

## ارزیابی شدت تخریب اراضی غرب و شمال غرب خوزستان با استفاده از روش مدالوس

صدیقه میمندی پاریزی<sup>۱\*</sup>، محمد طالعی<sup>۲</sup>، عبدالرضا کاظمی نیا<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> مری، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان، سیرجان، ایران  
<sup>۲</sup> دانشیار، دانشکده نقشه برداری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران  
<sup>۳</sup> مری، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان، سیرجان، ایران  
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۱

### چکیده

تخریب اراضی در واقع کاهش اکولوژیکی، بیولوژیکی و تخریب زمین می‌باشد که ممکن است عوامل طبیعی یا غیر طبیعی در ایجاد آن دخالت داشته باشند، بدنال تخریب اراضی و فرسایش خاک پدیده گرد و غبار رخ خواهد داد. مناطق غربی و جنوب غربی و حتی مرکزی کشور از جمله مناطقی هستند که تحت تاثیر این پدیده قرار دارند. این پژوهش با انتخاب منطقه‌ای در غربی‌ترین ناحیه کشور تلاش دارد که نقش تخریب پوشش گیاهی و خاک را در ارزیابی شدت تخریب اراضی و پیدایش ریزگردها بررسی نماید. به این ترتیب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و خاک‌شناسی منطقه همراه بازدیدهای صحرائی و نمونه‌برداری، نقشه‌های پوشش گیاهی مانند درصد تاج پوشش، مقاومت در برابر خشکی، محافظت خاک در مقابل تخریب و مقامت در برابر آتش‌سوزی، نقشه‌های منابع خاک شامل فرسایش، زهکشی خاک، مواد مادری، عمق خاک، شیب خاک، درصد سنگریزه، نفوذپذیری و بافت تهیه گردید و سپس هرکدام از این نقشه‌ها براساس مدل مدالوس وزن دهی و در محیط سیستم اطلاعات مکانی، به‌صورت ساختار رستری آماده شدند. در نهایت با استفاده از عملگرهای منطق فازی، نقشه پهنه‌بندی شدت تخریب اراضی منطقه در مقیاس صفر تا یک تهیه شد. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که شدت تخریب اراضی منطقه به پنج کلاس خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم قابل طبقه‌بندی است. ناحیه‌ای که در کلاس خیلی زیاد و زیاد قرار گرفته بیشترین نقش در تولید ریزگردهای وارده به کشور را دارد. لذا بر این اساس، پیشنهاد می‌شود بایست اقدامات بازدارنده و مدیریتی برای کنترل تخریب اراضی و ورود ریزگردها به کشور را در نواحی با شدت زیاد و خیلی زیاد متمرکز نمود. همچنین برای استفاده از مدل مدالوس در سایر مناطق جهت حفظ کارایی مدل، باید در تعداد، نوع شاخص‌ها و دامنه آنها تجدید نظر کرد.

**واژه‌های کلیدی:** تخریب اراضی، نقشه پوشش گیاهی و منابع خاک، تصاویر ماهواره‌ای، منطق فازی

### مقدمه و بیان مسأله

تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب ناشی از عوامل مختلف از جمله تغییرات آب و هوا و فعالیت‌های انسانی است (رضایی - پورغدر و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۲). تخریب اراضی در واقع کاهش اکولوژیکی، بیولوژیکی و تخریب زمین

می‌باشد که ممکن است عوامل طبیعی یا غیر طبیعی داشته باشد (Howari, et al., 2007:71). به عبارت دیگر تخریب اراضی به معنای کاهش ظرفیت تولید زمین است که ضمن تأثیرگذاری بر نواحی وسیعی در سطح کشورها، زندگی بسیاری از افراد در مناطق مختلف را نیز متأثر می‌سازد (Yu et al., 2006: 121). تخریب اراضی به دلایل مختلفی می‌تواند رخ دهد که از

\*نویسنده مسئول: sm\_parizi20@yahoo.com

آن جمله می‌توان به مدیریت نامطلوب اراضی، تخریب پوشش گیاهی، سیل، بیلان منفی و کیفیت نامطلوب آب‌های زیرزمینی، از بین رفتن منابع خاک، زمین لغزش، رسوب و استفاده نامطلوب از اراضی اشاره نمود (Lal and Stewart, 1994:32). معضل تخریب اراضی با کاهش تراکم پوشش گیاهی و تخریب خاک همراه بوده و باعث تخریب اکوسیستم‌های طبیعی زمین می‌گردد (Bayramin et al., 2007:83). بنابراین پوشش گیاهی و منابع خاک دو پارامتر غالب اکوسیستم‌های زمینی در مناطق نیمه‌خشک، خشک و نیمه مرطوب هستند. مطالعات متعددی نشان داده که در میان عوامل مسبب تخریب اراضی در مناطق مختلف، خاک و پوشش گیاهی، اهمیت بیشتری نسبت به سایر عوامل دارند (Jose, 2010:180). برای تهیه نقشه پهنه‌بندی تخریب اراضی از شاخص پوشش گیاهی و شاخص منابع خاک استفاده می‌شود که برای شاخص پوشش گیاهی پارامتر توانایی گیاهان جهت حفاظت سطح اراضی در مقابل تخریب و برای شاخص منابع خاک دو پارامتر مقاومت خاک در مقابل فرسایش و نفوذپذیری خاک، در نظر گرفته می‌شود (Kosmas et al., 2009:39). شاخص پوشش گیاهی براساس خصوصیات مانند خطر آتش‌سوزی و توانایی رشد مجدد گیاه، حفاظت خاک اراضی و مقاومت گیاهان در برابر خشکی و شاخص منابع خاک براساس ویژگی‌هایی همچون بافت خاک، نفوذپذیری، درصد سنگریزه، مواد مادری تشکیل‌دهنده خاک، عمق و شیب خاک ارزیابی می‌شود (Ldisa et al., 2002:110). استفاده از این خصوصیات برای تعریف و تهیه نقشه پهنه‌بندی نیاز به تعریف کلاس‌های مجزا برحسب درجه حفاظت اراضی از تخریب دارد (Ben-Dor et al., 2006:95). پدیده تخریب اراضی می‌تواند در همه شرایط اقلیمی به وقوع بپیوندد و شدت آن بستگی به رژیم رطوبتی آن منطقه دارد. شدت تخریب در اقلیم خشک بیشتر از اقلیم نیمه‌مرطوب است (Salehi, 2017). شدت تخریب در مناطق خشک با اقلیم گرم و خشک، این فرآیند می‌تواند سرعت پیدا کند و به صورت فاجعه درآید

(Babaev et al., 2010:12). کمتر از ۳۵ درصد از سطح کره زمین توسط تخریب اراضی تهدید می‌شود و این در حالی است که ۲۰ درصد جمعیت کل دنیا در این مناطق سکونت دارند و هر سال ۲۱ میلیون هکتار از اراضی حاصلخیز توسط تخریب خاک و پوشش گیاهی به اراضی غیرحاصلخیز تبدیل و ۶ میلیون هکتار غیر قابل استفاده و بایر می‌شوند (Kundu and Dutta, 2010:32). کشور ایران که در کمربند خشک دنیا واقع شده از این پدیده مستثنی نیست. مقابله با پدیده تخریب اراضی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه و نیز کشورهایی که دارای پتانسیل بالایی هستند، بسیار کارساز و حیاتی خواهد بود. در این زمینه می‌توان با ارائه راهکارها و روش‌های مدیریتی مناسب از شدت آن کاسته و نیز از گسترش و پیشروی آن جلوگیری کرد. استفاده از علم سنجش از دور و به کارگیری داده‌های ماهواره‌ای در مطالعات مربوط به منابع خاک و پوشش گیاهی اغلب موجب کاهش هزینه، افزایش دقت و سرعت می‌گردد و روز به روز بر اهمیت این فناوری در راستای توسعه پایدار افزوده می‌شود. در ادامه سیستم‌های اطلاعات مکانی نیز به کمک آمده و در فرآوری داده‌های حاصل از سنجش از دور کمک فراوانی می‌نماید. تخریب اراضی به معنی کاهش یا هدررفت توان تولید بیولوژیکی یا اقتصادی زمین است که از سه بخش اصلی تشکیل شده است: تخریب خاک، تخریب پوشش گیاهی و تخریب منابع آب. در این راستا پژوهش پیش رو به ارزیابی و بررسی تخریب اراضی با تأکید بر تخریب منابع خاک و پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات مکانی<sup>۱</sup> پرداخته است.

از گذشته تا به امروز تلاش‌های مختلفی برای ارزیابی هر یک از این بخش‌های تخریب اراضی در سطوح ملی و محلی صورت پذیرفته است که برخی مطالعات در این زمینه عبارتند از: مسری<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۹ به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی پتانسیل تخریب منابع خاک را به صورت

1. GIS

2. Mersey

معرفی شدند. شاکریان و همکاران در سال ۲۰۱۱ به بررسی وضعیت تخریب بالفعل جرقوییه اصفهان براساس معیارهای آب و خاک پرداختند. رایگانی و همکاران در سال ۱۳۹۲ با مطالعه و ارزیابی پتانسیل تخریب اراضی در منطقه‌ای از استان اصفهان مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابانزایی<sup>۸</sup> را معرفی کردند. کوهبنانی و همکاران در سال ۱۳۹۶ با استفاده از منطق فازی شدت بیابان‌زایی اراضی دیهوک طبس را پهنه‌بندی نمودند. یغمایی و همکاران (۱۳۹۶) با روش مدالوس خطر تخریب اراضی را حوضه سیاهپوش استان اردبیل پهنه‌بندی نمودند و نتایج تحقیق آنها نشان داد که دو معیار کیفیت مدیریت و کیفیت اقلیم بیشترین تأثیر را در بیابان‌زایی منطقه مورد نظر داشته است.

