

"مقاله پژوهشی"

اثر اعمال اقدامات مدیریت اراضی بر فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه آبخیز
گلازچای اشنویه، آذربایجان غربیمصطفی ذبیحی سیلابی^۱، سید حمیدرضا صادقی^۲ و رؤف مصطفی زاده^۳

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس
۲- استاد، دانشگاه تربیت مدرس، (نویسنده مسؤول: sadeghi@modares.ac.ir)
۳- دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۹
صفحه: ۸۸ تا ۹۹

چکیده

تغییر در الگوهای استفاده از زمین، فعالیت‌های کشاورزی و کاهش پوشش گیاهی، فرآیندهای تخریب زمین را سرعت بخشیده است. بنابراین اجرای اقدامات مدیریتی و استفاده از اراضی برحسب استعداد/قابلیت در راستای مدیریت جامع منابع آبخیز و صرفه‌جویی در هزینه در آبخیزهای اولویت‌دار ضروری است. از همین رو پژوهش حاضر باهدف ارزیابی برنامه‌های مدیریتی مبتنی بر قابلیت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار گلازچای اشنویه در استان آذربایجان غربی بر تغییرات فرسایش و رسوب برنامه‌ریزی شد. بنابراین، ابتدا قابلیت اراضی زیرآبخیزهای اولویت‌دار حوزه آبخیز گلازچای اشنویه بر اساس روش FAO استخراج و در شرایط فعلی آبخیز مطالعاتی اعمال شد. تغییرپذیری میزان فرسایش و رسوب و همچنین حداکثر جریان رواناب خروجی پس از ارزیابی با استفاده از مدل IntErO برآورد شد. نتایج نشان داد شش درصد از مساحت زیرآبخیزهای مطالعاتی منطبق با قابلیت اراضی نبوده و کاربری جنگل با تغییر خالص افزایشی ۲/۲۱ درصدی و مرتع غنی با تغییر خالص کاهش ۱/۲ درصدی نسبت به شرایط فعلی بیش‌ترین تغییرات را به خود اختصاص دادند. در همین ارتباط تخصیص قابلیت اراضی در این مناطق فرسایش و رسوب و حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز را به ترتیب به میزان ۷/۱ و ۱/۳۳ درصد کاهش خواهد داد. همچنین رسوب ویژه آبخیز نیز به میزان ۱۲/۶ مترمکعب در کیلومترمربع در سال کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند الگوی مدیریتی مناسب برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران، در راستای اعمال اقدامات مدیریتی در مناطق با اولویت بالا را ارائه نماید.

واژه‌های کلیدی: استعداد اراضی، رسوب‌دهی ویژه، کاربری اراضی، مدل‌سازی فرسایش، مدیریت جامع حوزه آبخیز

مقدمه

فرسایش بی‌رویه خاک از زمان شروع کشاورزی یک مشکل پایدار بوده و یکی از تهدیدهای اصلی برای خدمات بوم‌سازگان مناطق مختلف آب و هوایی (۲۲،۱۱)، به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک و نیمه مرطوب جهان (۲۳) ازجمله ایران (۴۱) است. بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده، کشت بدون عملیات کنترلی، استفاده بدون برنامه‌ریزی از اراضی در کنار توسعه شهری، جنگل‌زدایی و کشاورزی غیراصولی، پایداری و مقاومت خاک در برابر فرسایش خاک را از بین می‌برد و باعث توسعه سریع فرسایش مخرب می‌شود (۲۵،۱۰،۱۵،۲۳،۴۶،۵۰،۵۷). از همین رو، تغییرات کاربری اراضی باعث تغییر در چرخه هیدرولوژیکی آبخیز شده و در نتیجه باعث تغییر تعادل آب بین بارش، تبخیر، نفوذپذیری و پاسخ رواناب و تولید رسوب می‌شوند (۱۷،۲۱،۵۵). بر همین اساس رواناب و رسوب، دو عنصر مهم در چرخه هیدرولوژیک می‌باشند که تغییرات آن‌ها به‌طور مستقیم بر سامانه‌های رودخانه‌ای و محیط‌های رسوبی تأثیرگذار است و تغییرات مکانی و زمانی آن‌ها ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه‌ها را تغییر می‌دهد (۴،۵۵). اقدامات مدیریتی مختلفی برای مدیریت و کاهش پیامدها و اثرات سوء ناشی از تخریب و فرسایش بی‌رویه خاک در حوزه‌های آبخیز انجام می‌شود که می‌تواند مجموعه فعالیت‌های مهندسی، زیستی و مدیریتی را در برگیرد (۵۶). ازجمله این اقدامات استفاده از اراضی برحسب استعداد^۱ و قابلیت^۲ آن‌هاست (۵۲). با این حال انجام این اقدامات در تمامی سطح حوزه‌های آبخیز با توجه به شرایط اقتصادی کشور و محدودیت‌های مالی ایران

عملاً امکان‌پذیر نیست. از همین رو شناسایی مناطق با اولویت مدیریتی بالا به‌منظور اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آب ضروری و نخستین گام در ارائه راهکارهای مدیریتی است. شناسایی مناطق اولویت‌دار و تخصیص کاربری‌های مختلف اراضی متناسب با قابلیت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار علاوه بر صرفه‌جویی در زمان و هزینه، می‌تواند منجر به کاهش چشم‌گیر رواناب و رسوب شود. با این حال و با توجه به هزینه‌های بالای اجرای اقدامات مذکور، اطلاع از میزان اثربخشی فعالیت‌های مدیریتی بر میزان فرسایش و رسوب حوزه‌های آبخیز قبل از اجرای اقدامات امری اساسی و مهم است. از سوی دیگر از آنجایی‌که اندازه‌گیری میزان فرسایش در پلات‌های فرسایشی کاری دشوار و پرهزینه است. از این رو مدل‌های برآورد فرسایش خاک به‌عنوان ابزار اساسی برای تخمین فرسایش خاک حاصل از اقدامات مدیریتی پیشنهادشده‌اند (۳۱،۴۰). در همین ارتباط مدل‌های مختلفی برای برآورد فرسایش توسعه داده‌شده‌اند که ازجمله آن‌ها می‌توان به مدل IntErO^۳ اشاره کرد (۴۷). مدل IntErO یک روش محاسباتی ترسیمی بر اساس روش پتانسیل فرسایش^۴ است که به‌منظور پیش‌بینی شدت فرسایش خاک، رسوب و حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز با استفاده از ویژگی‌های خاک‌شناسی، هواشناسی، زمین‌شناسی و فیزیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۱،۴۷). بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد تاکنون پژوهش‌های گسترده‌ای در خصوص تأثیر کاربری اراضی و اقدامات مدیریتی بر فرسایش و رسوب انجام‌شده است. به‌عنوان مثال جلیلی و همکاران

فرسایش به ترتیب ۶۷ و ۸۰ درصد نسبت به شاهد کاهش داشتند. برپهان و همکاران (۹) به ارزیابی کاهش رواناب و هدر رفت خاک تحت تأثیر گزینه‌های مدیریتی مبتنی بر قابلیت اراضی حاصل از روش وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا^۱ در حوزه آبخیز Laguna اتیوپی پرداختند. نتایج ایشان نشان داد با انجام گزینه‌های مدیریتی مبتنی بر قابلیت اراضی رواناب و رسوب به ترتیب ۲۱ تا ۳۰ و ۳۲ تا ۸۲ درصد کاهش می‌یابند. باین‌حال پژوهش‌های دیگری نیز در خصوص تأثیر اقدامات مدیریتی بر فرسایش و رسوب (۸، ۱۴، ۲۶، ۱۵، ۳۳، ۴۴) و تأثیر کاربری اراضی بر میزان رواناب و رسوب (۳، ۱۶، ۱۸، ۲۷، ۳۶، ۴۳، ۴۵، ۴۶، ۴۹) صورت گرفته است.

