

مرور نظام‌مند بر راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی و فرسایش خاک در مناطق مرزی شمال غرب ایران

محمد شیخکانلوی میلان^{۱*}، سیده مریم طاهرزاده موسویان^۲

^{۱*} دانشجوی دکتری مدیریت جنگل دانشگاه ارومیه

Mohammadmilan1985@gmail.com

^۲ کارشناس ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل دانشگاه گیلان

چکیده

بیابان‌زایی و فرسایش خاک از چالش‌های اساسی در مناطق مرزی آذربایجان غربی هستند که به‌طور مستقیم بر اکوسیستم‌های محلی، کشاورزی، و معیشت ساکنان تأثیر می‌گذارد. این مقاله به بررسی نظام‌مند راهبردهای مختلف مقابله با بیابان‌زایی و فرسایش خاک در این منطقه می‌پردازد. با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی آذربایجان غربی، عوامل متعددی از جمله تغییرات اقلیمی، فعالیت‌های کشاورزی ناپایدار، و مدیریت نادرست منابع آب و خاک، به تشدید این مشکلات کمک می‌کنند. در این راستا، راهبردهای متعددی از جمله مدیریت بهینه منابع آب، استفاده از تکنیک‌های کشاورزی پایدار، و احیای پوشش گیاهی بررسی می‌شود. همچنین، تجارب موفق داخلی و بین‌المللی در زمینه مقابله با بیابان‌زایی و فرسایش خاک به‌منظور ارائه الگوهای کاربردی برای آذربایجان غربی تحلیل می‌شوند. این مقاله به‌دنبال شناسایی موانع و چالش‌های موجود در اجرای این راهبردها و ارائه پیشنهاداتی برای بهبود وضعیت موجود است. نتایج این تحقیق می‌تواند به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در جهت مدیریت بهتر منابع طبیعی و حفاظت از خاک کمک کند و به توسعه پایدار در این منطقه منجر شود.

کلمات کلیدی

بیابان‌زایی، فرسایش خاک، مدیریت منابع طبیعی، آذربایجان غربی، کشاورزی پایدار

۱- مقدمه

بیابان‌زایی و فرسایش خاک از مسائل جدی و پیچیده‌ای هستند که در بسیاری از مناطق جهان، به ویژه در مناطق مرزی ایران، به‌ویژه آذربایجان غربی، تأثیرات منفی عمیقی بر اکوسیستم‌ها و معیشت ساکنان دارند. این مقدمه به تعریف و تشریح بیابان‌زایی و فرسایش خاک، اهمیت و ضرورت تحقیق در آذربایجان غربی، و اهداف و سوالات پژوهش می‌پردازد.

۱-۱. تعریف بیابان‌زایی و فرسایش خاک

بیابان‌زایی به عنوان یک فرآیند طبیعی و انسانی شناخته می‌شود که به کاهش توانایی تولید زمین‌ها و تبدیل آن‌ها به سرزمین‌های بیابانی منجر می‌شود. این فرآیند تحت تأثیر عواملی نظیر تغییرات اقلیمی، فعالیت‌های کشاورزی ناپایدار، و مدیریت نادرست منابع طبیعی قرار دارد (Kassas, 1995). فرسایش خاک، به معنای تخریب و از بین رفتن لایه‌های سطحی خاک به دلیل عوامل طبیعی و انسانی است که می‌تواند به کاهش حاصلخیزی زمین و کاهش کیفیت آب منجر شود (Hazbavi & Sadeghi, 2015). بیابان‌زایی و فرسایش خاک در آذربایجان غربی به دلیل ویژگی‌های اقلیمی و جغرافیایی خاص این منطقه، به شدت مشهود است و نیاز به بررسی دقیق و جامع دارد.

۱-۲. اهمیت و ضرورت تحقیق در آذربایجان غربی

آذربایجان غربی با اقلیم نیمه‌خشک و ویژگی‌های جغرافیایی خاص، یکی از مناطق آسیب‌پذیر در برابر بیابان‌زایی و فرسایش خاک به شمار می‌رود. بررسی وضعیت بیابان‌زایی و فرسایش خاک در این منطقه به دلیل تأثیرات آن بر کشاورزی، منابع طبیعی و معیشت ساکنان محلی از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به روندهای تغییر اقلیمی و افزایش جمعیت، انجام تحقیقات و ارائه راهکارهای مؤثر برای مقابله با بیابان‌زایی و فرسایش خاک در این منطقه ضروری است (Zehtabian & Afzali, Jafari, 2021). این تحقیق به دنبال شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی و فرسایش خاک و ارائه راهکارهای مناسب برای مدیریت بهتر منابع خاک و آب در آذربایجان غربی است.