در این پژوهش، شدت تخریب اراضی غرب استان خوزستان با استفاده از روش مدالوس به کمک منطق فازی در محیط سیستم اطلاعات مکانی ارزیابی گردیده است. از ویژگی‌های برجسته این پژوهش نسبت به پژوهش‌های پیشین، استفاده از تلفیق روش مدالوس و عملگرهای منطق فازی برای بالا بردن دقت ارزیابی شدت تخریب اراضی منطقه مورد مطالعه است. از سویی دیگر روش مدالوس، روشی است انعطاف‌پذیر و قابلیت سازگاری با تمام مناطق و شرایط اقلیمی مختلف را دارد و با توجه به پارامترهای زیاد آن و بالا بودن دقت آن در ارزیابی تخریب اراضی، پژوهش پیش رو را متمایز از سایر پژوهش‌ها در این زمینه ساخته است؛ همچنین در این پژوهش سعی شده با کمک تصاویر ماهواره‌ای و روش مدالوس، تخریب اراضی منطقه مورد مطالعه بررسی و راهکارهای مناسب ارائه گردد.

### مبانی نظری

ارزیابی بیابان‌شدن و تخریب اراضی محدوده شهرها و تهیه نقشه پهنه‌بندی آن به کمک مدل‌های تجربی مختلفی صورت می‌گیرد که از آن جمله

شبکه‌ای برآورد کردند. یاسگولو<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۰ شدت تخریب اراضی منطقه‌ای را در کشور یونان با استفاده از پارمترهای منابع خاک و اقلیم به کمک سیستم اطلاعات مکانی ارزیابی نمودند. میلوارد و بوگوس<sup>۲</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۱ خطر فرسایش خاک را با استفاده از داده‌های مدل رقومی ارتفاع و نقشه واحدهای زمین پهنه‌بندی نمودند. وانگ<sup>۳</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۳ از طریق تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی میزان فرسایش خاک و توزیع مکانی فرسایش را تخمین زدند. گود و لوفتی<sup>۴</sup> و در سال ۲۰۰۸ با بررسی تخریب اراضی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی به این نتیجه رسیدند که علت تخریب در این منطقه کیفیت پایین خاک است. لوفاف<sup>۵</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۳ با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و سنجش از دور مدل راسل<sup>۶</sup> را برای تعیین تخریب خاک معرفی نمودند. زو<sup>۷</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۹ با استفاده از منطق فازی توانستند نقشه تخریب اراضی را در ناحیه‌ای در کشور چین تهیه نمایند. وانگ و همکاران سال ۲۰۱۵ نیز در تحقیق خود خطر بیابان‌زایی و تخریب اراضی کشور چین را با منطق فازی ارزیابی کردند. سکوتی اسکویی (۱۳۸۴) برای ارزیابی تخریب اراضی منطقه بورالان آذربایجان روش فائو-یونپ را به کار برد. سپهر (۱۳۸۴) در تحقیقی ارزیابی کمی وضعیت تخریب اراضی را از نظر بیابان‌زایی با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و سنجش از دور بیان نمود. و زهتابیان و رفیعی سال ۲۰۰۶ با تکیه بر مسائل آب و خاک و با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی جهت تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز، تخریب اراضی را مطالعه نمودند. در این پژوهش، شاخص‌های آب زیرزمینی، کاربری اراضی و کیفیت خاک، عوامل مؤثر در تخریب اراضی منطقه

1. Yassoglou
2. Millward & Boggs
3. Wang
4. God & Lofty
5. Lufafa
6. RUSLE
7. Zhu

8. Iranian Model of Desertification Potential Assessment (IMDPA)

گیاهی و تخریب خاک استفاده شده است. برای تهیه عوامل مذکور، از نقشه‌ها و گزارش‌های موجود، اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه، بررسی‌های زمینی، نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌های سنجنده ماهواره لندست ۷ استفاده گردیده است. لایه‌های اطلاعاتی پوشش گیاهی عبارتند از: درصد تاج پوشش، محافظت خاک، خطر آتش‌سوزی، مقاومت در برابر خشکی و داده‌های منابع خاک، شامل: بافت خاک، نفوذپذیری، درصد سنگریزه، مواد مادری تشکیل‌دهنده خاک، عمق و شیب خاک است.

در روش مدالوس ابتدا پارامترهای مؤثر در تخریب اراضی که شامل پارامترهای مربوط به پوشش گیاهی و ویژگی‌های خاک هستند، وزن‌دهی شده و پس از میانگین‌گیری هندسی (روابط ۱ و ۲) این پارامترها، شدت تخریب اراضی در هر منطقه نیز با میانگین دو پارامتر خاک و پوشش گیاهی تعیین می‌گردد (Kosmas et al., 2009:42).

رابطه (۱):

$$VQI = \sqrt[4]{(\text{درصد پوشش} * \text{مقاومت به خشکی} * \text{محافظت خاک} * \text{خطر آتش‌سوزی})}$$

رابطه (۲):

$$SQI = \sqrt[6]{(\text{نفوذپذیری} * \text{شیب} * \text{عمق} * \text{پوشش سنگریزه} * \text{مواد مادری} * \text{بافت})}$$

در پژوهش پیش رو پس از استخراج و ویرایش داده‌های مورد نیاز در محیط سیستم اطلاعات مکانی، این داده‌ها به صورت نقشه‌های بُرداری ذخیره و هر یک از شاخص‌های کیفی با توجه به اثری که در تخریب اراضی منطقه دارند و براساس روش مدالوس وزن‌دهی و سپس برای تهیه نقشه نهایی پهنه‌بندی تخریب اراضی، به صورت رستری تبدیل و در نهایت با استفاده از عملگرهای فازی در محیط نرم‌افزار Arc GIS ۱۰٫۲ نقشه نهایی فازی شده پهنه‌بندی تخریب اراضی منطقه مورد مطالعه تهیه گردیده است. در شکل ۲ مراحل و داده‌های مورد نیاز جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی تخریب اراضی نشان داده شده است.

می‌توان به مدل‌های فائو-یونپ<sup>۱</sup>، لادا<sup>۲</sup> و مدالوس<sup>۳</sup> اشاره کرد. روش مدالوس روش جدیدی بوده و با توجه به فاکتورهای زیاد و بالا بودن دقت آن از روش‌های دیگر مناسب‌تر است. این مدل توسط کمیسیون بین‌المللی اروپا ارائه شده است. کمیسیون اروپا در سال ۱۹۷۷ با هدف مطالعات تخریب اراضی تأسیس و پروژه‌های مختلفی در این زمینه به انجام رسانیده است، مدالوس یکی از مهم‌ترین این پروژه‌هاست (Kosmas et al., 2009:43). این روش نسبت به سایر مدل‌ها مزیت‌هایی دارد؛ نخست این که امکان وزن‌دهی لایه‌های مورد استفاده با سیستم اطلاعات مکانی وجود دارد که سرعت و دقت مطالعات را افزایش داده و خطای کارشناسی را کم می‌کند؛ همچنین در تلفیق شاخص‌ها، به جای میانگین حسابی از میانگین هندسی استفاده می‌کند که بر دقت کار جهت ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی می‌افزاید. از طرفی در این روش از لایه‌هایی استفاده می‌شود که به دست آوردن اطلاعات آنها به سادگی امکان‌پذیر است؛ بنابراین این مدل با بررسی اثرات متقابل عوامل مؤثر بر توسعه خطر بیابانی شدن اراضی، میزان حساسیت به بیابان‌زایی و انواع تیپ‌های آن را که شامل تیپ‌های بحرانی (c)، شکننده (f) و بالقوه (p) است، را برای هر منطقه معین می‌نماید. براساس این روش، هر کدام از شاخص‌های کیفی مورد استفاده در آن، از میانگین‌گیری هندسی پارامترهای مربوط به خود به دست می‌آیند و با ترکیب یا میانگین هندسی این شاخص‌ها به کمک سیستم اطلاعات مکانی، شاخص مناطق محیط‌زیستی حساس<sup>۴</sup>، تعیین می‌گردد. هر یک از شاخص‌های کیفی فوق با توجه به اثری که در بیابان‌زایی اراضی دارند امتیاز می‌گیرند.

