

ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در شمال غرب یزد با استفاده از مدل MICD

اعظم السادات حسینی خضرآباد^۱، عباسعلی ولی^{۲*}، امیرحسین حلبیان^۳، محمدحسین مختاری^۴

چکیده

بیابان‌زایی به عنوان سومین چالش مهم جهانی در قرن ۲۱، اثرات پیچیده و متنوعی از جمله کاهش امنیت غذایی و سلامت انسانی، خشک‌سالی و طوفان‌های شدید و وسیع و گرد و غبار را از خود برجای می‌گذارد. ارزیابی خطر بیابان‌زایی، برنامه‌ریزی و مدیریت لازم را برای پیشگیری و کنترل آن در آینده فراهم می‌کند. مطالعات علمی متنوعی برای ارزیابی و پهنه‌بندی بیابان‌زایی در نقاط مختلف دنیا انجام گرفته که منجر به ارائه تکنیک‌های کمی زیادی شده است که از میان آنها، مدل MICD مبتنی بر فرسایش بادی، برای منطقه شمال غرب یزد انتخاب و بر اساس آن نقشه کمی و کیفی وضعیت فعلی بیابان‌زایی تهیه گردید. در این پژوهش ابتدا به کمک مطالعات پایه، نقشه واحدهای کاری بیابان در منطقه مشخص گردید و سپس در هریک از آنها، اقدام به امتیازدهی شاخص‌ها و ارزیابی خطر بیابان‌زایی شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده منطقه پژوهشی در ۵ کلاس: آرام، کم، متوسط، شدید و اوج طبقه‌بندی شد. بیش از ۹۰٪ منطقه پژوهشی در کلاس شدید و متوسط از نظر بیابان‌زایی قرار گرفته است به طوری که کلاس شدید ۶۸/۸٪ و کلاس متوسط ۲۶/۱۳٪ از وسعت منطقه را شامل می‌شوند. بیشترین و کمترین امتیاز بیابان‌زایی مربوط به واحد کاری تپه‌های ماسه‌ای و توده سنگی به ترتیب با ارزش عددی ۲۶/۹ و ۵/۶، و کلاس کیفی اوج و کم می‌باشد.

واژگان کلیدی:

بیابان‌زایی، شمال غرب یزد، فرسایش بادی، پتانسیل فعلی، واحد کاری، MICD.

مقاله پژوهشی

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران.

hosseini0401@gmail.com

۲. دانشیار گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران.

vali@kashanu.ac.ir

* نویسنده مسئول

۳. دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

am_halabian@pnu.ac.ir

۴. دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، ایران.

mhmokhtari@yazd.ac.ir

شناسه مقاله: ۱۰۲۸-۲۳۰۵

شماره صفحه پیاپی: ۳۴۳-۳۳۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۳۰

انتشار آنلاین: ۱۴۰۳/۰۴/۳۰

زمان پذیرش: ۹۷ روز

استناددهی:

حسینی، ا.، ولی، ع.، حلبیان، ا.ح.، و مختاری، م. ح. (۱۴۰۲). ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در شمال غرب یزد با استفاده از مدل MICD. مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، (۴)، ۶۲-۵۲.

۱- مقدمه

بیابان‌زایی یک سیستم پویا و پیچیده تخریب زمین در مناطق خشک است (Akbari et al., 2020). اراضی خشک شامل مناطقی می‌شوند که شاخص خشکی یا نسبت بین کل بارندگی سالانه به تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه (P/PE) کمتر از ۰/۶۵ است، از جمله این مناطق: مناطق خشک نیمه‌مرطوب (۰/۶۵ - ۰/۵ - AI)، نیمه‌خشک (۰/۵ - ۰/۲ - AI)، خشک (۰/۲ - ۰/۰۵ - AI)، و فراخشک (AI < ۰/۰۵) است (Pravalié et al., 2019). مناطق خشک و نیمه‌خشک با درجات مختلف خشکسالی که تقریباً ۶۶/۷ میلیون کیلومتر مربع وسعت دارند و نزدیک دو میلیارد نفر از جمعیت جهان در این مناطق ساکن هستند (Pinheiro Junior et al., 2019). به طوری که معیشت آنها به منابع طبیعی موجود در محیط بستگی دارد و ۲۲٪ از مواد غذایی جهان در این محیط‌ها تولید می‌شوند (Perez Marin et al., 2022).

بیابان‌زایی نتیجه تعامل متقابل عوامل فیزیکی، بیولوژیکی، سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی با تغییرات اقلیمی در مناطق خشک نیمه‌مرطوب، نیمه‌خشک و خشک است. بنابراین، بیابان‌زایی، فرآیند تخریب سرزمین است که حداقل در یکی از سه کلاس آب و هوای خشک اتفاق می‌افتد (Pravalié, 2021) و در نتیجه شدت و فراوانی خشکسالی‌ها، ناامنی غذایی، فقر، خشونت، مهاجرت، بی‌ثباتی سیاسی و فروپاشی اجتماعی را افزایش می‌دهد (Abuzaid and Abdelatif., 2022). فرآیند بیابان‌زایی به عنوان یک معضل بزرگ اکثر کشورهای جهان به ویژه کشورهای در حال توسعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این فرآیند در کشورهای خشک و نیمه‌خشک مانند ایران از میزان بالایی برخوردار است. بنابراین در ایران بیابان‌زایی تهدیدی جدی است زیرا از نگاه اقلیمی، ۵۵٪ از اراضی کشور جزو مناطق بیابانی به حساب می‌آیند (خسروشاهی، ۱۳۹۵). که در این جوامع، بیابان‌زایی یک محدودیت اولیه برای توسعه پایدار است (Sadeghiravesh et al., 2021). با توجه به گسترش روزافزون و سالانه پدیده بیابان‌زایی، همچنین به دلیل اثرات مخرب و جبران‌ناپذیر آن، یافتن روش‌های ارزیابی این پدیده و علل ایجاد آن در قالب مدل‌های ارزیابی وضعیت فعلی و پیش‌بینی روند آن، امری ضروری می‌باشد (بخشنده‌مهر و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین روش‌های ارزیابی شدت بیابان‌زایی و تهیه نقشه پهنه‌بندی بیابان‌زایی، ابزارهای ضروری برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع طبیعی برای دستیابی به توسعه پایدار محسوب می‌شوند (Wang et al. 2008). بنابراین، مبارزه با بیابان‌زایی از طریق سیاست‌های زیست‌محیطی بهتر، راهکاری حیاتی برای بهبود شرایط اکولوژیکی زمین‌های خشک و حفظ توسعه پایدار در سطح جهانی است (Abuzaid and Abdelatif, 2022). برای مقابله با پدیده بیابان‌زایی، ابتدا باید عوامل موثر بر بیابان‌زایی مشخص و برای بررسی شدت بیابان‌زایی معیارها و شاخص‌های آن شناسایی شود و سپس با مدل‌سازی اقدام به تهیه نقشه بیابان‌زایی منطقه نمود. تاکنون مدل‌های منطقه‌ای بسیاری برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی در کشورهای مختلف ارائه شده است که از مهمترین آنها می‌توان به مدل FAO-UNEP (۱۹۸۴)، مدل MICD^۱ با تاکید بر معیار فرسایش بادی، مدل مدالوس^۲، مدل IMDPA^۳ و مدل آکادمی علوم ترکمنستان اشاره نمود (حسین‌پور و همکاران، ۱۳۹۶).

