

دوره ۳۴، شماره ۳، شماره ۱ پی‌اچ، پاییز ۱۴۰۰، صفحه‌های ۱۴۸-۱۳۳
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/wmej.2021.352966.1381

مقاله‌ی پژوهشی



پژوهش‌های آبخزرداری

ارزیابی خطر بیابان‌زایی با استفاده از مدل جدید مدالوس پیشنهادی

سمیه شیرگیر

دانش‌آموخته‌ی کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز

مسعود مسعودی

(نویسنده‌ی مسئول) * دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز

*رایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: masoudi@shirazu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۰۶ دی ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: ۲۵ اسفند ۱۳۹۹

چکیده

افزایش روند تخریب منابع طبیعی زندگی جامعه‌ی بشر را به‌طور نگران‌کننده‌ی تهدید می‌کند. فرآیند بیابان‌زایی نمونه‌ی اصلی این گونه تخریب‌ها است. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی امکان خطر بیابان‌زایی با مدل مدالوس در منطقه‌ی گلسرای تربت حیدریه در استان خراسان رضوی است. بر پایه‌ی این مدل، پنج معیار کلیدی کیفیت خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، مدیریت و روند (معیار پیشنهادی) ارزیابی شد. کیفیت هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های آن، و از میانگین هندسی معیارها نقشه‌ی نهایی شدت بیابان‌زایی به‌دست آمد. در منطقه‌ی گلسرا سه طبقه‌ی خطر حساس (F_1, F_2, F_3) و دو طبقه‌ی احتمال خطر (P) و بی‌تاثیر (N) به‌دست آمد. مدل مدالوس علاوه بر افزودن معیار روند در سه مرحله‌ی دیگر نیز اصلاح شد. در مرحله‌ی اول پس از تهیه‌ی نقشه‌ی شدت بیابان‌زایی در چهارچوب مدل مدالوس، نقشه‌ی جدید شدت بیابان‌زایی بر پایه‌ی طبقه‌بندی چهار طبقه‌ی (کم تا خیلی شدید) به‌دست آمد، که نشان داد در ۶۶٪ از منطقه احتمال بیابان‌زایی متوسط هست. در مرحله‌ی دوم، با تهیه‌ی نقشه‌ی تولید فعلی به تولید بالقوه‌ی منطقه به نوعی وضعیت فعلی بیابان‌زایی که در مدل اصلی در نظر گرفته نشده‌بود وارد محاسبه‌ها شد، که نشان داد ۶۰٪ از منطقه در وضعیت فعلی بیابان‌زایی شدید است. در مرحله‌ی سوم بر پایه‌ی نقشه‌ی تولید فعلی به تولید بالقوه‌ی به‌دست آمده، طبقه‌بندی جدید شامل طبقه‌های اصلی خطر فعلی و خطر بالقوه برای نقشه‌ی شدت بیابان‌زایی اصلاح‌شده‌ی مدل مدالوس تعریف شد. بر پایه‌ی نقشه‌ی نهایی اصلاح‌شده‌ی مدالوس، ۹۳/۴٪ از مساحت منطقه‌ی بررسی‌شده در طبقه‌ی اصلی خطر فعلی و ۶/۶۰٪ در طبقه‌ی اصلی خطر بالقوه بود. این نتیجه نشان‌دهنده‌ی کارآ نبودن مدل مدالوس فعلی در منطقه‌ی گلسرا بی‌درنظرگرفتن ویژگی وضعیت فعلی تخریب است. به‌کاربردن روش پیشنهادشده توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: بیابان‌زایی، خطر بالقوه، خطر فعلی، روند، سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، مدالوس، وضعیت فعلی بیابان‌زایی

مقدمه

روند روزافزون تخریب منابع طبیعی در بسیاری از جاهای جهان تهدیدی جدی برای بشر است. برخی از پژوهشگران پی‌آمدهای فرسایش خاک را به حدی خطرناک دانسته‌اند که شکوفایی و نابودی تمدن‌های پیشین را به این پدیده نسبت داده‌اند (خوجه و همکاران ۲۰۱۷). بیابان‌زایی یکی از نمونه‌های این تخریب است که بر کشورهای توسعه‌یافته و توسعه‌یافته تأثیر گزارده است (بخشنده مهر ۲۰۰۹). بیابان‌زایی پدیده‌ی خطرناک محیطی و زیست‌بومی است که مستقیماً بر بیش از ۲۵۰ میلیون نفر در سراسر جهان اثر کرده است. علاوه بر این، حدود یک بلیون نفر در ۱۱۰ کشور جهان در خطر تأثیر بیابان‌زایی‌اند (جیان و همکاران ۲۰۰۹، سالونخه و همکاران ۲۰۱۸). ناحیه‌های خشک و نیمه‌خشک بیش از ۴۰٪ سطح زمین‌های جهان و زیستگاه یک بلیون نفر از مردم دنیا است (ورونو همکاران ۲۰۰۶).

آنچه موجب تخریب سرزمین و بیابان‌زایی در دنیای امروز و به‌ویژه در کشورهای توسعه‌یافته شده به‌یقین دخالت‌ها و فعالیت‌های نامعقول انسان است. این پدیده را نمی‌توان منحصر به اقلیم خاصی دانست، بل که فرآیندهایی است که هم‌زایی‌های عامل‌های طبیعی بوده‌اند، و هم عمل‌کرد نادرست انسان. عامل‌های انسانی نقش اساسی و کلیدی دارد و موجب تسریع و افزایش سرعت تخریب شده است (وصالی و همکاران ۲۰۱۶). گسترش سریع بیابان‌زایی منجر به خسارت‌های اقتصادی، تخریب محیط زیست، شرایط ناپایدار سیاسی محلی، و هرج‌ومرج‌های اجتماعی شده است. به این دلیل در بسیاری از پژوهش‌ها به بیابان‌زایی توجه شده است (ژو و همکاران ۲۰۱۰).

بیابان‌زایی تخریب سرزمین در منطقه‌های خشک، نیمه‌خشک، و نیمه‌مرطوب خشک بر اثر تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسان است که محدودیت‌های بسیاری در کشاورزی، تأمین غذا، پرورش دام، توسعه‌ی صنعت، و هزینه‌های خدماتی ایجاد می‌کند. از نتیجه‌های این پدیده فروپاشی شیوه‌های درآمد دامداران و کشاورزان و مهاجرت است (لانرگان ۲۰۰۵). اثرهای مخرب و جبران‌ناپذیر بیابان‌زایی، شناسایی و ارزیابی عامل‌های مؤثر و تعیین منطقه‌های درگیر را به ضرورت هر منطقه تبدیل کرده است (فرماهینی‌فراهانی و درویش ۲۰۱۲). آسما و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی وضعیت فعلی و گرایش فرآیند بیابان‌زایی در غرب آسیا نتیجه گرفتند که سیاست ناصحیح مدیریت منابع از جمله چرای شدید، بهره‌برداری بیش از اندازه‌ی منابع آب و زمین، و جنگل‌تراشی از جمله عامل‌های اصلی تخریب، و توسعه‌ی بیابان‌زایی‌اند. بیابان‌زایی بر تقریباً ۳۱۰ میلیون هکتار از مرتع‌ها، ۳۳۵ میلیون هکتار

از دیمزارها، و ۴۰ میلیون هکتار از زمین‌های کشت آبی، و در کل ۳۴۷۵ میلیون هکتار (۷۰٪) از کل وسعت سرزمین‌های خشک تأثیر گزارده است (درگنه ۱۹۹۱). بنابراین بیابان‌زایی معضلی جهانی است و امید است که با بررسی و شناخت عامل‌های به‌وجود آورنده و تشدیدکننده‌ی بیابان‌زایی، و با دادن راه کارهای مدیریتی به مقابله با این پدیده و کاهش اثرهای بد آن پرداخته شود.

حدود ۸۰٪ از ایران در منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک است، و یک‌سوم آن مستعد بیابان‌زایی است. بعضی پژوهش‌ها نشان می‌دهد که شور شدن خاک و آب، آب‌وهوا، فرسایش بادی، مدیریت نامناسب زمین، و تخریب پوشش گیاهی مهم‌ترین عامل‌های مؤثر در بیابان‌زایی در بوم‌نظام‌های خشک ایران‌اند (فرج زاده و نیک اقبال ۲۰۰۷).

از این رو هدف اصلی در منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک مهارکردن بیابان‌زایی است، و در این راه ارزیابی و تهیه‌ی نقشه‌های بیابان‌زایی ضروری است. بهره‌برداری بی‌رویه از زمین، نبود راه‌بردی مناسب برای حفاظت از خاک، و اولویت‌ندادن به شیوه‌های اصلاحی موجب شده است که فرسایش خاک و بیابان‌زایی معضلی ملی باشد (مسعودی و جوکار ۲۰۱۷).