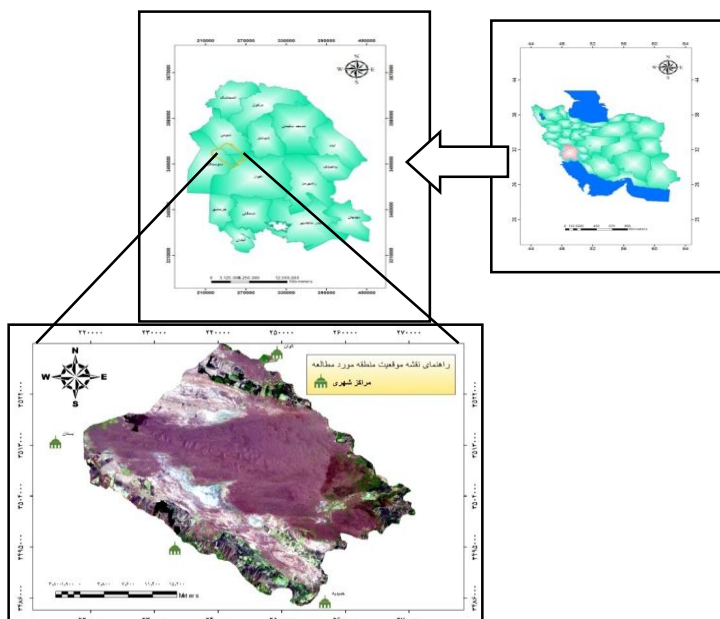
### روش تحقیق

در این پژوهش با توجه به نظر کارشناسان و بر اساس روش مدالوس، از عواملی که بیشتر در تخریب اراضی مؤثر هستند مانند پارامترهای تخریب پوشش

1. FAO- UNEP
2. LADA
3. MEDALUS
4. Environmentally Sensitive Areas Index (ESAI)

نیمه خشک است. متوسط بارندگی سالیانه آن در حدود ۲۶۶ میلی‌متر براساس طول دوره آماری ۳۰ ساله می‌باشد و میانگین دمای سالیانه آن در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد است (Masoudi and Elhaesahar, 2016: 145).

**موقعیت منطقه مورد مطالعه:** محدوده مورد مطالعه در غرب استان خوزستان و شمال غرب و غرب شهرستان اهواز به مختصات: (شمالی  $31^{\circ} 28' 6''$  - شرقی  $48^{\circ} 15' 18''$  -  $33' 55''$ ،  $48^{\circ}$ ) به مساحت ۱۲۵۵ کیلومترمربع است. این منطقه در سیستم طبقه‌بندی دومارتن دارای اقلیم خشک تا



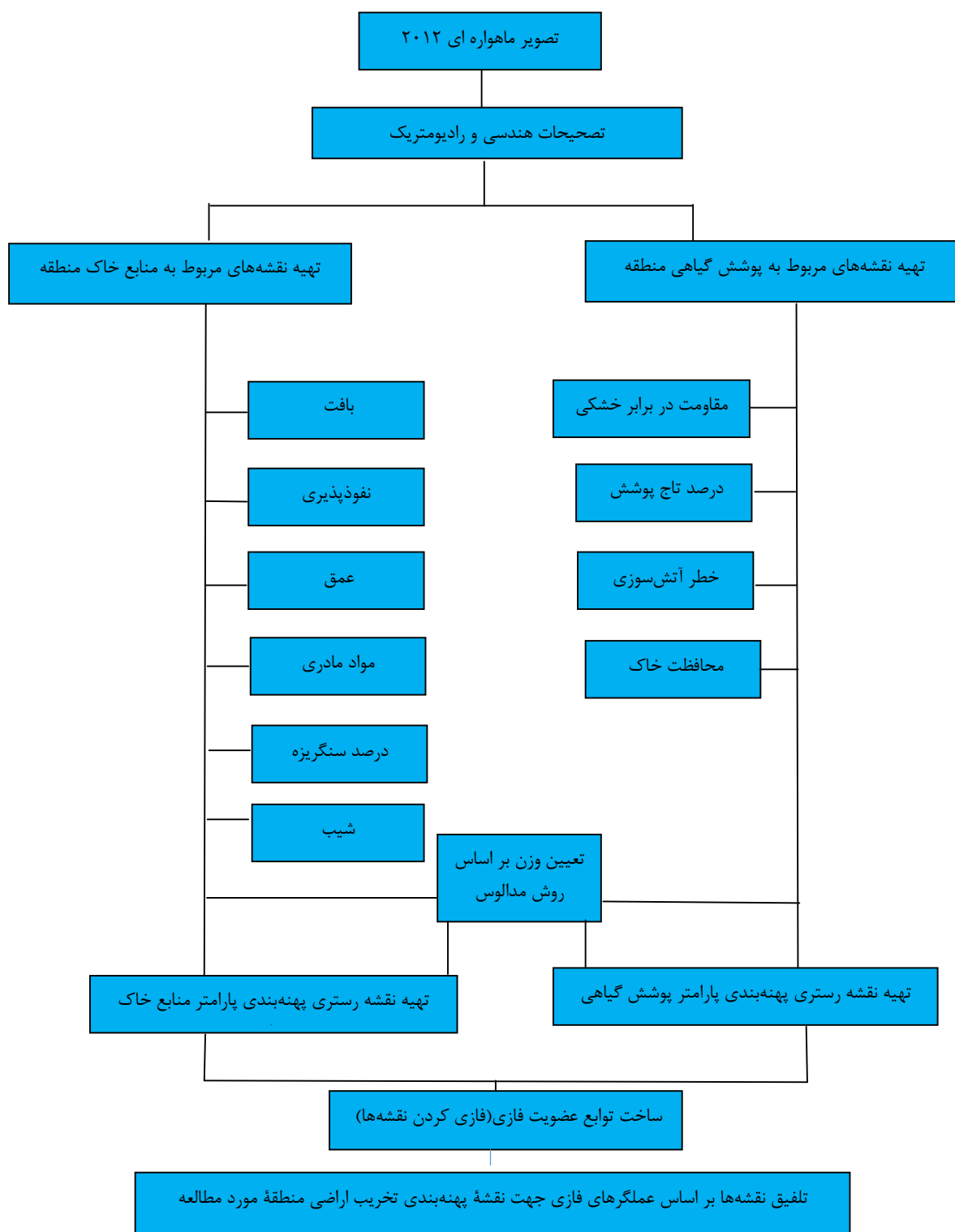
شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در غرب استان خوزستان (منبع نگارندگان)

حسب نوع و درصد پوشش، ارزیابی می‌شود. بر اساس درصد پوشش، پارامترهای خطرآتش سوزی و توانایی رشد مجدد گیاه، حفاظت در برابر تخریب اراضی و مقاومت گیاه به خشکی مورد بررسی قرار می‌گیرد. **نقشه کیفیت پوشش گیاهی بر اساس مقاومت گیاهان در برابر خشکی:** برای تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه بر اساس مقاومت گیاهان در برابر خشکی با استفاده از بازدهای میدانی و تعیین تیپ گیاهان منطقه طبق روش مدالوس لایه مورد نظر وزن‌دهی و سپس نقشه آن در محیط سیستم اطلاعات مکانی به صورت رستری تهیه شد. شکل ۳ نقشه فازی شده پوشش گیاهی منطقه را براساس شاخص مقاومت به خشکی نشان می‌دهد.

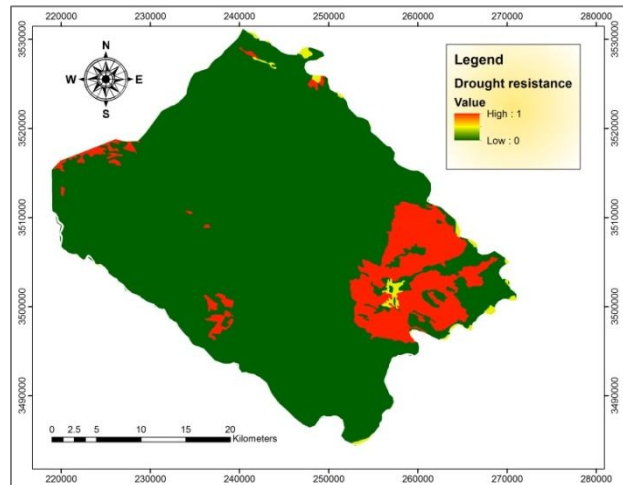
### بحث و یافته‌های تحقیق

تحقیق پیش رو در سه گام انجام شده است. گام اول: تهیه نقشه کیفیت پوشش گیاهی، گام دوم: تهیه نقشه کیفیت خاک و گام سوم تهیه نقشه نهایی تخریب اراضی منطقه مورد مطالعه.

**گام اول، تهیه نقشه کیفیت پوشش گیاهی منطقه:** پوشش گیاهی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر پایداری و تعادل اکوسیستم‌هاست؛ بنابراین شناخت عواملی که باعث استقرار و پراکنش جوامع گیاهی می‌شوند، ضروری است. در این پژوهش ارتباط دو ویژگی تاج پوشش و تراکم گیاهی با عوامل محیطی مورد بررسی قرار گرفته است. واحدهای کاری به عنوان مبنا و پایه تحقیقات در نظر گرفته شد و در هر واحد از پوشش گیاهی به روش سیستماتیک-تصادفی و از طریق پلات‌گذاری نمونه‌برداری شده است. پوشش گیاهی بر



شکل ۲: روش و مراحل انجام تحقیق



شکل ۳: نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه بر اساس مقاومت به خشکی

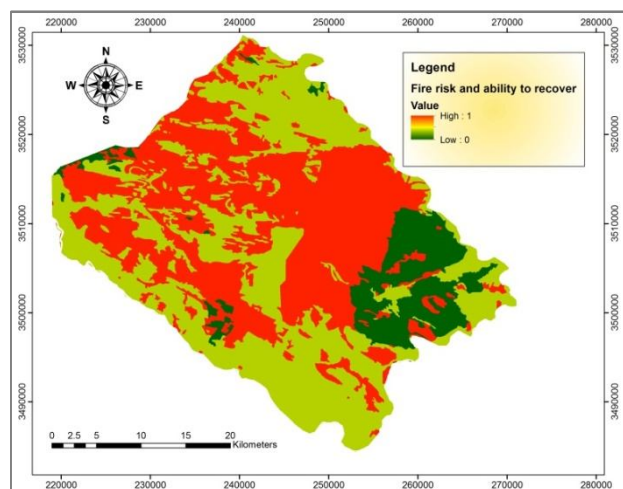
سپس نقشه آن در محیط سیستم اطلاعات مکانی به صورت رستری تهیه شد. نقشه فازی شده پوشش گیاهی منطقه براساس شاخص خطر آتش سوزی در شکل ۴ ارائه گردیده است.