برای مقابله با بیابان‌زایی، مطالعات علمی و ارزیابی‌های متنوعی در نقاط مختلف جهان و ایران صورت گرفته است که به برخی از آنها اشاره می‌شود. پهلوانروی و همکاران (۱۳۹۱) در ارزیابی شدت بیابان‌زایی در منطقه زهک سیستان، شاخص‌های موثر بر معیار فرسایش بادی را براساس دو مدل FAO-UNEP و MICD شناسایی و مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. براساس نتایج به دست آمده از پتانسیل فعلی شدت بیابان‌زایی با تاکید بر معیار فرسایش بادی، ۰/۹٪ منطقه در کلاس متوسط، ۷۳/۶٪ در کلاس شدید و ۲۵/۵۱٪ در کلاس بسیار شدید قرار دارند و براساس متوسط وزنی، کل منطقه در کلاس بیابان‌زایی شدید می‌باشد. در پژوهشی افتخاری و همکاران (۱۳۹۴) از مدل MICD با تاکید بر معیار فرسایش بادی در بررسی وضعیت بالفعل و ذاتی بیابان‌زایی در منطقه جنوب‌غربی شهرستان هیرمند استفاده و به این نتایج دست یافتند که منطقه از نظر وضعیت بالفعل در کلاس‌های کم، متوسط، زیاد و شدید، و از نظر وضعیت ذاتی در کلاس‌های کم، متوسط و زیاد قرار می‌گیرد. سیلاخوری و همکاران (۱۳۹۳) از دو مدل ایرانی IMDPA و MICD در ارزیابی خطر بیابان‌زایی در منطقه سبزواری استفاده کرده و در معرفی مدل برتر، کارایی دو مدل را با نقشه حقایق زمینی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد منطقه سبزواری براساس مدل MICD، ۴۶/۴۵٪ در کلاس متوسط و ۲/۷۸٪ در کلاس شدید و براساس مدل IMDPA، ۸۵/۰۷٪ در کلاس متوسط و ۱۴/۹۳٪ در کلاس شدید و براساس نقشه حقایق زمینی ۳۴/۶۳٪ در کلاس متوسط و ۱۵/۵۸٪ در کلاس کم قرار گرفته است. نتایج نهایی بیان نمود که مدل MICD به دلیل دارا بودن اختلاف کمتر با حقایق زمینی، کارایی بیشتری در ارزیابی خطر بیابان‌زایی منطقه پژوهشی داشته و به عنوان مدل برتر معرفی می‌گردد. حسین‌پور و همکاران (۱۳۹۶) در ارزیابی خطر بیابان‌زایی برای حوضه آبخیز کچی نهبندان، مدل ایرانی MICD را مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج بیشترین و کمترین ارزش عددی بیابان‌زایی در منطقه به ترتیب متعلق به رخصاره‌های تپه‌های ماسه‌ای فعال و بیرون‌زدگی سنگی می‌باشد. منطقه پژوهشی در پنج کلاس بیابان‌زایی آرام، کم، متوسط، زیاد و شدید قرار دارد. کلاس شدید و کم با وسعت ۵۴/۱ و ۳ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین سطح از مساحت منطقه را شامل می‌شوند. سیلاخوری و وهاب‌زاده (۱۳۹۶) به کمک نقشه‌های ژئومرفولوژی، توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای، رخصاره‌ها و واحدهای اصلی منطقه روداب سبزواری را مشخص و با ارزش‌دهی

1. Aridity Index (AI)

2. Precipitation /Potential Evapotranspiration (P/PET)

3. Modified Iranian Classification of Desertification

4. Mediterranean Desertification and Land Use

5. Iranian Model of Desertification Potential Assessment

به شاخص‌های تعریف شده در هریک از واحدهای همگن بیابان، شدت بیابان‌زایی به روش MICD را ارزیابی و مشخص نمودند. نتایج نشان داد که رخساره تپه‌های ماسه‌ای فعال با سیف و رخساره تپه‌های ماسه‌ای عرضی شکل با پوشش کم به ترتیب با ارزش عددی ۲۲/۷ و ۲۲/۶ بیشترین امتیاز بیابان‌زایی منطقه پژوهشی را دارا بوده و در کلاس کیفی شدید قرار گرفته‌اند. همچنین منطقه سبزواری در کلاس بیابان‌زایی شدید و متوسط قرار دارد و کلاس شدید با بیشترین مساحت (۶۵/۷۷٪) بیشترین وسعت منطقه را شامل می‌شود. اوتق و همکاران (۱۳۹۹) با دو مدل ایرانی IMDPA و MICD به ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی در استان خراسان شمالی پرداختند. براساس نتایج حاصل از هر دو مدل، بیش از ۸۰٪ منطقه در کلاس‌های بیابان‌زایی متوسط و شدید قرار گرفته‌اند. معیارهای اقلیم و کشاورزی با دارا بودن بالاترین وزن (به ترتیب ۳/۲ و ۲/۹)، بیشترین تاثیر را در افزایش وسعت بیابان‌زایی در منطقه، دارا می‌باشند. Giordano et al. (۲۰۰۷) در شناسایی مناطق مستعد و حساس به بیابان‌زایی در منطقه سیسیلی ایتالیا از پروژه مدالوس و مدل ESA استفاده کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که ۶/۹٪ از مساحت منطقه نسبت به بیابان‌زایی بسیار حساس، ۴۶/۵٪ متوسط، ۳۲/۵٪ پایین و تنها ۷/۲٪ غیر حساس می‌باشد. Tavares et al. (۲۰۱۵) در بررسی وضعیت بیابان‌زایی در جزیره سانتیاگو از مدل مدالوس و شش شاخص اقلیم، خاک، پوشش گیاهی، مدیریت زمین، فرسایش و عوامل اجتماعی استفاده کردند. نتایج مطالعه آنها نشان داد ۴۵٪ منطقه در کلاس بیابان‌زایی زیاد تا خیلی زیاد، ۲۹/۳٪ در کلاس متوسط و ۲۵/۷٪ در کلاس کم و ناچیز قرار دارند.

