

جغرافیا و توسعه شماره ۵۶ پاییز ۱۳۹۸

وصول مقاله : ۹۷/۰۵/۰۱

تأیید نهایی : ۹۷/۱۲/۲۰

صفحات : ۱۹۴ - ۱۸۱

ارزیابی شدت و ریسک بیابان‌زایی و ارائه برنامه مدیریت منطقه مورد مطالعه: دشت سگزی اصفهان

عبدالحسین بوعلی^۱، دکتر علی محمدیان بهبهانی^{۲*}

چکیده

بیابان‌زایی خطری جدی برای بسیاری از کشورهای جهان و به‌ویژه کشورهای در حال توسعه مانند ایران است. مناسب‌ترین روش برای تعیین شدت خطر بیابان‌زایی، استفاده از مدل‌های تجربی است. این پژوهش با هدف ارزیابی شدت خطر و ریسک بیابان‌زایی در منطقه بیابانی دشت سگزی اصفهان انجام شد. نتایج نشان داد، شدت خطر بیابان‌زایی منطقه براساس مدل مدالوس در سه کلاس خیلی کم (۵،۶)، زیاد (۲۱،۱۳) و خیلی زیاد (۷۳،۲۷) قرار گرفت. معیارهای اقلیم (امتیاز ۱۹۳)، فرسایش بادی (امتیاز ۱۷۶) و عامل مدیریت و سیاست‌گذاری (امتیاز ۱۷۲) بیشترین تأثیر را در شدت بیابان‌زایی منطقه داشته‌اند. ریسک بیابان‌زایی منطقه نیز با استفاده از نقشه شدت، ارزیابی و آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر تهیه شد. نتایج ارزیابی ریسک محاسبه و در پنج کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شد؛ به طوری که کلاس‌های زیاد و خیلی زیاد، ۴۰ درصد منطقه را به خود اختصاص داده‌اند و بیشترین کلاس مربوط به ریسک بیابان‌زایی خیلی کم با ۳۹ درصد مساحت است. براساس نتایج به‌دست آمده از ریسک، واقعیت زمینی و نظرات کارشناسی برنامه مدیریتی مناسب پیشنهاد و ارائه شد. در شرایط بحرانی و بر مبنای ارزش‌های ریسک خیلی زیاد، برنامه‌ها و اقدامات کنترلی مانند مدیریت صحیح و استفاده از روش‌های آبیاری نوین و گیاهان زراعی مقاوم به شوری و احداث بادشکن و جلوگیری از خطر بیابان‌زایی، قابل اجراست.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، مدل مدالوس، ریسک، مدیریت، اصفهان.

Hossien.boali@yahoo.com
mohammadian@gau.ac.ir

۱- دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- استادیار دانشکده آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران *

مقدمه

بیابان‌زایی را تخریب اراضی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب- خشک تعریف کرده‌اند که به‌وسیله عوامل گوناگونی از جمله تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی رخ می‌دهد (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۰: ۲). در حال حاضر بیابان‌زایی معضلی گریبان‌گیر برای بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای در حال توسعه است (احمدی، ۱۳۸۳: ۲۰). دفتر بیابان‌زدایی ایران ۱۷ استان ایران را به‌عنوان «مناطق بیابانی‌شده» تعریف کرده‌است که حدود ۷۰ درصد کل جمعیت کشور را شامل می‌شود؛ به‌طوری‌که این مناطق بیابانی‌شده اغلب با ویژگی‌های اراضی خشک مشخص شده‌اند (Dragovich & Amiraslani, 2011: 4)

بیش از ۶۴/۵ درصد از مساحت کشور با بارندگی کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر تحت تأثیر شرایط اقلیمی فراخشک و خشک است (اختصاصی، ۱۳۸۹: ۲۳۰). امروزه ثابت شده‌است که اثرات بیابان‌زایی ممکن است به وسعت کره زمین باشد؛ پس مرزهای جغرافیایی در مسائل مربوط به منابع طبیعی و محیط زیست تنها خطوطی فرضی بر روی نقشه جغرافیایی هستند و نمی‌توانند از گسترش این معضل جلوگیری کنند (جعفری و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۱۴). مطابق با بررسی‌های صورت‌گرفته توسط IFAD^۱، بیابان‌زایی ۴۰ درصد از کل اراضی زمین را تهدید کرده و سالانه ۱۲ میلیون هکتار از اراضی را زیر تأثیر مستقیم خود قرار می‌دهد. این پدیده سالانه ۴۲ میلیارد دلار به اقتصاد جهانی زیان رسانده‌است و حدود دو میلیارد نفر از مردم جهان با این پدیده روبه‌رو بوده‌اند و سالانه موجب مهاجرت پنج میلیون نفر از شهرها و روستاها می‌شود (حسینی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۷۱). ارزیابی خطر اراضی شامل تجزیه و تحلیل جنبه‌های فیزیکی پدیده‌ها از طریق جمع‌آوری پیشینه تاریخی و شرح اطلاعات توپوگرافی،

ژئولوژیکی و هیدرولوژیکی است که برای تخمین احتمالات زمانی و مکانی رخداد و بزرگی واقعه‌های پرخطر فراهم می‌شود (مدیریت محیط زیست سازمان ملل، ۲۰۰۴). برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی، تحقیقات متعددی در کشورهای مختلف صورت گرفته که به ارائه مدل‌های منطقه‌ای منجر شده‌است.

از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به روش فائو یونیپ (۱۹۸۴)، روش آکادمی علوم ترکمنستان (بابایف، ۱۹۸۵)، ICD^۲ (اختصاصی و مهاجری، ۱۹۹۵: ۱۲۷)، روش MEDALUS^۳ (Kosmas et al, 1999: 117) و روش MICD با تأکید بر فرایند فرسایش بادی (Ahmadi, 2006: 16) اشاره کرد. کاربرد این مدل‌ها در کشور ایران با محدودیت مواجه است (جعفری و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۱۴).

سیلاخوری (۱۳۹۳) با استفاده از مدل IMDPA^۴ و تأکید بر چهار گروه آب و هوا، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و عوامل انسانی، پتانسیل بیابان‌زایی را در منطقه شهرستان سبزوار از استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه تحت دو کلاس متوسط (II) و زیاد (III) تقسیم شد که بیشترین سطح منطقه را کلاس بیابان‌زایی متوسط (II) (۸۵/۰۷ درصد) به خود اختصاص داد. در مقایسه گروه‌ها، گروه پوشش گیاهی با میانگین وزنی ۲/۵۷ بیشترین و گروه عوامل انسانی با میانگین وزنی ۱/۵۵ کمترین تأثیر را در بیابان‌زایی داشتند (سیلاخوری و همکاران، ۱۳۹۳: ۹۲).

