانی، در دسترس بودن داده‌ها و سازگاری با شاخص‌های مؤثرتر در تخریب اراضی و به‌کار گرفتن میانگین هندسی به‌جای میانگین حسابی، مزایای بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد. هدف این پژوهش پهنه‌بندی و ارزیابی تخریب اراضی در حوضه سیاهپوش استان اردبیل با استفاده از مدل مدالوس استاندارد و اصلاح شده می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش، به‌منظور ارزیابی تخریب اراضی و تهیه نقشه آن در حوضه سیاهپوش، از مدل مدالوس استاندارد و اصلاح شده استفاده شد. به این منظور چهار معیار (کیفیت خاک، اقلیم، پوشش گیاهی و مدیریت و سیاست) که در بیابان‌زایی منطقه مؤثر بودند، انتخاب گردید. برای هر کدام از معیارها در مدل مدالوس شاخص‌هایی تعریف شده است. لایه‌های اطلاعاتی شاخص‌های مربوط به هر یک از معیارها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. این اطلاعات بر اساس روش مدالوس امتیازدهی شده و از میانگین هندسی شاخص‌های هر یک از معیارها، نقشه نهایی وضعیت هر معیار تهیه و از میانگین هندسی معیارها، نقشه حساسیت به بیابان‌زایی منطقه تهیه گردید.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که دو معیار کیفیت مدیریت و کیفیت اقلیم به‌ترتیب با متوسط وزنی ۱/۹۱ و ۱/۶۲ بیش‌ترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه داشته‌اند. معیار کیفیت خاک با متوسط وزنی ۱/۳۹، در کلاس متوسط و معیار کیفیت پوشش گیاهی با متوسط وزنی ۱/۴۱، در کلاس با کیفیت بالا قرار دارد. از این‌رو، مناسب‌ترین معیار، کیفیت پوشش گیاهی می‌باشد. میزان شاخص بیابان‌زایی برای منطقه مورد بررسی در مدل مدالوس استاندارد و مدالوس اصلاح‌شده به‌ترتیب ۱/۳۸ تا ۱/۷۶ و ۱/۳۷ تا ۱/۹۳ به‌دست آمد. در هر دو روش کل منطقه مطالعاتی در کلاس بحرانی بیابان‌زایی قرار گرفت.

\* مسئول مکاتبه: [ho.asadi@ut.ac.ir](mailto:ho.asadi@ut.ac.ir)

**نتیجه‌گیری:** از بین معیارهای مورد مطالعه، معیارهای مدیریت و اقلیم به‌عنوان نامناسب‌ترین و معیار کیفیت پوشش گیاهی به‌عنوان مناسب‌ترین معیار مشخص شدند. با توجه به یافته‌ها وضعیت بیابان‌زایی در منطقه شدید می‌باشد، به‌طوری‌که در روش مدالوس استاندارد و اصلاح‌شده به‌ترتیب ۹۰/۱ و ۹۹/۲ درصد از منطقه مطالعاتی، در کلاس بحرانی شدید (C<sub>3</sub>) قرار گرفته است که نیازمند توجه و مدیریت هرچه بیش‌تر سازمان‌های مربوط و اعمال برنامه عملی پایش و مهار بحران بیابان‌زایی برای اصلاح شاخص‌های یادشده می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** بیابان‌زایی، مدالوس، سامانه اطلاعات جغرافیایی، کیفیت خاک

### مقدمه

از مهم‌ترین چالش‌های بشر در قرن حاضر، بیابان‌زایی است که از آن تحت عنوان تخریب اراضی یاد می‌شود. بر اساس تعریف کنفرانس محیط زیست و توسعه سازمان ملل متحد واژه بیابان‌زایی عبارت از تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک جنب مرطوب، تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است (۹). امروزه بیابان‌زایی به‌عنوان یک مسأله جدی مورد توجه جوامع بشری قرار گرفته است. بیش از ۲ میلیارد نفر از جمعیت جهان، ساکن مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند. تخمین زده می‌شود که حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد این مناطق، مستعد تخریب و بیابانی شدن باشند؛ بر این اساس بیابان‌زایی در بسیاری از مطالعات مورد ارزیابی قرار گرفته است (۲۳). منابع مختلف پیش‌بینی می‌کنند که هر ساله ۵ تا ۱۰ میلیون هکتار از اراضی دچار تخریب شدید می‌شود. اگر این روند ادامه داشته باشد، ۱/۴ تا ۲/۸ درصد از کل اراضی کشاورزی، مراتع و جنگل‌ها تا سال ۲۰۲۰ از بین می‌روند و کاهش توان مزارع یا افزایش استفاده از نهاده‌های کشاورزی برای حفظ توان مزارع در مساحت وسیعی انتظار می‌رود (۸).

تخریب اراضی می‌تواند به روش‌های مختلفی همانند مشاهدات مزرعه‌ای و سنجش از دور بررسی شود. سنجش از دور در مقایسه با مطالعات مزرعه‌ای، به لحاظ هزینه و زمان به صرفه‌تر است و امکان

ارزیابی بلندمدت روند تخریب اراضی را از طریق داده‌های ثابت و تکرارپذیر که برای چندین سال در دسترس هستند، فراهم می‌کند. این داده‌ها برای ارزیابی بلندمدت روند تخریب زمین و به‌دست آوردن شدت تخریب اراضی که نیازمند مقایسه مکانی نقشه‌های کاربری متعدد است، ایده‌آل می‌باشند. شدت تخریب و اثرات آن می‌تواند به‌طور مؤثری توسط تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه ارزیابی شود (۲۰). تلفیق سنجش از دور و GIS می‌تواند برای مشخص کردن مناطق درگیر تخریب اراضی و ارتباط آن‌ها با زمینه‌های فیزیوگرافی به‌کار رود (۴).

جهت پی بردن به نقش عوامل مؤثر بر تخریب اراضی و پتانسیل بیابان‌زایی پژوهش‌های زیادی انجام شده است که حاصل آن ارائه مدل‌های مختلف تخریب اراضی است. مدل مدالوس، مدل ارائه شده برای ارزیابی بیابان‌زایی است که توسط کاسماس (۱۹۹۹)، ESAs<sup>۱</sup> نام گرفت (۱۳). پروژه مدالوس (۱۳)، شاخص‌های اصلی و کلیدی بیابان‌زایی در مقیاس منطقه‌ای (در سطح محلی یا حوزه) را توسعه داده است. در این روش می‌توان انواع مختلف مناطق حساس به بیابان‌زایی را در رابطه با انواع پارامترها مثل تغییرات سطح زمین، خاک، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، آب و هوا و عملکرد انسانی تعریف کرد.