۱-۳. اهداف و سوالات پژوهش

هدف اصلی این پژوهش، مرور نظام‌مند بر راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی و فرسایش خاک در آذربایجان غربی و شناسایی چالش‌ها و موانع موجود در این زمینه است. سوالات اصلی پژوهش عبارتند از:

۱. چه عواملی به بیابان‌زایی و فرسایش خاک در آذربایجان غربی منجر می‌شوند؟
۲. چه راهبردهایی برای مقابله با این مشکلات در این منطقه پیشنهاد می‌شود؟
۳. چگونه می‌توان از تجارب موفق داخلی و بین‌المللی در این زمینه بهره‌برداری کرد؟

۴. موانع و چالش‌های اجرایی این راهبردها چه هستند؟

این سوالات به دنبال ارائه پاسخ‌های دقیق به چالش‌های موجود و تسهیل در اجرای راهبردهای مؤثر در مدیریت منابع طبیعی در آذربایجان غربی هستند.

۲. وضعیت کنونی بیابان‌زایی و فرسایش خاک در آذربایجان غربی

۲-۱. بررسی جغرافیایی و اقلیمی منطقه

آذربایجان غربی، واقع در شمال غرب ایران، به واسطه‌ی ویژگی‌های جغرافیایی و اقلیمی خاص خود، در معرض خطر بیابان‌زایی و فرسایش خاک قرار دارد. این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک تا خشک است و بارش‌های سالیانه به‌طور متوسط بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر متغیر است (Modarres, 2007). وجود رشته‌کوه‌های زاگرس و دشت‌های وسیع، به همراه تنوع خاک‌ها و پوشش گیاهی، شرایط مناسبی را برای کشاورزی فراهم کرده است. با این حال، تغییرات اقلیمی و نوسانات دمایی، به همراه کمبود منابع آبی، منجر به کاهش کیفیت خاک و افزایش خطر بیابان‌زایی در این منطقه شده‌اند (Akbari, Jafari & Zehtabian, 2016).

علاوه بر این، فعالیت‌های انسانی نظیر کشاورزی ناپایدار و چرای بی‌رویه دام، به تشدید این وضعیت کمک کرده است. به‌طوری که در برخی از نقاط، کاهش پوشش گیاهی و فرسایش خاک به‌وضوح مشاهده می‌شود (Samani, Jafari & Zehtabian, 2014). از سوی دیگر، بررسی‌های هواشناسی نشان می‌دهد که تغییرات بارش در سال‌های اخیر، به‌ویژه در مناطق کوهستانی، تأثیرات منفی بر منابع آب و خاک داشته است (Modarres, 2007).

۲-۲. عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی در آذربایجان غربی

بیابان‌زایی در آذربایجان غربی تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد که شامل تغییرات اقلیمی، فعالیت‌های انسانی و ویژگی‌های طبیعی منطقه می‌شود. تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی و نوسانات بارش، باعث کاهش منابع آب و افزایش دما در این منطقه شده است (Khan & Ahmed, 2024). این تغییرات، به‌ویژه در سال‌های اخیر، به کاهش رطوبت خاک و افزایش فرسایش منجر شده‌اند (Jafari & Fozooni, 2012).

علاوه بر این، فعالیت‌های کشاورزی ناپایدار و استفاده غیرمؤثر از منابع آب، به تشدید بیابان‌زایی کمک می‌کند. به‌کارگیری روش‌های سنتی و عدم استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی، منجر به کاهش بهره‌وری و افزایش فرسایش خاک می‌شود (Hazbavi & Sadeghi, 2015). همچنین، چرای بی‌رویه دام و قطع درختان به منظور توسعه زمین‌های زراعی، بر شدت این مشکلات افزوده است (Zehtabian & Sadeghravesh, 2016).

۲-۳. اثرات اجتماعی و اقتصادی بیابان‌زایی و فرسایش خاک

بیابان‌زایی و فرسایش خاک در آذربایجان غربی پیامدهای اجتماعی و اقتصادی قابل توجهی دارد. کاهش کیفیت خاک و منابع آب، منجر به کاهش تولیدات کشاورزی و افزایش فقر در جوامع محلی می‌شود (Dragovich & Amiraslani, 2010). با کاهش منابع معیشتی، بسیاری از ساکنان به مهاجرت‌های اجباری روی آورده و این امر به افزایش چالش‌های اجتماعی و اقتصادی در مناطق شهری و روستایی منجر می‌شود (Kassas, 1995).