ضیائی (۱۳۸۵) برای ارائه مدل منطقه‌ای پهنه‌بندی خطر و برنامه مدیریت خطر بیابان‌زایی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP^۵)، منطقه بیابانی شهریار استان تهران را مورد مطالعه قرار داد. پس از

2-Iranian Classification of Desertification(ICD)

3-Iranian Model of Desertification Potential Assessment (IMDPA)

4-Mediterranean Desertification and Land Use (MEDALUS)

5-Analytical Hierarchy Process

1-Iranian Classification of Desertification(ICD)

شاگردان و همکاران (۲۰۱۱) در منطقه جارقویه برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی با تأکید بر معیار آب و خاک از مدل IMDPA استفاده کردند. در نهایت مشکل عمده را در منطقه، معیار خاک با میانگین هندسی ۲/۲۵ که کلاس متوسط را نشان می‌داد، عنوان کردند. همچنین معیار آب با میانگین هندسی ۱/۱۴ در کلاس کم قرار گرفت (Shakerian et al, 2011:27).

استفاده از مدل‌ها، امکان تهیه نقشه‌های پتانسیل و شدت خطر بیابان‌زایی را ممکن می‌سازد و نقشه ریسک به‌عنوان ابزاری استراتژیک در برنامه‌ریزی و مدیریت کاهش خطر، با استفاده از نقشه‌های شدت، عناصر در معرض خطر و نقشه آسیب‌پذیری محیطی امکان‌پذیر است (Yingfang et al, 2015:170). در واقع هدف از مدیریت ریسک آن است که با توجه به مکان، زمان و راهکارهای در اختیار (شرایط موجود) تصمیم‌گیرندگان، بهترین و مؤثرترین روش را برای کاهش خسارت در نظر بگیرند. در زمینه ارزیابی ریسک بیابان‌زایی، مطالعات چندانی در ایران صورت نگرفته‌است و فقط می‌توان به مطالعات اکبری و همکاران (۲۰۱۶) در مناطق نیمه‌بیابانی غرب استان گلستان و سیلاخوری و همکاران (۱۳۹۳) در دشت سبزواری اشاره کرد. از آنجا که سطح چشمگیری از کشور در معرض بیابان‌زایی قرار دارد، مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح برای این عرصه‌ها مستلزم شناخت عوامل، شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی است (Akbari et al, 2016: 373). پژوهشگران معتقدند ارزیابی بیابان‌زایی زمانی امکان‌پذیر است که معیارها و شاخص‌های مناسب و معتبر مربوط به این پدیده تعیین شود؛ اما تاکنون امکان تعیین چنین شاخص‌هایی که بتوان از آن‌ها در سطوح مختلف جهانی، ناحیه‌ای، منطقه‌ای، ملی و محلی استفاده کرد، میسر نشده‌است.

شناسایی عوامل و زیرعوامل‌های کلیدی بیابان‌زایی منطقه، نقشه پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی به روش ESAs^۱ تهیه شد. نتایج این روش نشان داد که ۰/۷ درصد از مساحت منطقه در کلاس کم (I)، ۴/۶ درصد در کلاس متوسط (II)، ۵۹ درصد از مساحت منطقه در کلاس شدید (III) و ۳۳/۹ درصد در کلاس بسیار شدید (IV) بیابان‌زایی قرار گرفته و بیانگر وقوع بیابان‌زایی و روند رو به گسترش آن است (ضیائی و همکاران، ۱۳۸۵:۸۴). حسین‌پور و همکاران (۱۳۹۶:۳۵) از مدل MICD برای ارزیابی خطر بیابان‌زایی در حوزه آبخیز تالاب کچی نهبندان در استان خراسان جنوبی استفاده کردند. براساس نتایج به‌دست‌آمده، خطر بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه به ۵ کلاس آرام (I)، کم (II)، متوسط (III)، زیاد (IV) و شدید (V) تقسیم شد که کلاس شدید (V) با ۵۴/۱ درصد، بیشترین سطح از مساحت منطقه مورد مطالعه و کلاس کم (II) با ۳ درصد کمترین درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داد. بیشترین امتیاز مربوط به رخساره اراضی تپه ماسه‌ای فعال به ارزش عددی ۲۵ و کلاس کیفی شدید و کمترین امتیاز به رخساره برون‌زدگی سنگی و دریاچه کویری به ارزش عددی ۳ و کلاس کیفی کم تعلق گرفت. لادیساً^۲ و همکاران برای ارزیابی بیابان‌زایی با توجه به روش مدالوس شش شاخص و لایه اطلاعاتی خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، مدیریت و شاخص فشار انسانی را در نظر گرفتند (Ladisa et al, 2010: 505).

در این تحقیق از میانگین شاخص‌های کاربری اراضی و مدیریت به‌عنوان یک شاخص، قبل از قرارگرفتن در فرمول نهایی استفاده شد و در نهایت از میانگین هندسی پنج شاخص یادشده، نقشه نهایی بیابان‌زایی ترسیم شد.

واحدهای دشت سر و پلایا و تیپ‌های مختلف آن‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، تفسیر عکس‌های هوایی و باند پانکروماتیک و چندطیفی تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM و بازدیدهای صحرایی تفکیک شد و رخساره‌های ژئومورفولوژی هریک از تیپ‌ها به‌عنوان واحدکاری در نظر گرفته شد.

تهیه لایه‌های اطلاعاتی مدل مدالوس

براساس بررسی منابع و همچنین بازدیدهای صحرایی ۶ معیار کیفیت آب‌وهوا، خاک، پوشش گیاهی، آب‌های زیرزمینی، فرسایش و مدیریت و سیاست به‌عنوان معیارهای ارزیابی بیابان‌زایی انتخاب شد (Jafari & Bakhshandehmehr, 2013:115) و خانمانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۴). به‌منظور بررسی معیار آب‌وهوای منطقه، از آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک فرودگاه بین‌المللی شهید بهشتی اصفهان (۲۰۱۳-۱۹۸۴) استفاده شد. پس از بازدید صحرایی و بررسی منابع موجود، تأثیرگذارترین شاخص‌ها برای بررسی معیار کیفیت خاک، انتخاب شدند. بدین منظور در هر واحد کاری پروفیل خاک به عمق ۴۰ سانتی‌متر حفر و نمونه خاک به‌منظور ارزیابی پارامترهای ادافیکی جمع‌آوری شد و سپس پارامترهای SAR، EC، Organic materials، Texture، Cl، Na، Gypsum و PH اندازه‌گیری شد.