1- Environmentally Sensitive Areas

طول‌های جغرافیایی ۴۸° ۶' ۳۵'' تا ۴۸° ۱۶' ۴۶'' شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷° ۵۴' تا ۳۷° ۴۶' ۸'' شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). اغلب پوشش گیاهی آن از نوع مرتع می‌باشد. میانگین دمای سالانه هوا ۷/۰۵ درجه سلسیوس، میانگین حداکثر و حداقل سالانه دما به ترتیب ۱۱/۱۷ و ۲/۱۷ درجه سلسیوس است. میانگین بارش سالانه ۳۳۹/۱ میلی‌متر می‌باشد. با توجه به منحنی آمبروتیک و آمارهای هواشناسی موجود، اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی دومارتن اصلاح‌شده، نیمه‌خشک فراسرد می‌باشد. رژیم حرارتی و رطوبتی خاک‌های منطقه نیز به ترتیب مزیک<sup>۱</sup> و زیریک<sup>۲</sup> است (۲۲).

در این پژوهش برای بررسی وضعیت بیابان‌زایی حوضه سیاهپوش از مدل مدالوس در قالب روش ESAS استفاده شد. قبل از به‌کارگیری مدل در منطقه، معیارها و شاخص‌های مدل بازنگری و با توجه به شرایط محلی و اقلیمی حاکم بر منطقه با بازدیدهای میدانی در چهارچوب مدل مدالوس (۱۳)، از ۴ معیار و ۱۵ شاخص بیابان‌زایی برای تهیه نقشه بیابان‌زایی منطقه استفاده گردید (جدول ۱). معیارهای بیابان‌زایی شامل کیفیت خاک، کیفیت اقلیم، کیفیت پوشش گیاهی و کیفیت مدیریت می‌باشد. در مرحله بعد به شاخص‌های هر معیار بیابان‌زایی، امتیاز ۱ تا ۲ اختصاص داده شد. امتیاز ۱ برای بهترین حالت و امتیاز ۲ برای بدترین حالت در نظر گرفته شد. سپس همه امتیاز شاخص‌ها در لایه‌های اطلاعاتی بررسی و با بهره‌گیری از میانگین هندسی بر اساس رابطه ۱، نقشه وضعیت برای هر معیار اصلی محاسبه شد.

$$\text{Quality } X_{ij} = (\text{layer} - 1_{ij} * \text{layer} - 2_{ij} * \text{layer} - 3_{ij} * \dots * \text{layer} - n_{ij})^{(1/n)} \quad (1)$$

1- Mesic  
2- Xeric

پروری و همکاران (۲۰۱۱) برای تهیه نقشه بیابان‌زایی بستر خشک هامون از مدل ESAS استفاده کردند و نتیجه گرفتند که ۴۸/۲ و ۳۸/۷ درصد منطقه به ترتیب در طبقه بحرانی متوسط و شدید قرار دارد (۱۷). الناتوپا و همکاران (۲۰۱۳) حساسیت به بیابان‌زایی دو منطقه نیمه‌شهری در کشور سنگال را با استفاده از روش اصلاح‌شده ESAS مورد بررسی قرار دادند و عامل اصلی حساسیت بحرانی به بیابان‌زایی در بخش شمالی منطقه را بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی ذکر کردند. آن‌ها در نهایت نقشه بیابان‌زایی توسعه‌یافته را ابزاری ارزشمند برای ترویج مدیریتی کارآمدتر از مناطق آسیب‌دیده و جهت‌یابی مؤثر برای سیاست‌های پیشگیری از بیابان‌زایی قلمداد کردند (۵). فزونی و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از مدل مدالوس اصلاح‌شده به ارزیابی شرایط بیابان‌زایی دشت سیستان با استفاده از شاخص شاخص آب، اقلیم، خاک، پوشش گیاهی، مدیریت و فرسایش بادی اقدام کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که شاخص اقلیم با میانگین ۱/۹ و فرسایش بادی با میانگین ۱/۶۸ بیش‌ترین تأثیر را داشته‌اند. شاخص‌های خاک و آب نیز به ترتیب با میانگین ۱/۲۸ و ۱/۳۱ کم‌ترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه داشتند (۷). از آن‌جا که که بیش‌تر مطالعات انجام شده در زمینه تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک گرم ایران انجام شده است، بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی وضعیت و پهنه‌بندی تخریب اراضی در حوضه سیاهپوش استان اردبیل با مدل مدالوس و با استفاده از تکنیک سنجش از دور است که از نظر اقلیمی جزء مناطق نیمه‌خشک سرد ایران محسوب می‌شود.

### مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز سیاهپوش در قسمت جنوبی شهر کورائیم از شهرهای جنوبی استان اردبیل واقع شده است. مساحت این حوضه ۱۰۱۰۳ هکتار است و در

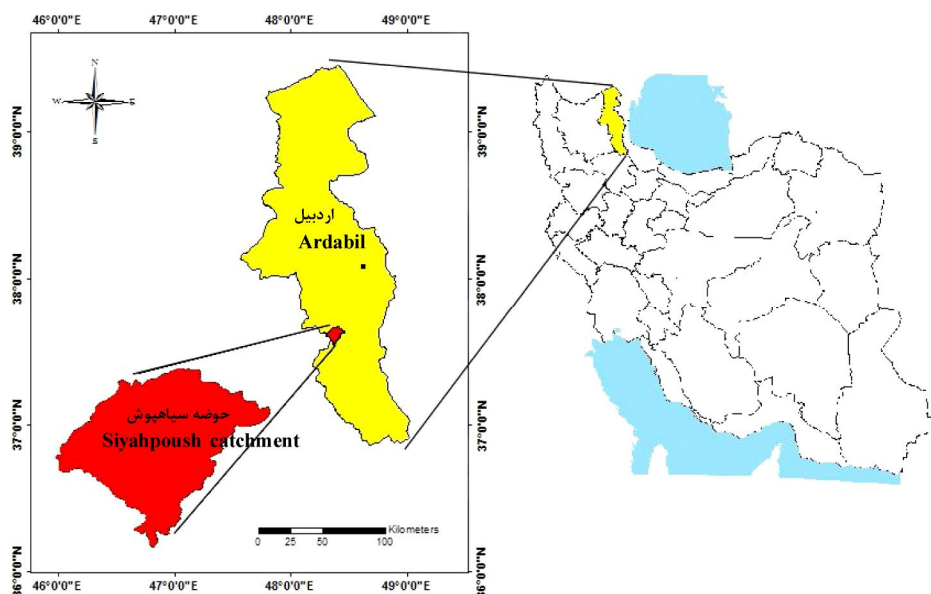
شد. در نهایت نقشه شاخص حساسیت مناطق به بیابان‌زایی<sup>۱</sup> (ESAI) در محیط نرم‌افزار ArcGIS10 به دست آمد.

نقشه معیار کیفیت خاک منطقه با استفاده از شش شاخص مطابق جدول ۱ تهیه شد. به این منظور بر اساس گزارش‌های خاک‌شناسی موجود (۱۶)، اطلاعات بافت خاک، عمق خاک، شرایط زهکشی و درصد سنگریزه مورد استفاده قرار گرفت و نقشه مربوط به هر کدام از این شاخص‌ها در واحدهای نقشه اجزای واحد اراضی به‌عنوان نقشه‌های پایه در محیط نرم‌افزار ArcGIS10 تهیه شد. نقشه شیب بر اساس مدل رقومی ارتفاعی<sup>۲</sup> (DEM) منطقه (خطوط ارتفاعی ۲۰ متری) و نقشه مواد مادری رقومی‌شده با استفاده از نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ در محیط نرم‌افزار ArcGIS10 به دست آمد.