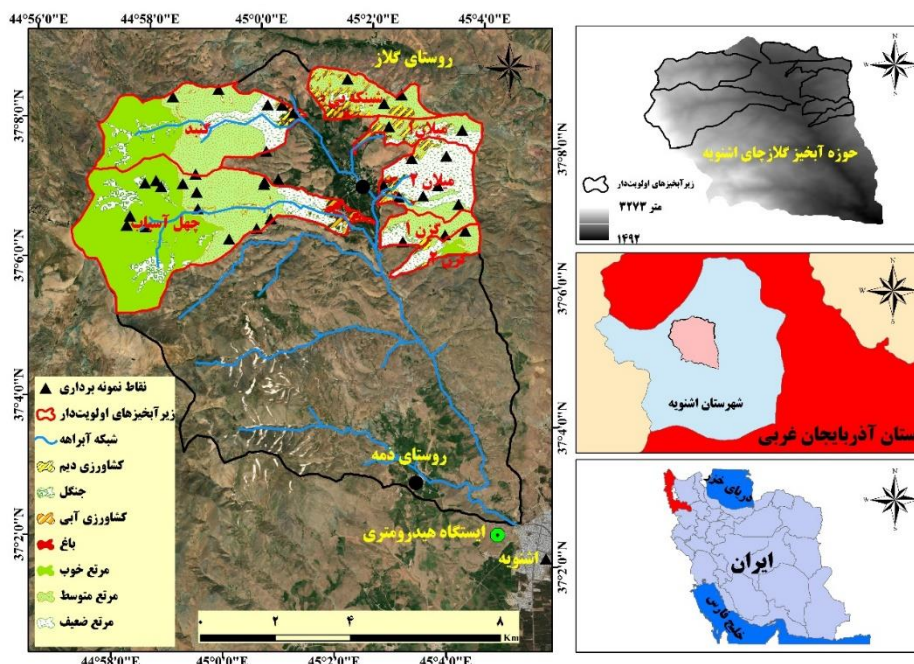
بررسی پژوهش‌های مرتبط نشان می‌دهد تاکنون پژوهشی در خصوص اثرات جانمایی اقدامات مدیریتی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار بر فرسایش و رسوب خروجی حوزه‌های آبخیز گزارش نشده است. هرچند، نتایج پژوهش‌های محدود گزارش‌شده نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار بین تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی با افزایش رواناب و رسوب تولیدی است. به‌نحوی که افزایش تخریب اراضی ارتباط معنی‌داری با مقدار فرسایش و رسوب داشته است و به‌عنوان یکی از عوامل ناپایداری و تشدید شرایط مخرب آبخیز قلمداد می‌شود. بر همین اساس انتظار می‌رود جانمایی انواع مختلف کاربری‌های اراضی متناسب با قابلیت اراضی منطقه، ضمن ارتقاء شرایط محیط‌زیستی، منجر به کاهش چشم‌گیر هدر رفت خاک شود. لکن در پژوهش حاضر، حوزه آبخیز گلازچای اشنویه به‌عنوان یک آبخیز نمونه در شمال غرب کشور و همچنین به سبب اولویت‌بندی زیر آبخیزهای آن بر اساس مدیریت مشارکتی (۳)، واکنش سریع و تنوع کاربری اراضی به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. بر همین اساس پژوهش حاضر با هدف برآورد فرسایش خاک و نیز ارزیابی اثر اعمال اقدامات مدیریتی مبتنی بر قابلیت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار بر فرسایش خاک و تولید رسوب و همچنین حداکثر جریان خروجی در حوزه آبخیز گلازچای اشنویه برنامه‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز گلازچای اشنویه از زیرآبخیزهای رودخانه گدار، در استان آذربایجان غربی با مساحت حدود ۱۰۳ کیلومتر مربع، در بالادست شهرستان اشنویه واقع شده است. شیب متوسط آبخیز ۳۲ درصد، ارتفاع متوسط ۲۳۹۰ متر از سطح دریا، طول رودخانه اصلی ۱۹/۳ کیلومتر و زمان تمرکز آن حدود دو ساعت است (۳۵). میانگین بارندگی و درجه حرارت سالانه آبخیز گلازچای اشنویه به ترتیب ۴۸۲ میلی‌متر و ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد است (۱). زیرآبخیزهای اولویت‌بندی شده در این روش شامل هفت زیرآبخیز با مساحت نسبی حدود ۳۴ درصد است. در این پژوهش از نتایج روش الگوریتم امتیازدهی Borda (۳) برای انتخاب زیرآبخیزهای اولویت‌دار در راستای اجرای قابلیت اراضی استفاده شد. موقعیت جغرافیایی و نمایی از آبخیز گلازچای اشنویه و زیرآبخیزهای اولویت‌دار در شکل ۱ نمایش داده شده است.

(۲۸) بهینه‌سازی کاربری اراضی حوزه آبخیز بریموند در استان کرمانشاه با هدف کمیته‌سازی فرسایش خاک را بررسی کردند. نتایج ایشان ضمن معرفی کاربری بهینه اراضی، میزان کاهش فرسایش و افزایش سود سالانه را به ترتیب ۷/۷۸ و ۱۱۸/۶۲ درصد نشان داد. همچنین بهینه‌سازی انجام شده بیان‌گر کاهش اراضی دیم و افزایش اراضی باغی منطقه بوده است. صادقی و همکاران (۴۳) ارتباط کاربری اراضی با فرسایش خاک در زیرحوزه مندریجان در حوزه آبخیز سد زاینده‌رود را بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد که اکثر کاربری‌ها با شکل‌های مختلف فرسایش خاک و طبعاً هدررفت خاک ارتباط معنی‌داری داشته است. اوجی و همکاران (۳۸) در پژوهشی کمیته‌سازی رواناب و رسوب‌دهی به کمک بهینه‌سازی کاربری اراضی در حوزه آبخیز جاجرود را بررسی کردند. نتایج نشان داد در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی، مساحت اراضی زراعت آبی و مراتع کاهش و سطح اراضی باغی افزایش می‌یابد و بعد از بهینه‌سازی، رواناب سطحی و رسوب‌دهی کل آبخیز به ترتیب ۷۳/۰۳ و ۳۶/۹۳ درصد کاهش خواهد یافت. معصومی و همکاران (۳۳) اثر تغییر کاربری اراضی سال ۱۳۹۷ و ۱۴۱۱ بر میزان رواناب شبیه‌سازی‌شده در آبخیز بیدگل در استان فارس را بررسی کردند. نتایج تحلیل نقشه کاربری اراضی نشان داد که بیش‌ترین تغییر مربوط به تبدیل مراتع به زمین کشاورزی است که در پاسخ به این تغییر، در سال ۱۴۱۱ مقدار متوسط سالانه رواناب سطحی نسبت به سال ۱۳۹۷ حدود ۱۹ درصد کاهش نشان می‌دهد. آنا و همکاران (۶) تأثیر تغییر کاربری اراضی در حوزه خلیج Murchison طی دوره مطالعاتی ۱۹۹۵-۲۰۰۳ در اوگاندا را بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد رواناب سطحی و میانگین تولید رسوب در دوره مطالعاتی افزایش معنی‌داری یافته است که ازجمله دلایل آن می‌توان به کاهش مساحت اراضی جنگلی از ۳۱ درصد به ۱۳ درصد و افزایش اراضی مسکونی از ۲۶ درصد به ۳۹ درصد طی دوره مطالعاتی اشاره کرد. چوتو و فتن (۱۶) تأثیر تغییر کاربری اراضی/پوشش بر رواناب و تولید رسوب حوزه آبخیز Gojeb در اتیوپی طی سه دوره ۱۹۸۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۳ را بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد که با افزایش سطح زیر کشت در اراضی جنگلی به میزان ۱۴/۹۷ درصد، رواناب به میزان ۶/۶ مترمکعب در ثانیه و رسوب به میزان ۴۱/۰۷ تن بر کیلومتر مربع افزایش پیدا کرده است.