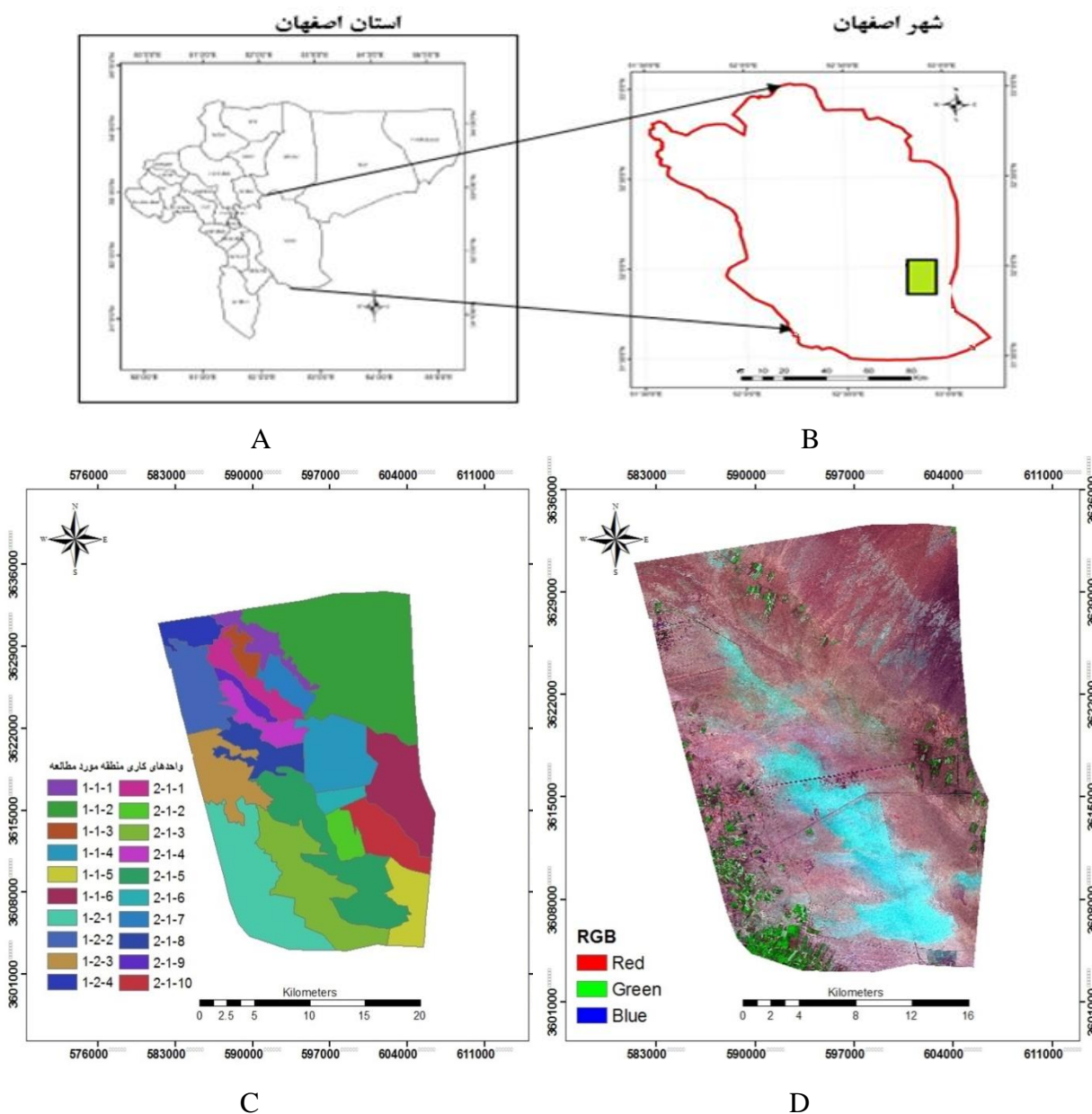
از تأسیسات مهم منطقه می‌توان به شهرک صنعتی اصفهان، کارخانه سیمان و فرودگاه اصفهان اشاره کرد؛ همچنین بزرگراه «نابین- یزد» از راه‌های ارتباطی مهم در این منطقه به‌شمار می‌آید که از جنبه خطر و ریسک بیابان‌زایی در اولویت مطالعاتی و اجرایی قرار دارند. در این تحقیق، از مدل مدالوس در جهت ارزیابی خطر بیابان‌زایی در دشت سگری اصفهان استفاده شده‌است. در این پژوهش پس از ارزیابی خطر، به ارزیابی ریسک و ارائه برنامه مدیریتی نیز پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت و ویژگی‌های عمومی منطقه مورد مطالعه

دشت سگری، واقع در ۴۰ کیلومتری شرق شهر اصفهان، یکی از ۱۶ کانون بحرانی بیابان‌زایی در استان اصفهان است. این دشت، با توجه به نزدیکی آن به مناطق شهری، تأسیسات نظامی و حمل‌ونقل و نیز صنایع و کارگاه‌هایی که در آن واقع شده‌اند، از جنبه جلوگیری از فرسایش بادی و بیابان‌زایی در اولویت مطالعاتی و اجرایی قرار دارد. محدوده مورد مطالعه، که بخشی از این دشت است، با مساحت ۳۸۴۱۸٫۵ هکتار بین طول جغرافیایی ۳۰° ۷' ۵۲ تا ۵۱° ۲۹' ۵۶ و عرض جغرافیایی ۳۲° ۲۳' ۳۲ تا ۳۲° ۵۵' ۳۲ واقع شده‌است.

برای تعیین نقشه واحدهای کاری، به‌علت آنکه شیب منطقه کم تغییر جهت شیب منطقه ناچیز بود،



شکل ۱: در شکل یک موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان (A)، شهر اصفهان (B)، نقشه واحد کاری (C) و همچنین تصویر منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر ماهواره‌ای (D) نشان داده شده است. تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

در جهت ارزیابی معیار تخریب منابع آب در مدل اولیه مدالوس لحاظ نشده است؛ ولی کاهش کیفیت و افت آب زیرزمینی از جمله مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک به‌ویژه منطقه خاورمیانه و ایران است (Amiri & Arzani, 2010: 690) بدین‌منظور برای مطالعه کیفیت آب زیرزمینی که شامل خصوصیات

پوشش گیاهی منطقه از گیاهان مقاوم به خشکی و شورپسند با تراکم کم و پراکنده بوده است و در بخش‌هایی تنها به کف آبراهه‌های فصلی محدود می‌شود. با توجه به بازدیدهای صحرایی و اطلاعات موجود، شاخص‌های معیار پوشش گیاهی در روش مدالوس امتیازدهی شد. با وجود اینکه هیچ شاخصی

صورت گرفته است، می توان نقش عوامل انسانی را به عنوان یکی از مهم ترین عوامل ایجاد شرایط بیابانی شدن این مناطق ذکر کرد (Zakerinejad & Masoudi 120:2010). بدین منظور برای بررسی اثر معیار عوامل انسانی در ایجاد شرایط بیابانی در مدل ارائه شده، ابتدا نقشه کاربری اراضی منطقه تهیه شده و سپس در هر کاربری، شاخص های مشخصی تعیین و براساس این شاخص ها وزندهی صورت گرفت. معیارها، شاخص ها، کلاس ها و وزن های مربوط به هر کلاس در مدل مدالوس در نظر گرفته شده است و با توجه به وضعیت کیفی، امتیازی بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ به آن ها تخصیص داده شد (European, 1999: 58).

سپس امتیاز مربوط به هر معیار با میانگین هندسی شاخص های مربوط به آن مشخص شد. پس از ارزیابی و بررسی شاخص ها و معیارهای انتخابی، نقشه رستری همه شاخص ها و معیارها در محیط GIS تهیه شد. به منظور بررسی وضعیت فعلی بیابانزایی، با استفاده از میانگین هندسی، امتیاز هر معیار در هر واحدکاری از طریق معادله شماره ۲ محاسبه شد و امتیاز مربوط به وضعیت فعلی بیابانزایی تعیین شد.