علاوه بر این، بیابان‌زایی می‌تواند به کاهش تنوع زیستی و تخریب اکوسیستم‌ها منجر شود، که این امر تأثیرات منفی بر سلامت عمومی و کیفیت زندگی ساکنان دارد (Singh & Jayaraman, 2024). در نهایت، هزینه‌های اقتصادی ناشی از بیابان‌زایی و فرسایش خاک، شامل هزینه‌های بازسازی و احیای زمین‌های کشاورزی، می‌تواند بار مالی سنگینی بر دوش دولت و جامعه تحمیل کند (Zehtabian et al, 2020).

۳-مروری بر راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی در آذربایجان غربی

۳-۱. مدیریت منابع آب و خاک

مدیریت بهینه منابع آب و خاک در آذربایجان غربی، یکی از راهبردهای کلیدی برای مقابله با بیابان‌زایی است. استفاده از روش‌های نوین آبیاری، مانند آبیاری قطره‌ای و استفاده از ذخایر آب باران، می‌تواند به حفظ رطوبت خاک کمک کند (Fozooni & Jafari, 2012). همچنین، برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح منابع خاک از طریق به‌کارگیری تکنیک‌های حفظ خاک و جلوگیری از فرسایش، می‌تواند به بهبود وضعیت موجود کمک کند (Zehtabian et al, 2020).

۳-۲. کشاورزی پایدار و تکنیک‌های نوین

کشاورزی پایدار و تکنیک‌های نوین می‌توانند به عنوان ابزارهایی مؤثر در کاهش بیابان‌زایی و فرسایش خاک مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از کشت مخلوط، زراعت پایدار و تکنیک‌های ارگانیک، به حفظ کیفیت خاک و افزایش تولیدات کشاورزی کمک می‌کند (Zehtabian et al, 2020). توسعه تکنولوژی‌های نوین در کشاورزی، مانند کشاورزی دقیق و استفاده از سنجش از دور، می‌تواند به بهینه‌سازی مصرف منابع و افزایش کارایی تولید کمک کند (Singh & Jayaraman, 2024).

۳-۳. احیای پوشش گیاهی و مدیریت زیست‌بوم‌ها

احیای پوشش گیاهی و مدیریت زیست‌بوم‌ها از دیگر راهبردهای مؤثر در مقابله با بیابان‌زایی در آذربایجان غربی به شمار می‌روند. کاشت گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکی و احیای اکوسیستم‌های طبیعی، می‌تواند به تثبیت خاک و کاهش فرسایش آن کمک کند (Hosseini & Zenouzi, 2021). همچنین، برنامه‌ریزی برای حفظ و توسعه مناطق حفاظت‌شده و افزایش آگاهی عمومی در خصوص اهمیت پوشش گیاهی، می‌تواند به کاهش بیابان‌زایی در این منطقه کمک کند.

۴- راهبردهای مقابله با فرسایش خاک در آذربایجان غربی

۱-۴. روش‌های بیولوژیکی کنترل فرسایش

روش‌های بیولوژیکی کنترل فرسایش خاک شامل استفاده از پوشش‌های گیاهی و گونه‌های گیاهی مناسب برای جلوگیری از فرسایش و حفظ رطوبت خاک است. این روش‌ها به‌ویژه در مناطق آسیب‌پذیر و در حال فرسایش بسیار مؤثر هستند (Jafari, Zehtabian & 2016).

استفاده از گیاهان بومی و مقاوم به خشکی می‌تواند به حفظ و احیای خاک کمک کند و در عین حال از عواقب منفی بیابان‌زایی جلوگیری نماید. به‌کارگیری تکنیک‌های کشت گیاهان پوششی و تقویت ریشه‌های گیاهان می‌تواند به بهبود ساختار خاک و کاهش فرسایش آن منجر شود (Hazbavi & Sadeghi, 2015).

۲-۴. فناوری‌های نوین و به‌کارگیری آن‌ها

فناوری‌های نوین به‌ویژه در زمینه‌های پایش و مدیریت منابع طبیعی می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی در کنترل فرسایش خاک مؤثر باشند. استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و دورسنجی می‌تواند به شناسایی مناطق آسیب‌پذیر و برنامه‌ریزی برای مدیریت بهینه منابع خاک کمک کند (Ouri et al., 2020).