که در آن، Layer شاخص‌های هر معیار، n تعداد شاخص‌های هر معیار و  $Quality-x_{ij}$  امتیاز مربوط به هر معیار در سلول ردیف i و ستون j لایه اطلاعاتی است. بنابراین چهار نقشه وضعیت معیارها به دست آمد که این نقشه‌ها برای بررسی کیفیت هر معیار و تأثیر آن‌ها در بیابان‌زایی به کار می‌روند. پس از ارزیابی و بررسی شاخص‌ها و محاسبه امتیاز هر معیار در هر لایه اطلاعاتی، به منظور بررسی وضعیت بیابان‌زایی، میانگین هندسی امتیازات معیارهای اصلی، از طریق رابطه ۲، محاسبه و امتیاز مربوط به شدت بیابان‌زایی تعیین شد.

$$ESAI_{ij} = (Quality - 1_{ij} * Quality - 2_{ij} * Quality - 3_{ij} * Quality - n_{ij})^{(1/4)} \quad (2)$$

پس از محاسبه امتیاز مربوط به شدت بیابان‌زایی، کلاس وضعیت بیابان‌زایی، با توجه به جدول ۲ تعیین



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز سیاهپوش.

Figure 1. The geographical location of Siyahpoush catchment.

- 1- Environmentally Sensitive Areas Index
- 2- Digital Elevation Model

جدول ۱- معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی.

**Table 1. Criteria and indices used in the assessment desertification.**

شاخص Index	معیار Criterion
Soil texture	بافت خاک
Drainage	زهکشی
Slope gradient (%)	شیب (%)
Parent materials	مواد مادری
Soil depth (cm)	عمق خاک (cm)
Rock fragments (%)	سنگریزه سطحی (%)
Aridity index	شاخص خشکی بگنولد- گوسن
Rainfall	بارندگی
Slope aspect	جهت شیب
Plant cover	درصد پوشش
Plant drought resistance	مقاومت به خشکسالی
Soil erosion protection	حفاظت خاک در برابر فرسایش
Fire risk	خطر آتش‌سوزی
Land use intensity	شدت کاربری اراضی
Policy	سیاست‌های اجرایی

جدول ۲- دامنه شاخص ESAI.

**Table 2. Types of ESAs and corresponding ranges of indices.**

دامنه شاخص Range of ESAI	زیر کلاس Subtype	کلاس Type
<1.17	N.A	غیر حساس Non affected
1.17-1.22	P	بالتوه Potential
1.23-1.26	F <sub>1</sub>	شکننده Fragile
1.27-1.32	F <sub>2</sub>	
1.33-1.37	F <sub>3</sub>	
1.38-1.41	C <sub>1</sub>	بحرانی Critical
1.42-1.52	C <sub>2</sub>	
>1.52	C <sub>3</sub>	

به‌دست آمد. برای استخراج درصد پوشش گیاهی، تصویر NDVI<sup>۲</sup> به‌دست آمده با تصویر گوگل ارث منطقه مقایسه شد و اعداد بیش‌تر از ۰/۱۱ به‌عنوان پوشش گیاهی تشخیص داده شد (۱۵). به‌منظور تهیه نقشه معیار کیفیت پوشش گیاهی، سایر عوامل شامل خطر آتش‌سوزی و توانایی رشد دوباره گیاه، حفاظت خاک در برابر فرسایش و مقاومت گیاه به خشکی نیز با توجه به نقشه کاربری اراضی منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت.

نقشه معیار مدیریت اراضی بر اساس شدت کاربری اراضی و سیاست‌های مدیریتی اتخاذ شده در منطقه، با توجه به بازدیدهای صحرایی و مصاحبه با اهالی و با استفاده از نقشه کاربری اراضی و اطلاعات موجود (۱۶) تهیه شد. در مرحله نهایی با توجه به قابلیت انعطاف‌پذیری مدل مدالوس (۱۴) و به‌منظور بررسی دقیق‌تر وضعیت بیابان‌زایی منطقه، علاوه بر شاخص‌های ذکر شده در مدل مدالوس استاندارد، شاخص‌های درصد ماده آلی و pH بر پایه مدالوس اصلاح‌شده (۳)، به معیار کیفیت خاک اضافه شد. به این منظور بر اساس اطلاعات مربوط به درصد ماده آلی و pH خاک در واحدهای نقشه اجزای واحد اراضی (۱۶)، نقشه معیار کیفیت خاک و نقشه نهایی شاخص حساسیت به بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس اصلاح‌شده تهیه شد.

### نتایج و بحث

پس از امتیازدهی شاخص‌های مورد مطالعه مربوط به هر کدام از معیارها و محاسبه میانگین هندسی این شاخص‌ها، نقشه معیار کیفیت خاک، کیفیت اقلیم، کیفیت پوشش گیاهی و کیفیت مدیریت تهیه شد. در شکل ۲ نقشه معیارهای مورد استفاده و در جدول ۳ اطلاعات مربوط به این معیارها آمده است.

نقشه معیار کیفیت اقلیم، با استفاده از نقشه‌های بارندگی، خشکی و جهت شیب (بر اساس نقشه DEM منطقه) تهیه شدند. به این منظور برای بررسی وضعیت بارندگی سالانه و ماهانه منطقه موردنظر، از داده‌های بارندگی مربوط به ۲۸ ایستگاه هواشناسی و برای تهیه نقشه دما نیز از داده‌های ۱۳ ایستگاه هواشناسی (نیارق، گلی، لای، پل‌الماس، گیلانده، گیلارلو، کوزه تپراقی، آلاذیزگه، سیاهپوش، شمس‌آباد، هشتجین، لمبر و خمس)، در اطراف حوضه سیاهپوش در دوره آماری مشترک سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۰ استفاده گردید. لازم به ذکر است که جهت تهیه نقشه‌های بارندگی ماهانه و سالانه، درون‌یابی به روش‌های کریجینگ و وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW)<sup>۱</sup> انجام گرفت که با توجه به خطای کم‌تر روش وزن‌دهی معکوس، از نقشه‌های به‌دست آمده از این روش در مدل استفاده شد. برای تهیه نقشه خشکی نیز، ابتدا نقشه هم‌دما و هم‌بارش ماهانه با استفاده از روش IDW برای هر ماه به‌صورت جداگانه رسم شد و در نهایت شاخص خشکی با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