معادله ۲:

$$DS = (WC \times WS \times WV \times WG \times WEr \times WM)^{1/6}$$

در این معادله DS نشان دهنده شدت بیابانزایی، WC معیار کیفیت آب و هوا، WS معیار کیفیت خاک، WV معیار کیفیت پوشش گیاهی، WG معیار کیفیت آب های زیرزمینی، WEr معیار کیفیت فرسایش و WM معیار کیفیت مدیریت و سیاست است. سپس با ورود امتیازات به سیستم اطلاعات جغرافیایی و تعیین کلاس وضعیت فعلی بیابانزایی براساس ۴ کلاس ۱۲۰-۱۰۰ کم، ۱۳۵-۱۲۱ متوسط، ۱۵۳-۱۳۶ شدید و ۱۵۳ > بسیار شدید، نقشه وضعیت فعلی بیابانزایی تهیه شد.

شیمیایی و کمیت آب می شود، از داده های ۱۲ حلقه چاه پیزومتری موجود در منطقه استفاده شد. در معیار آب زیرزمینی پارامترهای EC، CI، OFT، SAR، TDS و PH اندازه گیری شد.

منطقه شرق اصفهان به علت بارندگی اندک و پوشش گیاهی فقیر مستعد فرسایش است. در این میان وزش بادهای شدید و فرساینده نیز فرسایش را تشدید می کند. برای ارزیابی میزان فرسایش بادی از روش IRIFER^۱ استفاده شد (Ahmadi et al, 2006: 16). در روش اریفر تعداد ۹ ویژگی مؤثر در فرسایش بادی شامل سنگ شناسی (۰ تا ۱۰ امتیاز) شکل اراضی و پستی و بلندی (۰ تا ۱۰ امتیاز) سرعت و وضعیت باد (۰ تا ۲۰ امتیاز) خاک و پوشش سطح آن (۵- تا ۱۵ امتیاز) انبوهی پوشش گیاهی (۵- تا ۱۵ امتیاز) فرسایشی سطح خاک (۰ تا ۲۰ امتیاز) رطوبت خاک (۰ تا ۱۰ امتیاز) نوع و پراکنش نهشته های بادی (۰ تا ۱۰ امتیاز) و مدیریت و استفاده از زمین تعریف (۵- تا ۱۵ امتیاز) طبقه بندی شده و پس از امتیازدهی به هر کدام از این عوامل پتانسیل فرسایش بادی و میزان رسوبدهی در هر واحد کاری و کل عرصه مطالعاتی برحسب تن بر کیلومتر مربع با استفاده از معادله ۱ محاسبه می شود:

$$Qs = 41 [EXP(0.05R)] \quad \text{معادله ۱:}$$

که در آن Qs، میزان رسوبدهی برحسب تن بر کیلومترمربع در سال و R، مجموع امتیازهای ۹ عامل مؤثر در فرسایش خاک به روش IRIFER هستند. تعیین کلاس برآورد پتانسیل فرسایش و رسوبدهی اراضی در مدل IRIFER با استفاده از جدول (۱) صورت می گیرد. با استناد به برخی از تعاریف مربوط به بیابانزایی و همچنین با توجه به مطالعاتی که در مناطق مختلف به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک

جدول ۱: تعیین کلاس برآورد پتانسیل فرسایش و رسوب‌دهی اراضی در مدل IRIFR

کلاس فرسایشی	مقدار کیفی فرسایش	دامنه امتیازات	رسوب‌دهی (ton/km ² .yr)
I	خیلی کم	۰-۲۵	< ۲۵۰
II	کم	۲۵-۵۰	۲۵۰-۵۰۰
III	متوسط	۵۰-۷۵	۵۰۰-۱۵۰۰
IV	زیاد	۷۵-۱۰۰	۱۵۰۰-۶۰۰۰
V	خیلی زیاد	>۱۰۰	>۶۰۰۰

مأخذ: احمدی ۱۳۸۳: ۸۷

تهیه نقشه ریسک

از لحاظ اقتصادی و اکولوژیکی در چه وضعیتی هستند، حائز اهمیت است. عناصری که در کلاس خطر بالاتری قرار دارند، از ارزش آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار هستند. بر این اساس نقشه آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر در منطقه مورد مطالعه تهیه شد. در پایان از ضرب کلاس‌های خطر بیابان‌زایی (H) در کلاس‌های عناصر در معرض خطر (E) و درجه آسیب‌پذیری عناصر (V) کلاس‌های ریسک (R) محاسبه (Van West et al, 2015: 221) و اولویت واحدهای کاری مختلف منطقه در جهت اولویت‌بندی برنامه‌های مدیریتی مبارزه با بیابان‌زایی تعیین شد.

پس از مشخص شدن کلاس‌های خطر بیابان‌زایی و شناسایی عناصر در پهنه کلاس‌های خطر، کلاس‌های آسیب‌پذیری عناصر با توجه به اینکه در چه کلاسی از شدت خطر قرار دارند و با استفاده از بازدید صحرایی و روش ارزش‌گذاری کارشناسی تعیین شد. نقشه جاده‌ها، اماکن مسکونی و تأسیسات از سازمان‌های مربوط جمع‌آوری شد. این نقشه‌ها همراه با نقشه‌های چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌ها، نقشه عناصر در معرض خطر منطقه را تشکیل دادند. برای محاسبه ارزش آسیب‌پذیری عناصر، بررسی کلاس خطر هر یک از عناصر و اینکه

جدول ۳: کلاس‌های عناصر در معرض خطر، عدد آسیب‌پذیری و عدد ریسک بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه

ردیف	کلاس عناصر	طبقات کیفی	تعداد عناصر در واحد پلیگون	عدد آسیب‌پذیری	عدد ریسک
۱	I	خیلی کم	≤۲	۰-۱۶	۰-۸
۲	II	کم	۳	۱۷-۳۲	۹-۱۵
۳	III	متوسط	۴	۳۳-۴۸	۱۶-۳۵
۴	IV	زیاد	۵	۴۹-۶۴	۳۶-۸۰
۵	V	خیلی زیاد	۶≤	۶۵-۸۰	۸۰-۱۳۶