برای ارزیابی و تهیه‌ی نقشه‌ی بیابان‌زایی مدل‌های منطقه‌ی زیادی طراحی شده است که خاص هر منطقه است و برای به کارگیری آن‌ها باید با شرایط جدید تطبیق داده و اصلاح شوند (محمدقاسمی و همکاران ۲۰۰۹، ذاکری نژاد و مسعودی ۲۰۱۹). یکی از مدل‌های مطرح جهانی در زمینه‌ی ارزیابی بیابان‌زایی مدل مدالوس است که در کشور ما بیش از سایر مدل‌ها از آن استقبال شده و به کار گرفته شده است. ابریشم (۲۰۰۴) وضعیت فعلی بیابان‌زایی آبخیز فخرآباد-مهریز، استان یزد را بر پایه‌ی روش‌های مدالوس تغییر یافته، MICD و ICD جداگانه ارزیابی، و نقشه‌ی هر یک را تهیه کرد. از نتیجه‌های به‌دست آمده بر پایه‌ی MICD، منطقه‌ی بررسی شده به چهار طبقه‌ی بیابان‌زایی آرام (I)، کم (II)، متوسط (IV) و زیاد (III) تقسیم شد. مقایسه‌ی نتیجه‌های سه روش با شرایط منطقه، روش‌های مدالوس تغییر یافته و MICD را به ترتیب برای ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی مناسب دانست. سپهر و همکاران (۲۰۰۷) بیابان‌زایی را در ناحیه‌ی دشت فیدوبده-گرم‌دشت (ایران جنوبی) مبتنی دیدگاه مدالوس، مشخصه‌های ناحیه، مدل محلی توسعه‌یافته، و کاربردجی‌آی‌اس به‌طور کمی ارزیابی کردند. شش عامل اصلی خاک، اقلیم، فرسایش، پوشش گیاهی، آب‌های زیرزمینی و مدیریت در نظر گرفته، و برای هر شاخص اصلی چندین زیرشاخص تعیین شد. پوشش گیاهی و آب‌های زیرزمینی

شکننده‌ی متوسط (F₂) با ۲۹/۸٪ بود. معیارهای خاک و پوشش گیاهی در هر دو مدل IMDPA و مدالوس مؤثرترین معیارهای بیابان‌زایی منطقه جازموریان دانسته شد. عامل‌های زیادی در تخریب سرزمین دخالت دارند، و شوربختانه مدلهایی که تاکنون داده شده است ضعف‌هایی دارند. در این پژوهش با تهیه‌ی مدل مدالوس پیشنهادشده، به ارزیابی احتمال خطر بیابان‌زایی در منطقه‌ی گلسرا پرداخته شد، و برآوردی از زمین‌های در تهدید تخریب سرزمین و بیابان‌زایی انجام شد که دقیق‌تر از مدل فعلی است. از ایرادهای واردشده بر مدل فعلی مدالوس نپرداختن به روند تخریب و بررسی دقیق وضعیت فعلی تخریب است (مسعودی و الهایی سحر ۲۰۱۸). البته در شماری از پژوهش‌های داخل کشور شاخص‌های وضعیت فعلی مثل فرسایش خاک به مدل افزوده شده است، اما تفکیک‌پذیری مناسب بین شاخص‌های احتمال خطر که اساس مدل مدالوس است با شاخص‌های وضعیت به خوبی شکل نگرفته است. در این تحقیق این دو ویژگی مهم از هم تفکیک، و امکان مقایسه بین آن‌ها فراهم شد.

مواد و روش‌ها

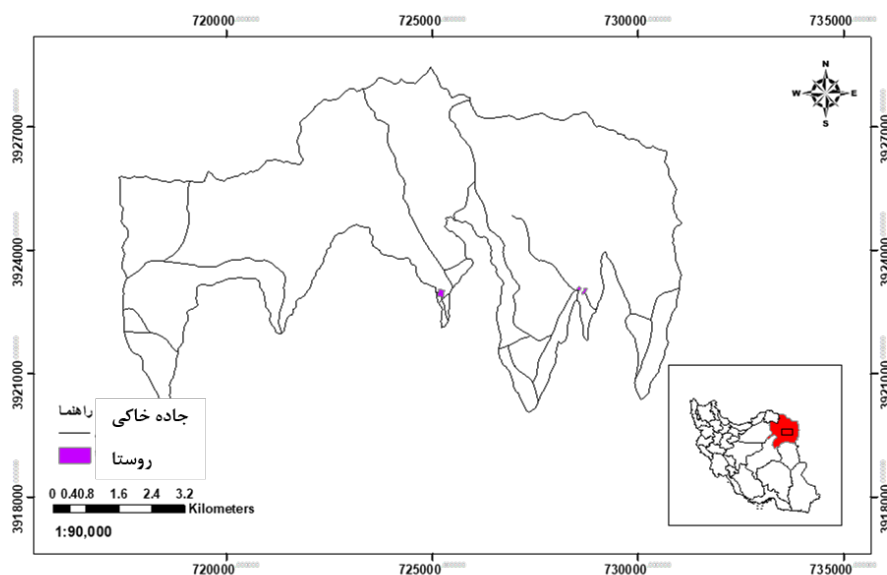
منطقه‌ی گلسرا در استان خراسان رضوی با مساحتی در حدود ۷۴۳۰ هکتار در فاصله‌ی تقریبی ۲۵ کیلومتری شمال شرق شهر تربت حیدریه و در ارتفاعات مشرف به روستاهای شهن آباد، کاریزک و گلسرا، با ارتفاع متوسط ۹۳۸ متر از تراز دریا و در محدوده‌ی ۱۸' ۵۹° تا ۳۴' ۵۹° طول جغرافیایی و ۲۴' ۳۵° تا ۲۹' ۳۵° عرض جغرافیایی است (شکل ۱). متوسط بارندگی سالانه‌ی منطقه ۳۴۰ mm و متوسط دمای سالانه ۱۱ °C است. اقلیم منطقه در روش آمبرژه نیمه‌خشک سرد و در روش دومارتن نیمه‌خشک است. بلندترین نقطه‌ی منطقه ۲۶۰۲ متر و پایین‌ترین نقطه ۱۵۴۵ متر از سطح دریا است. خاک‌های منطقه‌ی گلسرا در دو طبقه‌ی انتی سول و اینسپتی سول طبقه‌بندی شده است. کاربری بیش‌تر زمین‌ها مرتع، و پس از آن زمین‌های صخره‌یی است.

مهم‌ترین عامل‌های مؤثر در بیابان‌زایی شناخته شد. شهریار و همکاران (۲۰۰۹) ارزیابی تخریب سرزمین را در منطقه‌ی نیاتک سیستان با تأکید بر فرسایش بادی و با مدل مدالوس برآورد کردند.

نتیجه‌ها نشان داد که تخریب فراتر از حد معیار، و شامل طبقه‌های متوسط، زیاد و شدید بود. طبقه‌ی متوسط، زیاد، و خیلی زیاد به ترتیب ۵۹/۳ و ۳۱/۲ و ۹/۵٪ از مساحت کل منطقه را شامل می‌شد. علی‌اکبری (۲۰۱۲) خطر بیابان‌زایی دشت خواف را با مدل مدالوس بررسی کرد. بعد از تعیین واحد کاری منطقه به هفت واحد همگن، بررسی معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی و اصلاح ضریب‌های آن‌ها بر پایه‌ی شرایط خاص منطقه، مدل مدالوس اصلاح شد. در هر واحد کاری، نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی و طبقه‌بندی آن تهیه کرده شد. زهتابیان و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی اثر معیار خاک در بیابان‌زایی حوزه‌ی حبله‌رود با مدل مدالوس پرداختند.

۴/۱۶٪ از منطقه در طبقه‌ی بیابان‌زایی با شدت کم تخریب منابع خاک بود، و اختلاف معناداری بین شاخص‌ها در سطح ۰/۰۵ نبود. تنها اختلاف معنادار در درصد سنگریزه‌ی خاک سطحی و در تراز ۰/۰۱ بود. کاظمی‌نیا و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی شدت بیابان‌زایی با مدل مدالوس در زمین‌های غرب اهواز نشان دادند که ۱۱٪ از منطقه در طبقه‌ی کم، ۳۰٪ در طبقه‌ی متوسط، ۲۵٪ در طبقه‌ی زیاد و ۲۹٪ در طبقه‌ی خیلی زیاد بود. معیار اقلیم با مقدار شاخص ۲/۶ بیش‌ترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه داشت. علت آن وزش بادهای شدید و افزایش تعداد روزهای طوفانی و گردوغباری دانسته شد. نتیجه‌ی احمدی و همکاران (۲۰۱۹) در ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی آبخیز جازموریان با مدل‌های IMDPA و مدالوس نشان داد که این حوزه‌ی در سه طبقه‌ی I، II و III بیابان‌زایی است.