مطابق نتایج حاصل شده از پژوهش سایر محققان و با توجه به اهمیت شناخت وضعیت و شدت بیابان‌زایی برای جداسازی مناطق دارای اکوسیستم و شرایط بیابانی حساس و شکننده، کنترل و کاهش خسارات ناشی از بیابان‌زایی و در نتیجه مقابله با این پدیده، ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در مناطق خشک از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در این پژوهش باتوجه به قرار گرفتن شهرستان اشکذر در بخشی از دشت یزد- اردکان و به دلیل خشکسالی‌های پی‌پی، بادخیز بودن منطقه و تاثیر زیاد فرسایش بادی در حرکت ماسه‌های روان، بیابان‌زایی آهنگی افزایشی به خود گرفته و همچنین به دلیل سادگی و کاربردی بودن مدل بسط یافته MICD، از این مدل برای ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در منطقه شمال غرب یزد استفاده شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- معرفی منطقه پژوهشی

منطقه مورد پژوهش، شهرستان اشکذر در ۲۰ کیلومتری شمال غربی استان یزد با مساحت حدود ۱۹۰۵/۸۱ کیلومترمربع است. مختصات جغرافیایی منطقه شامل طول شرقی ۵۳ درجه، ۴۱ دقیقه و ۳۱ ثانیه تا ۵۴ درجه، ۲۶ دقیقه و ۴۱ ثانیه و عرض شمالی ۳۱ درجه، ۴۵ دقیقه و ۳۵ ثانیه تا ۳۲ درجه، ۱۲ دقیقه و ۵۹ ثانیه است. داده‌های اقلیمی مورد نیاز برای این پژوهش از دو ایستگاه هواشناسی موجود در منطقه و از اداره کل هواشناسی یزد تهیه گردید. میزان بارندگی بلند مدت (۲۰۲۰-۲۰۰۱) در شهر اشکذر ۴۸/۸۲ میلیمتر و میانگین سالانه دما حدود ۱۹/۶ درجه سانتی‌گراد است. از مراکز جمعیتی در منطقه می‌توان به دو شهر اشکذر و خضرآباد اشاره نمود. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی در جدول (۱) و موقعیت منطقه پژوهشی و ایستگاه‌های مورد بررسی در شکل (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱): مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	میانگین دما (سانتی‌گراد)	بارندگی (میلی‌متر)
اشکذر	کلیماتولوژی	۵۴° ۱۱' ۳۳"	۳۲° ۰۵' ۳۸"	۱۱۴۰	۱۹/۶۶	۴۸/۸۲
خضرآباد	کلیماتولوژی	۵۳° ۵۷' ۵۳"	۳۱° ۵۳' ۰۲"	۱۷۳۲	۱۸/۵۷	۹۳/۸۲

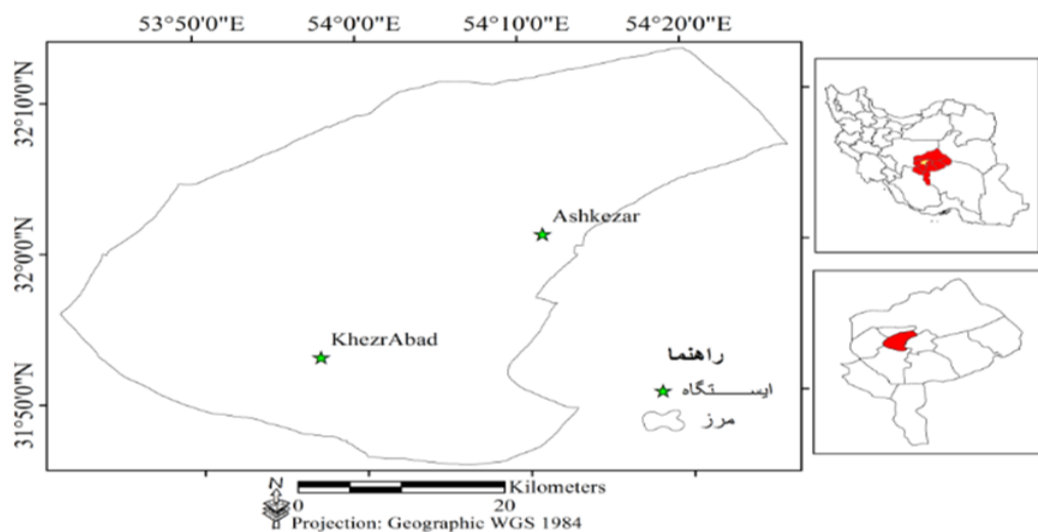
۲-۲- تهیه نقشه واحدهای کاری

اساس کار در مدل MICD نقشه واحدهای کاری (واحدهای همگن) می‌باشد که در مطالعات منابع طبیعی نیز از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشد همچنین در این مدل، امتیازدهی شاخص‌های مورد مطالعه در واحدهای کاری صورت می‌گیرد (سیلاخوری و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین در ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی و نرم افزار ArcGIS 10.2 نقشه شیب تهیه گردید. سپس با استفاده از نقشه زمین‌شناسی استان یزد در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شده از سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه زمین‌شناسی منطقه پژوهشی استخراج شد. در نهایت به کمک مطالعات پایه و تلفیق این نقشه‌ها، نقشه کاربری اراضی و تصاویر Google Earth، نقشه واحدهای کاری موجود در منطقه با کاربری‌های مختلف به دست می‌آید.

۲-۳- ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل MICD

مدل طبقه‌بندی بسط‌یافته بیابان‌زایی در ایران (مدل MICD)، تعیین شدت بیابان‌زایی را از جنبه وضعیت فعلی امکان‌پذیر می‌کند و اولین بار توسط اختصاصی (۱۳۸۲) ارائه شده است (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰). این مدل شاخص‌های خاصی را برای کاربری‌های مختلف پیشنهاد می‌کند تا براساس آن در هر یک از واحدها اقدام به امتیازدهی و ارزیابی بیابان‌زایی شود. همچنین در این مدل چون وضعیت بیابان‌زایی با تاکید بر فرسایش بادی تعیین می‌گردد، فقط عواملی که در فرسایش بادی موثر بوده، مورد ارزیابی و امتیازدهی قرار می‌گیرند و از امتیازدهی به سایر عواملی که با تاثیرگذاری به

یکدیگر باعث تشدید یا تعدیل تاثیر یکدیگر می‌شوند، خودداری می‌شود. این دو عامل سبب امتیاز بیشتر این مدل در مقایسه با سایر مدل‌های قبلی شده است (زهتابیان و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل (۱): موقعیت منطقه پژوهشی در کشور و استان یزد

به طور کلی در عرصه‌های مختلف واحدهای کاری را با کاربری‌های مختلف در چهار کلاس به شرح زیر می‌توان تفکیک نمود که در هر کدام نوع معیار و شاخص‌های مورد استفاده متفاوت است (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰): الف) اراضی با کاربری جنگلی و مرتعی (مرتع، جنگل، بیشه‌زار)، ب) اراضی با کاربری کشاورزی (زراعی، باغی، دیم، آیش و بایر)، ج) اراضی فاقد کاربری (بیابان‌های طبیعی مثل کوه‌های لخت، توده سنگی، تپه ماهور لخت، تپه‌های ماسه‌ای، سطوح سنگفرش، کویرها و کلیه اراضی لخت و بدون پوشش گیاهی) و د) اراضی با کاربری شهری و صنعتی (مناطق صنعتی، جاده‌ها و فرودگاه‌ها و ترمینال‌ها). در این پژوهش واحدهای کاری براساس سه عرصه الف تا ج تقسیم شده‌اند. در واحد اراضی شهری و صنعتی به دلیل وسعت بسیار کم اراضی و همچنین به دلیل هم‌سنگ نبودن تعداد شاخص‌ها با سایر اراضی، از امتیازدهی به شاخص‌های آن و ارزیابی شدت بیابان‌زایی در این واحد صرف نظر شده است و در نقشه نهایی وضعیت بیابان‌زایی در مدل MICD، امتیاز صفر برای آن لحاظ گردیده است.