نقشه کیفیت پوشش گیاهی بر اساس خطر آتش سوزی: برای تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه بر اساس خطر آتش سوزی با استفاده از بازدیدهای میدانی و تعیین تیپ گیاهان منطقه طبق روش مدالوس (جدول ۱) لایه مورد نظر وزن دهی و

جدول ۱: وزن دهی شاخص خطر آتش سوزی گیاهان

امتیاز	تیپ و نوع پوشش گیاهی منطقه	شرح	کلاس
۱	زمین های بایر، گیاهان زراعی دائمی و یکساله	کم	۱
۱/۳	کشاورزی با گیاهان یکساله (علفی)، جنگل های همیشه سبز، درختان برگ ریز	متوسط	۲
۱/۶	بوته زار و درختچه زار همیشه سبز	زیاد	۳
۲	جنگل های کاج	خیلی زیاد	۴

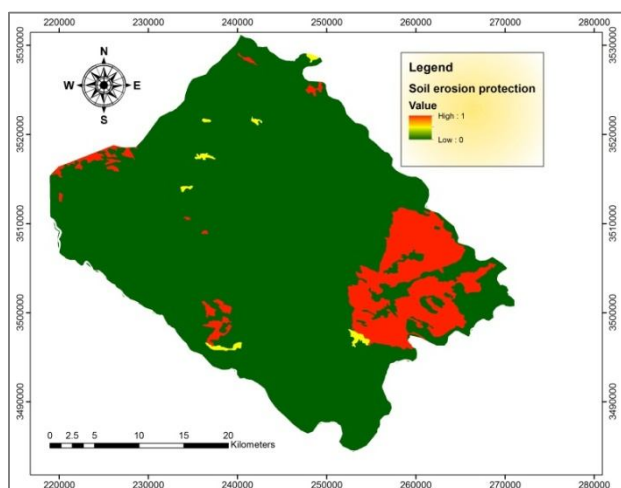
منبع: (Kosmas et al., 2009)



شکل ۴: نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص خطر آتش سوزی

کاری طبق روش مدالوس وزن‌دهی و سپس نقشه آن در محیط سیستم اطلاعات مکانی به صورت رستری آماده و سپس نقشه فازی شده پوشش گیاهی منطقه براساس معیار حفاظت خاک تهیه گردید (شکل ۵).

نقشه کیفیت پوشش گیاهی بر اساس حفاظت خاک در برابر تخریب: برای تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه بر اساس پارامتر توانایی نگهداری خاک و محافظت آن در مقابل فرسایش و تخریب با توجه به نوع تیپ گیاهان منطقه در واحد



شکل ۵: نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص حفاظت خاک در برابر تخریب

شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی کم می‌شود و یا مناطق مختلف دارای مقادیر شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی مشابهی می‌شوند. پس شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی شاخص مناسبی برای مناطق خشک نیست، زیرا پوشش گیاهی ضعیف به طور معنی‌داری روی کاهش بازتاب نور مادون قرمز تأثیر می‌گذارد (Khajedin and Seyed Jamaledin., 1995:134). این مشکل از کمبود بارندگی و بالا بودن میزان تبخیر و تعرق ناشی می‌شود که باعث کاهش سبزینه و به تبع آن کاهش فتوسنتز می‌گردد (Losvich, 2008:199). بنابراین شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده بر حسب خاک که دارای بالاترین ضریب همبستگی است، برای تهیه نقشه درصد پوشش گیاهی منطقه انتخاب گردید. در واقع هدف از ایجاد شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده بر حسب خاک، حذف اثر تیرگی خاک است (ایمانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۵۶). جهت تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه، ابتدا رابطه ۳ بر روی تصویر ماهواره‌ای (به‌دلیل وجود کیفیت بالای تصویر این سال از

نقشه کیفیت پوشش گیاهی بر اساس درصد تاج پوشش: برای تهیه نقشه پوشش گیاهی براساس درصد تاج پوشش، شاخص‌های گیاهی مختلفی برای هر دو تصویر تهیه گردید. برای انتخاب مناسب‌ترین شاخص گیاهی منطقه مورد مطالعه با توجه به بازدیدهای میدانی، همبستگی بین پارامترهای کمی شامل درصد تاج پوشش گیاهی و مقادیر تولید با داده‌های ماهواره‌ای بررسی شد. نتایج نشان داد رابطه معنی‌داری بین پارامترهای گیاهی و شاخص‌های گیاهی وجود دارد. دو شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی<sup>۱</sup> و شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده بر حسب خاک<sup>۲</sup> نسبت به بقیه شاخص‌های گیاهی بالاترین ضریب همبستگی را دارند. با توجه به خشک بودن منطقه و ضعیف بودن پوشش گیاهی، خاک زمینه انعکاس پوشش گیاهی را می‌پوشاند و مانع از انعکاس پوشش گیاهی در تصویر می‌شود و در نتیجه

1. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
2. Soil adjusted vegetation index(SAVI)



L- فاکتور تصحیح برای تراکم‌های مختلف پوشش گیاهی است. به عبارت دیگر L فاکتور تعدیل‌کننده اثر خاک است. مقدار آن در این پژوهش برای پوشش تُنک برابر ۱ و برای پوشش متوسط برابر ۰/۵ و اما برای پوشش انبوه صفر و یا ۰/۲۵ در نظر گرفته شده است.

NIR- باند مادون قرمز نزدیک تصویر ماهواره‌ای

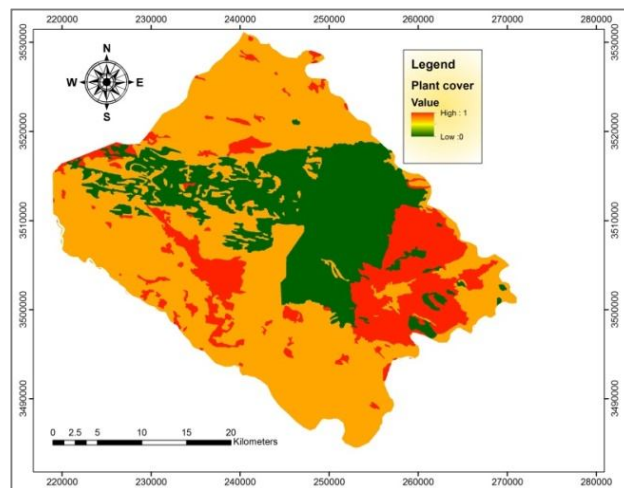
R- باند قرمز تصویر ماهواره‌ای

منطقه و وضوح پوشش گیاهی در آن) اعمال و سپس نقشه پوشش گیاهی در زمان مذکور در محیط سیستم اطلاعات مکانی ترسیم شد. طبق مدل مدالوس وزن‌دهی و سپس نقشه آن به صورت رستری تهیه گردید (شکل ۶).

رابطه (۳): شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده بر

حسب خاک

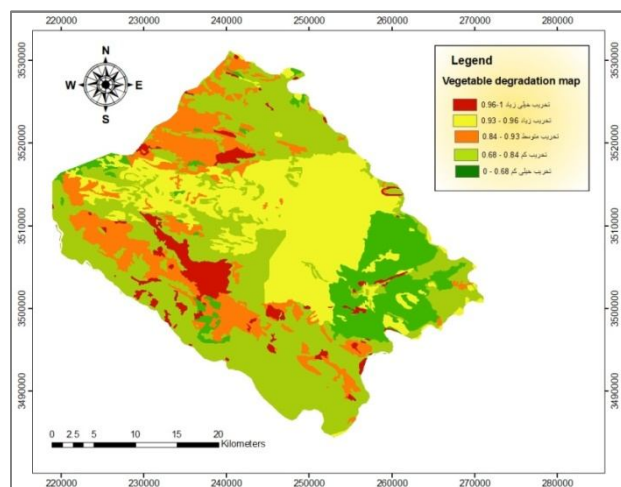
$$SAVI = NIR-R/(NIR+R+L)(1+L)$$



شکل ۶: نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص درصد تاج پوشش گیاهان

این تابع و در مقیاس صفر و یک محاسبه گردید. سپس نقشه پهنه‌بندی تخریب پوشش گیاهی فازی منطقه مورد مطالعه از همپوشانی لایه فازی به روش گاما به دست آمد (شکل ۷).

نقشه پهنه‌بندی تخریب پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه: از این‌که نقشه‌های اولیه براساس نتایج آنالیز پارامترهای پوشش گیاهی منطقه و تصاویر ماهواره‌ای تهیه و به صورت دامنه‌ی عددی تهیه شد، با استفاده از تابع عضویت خطی فازی، وزن هر پارامتر در



شکل ۷: نقشه پهنه‌بندی تخریب پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه

سنگریزه‌های سطح خاک منطقه مورد مطالعه، ابتدا با استفاده از نمونه‌برداری گسترده از خاک منطقه، طبق روش مدالوس که در جدول ۲ ارایه شده، لایه مورد نظر وزن‌دهی و سپس نقشه آن در محیط سیستم اطلاعات مکانی به صورت رستری تهیه و سپس فازی سازی شد (شکل ۸).

