

بررسی حساسیت اراضی به فرسایش آبی و بادی با استفاده از مدل Raizal (مطالعه موردی: اراضی آبیک)

- ❖ راضیه صفی یاری: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی علوم خاک، دانشگاه تهران
- ❖ فریدون سرمیدان*: استاد دانشکده مهندسی علوم خاک، دانشگاه تهران
- ❖ احمد حیدری: دانشیار دانشکده مهندسی علوم خاک، دانشگاه تهران
- ❖ شیرین یونسی: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی علوم خاک، دانشگاه تهران

چکیده

ارزیابی فرسایش پذیری خاک امری ضروری است تا برای جلوگیری از تخریب آن در آینده به دلیل استفاده بیش از حد از ظرفیت ذاتی خاک و مدیریت نامناسب تداوری اندیشیده شود. به همین منظور، در این مطالعه، تخریب پذیری اراضی آبیک به فرسایش آبی و بادی برای کاربری های زراعی و مرتع، با استفاده از مدل Raizal، از زیرمدل های میکرولیز، ارزیابی شد. اطلاعات مورفولوژیکی و تجزیه فیزیکی و شیمیایی از بررسی و مطالعه ۳۲ پروفیل خاک اخذ گردید. اطلاعات زراعی - اقلیمی و مدیریتی، شامل درجه حرارت و بارندگی، از داده های هواشناسی ایستگاه کلیماتولوژی باغ کوثر برای ۱۷ سال اخیر جمع آوری شد. برای بررسی اثر تغییرات اقلیمی در ارزیابی اراضی این منطقه، برای سال ۲۰۸۰ میلادی (طی ۷۰ سال آینده)، از منبع گزارش های سازمان تغییرات اقلیمی (IPCC) مختص غرب آسیا استفاده شد. تیپ های بهره وری مورد نظر برای ارزیابی گندم، ذرت، جو، و یونجه است. نتایج به دست آمده از مطالعات ارزیابی تخریب پذیری اراضی به فرسایش آبی و بادی با زیرمدل Raizal در محیط GIS به صورت نقشه تهیه گردید. اطلاعات به دست آمده از مدل های تخریب پذیری اراضی به فرسایش بادی، در هر دو کاربری زراعی و مرتع، نشان دهنده خطر تخریب پذیری درصد وسیعی از اراضی منطقه با شرایط مدیریت فعلی است که نتایج ارزیابی روش های مدیریتی پیشنهادی به بهبود کلاس های تخریب پذیری خواهد انجامید.

واژگان کلیدی: آبیک، تغییر اقلیم، سیستم میکرولیز، فرسایش آبی و بادی، مدل Raizal.

مقدمه

اراضی حاصل می‌شود، هدف اصلی ارزیابی اراضی است.

در برنامه‌ریزی به جهت استفاده از اراضی و آمایش سرزمین، نیاز به روش‌های کمی در ارزیابی اراضی احساس می‌شود. کاربرد نرم‌افزار و مدل‌های مختلف امکان تصمیم‌گیری برای منطقه بسیار وسیع را در مدت زمان کمتری فراهم خواهد ساخت. در نتیجه، هر گونه تغییر اقلیمی آینده و یا داده‌های خاکی با در اختیار داشتن مدل بسیار سهل‌الوصول و مقابله با آن و یا اتخاذ صحیح‌ترین تصمیم برای بهره‌وری بیشتر همراه با حفظ خاک برای آینده عملی خواهد بود. ارزیابی فرسایش‌پذیری خاک امری ضروری است تا برای جلوگیری از تخریب آن در آینده به دلیل استفاده بیش از حد از ظرفیت ذاتی خاک و مدیریت نامناسب تدایمی اندیشیده شود. بنابراین، برای رسیدن به مرحله تصمیم‌گیری و مدیریت اراضی لازم است که بین نیازهای مختلف استفاده مورد نظر با خصوصیات اراضی ارتباط برقرار شود و این فرایند با ارزیابی صورت می‌گیرد. در اوایل ۱۹۹۰، میکرولیز، به عنوان سیستم تصمیم‌گیری اگرواکولوژیکی و پاسخی به مجموعه روش‌های ارزیابی کیفی اراضی با برنامه‌های کامپیوتری، مطرح شد و امروزه به عنوان ابزاری مفید برای تصمیم‌گیری در دامنه وسیعی از اراضی به کار می‌رود. سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز به دو دسته تقسیم می‌شود: ارزیابی تناسب اراضی^۱؛ ارزیابی تخریب‌پذیری اراضی^۲ این سیستم جمعاً با ۱۲ مدل قابلیت اجرا دارد و تعامل نتایج کلی به کسب کشاورزی و مدیریت پایدار^۳ منجر می‌شود. پدیده فرسایش خاک یکی از عوامل بسیار مهم در کشاورزی

هرگونه بهره‌برداری از زمین، که فراتر از توانمندی آن باشد، در درازمدت باعث تخریب و کاهش باروری آن می‌شود. بنابراین، یافتن شیوه‌های جدید و استفاده بهینه از زمین همراه با مدیریت کارآمد باعث کاهش شاخص‌های تخریب‌پذیری آن و افزایش بهره‌وری می‌شود. فقدان توازن میان عرضه (تولید محصولات کشاورزی) و تقاضا (افزایش بی‌رویه جمعیت و نیاز به تأمین غذا) در کشورهای در حال توسعه، مانند کشورهای خاورمیانه، به فرسایش دوسوم اراضی قابل کشت در فاصله سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۰ انجامیده است [۱]. با این مقدمه می‌توان گزارش سازمان خواربار جهانی (FAO) را، مبنی بر کاهش ۸۵ درصدی سطح اراضی کشاورزی- یعنی ۳۰۳۰ میلیون هکتار از سال ۱۹۹۳ به کمتر از ۰/۱۵ هکتار در سال ۲۰۵۰ به ازای هر نفر- دریافت [۲].

با توجه به کاهش سطح زیر کشت و تغییرات پیش‌بینی شده برای آینده، باید به فکر استفاده صحیح همراه با ارائه روش‌های مدیریتی کارآمد برای بهره‌برداری از اراضی بر اساس شناخت ظرفیت تولید اراضی و اختصاص آن‌ها به بهترین و سودآورترین نوع کاربری باشیم، تا، ضمن کسب حداکثر بهره‌وری از آن، در حفظ منابع طبیعی نیز کوشا باشیم. مدیریت پایدار اراضی با جلوگیری از تخریب خاک و اراضی، عامل تثبیت و تضمین تولید پایدار برای نسل‌های آتی است و به نظر می‌رسد تنها راه حل ممکن برای مشکل تخریب منابع طبیعی باشد. ارزیابی اراضی روشی قطعی است برای پیش‌گویی قابلیت و استعداد اراضی با تأثیر توأم تغییرات کاربری اراضی و اقلیمی بر یکدیگر. کشاورزی پایدار، که از تعامل نتایج ارزیابی تناسب و تخریب‌پذیری