مدل MICD در ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی برای هر یک از واحدهای کاری در کاربری‌های مختلف، شاخص‌های خاصی را معرفی کرده است که در جدول‌های ۲ تا ۴ شاخص‌های مرتبط با بیابان‌زایی و نحوه امتیازدهی به آنها در این مدل، شرح داده می‌شود.

سپس به شاخص‌های ارائه شده در هر واحد کاری امتیازی داده می‌شود و در پایان با جمع امتیازات کسب شده از شاخص‌های بیابان‌زایی، کل امتیاز کسب شده برای هر واحد کاری به دست آمد. در نهایت با استفاده از جدول طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی (جدول ۵)، کلاس شدت بیابان‌زایی برای هر واحد کاری تعیین گردید (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰). پس از آن در محیط Arc GIS 10.2 امکان تهیه نقشه کمی و کیفی شدت بیابان‌زایی با مدل MICD برای منطقه پژوهشی با استفاده از جدول ۵ فراهم می‌گردد.

در مدل مذکور به دلیل یکی و هم‌سنگ نبودن تعداد شاخص‌ها در کاربری‌های مختلف، استفاده از یک جدول طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی براساس جمع امتیازات شاخص‌های مورد بررسی، غیر ممکن خواهد بود. به همین دلیل در این پژوهش قبل از شروع ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در منطقه پژوهشی، اقدام به هم‌سنگ نمودن تعدادی شاخص‌ها در تمام کاربری‌ها شد. بدین صورت که در ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی، شاخص بافت خاک به واحد اراضی فاقد کاربری اضافه شد و در واحد اراضی جنگلی و مرتعی، شاخص تراکم پوشش گیاهی موثر در سطح خاک و تراکم سنگریزه (بزرگتر از ۲ میلی‌متر) در سطح خاک در یک گروه قرار گرفتند (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹).

قابل ذکر می‌باشد که در امتیازدهی به شاخص وزش بادهایی با سرعت بیش از سرعت آستانه (بیش از ۶ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری)، از اطلاعات ۲ ایستگاه هواشناسی ذکر شده در جدول ۱ در طی دوره آماری بیست ساله (۲۰۲۰-۲۰۰۱) استفاده شد. امتیاز شاخص بافت خاک نیز براساس اطلاعات پروفیل خاک تهیه شده در بخش‌های مختلف منطقه پژوهشی از اداره منابع طبیعی استان یزد، استخراج گردید. برای امتیازدهی به سایر شاخص‌ها، علاوه بر بازدید میدانی صورت گرفته، از نقشه‌های موجود و نظرات کارشناسان اداره منابع طبیعی شهرستان اشکذر استفاده شد.

جدول (۲): شاخص‌های فرآیند فرسایش بادی در ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی با کاربری مرتعی و جنگلی (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

زیر شاخص‌ها و دامنه امتیاز				نوع شاخص
خیلی شدید (۳ تا ۴)	شدید (۲ تا ۳)	متوسط (۱ تا ۲)	کم (صفر تا ۱)	
کمتر از ۱۰ درصد	۱۰-۲۵ درصد	۲۵-۵۰ درصد	بیش از ۵۰ درصد	تراکم پوشش گیاهی موثر در سطح خاک
کمتر از ۳ ماه و منطبق با فصل باد	۳ تا ۶ ماه و منطبق بر فصل باد	بیش از ۹ ماه سال	در تمام طول سال	مدت زمان ماندگاری گیاه در سطح خاک
کمتر از ۲۰ درصد خیلی زیاد	۲۰-۴۰ درصد زیاد	۴۰-۷۰ درصد کم	بیش از ۷۰ درصد بسیار کم	تراکم سنگریزه (بزرگتر از ۲ میلیمتر) در سطح خاک
بیش از ۶۰ روز در سال	۲۰-۶۰ روز در سال	۱۰-۲۰ روز در سال	کمتر از ۱۰ روز در سال	آثار آشفته‌گی ناشی از تردد دام و ادوات در سطح خاک
خیلی زیاد- بیش از ۱۰ درصد عرصه	زیاد- ۲-۱۰ درصد عرصه	کم- کمتر از ۲ درصد عرصه	بسیار کم - غیرقابل مشاهده	تداوم وزش باد با سرعت بیش از سرعت آستانه (۶ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری)
کمتر از ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	۱-۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	۲-۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	بیش از ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	آثار باد ساییدگی خاک و ظهور رخساره‌های شلجی شکل و کلویت و یاردانگ در سطح خاک
نیکا وریدو و پهنه ماسه‌ای بیش از ۲ درصد عرصه	اشکال انباشت رسوبات بادی ۱-۲ درصد عرصه	اشکال انباشت رسوبات بادی کمتر از ۲ درصد عرصه	اشکال انباشت ماسه بادی در سطح خاک دیده نمی‌شود	مقاومت فشاری خاک در شرایط خشک
				آثار انباشت خاک (ماسه بادی) در پای گیاهان و سنگ‌ها

جدول (۳): شاخص‌های فرآیند فرسایش بادی در ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی با کاربری کشاورزی (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

زیر شاخص‌ها و دامنه امتیاز				نوع شاخص
خیلی شدید (۳ تا ۴)	شدید (۲ تا ۳)	متوسط (۱ تا ۲)	کم (صفر تا ۱)	
بیش از ۸۰ درصد از اراضی منطقه تحت زراعت آبی و دیم اراضی باغی جدا و دور از هم	بیش از ۵۰ درصد از اراضی منطقه تحت زراعت آبی و دیم	بیش از ۲۰ درصد از اراضی منطقه تحت زراعت- اراضی باغی فیما بین زراعی	کلیه اراضی کشاورزی به صورت باغات و یا کشت گونه‌های دائمی، بدون آیش زراعی گونه‌های درختی عمود بر بادهای فرساینده و یا مزارع دارای بادشکن مناسب هستند- بیش از ۵۰ درصد مزارع اختصاص به بادشکن دارد	الگوهای کشت در محدوده اراضی تحت کشاورزی
بیش از ۸۰ درصد مزارع مورد بررسی فاقد بادشکن مناسب و یا وسعت بادشکن به کل مزارع کمتر از ۱ درصد	بیش از ۵۰ درصد مزارع مورد بررسی فاقد بادشکن مناسب و یا وسعت بادشکن به کل مزارع کمتر از ۳ درصد	گونه‌های درختی موازی با مسیر باد و یا بخشی از مزرعه فاقد بادشکن درختی است	شخم کلوخه‌های عمود بر جهت باد- استفاده از خیش‌های مناسب	وضعیت بادشکن در اطراف مزارع
ساختمان خاک پودری و امکان تشکیل کلوخه محدود می‌باشد	کلوخه‌ای شدن خاک بسیار کم است و خاک تحت دیسک	شخم موازی با جهت باد- میزان کلوخه‌ای شدن خاک کم است	سنگریزه‌ای و رسی	مدیریت خاک و زمین
لومی- ماسه‌ای معمولاً بعد از برداشت محصول، کلیه بقایا نیز جمع گردیده و یا توسط دام چرا می‌شود	شنی لومی- لومی شنی بقایای گیاهی یا تراکم ۵-۲۰ درصد ایستا و ۳۰-۴۰ درصد خوابیده	رسی شنی بقایای گیاهی یا تراکم ۲۰-۴۰ درصد ایستا و یا ۵۰-۶۰ درصد خوابیده	باقی ماندن بقایا بعد از برداشت محصول یا تراکم بیش از ۵۰ درصد و ایستا با ارتفاع بیش از ۳۰ سانتی‌متر	بافت خاک
خاک سطحی در طول سال خشک و به شدت کمتر از حد پژمردگی	خاک سطحی عموماً خشک و پائین‌تر از حد پژمردگی	رطوبت خاک، همیشه بالاتر از حد پژمردگی	خاک همیشه مرطوب، در حد رطوبت مزرعه‌ای	مدیریت بقایای گیاهی
بیشتر از ۶۰ روز در سال	۲۰-۶۰ روز در سال	۱۰-۲۰ روز در سال	کمتر از ۱۰ روز در سال	رطوبت خاک و دور آبیاری
				وزش بادهایی با سرعت بیش از آستانه (۶ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری)