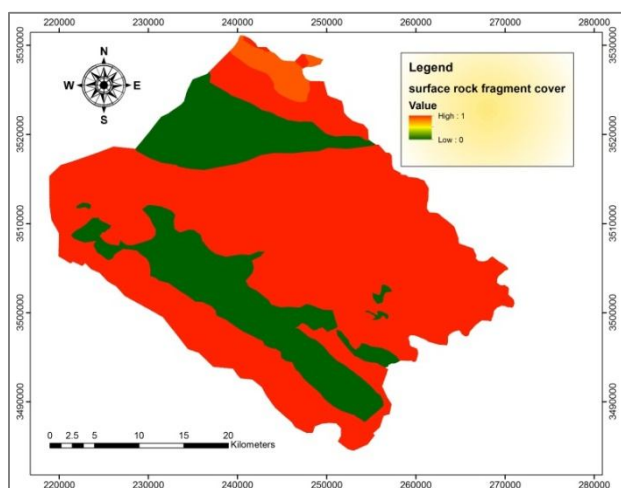
گام دوم، تهیه نقشه کیفیت خاک منطقه مورد مطالعه: برای تهیه نقشه کیفیت خاک در این پژوهش از پارامترهای بافت خاک، نفوذپذیری، درصد سنگریزه، مواد مادری تشکیل‌دهنده خاک، عمق و شیب خاک استفاده شده است.

نقشه کیفیت خاک منطقه مورد مطالعه بر اساس درصد سنگریزه: برای تهیه نقشه درصد

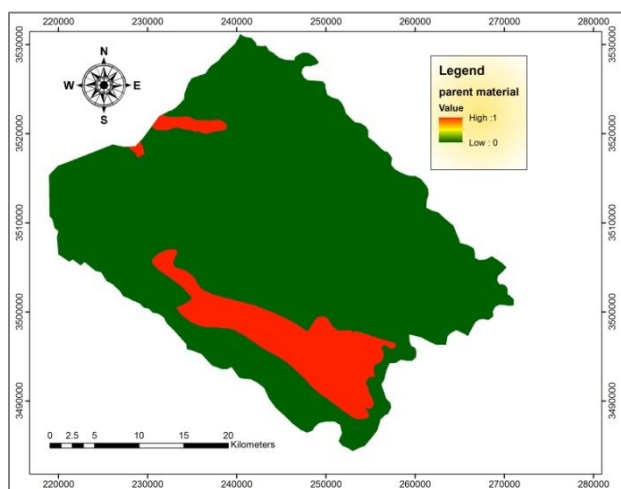
جدول ۲: وزن‌دهی شاخص درصد سنگریزه خاک

امتیاز	پوشش سنگریزه (%)	شرح	کلاس
۱	$60 <$	زیاد	۱
۱/۳	$20 - 60$	متوسط	۲
۲	$20 >$	کم	۳

منبع: (Kosmas et al., 2009)



شکل ۸: نقشه درصد سنگریزه سطح خاک منطقه مورد مطالعه

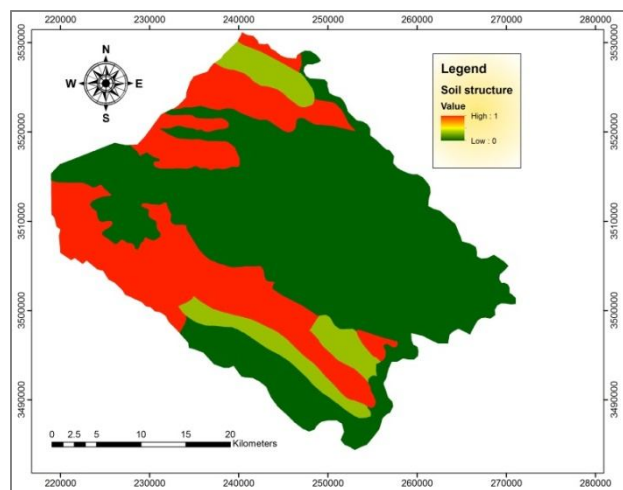


شکل ۹: نقشه مواد مادری خاک منطقه مورد مطالعه

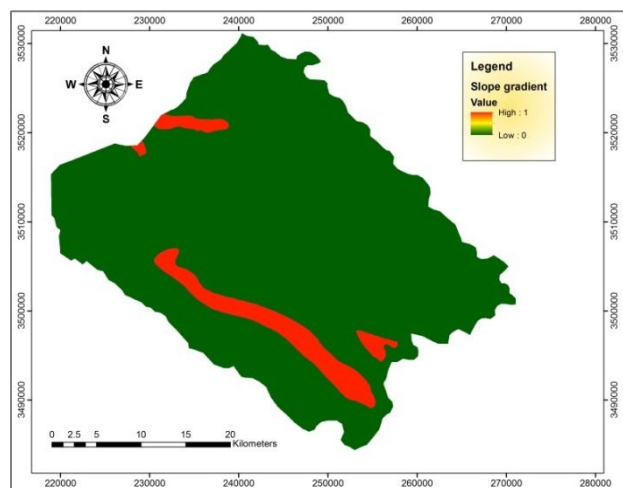
وابسته است. مقدار آب در دسترس خاک به بافت و ساختمان آن بستگی دارد. خاک‌های شنی نسبت به خاک‌های رسی، استعداد بیشتری به تخریب دارند، زیرا این نوع خاک‌ها آب بسیار کمی را می‌توانند نگهداری کنند. برای تهیه نقشه بافت خاک منطقه مورد مطالعه، بعد از نمونه‌برداری و به روش آزمایشگاهی بافت خاک تعیین و سپس طبق روش مدالوس لایه مورد نظر وزن‌دهی و در نهایت نقشه آن در محیط سیستم اطلاعات مکانی به صورت رستری تهیه شد (شکل ۱۰).

**نقشه مواد مادری:** نقشه مواد مادری منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی تهیه شد. تیپ‌های مختلف مواد مادری به کلاس‌هایی برطبق خصوصیات سنگ‌شناسی و ترکیبات کانی‌شناسی و حساسیت آنها به تخریب گروه‌بندی می‌شوند. طبق مدل مدالوس لایه مورد نظر وزن‌دهی و سپس نقشه آن در محیط سیستم اطلاعات مکانی بصورت رستری تهیه و فازی‌سازی گردید (شکل ۹).

**نقشه بافت خاک:** پارامتر بافت خاک به فرسایش‌پذیری و ظرفیت نگهداری آب در خاک



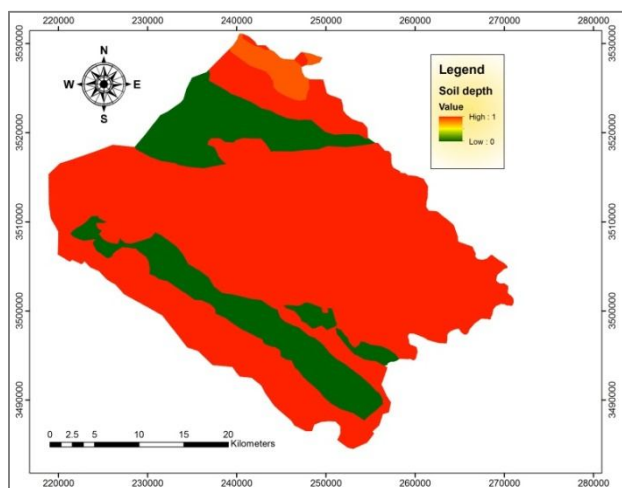
شکل ۱۰: نقشه بافت خاک منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۱: نقشه شیب خاک منطقه مورد مطالعه

**نقشه عمق خاک:** عمق خاک براساس عمق پروفیل از سطح خاک تا بالای مواد مادری تعریف می‌شوند. نقشه عمق خاک منطقه با نمونه‌برداری از کل منطقه (تعداد ۲۲ نمونه) تهیه و سپس براساس مدل مدالوس وزندهی و در نهایت بصورت فازی در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

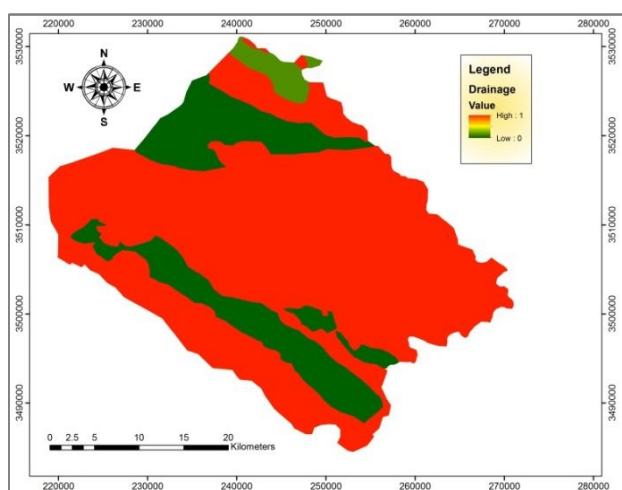
**نقشه شیب خاک:** نقشه شیب خاک منطقه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع تهیه گردید. سپس با مقیاس مناسب و براساس تأثیر آنها بر تخریب خاک مطابق روش مدالوس وزندهی شده و سپس در مقیاس ۰ تا ۱ بصورت فازی شده آماده گردید (شکل ۱۱).