بر پایه‌ی مدل مدالوس حوزه‌ی جازموریان به چهار طبقه (بی اثر، بالقوه، شکننده و بحرانی) و هفت زیرطبقه تقسیم شد. از این طبقه‌ها بیش‌ترین سطح منطقه در زیرطبقه‌ی



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه‌ی گل‌سرا در استان خراسان رضوی.

شیب و جهت، در محیط سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی آرک جی‌آی‌اس مدل رقومی ارتفاع زمین یا DEM به‌کار گرفته شد.

به هر یک از شاخص‌ها بر پایه‌ی وضعیت منطقه و معیارهای تعیین‌کننده‌ی کیفیت، امتیاز ۱ تا ۲ داده شد. هر معیار از میانگین هندسی شاخص‌های خود با رابطه‌ی زیر به‌دست آمد:

$$\text{Index-X} = [(Layer-1) \cdot (Layer-2) \dots (Layer-n)]^{1/n}$$

Index-X: معیار، Layer: شاخص هر معیار، n: تعداد شاخص هر معیار.

بعد از امتیازدهی به همه‌ی شاخص‌های هر معیار بر پایه‌ی روش مدالوس، و تهیه‌ی نقشه‌های کیفیت هر معیار، نقشه‌ی شدت بیابان‌زایی از میانگین هندسی معیارها به‌دست آمد.

مهم‌ترین عامل‌ها و معیارهای غالب بیابان‌زایی شامل پنج معیار کلیدی کیفیت خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، مدیریت معیار پیشنهادشده‌ی اصلاحی روند یا سرعت بیابان در منطقه شناسایی، و بر پایه‌ی جدول‌های کمی امتیازدهی شد (جدول ۱- ۴).

تهیه و جمع‌آوری این اطلاعات مستلزم کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی بود. از داده‌های ماهواره‌ی لندست ۵ تی ام+، عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰، نقشه‌های پستی‌بلندی ۱:۲۵۰۰۰، گزارش‌ها و اطلاعات اداره‌ی کل منابع طبیعی استان خراسان رضوی، بازدیدها و برداشت‌های میدانی بهره گرفته شد.

نقشه‌ی رخساره‌های زمین‌ریخت‌شناسی نقشه‌ی واحدهای کاری گرفته شد، و همه‌ی ارزیابی‌ها برای رسیدن به احتمال خطر بیابان‌زایی در آن‌ها انجام داده شد. برای تهیه‌ی نقشه‌ی

جدول ۱- چگونگی تعیین طبقه‌ها و امتیازدهی لایه‌ها برای ارزیابی شاخص‌های کیفیت خاک.

شاخص	طبقه	شرح	امتیاز خطر	توصیف
بافت خاک	۱	میان‌بافت، میان‌بافت شنی رسی، میان‌بافت شنی، شنی میان‌بافت، میان‌بافت رسی	۱	خوب
	۲	رس شنی، میان‌بافت لای، میان‌بافت رسی لای	۱/۲	متوسط
	۳	لای، رس، رس لای	۱/۶	فقیر
	۴	شنی	۲	خیلی فقیر
مواد مادری	۱	پلمه‌سنگ- شیبست- سنگ‌های بازیک و الترابازیک- جوش‌سنگ- رسوب سخت‌نشده	۱	خوب
	۲	سنگ آهک- مرمر- گرانیت- ریولیت- ایگنمریت- گنایس- سیلت استون- ماسه‌سنگ	۱/۳	متوسط
	۳	آهک‌رس- پیروکلسیت	۲	فقیر
پوشش سنگریزه‌یی (%)	۱	>۶۰	۱	خیلی سنگی
	۲	۲۰-۶۰	۱/۳	سنگی
	۳	<۲۰	۲	لخت تا پوشش سنگی کم
عمق (cm)	۱	>۷۵	۱	عمیق
	۲	۳۰-۷۵	۲	متوسط
	۳	۱۵-۳۰	۳	کم عمق
	۴	<۱۵	۴	بسیار کم عمق
شیب (%)	۱	<۶	۱	خیلی ملایم تا مسطح
	۲	۶-۱۸	۱/۲	ملایم
	۳	۱۸-۳۵	۱/۵	تند و سراشیب
	۴	>۳۵	۲	خیلی تند و سراشیب
زه‌کشی خاک	۱	خوب	۱	
	۲	ناقص و نامناسب	۱/۲	
	۳	فقیر	۲	

جدول ۲- چگونگی تعیین طبقه‌ها و امتیازدهی لایه‌ها برای ارزیابی کیفیت اقلیم.

شاخص	طبقه	شرح	امتیاز خطر
شدت کاربری از زمین‌های کشاورزی	۱	کم	۱
	۲	متوسط	۱/۵
	۳	زیاد	۲
شدت کاربری از زمین‌های مرتعی	۱	ASR < SSR	۱
	۲	ASR = SSR تا ASR = ۱/۵ ASR	۱/۵
	۳	ASR > ۱/۵ SSR	۲
شاخص سیاست‌های حفاظت از محیط	۱	کامل: بیش‌تر از ۷۵٪ از منطقه‌ها حفاظت‌شده و با کارهای حفاظتی است	۱
	۲	ناتمام و مختصر: ۲۵٪ تا ۷۵٪ از منطقه‌ها با کارهای حفاظتی است	۱/۵
	۳	ناقص: کم‌تر از ۲۵٪ از منطقه‌ها در کارهای حفاظتی است	۲

SSR: ظرفیت بالقوه‌ی تعداد واحد دامی در منطقه، ASR: تراکم تعداد واحد دامی در منطقه

جدول ۳- چگونگی تعیین طبقه ها و امتیازدهی لایه‌ها برای ارزیابی شاخص کیفیت مدیریت.

شاخص	طبقه	شرح	امتیاز خطر
مقدار بارندگی سالانه	۱	> ۶۵۰	۱
	۲	$۶۵۰ - ۲۸۰$	۲
	۳	< ۲۸۰	۴
شاخص خشکی (P/ETp)	۱	$AI \geq ۱$	۱
	۲	$۱ < AI < ۰.۱$	۱/۵
	۳	$AI \leq ۰.۱$	۲
جهت جغرافیایی	۱	N, NW, NE	۱
	۲	S, SW, SE	۲

SSR: ظرفیت بالقوه‌ی تعداد واحد دامی در منطقه، ASR: تراکم تعداد واحد دامی در منطقه

جدول ۴- چگونگی تعیین طبقه ها و امتیازدهی لایه‌ها برای ارزیابی شاخص‌های کیفیت پوشش گیاهی.

شاخص	طبقه	شرح	امتیاز خطر
مقاومت در برابر آتش‌سوزی	۱	زمین‌های لخت، کشاورزی محصول دائمی، کشاورزی محصول یک‌ساله (ذرت، تنباکو و آفتابگردان)	۱
	۲	کشاورزی محصول یک‌ساله (غلات، علفزارها)، درختان بلوط برگ‌ریز (مختلط)، جنگل‌های همیشه‌سبز	۱/۳
	۳	درختچه‌زارهای مدیترانه‌یی	۱/۶
	۴	جنگل‌های کاج	۲
حفاظت در برابر فرسایش	۱	ترکیب و مخلوط جنگل‌های همیشه‌سبز	۱
	۲	جنگل‌های کاج، علفزارهای دائمی، کشاورزی محصول دائمی همیشه‌سبز	۱/۳
	۳	جنگل‌های خزان‌کننده	۱/۶
	۴	کشاورزی محصول دائمی خزان‌کننده (بادام، باغ میوه)	۱/۸
	۵	زمین‌های لخت، کشاورزی محصول سالانه (گیاهان یک‌ساله و غلات)، علفزارهای سالانه، تاکستان	۲
مقاومت در برابر خشک‌سالی	۱	جنگل‌های مخلوط، همیشه‌سبز	۱
	۲	درختان کاج، خزان‌کننده‌ها، زیتون	۱/۲
	۳	کشاورزی درختان دائمی	۱/۴
	۴	علفزارهای دائمی	۱/۷
	۵	زمین‌های لخت، کشاورزی محصول یک‌ساله، علفزارهای سالانه	۲
درصد تاج پوشش گیاهی	۱	> ۴۰	۱
	۲	$۱۰ - ۴۰$	۱/۸
	۳	< ۱۰	۲

چهار معیار خاک، کیفیت اقلیم، پوشش گیاهی، و مدیریت از میانگین هندسی لایه‌های خود محاسبه و بر پایه‌ی جدول ۵ رده‌بندی شد.

جدول ۵- چگونگی تعیین طبقه ها و وزن‌دهی لایه‌ها برای ارزیابی.