علاوه بر این، فناوری‌های جدید در زمینه کشاورزی مانند آبیاری هوشمند و سیستم‌های پیش‌بینی آب و هوا می‌توانند به کاهش هدررفت منابع آب و بهبود عملکرد کشاورزی کمک کنند (Jafari & Fozooni, 2012). این نوآوری‌ها همچنین می‌توانند به کشاورزان در اتخاذ تصمیمات بهتر و مؤثرتر در راستای مدیریت منابع طبیعی کمک کنند.

۳-۴. برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری منابع طبیعی

برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری مؤثر در زمینه مدیریت منابع طبیعی و مقابله با فرسایش خاک یکی از ارکان مهم برای توسعه پایدار در آذربایجان غربی است. این برنامه‌ها باید شامل تدوین استراتژی‌های جامع و پیوسته‌ای باشند که به‌طور خاص به نیازها و شرایط منطقه پاسخ دهند (Khan & Ahmed, 2024).

توسعه سیاست‌های حمایتی برای کشاورزان به‌منظور تشویق به استفاده از روش‌های پایدار و نوین در کشاورزی، و همچنین افزایش آگاهی عمومی در مورد اهمیت حفاظت از خاک و منابع آب، از جمله اقداماتی است که باید مورد توجه قرار گیرد (Akbari et al., 2016).

در نهایت، همکاری بین نهادهای دولتی، سازمان‌های غیر دولتی و جوامع محلی در ایجاد و اجرای این سیاست‌ها می‌تواند به موفقیت بیشتر در مقابله با فرسایش خاک و بیابان‌زایی منجر شود.

۵- بررسی تجارب موفق داخلی و بین‌المللی

۵-۱. نمونه‌های موفق از سایر نقاط ایران

در ایران، تجارب موفق در زمینه مقابله با بیابان‌زایی و فرسایش خاک وجود دارد که می‌تواند به عنوان الگوهایی برای آذربایجان غربی مورد استفاده قرار گیرد. برای مثال، در استان یزد، پروژه‌های احیای پوشش گیاهی و مدیریت منابع آب به‌طور مؤثری اجرا شده‌اند که به کاهش فرسایش خاک و احیای اکوسیستم‌های طبیعی منجر شده‌اند (Dragovich, & Amiraslani, 2010). همچنین، در استان خراسان رضوی، استفاده از روش‌های نوین کشاورزی و برنامه‌ریزی برای مدیریت پایدار منابع آب، نتایج مثبتی به همراه داشته است (Zehtabian & Jafari, 2016).

۵-۲. تجارب بین‌المللی در مقابله با بیابان‌زایی

در سطح بین‌المللی، کشورهای مختلف با موفقیت‌های چشمگیری در زمینه مقابله با بیابان‌زایی و فرسایش خاک مواجه شده‌اند. برای مثال، در کشور چین، پروژه‌های بزرگ‌مقیاس در احیای زمین‌های بیابانی و استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی، به موفقیت‌های قابل توجهی منجر شده است (Singh & Jayaraman, 2024). همچنین، در کشورهای آفریقایی مانند کنیا، استفاده از روش‌های سنتی و مشارکتی در مدیریت منابع طبیعی، به حفظ تنوع زیستی و جلوگیری از بیابان‌زایی کمک کرده است (Hosseini & Zenouzi, 2021).

۵-۳. تحلیل مقایسه‌ای و تطبیق با شرایط آذربایجان غربی

تحلیل مقایسه‌ای تجارب موفق داخلی و بین‌المللی نشان می‌دهد که آذربایجان غربی می‌تواند از مدل‌های مختلف در اجرای راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی و فرسایش خاک بهره‌برداری کند. با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و جغرافیایی این منطقه، می‌توان از تجارب موفق در مدیریت منابع آب و خاک، احیای پوشش گیاهی و استفاده از فناوری‌های نوین بهره‌برداری کرد.

۶- چالش‌ها و موانع اجرای راهبردها در آذربایجان غربی

۶-۱. موانع اجتماعی و فرهنگی

یکی از مهم‌ترین موانع اجرای راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی و فرسایش خاک در آذربایجان غربی، موانع اجتماعی و فرهنگی است. عدم آگاهی و آموزش کافی در میان ساکنان محلی، می‌تواند به عدم پذیرش و اجرای مؤثر این راهبردها منجر شود (Hazbavi & Sadeghi, 2015). همچنین، وجود باورها و سنت‌های قدیمی در جامعه می‌تواند در برابر تغییرات جدید مانع ایجاد کند.