شکل ۱۲: نقشه عمق خاک منطقه مورد مطالعه

نقشه‌های موجود آماده، سپس مطابق روش مدالوس وزندهی و به صورت رستری تهیه و سرانجام نقشه مذکور فازی‌سازی شده که در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

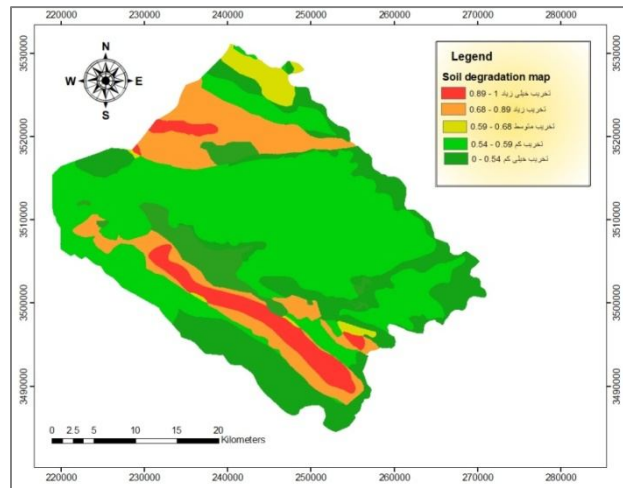
**نقشه شرایط زهکشی خاک:** وضعیت زهکشی، بیشتر برای ارزیابی خطر تخریب به علت شوری زایی مناطق پست استفاده می‌شود که بیشتر در دشت‌ها واقع شده‌اند. برای تهیه نقشه این معیار به صورت فازی، ابتدا نقشه منطقه بر اساس شرایط زهکشی، از



شکل ۱۳: نقشه نفوذپذیری خاک منطقه مورد مطالعه

گردید. سپس نقشه پهنه‌بندی تخریب خاک فازی منطقه مورد مطالعه از همپوشانی لایه فازی به روش گاما به دست آمد (شکل ۱۴).

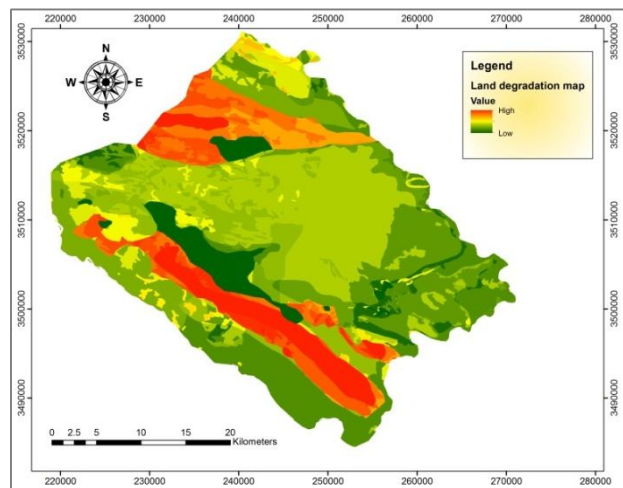
**نقشه پهنه‌بندی تخریب منابع خاک منطقه مورد مطالعه:** پس از تعیین شش پارامتر مؤثر در تخریب خاک منطقه با استفاده از تابع عضویت خطی فازی، وزن هر پارامتر در این تابع و در مقیاس صفر و یک محاسبه



شکل ۱۴: نقشه پهنه‌بندی تخریب خاک منطقه مورد مطالعه

تخریب اراضی منطقه، از همپوشانی فازی به روش گاما در نرم‌افزار ARCGIS استفاده شده است (شکل ۱۵).

**گام سوم نقشه نهایی پهنه‌بندی تخریب اراضی منطقه مورد مطالعه:** پس از تعیین دو نقشه تخریب پوشش گیاهی و خاک، برای تهیه نقشه پهنه‌بندی

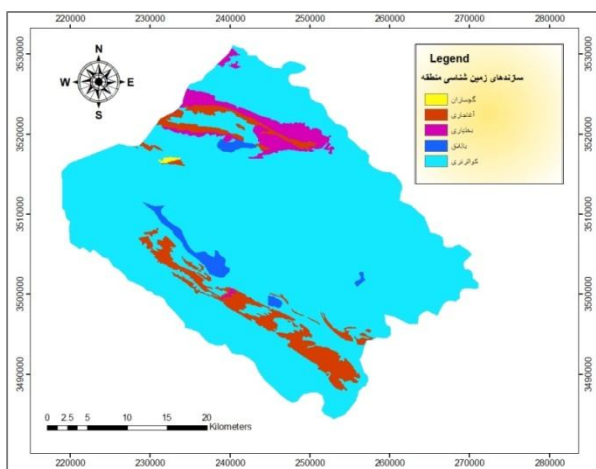


شکل ۱۵: نقشه نهایی پهنه‌بندی تخریب اراضی منطقه مورد مطالعه

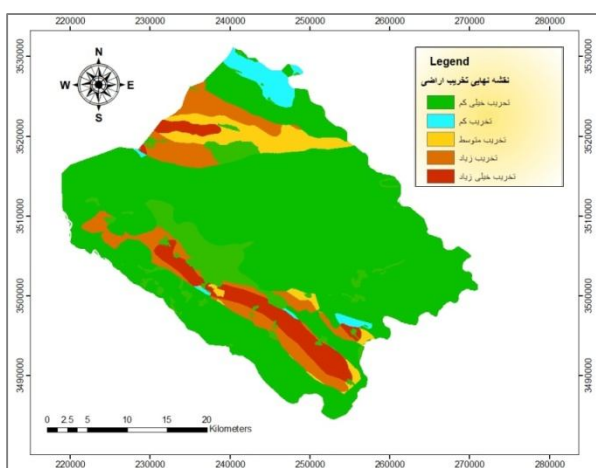
زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه که از نقشه‌های پوششی سراسری سازمان زمین‌شناسی کشور تهیه گردیده، سازندهای زمین‌شناسی منطقه نشان داده شده است) هستند که در برابر تخریب حساس بوده و

همانطور که در شکل ۱۷ مشاهده می‌گردد اراضی منطقه مورد مطالعه از نظر شدت تخریب طبقه‌بندی شدند. اراضی که شدت تخریب خیلی زیاد دارند تشکیلات زمین‌شناسی آجاجاری (در شکل ۱۶ نقشه

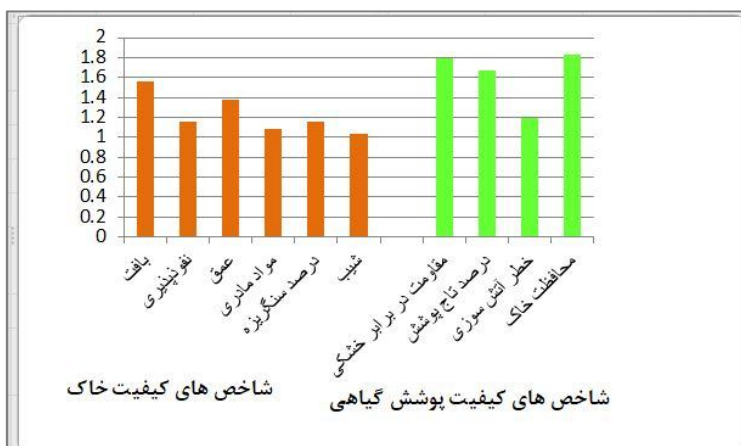
بیشترین نقش را در تولید ریزگردهای وارده از غرب به کشور را دارند. مشاهده می‌شود که وسعت کمی از کل مساحت منطقه، دارای شدت تخریب کم و مساحت زیادی، شدت تخریب متوسط به بالا را دارند.



شکل ۱۶: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۷: نقشه نهایی طبقه‌بندی تخریب اراضی منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۸: میانگین وزنی ارزش‌های کمی شاخص‌های مؤثر در دو معیار پوشش گیاهی و خاک منطقه مورد مطالعه

شاخص‌ها تهیه گردیده است. جدول ۳ نشان‌دهنده متوسط وزنی ارزش‌های کمی شاخص‌های مؤثر در دو معیار پوشش گیاهی و خاک می‌باشد.