جدول (۴): شاخص‌های فرآیند فرسایش بادی در ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در اراضی فاقد کاربری (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

نوع شاخص	زیر شاخص‌ها و دامنه امتیاز		
	کم (صفر تا ۱)	متوسط (۱ تا ۲)	شدید (۲ تا ۳)
وضعیت خاک سطحی	کاملاً سنگی، سنگفرشی بیش از ۷۰ درصد، کراست رسی و یا نمکی سخت	نیمه سنگی، سنگفرش غیر متراکم (۴۰-۷۰ درصد)، کراست نسبتاً سخت رسی یا نمکی	سنگ و یا خاک نسبتاً حساس، و یا کراست رسی نمکی نیمه پایدار، سنگریزه خاک سطحی کمتر از ۴۰ درصد
آثار آشفته‌گی ناشی از تردد دام و ادوات در سطح خاک	بسیار کم	کم	خیلی زیاد
تداوم وزش باد با سرعت بیش از سرعت آستانه (۶ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری)	کمتر از ۱۰ روز در سال	۱۰-۲۰ روز در سال	بیش از ۲۰ روز در سال
آثار بادسائیدگی خاک و ظهور رخصاره‌های شلجمی شکل و کلوت و یاردانگ در سطح خاک	بسیار کم- غیر قابل مشاهده	کم- کمتر از ۲ درصد	زیاد- ۲-۱۰ درصد
مقاومت فشاری خاک در شرایط خشک	بیش از ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	۱-۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	کمتر از ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع
آثار انباشت خاک (ماسه بادی) در سطح محدوده مورد نظر	اشکال انباشت ماسه بادی در سطح خاک دیده نمی‌شود	اشکال انباشت رسوبات بادی کمتر از ۲ درصد	اشکال انباشت رسوبات بادی ۱۰-۲ درصد

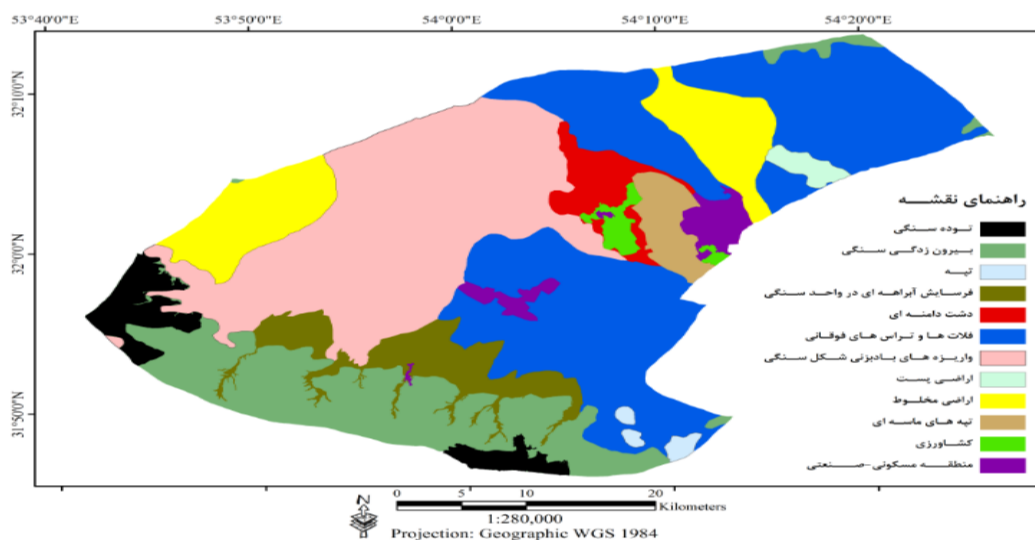
جدول (۵): کلاس‌های شدت بیابان‌زایی در روش MICD (اختصاصی و سپهر، ۱۳۹۰)

علامت	امتیازات	شدت بیابان‌زایی
I	۰/۶-۵	آرام- پنهان
II	۵/۶-۱۱/۲	کم
III	۱۱/۲-۱۶/۸	متوسط
IV	۱۶/۸-۲۲/۴	شدید
V	۲۲/۴-۲۸	خیلی شدید (اوج)

۳- نتایج

۳-۱- واحدهای کاری

با تلفیق نقشه‌ها و تفسیر بصری، نقشه واحدهای کاری منطقه پژوهشی در ۱۲ واحد تهیه گردید (شکل ۲). براساس این نقشه، واحدهای کاری فلات‌ها و تراس‌های فوقانی و تپه به ترتیب با مساحت ۶۰۰/۲۳ و ۱۱/۰۶ کیلومتر مربع، بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین واحد و رخصاره ژئومورفولوژی را در منطقه شامل می‌شوند.



شکل (۲): نقشه واحدهای کاری منطقه مورد پژوهش

نتایج حاصل از ارزیابی و امتیازدهی به شاخص‌های مورد بررسی در کاربری‌های مختلف با روش MICD به طور خلاصه در متن زیر آورده شده است.

۳-۲- ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی با کاربری مرتعی و جنگلی مخروطیه

در این واحد بزرگ، برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی از هفت شاخص استفاده شد. براساس نتایج جدول ۶ و جمع امتیازات حاصل، بیشترین شدت بیابان‌زایی در اراضی با کاربری مرتعی و جنگلی در واحد فلات‌ها و تراس‌های فوقانی است و کمترین شدت بیابان‌زایی در واحد بیرون‌زدگی سنگی صورت می‌گیرد. در این واحد، شاخص تداوم وزش باد با سرعت بیش از آستانه بیشترین تاثیر را در شدت بیابان‌زایی دارا می‌باشد.