طبقه‌ی توصیف	۱	۲	۳
خاک	کیفیت زیاد	کیفیت متوسط	کیفیت کم
پوشش گیاهی	$< ۱/۱۳$	$۱/۱۳ - ۱/۴۵$	$> ۱/۴۶$
دامنه‌ی امتیاز اقلیم	$< ۱/۱۵$	$۱/۱۵ - ۱/۸۱$	$> ۱/۳۸$
مدیریت	$۱ - ۱/۲۵$	$۱/۲۶ - ۱/۵۰$	$> ۱/۵۱$

تصویرهای ماهواره‌ی در زمان کنونی مشخص شد. با روی هم گذاشتن این نقشه‌ها و نقشه‌ی تناسب زمین، زمین‌هایی که امکان کشاورزی نداشت (توان اصلی آن منابع طبیعی بود) و در این مدت در آن کشاورزی شد (تجاوز به منابع طبیعی) تخریب شرایط مرتع دانسته شد. برای تعیین درصد تخریب مرتع در هر واحد کاری، این نقشه با نقشه‌ی رخساره‌های زمین‌ریخت‌شناسی تلفیق، و نقشه‌ی سرعت بیابان‌زایی بر پایه‌ی طبقه‌های جدول ۶ تهیه شد.

برای ارزیابی سرعت بیابان‌زایی باید طول دوره‌ی زمانی که جریان‌های بیابان‌زایی در آن رخ داده است، یا اندازه‌ی تغییر در واحد زمان به کار گرفته شود. به دست آوردن داده‌ها در گذشته مشکل بود، و برای آن تنها ممکن است به تصویرهای ماهواره‌ی یا عکس‌های هوایی اکتفا کرد. به همین دلیل تخریب شرایط مرتع با کاربرد عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۴۶ با اختلاف زمانی ۴۴ ساله بررسی شد. مساحت زمین‌های کشاورزی در ۱۳۴۶ بر پایه‌ی عکس‌های هوایی به دست آمد، و گسترش آن‌ها با کاربرد تفسیر

جدول ۶- حدود طبقه‌های معیار ارزیابی تخریب شرایط مرتع در طول زمان (برگرفته از روش مدل بیابان‌زایی فائو - یونپ ۱۹۸۴).

طبقه	ناچیز	متوسط	شدید	خیلی شدید
تخریب شرایط مرتع (درصد در سال)	< ۲/۵	۵ - ۲/۵	۷/۵ - ۵	> ۷/۵
امتیاز	۱	۲	۳	۴

طبقه دارد که دامنه‌ی بین ۳ (شدت زیاد) تا ۱ (شدت کم) را گرفت. چهار نوع نهایی بیابان‌زایی در مدل وضعیت بحرانی، شکننده، محتمل یا مستعد، و بی تاثیر (زمین‌هایی که بیابان‌زایی نشده است) بود (جدول ۷).

مرحله‌ی نهایی ارزیابی بیابان‌زایی در مدل مدالوس جمع‌بندی لایه‌های اطلاعاتی کیفیت‌های خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، مدیریت و روند بود. نقشه‌ی نهایی با میانگین هندسی لایه‌های اصلی به دست آمد. نقشه‌ی نهایی به شکل نوع‌های مختلف حساسیت منطقه به بیابان‌زایی مشخص شد. دامنه‌ی ESAs برای هر نوع ۳ زیر

جدول ۷- چهار نوع نهایی بیابان‌زایی.

نوع طبقه	طبقه‌ی کمی	طبقه‌ی کیفی
بحرانی	> ۱/۵۳	C3
بحرانی	۱/۴۲ - ۱/۵۳	C2
بحرانی	۱/۳۸ - ۱/۴۱	C1
شکننده	۱/۳۳ - ۱/۳۷	F3
شکننده	۱/۲۷ - ۱/۳۲	F2
شکننده	۱/۲۳ - ۱/۲۶	F1
محتمل	۱/۱۷ - ۱/۲۲	P
بی تاثیر	< ۱/۱۷	N

- مشخص کردن بهترین مکان برای نمونه‌برداری در هر یک از واحدهای کاری در عملیات صحرایی بعد از بازدید از منطقه و آشنایی کامل با واحدهای کاری.
- کاربرد دست‌کم دو نوار اندازه‌گیری ۱۰۰ متری عمود بر هم، و پنج چهارچوب اندازه‌گیری ۱×۱ متر مربعی در هر واحد کاری.
- قطع کردن اندام‌های بالای سطح زمین گیاهان علفی، و رشد کرده‌ی همان سال گیاهان بوته‌ی و درختچه‌ی، و انتقال

بر پایه‌ی نقشه‌ی تولید فعلی به تولید بالقوه، شدت بیابان‌زایی در منطقه‌هایی که شرایط تولید علوفه در آن‌ها به شرایط تولید بالقوه نزدیک است کم است. هر چه تولید فعلی از تولید بالقوه کم‌تر باشد طبقه‌ی بیابان‌زایی بیش‌تر یا شدیدتر است (ذاکری نژاد و مسعودی ۲۰۱۹).
مرحله‌ی اول: مشخص کردن اندازه‌ی علوفه‌ی خشک مصرف‌شدنی فعلی (روش قطع و توزین)

اداره‌ی کل منابع طبیعی استان خراسان رضوی) اصلاح شود. این اصلاحات روی نقشه اعمال شد:
 - طبقه‌ی تناسب زمین‌های S1: به اندازه‌ی ۲۵٪ عدد به دست آمده به تولید اضافه می‌شود.
 - طبقه‌ی تناسب زمین‌های S2: به اندازه‌ی ۲۵٪ عدد به دست آمده از تولید کم می‌شود.
 - طبقه‌ی تناسب زمین‌های S3: به اندازه‌ی ۵۰٪ عدد به دست آمده از تولید کم می‌شود.
 - طبقه‌ی تناسب زمین‌های N1 یا N2: به اندازه‌ی ۷۵٪ عدد به دست آمده از تولید کم می‌شود.
 مرحله‌ی چهارم: تهیه‌ی نقشه‌ی تولید فعلی به احتمال با تقسیم کردن نقشه‌ی تولید فعلی بر تولید بالقوه. نقشه‌ی وضعیت فعلی بیابان‌زایی با عددهای به دست آمده و طبقه‌بندی جدول ۸ تهیه شد.

دادن نمونه‌ها به کوره برای اندازه‌گیری وزن خشک علوفه. - محاسبه‌ی تولید بر پایه‌ی میانگین پنج چهارچوب. مرحله‌ی دوم: مشخص کردن اندازه‌ی علوفه‌ی خشک مصرف‌شده‌ی بالقوه (رابطه‌ی مدل بیابان‌زایی فائو-یونپ ۱۹۸۴).

$$CDM = 2.17R - 103.7$$

CDM: تولید علوفه‌ی مصرف‌شده‌ی بالقوه (کیلوگرم در هکتار)، R: بارندگی (میلی‌متر)
 مرحله‌ی سوم: اصلاح اندازه‌ی علوفه‌ی خشک مصرف‌شده‌ی بالقوه بر پایه‌ی نقشه‌ی تناسب زمین. از آن‌جاکه تنها بارندگی نمی‌تواند اندازه‌ی علوفه را برآورد کند و شرایط خاک منطقه نیز از عوامل موثر است، لازم است بر پایه‌ی نقشه‌ی تناسب زمین برای کاربری منابع طبیعی (بر پایه‌ی اطلاعات تهیه‌شده برای واحدهای زمین منطقه از

جدول ۸- حدود طبقه‌های وضعیت تولید فعلی به تولید بالقوه یا نقشه‌ی وضعیت فعلی بیابان‌زایی (فائو-یونپ ۱۹۸۴).

عامل ارزیابی	ناچیز	متوسط	شدید	خیلی شدید
تولید فعلی به تولید بالقوه (%)	>۸۵	۶۵-۸۵	۲۵-۶۵	<۲۵

شدت بیابان‌زایی در منطقه بر پایه‌ی طبقه‌های پیشنهادشده در جدول ۹ به دست آمد و شدت بیابان‌زایی دوباره طبقه‌بندی کمی و کیفی شد.

برای اصلاح روش مدالوس و تهیه‌ی نقشه‌ی جدید شدت بیابان‌زایی (روش پیشنهادی- اصلاح شده‌ی مدالوس) نقشه‌ی مدل مدالوس بر پایه‌ی طبقه‌بندی پیشنهادشده در ۴ طبقه‌ی کیفی (کم، متوسط، شدید، بسیار شدید) تهیه شد. نقشه‌ی جدید

جدول ۹- طبقه‌های در نظر گرفته‌شده برای شدت بیابان‌زایی (برگرفته از سپهر ۲۰۰۶).