با توجه به پارامترهای انتخاب شده در دو معیار پوشش گیاهی و خاک و امتیازدهی مطابق روش مدالوس، نقشه شدت تخریب منطقه بر اساس این

جدول ۳: متوسط وزنی ارزش‌های کمی شاخص‌های مؤثر در دو معیار پوشش گیاهی و خاک

معیار	پارامتر ارزیابی	متوسط ارزش عددی	شدت تخریب
شاخص کیفیت خاک	بافت	۱/۵۶۰	متوسط
	نفوذپذیری	۱/۱۵۵	متوسط
	عمق	۱/۳۷۷	متوسط
	مواد مادری	۱/۰۸۲	متوسط
	درصد سنگریزه	۱/۱۵۸	شدید
	شیب	۱/۰۳۲	متوسط
شاخص کیفیت پوشش گیاهی	مقاومت در برابر خشکی	۱/۷۹۰	شدید
	درصد تاج پوشش	۱/۶۷۰	شدید
	خطر آتش‌سوزی	۱/۱۹۴	متوسط
	محافظت خاک	۱/۸۲۴	شدید

منبع: نگارندگان

در بین پارامترهای پوشش گیاهی، پارامتر معیار محافظت خاک بیشترین وزن را دارا می‌باشد که مهمترین عامل ایجادکننده تخریب اراضی در منطقه به‌شمار می‌رود. بر پایه معیارهای مورد بررسی، میانگین ارزش کمی حساسیت شدت تخریب در منطقه مورد مطالعه که بر اساس رابطه ۴ محاسبه گردیده، طبق روش مدالوس در طبقه متوسط به بالا قرار می‌گیرد.

$$\text{رابطه ۴: } \text{ESAI}' = \sqrt{\text{VQI} * \text{SQI}} = 1.34$$

تخریب اراضی بر هر منطقه اثرات منفی مانند: تلف شدن اراضی مرغوب کشاورزی و باغ‌ها، از میان رفتن یکپارچگی اراضی حاشیه، کاهش نیروی انسانی شاغل در بخش کشاورزی و گرایش به اشتغال در مشاغل کاذب و غیررسمی و اثراتی مثبت مانند: ادغام روستاها در بافت شهری و توسعه شهرها دارد (عاشری و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۶۲). بنابراین برای برنامه‌ریزی و مدیریت تخریب اراضی منطقه، بایست تمرکز فعالیت‌های محافظت خاک توسط روش‌های بیولوژیکی با پوشش گیاهی مناسب انجام شود تا مانع ورود ریزگردها به کشور شود. همچنین بر اساس شکل

نتایج نمودار ارائه شده در شکل ۱۸، نشان می‌دهد که حداکثر متوسط ارزش عددی مربوط به پارامتر محافظت خاک (۱/۸۲۴) و حداقل متوسط ارزش عددی مربوط به پارامتر شیب منطقه (۱/۰۳۲) است؛ بنابراین بیشترین عامل مؤثر در تخریب اراضی منطقه، معیار محافظت خاک است و سبب شده شدت تخریب اراضی در منطقه متوسط تا شدید باشد؛ همچنین دو شاخص مؤثر در تخریب اراضی منطقه شامل کیفیت پوشش گیاهی و خاک براساس روابط ۱ و ۲ از میانگین هندسی پارامترهای مورد نظر به صورت زیر به‌دست آمدند:

$$\text{VQI} = \sqrt[4]{(1.790 * 1.670 * 1.194 * 1.824)} = 1.60$$

$$\text{SQI} = \sqrt[5]{1.560 * 1.155 * 1.377 * 1.082 * 1.158 * 1.032} = 1.22$$

بر اساس نتایج این پژوهش، از دو پارامتر پوشش گیاهی و خاک، با توجه به وزن حاصله در نقشه‌های تخریب پوشش گیاهی و خاک مشاهده می‌شود، نقش پوشش گیاهی در تخریب اراضی بیشتر بوده و دلیل آن را می‌توان اقلیم خشک منطقه مورد نظر دانست.

ظاهر شده‌اند، بافت خاک را تحت تأثیر قرار داده و بیشتر خاک‌های منطقه را تشکیل داده‌اند. از طرفی با توجه به کمبود میزان بارش‌ها و خشکی محیط، از بین شاخص‌ها، شاخص‌های وضعیت پوشش گیاهی و تجدید حیات و با میانگین وزنی کم تأثیر بیشتری در روند تخریب اراضی منطقه داشته است. از طرفی با توجه به تغییرات اقلیمی صورت گرفته در جهان و خاک منطقه دائم در معرض خطر فرسایش قرار دارد، پیشنهاد می‌شود منطقه به طور دائم تحت فعالیت‌های بیابان‌زدایی بیولوژیکی و مکانیکی قُرق گردد. این امر توجه هرچه بیشتر مسئولان را در این زمینه می‌طلبد تا با اقدامات مناسب از توسعه تخریب اراضی در منطقه جلوگیری نمایند. روش مدالوس که در این پژوهش برای تعیین شدت تخریب اراضی استفاده گردید با توجه به در نظر گرفتن شاخص‌های مناسب و به تعداد نسبتاً کافی در مناطق خشک سادگی و مرحله‌ای بودن آن، روش خاص وزن‌دادن به شاخص‌ها، استفاده از سیستم اطلاعات مکانی در تلفیق نقشه‌ها و استفاده از میانگین هندسی به جای حسابی در محاسبه شاخص‌ها و نقشه نهایی شدت تخریب اراضی، روش نسبتاً دقیقی است و می‌تواند در مناطق مشابه مورد مطالعه برای تعیین شدت تخریب مورد استفاده قرار گیرد و در صورت لزوم شاخص‌ها و حدود کلاس‌ها اصلاح گردد. به‌کاربردن مدل مدالوس در سایر نقاط کشورمان و اقلیم‌های گوناگون، به منظور افزایش کارایی مدل و به روز رساندن اطلاعات، جهت حفظ کارایی مدل و همچنین تجدید نظر در تعداد، نوع شاخص‌ها، معیارها و افزایش رنج دامنه جهت کاهش اثرات متقابل، پیشنهاد می‌گردد. اما شاخص‌های مورد بررسی در ارزیابی شدت تخریب اراضی تأثیرات متفاوتی دارند که در این مدل ارزش لایه یکسان فرض می‌شود و در واقع تأثیر کلیه شاخص‌ها یکسان است و از معایب مدل‌های ارزیابی است، زیرا با یکسان فرض کردن تأثیر کلیه شاخص‌ها تأثیر شاخص غالب با ضرب شاخص‌ها در هم کمرنگ‌تر می‌شود. پیشنهاد می‌شود تا با کاربرد مدل مذکور در مناطق مختلف و شرایط اقلیمی متفاوت بر حسب اهمیت و گستره اثر

۱۷ مشاهده می‌شود ۶۸/۳۴ درصد مساحت منطقه دارای تخریب خیلی کم، ۳/۶۵ درصد دارای تخریب کم، ۷/۸۳ درصد دارای تخریب متوسط، ۱۱/۲۲ درصد دارای تخریب زیاد و ۸/۹۶ درصد دارای تخریب خیلی زیاد است. با توجه به تجزیه و تحلیل انجام شده دو رویکرد مدیریتی با تأکید کاهش تخریب اراضی برای آمایش فضایی مناسب در منطقه پیشنهاد می‌گردد:

- اجرای فعالیت مدیریتی تخریب اراضی
  - اجرای اقدام‌های بازدارنده تغییر کاربری اراضی
- بنابراین طراحی و اجرای برنامه آمایش سرزمین در منطقه مورد مطالعه تأکید است، زیرا از عوامل اصلی در تخریب، تغییر کاربری اراضی منابع طبیعی می‌باشد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در بازدیدهای زمینی مشخص شد، مناطقی که شدت تخریب خیلی کم دارند منطبق بر طرح‌های بیابان‌زدایی بیولوژیکی و مکانیکی هستند و اگر منطقه فوق به نحو مناسبی حفاظت نشوند و مدیریت آن تاووم پیدا نکند، با توجه به پتانسیل‌های موجود، به مناطق با شدت تخریب زیاد تبدیل خواهد شد. با توجه به نقشه نهایی شدت تخریب، مناطق با شدت زیاد و خیلی زیاد، شامل مناطق فرسایش‌پذیر بوده و پوشیده شده از تشکیلات آجاجاری می‌باشند، که در صورت عدم توجه و مدیریت مناسب، فرسایش یافته و منجر به تولید رسوبات بادی شده و منشاء ریزگردها می‌شوند؛ بنابراین با توجه به نقشه نهایی شدت تخریب اراضی منطقه غربی شهراواز، می‌توان نتیجه گرفت که منطقه از نظر شدت تخریب شکننده بوده و با بی‌توجهی به مدیریت منطقه، سبب افزایش ورود ریزگرد به غرب کشور خواهد شد. محققانی همچون زهتابیان و همکاران و سپهر و همکاران نیز با بررسی وضعیت تخریب مناطق گوناگون بیان کردند که دو معیار پوشش گیاهی و خاک، نقش مهمی در ارزیابی شدت تخریب اراضی منطقه مورد نظر دارند. به نظر می‌رسد بافت نامناسب خاک متأثر از سازندهای زمین‌شناسی منطقه سازندهای گچساران، آجاجاری، بختیاری و رسوبات کواترنری که به صورت کوه و تپه



طبقه‌بندی شده‌اند، می‌توان با متمرکز کردن کارهای مدیریتی، تا حدودی مانع هجوم ریزگردها به کشور شد؛ لذا با استفاده از نقشه‌های پوشش گیاهی و منابع خاک به عنوان دو عامل اصلی تخریب اراضی و علم سنجش از دور همراه با سیستم‌های اطلاعات مکانی، می‌توان اراضی کشور را در برابر تخریب مدیریت نمود.