$$BGI = \sum_{i=1}^n (2t_i - p_i) \cdot k \quad (3)$$

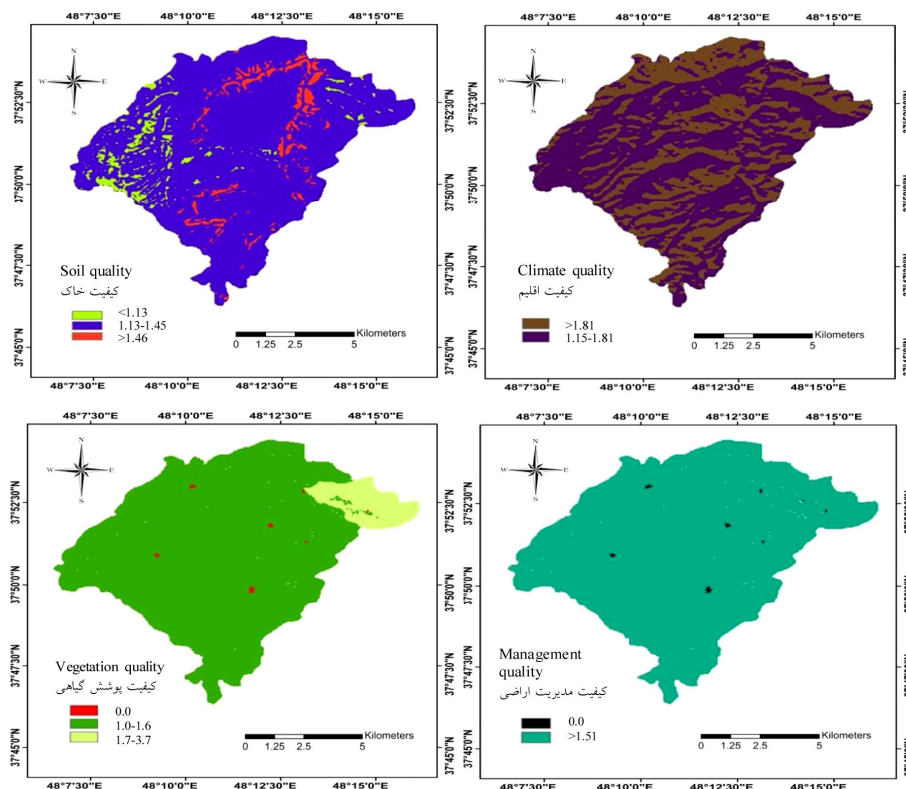
که در آن، BGI شاخص خشکی بگنولد-گوسن،  $t_i$  دما برای ماه  $i$  ام (درجه سلسیوس)،  $p_i$  بارندگی برای ماه  $i$  ام (میلی‌متر) و  $k$  بیانگر نسبتی از ماه‌ها است که در آن ماه، اختلاف دو برابر میانگین دمای ماهانه با بارش ماهانه بیش از صفر است (یعنی:  $2t_i - p_i > 0$ ). معیار پوشش گیاهی، با توجه به نوع پوشش غالب و درصد پوشش گیاهی ارزیابی شد. به‌منظور ارزیابی درصد پوشش گیاهی، مقادیر NDVI حوضه با استفاده از داده‌های رقومی سنجنده ETM+ مربوط به تاریخ ERDAS 9.1 منطقه و به کمک نرم‌افزار ۱۳۸۵/۳/۱۶

2- Normalized Difference Vegetation Index

1- Inverse Distance Weighting

بخشنامه مهر و همکاران (۲۰۱۳) دو معیار اقلیم و سیاست و مدیریت در منطقه سگری را به عنوان مهم ترین عوامل ایجادکننده بیابانزایی در منطقه معرفی کردند (۲). فرجزاده و نیک‌اقبال (۲۰۰۷) نیز در ارزیابی بیابانزایی زمین‌دشت فارس با استفاده از مدل مدالوس، به این نتیجه رسیدند که ترتیب اولویت معیارهای بیابانزایی در این محدوده عبارت از اقلیم، فرسایش بادی و کیفیت مدیریت، تخریب پوشش گیاهی و شور شدن منابع آب و خاک می‌باشند (۶). خنامانی و همکاران (۲۰۱۳) در ارزیابی کمی وضعیت فعلی بیابانزایی با استفاده از مدل مدالوس در دشت سگری اصفهان، معیار اقلیم را به عنوان مؤثرترین معیار معرفی کردند (۱۲).

نتایج نشان می‌دهد که دو معیار کیفیت مدیریت و کیفیت اقلیم به ترتیب با متوسط وزنی ۱/۹۱ و ۱/۶۲ دارای بالاترین امتیاز هستند (جدول ۳) و ایجاد و گسترش بیابانزایی در منطقه را موجب شده‌اند. این امر در نتیجه خصوصیات و شرایط آب و هوایی منطقه و فعالیت‌های غیراصولی انسان ایجاد شده است. فعالیت‌های مخرب انسانی شامل شدت کاربری متوسط در اراضی کشاورزی<sup>۱</sup> و این‌که چرای واقعی<sup>۲</sup> در مراتع حوضه، بیش از میزان چرای پایدار<sup>۳</sup> است. همچنین انجام عملیات مدیریتی و اقدامات حفاظتی در کم‌تر از ۲۵ درصد حوضه (بر اساس اطلاعات به دست آمده از سازمان منابع طبیعی استان) می‌تواند دلیل بالا بودن امتیاز معیار مدیریت در منطقه باشد.



شکل ۲- نقشه معیارهای مورد مطالعه در روش مدالوس استاندارد.

Figure 2. Criteria maps according to MEDALUS.

- 1- Medium land use intensity (MLUI)
- 2- Actual stocking rate (ASR)
- 3- Sustainable stocking rate (SSR)

اما از بین شاخص‌های مورد ارزیابی، شاخص بافت خاک و زهکشی مربوط به معیار کیفیت خاک با متوسط وزنی ۱ مناسب‌ترین شاخص تشخیص داده شد (جدول ۳). نتایج به‌دست آمده با نتایج پژوهش عباسی و همکاران (۲۰۱۴) در مورد ارزیابی کمی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در دشت سگزی اصفهان، همخوانی دارد (۱).

متوسط وزنی معیار کیفیت خاک ۱/۳۹ بوده و کم‌تر از متوسط وزنی معیار کیفیت پوشش گیاهی (۱/۴۱) می‌باشد. ولی در مدل مدالوس امتیاز ۱/۳۹ برای معیار کیفیت خاک، در کلاس متوسط و امتیاز ۱/۴۱ برای معیار کیفیت پوشش گیاهی، در کلاس با کیفیت بالا قرار دارد. از این‌رو، بهترین معیار، کیفیت پوشش گیاهی می‌باشد. هر چند پوشش گیاهی به‌عنوان مناسب‌ترین معیار تشخیص داده شده است،

جدول ۳- متوسط وزنی ارزش معیارها و شاخص‌های مورد مطالعه.

Table 3. The weighted average of studied criteria and indices.