مأخذ: Akbari et al, 2016:12

جدول ۴: ارزش صفات عناصر در معرض خطر

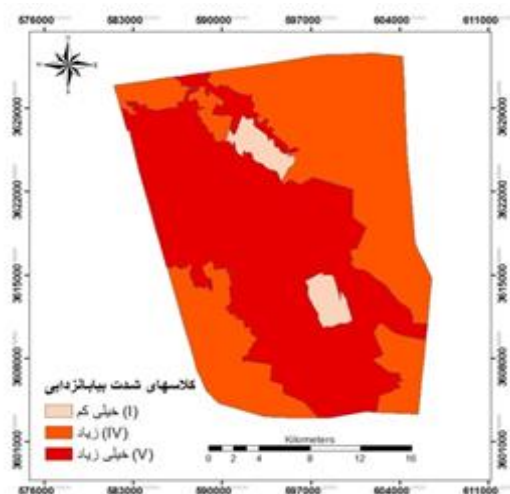
عناصر	عامل	عدد آسیب
مرتع	با بالا رفتن ارزش گیاهان مرتعی و افزایش شدت خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰
اراضی درخت‌کاری شده	با بالا رفتن ارزش گیاهان مرتعی و افزایش شدت خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰
زراعت	هرچه گیاه آسیب‌پذیرتر و شدت خطر افزایش پیدا کند، با ضریب ۳ افزایش پیدا می‌کند.	۳-۱۵
چشمه، چاه، قنات	با افزایش کلاس خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰
اماکن مسکونی	با افزایش کلاس خطر با ضریب ۳ افزایش پیدا می‌کند.	۳-۱۵
تأسیسات	با افزایش کلاس خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰
جاده	جاده‌های درجه ۱ در اولویت بالاتری نسبت به جاده‌های درجه ۲ و ۳ قرار دارند و با افزایش کلاس خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰

مأخذ: Akbari et al, 2016:12

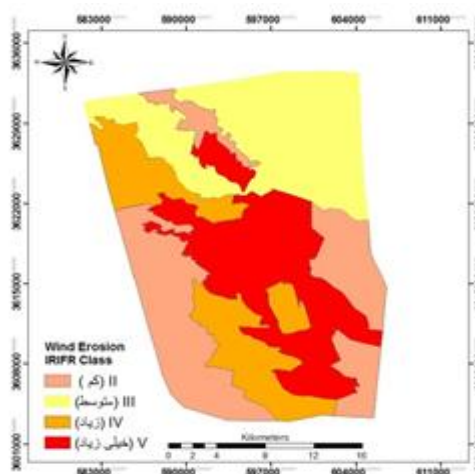
و باغی واقع در قسمت‌های جنوب‌غربی و شمال‌شرقی منطقه در سایر بخش‌ها بسیار کم و پراکنده است و از شرایط نامناسبی برخوردار است. با توجه به اقلیم خشک و سرد منطقه و کاهش قابل‌توجه سطح سفره آب زیرزمینی در منطقه (۳۵ سانتی‌متر در سال) (خانمانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۴)، معیار اقلیم و آب زیرزمینی در کل منطقه در کلاس کم قرار گرفت. نقشه معیار کیفیت خاک منطقه نیز نشان داد که بخش‌های جنوب‌شرقی و شمالی منطقه، دارای کیفیت نامناسب خاک هستند و عامل مدیریت و سیاست نیز در دو کلاس شدید و خیلی‌شدید قرار گرفت. معیار فرسایش بادی براساس ۹ شاخص مدل IRIFR در ۲۰ واحد ژئومورفولوژیک محاسبه شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از مدل IRIFR، ۲۴٪، ۱۶٪، ۱۵٪ و ۴۵٪ از منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب دارای کلاس پتانسیل رسوب‌دهی فرسایش بادی، با شدت کم، متوسط، بالا و بسیار بالا قرار دارند. براساس مدل اریفر نشان داده شد که به‌جز رخصاره‌های اراضی کشاورزی و اراضی دست کاشت در سایر قسمت‌های منطقه، فرسایش بادی در کلاس خیلی‌شدیدی قرار دارد (شکل ۲).

نتایج

پس از ارزیابی و امتیازدهی شاخص‌های مربوط به ۶ معیار و محاسبه میانگین هندسی امتیازات در ۲۰ واحد کاری، امتیازات شاخص‌های مورد ارزیابی محاسبه و شاخص‌هایی که حائز بالاترین امتیاز بود، تعیین شد. مهم‌ترین عوامل تشدیدکننده بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش مدالوس عامل اقلیم (امتیاز ۱۹۳)، فرسایش بادی (امتیاز ۱۷۶) و عامل مدیریت و سیاست (امتیاز ۱۷۲) تعیین شد. براساس مدل مدالوس حدود ۵/۶ درصد از منطقه در کلاس بیابان‌زایی کم شامل رخصاره زرده و اراضی پف‌کرده است. ۲۱،۱۳ درصد از سطح منطقه در کلاس بیابان‌زایی شدید قرار دارد که شامل رخصاره‌های اراضی باغی و زراعی و اراضی دست کاشت است. براساس این مدل، ۷۳/۲۷ درصد از سطح منطقه مطالعاتی در کلاس بیابان‌زایی بسیار شدید قرار دارد که بخش عمده آن در اراضی گچی و رها قابل‌مشاهده است (شکل ۲). براساس نتایج امتیازدهی معیارهای مدل مدالوس در واحدهای کاری، همه معیارهای در نظر گرفته‌شده برای ارزیابی بیابان‌زایی منطقه شرایط نامناسبی داشته‌است؛ به‌طوری که معیار پوشش گیاهی به‌جز اراضی کشاورزی



A



B

شکل ۲: نقشه کلاس‌های شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس (A)، نقشه کلاس‌های

شدت فرسایش بادی با استفاده از مدل اریفر (B)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