1. Land Suitability Evaluation
2. Land Vulnerability Evaluation
3. Sustainability

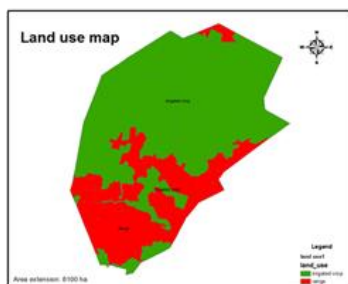
دو دوره مطالعاتی (دوره کنونی و سال ۲۰۸۰) ثابت خواهد بود. حدود ۳۱٪ اراضی در کلاس‌های فاقد فرسایش (۷۱)، ۳۰٪ اراضی در کلاس‌های فرسایش خیلی کم (۷۲)، ۱۹٪ اراضی در کلاس‌های فرسایش متوسط کم (۷۴)، ۳٪ اراضی در کلاس‌های فرسایش جزئی کم (۷۵)، و ۵٪ اراضی در کلاس‌های جزئی زیاد (۷۶) قرار دارند. فرسایش بادی در محدوده مورد مطالعه در سه کلاس ۷۸، ۷۹، و ۷۱۰ قرار می‌گیرد. تغییرات اقلیمی باعث افزایش بسیار زیاد اراضی با کلاس تخریب‌پذیری ۷۱۰ (فوق‌العاده تخریب‌پذیر) شده است. در تحقیقی، برای بررسی کاربرد سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز، به عنوان روشی تازه در ارزیابی تناسب اراضی، در منطقه خشک ایوانکی سمنان، مشخص شد که مدل میکرولیز از کارایی مناسبی در ارزیابی هم‌زمان تناسب و تخریب‌پذیری اراضی در مناطق خشک، نظیر ایوانکی، برخوردار است و این مدل برای بررسی سناریوهای احتمالی و تصمیم‌گیری‌های مناسب در جهت بهبود وضعیت تخریب‌پذیری اراضی مناسب است [۸]. نیز با استفاده از مدل Raizal خطر فرسایش خاک را در منطقه سویلا بررسی کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که بیشترین خطر برای گیاه زیتون است و برخی مکان‌ها بیشترین حساسیت را به از دست دادن خاک نشان دادند که چیزی حدود 10 t/ha بود [۹]. بنابراین، برای دستیابی به مدیریت پایدار اراضی و تحقق کشاورزی پایدار برنامه‌ریزی‌های لازم ضروری است، زیرا با ارزیابی دقیق اراضی و کاهش آثار تخریبی خاک و اراضی قابل کشت فضای مطمئنی برای تولید فراهم می‌شود و حقوق نسل‌های آینده در بهره‌برداری از منابع طبیعی نیز محفوظ می‌ماند. در همین چارچوب و بر پایه ضرورت‌های موجود، اهداف اصلی این مطالعه عبارت است از

و عامل اصلی نابودی بسیاری از زمین‌های حاصل‌خیز کشاورزی و تبدیل آن به مکان‌های غیرقابل کشت است. مدل Raizal، از زیرمدل‌های میکرولیز، خطر تخریب‌پذیری اراضی به فرسایش آبی و بادی را ارزیابی می‌کند [۳].

مدل‌های ارزیابی، به‌طور گسترده، در مطالعات خطر تخریب‌پذیری و تناسب اراضی برای سیستم‌های مختلف کشاورزی در بسیاری از مناطق جغرافیایی با تلفیق تکنیک GIS به‌کار گرفته شده است. بسیاری از این کارها با آنالیزهای مورد تأیید دیگری و نتایج پیش‌گویی با روش‌های دیگری تخمین زده شد [۴]. یک نسخه اصلاح‌یافته از مدل Raizal است. این مدل در کشور ایتالیا برای کمی‌کردن رسوبات بر اساس کلاس‌های کیفی از خطر فرسایش انجام گرفته است. در این بررسی به منظور مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از مدل Raizal، از فرمول برنامه‌ریزی شده با فورنیه استفاده شد. هر دو روش مقادیر مشابهی برای انتقال رسوب نشان داد. این مطالعه قابلیت اطمینان و اعتبار مدل Raizal را در پیش‌بینی بیشترین فرسایش در یک منطقه نشان داد [۵]. این مدل را نیز برای مناطقی از مصر به‌کار بردند [۶]، ولی فقط از زیرمدل‌های تناسب اراضی سیستم مذکور استفاده نمودند و تخریب‌پذیری اراضی را بررسی نمودند [۷]. در مطالعه خود در منطقه اهر سیستم تصمیم‌گیری میکرولیز را، به عنوان روشی تازه در ارزیابی تناسب اراضی، بررسی کرد. حساسیت تخریب‌پذیری محدوده مورد مطالعه، بر اساس نتایج محاسبات مدل Raizal، نشان داد که استعداد ایجاد فرسایش بادی در مقایسه با فرسایش آبی در منطقه مورد مطالعه برای هر سه حالت تخریب‌پذیری - قابل حصول، مدیریتی، و واقعی - بیشتر است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مقدار فرسایش آبی قابل دسترس در هر

منظور ارزیابی وضعیت اقلیمی منطقه از اطلاعات این ایستگاه استفاده شد. بر پایه آمار هفده ساله ایستگاه کليما تولوژی باغ کوثر، مقدار بارندگی سالانه ۲۷۸ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه ۱۳/۸۸ درجه سانتی‌گراد، متوسط مینیمم دمای سالانه ۴/۸۶- درجه سانتی‌گراد، و متوسط ماکزیمم دمای سالانه ۳۵/۵ درجه سانتی‌گراد است. برای بررسی اثر تغییرات اقلیمی در ارزیابی اراضی این منطقه برای سال ۲۰۸۰ میلادی از منبع گزارش‌های سازمان تغییرات اقلیمی (IPCC) مختص غرب آسیا استفاده شد.

منطقه مطالعاتی دارای رژیم حرارتی خاک ترمیک و رژیم رطوبتی خاک اریدیک ضعیف است. خاک‌های منطقه مورد مطالعه بر اساس سیستم جامع رده‌بندی امریکایی خاک‌ها [۱۰] در رده اریدی سول قرار گرفت. در مطالعات میدانی، با استفاده از دستگاه GPS و نقشه اولیه، محل پروفیل‌ها تعیین شد و ۳۲ پروفیل حفر شد و پروفیل‌ها بر اساس روش‌های استاندارد تشریح شد [۱۱]. اطلاعات لازم در کارت‌های تشریح یادداشت شد. برای انجام دادن مطالعات آزمایشگاهی، نخست ۱۱۲ نمونه دست‌خورده خاک تهیه شد و در هوا خشک شد و پس از کوبیدن و خرد شدن از الک استاندارد ۲ میلی‌متر عبور داده شد و خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک‌ها بر اساس روش‌های استاندارد تعیین شد [۱۲]. شکل ۲ نقشه کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

ارزیابی تخریب‌پذیری اراضی منطقه مورد مطالعه به فرسایش آبی و بادی با استفاده از مدل Raiza (از زیرمدل‌های میکرولیز)، تقلیل زمان اختصاص یافته به اجرای عملیات ارزیابی اراضی، صیانت از منابع طبیعی برای انتفاع طولانی‌مدت از آن‌ها، و افزایش تولید و سودآوری برای کشاورزان.