متوسط وزنی weighted average	شاخص Index	متوسط وزنی weighted average	معیار Criterion
1	Soil texture	بافت خاک	کیفیت خاک Soil quality
1	Drainage	زهکشی	
1.56	Slope gradient (%)	شیب (%)	
1.34	Parent materials	مواد مادری	
1.43	Soil depth (cm)	عمق خاک (cm)	
1.75	Rock fragments (%)	سنگریزه سطحی (%)	
2	Aridity index	شاخص خشکی بگنولد-گوسن	کیفیت اقلیم Climate quality
1.5	Rainfall	بارندگی	
1.46	Slope aspect	جهت شیب	
1.06	Plant cover	درصد پوشش	کیفیت پوشش گیاهی Vegetation quality
1.99	Plant drought resistance	مقاومت به خشکسالی	
1.99	Soil erosion protection	حفاظت خاک در برابر فرسایش	
1.29	Fire risk	خطر آتش‌سوزی	
1.87	Land use intensity	شدت کاربری اراضی	کیفیت مدیریت اراضی Management quality
1.98	Policy	سیاست‌های اجرایی	

درصد سنگ و سنگریزه سطحی را مؤثرترین شاخص بیابان‌زایی تشخیص داد (۲۱). نقشه معیار کیفیت خاک (شکل ۲) نشان می‌دهد که منطقه در سه کلاس کیفیت خاک بالا، متوسط و پایین قرار گرفته است که به ترتیب ۴/۷، ۵/۳ و ۹۰ درصد منطقه را شامل می‌شود. تطابق نقشه معیار کیفیت خاک با نقشه‌های شاخص درصد شیب، مواد مادری و درصد سنگریزه

در بین شاخص‌های مربوط به معیار خاک، شاخص سنگریزه سطحی و درصد شیب به ترتیب با متوسط وزنی ۱/۷۵ و ۱/۵۶ بیش‌ترین تأثیر و شاخص‌های بافت خاک و زهکشی با متوسط وزنی ۱ کم‌ترین تأثیر را دارند (جدول ۳). سیلاخوری (۲۰۱۴) در پهنه‌بندی شدت خطر بیابان‌زایی منطقه مزیان سبزوار از منظر معیار خاک، شاخص زهکشی و



منطقه نشان می‌دهد که پایین‌ترین کیفیت خاک مربوط به مناطقی است که دارای شیب بیش‌تر از ۱۸ درصد، مواد مادری حساس به فرسایش و بیش از ۲۰ درصد حجمی سنگریزه هستند (به‌علت تعداد زیاد شاخص‌ها، نقشه شاخص‌ها نشان داده نشده است).

جدول ۳ نشان می‌دهد که در بین شاخص‌های معیار اقلیم، شاخص خشکی با متوسط وزنی ۲ بیش‌ترین تأثیر و شاخص جهت شیب با متوسط وزنی ۱/۶۶ کم‌ترین تأثیر را دارند. بنابراین می‌توان بیان نمود که وضعیت بسیار خشک در کل حوضه، عامل کاهش کیفیت اقلیم و حساسیت منطقه نسبت به تخریب و بیابان‌زایی شده است. نقشه معیار کیفیت اقلیم (شکل ۲) نشان می‌دهد که ۵۸/۵ درصد منطقه، دارای کیفیت اقلیم متوسط و ۴۱/۵ درصد دارای کیفیت اقلیم پایین می‌باشد. با توجه به یکسان بودن شاخص بارندگی و شاخص خشکی در کل منطقه، عاملی که باعث تفاوت در وضعیت اقلیم منطقه در قسمت‌های مختلف شده است، شاخص جهت شیب است که این مسأله بیانگر اهمیت این شاخص، در تعیین وضعیت اقلیمی منطقه می‌باشد. رنگزن و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای برای تهیه نقشه بیابان‌زایی در شرق و شمال‌شرق اهواز، شاخص میزان بارش و شاخص خشکی را با متوسط وزنی ۲ به‌عنوان مؤثرترین شاخص‌ها تشخیص دادند (۱۸).

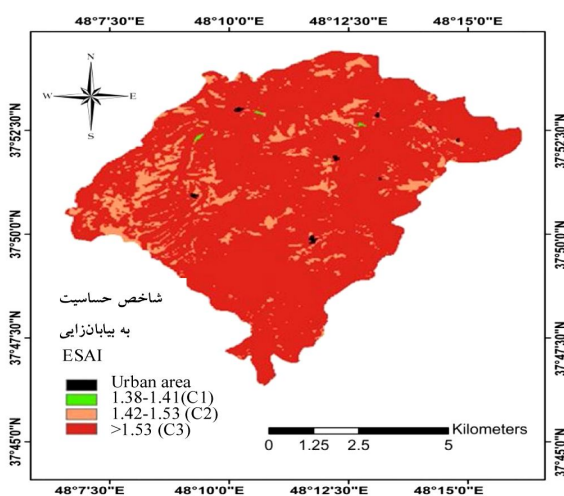
از شاخص‌های معیار پوشش گیاهی، شاخص مقاومت به خشکسالی و شاخص حفاظت در برابر فرسایش با متوسط وزنی ۱/۹۹ بیش‌ترین تأثیر و شاخص درصد پوشش گیاهی با متوسط وزنی ۱/۰۶ کم‌ترین تأثیر را دارند (جدول ۳). نقشه معیار کیفیت پوشش گیاهی (شکل ۲) نشان می‌دهد که ۷/۳ درصد از اراضی شمال‌غرب حوضه با کسب امتیاز ۱/۷-۳/۷، دارای وضعیت متوسط است. حدود ۹۲/۵ درصد از حوضه نیز با امتیاز ۱-۱/۶ در کلاس کیفیت بالا قرار

گرفته است. برای مناطق مسکونی هم امتیاز صفر در نظر گرفته شد که این مناطق تقریباً ۰/۲ درصد از مساحت حوضه را تشکیل می‌دهند. گیاهان زراعی و علفی یک‌ساله و علفزارهای دائمی (پوشش گیاهی غالب در منطقه مورد مطالعه بر اساس نقشه کاربری اراضی حوضه)، از نظر شاخص مقاومت به خشکی امتیاز ۲-۱/۷ و از نظر حفاظت خاک امتیاز ۲-۱/۶ را دریافت کرده و در کلاس پایین قرار می‌گیرند. نتایج نشان می‌دهد که علی‌رغم نامساعد بودن شاخص‌های مقاومت به خشکی و حفاظت خاک در منطقه، شاخص درصد پوشش گیاهی توانسته وضعیت کیفیت پوشش گیاهی منطقه را در کلاس بالا و متوسط حفظ نماید. با توجه به این‌که بیش‌تر وسعت منطقه از شیب بیش از ۱۸ درصد برخوردار است (بر اساس نقشه شاخص درصد شیب)، پوشش گیاهی مانع مهمی برای تخریب و فرسایش خاک است و چنان‌چه پوشش گیاهی به هر دلیل (قطع جنگل، آتش‌سوزی، چرای دام) تخریب شود، فرسایش بسیار شدیدی در کل سطح حوضه ایجاد خواهد شد. سپهر و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس و ارائه یک مدل منطقه‌ای به این نتیجه رسیدند که کمبود پوشش گیاهی تأثیر به‌سزایی بر شدت بیابان‌زایی دارد (۱۹).