نوع	طبقه‌ی های شدت بیابان‌زایی
کیفی	متوسط
کمی	شدید
رده‌ی	بسیار شدید
	۱/۲۳-۱/۳۷
	۱/۳۸-۱/۵۳
	۱/۵۴-۲
	I
	II
	III
	IV

منطقه‌هایی که طبقه‌ی وضعیت فعلی تخریب، متوسط بوده و بیش‌تر یا برابر طبقه‌ی مدل مدالوس است.
 - Severe Actual Risk (خطر فعلی شدید): منطقه‌هایی که طبقه‌ی وضعیت فعلی تخریب، شدید بوده و بیش‌تر یا برابر طبقه‌ی مدل مدالوس است.
 - Very Severe Actual Risk (خطر فعلی خیلی شدید): منطقه‌هایی که طبقه‌ی وضعیت فعلی تخریب، خیلی شدید بوده و بیش‌تر یا برابر طبقه‌ی مدل مدالوس است.
 - Potential Risk (خطر بالقوه): منطقه‌هایی که در آن‌ها طبقه‌ی تعیین شده بر پایه‌ی مدل مدالوس بیش‌تر از طبقه‌ی وضعیت فعلی بیابان‌زایی است به عنوان منطقه‌هایی که مستعد رسیدن به تخریب‌اند، در نظر گرفته شد. این منطقه‌های شامل

(ب) تهیه‌ی نقشه‌ی نهایی اصلاح شده مدل مدالوس:
 در این مرحله، بر پایه‌ی نقشه‌ی تولید فعلی به بالقوه به دست آمده، طبقه‌ی بندی جدید برای نقشه‌ی شدت بیابان‌زایی حاصل از مدل مدالوس، تعریف شد.
 - Actual Risk (خطر فعلی یا بالفعل): منطقه‌هایی که طبقه‌ی وضعیت فعلی بیابان‌زایی (نقشه‌ی تولید فعلی به بالقوه)، برابر یا بیش‌تر از حالتی است که مدل مدالوس پیش‌بینی کرده است. این منطقه‌ها می‌تواند شامل زیر طبقه‌های زیر باشد:
 - Low Actual Risk (خطر فعلی کم): منطقه‌هایی که طبقه‌ی وضعیت فعلی تخریب، کم بوده و با طبقه‌ی مدالوس برابر است.
 - Moderate Actual Risk (خطر فعلی متوسط):

بین معیارهای مختلف، معیار اقلیم در کل منطقه مهم‌ترین تاثیر را در شدت بیابان‌زایی منطقه داشت و معیار خاک در رخساره‌های واحد تپه ماهور و واحد دشت سر و معیار مدیریت در رخساره‌های واحد کوهستان کم‌ترین تاثیر را داشت. در بین شاخص‌های معیار کیفیت خاک، شاخص شیب و مواد مادری به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین اثر تخریبی در شدت بیابان‌زایی در منطقه‌ی مطالعاتی است. شاخص سیاست‌های حفاظت از محیط در معیار کیفیت مدیریت، دو شاخص بارندگی و خشکی در معیار کیفیت اقلیم و شاخص مقاومت در برابر خشک‌سالی در معیار کیفیت پوشش گیاهی دارای بیش‌ترین طبقه‌ی خطر و بیش‌ترین نقش در شدت بیابان‌زایی منطقه‌ی مطالعاتی است.

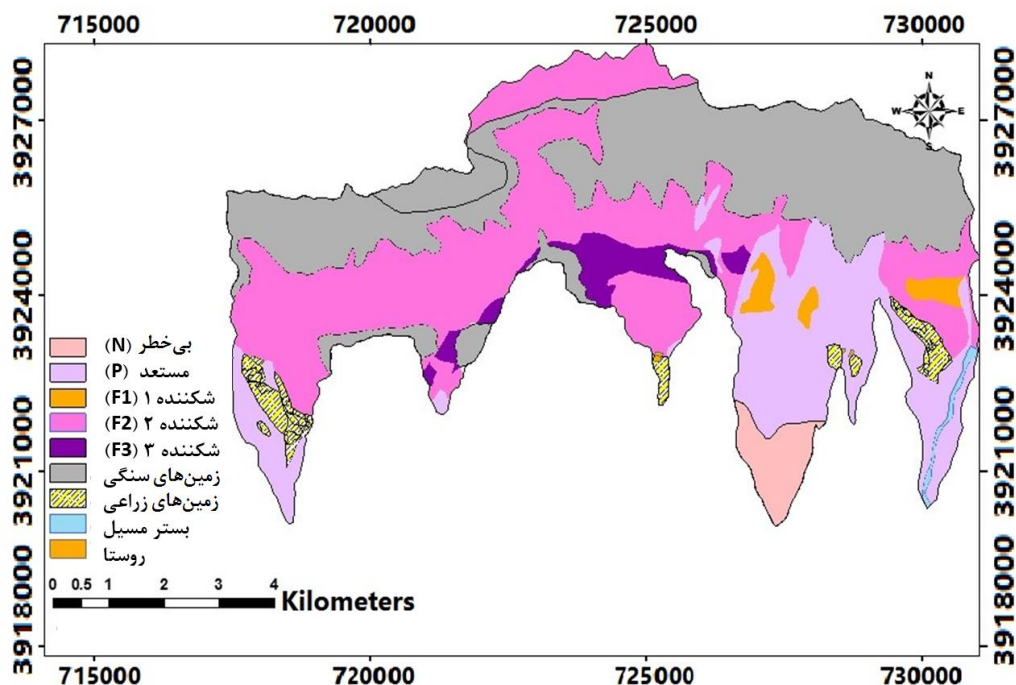
زیر طبقه‌های زیر است:
 Moderate Potential Risk (خطر بالقوه‌ی متوسط): منطقه‌هایی که طبقه‌ی مدل مدالوس متوسط بوده و بیش‌تر از طبقه‌ی وضعیت فعلی تخریب است.
 Severe Potential Risk (خطر بالقوه شدید): منطقه‌هایی که طبقه‌ی مدل مدالوس شدید بوده و بیش‌تر از طبقه‌ی وضعیت فعلی تخریب است.
 Very Severe Potential Risk (خطر بالقوه خیلی شدید): منطقه‌هایی که طبقه‌ی مدل مدالوس خیلی شدید بوده و بیش‌تر از طبقه‌ی وضعیت فعلی تخریب است.
نتایج
 با بررسی‌های انجام شده پس از میانگین‌گیری هندسی

جدول ۱۰- بیش‌ترین نقش هر یک از زیرشاخص‌ها در شدت بیابان‌زایی.

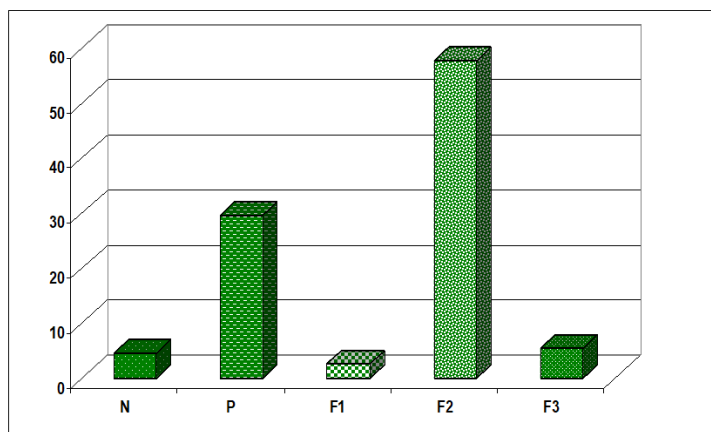
شاخص‌های معیار خاک	شاخص‌های معیار اقلیم	شاخص‌های معیار پوشش گیاهی	شاخص‌های معیار مدیریت
شیب	خشکی	مقاومت در برابر خشک‌سالی	سیاست حفاظت از محیط

در طبقه‌ی احتمال (P)، و ۴/۶٪ در طبقه‌ی بی تاثیر (N) بود. بر پایه‌ی طبقه‌بندی پیشنهادشده در منطقه‌ی گلسرا، ۶۵/۸۳٪ از منطقه در شدت بیابان‌زایی متوسط و ۳۴/۲٪ در طبقه‌ی کم بود.