### منابع

۱. ایمانی، جمال. عطاله ابراهیمی و بهرام قلی نژاد و پژمان طهماسبی. ۱۳۹۷. مقایسه دو شاخص NDVI و SAVI در سه جامعه گیاهی مختلف با شدت نمونه‌برداری متفاوت. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، دوره ۲۵، شماره ۱، تهران.
۲. عادل، سپهر. ۱۳۸۴. ارزیابی کمی وضعیت بیابانزایی با استفاده از GIS و RS جهت ارائه یک مدل منطقه‌ای (با تأکید بر مدل مدالوس) در منطقه فیدوئیه گرم‌دشت. رساله کارشناسی ارشد. استاد راهنما: دکتر علی‌مراد حسینی. دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، گروه مدیریت مناطق بیابانی.
۳. سکوتی اسکوتی، رضا. ۱۳۸۴. کاربرد روش فائو-یونپ در ارزیابی تخریب اراضی منطقه بورالان آذربایجان غربی. دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان.
۴. رایگانی، بهزاد. غلامرضا زهتابیان و سوسن براتی ۱۳۹۲. نقدی بر مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابانزایی (IMDPA). نشریه علمی پژوهشی بوم‌شناسی کاربردی، سال دوم. شماره چهارم. اصفهان.
۵. رضایی‌پور، غدر. حسین بهرامی و جواد رفیع شریف‌آباد و حسن خسروی. ۱۳۹۴. ارزیابی شدت بیابانزایی با استفاده از مدل IMDPA. مجله علمی پژوهشی مطالعات جغرافیای مناطق خشک، شماره نوزدهم، سبزوار.
۶. زهتابیان، غلامرضا. سید محمد رضوی و ریحانه مسعودی و حسن خسروی. ۱۳۹۱. ارزیابی وضعیت بالفعل بیابانزایی با تأکید بر دو معیار پوشش گیاهی و خاک (مطالعه موردی: کویر میقان)، اولین همایش ملی بیابان، ۲۸-۲۷ خرداد، دانشگاه تهران.
۷. عاشری، امامعلی. عبدالله عبداللهی و سوران کریم زاده و روزین عزیززی. ۱۳۹۴. بررسی پیامدهای تغییر

شاخص‌ها، ضریبی برای شاخص‌های غالب در نظر گرفته شود تا برآوردی دقیق‌تر از وضعیت موجود داشته باشیم. استفاده از شیوه‌های آنالیز سلسله مراتبی، معکوس سلسله مراتبی، فازی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی مانند ژنتیک و غیره در این موارد می‌تواند سودمند باشد. مدل ارائه شده در این پژوهش، در مقایسه با روش‌هایی که در گذشته استفاده شده دارای مزایای زیر است:

استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور مانند بارزسازی، طبقه بندی تصاویر و غیره در تهیه دقیق‌تر نقشه‌های مورد نیاز شاخص‌های مدل مدالوس همزمان با سیستم‌های اطلاعات مکانی. به عنوان مثال در تهیه نقشه لایه پوشش گیاهی منطقه از تصاویر ماهواره‌ای پردازش شده با دقت بالا استفاده گردیده است. استفاده از میانگین هندسی امتیازات، در مقایسه با روش‌هایی که از جمع و یا ضرب امتیازات بهره گرفته‌اند، نتایج بسیار نزدیکی به واقعیت به دست می‌دهد؛ همچنین، استفاده از این عملیات ریاضی انعطاف‌پذیر بودن مدل را برای افزودن شاخص‌های پیش‌بینی نشده افزایش می‌دهد. شاخص‌های مورد ارزیابی در این مدل، با توجه به شرایط اکولوژیکی و نظر کارشناسان آشنا با شرایط منطقه مورد مطالعه، تغییرپذیر است. از آنجایی که سرعت تخریب اراضی از جنبه‌های مهم در شدت تخریب است، پیشنهاد می‌شود این معیار در مدل مدالوس جهت ارزیابی خطر تخریب اراضی به عنوان یک معیار به کار گرفته شود. با عنایت به این که اکثر روش‌های متداول در تعیین ارزیابی شدت تخریب، بسیار وقت‌گیر بوده و نیاز به عملیات صحرائی بسیاری دارد، استفاده از تکنیک‌های جدید سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالا همراه با سیستم اطلاعات مکان، ضمن کاهش هزینه‌ها موجب افزایش سرعت و دقت در برآورد نقشه شدت تخریب اراضی منطقه شده و حتی سبب سهولت مدیریت این مناطق جهت برنامه‌های بیابان‌زدایی به منظور آمایش سرزمین می‌گردد؛ بنابراین برای جلوگیری از تخریب اراضی نواحی که از نظر شدت تخریب جزء کلاس خیلی زیاد و زیاد

16. Masoudi, M. Maryam Elhaeesahar. 2016. Trend assessment of climate changes in Khuzestan Province, Iran, *Natural Environment Change*, Vol 2, Tehran.
17. Millward, Andrew. Janet Mersey. 1999. Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed. *Catena*, 38, Netherlands.
18. Khajedin, Seyed Jamaledin. 1995. A survey of the plant communities of the Jazmorian, IRAN, using landsat Mss data. PhD Thesis, University of Reading, UK.
19. Koohbanani, Hamidreza. Jamal Dashti Amirabad and Shima Nikoo and Ali Taya. 2017. Desertification-Intensity Zoning through Fuzzy-Logic Approach: Case Study of Deyhook-Tabas, Iran. *Quarterly Journal of Environmental Erosion Researches*, Vol. 7, Tehran.
20. Kosmas, C., Kirkby, M. and Geeson, N. 2009. Key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification European Commission, Energy Environment and Sustainable Development, 87, Netherlands.
21. Kundu, Arnub. Dipanwita Dutta, D. 2011. Monitoring desertification risk through climate change and human interference using Remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, Vol 2, Germany.
22. Lal, R. and Stewart, B.A 1994. Land Degradation. *Advances in Soil Science*. Vol 11, New York.
23. Ldisa, Gaetano. Mladen. Todorovic and Gialiana Trisorio-liuzzi. 2002. Characterization of Areas Sensitive to Desertification in Southern Italy, Proc. Of the 2nd Int. Conf. On New Trend in Water and Environmental Engineering for Safety solutions for Aquatic Enviro and Life: Ecocompatible nments, Capri, Italy.
24. Losvich, M.H. 2008. Hay meadow communities in western Norway and relations between vegetation and environmental factors, *Nordic Journal of Botany*, Vol. 13, United states.
- کاربری اراضی پیرامون شهری بر سکونتگاههای روستایی با استفاده از راهبرد مدل‌سازی سلولهای خودکار مطالعه موردی: شهرستان ارومیه، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال پنجم، شماره هجدهم، گلستان.
۸. یغمایی مهابادی، نفیسه. حسین اسدی و صدیقه رضایی. ۱۳۹۶. پهنه‌بندی و ارزیابی خطر تخریب اراضی با استفاده از روش مدالوس در حوضه سیاهپوش استان اردبیل. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیست و چهارم، شماره اول، گرگان.
9. Babaev, Almak. Narin Kharin and Gilyo orlovsky. 2010. Assessment and Mapping of Desertification processe, *Amythological Guid*, 23, Eshghabad.
10. Bayramin, Ilhami. Mustafa Basaran and Gunay Erpul and Mustafa R. Canga . 2007. Assessing the effect of land use change on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of simi-arid Turkey. *Environ Monit Assess*, 140, Netherlands.
11. Ben-Dor, E.N Levin, N Singer, A Karneili, O Braun, G.J. Kidron. 2006. Quantitative mapping of the soil rubification process on sand dune using an airborne hyperspectral sensor, *Geoderma*, 131, Netherlands.
12. Boggs, G.C Devonport and K Evans and P Puig. 2001. GIS-based rapid assessment of erosion risk in a small catchment in the wet/dry tropics of Australia. *Land Degradation & Development*, 12, United States.
13. Jose, M. and Garcla Ruiz. 2010. The effect of landuse on soil erosion in spian, *Catena*, 81, Netherlands.
14. God A. and Lofty, I. 2008. Use of remote sensing and GIS in mapping the environmental sensitivity areas for desertification of Egyptian territory, *Earth Discuss*, Vol 3, Germany.
15. Howari, F.M. Baghdady, A. and Goodell, P.C. 2007. Mineralogical and gemorphological characterization of sand dunes in the eastern part of United Arab Emirates using orbital remote sensing integrated with field investigations. *Geomorphology*, 83, Nethrlands.

29. Wang, Yongfang. Jiquan Zhang and Enliang Guo and Zhongyi Sun, 2015. Fuzzy Comprehensive Evaluation Based Disaster Risk Assessment of Desertification in Horqin Sand Land, China, International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 12, Switzerland.
30. Yassoglou, Nicholas. Costas Kossmas. 2000. Desertification in the Mediterranean Europe, case study in Greece, No 200. MEDALUS Report.
31. Yu, Xinxiao. Xuexia Zhang, Li Jianlao, Zhang Manling and Xie Yanyan. 2006. Effect of vegetation cover & precipitation on the process of sediment produced by erosion in a small watershed of loess region. Acta ecological, Vol 26, china.
32. Zhu, D.T., Wang, W., Cai, C.F., Li, L. and Shi, Z.H. 2009. Large-scale assessment of soil erosion using a neuro-fuzzy model combined with GIS: A case study of Hubei Province, China. Land degradation & development, Vol. 20, United states.
25. Lufafa, A.M.M. Tenywa and M Isabirye and M.J.G Majaliwa and P.L Woomer. 2003. Prediction of soil erosion in a Lake Victoria basin catchment using a GIS based universal soil loss model. Agricultural Systems, Vol. 76, United Kingdom.
26. Salehi, M. 2017. Evaluation and modeling of the current status of land degradation in Fars province using remote sensing and geographic information system, M.Sc. thesis, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz.
27. Shakerian, N. Zehtabian, G.R., Azarniv, H. and Khosravi, H. 2011. Evaluation of desertification intensity based on soil and water criteria in Jarghooyeh region. DESERT. Vol. 16, Tehran.
28. Wang, Guangxing. George Gertner and Shufan Fang and Alan Anderson. 2003. Mapping multipl variables for predicting soil loss by geostatistical methods with TM images and a slope map. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 69, United states.