مواد و روش‌ها

مشخصات عمومی منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در منطقه آبیک- با انواع مختلف واحدهای فیزیوگرافی، شامل دشت دامنه‌ای، اراضی پست، و فلات- در شرق استان قزوین انجام شد. منطقه مورد مطالعه دارای وسعتی معادل ۸۱۰۰ هکتار و شیب صفر تا دو درصد است که بین طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱ دقیقه شمالی واقع شده است. پست‌ترین ناحیه آن ۱۱۶۶ متر ارتفاع دارد و بلندترین نقطه آن نیز دارای ارتفاع ۱۲۴۹ متر از سطح دریاست (شکل ۱). شهرستان آبیک آب و هوای معتدل و نیمه‌خشک دارد. مهم‌ترین ایستگاه اقلیمی تأثیرگذار در منطقه مورد مطالعه ایستگاه کليما تولوژی باغ کوثر است. این ایستگاه در طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴ دقیقه شمالی واقع شده و دارای ارتفاع ۱۲۲۵ متر از سطح دریای آزاد است. به



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

تشریح مدل

مدل Raizal از یک برنامه نرم‌افزاری PC-BaSed مشتق شد. این مدل توسط یک گروه از پژوهشگران اروپایی و با رهبری دلاروزا توسعه یافت و در مناطق مختلف مدیترانه‌ای با موفقیت آزمون شد. در این مدل به جنبه‌های مدیریتی و تکنولوژیکی مشخصات اراضی، برای تعریف واحدهای اراضی، توجه ویژه‌ای شده است. میزان تخریب‌پذیری ذاتی اراضی با تغییر شرایط اقلیمی و مدیریتی تغییر می‌یابد. با استفاده از این مدل می‌توان تأثیر تغییرات ایجادشده در ویژگی‌های اقلیمی یک منطقه و شرایط مدیریت زراعی را جداگانه و توأم بر روی خطر فرسایش آبی و بادی خاک ارزیابی کرد، مثلاً تغییر اقلیم روی تخریب اراضی از جهت فرسایش آبی. بنابراین، با استفاده از قدرت بالای مانوردهی داده‌های ورودی، می‌توان مقدار فرسایش آبی و بادی را برای قرن آینده نیز تخمین زد.

همچنین، با داشتن این اطلاعات و روش‌های جلوگیری از فرسایش آبی (روش‌های زودگذر و موقتی، کشت کنتوری و یا ترانس‌بندی) و فرسایش بادی (احداث بادشکن، ایجاد پناهگاه‌های حفاظتی، و روش‌های موقتی) برای جلوگیری از تخریب خاک می‌توان اقدامات معمول را به عمل آورد.

با استفاده از فهرست اصلی، مدل Raizal انتخاب شد. گزینه اول این مدل واردنمودن داده‌هاست. برای توسعه و کاربرد مدل Raizal، تعریف دوره مطالعاتی مورد نظر با استفاده از کدهای مشخص ضروری است. تعداد واحدهای اراضی مورد مطالعه در این دوره تعریف شده می‌تواند بی‌شمار باشد و در این مطالعه ۲۳ واحد اراضی تجزیه و تحلیل شد. داده‌های مورد نیاز اقلیمی، خاک، و مدیریتی برای هر دوره مطالعاتی مستقیماً از طریق صفحه کلید رایانه وارد مدل شد.

داده‌های خاک، که به عنوان معیارهای تشخیصی در مدل Raizal استفاده می‌شود، شامل خصوصیات مکانی (عرض و طول جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، گرادیان شیب، شکل زمین، سنگلاخی‌بودن، زه‌کشی، عمق آب زیرزمینی، و موقعیت) و خصوصیات افق‌ها (بافت، درصد ماده آلی، درصد سدیم تبادل) است. این مدل به‌طور خودکار شاخص رطوبت و شاخص نسبی رطوبت به فورنیه را محاسبه می‌کند. این متغیرهای اقلیمی محاسبه‌شده میزان فرسایش‌پذیری واحدهای اراضی مورد مطالعه را ارائه می‌کند. فرایند ارزیابی حساسیت اراضی به فرسایش با در نظر گرفتن مجموعه کیفیت‌های اراضی^۱ (LQ) و کیفیت‌های مدیریتی^۲ (MQ) به روش درخت تصمیم‌گیری انجام می‌شود. هر کدام از کیفیت‌های اراضی و مدیریتی با تعدادی خصوصیات اراضی یا مدیریتی مشخص شده و کلاس‌بندی نهایی فرسایش آبی^۳ (VCW) و بادی^۴ (VCD) انجام خواهد شد.

نتایج ارزیابی به صورت سه نوع تخریب‌پذیری برای هر یک از انواع فرسایش آبی و بادی ارائه می‌شود: تخریب‌پذیری قابل حصول (بر حسب شرایط فیزیکی اراضی شامل خاک، اقلیم، و منطقه)؛ مدیریتی (با در نظر گرفتن ویژگی‌های مدیریتی اراضی)؛ واقعی (حاصل تلفیق کلاس‌های تخریب‌پذیری قابل حصول و مدیریتی). کلاس‌های تخریب فرسایش خاک توسط مدل Raizal برای تخریب‌پذیری واقعی و قابل حصول در ۱۰ کلاس از ۷۱ تا ۷۱۰ تعریف شده است [۱۳]. به تدریج به سمت کلاس‌های ۷۱۰ حساسیت اراضی به تخریب بیشتر شده، به‌طوری که فرسایش ممکن

1. Land Qualities
2. Management Qualities
3. Actual Water Vulnerability
4. Actual Wind Vulnerability

کلاس ۷۱ اثر انسان و اعمال مدیریت بر فرسایش خاک ناچیز است و کلاس تخریب‌پذیری وابسته به تخریب‌پذیری قابل حصول است. به تدریج به سمت کلاس‌های ۷۲، ۷۳، ۷۴، و ۷۵ تأثیر مخرب روش‌های مدیریتی بر تناسب اراضی افزایش می‌یابد، به طوری که دستیابی به مدیریت پایدار اراضی دشوار می‌شود. در این حالت مدیریت مذکور برای منابع خاک و آب خطرناک خواهد بود.