با توجه به نتایج جدول ۳ مشخص می‌شود که از شاخص‌های معیار مدیریت، شاخص سیاست‌های اجرایی با متوسط وزنی ۱/۹۸ تأثیر بیش‌تر و شاخص شدت کاربری اراضی با متوسط وزنی ۱/۸۷ از اهمیت کم‌تری برخوردار است. نقشه معیار کیفیت مدیریت اراضی (شکل ۲) به‌دست آمده از تلفیق نقشه‌های شاخص شدت کاربری اراضی و سیاست‌های اجرایی نشان می‌دهد که شدت کاربری اراضی کشاورزی در مقایسه با اراضی مرتعی از وضعیت بهتری برخوردار می‌باشد؛ به‌گونه‌ای که شدت کاربری اراضی

با توجه به نقشه حساسیت به بیابان‌زایی منطقه حاصل از روش مدالوس (شکل ۳)، مشخص می‌شود که حوضه سیاهپوش از نظر حساسیت به بیابان‌زایی در کلاس بحرانی قرار دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های مؤثر بر فرآیند بیابان‌زایی، مشخص شد که میزان شاخص حساسیت به بیابان‌زایی برای منطقه مطالعاتی از ۱/۳۸ تا ۱/۷۶ می‌باشد که در کلاس بحرانی قرار می‌گیرد. در واقع از کل گستره منطقه، ۹۰۱/۳ هکتار، معادل ۹۰/۱ درصد از کل حوضه با کسب امتیاز بیش از ۱/۵۳ جزء تیپ C<sub>3</sub> یا منطقه بحرانی شدید می‌باشد. ۹۷۵/۹۸ هکتار، معادل ۹/۶۶ درصد از منطقه جز تیپ C<sub>2</sub> یا تیپ بحرانی متوسط و ۲/۰۲ هکتار، معادل ۰/۲ درصد از حوضه نیز در تیپ C<sub>1</sub> یا تیپ بحرانی کم قرار می‌گیرد. مناطق مسکونی نیز جز مناطق بی‌اثر پهنه‌بندی شده‌اند که ۰/۲ درصد از حوضه یعنی معادل ۲۰/۲ هکتار را شامل می‌شود. به‌عبارتی کلاس بحرانی شدید در منطقه غالب است و نقش اساسی در فرآیندهای بیابان‌زایی منطقه ایفا می‌کند که بر اساس نتایج، معیار کیفیت اقلیم و مدیریت، مؤثرترین معیار بر پدیده بیابان‌زایی در حوضه سیاهپوش می‌باشند.

کشاورزی به‌دلیل استفاده از واریته‌های اصلاح‌یافته؛ استفاده از کود به مقدار ناکافی و کنترل ناکافی بیماری‌ها و نیز مکانیزاسیون محدود به بذرپاشی و کاربرد کودها، بر اساس روش مدالوس (کاسماس، ۱۹۹۹) در سطح متوسط (امتیاز ۱/۵) و در کاربری مرتع، میزان چرای واقعی در حوضه بیش از میزان چرای پایدار بوده و امتیاز ۲ را کسب می‌کند. همچنین کم‌تر از ۲۵ درصد مساحت حوضه تحت اقدامات حفاظتی و عملیات مدیریتی قرار گرفته است؛ بنابراین قسمت اعظم اراضی منطقه از کلاس مدیریت پایین برخوردار است. بنابراین لازم است اقدامات مدیریتی مانند جلوگیری از چرا زودرس و بی‌رویه و توجه به ظرفیت مراتع و اعمال مدیریت سطح بالا در کاربری کشاورزی صورت گیرد. همچنین استفاده از روش‌های احیای بیولوژیک در منطقه و سایر روش‌های حفاظت خاک به‌منظور کنترل پدیده بیابان‌زایی در سطح حوضه پیشنهاد می‌گردد. هنردوست و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه پهنه‌بندی وضعیت فعلی بیابان‌زایی با استفاده از روش مدالوس حوضه آبخیز تروتی گنبد کاووس، معیار مدیریت با ارزش عددی ۱/۸۱ را در کلاس پایین به‌دست آوردند (۱۱).

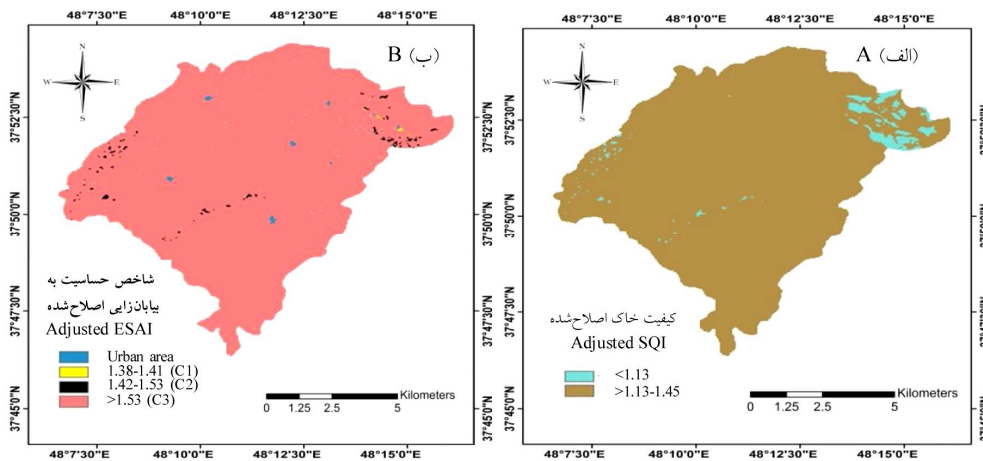


شکل ۳- نقشه حساسیت به بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه.

Figure 3. Map of sensitive areas to desertification.

با کلاس کیفیت بالا از ۴/۷ درصد به ۲/۷ درصد کاهش یافته است. کلاس کیفیت متوسط نیز از ۹۰ درصد حوضه در مدالوس استاندارد، به ۹۷/۳ درصد در مدالوس اصلاح شده، افزایش یافته است. همچنین در مدالوس استاندارد ۵/۳ درصد از حوضه دارای کیفیت پایین است که در مدالوس اصلاح شده این کلاس کیفیت مشاهده نمی‌شود. شاید بتوان ادعا کرد که این نقشه نشانگر وضعیت واقعی تر منطقه است.

روش مدالوس اصلاح شده، شاخص ماده آلی با متوسط وزنی ۱/۱۷ و شاخص pH خاک با متوسط وزنی ۱/۴۶ به معیار کیفیت خاک اضافه شدند. نقشه معیار کیفیت خاک به دست آمده بر اساس مدل مدالوس اصلاح شده (شکل ۴- الف) نشان می‌دهد که ۲/۷ درصد از حوضه، در کلاس بالای کیفیت خاک و بقیه منطقه در کلاس متوسط کیفیت خاک قرار گرفته است. در مقایسه با نقشه معیار کیفیت خاک تهیه شده در مدالوس استاندارد دیده می‌شود که وسعت مناطق



شکل ۴- (الف): نقشه معیار کیفیت خاک اصلاح شده، (ب): نقشه حساسیت به بیابانزایی اصلاح شده

Figure 4. (A): Map of soil quality criterion using adjusted MEDALUS, (B): Map of sensitive areas to desertification using adjusted MEDALUS.