جدول (۶): ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی، ناشی از فرسایش بادی در اراضی با کاربری مرتعی و جنگلی

شاخص	رخساره بیرون‌زدگی سنگی	تپه	فرسایش آبراهه‌ای در کوهستان	دشت دامنه‌ای	فلات‌ها و تراس‌های فوقانی	واریزه‌های بادبزی شکل	اراضی مخلوط
۱. مدت زمان ماندگاری گیاه در سطح خاک	۲/۸	۲/۸	۲/۲	۲/۹	۲/۹	۲/۹	۲/۹
۲. تراکم سنگریزه در سطح خاک	۱/۴	۱/۸	۱/۹	۲/۳	۲/۷	۲/۲	۱/۹
۳. آثار آشفتنگی ناشی از تردد دام و ادوات در سطح خاک	۲/۸	۲/۸	۳/۲	۲/۶	۳	۳	۳/۱
۴. تداوم وزش باد با سرعت بیش از سرعت آستانه	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸
۵. بادساییدگی خاک و رخساره‌های شلجمی شکل و یاردانگ	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶. مقاومت فشاری خاک در شرایط خشک	۱	۱	۲	۳	۳	۳	۳
۷. آثار انباشت ماسه بادی در پای گیاهان و سنگ‌ها	۱/۴	۱/۴	۲/۳	۳/۵	۳/۲	۳/۲	۳/۲
جمع امتیازات	۱۳/۲	۱۳/۶	۱۵/۴	۱۸/۱	۱۸/۶	۱۸/۱	۱۷/۹
شدت بیابان‌زایی	متوسط	متوسط	متوسط	شدید	شدید	شدید	شدید

۳-۳- ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی با کاربری کشاورزی

از ۷ شاخص زیر برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی با کاربری کشاورزی در منطقه پژوهشی استفاده شده است (جدول ۷). با توجه به این که شدت بیابان‌زایی در اراضی کشاورزی متوسط است. در این واحد شاخص مدیریت بقایای گیاهی بیشترین امتیاز و تاثیر را در بیابانی شدن داراست.

جدول (۷): ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی، ناشی از فرسایش بادی در اراضی با کاربری کشاورزی

شاخص	رخساره اراضی کشاورزی
۱. الگوهای کشت در محدوده اراضی تحت کشاورزی	۲/۲
۲. وضعیت بادشکن در اطراف مزارع	۲/۷
۳. مدیریت خاک و زمین	۱/۳
۴. بافت	۳/۲۵
۵. مدیریت بقایای گیاهی	۴
۶. عرطوبت خاک و دورآبیاری	۲/۷
۷. وزش بادهایی با سرعت بیش از آستانه	۳/۸
جمع امتیازات	۱۶/۲۵
شدت بیابان‌زایی	متوسط

۳-۴- ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در اراضی فاقد کاربری

با توجه به اینکه اراضی فاقد کاربری شامل سه واحد توده‌سنگی، اراضی پست و تپه‌های ماسه‌ای است شدت بیابان‌زایی در تپه‌های ماسه‌ای بیشتر از دو واحد دیگر است به طوری که بیابان‌زایی با دارا بودن امتیاز ۲۶/۹ به میزان اوج خود می‌رسد (جدول ۸). که این امر می‌تواند به دلیل عدم فشردگی خاک منطقه و فقدان پوشش گیاهی در این واحد باشد. واحد توده سنگی با داشتن امتیاز ۵/۸، کمترین کیفیت را در شدت بیابان‌زایی منطقه پژوهشی شامل می‌شود.

۳-۵- ارزیابی شدت و تهیه نقشه بیابان‌زایی به روش MICD

نقشه شدت کمی و کیفی بیابان‌زایی منطقه پژوهشی با استفاده از مدل MICD در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است. باتوجه به نتایج به دست آمده از این شکل‌ها و جدول شماره ۹، منطقه پژوهشی از نظر شدت بیابان‌زایی با تاکید بر فرسایش بادی در پنج کلاس آرام، کم، متوسط، شدید و اوج قرار می‌گیرد. در این منطقه کلاس آرام ۴۰/۳۱ کیلومتر مربع (۲/۱۲ درصد)، کلاس کم ۶۹/۴۴ کیلومتر مربع (۳/۶۴ درصد)، کلاس متوسط ۳۴۰/۸۱

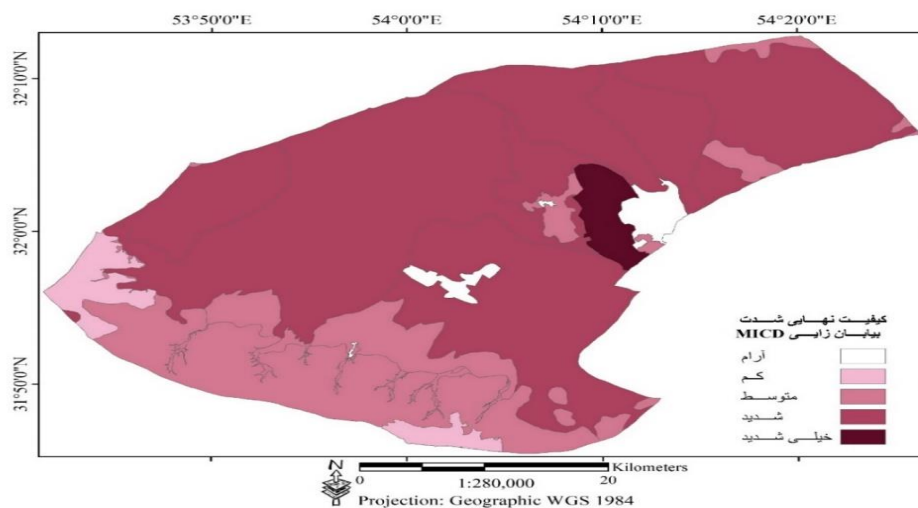
کیلومترمربع (۲۳/۱۳ درصد)، کلاس شدید ۱۳۱۱/۳ کیلومترمربع (۶۸/۸ درصد) و کلاس خیلی شدید یا اوج ۴۳/۹۵ کیلومترمربع (۲/۳۱ درصد) از مساحت منطقه را به خود اختصاص می‌دهد. واحدهای کاری که در کلاس شدید بیابان‌زایی قرار گرفته‌اند شامل واحدهای فلات‌ها و تراس‌های فوقانی، واریزه‌های بادبزی شکل، اراضی مخلوط و دشت دامنه‌ای متعلق به اراضی با کاربری جنگلی و مرتعی می‌شوند.