است باعث ایجاد فرسایش شیاری (۷۳)، بین‌شیاری (۷۴)، و از بین رفتن بخش‌هایی از افق A (۷۵، ۷۶) تا نابودی کامل خاک سطح (۷۷) و حتی بخش‌هایی از افق B شود. در کلاس ۷۱۰ گالی‌های شدید و عمیقی در خاک ایجاد می‌شود و به همین ترتیب نیاز به اجرای عملیات حفاظتی و احیای خاک از ۷۱ به ۷۱۰ افزایش می‌یابد. پنج کلاس نیز برای تخریب‌پذیری مدیریتی در نظر گرفته شده که شامل کلاس ۷۱ تا ۷۵ است. در

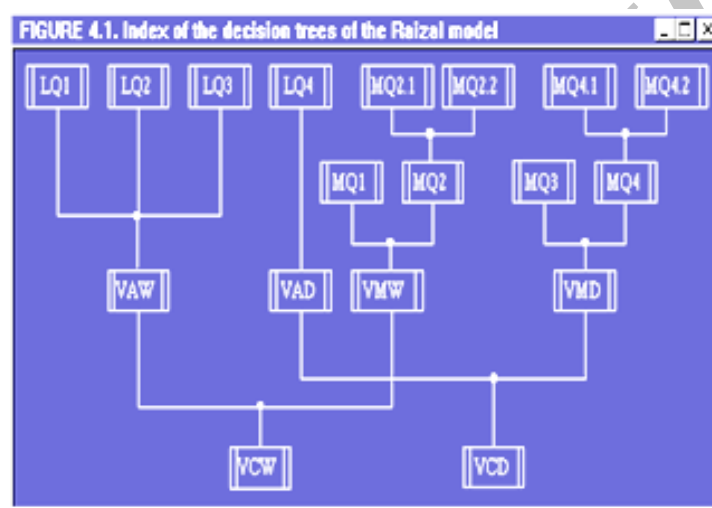


FIGURE 4.1. Index of the decision trees of the Raizal model

LQ: کیفیت اراضی، MQ: کیفیت مدیریتی، VAW: فرسایش آبی قابل حصول، VAD: فرسایش آبی قابل حصول، VMW: فرسایش آبی ناشی از اعمال مدیریتی، VMD: فرسایش بادی ناشی از اعمال مدیریتی، VCW: کلاس‌های فرسایش آبی، VCD: کلاس‌های فرسایش بادی

شکل ۳. شمایی از درخت‌های تصمیم‌گیری به کاررفته در مدل Raizal

فرسایش آبی بخش اعظم اراضی (۸۸ درصد) در کلاس ۷۱ (بدون خطر فرسایش آبی) و مابقی (۱۲ درصد) در کلاس ۷۲ (خطر کم) قرار می‌گیرند، ولی با همین شرایط اراضی مذکور از نظر خطر فرسایش بادی در کلاس‌های ۷۸ (۴۵ درصد)، ۷۹ (۳۲ درصد)، و ۷۱۰ (۲۳ درصد) واقع می‌شوند. عامل مهم در عدم حساسیت یا حساسیت ناچیز اراضی مورد مطالعه به فرسایش آبی شیب خیلی کم اراضی (۲ درصد) و بافت ریز خاک است. همچنین، از عوامل مهم حساسیت بالای اراضی مذکور به فرسایش بادی می‌توان اشاره کرد

نتایج

خطر تخریب‌پذیری اراضی منطقه آبییک به فرسایش آبی و بادی توسط مدل Raizal تعیین شد. این مدل در مرحله اول خطر فرسایش خاک را با عنوان تخریب‌پذیری قابل حصول (بر حسب شرایط فیزیکی اراضی شامل خاک، اقلیم، و منطقه) ارائه می‌دهد که برای هر دو کاربری زراعی و مرتع در جداول ۱ تا ۴ آورده شده است.

به طوری که نتایج تخریب‌پذیری قابل حصول (جداول ۱ و ۲) نشان می‌دهد، شرایط فیزیکی اراضی زراعی مورد مطالعه به گونه‌ای است که در رابطه با

جدول ۳. کلاس‌های تخریب‌پذیری قابل حصول به فرسایش آبی و بادی در اراضی منطقه آبیگ برای کاربری‌های مرتع

شماره پروفیل	آبی	بادی
۵	V2	V10e
۶	V1	V9e
۷	V2	V10e
۹	V2	V9e
۱۰	V2	V9e
۱۳	V2	V9e
۱۶	V1	V9e
۲۲	V2	V9e
۲۳	V2	V9e
۲۴	V2	V10e
۲۵	V2	V9e
۲۷	V2	V9e

e: فرسایش‌پذیری نسبت به فرسایش بادی

جدول ۴. کلاس‌های تخریب‌پذیری قابل حصول اراضی به فرسایش آبی و بادی در اراضی منطقه آبیگ برای کاربری‌های مرتع بر حسب درصد کل منطقه

کلاس‌های فرسایش	آبی	بادی
V1	۱۳	۰
V2	۸۷	۰
V3	۰	۰
V4	۰	۰
V5	۰	۰
V6	۰	۰
V7	۰	۰
V8	۰	۰
V9	۰	۷۵
V10	۰	۲۵

در مورد اراضی مرتعی، همان‌طور که جداول ۳ و ۴ نشان می‌دهد، شرایط فیزیکی اراضی مورد مطالعه به گونه‌ای است که ۸۷ درصد اراضی دارای خطر کم (V۲) است و مابقی بدون خطر فرسایش آبی. ولی با همین شرایط ۷۵ درصد اراضی مذکور از نظر خطر فرسایش بادی دارای خطر خیلی زیاد (V۹) است و ۲۵ درصد دارای خطر شدید (V۱۰). با توجه به اینکه اراضی مرتعی منطقه مورد مطالعه از نظر پوشش

به خشکی خاک به دلیل پایین بودن سطح آب زیرزمینی و مقدار کم مواد آلی خاک (کمتر از دو درصد).

جدول ۱. کلاس‌های تخریب‌پذیری قابل حصول به فرسایش آبی و بادی در اراضی منطقه آبیگ برای کاربری‌های زراعی

شماره پروفیل	آبی	بادی
۱	V1	V9e
۲	V1	V10e
۳	V1	V10e
۴	V1	V8e
۸	V2	V10e
۱۱	V2	V9e
۱۲	V2	V10e
۱۴	V2	V10e
۱۵	V2	V10e
۱۷	V1	V10e
۱۸	V1	V9e
۱۹	V1	V9e
۲۰	V1	V8e
۲۱	V2	V10e
۲۶	V1	V8e
۲۸	V1	V8e
۲۹	V1	V8e
۳۰	V1	V9e
۳۱	V1	V9e
۳۲	V2	V10e

e: فرسایش‌پذیری به فرسایش بادی

جدول ۲. کلاس‌های تخریب‌پذیری قابل حصول اراضی به فرسایش آبی و بادی در اراضی منطقه آبیگ برای کاربری‌های زراعی بر حسب درصد کل منطقه

کلاس‌های فرسایش	آبی	بادی
V1	۸۸	۰
V2	۱۲	۰
V3	۰	۰
V4	۰	۰
V5	۰	۰
V6	۰	۰
V7	۰	۰
V8	۰	۴۵
V9	۰	۳۲
V10	۰	۲۳

فرساینده گی باد نظیر بادشکن و بذرپاشی و کاهش
چرا ضروری می‌نماید.