متوسط و کم پهنه‌بندی شده‌اند، به عبارتی مناطق با کیفیت خاک بالاتر در نقشه کیفیت خاک اصلاح شده، از حساسیت به بیابانزایی کم‌تری برخوردارند و در نظر گرفتن شاخص‌های ماده آلی و pH خاک توانسته باعث بهبود کیفیت خاک شود. همچنین مناطق با کیفیت خاک بالا در هر دو نقشه مربوط به قسمت‌های غربی و شمال شرقی حوضه است. در مقایسه با نقشه حساسیت به بیابانزایی تهیه شده در مدالوس استاندارد دیده می‌شود که درصد تیپ بحرانی کم در مدالوس اصلاح شده تغییر چندانی نداشته است (از ۰/۰۲ درصد شده در مدالوس استاندارد به ۰/۰۴

نقشه نهایی حساسیت به بیابانزایی بر اساس مدل مدالوس اصلاح شده (شکل ۴- ب) نشان می‌دهد که ۰/۰۴ درصد حوضه با شاخص ۱/۳۸-۱/۴۱ در تیپ C<sub>1</sub>، ۰/۴۹ درصد با شاخص ۱/۴۲-۱/۵۳ در تیپ C<sub>2</sub> و ۹۹/۲ درصد از منطقه نیز با شاخص بیش از ۱/۵۳ در تیپ C<sub>3</sub> قرار می‌گیرد. این مناطق به ترتیب ۴/۰۴، ۴۹/۵ و ۱۰,۰۲۲/۵۷ هکتار از کل منطقه را پوشش می‌دهند. این نقشه تقریباً با نقشه معیار کیفیت خاک اصلاح شده مطابقت دارد؛ به طوری که مناطقی که در نقشه معیار کیفیت خاک اصلاح شده، در کلاس کیفیت بالا قرار داشتند، در این نقشه جز مناطق با حساسیت

حساسیت کم و بقیه منطقه نیز در کلاس حساسیت بسیار کم قرار دارد (۱۰).

### نتیجه‌گیری کلی

معیارهای مدیریت و اقلیم بیش‌ترین تأثیر را در بیابان‌زایی حوضه سیاهپوش داشته‌اند. هر چند که متوسط وزنی معیار کیفیت خاک کم‌تر از متوسط وزنی معیار کیفیت پوشش گیاهی می‌باشد؛ ولی معیار کیفیت خاک در کلاس متوسط و معیار کیفیت پوشش گیاهی، در کلاس با کیفیت بالا قرار دارد. از این‌رو، بهترین معیار، کیفیت پوشش گیاهی می‌باشد. هر چند پوشش گیاهی به‌عنوان مناسب‌ترین معیار تشخیص داده شده است، اما از بین شاخص‌های مورد ارزیابی، شاخص بافت خاک و زهکشی مربوط به معیار کیفیت خاک با متوسط وزنی ۱ مناسب‌ترین شاخص تشخیص داده شد. حوضه آبخیز سیاهپوش تماماً شامل اراضی کوهستانی و تپه ماهور می‌باشد و عمدتاً بر اثر مدیریت‌های غیراصولی مانند عدم تعادل دام و مراتع در گذشته، چرای زودرس، بی‌رویه و دائم در طول سالیان متمادی و همچنین شرایط توپوگرافی نامساعد دستخوش تغییرات فراوانی گشته و پوشش گیاهی کلیماکس منطقه در بعضی نقاط آسیب‌دیده و جای خود را به پوشش‌های نامرغوب و مهاجم داده‌اند. به‌طوری‌که ادامه این روند موجب تخریب بیش‌تر پوشش گیاهی منطقه گردیده و اکوسیستم منطقه را از حیز انتفاع خارج می‌سازد؛ بنابراین ضروری است تا برنامه عملی پایش و مهار بحران بیابان‌زایی برای اصلاح شاخص‌های یادشده تدوین گردد و گامی مؤثر برای توسعه پایدار برداشته شود.

درصد در مدالوس اصلاح‌شده افزایش یافته است). تیپ بحرانی متوسط نیز از ۹/۶۶ درصد حوضه در مدالوس استاندارد، به ۰/۴۹ درصد در مدالوس اصلاح‌شده، کاهش یافته است. همچنین در مدالوس استاندارد ۹۰/۱ درصد از حوضه در تیپ بحرانی شدید قرار گرفته است که در مدالوس اصلاح‌شده این مقدار به ۹۹/۲ درصد افزایش یافته است. نتایج نشان می‌دهد که ماده آلی و pH خاک به‌عنوان شاخص‌های معیار کیفیت خاک، تأثیر بیش‌تری بر افزایش حساسیت منطقه به بیابان‌زایی در تیپ بحرانی شدید داشته‌اند. شاخص ESAI در هر دو مقیاس محلی و منطقه‌ای در مناطق مختلفی از اروپای جنوبی تحت شرایط زیستی مختلف اعتبارسنجی شده است، برای مثال لاوادوکتادور و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که شاخص ESAI همبستگی خوبی با شاخص‌های مختلف تخریب خاک در مناطقی از اسپانیا دارد و بنابراین این شاخص قادر است به درستی، مناطقی که تحت تأثیر تخریب اراضی قرار دارند را مشخص کند (۱۴). استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGIS10 مانند تهیه نقشه‌های شیب و جهت، اعمال روش‌های میانابی و محاسبه میانگین هندسی، موجب افزایش سرعت و دقت کارشناس در ارزیابی می‌شود. هادل و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از تکنیک سنجش از دور، GIS و روش ESAs به مطالعه حساسیت استان بصره نسبت به بیابان‌زایی پرداختند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که قسمت‌های جنوبی و شرقی دارای بیش‌ترین حساسیت و قسمت‌های شمالی منطقه دارای کم‌ترین حساسیت هستند. به این ترتیب مشخص شد که ۶۱/۹ درصد منطقه در کلاس بسیار حساس، ۱۸/۹ درصد در کلاس حساس، ۱۰/۷ درصد در کلاس