یاکوب و همکاران (۵۱) به ارزیابی تأثیر کاربری‌های مختلف زمین و اقدامات حفاظت خاک و آب بر تولید رواناب و رسوب در مقیاس حوزه آبخیز و کرت در ارتفاعات مرکزی اتیوپی پرداختند. نتایج ایشان تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در هر دو مقیاس کرت و حوزه آبخیز را نشان داد، به‌طوری که با انجام عملیات حفاظت خاک و آب در سطح کرت، رواناب و هدررفت خاک به ترتیب و به‌طور متوسط ۲۷ و ۳۷ درصد کاهش یافت. همچنین عملیات حفاظت خاک و آب اجراشده در سطح آبخیز، تولید رسوب را حدود ۷۴ درصد کاهش داده است. دو و همکاران (۱۹) در پژوهشی به مقایسه تولید کشاورزی با و بدون شیوه‌های مدیریت حفاظتی در نقاط مختلف چین، ایالات متحده آمریکا، اروپا و آفریقا پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که در شیوه‌های مدیریت حفاظتی، رواناب سطحی و



شکل ۱- نمایی از حوزه آبخیز و زیرآبخیزهای اولویت دار گلازچای اشنویه در کشور و استان آذربایجان غربی
Figure 1. View of the priority watershed and sub-watersheds of Glazchay Oshnavieh in Iran and West Azerbaijan province

توزیعی خصوصیات مذکور از روش های زمین آماری استفاده شد. بر همین اساس با توجه به عدم نرمال بودن و همبستگی مکانی ضعیف خصوصیات خاک در محدوده مورد مطالعه (۵۴)، از دو روش معکوس وزنی فاصله (IDW)^۳ و تابع پایه شعاعی^۴ برای تهیه نقشه های مذکور استفاده شد. در نهایت با تلفیق معیارهای مختلف قابلیت اراضی در محیط سامانه جغرافیایی^۵ (GIS)، تخصیص متناسب کاربری های اراضی در مناطق با اولویت مدیریتی انجام شد. برای مقایسه کاربری فعلی منطقه با نقشه حاصل از اعمال قابلیت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت دار نیز از ضریب کاپا به عنوان یکی از معیارهای ارزیابی صحت تطابق نقشه تهیه شده با شرایط واقعی (۵۳) استفاده شد.

ارزیابی تأثیر تخصیص متناسب کاربری اراضی بر فرسایش خاک و تولید رسوب

در ادامه پژوهش و به منظور اطلاع از میزان اثربخشی تخصیص متناسب کاربری های اراضی بر میزان فرسایش و رسوب از مدل IntEro استفاده شد. این مدل بر پایه مدل EPM است که اولین بار در مونتنگرو و شمال شرقی مدیترانه توسعه داده شده است (۴۷). مدل مذکور نیازمند ۲۶ داده ورودی شامل ویژگی های فیزیوگرافی، توپوگرافی، خاک شناسی، کاربری اراضی و هیدرولوژی و هواشناسی، به شرح مندرج در جدول ۱ است.

مراحل، معادلات و متغیرهای مورد استفاده در مدل IntEro برای محاسبه تلفات سالانه خاک به شرح زیر خلاصه شده است (۳۹).

$$W_{year} = T \times H_{year} \times \pi \times \sqrt{Z^3} \times F \quad (1)$$

که در آن، W_{year} : کل فرسایش سالانه (مترمکب بر سال)،
 T : دما (درجه سانتی گراد)، H_{year} : میانگین بارش سالانه

تهیه نقشه قابلیت اراضی زیرآبخیزهای اولویت دار گلازچای اشنویه

در پژوهش حاضر از روش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) برای تهیه نقشه قابلیت اراضی استفاده شد. لازم به ذکر است از آنجایی که در روش FAO استاندارد برای تعیین مناطق با قابلیت کاربری باغ وجود ندارد و در آبخیز گلازچای اشنویه اراضی باغی یکی از کاربری های غالب منطقه است بر همین اساس برای تعیین قابلیت اراضی باغی از روش سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور (FRWMO)^۱ استفاده شد. از همین رو با توجه به ضوابط و معیارهای روش های پیشنهادی FAO و FRWMO، شامل شیب، ارتفاع از سطح دریا، عمق، بافت، pH و شوری خاک، میزان بارندگی و درصد سنگریزه سطحی، تخصیص متناسب انواع کاربری اراضی در زیرآبخیزهای اولویت دار حوزه آبخیز گلازچای اشنویه صورت پذیرفت (۵۴). در همین ارتباط برای برآورد خصوصیات خاک منطقه، در ابتدا واحدهای کاری حوزه آبخیز مطالعاتی از تلفیق لایه های اطلاعاتی شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب استخراج و تعداد یک نمونه خاک از هر واحد کاری برداشت شد. بر همین اساس تعداد ۳۷ نمونه خاک از سطح زیرآبخیزهای اولویت دار برداشت شد. نمایی از نقاط نمونه برداری و پراکنش آن ها در سطح زیرآبخیزهای مطالعاتی در شکل ۱ ارائه شده است.

در ادامه ویژگی های خاک منطقه شامل، بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۲)، pH خاک با دستگاه pH متر (۲۹)، شوری خاک با دستگاه EC متر (۲۹)، ماده آلی خاک به روش عیارسنجی^۲ (۳۷) و درصد سنگ و سنگریزه سطحی نیز به صورت چشمی در سطح کرت (۱۳) برآورد شد. پس از برآورد خصوصیات خاک منطقه، به منظور تهیه نقشه های

1- Forests, Range and Watershed Management Organization, FAO

3- Inverse Distance Weighting, IDW

4- Radial Basis Function, RBF

2- Titration

5-Geographic Information System, GIS

6- Kappa Coefficient

برآورد داده‌های هواشناسی نیز از اطلاعات چهار ایستگاه هواشناسی مجاور حوزه آبخیز شامل، ایستگاه‌های نقده، دوریه، سد حسلو و گلازچای اشنویه استفاده شد. همچنین برای برآورد ضریب استفاده از زمین از نقشه کاربری اراضی، ضریب فرسایش منطقه‌ای از نقشه کاربری اراضی به همراه سیمای فرسایش منطقه‌ای (۴۲) و ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش از نقشه زمین‌شناسی (۲۴) و بافت خاک (۵۴) استفاده شد. لازم به ذکر است کلیه ورودی‌های موردنظر در محیط ArcGIS10.4.1 تهیه شد. در همین ارتباط برای مدل‌سازی فرسایش در صورت اعمال قابلیت اراضی، ورودی‌های مرتبط با کاربری اراضی، ضرایب فرسایش منطقه‌ای و استفاده از زمین تغییر کرده و سایر ورودی‌ها ثابت در نظر گرفته شد. از بین ۲۲ خروجی مدل IntErO پنج خروجی حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز، فرسایش و رسوب، فرسایش و رسوب ویژه (فرسایش و رسوب در واحد سطح) و همچنین نسبت تحویل رسوب در پژوهش حاضر ارائه شده است.

(میلی‌متر)، مقدار ثابت π ، ۳/۱۴، مساحت حوزه آبخیز (کیلومترمربع) و Z ضریب فرسایش حاصل از رابطه (۲) است:

$$Z = Y \times X \times (\sqrt{I}) \quad (2)$$

که در آن، Y : ضریب فرسایش‌پذیری خاک، X : ضریب حفاظت خاک، I : ضریب توسعه فرسایش است.

آورد رسوب واقعی نیز از رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$\text{Gyear} = W \text{ year} \times Ru \quad (3)$$

که در آن، $G \text{ year}$: آورد رسوب واقعی (مترمکعب در سال)، $W \text{ year}$: کل فرسایش سالانه (مترمکعب بر سال)، Ru : نسبت تحویل رسوب است. که از رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$RU = \frac{\sqrt{0.01D}}{0.2(L+10)} \quad (4)$$

که در آن، O : محیط آبخیز (کیلومتر)، D : میانگین اختلاف ارتفاع آبخیز (کیلومتر)، L : طول آبخیز (کیلومتر) است.