گیاهی تراکم کمی دارد و حساسیت بالای این اراضی
به فرسایش بادی تغییر روش‌های مدیریت فعلی و
کاربرد تکنیک‌های حفاظت خاک در برابر قدرت

جدول ۵. خصوصیات اکولوژیکی و فیزیولوژیکی محصولات مورد مطالعه برای استفاده در مدل Raizal

محصولات مورد	طول فصل رشد	سطح ویژه برگ	ارتفاع گیاه (m)	بیشترین عمق ریشه (m)	تاریخ کشت
گندم	۲۴۰	۲۴	۰٫۹	۱٫۱۴	پاییز - زمستان
ذرت	۱۲۵	۳۵	۲٫۱۰	۱٫۱۰	بهار - تابستان
جو	۲۰۰	۲۷	۰٫۷۵	۱	پاییز - زمستان
یونجه	۳۶۵	-	۰٫۵	۲	پاییز - زمستان

V3u	V4z	۱۷
V3u	V4z	۱۸
V3u	V4z	۱۹
V3u	V4z	۲۰
V3u	V4z	۲۱
V3u	V4z	۲۶
V3u	V4z	۲۸
V3u	V4z	۲۹
V3u	V4z	۳۰
V3u	V4z	۳۱
V3	V2	۳۲

جدول ۷. تخریب‌پذیری مدیریتی فرسایش آبی و بادی با شرایط مدیریت فعلی برای محصول ذرت

شماره پروفیل	آبی	بادی
۱	V4oz	V4u
۴	V4oz	V4u
۱۷	V4oz	V4u
۱۸	V4oz	V4u
۱۹	V4oz	V4u
۲۰	V4oz	V4u
۲۱	V4oz	V4u
۲۶	V4oz	V4u
۳۰	V4oz	V4u

جدول ۸. تخریب‌پذیری مدیریتی فرسایش آبی و بادی با شرایط مدیریت فعلی برای محصول جو و یونجه

شماره پروفیل	آبی	بادی
۱۴	V4z	V4u
۲۰	V4z	V4u
۲۸	V4z	V4u
۲۹	V4z	V2u

Z: عملیات زراعی مؤثر در فرسایش آبی

در منطقه مورد مطالعه برای تهیه بستر کشت
محصولات مورد مطالعه از روش‌های شخم ستی
(روش‌های معمول) استفاده شد که به صورت شخم
سطحی با استفاده از دیسک و کولتیواتور است. بقایای
گیاهی اغلب سوزانده و یا برای چرای دام رها می‌شود.
منطقه فاقد زه‌کشی مصنوعی است و هیچ گونه اعمال
حفاظتی در برابر فرسایش آبی و بادی صورت نمی‌گیرد.
تناوب زراعی متفاوت است و اغلب به صورت تناوب
گندم- آیش، گندم- ذرت، گندم- جو- ذرت، گندم-
جو، و گندم- یونجه است. جدول ۵ خصوصیات
اکولوژیکی و فیزیولوژیکی محصولات مورد مطالعه
برای استفاده در مدل Raizal را نشان می‌دهد. جداول ۶
تا ۹ نیز نتایج تخریب‌پذیری مدیریتی فرسایش آبی و
بادی را، با شرایط مدیریت فعلی، برای منطقه آبیک برای
کاربری‌های زراعی نشان می‌دهد.

جدول ۹. تخریب‌پذیری مدیریتی فرسایش آبی و بادی با شرایط مدیریت فعلی برای محصول گندم

شماره پروفیل	آبی	بادی
۱	V4z	V3u
۲	V4z	V3u
۳	V4z	V3u
۴	V4z	V3u
۸	V4z	V3u
۱۱	V4z	V3u
۱۲	V4z	V3u
۱۵	V4z	V3u

قرار دارند، کلاس تخریب‌پذیری مدیریتی ۷۴ (خطر بالا) دارند. همچنین، اراضی مذکور نسبت به خطر فرسایش بادی و برای تیپ‌های بهره‌برداری از اراضی مورد نظر در کلاس تخریب‌پذیری مدیریتی ۷۳ (خطر نسبتاً زیاد) و ۷۴ (خطر زیاد) قرار می‌گیرند. ریشه یونجه، به دلیل سطح زیاد تاج پوشش گیاه و فاصله کمتر ردیف‌های آن، در کلاس تخریب‌پذیری ۷۲ قرار می‌گیرد. میزان فرسایش بادی نیز تحت تأثیر گونه‌های گیاهی است. با توجه به اینکه تعداد بوته‌های پوشش گیاهی بیش از گسترش شاخه‌های هوایی آن اهمیت دارد، تأثیر گیاهانی که نزدیک به هم کشت می‌شوند،

جدول ۹. کلاس‌های تخریب‌پذیری مدیریتی به فرسایش آبی و بادی در اراضی منطقه آبیک برای کاربری‌های زراعی برحسب درصد کل منطقه

کلاس‌های فرسایش	آبی	بادی
V1	۰	۰
V2	۲	۲
V3	۰	۵۸
V4	۹۸	۴۰
V5	۰	۰

نتایج تخریب‌پذیری مدیریتی فرسایش آبی و بادی (جداول ۶ تا ۹) نشان می‌دهد که کلیه اراضی مورد مطالعه، از نظر خطر فرسایش آبی، هنگامی که زیر کشت محصولات زراعی (گندم، جو، یونجه، و ذرت)

جدول ۱۰. کلاس‌های تخریب‌پذیری واقعی به فرسایش آبی و بادی با شرایط فعلی منطقه آبیک برای محصول گندم

شماره پروفیل	آبی	بادی
۱	V3(-/oz)	V9(e/u)
۲	V3(-/z)	V9(e/u)
۳	V3(-/z)	V9(e/u)
۴	V3(-/z)	V8(e/u)
۸	V6(-/z)	V9(e/u)
۱۱	V6(-/z)	V9(e/u)
۱۲	V6(k/z)	V9(e/u)
۱۵	V6(k/z)	V9(e/u)
۱۷	V3(-/z)	V9(e/u)
۱۸	V3(-/z)	V9(e/u)
۱۹	V3(-/z)	V9(e/u)
۲۰	V3(-/z)	V8(e/u)
۲۱	V6(-/z)	V9(e/u)
۲۶	V3(-/z)	V8(e/u)
۲۸	V3(-/z)	V8(e/u)
۲۹	V3(-/z)	V8(e/u)
۳۰	V3(-/z)	V9(e/u)
۳۱	V3(-/z)	V9(e/u)
۳۲	V2(-/-)	V9(e/-)

به طوری که دست‌یابی به مدیریت پایدار اراضی دشوار می‌شود. در این حالت، مدیریت مذکور برای منابع خاک و آب خطرناک خواهد بود. کلاس‌های تخریب‌پذیری واقعی با شرایط مدیریت فعلی برای منطقه آبیک با تلفیق کلاس‌های تخریب‌پذیری قابل حصول و مدیریتی به شرح جداول ۱۰ تا ۱۳ است.