۶-۲. چالش‌های اقتصادی و فنی

چالش‌های اقتصادی و فنی نیز از دیگر موانع مهم در اجرای راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی هستند. کمبود منابع مالی و زیرساخت‌های فنی مناسب، می‌تواند به کاهش کارایی برنامه‌ها و پروژه‌های مرتبط با مدیریت منابع طبیعی منجر شود (Hosseini & Zenouzi, 2021).

۶-۳. نقش نهادهای دولتی و غیر دولتی در مدیریت

نهادهای دولتی و غیر دولتی در مدیریت منابع طبیعی و مقابله با بیابان‌زایی نقش کلیدی دارند. اما عدم هماهنگی و همکاری میان این نهادها می‌تواند به بروز مشکلات و ناکامی در اجرای برنامه‌ها منجر شود (Khan & Ahmed, 2024). برای دستیابی به نتایج مطلوب، نیاز است که نهادهای مختلف در یک چارچوب مشترک و هماهنگ عمل کنند و همکاری‌های لازم را در زمینه آموزش و تأمین منابع مالی برقرار سازند.

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۷-۱. خلاصه یافته‌ها و نتایج کلیدی

مطالعه حاضر بر روی وضعیت بیابان‌زایی و فرسایش خاک در آذربایجان غربی، نشان‌دهنده‌ی چالش‌های جدی این منطقه در مواجهه با این پدیده‌ها است. بررسی‌های جغرافیایی و اقلیمی نشان می‌دهد که ویژگی‌های خاص این استان، آن را به یک منطقه آسیب‌پذیر در برابر بیابان‌زایی تبدیل کرده است. عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی، شامل تغییرات اقلیمی، فعالیت‌های انسانی و مدیریت نادرست منابع، منجر به کاهش کیفیت خاک و افزایش فرسایش آن شده است. اثرات اجتماعی و اقتصادی این پدیده‌ها، به ویژه بر معیشت کشاورزان و جوامع محلی، به‌وضوح مشهود است.

تجارب موفق داخلی و بین‌المللی در زمینه مقابله با بیابان‌زایی و فرسایش خاک، نشان‌دهنده‌ی اهمیت استفاده از روش‌های بیولوژیکی، فناوری‌های نوین و برنامه‌ریزی مؤثر در مدیریت منابع طبیعی است. با این حال، چالش‌ها و موانع اجتماعی، اقتصادی و فنی، می‌توانند به‌عنوان مانع جدی در اجرای مؤثر راهبردها عمل کنند.

۷-۲. پیشنهادات برای بهبود مدیریت منابع خاک و آب

۱. توسعه برنامه‌های آموزشی: برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی برای کشاورزان و ساکنان محلی به منظور

افزایش آگاهی درباره اهمیت حفاظت از خاک و آب، و تکنیک‌های کشاورزی پایدار.

۲. استفاده از فناوری‌های نوین: تشویق به استفاده از فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های آبیاری هوشمند و روش‌های

سنجش از دور برای بهینه‌سازی مصرف منابع آب و مدیریت خاک.

۳. **ایجاد زیرساخت‌های لازم:** سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مربوط به مدیریت منابع آبی و خاکی، از جمله تأسیس شبکه‌های آبیاری و زهکشی مناسب.
۴. **تقویت همکاری‌های بین‌نهادی:** ایجاد هماهنگی و همکاری بین نهادهای دولتی، سازمان‌های غیردولتی و جوامع محلی برای اجرای مؤثر برنامه‌های مدیریت منابع طبیعی.
۵. **تدوین سیاست‌های جامع:** توسعه سیاست‌های جامع و پایدار برای مدیریت منابع طبیعی با توجه به نیازها و شرایط محلی، و تعیین اولویت‌ها در این زمینه.