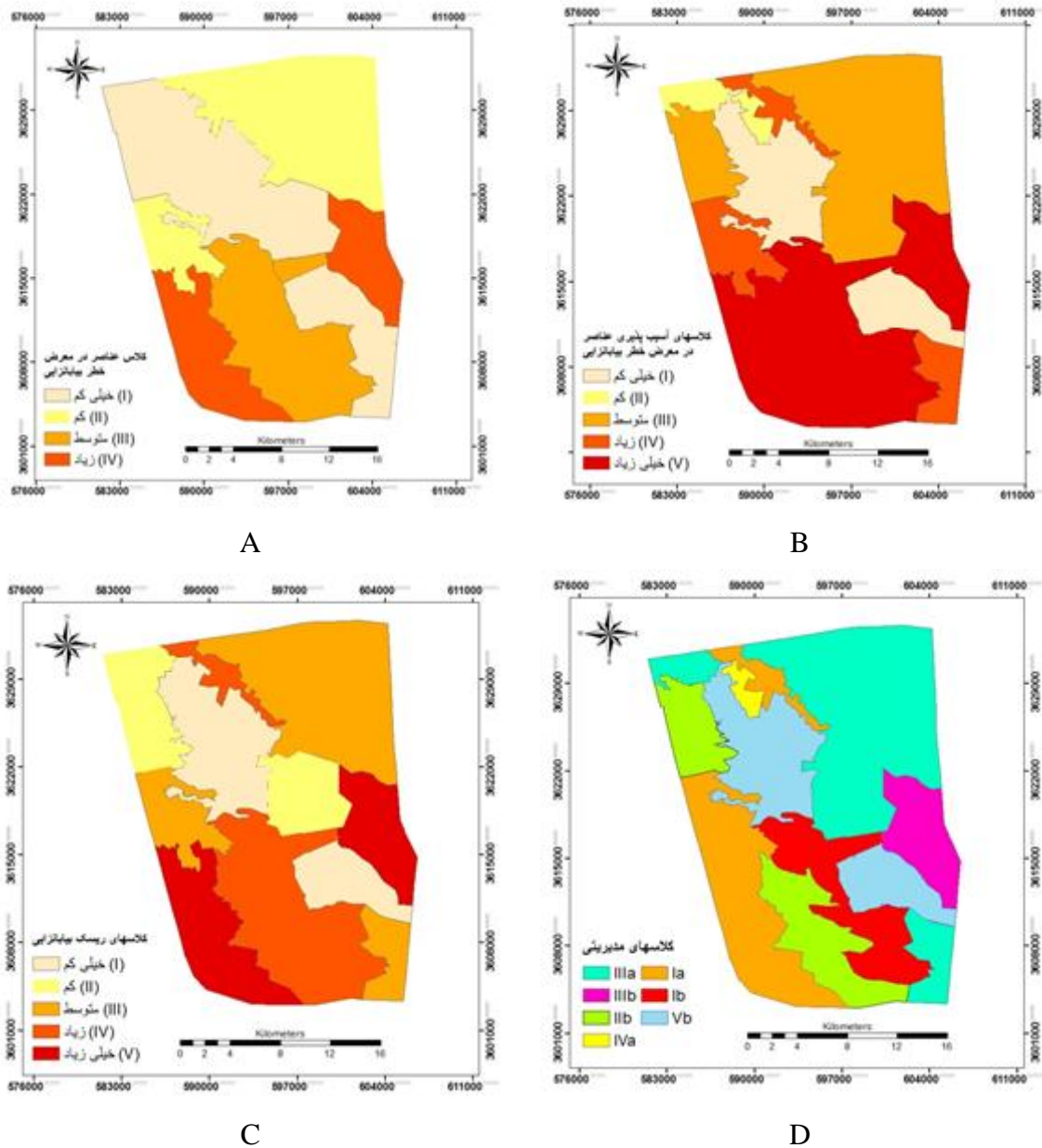
زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شد که کلاس‌های زیاد و خیلی زیاد ۴۰ درصد منطقه را به خود اختصاص داده و بیشترین کلاس مربوط به کلاسه خیلی کم ۳۹ درصد است. واحدهای کاری برای انجام برنامه‌های مدیریتی خطر بیابان‌زایی، با استفاده از کلاس ریسک، شرایط منطقه و شاخص‌های مهم بیابان‌زایی، اولویت‌بندی شدند. راهکارها و برنامه‌های مدیریتی بیابان‌زایی در منطقه در جهت توسعه پایدار و بهبود شرایط محیطی در قالب ۵ اولویت و ۱۲ برنامه مدیریت خطر بیابان‌زایی ارائه و نقشه برنامه مدیریتی تهیه شد (جدول ۶).

نتایج به‌دست‌آمده از تهیه نقشه عناصر در معرض خطر نشان داد که ۲۱ درصد از سطح منطقه در کلاس زیاد، ۱۶ درصد در کلاس متوسط و ۱۵ درصد در کلاس کم و ۵۲ درصد در کلاس خیلی کم قرار دارد (شکل ۳). با توجه به قرارگرفتن هر عنصر در کلاس خطر و درجه حساسیت آن، عدد آسیب‌پذیری آن عنصر به‌دست آمد (شکل ۲). پس از تعیین کلاس آسیب‌پذیری واحدها و ضریب حساسیت آن در برابر بیابان‌زایی، کلاس آسیب‌پذیری و درصد مساحت آن‌ها به‌ترتیب، خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد، ۳۳، ۴، ۱۳، ۱۳ و ۳۷ به‌دست آمد. درنهایت عدد ریسک محاسبه و در پنج کلاس خیلی کم، کم، متوسط،

جدول ۶: الگوی تهیه‌شده تعیین اولویت برنامه‌های مدیریتی

کلاس برنامه مدیریتی	برنامه‌های مناسب	برنامه مدیریتی	کلاس ریسک
Ia	راهکارهای زراعی و اصلاح روش‌های ناصحیح کشاورزی	اولویت اول	V
Ib	کشت گیاهان ماسه‌دوست، احداث بادشکن		
IIa	غنی‌سازی مراتع، افزایش پوشش گیاهی	اولویت دوم	IV
IIb	کشت گیاهان ماسه‌دوست، احداث بادشکن		
IIc	راهکارهای زراعی و اصلاح روش‌های ناصحیح کشاورزی		
IIIa	غنی‌سازی مراتع و افزایش پوشش گیاهی	اولویت سوم	III
IIIb	افزایش پوشش گیاهی، غنی‌سازی مراتع، خاک‌ورزی در مناطق با بافت سنگین، احداث بند انحرافی، پخش سیلاب، حوضچه آبگیر		
IIIc	اصلاح روش‌های ناصحیح کشاورزی		
IVa	جلوگیری از تغییر کاربری اراضی، تخریب پوشش گیاهی و کنترل چرا، کنترل جریان رودخانه‌ها	اولویت چهارم	II
IVb	کشت گیاهان ماسه‌دوست، احداث بادشکن برای تپه‌های ماسه‌ای و پخش سیلاب		
Va	اقدامات کنترلی فرسایش آبی و کنترل جریان رودخانه‌ها	اولویت پنجم	I
Vb	حفاظت و جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی		

مأخذ: Akbari et al 2016:12



شکل ۳: کلاس عناصر در معرض خطر بیابان‌زایی (A)، نقشه کلاس‌های آسیب‌پذیری عناصر در معرض خطر بیابان‌زایی (B)، کلاس‌های ریسک بیابان‌زایی (C)، کلاس‌های مدیریتی در واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه (D)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

اقلیمی، ادافیکی، و اکولوژیکی این منطقه با دیگر نقاط دنیا متفاوت است و مفهوم واژه بیابان‌زایی نیز وابسته به این ویژگی‌هاست، معیارها و شاخص‌هایی که برای ارزیابی این پدیده انتخاب و ارزیابی شد نیز با هم متفاوت است؛ بنابراین در بررسی پدیده بیابان‌زایی در

بحث

در این تحقیق، به منظور ارزیابی شدت بیابان‌زایی دشت سگزی از مدل مدالوس استفاده شد. معیارها و شاخص‌های این مدل با توجه به شرایط اکولوژیکی منطقه مدیرانه انتخاب شده بود. از آنجا که خصوصیات