مانند گندم، در کاهش فرسایش بادی بیش از نباتات ردیفی، مانند ذرت، است. از طرفی، گندم در زمانی از سال، که زمین حساس به فرسایش است، پوشش زیادی را تولید می‌نماید و فرسایش بادی را بیشتر کنترل می‌کند [۱۴]. کلاس‌های تخریب‌پذیری مدیریتی نشان‌دهنده تأثیر مخرب روش‌های مدیریتی بر تناسب اراضی است،

جدول ۱۱. کلاس‌های تخریب‌پذیری واقعی به فرسایش آبی و بادی با شرایط فعلی منطقه آبیک برای محصول ذرت

شماره پروفیل	آبی	بادی
۱	V3(-/oz)	V10(e/u)
۴	V3(-/oz)	V10(e/u)
۱۷	V3(-/oz)	V10(e/u)
۱۸	V3(-/oz)	V10(e/u)
۱۹	V3(-/oz)	V10(e/u)
۲۰	V3(-/oz)	V10(e/u)
۲۱	V6(-/oz)	V10(e/u)
۲۶	V3(-/oz)	V10(e/u)
۳۰	V3(-/oz)	V10(e/u)

جدول ۱۲. تخریب‌پذیری واقعی به فرسایش آبی و بادی با شرایط مدیریت فعلی برای محصول جو و یونجه

شماره پروفیل	آبی	بادی
۱۴	V6(-/z)	V10(e/u)
۲۰	V3(-/z)	V10(e/u)
۲۸	V3(-/z)	V10(e/u)
۲۹	V3(-/z)	V8(e/u)

جدول ۱۳. کلاس‌های تخریب‌پذیری واقعی به فرسایش آبی و بادی در اراضی منطقه آبیک برای کاربری‌های زراعی بر حسب درصد کل منطقه

کلاس‌های فرسایش	آبی	بادی
V1	۰	۰
V2	۲	۰
V3	۸۸	۰
V4	۰	۰
V5	۰	۰
V6	۱۱	۰
V7	۰	۲
V8	۰	۲۲
V9	۰	۳۶
V10	۰	۴۰

تخریب پذیری اراضی بسیار مهم است. تأثیر تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده برای دهه‌های ۲۰۸۰ میلادی [۱۵] در میزان تخریب پذیری اراضی به فرسایش آبی و بادی با گزینه ارزیابی شرایط فرضی مدل Raizal ارزیابی شد که نتایج تخریب‌پذیری قابل حصول آن به شرح جدول ۱۴ است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تغییرات اقلیمی در سال‌های آینده تأثیری در فرسایش بادی و آبی نخواهد داشت. تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده برای ایران واقع در غرب آسیا [۱۵] نشان می‌دهد که در سال‌های آینده میزان بارندگی در تابستان و پاییز در حدود ۵۰ درصد نسبت به حال افزایش خواهد یافت، ولی در زمستان و بهار ۲۵ درصد، نسبت به حال، کاهش خواهد یافت. همچنین، درجه حرارت هوا نیز در فصول مختلف تا حدود ۶ درجه سانتی‌گراد، نسبت به حال، افزایش خواهد یافت. در منطقه مورد مطالعه، به دلیل میزان کم بارندگی در تابستان و پاییز، افزایش بارندگی‌های پیش‌بینی شده در سال‌های آینده بسیار ناچیز خواهد بود. افزایش درجه حرارت نیز به قدری معنی‌دار نیست که بتواند در فرایندهای بیولوژیکی خاک تأثیر چشمگیری بگذارد. بنابراین، شیوه مدیریت اراضی عامل تعیین‌کننده تخریب‌پذیری اراضی در طی این سال‌هاست، به طوری که در صورت ادامه شرایط مدیریتی فعلی تخریب اراضی، به دلیل فرسایش بادی، بسیار افزایش خواهد یافت. بنابراین، اجرای عملیات کنترل فرسایش بادی، چه از طریق روش‌های مکانیکی و چه به وسیله روش‌های مدیریت کشت‌وکار و عملیات خاک‌ورزی ضروری می‌نماید. به همین منظور، با گزینه ارزیابی شرایط فرضی مدل Raizal، تأثیر تغییرات مدیریتی مؤثر در تخریب‌پذیری خاک به فرسایش آبی و بادی بررسی

نتایج ارزیابی تخریب‌پذیری واقعی اراضی زراعی نشان می‌دهد که، در شرایط فعلی، درجه تخریب‌پذیری ۸۸ درصد اراضی برای انواع تیپ‌های بهره‌وری از اراضی به فرسایش آبی در کلاس ۳ V (کم) قرار دارد و ۱۱ درصد در کلاس ۷۶ (اندکی زیاد). بنابراین، خطر فرسایش آبی در منطقه مورد مطالعه جدی نیست و نیازی به اجرای روش‌های مدیریتی خاصی، به منظور کنترل فرسایش آبی، با این شرایط، احساس نمی‌شود. ولی تعداد محدودی از اراضی نیز در کلاس ۷۶ (اندکی زیاد) قرار می‌گیرند که تغییر روش‌های مدیریتی فعلی برای حفاظت خاک در برابر فرسایش آبی ضروری است. درباره فرسایش بادی گفتنی است که اراضی مورد مطالعه حساسیت زیادی به فرسایش بادی دارند. به طوری که با شرایط مدیریتی و اقلیمی فعلی خطر تخریب‌پذیری واقعی اراضی برای محصولات زراعی جو و ذرت فوق‌العاده زیاد (۷۱۰) است و برای محصول گندم و یونجه زیاد (۷۸) و خیلی زیاد (۷۹). در این منطقه حساسیت ذاتی خاک (تخریب‌پذیری قابل حصول) به فرسایش بادی به حدی بالاست (جدول ۱) که نقش پوشاننده گیاهان کشت‌شده به تنهایی قادر به بهبود وضعیت ذاتی اراضی و کاهش اثر فرساینده باد نیست. پوشش متراکم و سیستم ریشه‌ای گیاه یونجه باعث قرارگیری آن در کلاس پایین‌تری می‌شود. در مجموع، حفاظت خاک در برابر فرسایش بادی در این منطقه نیازمند تغییر روش‌های مدیریت فعلی و کاربرد تکنیک‌های حفاظت خاک در برابر قدرت فرساینده باد نظیر بادشکن و انواع مالچ‌ها و عملیات‌های مدیریتی است. فرسایش آبی و بادی به مقدار بسیار زیادی تحت تأثیر شرایط اقلیمی قرار دارند، بنابراین، نقش تغییرات اقلیمی در میزان

از چرای دام به صورت زیر خاک نمودن توسط شخم است که هر یک به تنهایی و تلفیق همه روش‌ها با یکدیگر برای هر محصول جداگانه بررسی شد.