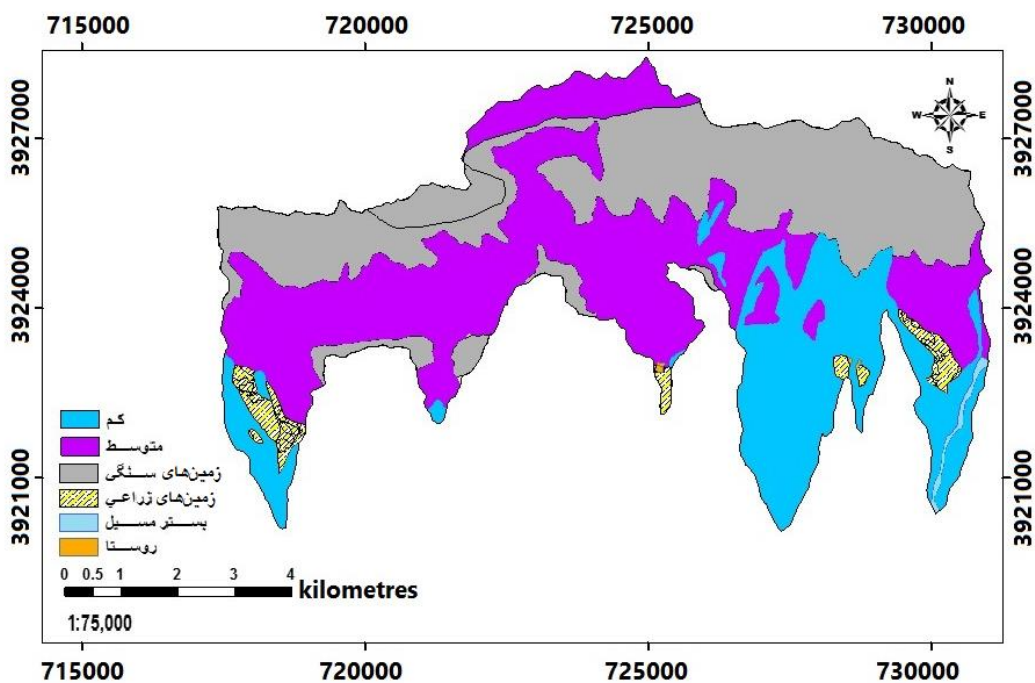
پس از تلفیق نقشه‌ها و میانگین هندسی معیارها در نقشه‌ی نهایی، ۵/۵٪ از مساحت منطقه‌ی بررسی شده در گلسرا در طبقه‌ی حساس شدید (F۳)، ۵۷/۷٪ در طبقه‌ی حساس متوسط (F۲)، ۲/۶۳٪ در طبقه‌ی حساس کم (F۱)، ۲۹/۶٪



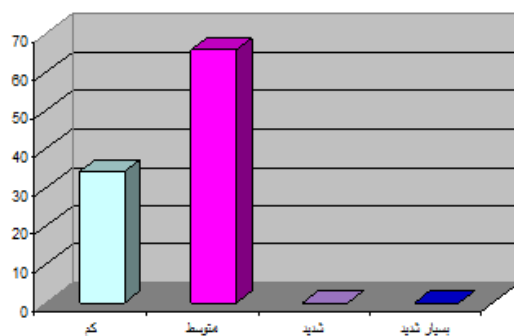
شکل ۲- نقشه‌ی شدت بیابان‌زایی بر پایه‌ی مدل مدالوس در منطقه‌ی گلسرا.



شکل ۳- درصد گسترش طبقه‌های شدت بیابان‌زایی (مدالوس) در منطقه‌ی گلسرا.



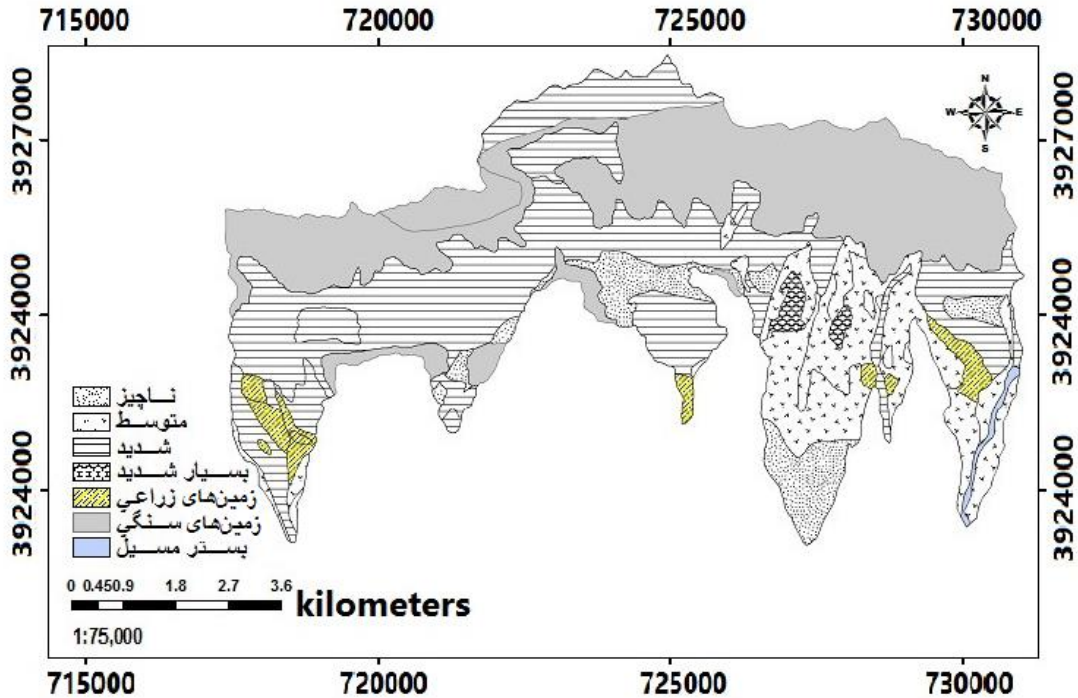
شکل ۴- نقشه‌ی شدت بیابان‌زایی مدل مدالوس بر پایه‌ی طبقه‌بندی پیشنهادشده در منطقه‌ی گلسرا.



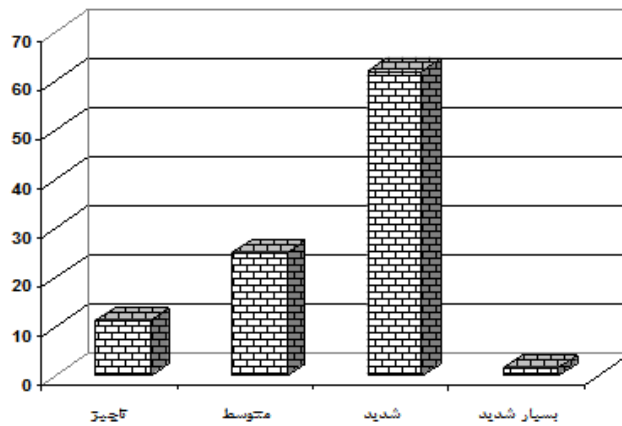
شکل ۵- درصد گسترش طبقه‌های شدت بیابان‌زایی مدل مدالوس بر پایه‌ی طبقه‌بندی پیشنهادشده در منطقه‌ی گلسرا.

منطقه است. شکل ۷ بیان کننده درصد گسترش طبقه‌های وضعیت تولید فعلی در منطقه است.

نقشه‌ی ۶ وضعیت درصد تولید فعلی به تولید بالقوه را نشان می‌دهد که به نوعی بیان کننده وضعیت فعلی بیابان‌زایی در

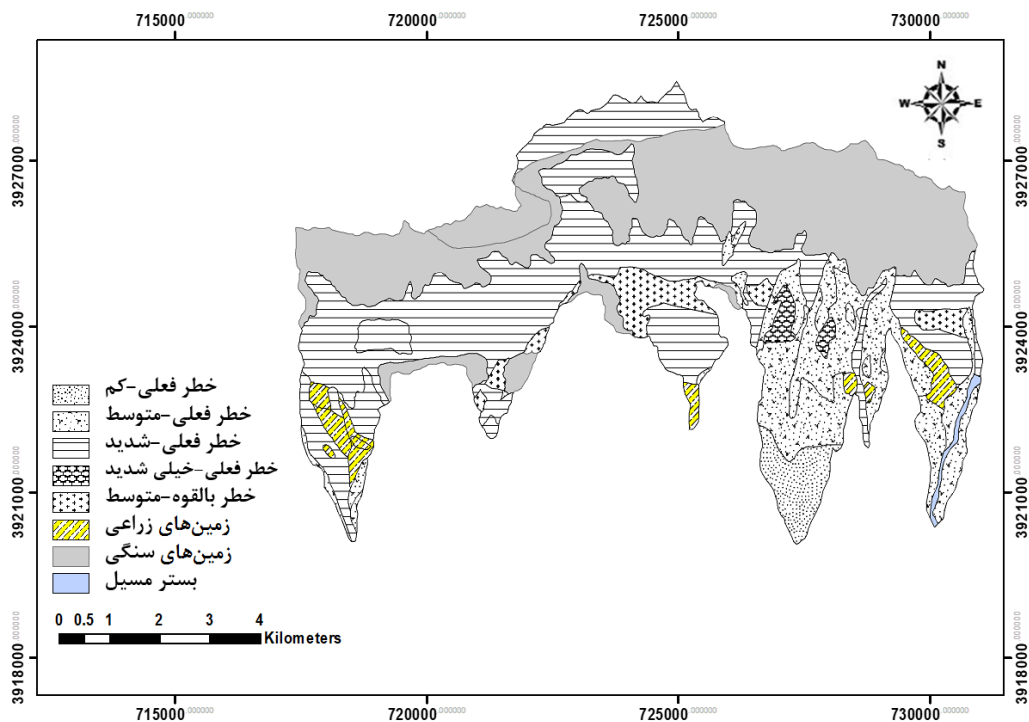


شکل ۶- نقشه‌ی تولید فعلی به تولید بالقوه یا وضعیت فعلی بیابان‌زایی.