فرسایش بادی نقش بسزایی داشته‌باشد و با استفاده از آن می‌توان میزان پتانسیل حمل ماسه و جهت حمل ماسه را برآورد کرد (Ekhtesasi & Sepehr, 2009:272). مهم‌ترین مشکلی که در دشت سگزی به واسطه فعالیت‌های نامناسب انسانی ایجاد شده، بهره‌برداری بی‌رویه از گچ و خاک منطقه و احداث کارگاه‌های پخت گچ و آجر است که به شیوه سنتی عمل می‌کنند (بوعلی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۳). گفتنی است آلودگی ناشی از عملکرد نامناسب این واحدها در چند دهه گذشته، گریبان‌گیر ساکنان این دشت و همین‌طور کلان‌شهر اصفهان بوده‌است؛ بنابراین، جلوگیری از فعالیت این کارگاه‌ها و معادن و انتقال آن‌ها به محلی غیر از کانون بحران فرسایش بادی از مهم‌ترین اقداماتی است که باید به‌منظور جلوگیری از سیر صعودی پدیده بیابان‌زایی انجام گیرد. رخساره‌هایی که بیشترین نقش را در بیابان‌زایی منطقه ایفا می‌کنند و بالاترین تخریب در آن‌ها صورت گرفته، اراضی گچی و اراضی رهاشده تعیین شد. در دشت سگزی یکی از بارزترین مصادیق دخالت ناصحیح انسان در قالب برداشت معادن گچ و ماسه برای تولید گچ و آجر وجود دارد و منجر به تخریب سنگ‌فرش بیابان و فرسایش بیشتر خاک می‌شود. در این رخساره می‌توان با استقرار گیاهان گچ‌دوست و مدیریت صحیح به احیای آن امیدوار بود (خانمانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۴). رخساره اراضی رهاشده که در سالیان گذشته در آن کشاورزی صورت می‌گرفت، به دلیل مدیریت نادرست خاک اراضی کشاورزی شور شده و به اراضی بدون پوشش و کانون فرسایش بادی در منطقه تبدیل شده‌اند. واحدهای کاری اراضی باغی و زراعی و اراضی دست کاشت نیز با توجه به پوشش مناسب استقرار یافته‌اند و مدیریت مناسب، تخریب اراضی کمی دارند.

هر نقطه از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی و نیز محدوده امتیازات آن‌ها مختص به همان منطقه و یا مناطقی با شرایط مشابه آن است که این از جمله ویژگی‌های این مدل است. در ارزیابی پدیده بیابان‌زایی دشت سگزی، با توجه به شرایط حاکم و نظر کارشناسان آشنا با منطقه، علاوه بر چهار معیار مورد ارزیابی در روش مدالوس، فرسایش بادی و آب‌های زیرزمینی نیز بررسی شد. همچنین، شاخص‌های این معیارها نیز با توجه به شرایط منطقه و محدودیت‌های موجود در آن انتخاب و ارزیابی شد. نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی این مدل نشان‌دهنده این امر است که مهم‌ترین عوامل تشدیدکننده بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه به ترتیب عامل اقلیم، فرسایش بادی و پس از آن‌ها عامل مدیریت و سیاست تعیین شد. در این تحقیق، به‌منظور ارزیابی فرسایش بادی در دشت سگزی که به‌عنوان یکی از کانون‌های اصلی فرسایش بادی در استان اصفهان شناخته می‌شود، از مدل IRIFR استفاده شد. از بین ۹ عامل مدل اریفر سرعت باد مهم‌ترین عامل مؤثر در فرسایش شناسایی شد که با افزایش آن میزان جابه‌جایی ذرات خاک به‌صورت نمایی افزایش می‌یابد.

(Bakhshandehmehr & Jafari, 2013: 115)

میزان فرساینده‌گی باد در زمان‌هایی که خاک سطحی خشک است، بسیار بیشتر از زمانی است که سطح خاک و خاکدانه‌ها مرطوب هستند. تمام بارندگی سالانه در منطقه، در فصول سرد سال اتفاق می‌افتد و بادهای شدید و فرساینده نیز در فصول گرم سال که زمین خشک و بدون پوشش بوده شروع به وزیدن می‌کند و این یکی از مهم‌ترین عوامل در تولید فرسایش بادی در منطقه است. سرعت باد و وضعیت رژیم بادناکی در سطح منطقه می‌تواند در بررسی

پژوهش یادشده نیز مراکز جمعیتی، اراضی کشاورزی و باغات در معرض خطر ریسک بیابان‌زایی زیاد تا خیلی زیاد واقع شده‌اند. همچنین این نتایج با برخی از مطالعات مانند سیلاخوری (۱۳۹۳) و داوری و همکاران (۱۳۹۶) به دلیل قرارگرفتن بخش‌ها و فعالیت‌های انسانی که با درجات از ریسک بالای بیابان‌زایی روبه‌رو هستند، هم‌خوانی دارد. برنامه‌های پیشنهادی مدیریتی برای کاهش اثرات ریسک بیابان‌زایی، بر مبنای ارزش‌های ریسک، استراتژی‌ها و اقدامات کنترلی در هفت برنامه مدیریتی و پنج اولویت در شرایط بحرانی و غیربحرانی ارائه شد. لازم به ذکر است از میان برنامه‌های مدیریتی در مناطقی که ریسک بیابان‌زایی خیلی زیاد است، برنامه‌های کنترلی با استراتژی‌های راهکارهای زراعی و اصلاح روش‌های ناصحیح کشاورزی، احداث بادشکن و هدایت پساب تصفیه‌شده شهری در بخش‌هایی از منطقه مورد مطالعه در جهت نهال کاری پیشنهاد شد. با توجه به عوامل مؤثر در پدیده بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه، تنها با مدیریت ریسک، یعنی ارزیابی اثرات، آمادگی، پیش‌بینی و هشدار است که می‌توان از تبعات بیابان‌زایی کاست. از این طریق می‌توان مدیران را از عواقب برنامه‌ها و پروژه‌هایشان آگاه ساخت. این موضوع به‌ویژه در برنامه‌های کنترل فرسایش بادی و جلوگیری از تخریب اراضی که نقش عمده‌ای در مبارزه بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه دارد، بسیار حائز اهمیت است.

البته به‌علت آبیاری با آب شور و عدم‌زه‌کشی مناسب، روند بیابان‌زایی در این اراضی نیز وجود دارد. در اراضی کشاورزی مهم‌ترین عوامل بیابان‌زایی نبود بادشکن، مدیریت ناصحیح بقایای گیاهی و الگوی کشاورزی غلط به‌شمار آمد و بر این اساس راهکارهای مدیریتی همچون مدیریت صحیح و استفاده از روش‌های آبیاری نوین و گیاهان زراعی مقاوم به شوری پیشنهاد شد.

نتیجه

براساس نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی ریسک، که نتیجه حاصل‌ضرب نقشه شدت خطر بیابان‌زایی در نقشه عناصر در معرض خطر و آسیب‌پذیری محیطی است، مشخص شد که به‌دلیل وجود عناصر در معرض خطر مانند جاده‌ها، مناطق مسکونی، تأسیسات صنعتی، اراضی مرتعی و کشاورزی بیش از ۵۰ درصد از منطقه در بخش‌های جنوبی در طبقه آسیب‌پذیری زیاد تا خیلی زیاد قرار گرفته‌است و در حدود ۳۷ درصد از منطقه مورد مطالعه نیز در بخش‌های شمالی به‌دلیل کمبود و نبود عناصر زیستی و اقتصادی از آسیب‌پذیری کمی برخوردار است. نقشه ارزیابی ریسک بیابان‌زایی نشان داد که ۴۰ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای ریسک بیابان‌زایی زیاد تا خیلی زیاد است که دلیل آن وجود عناصر زیستی و اقتصادی مهم از جمله مراکز سکونتگاه، اراضی کشاورزی و زراعت باغی و چاه‌های آب است.

نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی ریسک با مطالعات اکبری و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد؛ زیرا در

منابع

- داوری، سرور؛ علیرضا راشکی؛ مرتضی اکبری؛ علی اصغر طالبان فرد (۱۳۹۶). ارزیابی شدت و ریسک بیابان‌زایی و ارائه برنامه‌های مدیریتی (منطقه مورد مطالعه: دشت قاسم‌آباد بجستان، استان خراسان رضوی)، نشریه مدیریت بیابان. شماره ۹. بهار و تابستان ۱۳۹۶. صفحات ۹۱-۱۰۶.
- سیلاخوری، اسماعیل؛ مجید اونقغ امیر سعدالدین (۱۳۹۳). ارزیابی خطر و ریسک بیابان‌زایی منطقه سبزوار با استفاده از مدل MICD. دو فصل‌نامه مدیریت بحران. شماره ۵. صفحه ۸۹-۹۹.
- ضیائی، نوید (۱۳۸۵). ارائه مدل منطقه‌ای پهنه‌بندی و برنامه مدیریت خطر بیابان‌زایی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در منطقه بیابانی شهریار، استان تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. صفحه ۸۴.
- فیض‌نیا، سادات؛ علی گویا؛ حسن احمدی؛ حسین آذرنبوند (۱۳۸۰). بررسی عوامل بیابان‌زایی دشت حسین‌آباد میش‌مست قم جهت ارائه یک مدل منطقه‌ای، مجله علمی پژوهشی بیابان. دوره ۶. شماره ۲. ۱۱-۱.
- Amiraslani, F & Dragovich, D (2011). Combating desertification in Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches. *Journal of Environmental Management* (92) 1-13.
- Ahmadi, H., Abrisham, E., Zehtabian, G.R., and Amiraslani, F (2006). The comparison of ICD and MICD models for assessment of desertification in a desertified pilot region, Iran, 14th International Soil Conservation Organization Conference. *Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments*. Marrakech, Morocco, May 14-19, 2006.
- Amiri F, Arzani H (2010). Range management based on grazing capacity and vegetation index (case study: semi-arid ranges of Qarah Aqaj, Isfahan). *Journal of Rangeland* 3:680-698.
- Akbari, M., Ownegh, M., Asgari, H, R., Sadoddin, A., & Khosravi, H. (2016). Desertification Risk Assisment and Management Program, *Global Journal of Enviromental Science and Management*, 2(4), 365-380.
- احمدی، حسن (۱۳۸۳). گزارش نهایی طرح تدوین شرح خدمات جامع و متدولوژی تعیین معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی در ایران، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- اختصاصی، محمودرضا (۱۳۸۹). گیاهان مناسب تثبیت تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای در ایران، چاپ دوم. دانشگاه یزد. صفحه ۲۳۰.
- بوعلی، عبدالحسین؛ حسین بشری؛ رضا جعفریغ محسن سلیمانی (۱۳۹۶). پتانسیل‌یابی شبکه‌های باور بیزین درجهت ارزیابی تأثیر معیار کیفیت خاک در بیابان‌زایی منطقه دشت سگزی اصفهان. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی) سال بیست‌ویک. شماره ۲. صفحه ۱۵-۲۸.
- جعفری، محمود؛ محمد نصری؛ علی طویلی (۱۳۸۸). تخریب خاک و اراضی، چاپ اول. دانشگاه تهران. صفحه ۳۱۴.
- حسینی، سید محمود؛ محمدرضا اختصاصی؛ علیرضا شهریاری؛ حامد شفیعی (۱۳۸۹). بررسی وضعیت بالفعل و بالقوه بیابان‌زایی با تأکید بر معیار فرسایش بادی به روش MICD (بررسی موردی: منطقه نیاتک سیستان)، نشریه مرتع و آبخیزداری. مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۳. شماره ۲. صفحات ۱۸۱-۱۶۵.
- حسین‌پور، راضیه؛ مجید اونق؛ چوقی بایرام‌کمی؛ مهدی رضانی (۱۳۹۶). ارزیابی خطر بیابان‌زایی با استفاده از مدل MICD منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز تالاب کچی نهبندان استان خراسان جنوبی، مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان. سال ششم. شماره ۱۴. صفحه ۳۳-۴۴.
- خانامانی، علی؛ حمید کریم‌زاده؛ رضا جعفری (۱۳۹۰). استفاده از معیار خاک برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی (مطالعه موردی: دشت سگزی اصفهان)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک. سال هفدهم. شماره ۶۳. صفحه ۴۹-۵۹.

- Kosmas, C., Kirkby, M., Geeson, N (1999). Manual on: Key indicators of desertification & mapping environmentally sensitive areas to desertification, European Commission the MEDALUS project Mediterranean Desertification & Land Use.
- Van Westen, C., Kappes, M. S., Luna, B. Q., Frigerio, S., Glade, T., & Malet, J. P (2015). Medium-scale multi-hazard risk assessment of gravitational processes. In Mountain risks: from prediction to management and governance (PP. 201-231). Springer Netherlands.
- Zakerinejad R., and Masoudi M (2010). Assessment of soil in criteria indices for desertification with IMDPA model and GIS: Research Journal of Biological Sciences 5 (1) 116-127.
- Yongfang wang, Jiquan Zhang, Enliang Guo and Zhongyi Sun (2015). Fuzzy Comprehensive Evaluation-Based Disaster risk assessment of desertification in horqin sand land , china. Environmental Research and Public Health. 166-172.
- DOI:10.22034/gjesm.2016.02.04.006.
- Ekhtesasi, M. R. & Mohajeri, S (1995). Iranian classification of desertification method. In 2nd National Conference of Desertification & Combating Desertification Methods, Kerman, Iran. PP: 121-134.
- European(1999). Commission Mediterranean Desertification and Use (MEDALUS), MEDALUS offic. Landent.
- Ekhtesasi MR, Sepehr A (2009). Investigation of wind erosion process for estimation, prevention and control of DSS in Yazd-Ardakan plain. Environmental Monitoring and Assessment 159: 267-280.
- Ladisa G, Todorovic M, Trisorio Liuzzi G, eds (2010). Assessment of desertification in semi-arid Mediterranean environments: the case study of Apulia region (southern Italy) Land degradation and development.. 34:493-516.
- Shakerian, N., Zehtabian, GH. R., Azarnivand, H., and Khosravi, H (2011). Evaluation of desertification intensity based on soil and water criteria in Jarghooyeh region, Desert, 16, 23-32.
- Jafarit, R. Bakhshandehmehr, L (2013). Quantitative mapping and assessment of Environmentally sensitive area to Desertification in central IRAN. land degradation & development. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com)
DOI: 10.1002/ldr.2227.27: 108-119