جدول (۸): ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی، ناشی از فرسایش بادی در اراضی فاقد کاربری

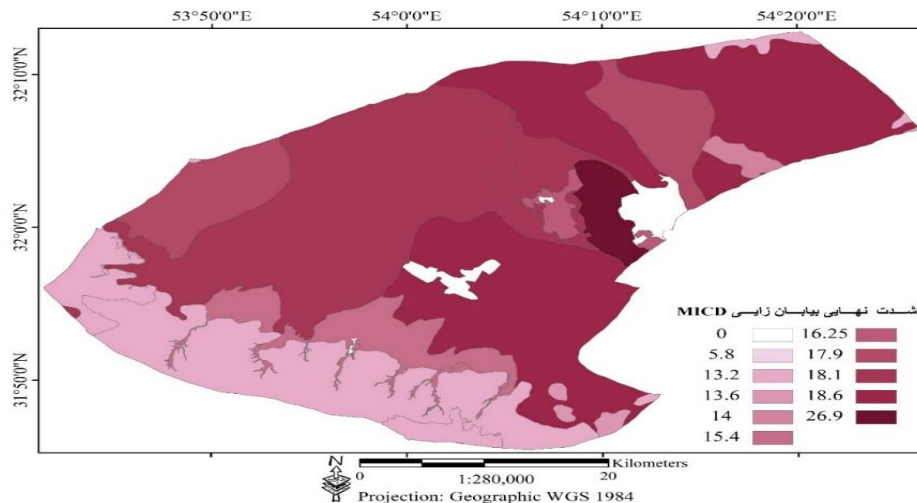
شاخص	رخساره	توده سنگی	اراضی پست	تپه‌های ماسه‌ای
۱. وضعیت خاک سطحی		۰/۴	۲/۸	۴
۲. آثارآشفتگی ناشی از تردد دام و ادوات در سطح خاک		۰/۴	۲/۸	۳/۲
۳. تداوم وزش باد با سرعت بیش از سرعت آستانه		۳/۸	۳/۸	۳/۸
۴. آثار بادسائیدگی خاک و ظهور رخساره‌های شلجی شکل و کلوته و یاردانگ در سطح خاک		۰	۱	۳/۹
۵. مقاومت فشاری خاک در شرایط خشک		۰	۰	۴
۶. آثار انباشت خاک (ماسه بادی) در سطح محدوده مورد نظر		۰	۰	۴
۷. بافت خاک		۱	۳/۶	۴
جمع امتیازات		۵/۶	۱۴	۲۶/۹
شدت بیابان‌زایی		کم	متوسط	خیلی شدید (اوج)

جدول (۹): توزیع کلاس‌های شدت بیابان‌زایی با مدل MICD در منطقه پژوهشی

طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی	دامنه ارزشی عددی	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت
آرام - پنهان	۰ - ۵/۶	۴۰/۳۱	۲/۱۲
کم	۵/۶ - ۱۱/۲	۶۹/۴۴	۳/۶۴
متوسط	۱۱/۲ - ۱۶/۸	۴۴۰/۸۱	۲۳/۱۳
شدید	۱۶/۸ - ۲۲/۴	۱۳۱۱/۳	۶۸/۸۰
خیلی شدید (اوج)	۲۲/۴ - ۲۸	۴۳/۹۵	۲/۳۱



شکل (۳): نقشه شدت کمی بیابان‌زایی منطقه پژوهشی با مدل MICD



شکل (۴): نقشه شدت کیفی بیابان‌زایی منطقه پژوهشی با مدل MICD

۴- بحث و نتیجه‌گیری

مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران در نتیجه تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، با گسترش روزافزون و سالانه پدیده بیابان‌زایی مواجه هستند. بنابراین یافتن روش‌های ارزیابی این پدیده و علل ایجاد آن در قالب مدل‌های ارزیابی وضعیت فعلی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع طبیعی برای دستیابی به توسعه پایدار، امری ضروری می‌باشد. در این پژوهش به منظور ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در شمال‌غرب یزد، از مدل بسط یافته MICD با تاکید بر فرسایش بادی استفاده شد.

نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های موثر در کاربری‌های مختلف واحد اراضی نشان‌دهنده این است که شاخص‌های بافت خاک، وضعیت خاک سطحی، مقاومت فشاری خاک و آثار انباشت ماسه بادی در سطح در واحدکاری تپه‌های ماسه‌ای متعلق به اراضی فاقد کاربری، بیشترین امتیاز (دارا بودن امتیاز ۴) را در بیابان‌زایی منطقه دارا هستند. به طوری که این واحد با جمع امتیازها (۲۶/۹) بیشترین تاثیر را در شدت بیابان‌زایی منطقه پژوهشی شامل می‌شود و این با نتایج تحقیق افتخاری و همکاران (۱۳۹۴) منطبق است. همچنین منطقه پژوهشی از نظر شدت بیابان‌زایی با تاکید بر فرسایش بادی در پنج کلاس آرام، کم، متوسط، شدید و اوج قرار می‌گیرد. کلاس شدید با مساحت ۱۳۱۱/۳ کیلومترمربع (۶۸/۸ درصد) بیشترین وسعت منطقه را و کلاس آرام با مساحت ۴۰/۳۱ کیلومترمربع (۲/۱۲ درصد) کمترین وسعت منطقه را به خود اختصاص می‌دهند که این با نتایج پژوهش پهلوانروی و همکاران (۱۳۹۱)، حسین‌پور و همکاران (۱۳۹۶) و سیلاخوری و وهاب‌زاده (۱۳۹۶) تطابق دارد.

واحدهای کاری فلات‌ها و تراس‌های فوقانی، واریزه‌های بادبزی شکل، اراضی مخلوط و دشت دامنه‌ای در کلاس شدید، واحد کاری توده‌سنگی در کلاس کم، واحد کاری اراضی مسکونی در کلاس آرام و واحدهای کاری فرسایش آبراهه‌ای در کوهستان، تپه، بیرون‌زدگی سنگی، اراضی پست و اراضی کشاورزی در کلاس متوسط بیابان‌زایی قرار گرفته‌اند.

باتوجه به اینکه بیش از ۹۰٪ منطقه پژوهشی در کلاس شدید و متوسط از نظر بیابان‌زایی قرار گرفته است و همچنین به دلیل اثرات نامطلوب این پدیده بر زندگی و سلامت انسان، می‌توان برنامه‌ریزی و تمهیدات لازم را در ارائه راهکارها و روش‌های مدیریتی مناسب برای کاهش شدت خسارت‌های پدیده بیابان‌زایی در آینده انجام داده و از گسترش و پیشروی آن جلوگیری به عمل آوریم.

منابع

- اختصاصی، م. ر.، و سپهر، ع. (۱۳۹۰). روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی. یزد: انتشارات دانشگاه یزد، ۲۸۸ص.
- افتخاری، ر.، شهریاری، ع.، و اختصاصی، م. ر. (۱۳۹۴). ارزیابی و تهیه نقشه وضعیت بالفعل و بالقوه بیابان‌زایی با تاکید بر معیار فرسایش بادی با استفاده از مدل MICD در جنوب غربی شهرستان هیرمند. جغرافیا و توسعه، ۳۸(۱۳)، ۱۵۰-۱۳۹.
- اونق، م.، رضائی، ن.، ماهینی، س.، و سپهر، ع. (۱۳۹۹). ارزیابی خطر بیابان‌زایی استان خراسان شمالی با استفاده از مدل‌های IMDPA و MICD. مهندسی اکوسیستم بیابان، ۲۶(۲)، ۴۲-۲۹.
- بخشنده مهر، ل.، سلطانی، س.، و سپهر، ع. (۱۳۹۲). ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی و اصلاح مدل مدالوس در دشت سگزی اصفهان. مرتع و آبخیزداری، ۱(۱)، ۶۶-۴۱-۲۷.
- پهلوانروی، ا.، مقدم‌نیا، ع.، هاشمی، ز.، جوادی، م. ر.، و میری، ع. (۱۳۹۱). ارزیابی شدت بیابان‌زایی با معیار فرسایش بادی با استفاده از مدل‌های FAO-UNEP و MICD در منطقه زهک سیستان. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۹(۴)، ۶۳۹-۶۲۴.
- سیلاخوری، ا.، اونق، م.، سعدالدین، ا.، و فیله‌کش، ا. (۱۳۹۳). مقایسه کارایی مدل‌های ایرانی ارزیابی خطر بیابان‌زایی MICD و IMDPA (مطالعه موردی: منطقه سبزوار). پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۱(۴)، ۲۱-۱.