بر همین اساس به‌منظور تهیه ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزه آبخیز از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شد. از سوی دیگر برای

جدول ۱- ورودی‌های مدل IntErO در دو سناریوی شرایط فعلی و مدیریت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار برای حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان غربی

Table 1. Inputs of IntErO model in two scenarios of current conditions and land management in priority sub-watersheds for Glazchay Oshnavieh watershed, West Azerbaijan

معیار	واحد	شرایط فعلی	اعمال قابلیت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار
مساحت	کیلومترمربع	۱۰۳	۱۰۳
محیط	کیلومتر	۴۵/۳۷	۴۵/۳۷
طول آبراهه اصلی	کیلومتر	۱۹/۳	۱۹/۳
کوتاه‌ترین فاصله بین سرشاخه‌ها و خروجی	کیلومتر	۰/۵	۰/۵
مجموع طول آبراهه‌های با رتبه ۱ و ۲	کیلومتر	۱۹۰/۴	۱۹۰/۴
طول حوزه آبخیز	کیلومتر	۱۵/۰۳	۱۵/۰۳
مساحت بخش بزرگ‌تر حوزه آبخیز	کیلومترمربع	۷۰	۷۰
مساحت بخش کوچک‌تر حوزه آبخیز	کیلومترمربع	۳۳	۳۳
کم‌ترین ارتفاع خط تراز	متر	۱۵۰۰	۱۵۰۰
اختلاف بین خطوط تراز	متر	۱۰۰	۱۰۰
کم‌ترین ارتفاع	متر	۱۴۹۲	۱۴۹۲
بیش‌ترین ارتفاع	متر	۳۲۷۲	۳۲۷۲
وسعت سنگ‌هایی با نفوذپذیری بالا	درصد	۵۰	۵۰
وسعت سنگ‌هایی با نفوذپذیری متوسط	درصد	۴۰	۴۰
وسعت سنگ‌هایی با نفوذپذیری کم	درصد	۱۰	۱۰
وسعت جنگل	درصد	۵/۲	۸/۵
وسعت علفزار، چراگاه و باغ	درصد	۸۶/۳	۸۵/۳
وسعت زمین‌های بایر، شخم‌خورده و بدون پوشش علفی	درصد	۸/۵	۶/۲
ارتفاع بارندگی سیل‌آسا	میلی‌متر	۶۱	۶۱
متوسط درجه حرارت سالانه	درجه سانتی‌گراد	۱۱/۸	۱۱/۸
متوسط بارش سالانه	میلی‌متر	۴۸۲	۴۸۲
ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش	بدون واحد	۰/۸	۰/۸
ضریب استفاده از زمین	بدون واحد	۰/۶	۰/۵۷
ضریب فرسایش منطقه‌ای	بدون واحد	۰/۴	۰/۳۹

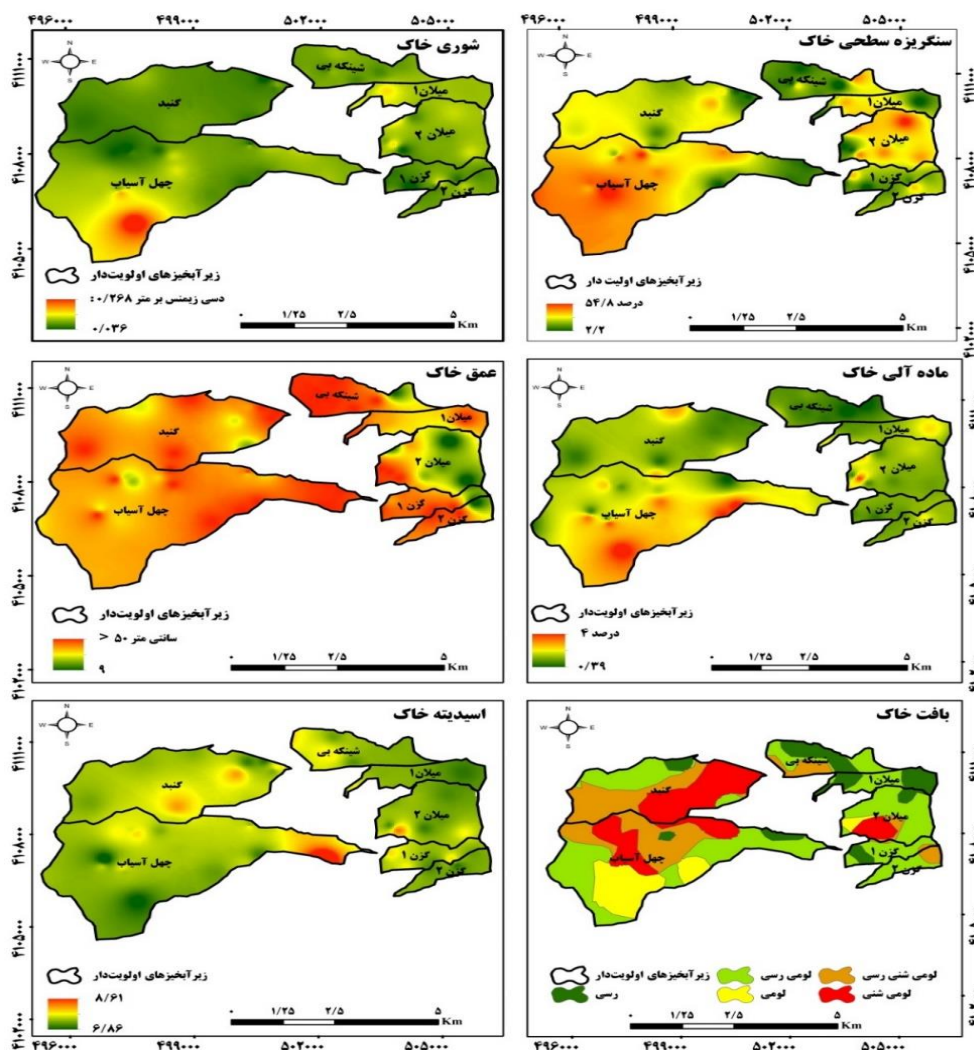
نتایج و بحث

قابلیت اراضی حوزه آبخیز گلازچای اشنویه برای کاربری‌های مختلف

پژوهش حاضر باهدف ارزیابی تغییرپذیری فرسایش و رسوب و حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز در نتیجه اعمال اقدامات مدیریتی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار گلازچای اشنویه صورت پذیرفت. بر همین اساس خصوصیات مکانی خاک با استفاده از روش IDW به سبب میانگین مطلق خطای برآوردی نسبی کم‌تر تهیه و نقشه‌های مربوط به ویژگی‌های خاک در زیرآبخیزهای اولویت‌دار در شکل ۲ ارائه شده است.

ارزیابی عملکرد صحت مدل IntErO در برآورد فرسایش و رسوب و حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز گلازچای اشنویه