۳-۷. راهکارهای پیشنهادی برای تحقیقات آینده

۱. **تحقیق در زمینه تغییرات اقلیمی:** انجام مطالعات جامع برای بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی بر بیابان‌زایی و فرسایش خاک در آذربایجان غربی و شناسایی راهکارهای مؤثر برای مقابله با آن‌ها.
۲. **بررسی تکنیک‌های نوین:** تحقیق و ارزیابی تأثیرات استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی و مدیریت منابع بر بهبود وضعیت خاک و آب.
۳. **مطالعه مقایسه‌ای:** انجام مطالعات مقایسه‌ای بین تجربیات موفق داخلی و بین‌المللی برای شناسایی بهترین شیوه‌ها و الگوهای مؤثر در مدیریت منابع طبیعی.
۴. **تحقیق در زمینه تأثیرات اجتماعی:** بررسی تأثیرات اجتماعی و فرهنگی بیابان‌زایی و فرسایش خاک بر جوامع محلی و شناسایی راهکارهای مؤثر برای جلب مشارکت آن‌ها در برنامه‌های مدیریت منابع.
۵. **پژوهش در زمینه احیای اکوسیستم‌ها:** تحقیقات در زمینه روش‌های احیای پوشش گیاهی و مدیریت زیست‌بوم‌ها به‌عنوان راهکارهایی برای کاهش بیابان‌زایی و فرسایش خاک.

منابع

1. Afzali, S. F., Jafari, M., & Zehtabian, G. R. (2021). Quantitative assessment of environmental sensitivity to desertification using the modified MEDALUS model in a semiarid area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(12), Article 789.
2. Ahmed, S., & Khan, S. (2024). An overview of global desertification control efforts: Key challenges and overarching solutions. *Land Degradation & Development*, 35(1), 1-15.
3. Akbari, M., Jafari, M., & Zehtabian, G. R. (2016). Desertification risk assessment and management program. *Journal of Arid Land*, 8(5), 685-698.
4. Amiraslani, F., & Dragovich, D. (2010). Cross-sectoral and participatory approaches to combating desertification: The Iranian experience. *Environmental Science & Policy*, 13(1), 1-9.

5. Boali, A., Jafari, M., & Zehtabian, G. R. (2018). Evaluating the potential of Bayesian networks for desertification assessment in arid areas of Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(8), Article 487.
6. Ekhtesasi, M. R., & Mohajeri, S. (2029). Investigation of wind erosion process for estimation, prevention, and control of DSS in Yazd–Ardakan plain. *Journal of Environmental Management*, 249, 109-123.
7. Fozooni, S., & Jafari, M. (2012). Assessment of desertification using the modified MEDALUS model in Sistan plain (The east of Iran). *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(12), 7439-7450.
8. Jafari, M., & Zehtabian, G. R. (2016). Quantitative mapping and assessment of environmentally sensitive areas to desertification in central Iran. *Land Degradation & Development*, 27(2), 329-341.
9. Jayaraman, S., & Singh, A. (2024). Combating land degradation: Global challenge, local solutions. *Land Use Policy*, 140, 105314.
10. Kassas, M. (1995). Desertification: A general review. *Desertification Control Bulletin*, 24(1), 4-8.
11. Kim, J., & Lee, S. (2021). The use of InSAR phase coherence analyses for the monitoring of aeolian erosion. *Remote Sensing*, 13(8), 1590.
12. Mirdeilami, S. Z., & Jafari, M. (2019). The role of local settlements in combating desertification of Isfahan's desert rangelands. *Ecological Engineering*, 136, 155-164.
13. Modarres, R. (2007). Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Arid Environments*, 69(3), 531-547.
14. Ouri, V., Jafari, M., & Zehtabian, G. R. (2020). Soil erosion susceptibility mapping in Kozetopraghi catchment, Iran: A mixed approach using rainfall simulator and data mining techniques. *Environmental Earth Sciences*, 79(11), 1-15.
15. Sadeghi, S. H., & Hazbavi, Z. (2015). Soil erosion in Iran: Issues and solutions. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(4), 1233-1240.
16. Sadeghravesh, M. H., Jafari, M., & Zehtabian, G. R. (2016). Assessment of combating-desertification strategies using the linear assignment method. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(5), Article 257.
17. Samani, S., Jafari, M., & Zehtabian, G. R. (2014). Indigenous knowledge and techniques of runoff harvesting (Bandsar and Khooshab) in arid and semi-arid regions of Iran. *Water Resources Management*, 28(3), 757-769.

18. Sepehr, A., & Didehban, K. (2007). Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environmental Monitoring and Assessment*, 125(1-3), 149-163.
19. Vieira, R. M. S. P., & Tomasella, J. (2014). Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. *Land Degradation & Development*, 25(2), 187-198.
20. Zenouzi, S., & Hosseini, S. M. (2021). Selecting phototrophic species of native biocrusts in arid and semi-arid regions. *Journal of Arid Land*, 13(2), 263-272.