## منابع

1. Abbasi, A.P., Amani, H., and Zareian, M. 2014. Quantitative assessment of desertification status using MEDALUS model and GIS (Case study: Shamil Plain–Hormozgan province). *RS & GIS for Natural Resources*. 5: 1. 87-97. (In Persian)
2. Bakhshandemehr, L., Soltani, S., and Sepehr, A. 2013. Assessment of present status of desertification and modifying the MEDALUS model in Segzi plain of Isfahan, *J. Range Water. Manage.* 66: 1. 27-41. (In Persian)
3. Bakr, N. 2013. Sustainable natural resource management in regional ecosystems: case study in semi-arid and humid regions. Ph.D. Thesis, School of Plant, Environmental and Soil Sciences, Louisiana State University.
4. El Baroudy, A.A. 2011. Monitoring land degradation using remote sensing and GIS techniques in an area of the middle Nile Delta, Egypt. *Catena*. 87: 2. 201-208.
5. Elena Topa, M., Iavazzo, P., Terracciano, S., Adamo, P., Coly, A., De Paola, F., Giardano, S., Giugni, M., and Eric Traore, S. 2013. Evaluation of sensitivity to desertification by a modified ESAs method in two sub-Saharan peri-urban areas: Ouagadougou (Burkina Faso) and Saint Louis (Senegal). *Geophysical Research Abstracts*. 15: 2013-2229.
6. Farajzadeh, M., and Egbal, M.N. 2007. Evaluation of MEDALUS model for desertification hazard zonation using GIS; study area: Iyzad Khast plain, Iran. *Pak. J. Biol. Sci.* 16: 2622-2630.
7. Fozooni, L., Fakhrieh, A., and Ekhtesasi, M.R. 2012. Assessment of desertification using of modify MEDALUS model in Sistan plain (the east of IRAN). *J. Elixir Geosci.* 47: 8950-8955.
8. Gao, J., and Liu, Y. 2010. Determination of land degradation causes in Tongyu County, northeast China via land cover change detection. *J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 12: 9-16.
9. Goudie, A.S. 2011. Desertification. P 30-35, In: J.O. Nriagu (Ed.), *Encyclopedia of Environmental Health*, Burlington. Elsevier.
10. Hadeel, A.S., Mushtak, T., Jabbar, M.T., and Chen, X. 2010. Application of remote sensing and GIS in the study of environmental sensitivity to desertification: a case study in Basrah Province, southern part of Iraq. *J. Appl. Geomat.* 2: 101-112.
11. Honardoost, F., Nikouie, A., and Ghezelesflou, A. 2012. Mapping of present Status of desertification using Medalus (Case study: Tarvati- Gonbade Kavous watershed). First National Congress on Desert. International Desert Research Center, Tehran. Pp: 52-59. (In Persian)
12. Khanamani, A., Karim Zadeh, H.R., Jafari, R., and Golshahi, A. 2013. Quantitative assessment of current desertification using MEDALUS model (Case study: Segzi plain). *RS & GIS for Natural Resources*. 4: 1. 13-25. (In Persian)
13. Kosmas, C., Kirkby, M., and Geeson, N. 1999. The Medalus project: Mediterranean desertification and land use, Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. European Commission, Project ENV4 CT 95 0119 (EUR 18882).
14. Lavado Comntador, J.F., Schanabel, S., Mezo Gutierrez, A.G., and Pulido, F.M. 2009. Mapping sensitivity to land degradation Extremadura. SW Spain. 1: 1. 25-41.
15. Motandon, L.M., and Small, E.E. 2008. The impact of soil reflectance on the quantification of the green vegetation fraction from NDVI. *Rem. Sens. Environ.* 112: 1835-1845.
16. Netpa Consulting Engineering. 2007. Integrated multipurpose project of Siyahposh watershed. Guilan Office of Natural Resources, Ministry of Jihad-e-Agriculture. (In Persian)
17. Parvari, S.H., Pahlavanravi, A., Moghaddam Nia, A.R., Dehviri, A., and Parvari, D. 2011. Application of methodology for mapping environmentally sensitive areas (ESAs) to desertification in dry bed of Hamoun wetland (Iran). *Inter. J. Natur. Resour. Mar. Sci.* 1: 1. 65-8.
18. Rangzan, K., Sulaimani, B., Sarsangi, A., and Abshirini, A. 2008. Change detection mineralogy, desertification mapping in East and Northeast of Ahvaz city, SW Iran using combination of Remote sensing methods, GIS and ESA model. *Global J. Environ. Res.* 2: 1. 42-52.

19. Sepehr, A., Hassanli, A.M., Ekhtesasi, M., and Jamali, J. 2007. Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environmental Monitoring and Assessment*. 134: 1-3. 243-254.
20. Shoshanya, M., Goldshleger, N., and Chudnovsky, A. 2013. Monitoring of agricultural soil degradation by remote-sensing methods: a review. *Inter. J. Rem. Sens.* 34: 6152-6181.
21. Silakhori, E. 2014. Mapping of desertification hazard intensity based on soil index using ESAs methodology in Mazinan of Sabzevar. *Emergency Management*. 3: 2.63-57. (In Persian)
22. Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*, 12th ed., NRCS, USDA. 358p.
23. Yang, X., Zhang, K., Jia, B., and Ci, L. 2005. Desertification assessment in China: An overview. *J. Arid Environ.* 63: 2. 517-531.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(1), 2017*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Mapping and assessment of land degradation risk using MEDALUS model in Siyahpoush catchment, Ardabil province**

**N. Yaghmaeian Mahabadi<sup>1</sup>, \*H. Asadi<sup>2</sup> and S. Rezaei<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Guilan, <sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, University of Tehran, <sup>3</sup>M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Guilan

Received: 06/26/2016; Accepted: 05/08/2017

### **Abstract**

**Background and Objectives:** Nowadays, land degradation is a serious problem in many parts of the world. Land degradation occurs as a result of various factors including climatic change, improper land use and management in arid, semi-arid and dry sub-humid areas. It has been recognized as a major socioeconomic, social and environmental problem in many countries of the world. Various models are provided in order to assess desertification in the world. It seems that the MEDALUS model has apparent advantages compared to the other ones, such as easy style, data accessibility and taking geometric mean. The objectives of this study were to mapping and quantitative evaluation of land degradation in Siyahpoush catchment using MEDALUS and adjusted MEDALUS model.

**Materials and Methods:** In this study, MEDALUS and adjusted MEDALUS models were applied to desertification assessment and mapping in Siyahpoush catchment. For this purpose, four important criteria (soil quality, climate, vegetation cover, management and policy) which were effective on desertification have been selected. Indices for each criterion are defined in the MEDALUS model. Index layers for each criterion were prepared using GIS. These indices were ranked in accordance with MEDALUS model. The geometric mean was then calculated and map was produced for each criterion. Land degradation map of the study area was finally prepared using the geometric mean criteria.

**Results:** The result showed that management quality and climate quality criteria with a geometric average of 1.91 and 1.62 have played the most important role in sensitivity of the area to desertification. Soil quality criterion with a geometric average of 1.39 and vegetation quality criterion with a geometric average of 1.41 were classified in moderate and high quality, respectively. Therefore, vegetation quality was determined as the most appropriate criterion. The ESAI index for MEDALUS and adjusted MEDALUS model ranged 1.38 to 1.79 and 1.37 to 1.93, respectively. This means that all area is located in critical class of desertification.

**Conclusion:** The management and climate quality were identified as the most inappropriate criteria and vegetation quality was found as the most appropriate criterion. According to the obtained results, the study area is classified as critical class by ESAs model, so that 90.1% and 99.2% of the study area is located in the severe critical sub-class (C<sub>3</sub>) whit MEDALUS and adjusted MEDALUS model, respectively. However, implementing management policies would help to restrain this phenomenon at field or regional level. In addition, monitoring of land degradation needs to be considered that have involved more effective indices in this region.

**Keywords:** Desertification, MEDALUS, Geographic information systems, Soil quality

---

\* Corresponding Author; Email: [ho.asadi@ut.ac.ir](mailto:ho.asadi@ut.ac.ir)