- سیلاخوری، ا.، و وهاب‌زاده، ق. (۱۳۹۶). بررسی وضعیت بیابان‌زایی منطقه روداب سبزوار با استفاده از مدل MICD. جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۷(۲)، ۷۵-۵۹.
- حسین پور، ر.، اوتق، م.، بایرام کمکی، چ.، و رضائی گسک، م. (۱۳۹۶). ارزیابی خطر بیابان‌زایی با استفاده از مدل MICD (منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز تالاب کچی نهبندان استان خراسان جنوبی). مهندسی اکوسیستم بیابان، ۱۴(۶)، ۳۳-۴۴.
- حسینی، س. م.، اختصاصی، م. ر.، شهریاری، ع.، و شفیع، ح. (۱۳۸۹). بررسی وضعیت بالفعل و بالقوه بیابان‌زایی با تاکید بر معیار فرسایش بادی به روش MICD (بررسی موردی: منطقه نیاتک سیستان). مرتع و آبخیزداری، ۲(۳)، ۱۸۱-۱۶۵.
- خسروشاهی، م. (۱۳۹۵). قلمروی بیابان‌های ایران از دریچه تحقیقات. طبیعت ایران، ۱(۱)، ۳۰-۳۶.
- زهنایان، غ. ر.، خسروی، ح.، و مسعودی، ر. (۱۳۹۳). مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی (معیارها و شاخص‌ها). تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ۳۸۰ص.
- Abuzaid, A., and Abdelatif, D.A. (2022). Assessment of desertification using modified MEDALUS model in the north Nile Delta, Egypt. *Geoderma*, 405(4), 115400.
- Akbari, M., Modarres, R., and Noughani, M. A. (2020). Assessing early warning for desertification hazard based on E-SMART indicators in arid regions of northeastern Iran. *Journal of Arid Environments*, 174, 104086.
- Giordano, L., Giordano, F., Grauso, S., Iannetta, M., Sciortino, M., Rossi, L., and Bonati, G. (2007). Identification of areas sensitive to desertification in Sicily Region. *Identification of areas sensitive to desertification in Sicily Region*, ENEA, 1-16.
- Perez-Marin, A. M., Vendruscolo, J., Zárate-Salazar, J. R., De Araújo Queiroz, H. A., Magalhães, D. L., Menezes, R. S., and Fernandes, I. M. (2022). Monitoring desertification using a small set of biophysical indicators in the Brazilian semiarid region. *Sustainability*, 14(15), 9735.
- Junior, C. R. P., Pereira, M. G., José de Souza Filho, O., and Beutler, S. J. (2019). Can topography affect the restoration of soil properties after deforestation in a semiarid ecosystem?. *Journal of Arid Environments*, 162, 45-52.
- Pravalié, R. (2021). Exploring the multiple land degradation pathways across the planet. *Earth-Science Reviews*, 220, 103689.
- Pravalié, R., Bandoc, G., Patriche, C., and Sternberg, T. (2019). Recent changes in global drylands: Evidences from two major aridity databases. *CATENA*, 178, 209-231.
- Sadeghiravesh, M. H., Khosravi, H., Abolhasani, A., Ghodsi, M., and Mosavi, A. (2021). Fuzzy logic model to assess desertification intensity based on vulnerability indices. *Acta Polytechnica Hungarica*, 18(3), 2021-2028.
- Tavares, J. D. P., Baptista, I., Ferreira, A. J. D., Amiotte-Suchet, P., Coelho, C., Gomes, S., Amoros, R., Dos Reis, E. A., Mendes, A. F., Costa, L., Bentub, J., and Varela, L. (2015). Assessment and mapping the sensitive areas to desertification in an insular Sahelian mountain region Case study of the Ribeira Seca Watershed, Santiago Island, Cabo Verde. *Catena*, 128, 214-223.
- Wang, X. D., Zhong, X. H., Liu, S. Z., Liu, J. G., Wang, Z. Y., and Li, M. H. (2008). Regional assessment of environmental vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method. *Journal of Arid Environments*, 72(10), 1929-1939.

Assessment of the current state of desertification in the northwest of Yazd using the MICD model

Azam Sadat Hosseini KhezrAbad¹, AbbasAli Vali^{*2}, Amirhossein Halabian³, Mohammad Hossein Mokhtari⁴



Research Article

1 Ph.D. Student, Department of Desert Management and Control, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Kashan, Iran.

hosseiniias0401@gmail.com

2. Associate Professor, Department of Desert Management and Control, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Kashan, Iran.

vali@kashanu.ac.ir

Corresponding author

3. Associate Professor, Department of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran.

am_halabian@pnu.ac.ir

4. Associate Professor, Department of Desert and Arid Land Management, Yazd University, Yazd, Iran.

mhmokhtari@yazd.ac.ir

Article Code: 2305-1038

Continus Pagnation: 333-343

Received: 17 May 2023

Accepted: 21 August 2023

Online: 20 July 2024

Review speed: 97 days

Citation:

Hosseini KhezrAbad, A., Vali, A., Halabian, A. H., and Mokhtari, M. H. (2023). Assessment of the current state of desertification in the northwest of Yazd using the MICD model. *Management of Natural Ecosystems*, 2(4), 52-62.

Abstract

Desertification, as the third most important global challenge in the 21st century, leaves complex and diverse effects, including the reduction of food security and human health, drought, and severe and extensive dust storms. desertification risk assessment provides the possibility of planning and management to prevent and its control in the future. Various scientific studies have been conducted to evaluate and zoning desertification in different parts of the world, which has led to the presentation of many quantitative techniques. Among them, the MICD model (based on wind erosion) was selected for the northwest region of Yazd and based on that, a quantitative and qualitative map of the current state of desertification was prepared.. In this research, first, with the baseline studies was determined the map of the smallest desert homogenous units in the region was determined, and then in each of them, the indicators were scored and the risk of desertification was evaluated. Based on the obtained results, the research area was classified into 5 classes: calm, low, moderate, severe, and peak. More than 90% of the research area is in the severe and moderate class of desertification, so the severe and moderate classes include 68.8% and 26.13% of the area, respectively. The highest and the lowest desertification score are related to sand dunes and rock masses with numerical values of 26.9 and 5.6, respectively, and the qualitative class of peak and low.

Key Words:

Desertification, Northwest of Yazd, Wind erosion, Current Potential, Working unit MICD.