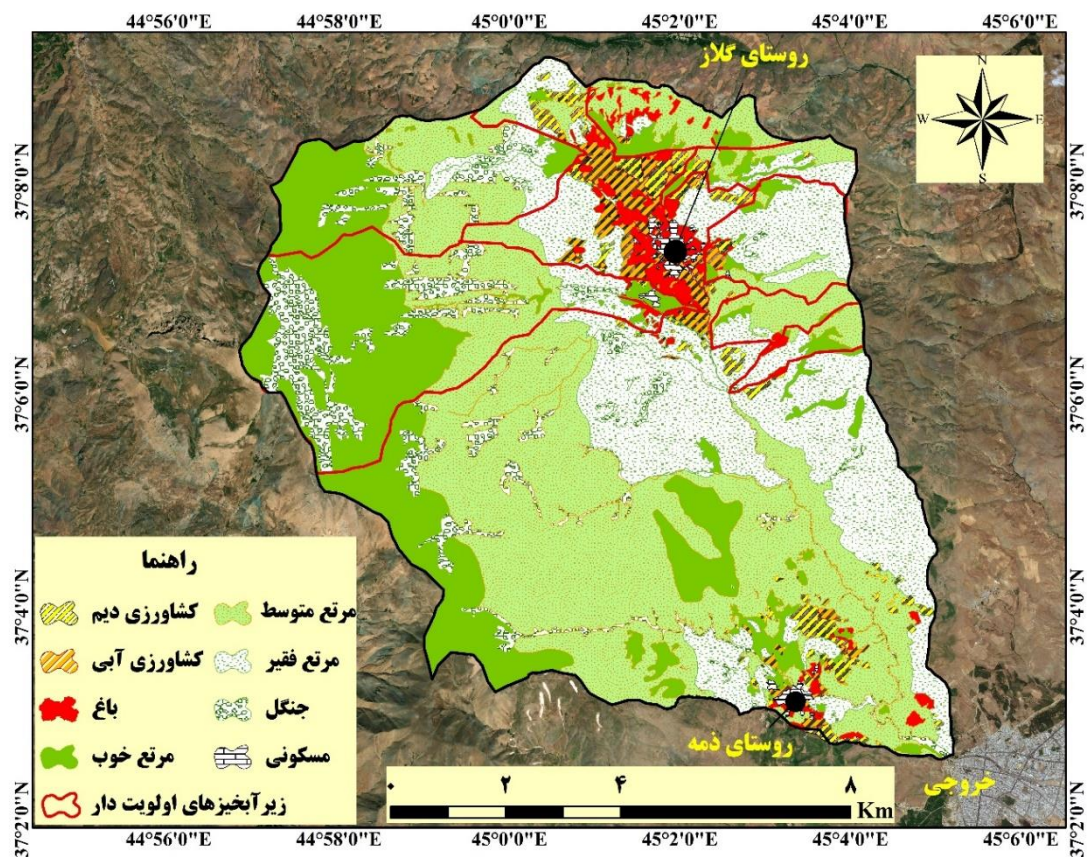
برای ارزیابی عملکرد مدل IntErO در برآورد فرسایش و رسوب و حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز به ترتیب از مقایسه نسبی داده‌های رسوب اندازه‌گیری شده ۳۸ رگبار مطالعاتی جمع‌آوری شده طی سال‌ها و پژوهش‌های گذشته (۳۰،۳۵) و همچنین آمار ایستگاه هیدرومتری اشنویه واقع در خروجی حوزه آبخیز مطالعاتی استفاده شد.



شکل ۲- نقشه ویژگی‌های خاک زیرآبخیزهای اولویت‌دار گلازچای اشنویه، آذربایجان غربی
Figure 2. Soil Characteristics map in Glazchay Oshnavieh Priority sub-watersheds, West Azerbaijan

استعداد اراضی استخراج شده با توجه به شناخت و شرایط بوم‌شناختی منطقه مورد مطالعه، محدودیت‌ها و اولویت کاربری‌های زراعی بر سایر کاربری‌ها و همچنین لحاظ ماده ۵۶ قانون اساسی (۲۰). مبنی بر عدم تصرف و تغییر کاربری اراضی ملی، به نقشه قابلیت اراضی تبدیل و در زیرآبخیزهای اولویت‌دار به شرح ارائه شده در شکل ۳ اعمال شد.

بر اساس شکل ۲، زیرآبخیزهای اولویت‌دار دارای بافت غالب لومی رسی، محتوای ماده آلی حدود یک درصد و از لحاظ شوری و pH فاقد محدودیت برای کاربری‌های مختلف هستند. در ادامه پس از تهیه نقشه‌های ویژگی‌های خاک و توپوگرافی، نقشه‌های مذکور بر اساس استانداردهای دو روش FAO و FRWMO تلفیق و نقشه استعداد اراضی برای زیرآبخیزهای مطالعاتی استخراج شد. در همین ارتباط



شکل ۳- نقشه اعمال قابلیت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت دار حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان غربی
Figure 3. Land capability map in priority sub-watersheds in Glazchay Oshnavieh watershed, West Azerbaijan

زیرآبخیزهای اولویت دار تفاوت زیادی نداشته و فقط شش درصد از آبخیز مطالعاتی دچار تغییر شده است. بر همین اساس مساحت کاربری‌های مختلف پس از اعمال قابلیت اراضی در جدول ۲ ارائه شده است.

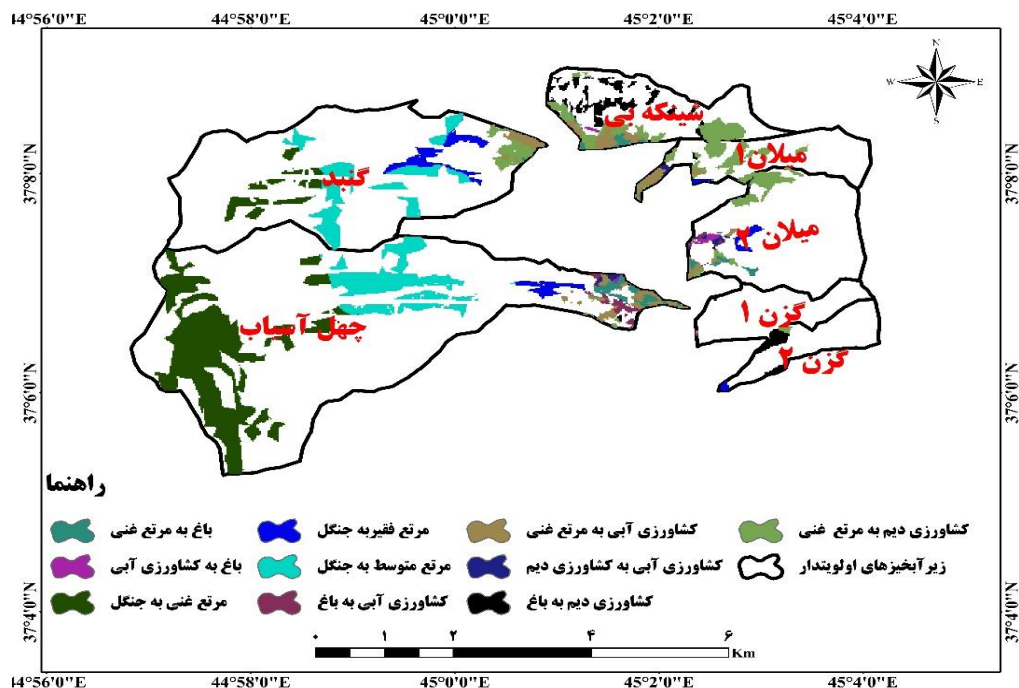
نتایج حاصل از مقایسه کاربری فعلی منطقه با نقشه حاصل از اعمال قابلیت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت دار با استفاده از شاخص کاپا نشان داد که اختلاف کاربری‌های فعلی آبخیز با شرایط حاصل از کاربست قابلیت اراضی، در

جدول ۲- مساحت کاربری‌های مختلف پس از اعمال قابلیت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت دار گلازچای اشنویه، آذربایجان غربی
Table 2. Area of different land uses after land capability application in priority sub-watersheds in Glazchay Oshnavieh, West Azerbaijan

میزان تغییر		با اعمال قابلیت اراضی		کاربری فعلی		کاربری اراضی
درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	
-۰/۴۲	-۶۳/۶۲	۲/۷۶	۲۷۹/۸۰	۳/۳۹	۳۴۳/۴۲	کشاورزی آبی
-۱/۰۷	+۱۶۱/۷۲	۲/۸۴	۲۸۷/۳۷	۴/۴۳	۴۴۹/۰۹	کشاورزی دیم
۰/۱۹	+۲۹/۱۲	۲/۰۹	۲۱۲/۵۵	۱/۸۱	۱۸۳/۴۲	باغ
۰/۶۱	+۹۳/۳۴	۲۰/۵۰	۲۰۷۷/۳۳	۱۹/۵۸	۱۹۸۳/۹۹	مرتفع خوب
-۱/۲۰	-۱۸۱/۲۲	۳۸/۲۶	۳۸۷۶/۶۰	۴۰/۰۵	۴۰۵۷/۸۲	مرتفع متوسط
-۰/۳۲	-۴۸/۲۳	۲۴/۴۰	۲۴۷۳/۱۶	۲۴/۸۹	۲۵۲۱/۳۹	مرتفع فقیر
۲/۲۱	+۳۳۳/۴۶	۸/۵	۸۶۱/۱۷	۵/۲۱	۵۲۷/۷۱	جنگل
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۶۳	۶۳/۹۴	۰/۶۳	۶۳/۹۴	ارضای مسکونی

حدود ۷۷ و ۲/۷ درصد (جدول ۱) از کل آبخیز مطالعاتی است. بر همین اساس تغییر انواع مختلف کاربری‌های اراضی در زیرآبخیزهای مطالعاتی نیز در شکل ۴ ارائه شده است.