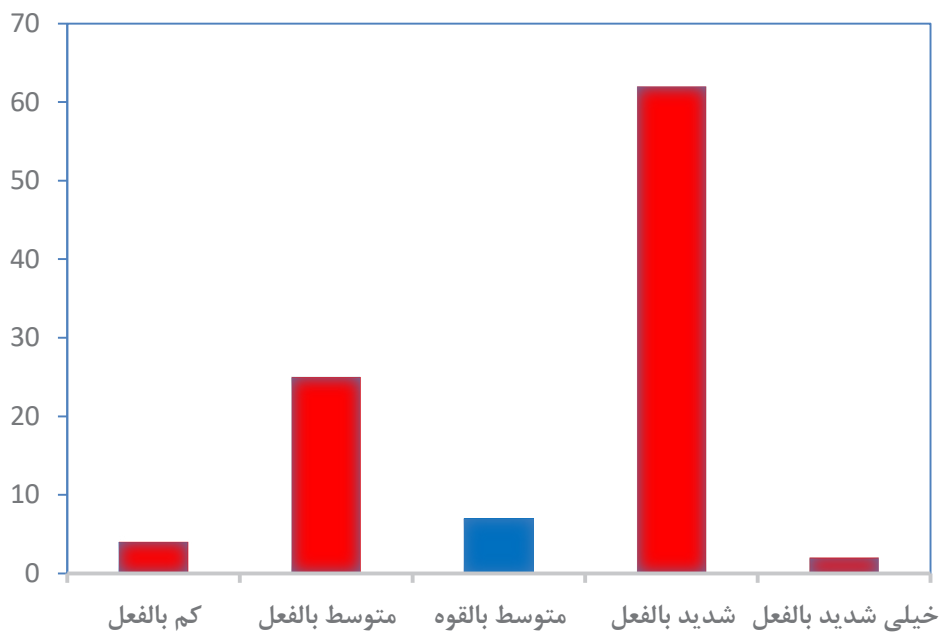


شکل ۷- نمودار درصد گسترش طبقه‌های وضعیت تولید فعلی به تولید بالقوه در منطقه‌ی گل‌سرا.

بر پایه‌ی مدل پیشنهاد شده ۹۳/۴٪ از مساحت منطقه در طبقه‌ی اصلی خطر واقعی و ۶/۶۰٪ در طبقه‌ی اصلی خطر احتمالی است.



شکل ۸- نقشه‌ی شدت بیابان‌زایی بر پایه‌ی مدل پیشنهادشده‌ی اصلاحی مدالوس در منطقه‌ی گلسرا.



شکل ۹- نمودار درصد گسترش رده‌های شدت بیابان‌زایی بر پایه‌ی مدل پیشنهادشده‌ی اصلاحی مدالوس در منطقه‌ی گلسرا.

بحث و نتیجه‌گیری

این مدل در منطقه‌هایی از ایران کار شده و نتایج خوبی داشته است. به دلیل این که معیارها و شاخص‌های به‌کاربرده‌شده در آن بر پایه‌ی شرایط منطقه‌ی مدیترانه‌یی تعریف شده‌است، برای کاربرد در سایر منطقه‌ها نیازمند معیارهای کلیدی و موثر در آن منطقه‌ها است. بنابراین، این مدل برای کاربرد در ایران باید بر پایه‌ی شرایط هر منطقه تعدیل و اصلاح، و به‌کارگرفته شود. محققان مختلف در منطقه‌های پژوهشی خود معیارها و شاخص‌های گوناگونی برای تهیه‌ی نقشه‌ی شدت بیابان‌زایی بر پایه‌ی مدل مدالوس به‌کارگرفته‌اند، از جمله خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، کاربری زمین، مدیریت و شاخص فشار انسانی (لادیسا و همکاران ۲۰۰۲)، آب زیرزمینی، پوشش گیاهی، خاک، اقلیم، فرسایش آبی و بادی، و مدیریت زمین (سپهر ۲۰۰۶)، خاک، اقلیم، پوشش گیاهی و مدیریت زمین (جباردانو و همکاران ۲۰۰۲)، و آب و خاک (آزادنیا ۲۰۰۷). در این پژوهش معیار روند برای اصلاح به مدل اضافه شد، که بر قوت مدل پیشنهادشده می‌افزاید. در مدل مدالوس جایی برای این شاخص اصلاحی در نظر گرفته نشده بود، و فقط بر احتمال بیابان‌زایی تاکید می‌شود. اولین بار است که این معیار در مدل مدالوس اصلاحی در این پژوهش به‌کارگرفته شد. با معیار روند در مدل مدالوس، این مدل علاوه بر احتمال بیابان‌زایی، جنبه‌ی سرعت بیابان‌زایی را نیز در نظر می‌گیرد.

در مدل‌هایی مثل فائو-یونپ، اسود، و گلاسود در ارزیابی خطر بیابان‌زایی، به وضعیت فعلی تخریب که شکل تخریب را از گذشته تا حال نشان می‌دهد توجه می‌شود، و می‌توان منطقه‌های با تخریب بیش‌تر را منطقه‌های اولویت‌دار گرفت، ولی در مدل مدالوس این جنبه‌ی بیابان‌زایی در نظر گرفته نشد. در روش اصلاحی و پیشنهادی مدالوس در این تحقیق، با در نظر گرفتن شاخص درصد تولید فعلی به بالقوه در مرحله‌ی نهایی و تفکیک زمین‌های با خطر واقعی از زمین‌های با احتمال خطر برای شناسایی منطقه‌های اولویت‌دار از نظر احیایی و حفاظتی، وضعیت بیابان‌زایی نیز در مدل محاسبه می‌شود. نتیجه‌های این پژوهش و آخرین نقشه‌ی تولیدشده که بیان‌کننده‌ی ارزیابی با

مدالوس پیشنهادی است (شکل ۸)، و مشاهده‌ی نقشه‌ی مدالوس فعلی (شکل‌های ۲ و ۴)، گویای پاسخ‌گو نشدن مناسب مدل مدالوس، حتی با افزودن معیار روند است که نشان‌دهنده‌ی بدتر بودن اوضاع در منطقه است. این کاستی با افزودن معیار وضعیت فعلی تخریب برطرف شد. نتیجه‌های مدالوس فعلی نشان می‌دهد که بیش‌تر منطقه در طبقه‌ی توان بیابان‌زایی متوسط است، در حالی که در ارزیابی با مدالوس پیشنهادشده، بیش‌تر منطقه در طبقه‌ی توان بیابان‌زایی شدید است. در این پژوهش نقشه‌ی وضعیت فعلی تخریب با در نظر گرفتن شاخص درصد تولید فعلی به بالقوه تهیه شد، و برای تهیه‌ی آن بازدید میدانی انجام شد، و نمونه‌برداری صحرائی صحت فراوان داشت، به‌طوری که می‌توان آن را حتی شاخصی برای ارزیابی نقشه‌های خطر بیابان‌زایی گرفت (ذاکری‌نژاد و مسعودی ۲۰۱۹)، و نقشه‌ی نهایی مدالوس پیشنهادشده به شکل خطر فعلی یا بالفعل (برگرفته از نقشه‌ی وضعیت فعلی تخریب) پی روی فراوان از خطر بالقوه (برگرفته از نقشه‌ی مدالوس فعلی) داشت. پس می‌توان نتیجه گرفت که نقشه‌ی نهایی طبق روش پیشنهادشده ۹۰٪ دقیق است، در حالی که دقت مدل فعلی مدالوس در این منطقه کم است. این روش پژوهش با پژوهش‌های اخیر که در استان‌های فارس (صالحی ۲۰۱۷) و خوزستان (مسعودی و همکاران ۲۰۱۸) به انجام رسید هماهنگی دارد، که اهمیت فراوانی می‌دهد به در نظر گرفتن وضعیت فعلی تخریب سرزمین بر پایه‌ی در نظر گرفتن تنها تولید فعلی به تولید بالقوه در ارزیابی تخریب سرزمین و بیابان‌زایی.