شد. تغییرات مدیریتی عبارت است از انجام شخم حداقل به جای روش سنتی خاک‌ورزی و استقرار سیستم بادشکن؛ تغییر روش مدیریت بقایای گیاهی

جدول ۱۴. کلاس‌های تخریب‌پذیری قابل حصول به فرسایش آبی و بادی با فرض تغییرات اقلیمی پیش‌بینی شده برای دهه‌های ۲۰۸۰ میلادی

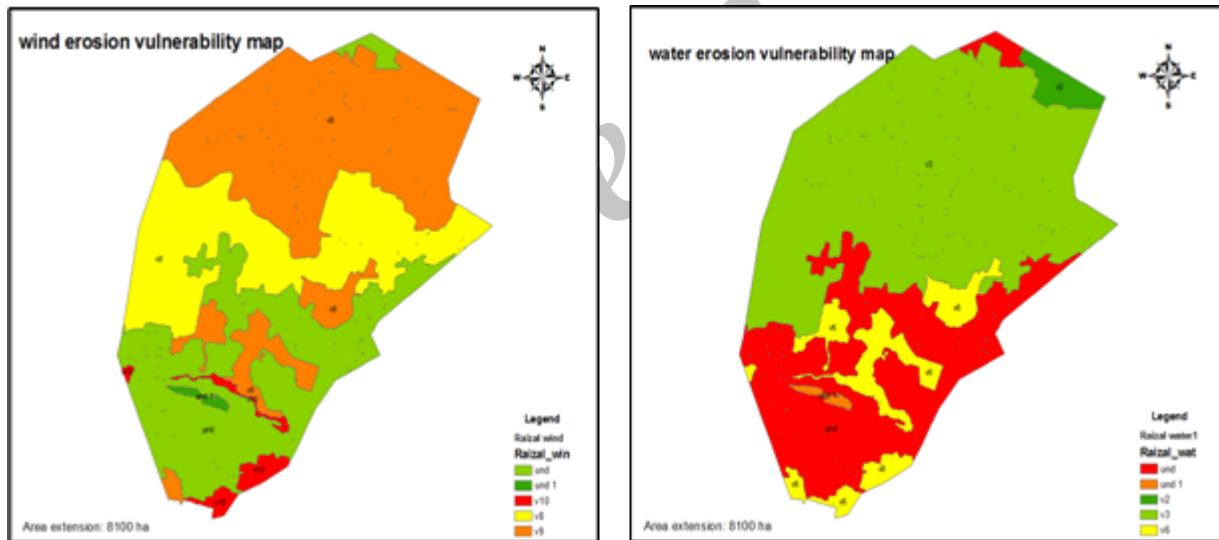
شمارهٔ پروفیل	آبی	بادی
۱	V1	V9e
۲	V2	V10e
۳	V1	V10e
۴	V1	V8e
۵	V2	V10e
۶	V1	V9e
۷	V2	V10e
۸	V2	V10e
۹	V2	V9e
۱۰	V2	V9e
۱۱	V2	V9e
۱۲	V2	V10e
۱۳	V2	V9e
۱۴	V2	V10e
۱۵	V2	V10e
۱۶	V1	V9e
۱۷	V1	V10e
۱۸	V1	V9e
۱۹	V1	V9e
۲۰	V1	V8e
۲۱	V2	V10e
۲۲	V2	V9e
۲۳	V2	V9e
۲۴	V2	V10e
۲۵	V2	V9e
۲۶	V1	V8e
۲۷	V2	V9e
۲۸	V1	V8e
۲۹	V1	V8e
۳۰	V1	V9e
۳۱	V1	V9e
۳۲	V2	V10e

آبی، محافظت مکانیکی مطرح نیست و تغییرات مذکور در مدل Raizal برای منطقه مورد مطالعه بررسی نشد.

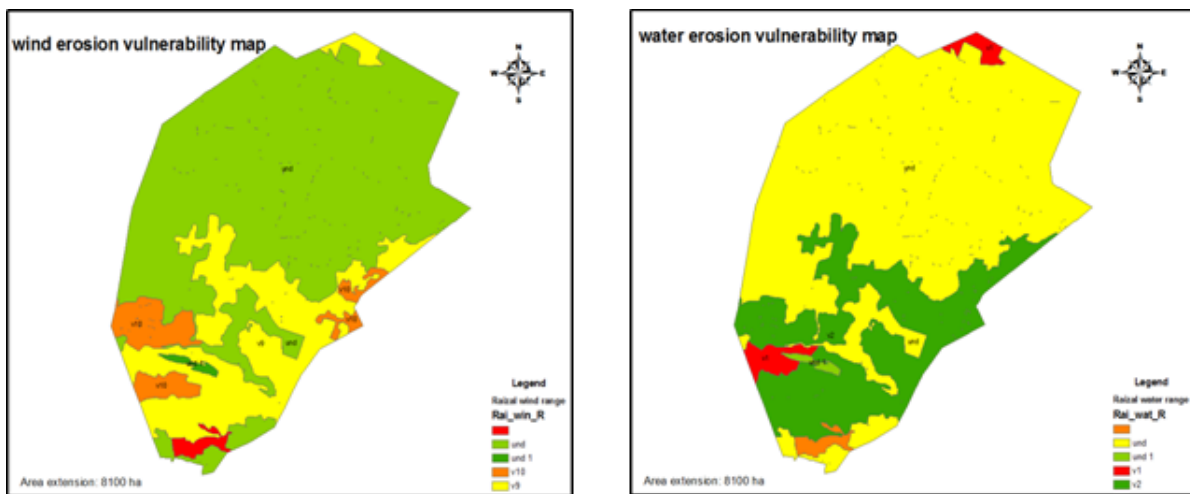
ذکر این نکته لازم است که در این منطقه، به دلیل شیب کم اراضی و عدم شدت خطر فرسایش

بادی خاک منطقه مورد مطالعه کاهش می‌یابد. ذکر این نکته ضروری است که کاربرد هم‌زمان روش‌های مدیریتی پیشنهادی، بدون استفاده از سیستم بادشکن، به‌تنهایی اثر چشمگیری در کاهش فرسایش بادی دارد. بنابراین، با تلفیق همه روش‌های مدیریتی ذکر شده، علاوه بر کنترل فرسایش آبی، به احداث بادشکن برای کنترل فرسایش بادی نیاز نیست. اشکال ۴ و ۵ نقشه کلاس‌های تخریب‌پذیری در شرایط اقلیمی و مدیریت فعلی برای کاربری‌های زراعی و تخریب‌پذیری واقعی حاصل از مدل Raizal و سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌دست‌آمد.

نتایج به‌دست‌آمده از اعمال تغییرات مدیریتی پیشنهادی نشان داد که روش شخم حداقل و مدیریت بقایای گیاهی هر یک به‌تنهایی تأثیر بسزایی در کلاس‌های فرسایش آبی و بادی داشت و خطر فرسایش آبی و بادی در منطقه کاهش یافت. کاربرد توأم روش‌های مذکور در کاهش تخریب‌پذیری خاک به هر دو نوع فرسایش تأثیر چشمگیری داشت. همچنین، کاربرد سیستم بادشکن به‌تنهایی سبب کاهش کلاس تخریب‌پذیری خاک به فرسایش بادی گردید، اما همچنان خطر فرسایش بادی (۷۷ و ۷۶) بالاست، اما در صورت اعمال روش‌های مدیریتی اراضی به همراه کاربرد سیستم بادشکن فرسایش



شکل ۴. نقشه کلاس‌های تخریب‌پذیری واقعی اراضی به فرسایش‌های آبی (الف) و بادی (ب) در شرایط اقلیمی و مدیریت فعلی برای کاربری‌های زراعی