عوامل محدودکننده اصلی بر اساس روش FAO، شیب، درصد سنگریزه سطحی، بافت خاک و عمق خاک است. بر اساس این روش بیشترین و کمترین قابلیت اراضی آبخیز مطالعاتی به ترتیب مربوط به کاربری مرتع و کشاورزی دیم با مساحتی در



شکل ۴- انتقال انواع مختلف کاربری‌های اراضی در زیرآبزیهای مطالعاتی حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان غربی
Figure 4. Transfer of different types of land uses in the study sub-watersheds in Glazchay Oshnavieh, West Azerbaijan

کم‌ترین مطابقت را با قابلیت اراضی داشته و با دور شدن از روستای گلاز میزان انطباق کاربری‌های مختلف با قابلیت اراضی منطقه افزایش پیدا می‌کند که با نتایج کورتج و نیدیسی (۳۲) مبنی بر کاهش تخریب کاربری‌های مختلف با افزایش فاصله از مناطق مسکونی دلالت دارد.

تغییرپذیری مؤلفه‌های فرسایش با اعمال قابلیت اراضی در زیرآبزیهای اولویت‌دار حوزه آبخیز گلازچای
در پژوهش حاضر برای مدل‌سازی فرسایش در شرایط فعلی و با اعمال اقدامات مدیریتی از مدل IntEro استفاده شد. نتایج حاصل از برآورد خروجی‌های مدل مذکور برای حوزه آبخیز گلازچای اشنویه در جدول ۳ ارائه شده است.

بر اساس شکل ۴ بیش‌ترین تغییرات در زیرآبزیهای چهل آسیاب، گنبد، میلان ۲ و شینه‌کی، و کم‌ترین تغییرات در زیرآبزیهای گزن ۱، گزن ۲ و میلان ۲ است. از سوی دیگر در زیرآبزیهای چهل آسیاب و شینه‌کی به ترتیب افزایش قابل توجه کاربری‌های جنگل و باغ مشهود است. بر همین اساس می‌توان نتیجه گرفت که زیرآبزیهای چهل آسیاب و گنبد برای توسعه جنگل با توجه به قابلیت اراضی منطقه از اولویت بالایی برخوردار هستند که با نتایج ادهمی و همکاران (۳) مبنی بر ضرورت ارائه اقدامات مدیریتی با لحاظ نظرات گرداران مختلف برای آبخیز مطالعاتی مطابقت دارد. از سوی دیگر در محدوده روستای گلاز کاربری اراضی منطقه

جدول ۳- مقایسه خروجی‌های مدل IntEro در شرایط فعلی و اعمال قابلیت اراضی در زیرآبزیهای اولویت‌دار حوزه آبخیز گلازچای اشنویه، آذربایجان غربی
Table 3. Comparison of IntEro model outputs in the current conditions and application of land capability in priority sub-watersheds in Glazchay Oshnoyeh watershed, West Azerbaijan

متغیر بررسی	شرایط فعلی	اعمال قابلیت اراضی	مقدار تغییر	درصد تغییر
حداکثر جریان خروجی آبخیز (مترمکعب بر ثانیه)	۴۵/۱	۴۴/۵	۰/۶	۱/۳
ضریب فرسایش آبخیز	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۰۲	۴/۵
کل فرسایش سطح آبخیز (مترمکعب بر سال)	۵۰۱۶۶	۴۶۶۰۶/۷	۳۵۵۹/۳	۷/۱
ضریب ته‌نشست مجدد رسوبات حاصل از فرسایش	۰/۴	۰/۴	۰	۰
تلفات واقعی خاک (مترمکعب بر سال)	۲۰۰۸۸/۲	۱۸۶۶۲/۹	۱۴۲۵/۳	۷/۱
تلفات خاک واقعی ویژه آبخیز (مترمکعب بر سال بر کیلومترمربع)	۱۹۸/۴	۱۸۴/۳	۱۲/۶	۷/۱

نشان می‌دهد که حداکثر جریان خروجی از آبخیز مطالعاتی ۴۰/۱۸ مترمکعب بر ثانیه است. می‌توان نتیجه گرفت که مدل IntEro عملکرد قابل قبولی در برآورد حداکثر جریان خروجی حوزه آبخیز گلازچای اشنویه دارد. از سوی دیگر مقدار فرسایش و رسوب ویژه برآوردی توسط مدل مذکور برای آبخیز مطالعاتی با فرض جرم مخصوص ظاهری رسوب برابر با ۱/۴، به ترتیب برابر ۶/۸ و ۲/۸ تن بر هکتار بر سال است. از همین رو برای ارزیابی عملکرد مدل مذکور در آبخیز مطالعاتی از داده‌های رسوب اندازه‌گیری شده ۳۸

مقایسه خروجی‌های مدل IntEro در شرایط فعلی و با اعمال اقدامات مدیریتی در زیرآبزیهای اولویت‌دار نشان می‌دهد که فرسایش و رسوب و همچنین حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز تغییر کاهشی خواهند داشت. بر اساس نتایج حداکثر جریان خروجی در شرایط فعلی برابر با ۴۵ مترمکعب بر ثانیه است که در صورت اعمال قابلیت اراضی حداکثر جریان خروجی به مقدار ۰/۶ مترمکعب ثانیه کاهش پیدا خواهد کرد. بررسی حداکثر جریان خروجی برآوردی با آمار ۳۶ ساله ثبت شده در ایستگاه هیدرومتری اشنویه

ایوبی (۲۷) و جلیلی و همکاران (۲۸) مطابقت ندارد. از سوی دیگر بر اساس نتایج حاصل از مدل IntEro در صورت انجام اقدامات مدیریتی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار ضریب ته‌نشست مجدد رسوبات حاصل از فرسایش نسبت به شرایط فعلی تغییری نکرده و نسبت تحویل رسوب شرایط فعلی و با اعمال قابلیت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار ۰/۴ خواهد بود.

نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر تأثیر اقدامات مدیریتی مبتنی بر قابلیت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار بر فرسایش و رسوب و حداکثر جریان خروجی در مقیاس سالانه در خروجی حوزه آبخیز گلازچای اشنویه برآورد شده است. بر همین اساس تغییرپذیری مؤلفه‌های مذکور در خروجی حوزه آبخیز از تخصیص متناسب کاربری‌های اراضی در زیرآبخیزهای با اولویت مدیریتی با استفاده از مدل IntEro محاسبه شد. در مدل IntEro علاوه بر مقدار فرسایش و رسوب خاک، حداکثر جریان خروجی نیز قابل محاسبه است که از مزایای این مدل به حساب می‌آید. از مزایای دیگر این مدل، در دسترس بودن تمام مقادیر ورودی در اکثر حوزه‌های آبخیز کشور است که نتایج قابل قبولی نیز در برآورد فرسایش و رسوب کشور با استفاده از این مدل ارائه شده است. مدل مذکور از نوع مدل‌های متوسط^۱ بوده و قادر به شناسایی نقاط با فرسایش بیشینه در سطح آبخیز مطالعاتی نیست. از سوی دیگر مدل مذکور فقط در مقیاس سالانه اجرا می‌شود و در مقیاس رگبار، ماهانه و فصلی قابلیت اجرا ندارد که می‌توان آن را جزء محدودیت‌های این مدل عنوان کرد.