این نتیجه‌ها نشان‌دهنده‌ی کارآ نبودن مدل مدالوس فعلی در منطقه و به احتمال زیاد سایر منطقه‌های کشور است، زیرا برای منطقه‌های اروپایی و حوزه‌ی مدیترانه تهیه و واسنجی شده است. از این رو به علاقمندان این مدل توصیه می‌شود با در نظر گرفتن شاخص‌های وضعیت فعلی و روند تخریب، روش پیشنهادشده را به‌کار ببرند. البته تغییر در شاخص‌های مدل مدالوس فعلی و نوع طبقه‌بندی‌ها و واسنجی کردن بر پایه‌ی شرایط فعلی ایران نیز می‌تواند به بهبود و افزایش دقت مدل مدالوس به شکل فعلی کمک کند.

- Abrisham E. 2004. Assessment and mapping of desertification using FAUNEP, ICD and MICD models in Fakhraabad-Mehriz (Yazd). M.Sc. thesis in combating desertification. University of Tehran, 130 p.
- Ahmadi H, Esmaeelpour Y, Moradi A, Ghoami H. 2019. Assessing the desertification status of Jazmourian watershed using IMDPA and ESAs models. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 22(8):73–88. (In Persian).
- Aliakbari H. 2012. Zoning risk of desertification in the plateau of KHAF. M.Sc. thesis. Department of Earth Sciences. Shahid Beheshti University. (In Persian).
- Asma AA, Anwar S, Waleed KA, Nabil AE, Mahmmod AR. 2002. Desertification in the Arab Region: Analysis of current status and trends. *Journal of Arid Environments*, 51(4): 521–545.
- Azadnia F. 2007. Investigation of water and soil in desertification of Dehloran region (Abvghyr plain). M.Sc. thesis. Faculty of Natural Resources. Tehran University. (In Persian).
- Bakhshandehmehr A. 2009. Evaluation of MEDALUS model in Segzi Region. M.Sc. thesis. Isfahan University of Technology. (In Persian).
- Dregne HE. 1991. Desertification of arid lands. Chur: Hrarwood Academic Publishers.
- FAO-UNEP 1984. Provisional methodology for assessment and mapping of desertification. Food and Agriculture Organization of United Nations and United Nations Environment Programme. Rome, Italy, 84 p.
- Farajzadeh M, Nikeghbal M. 2007. Evaluation medalus model for desertification hazard zonation using GIS; Study area: Iyzadkhašt Plain, Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(16): 2622–2630.
- Farmahini Farahani A, Darvish M. 2012. Assessment and generating desertification map using FAO and UNEP method in Kavire-e-Meighan Basin. *Iran. J. Range Desert Res.*, 19(4): 547–556. (In Persian).
- Giordano L, Grauso L, Schino G. 2002. Desertification vulnerability in Sicily. *Conf. on New Trend in Water and Environmental Engineering for Safety and Life*, Capri, Italy.
- Jian G, Wang T, Xue X, Shaoxiu M, Peng Fe. 2009. Monitoring aeolian desertification process in Hulunbir grassland during 1975–2006, Northern China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 166 (1):563–571.
- Kazeminia AR, Rangzan K, Mahmoud Abadi M. 2017. Assessment of desertification using the MEDALUS model (Case study: The lands of west Ahvaz). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 8(2): 111–126. (In Persian).
- Khojeh N, Ghoddosi J, Esmaili R. 2017. Investigation of the effect of earth environmental factors on initiation and expansion of gully erosion by using geographical information system (Case study in Temer Ghareh Khozi, Kalaleh, Golestan Province). *Journal of Watershed Management Research*, 8 (15): 202–212. (In Persian).
- Ladisa G, Todorovic M, Trisorio-Liuzzi G. 2002. Characterization of area sensitive to desertification in southern Italy. *Proceeding of the International Conference on New Trend in Water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible Solutions for Aquatic Environmental*. Capri, Italy, June 24–28.
- Lonergan S. 2005. The role of UNEP in desertification research and mitigation. *Journal of Arid Environments*, 63(3): 533–534.
- Mohammad Ghasemi S, Zehtabian G, Ahmadi H. 2008. Assessment of desertification intensity based on water index using MEDALUS methodology. *Pajouhesh & Sazandegi*, 80 (3): 59–67.
- Masoudi M, Elhaei Sahar M. 2018. A Comparison of land degradation risk using the RALDE2

- proposed model in two townships with different climates in the Khuzestan Province. *Watershed Management Researches*, 120 (3): 56–77. (In Persian).
- Masoudi M, Jokar P. 2017. A new model for desertification assessment using geographic information system (GIS) – A case study, Runiz Basin, Iran. *Polish Journal of Ecology*, 65 (2): 236–246.
- Masoudi M, Jokar P, Pradhan B. 2018. A new approach for land degradation and desertification assessment using geospatial techniques. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18 (4): 1133–1140.
- Salehi M. 2017. Evaluation and modelling of the current state of land degradation in Fars province using remote sensing and GIS. MSc thesis in desert regions management. School of Agricultural. Shiraz University. (In Persian).
- Salunkhe SS, Bera AK, Rao SS, Venkataraman VR, Raj U, Murthy YVVK. 2018. Evaluation of indicators for desertification risk assessment in part of Thar Desert Region of Rajasthan using geospatial techniques. *Journal of Earth System Science*, 127 (8): 116–140.
- Sephehr A. 2006. Assessment of current desertification using GIS, RS to provide the region model with an emphasis on MEDALUS method. M.Sc. thesis in desert regions management. School of Agricultural. Shiraz University. (In Persian).
- Sephehr A, Hassanli A, Ekhtesasi MR. 2007. Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environmental Monitoring and Assessment*, 134(1-3): 243–254.
- Shariyary A, Hoseini M, Ekhtesasi M, Fakhire A. 2011. Assessment of land degradation in Sistan region with emphasis on wind erosion. *Journal of Geography and Development*, 8 (20): 21–36. (In Persian).
- Vesali SA, Zehtabian Gh, Azarnivand, H. 2016. Determination of the most effective indicators of water and irrigation criteria in desertification intensity (Case study: Kashan and Aran Bidgol Plains). *Desert Management*, 31 (6): 25–38. (In Persian).
- Vero'n SR, Paruelo JM, Oesterheld M. 2006. Assessing desertification. *Journal of Arid Environments*, 66 (4): 751–763.
- Xu DY, Kang XW, Zhuang DF, Pan JJ. 2010. Multi-scale quantitative assessment of the relative roles of climate change and human activities in desertification-A case study of the Ordos Plateau, China. *Journal of Arid Environments*, 74 (4): 498–507.
- Zakerinejad R, Masoudi M. 2019. Quantitative mapping of desertification risk using the modified MEDALUS model: a case study in the Mazayejan Plain, Southwest Iran. *AUC Geographica*, 54(2): 232–239.
- Zehtabian Gh, Khosravi AM, Azarnivand H. 2015. Evaluation of desertification intensity in Kashan region from the perspective of soil criteria. Sixth National Conference on Watershed Management Science and Engineering, Tarbiat Modares University. (In Persian).



Hazard Assessment of Desertification Using the New Model of Proposed MEDALUS

Somayeh Shirghir

Former M.Sc. Student, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Shiraz

Masoud Masoudi

(Corresponding Author)* Associate Prof., Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Shiraz

Corresponding Author Email: masoudi@shirazu.ac.ir

Received: 26 December 2020 Accepted: 15 March 2021

Abstract

An increasing trend of natural resources degradation threatens human life dramatically. Desertification process is the main sign of land degradation. The principal aim of this research was an assessment of potential hazard of desertification using the MEDALUS model in the study of Golsara Torbat Heydarieh area in the province of Khorasan Razavi. The MEDALUS model was evaluated based on 5 key factors, namely: soil quality, climate quality, vegetation quality, management quality and trend of desertification (suggested factors). The quality of each factor was evaluated using the geometric mean of its indices. The desertification intensity map was prepared based on the geometric mean of all 5 key factors. In the Golsara region, 3 fragile classes (F1, F2, F3) and 1 potential class (P) and 1 non affected class (N) were evaluated. The MEDALUS model was modified by adding a trend factor in which 3 other steps were revised. 1. After preparation the desertification intensity map based on the MEDALUS model, a new map of desertification intensity of the study area was prepared based on 4 classes of low to very severe situations showing 66% of the study area was under a moderate potential of desertification. 2. By upgrading the map of current productivity to potential productivity the current state of desertification that wasn't considered in the MEDALUS model was run showing 60% of the study area was under a severe state of desertification. 3. Based on the map of current productivity to potential productivity, a new classification involving two main classes of potential risk and actual risk were defined for the desertification intensity map of revised the MEDALUS model. According to the final revised map of desertification in the Golsara region, 93.4% of the area was classified as the main class of actual risk and 6.6% as the main class of potential risk. These results point to the inefficiency of the current the MEDALUS model in the study area without considering the current degradation status parameter; therefore, we recommend the use of the modified model.

■ **Keywords:** Actual risk, desertification, GIS, MEDALUS, Potential risk, Rate, State ■