شکل ۵. نقشه کلاس‌های تخریب‌پذیری واقعی اراضی به فرسایش‌های آبی (الف) و بادی (ب) در شرایط اقلیمی و مدیریت فعلی برای کاربری‌های مرتع

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه خطر فرسایش آبی مطرح نیست و نیازی به اجرای روش‌های مدیریتی خاصی به منظور کنترل فرسایش آبی با این شرایط احساس نمی‌شود، اما در تحقیقی که در منطقه اهر انجام شد، با توجه به تخریب‌پذیری بالای اراضی این منطقه به فرسایش آبی، با استفاده از گزینه ارزیابی تغییرات فرضی مشخص شد که اثر تراستراس‌بندی در کاهش میزان فرسایش آبی، به مراتب، بیش از اثر کشت کتوری است. در این تحقیق از گزینه ارزیابی تغییرات فرضی استفاده شد و بهترین روش مدیریتی برای کنترل تخریب اراضی ارائه گردید. [۷] مدل Raizal را در مناطق مختلفی از اسپانیا برای تعیین تخریب‌پذیری استفاده کردند، ولی از این گزینه استفاده نمودند. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که حساسیت ذاتی خاک (تخریب‌پذیری قابل حصول) به فرسایش بادی به حدی بالاست که نقش پوشاننده گیاهان کشت‌شده به‌تنهایی قادر به بهبود وضعیت ذاتی اراضی و کاهش

اثر فرساینده‌گی باد نیست و برای حفاظت خاک در برابر فرسایش بادی در این منطقه تغییر روش‌های مدیریت فعلی و کاربرد تکنیک‌های حفاظت خاک در برابر قدرت فرساینده‌گی باد نظیر بادشکن و انواع مالچ‌ها و عملیات‌های مدیریتی ضروری است. نتایج به‌دست‌آمده از اعمال تغییرات مدیریتی پیشنهادی نیز نشان داد که کاربرد هم‌زمان روش‌های مدیریتی پیشنهادی، بدون استفاده از سیستم بادشکن، به‌تنهایی اثر چشمگیری در کاهش فرسایش بادی دارد. بنابراین، با تلفیق همه روش‌های مدیریتی (انجام شخم حداقل به جای روش سنتی خاک‌ورزی و تغییر روش مدیریت بقایای گیاهی از چرای دام به صورت زیر خاک نمودن توسط شخم)، علاوه بر کنترل فرسایش آبی، نیاز به احداث بادشکن برای کنترل فرسایش بادی نیست [۱۶]. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق با تحقیق [۸] در حساسیت تخریب‌پذیری خاک‌های منطقه مورد مطالعه به فرسایش آبی و بادی هم‌سویی دارد. همچنین، نتایج بررسی تغییرات احتمالی اقلیمی در تخریب‌پذیری خاک به فرسایش آبی و بادی در این مطالعه همانند مطالعات انجام‌شده توسط [۸] است که

توأمأ توصیه می‌شود. از آنجایی که اراضی با کاربری مرتع در منطقه مورد مطالعه دارای تخریب‌پذیری شدیدی به فرسایش بادی است، تغییر روش‌های مدیریت فعلی و کاربرد تکنیک‌های حفاظت خاک در برابر قدرت فرساینده باد نظیر بادشکن، بذرپاشی، و کاهش چرا ضروری می‌نماید.

عدم تأثیر تغییرات احتمالی اقلیمی در تخریب‌پذیری خاک به فرسایش آبی را تأیید می‌نماید. در نهایت، با توجه به تخریب‌پذیری شدید منطقه مورد مطالعه به فرسایش بادی، برای کاربری‌های زراعی انجام شخم حداقل به جای روش خاک‌ورزی سنتی، تغییر روش مدیریت بقایای گیاهی از چرای دام به صورت زیر خاک نمودن توسط شخم، و استقرار سیستم بادشکن

References

- [1]. Ramankutty, N., Foley, J.A. and Olejniczak, N.J. (2008). Land –use change and global food production. In: Land use and soil resources .chapture 3. Braimoh and Vlek (Eds), springer.
- [2]. Kutter, A., Nachregaele, F.O. and Verheye, W.H. (1997). The new FAO approach to land use planning and management, and its application in Sierra leone. *ITC journal*, 3, 278-283.
- [3]. Van Diepen, C.A., Van keulen, H., Wolf, J. and Berkhout, J.A. (1991). Land evaluation: from intuition to quantification . In: Advances in Soil Science Stewart, BA (Eds.) New York, spring, pp. 139-204.
- [4]. Farroni, G.A., Magaldi, D. and Tallini, M. (2002). Total sediment transport by the rivers of Abruzzi (central Italy): prediction with the Raizal model. *Engineering Geology and Environment*, 6, 121-127.
- [5]. Darwish, K.M., Wahba, M.M., and Awad, F. (2006). Agriculture soil suitability of Haplo-soils for some crop in Newly Reclamid areas of Egypt. *Journal of Applied Science Research*, 2(12), 1235-1243.
- [6]. Wahba, M.M., Darwish, K.M. and Awad, F. (2007). Suitability of specific crops using MicroLEIS program in sahal Baraka, Farfara Oasis, Egypt. *Journal of Applied Science Research*, 3(7), 531-53.
- [7]. Shahbazi, F. (2008). Assessing Micro LEIS DSS application as a new method in suitability evaluation (case study south part of Ahar region). Ph.D. thesis, K.U.Leuven.
- [8]. Kamali, A. (2009). Land suitability evaluation using new methods in Eivanekey region, Semnan, Province. Ph.D. thesis, University of Tehran.
- [9]. De la Rosa, D., Diaz-Pereira, E., Mayol, F., Czyz, E.A., Dexter, A.R., Doumitru, E., Enache, R., Fleige, H., Horn, R., Rajkay, and simota, C. (2005). Soil erosion as a function of soil type and agriculture management in ai Sevilla olive area, southern spain. *Soil & Tillage Research Journal*, 82(1), 19-28.
- [10]. USDA. (2010). Soil Survey Staff, keys to Soil Taxonomy. 11 th edition.
- [11]. USDA. (1998). Field book for describing and sampling soils, version 1.1, Lincoln: Nebraska. NRCS.
- [12]. USDA. (1992). Methods of Soil Analysis, part 2. (6 thed). USA.
- [13]. De la Rosa, D., Moreno, J.A., and Garcia, L.V. (1993). Expert evaluation system for assessing field vulnerability to agrochemical compounds in Mediterranean regions. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56, 153–164.
- [14]. Refahi, H. (2003). Wind Erosion and Conservation, University of Tehran press, p. 122.
- [15]. IPCC. (2007). Climate change. Fourth assessment report, synthesis report. Topic1, Chapter 10, Valencia, Spain. Available at <http://www.ipcc.ch/>.
- [16]. De la Rosa, D., Anaya-Romero, M., Diaz-Pereira, E., Heredia, N. and Shahbazi, F. (2009). Soil-specific agro-ecological strategies for sustainable land use – A case study by using MicroLEIS DSS in Sevilla Province (Spain). *Land Use Policy*, 26, 1055–1065.