بر اساس نتایج، لحاظ قابلیت اراضی در ۶/۰۲ درصد از زیرآبخیزهای با اولویت بالای مدیریتی دارای رفتار متفاوت در فرسایش و رسوب و حداکثر جریان خروجی از آبخیز مطالعاتی است. در همین ارتباط می‌توان اذعان نمود با برنامه‌ریزی و مدیریت اصولی کاربری‌های مختلف اراضی مبتنی بر قابلیت اراضی در مناطق تخریب‌شده و نیازمند اقدامات مدیریتی، می‌توان تا حد قابل قبولی از تخریب منابع آب‌و خاک جلوگیری کرد. با این حال اگرچه درآمد ساکنین منطقه با کاهش کاربری‌های کشاورزی دیم و آبی (کاهش ۱/۵ درصدی) کاهش خواهد یافت اما اثرات سوء اقتصادی حاصل از کاهش کاربری‌های مذکور، می‌تواند با افزایش مساحت کاربری باغ تا حدود زیادی جبران شود. از سوی دیگر طی بررسی‌های میدانی مشخص شد که به دلیل اسکان عشایر در زیرآبخیزهای گنبد و شینک‌ببی، افزایش سطح کاربری جنگل و همچنین تولید پوشش گیاهی مناطق مذکور ضمن افزایش درآمد دامداران و عشایر منطقه، می‌تواند زمینه‌ساز کسب‌وکارهای دیگر از جمله زنبورداری، فروش گیاهان دارویی و صنعت توریسم با توجه به پتانسیل بالای منطقه شود. بنابراین نتایج پژوهش حاضر می‌تواند به عنوان رویکردی مناسب برای سیاست‌مداران، برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان بخش‌های مربوطه برای انجام اقدامات مدیریتی در بخش‌های اولویت‌دار باشد.

رگبار مطالعاتی طی سال‌های گذشته استفاده شد. بررسی رگبارهای اندازه‌گیری شده نشان داد میزان رسوب خروجی از حوزه آبخیز گلازچای اشنویه طی سال‌های مختلف متفاوت است. با این حال از تاریخ ۱۹ اسفند ۱۳۹۲ تا ۲۲ آذر ۱۳۹۳، میزان رسوب معلق ۱۲ رگبار به‌وقوع پیوسته به‌طور منظم اندازه‌گیری شده است. بر این اساس میزان رسوب ویژه حوزه آبخیز مطالعاتی برابر با ۱/۸۶۷ تن در هکتار در سال برآورد شده است. از همین‌رو مقایسه مقادیر خروجی مدل IntEro با نتایج حاصل از میزان رسوب معلق رگبارهای ثبت شده در تاریخ مذکور نشان می‌دهد در حدود ۴۹ درصد خطا بین مقادیر برآوردی توسط مدل IntEro با مقادیر حاصل از رگبارهای مشاهداتی وجود دارد. با این حال به سبب عدم لحاظ مقدار رسوب آب پایه، عملکرد مناسب مدل IntEro در برآورد حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز و همچنین حالت مقایسه‌ای نتایج حاصل از پژوهش حاضر، تحلیل اثر اقدامات مدیریتی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار با اتکا به نتایج حاصل از مدل IntEro صورت پذیرفت.

بر اساس نتایج، با انجام قابلیت اراضی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار فرسایش خاک و رسوب خروجی از حوزه آبخیز مطالعاتی به ترتیب به میزان ۳۵۵۹/۳ و ۱۴۲۵/۳ مترمکعب در سال کاهش پیدا خواهد کرد. فرسایش ویژه آبخیز نیز در شرایط فعلی و با اعمال اقدامات مدیریتی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار به ترتیب برابر ۱۹۸/۴ و ۱۸۴/۳ مترمکعب بر سال بر کیلومترمربع برآورد شده است به این صورت که با انجام اقدامات مذکور، رسوب ویژه آبخیز به میزان ۱۲/۶ مترمکعب بر سال کاهش می‌یابد. در این راستا، صادقی و همکاران (۴۲) و ادهمی و همکاران (۳) نیز به برتری انجام اقدامات مدیریت زیستی در زیرآبخیزهای مطالعاتی حوزه آبخیز مذکور در راستای مدیریت کاربری اراضی تأکید نموده‌اند. از سوی دیگر نتایج مذکور با نتایج پژوهش بریهان و همکاران (۹) مبنی بر اثرگذاری اقدامات مدیریتی مبتنی بر قابلیت اراضی در کاهش رواناب و رسوب در حوزه آبخیز Laguna اتیوپی هم‌خوانی دارد. همچنین جلیلی و همکاران (۲۸)، یاکوب و همکاران (۵۱) و دو و همکاران (۱۹) موفقیت اثر اقدامات حفاظت خاک و آب و شیوه‌های مدیریت حفاظتی در کاهش تولید رسوب را بیان داشتند.

مقایسه درصد کاهش مؤلفه‌های مرتبط با فرسایش با حداکثر دبی اوج خروجی از حوزه آبخیز نشان می‌دهد که اعمال اقدامات مدیریتی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار تأثیر بیشتری بر مؤلفه‌های فرسایش نسبت به حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز دارد. به‌طوری‌که با اعمال اقدامات مدیریتی در زیرآبخیزهای اولویت‌دار، حداکثر جریان خروجی از حوزه آبخیز ۱/۳۳ درصد (۰/۶ مترمکعب بر ثانیه)، کاهشی خواهد بود. این نتایج با نتایج بریهان و همکاران (۹) و قرمز چشمه و همکاران (۲۵) هم‌خوانی دارد. همچنین فرسایش خاک و کل رسوب خروجی از آبخیز مذکور هر دو به میزان ۷/۱ درصد تغییر کاهشی خواهند داشت. نتایج مذکور با نتایج مصباحی و بندالله (۳۴) و یاکوب و همکاران (۵۱) مبنی بر تأثیرپذیری بیش‌تر مقدار رسوب نسبت به دبی جریان در صورت اعمال اقدامات مدیریتی در یک راستا است اما با نتایج همت‌جو و

منابع

1. Abbanan-Azar Dasht Engineering Consulting Company. 2010. Final report of study and design of drainage network for surface runoff and urban flood in Oshnoyeh, 122 pp (In Persian).
2. Abdulkareem, J.H., B. Pradhan, W.N.A. Sulaiman and N.R. Jamil. 2019. Prediction of spatial soil loss impacted by long-term land-use/land-cover change in a tropical watershed. *Geoscience Frontiers*, 10(2): 389-403.
3. Adhami, M., S.H.R. Sadeghi, R. Duttman and M. Sheikhmohammady. 2019. Changes in watershed hydrological behavior due to land use comanagement scenarios. *Journal of Hydrology*, 577, 124001.
4. Amos, K.J., J. Alexander, A. Horn, G.D. Pocock and C.R. Fielding. 2004. Supply limited sediment transport in a high discharge event of the tropical Burdekin River, North Queensland, Australia. *Sedimentology*, 51(1): 145-162.
5. Amsalu, T. and A. Mengaw. 2014. GIS Based Soil Loss Estimation Using RUSLE Model: The Case of Jabi Tehinan Woreda, ANRS, Ethiopia. *Natural Resources*, 5: 616-626.
6. Anaba, L.A., N. Banadda, N. Kiggundu, J. Wanyama, B. Engel and D. Moriasi. 2017. Application of SWAT to assess the effects of land use change in the Murchison Bay Catchment in Uganda. *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering*, 6(1): 24-40.
7. Astuti, I.S., K. Sahoo, A. Milewski and D.R. Mishra. 2019. Impact of land use land cover (LULC) change on surface runoff in an increasingly urbanized tropical watershed. *Water Resources Management*, 33(12): 4087-4103.
8. Berihun, M.L., A. Tsunekawa, N. Haregeweyn, Y.T. Dile, M. Tsubo, A.A. Fenta and R. Srinivasan. 2020. Evaluating runoff and sediment responses to soil and water conservation practices by employing alternative modeling approaches. *Science of the Total Environment*, 747, 141118.
9. Berihun, M.L., A. Tsunekawa, N. Haregeweyn, M. Tsubo, A.A. Fenta, K. Ebabu and Y.T. Dile. 2022. Reduced runoff and sediment loss under alternative land capability-based land use and management options in a sub-humid watershed of Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 40, 100998.
10. Biard, F. and F. Baret. 1997. Crop residue estimation using multiband reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 59(3): 530-536.
11. Borrelli, P., D.A. Robinson, L.R. Fleischer, E. Lugato, C. Ballabio, C. Alewell, K. Meusburger, S. Modugno, B. Schütt, V. Ferro and V. Bagarello. 2017. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8(1): 1-13.
12. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465.
13. Burt, R. 2004. Soil survey laboratory methods manual. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, USA, 700 pp.
14. Chang, H., Y. Makido and E. Foster. 2021. Effects of land use change, wetland fragmentation, and best management practices on total suspended sediment concentrations in an urbanizing Oregon watershed, USA. *Journal of Environmental Management*, 282: 111962.
15. Chen, X., Z. Liang, Z. Zhang and L. Zhang. 2020. Effects of soil and water conservation measures on runoff and sediment yield in red soil slope farmland under natural rainfall. *Sustainability*, 12(8): 3417.
16. Choto, M. and A. Fetene. 2019. Impacts of land use/land cover change on stream flow and sediment yield of Gojeb watershed, Omo-Gibe basin, Ethiopia. *Remote Sensing Applications. Society and Environment*, 14(1): 84-99.
17. Costa, M.H., A. Botta and J.A. Cardille. 2003. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. *Journal of Hydrology*, 283(1-4): 206-217.
18. de Oliveira Serrão, E.A., M.T. Silva, T.R. Ferreira, L.C.P. de Ataíde, C.A. dos Santos, A.M.M. de Lima and D.J.C. Gomes. 2022. Impacts of land use and land cover changes on hydrological processes and sediment yield determined using the SWAT model. *International Journal of Sediment Research*, 37(1): 54-69.
19. Du, X., J. Jian, C. Du and R.D. Stewart. 2021. Conservation management decreases surface runoff and soil erosion. *International Soil and Water Conservation Research*.
20. Fathi, M. and K. Koohi Esfahani. 2018. Constitution of Iran. Guardian Council Research Institute, 313 p.
21. Zhang, S., W. Fan, Y. Li and Y. Yi. 2017. The influence of changes in land use and landscape patterns on soil erosion in a watershed. *Science of the Total Environment*, 574(1): 34-45 (In Persian).
22. Feng, X., Y. Wang, L. Chen, B. Fu and G. Bai. 2010. Modeling soil erosion and its response to land-use change in hilly catchments of the Chinese Loess Plateau. *Geomorphology*, 118(3-4): 239-248.
23. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) Main Report; FAO, Rome, Italy; Volume 650.
24. Frankl, A., V. Prêtre, J. Nyssen and P.G. Salvador. 2018. The success of recent land management efforts to reduce soil erosion in northern France. *Geomorphology*, 303: 84-93.
25. Geological Survey of Iran. Geological map information 1: 100000 Oshnavieh areas (In Persian).
26. Ghermermezcheshmeh, B., S.O. Nikcheshmeh and H. Agha-Razi. 2019. Effects of Watershed Management Practices on Some of Flood Characteristics Change in Haftan Watershed. *Journal of Watershed Management Research*, 10(19): 106-116 (In Persian).

26. Hawks, B.S., W.M. Aust, M.C. Bolding, S.M. Barrett, E. Schilling and J.A. Fielding. 2022. Linkages between Forestry Best Management Practices and erosion in the southeastern US. *Journal of Environmental Management*, 305: 114411.
27. Hematjoo, M.H. and Sh. Ayoubi. 2013. Investigating the effects of land use change in Zayandehrud main branch watershed to optimal use in terms of runoff and sediment production using SWAT2005 model. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 43(4): 343-351 (In Persian).
28. Jalili, Kh., S.H.R. Sadeghi and D. Nikkami. 2007. Land use optimization of watershed for soil erosion minimization using linear programming (a case study of Brimvand Watershed, Kermanshah Province). *JWSS*. 2007; 10 (4):15-27 (In Persian).
29. Kalra, Y.P. and D.G. Maynard. 1991. *Methods manual for forest soil and plant analysis*, 319: 116 pp.
30. Katebikord, A., S.H.R. Sadeghi and V. Singh. 2022. The effect of different methods of calculating the topographic factor on the accuracy of estimating soil erosion at the storm scale. *Journal of Watershed Management Research* (In Persian).
31. Khaledi Darvishan, A., M. Mohammadi, G. Skataric, S.G. Popović, M. Behzadfar, N.R.R. Sakuno and V. Spalevic. 2019. Yield and maximum outflow, using IntErO model (Case study: S8-intA Shirindarreh Watershed, Iran). *Agriculture & Forestry*, 65(4): 203-210.
32. Koranteng, A. and T.Z. Niedzwiecki. 2015. Modelling forest Loss and other land use change dynamics in Ashanti Region of Ghana. *Folia Forestalia Polonica*, 57(2): 96-111.
33. Masoomi, H., A. Malekian, A. Salajegheh and A. Nazari Samani. 2020. An assessment of the effect of land use change on the runoff using the markov chain and cellular automata in the Bidgol Watershed, the Province of Fars. *Watershed Management Research Journal*, 33(2): 31-51.
34. Mosbahi, M. and S. Benabdallah. 2020. Assessment of land management practices on soil erosion using SWAT model in a Tunisian semi-arid catchment. *Journal of Soils and Sediments*, 20(2): 1129-1139.
35. Mostafazadeh, R., S. Sadeghi and A. Sadoddin. 2014. Analysis of storm-wise sedimentgraphs and rating loops in Galazchai Watershed, West-Azarbaijan, Iran. *Journal of Water and Soil Conservation*, 21(5): 175-191 (In Persian).
36. Munoth, P. and R. Goyal. 2020. Impacts of land use land cover change on runoff and sediment yield of Upper Tapi River Sub-Basin, India. *International Journal of River Basin Management*, 18(2): 177-189.
37. Noretto, M.D., E.G. Jobbágy and J.M. Paruelo. 2006. Carbon sequestration in semi-arid rangelands: comparison of *Pinus ponderosa* plantations and grazing exclusion in NW Patagonia. *Journal of Arid Environments*, 67(1), 142-156.
38. Oji, M.R., D. Nikokami, M.H. Mahdian and Sh. Mahmoudi. 2013. Minimizing runoff and sedimentation by optimizing land use (Case Study: Jajrood watershed). *Journal of Water and Soil Conservation*, 20(4): 183-199. (In Persian).
39. Ouallali, A., H. Aassoumi, M. Moukhchane, A. Moumou, M. Houssni, V. Spalevic and S. Keesstra. 2020. Sediment mobilization study on Cretaceous, Tertiary and Quaternary lithological formations of an external Rif catchment, Morocco. *Hydrological Sciences Journal*, 1-15.
40. Rosas, M.A. and R.R. Gutierrez. 2020. Assessing soil erosion risk at national scale in developing countries: The technical challenges, a proposed methodology, and a case history. *Science of the Total Environment*, 703, 135474.
41. Sadeghi, S.H.R., L. Gholami, M. Homaee and A. Khaledi Darvishan. 2015. Reducing sediment concentration and soil loss using organic and inorganic amendments at plot scale. *Solid Earth*, 6(2): 445-455.
42. Sadeghi, S., A. Jafarpour, M. Zabihi Silabi, S. Molashahi, M. Naghdi, M. Sharifi Moghani, Z. Ghysoori and E. Farzadfar. 2021. Biologic Management Framework of Soil Erosion in the Watershed (Applied study: Oshnavieh Galazchai, West Azerbaijan, Iran). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(4): 997-1010 (In Persian).
43. Sadeghi, S., G. Shojaei and H. Moradi. 2010. Relationship between land use and soil erosion in Manderijan Catchment in Zayandehrud Dam Basin. *Watershed Engineering and Management*, 2(3): 143-149 (In Persian).
44. Sadoddin, A.A., V. Sheykh, R. Mostafazadeh and M.G. Halili. 2010. Analysis of vegetation-based management scenarios using MCDM in the Ramian watershed, Golestan, Iran. *International Journal of Plant Production*, 4(1): 51-61.
45. Samal, D.R. and S. Gedam. 2021. Assessing the impacts of land use and land cover change on water resources in the Upper Bhima river basin, India. *Environmental Challenges*, 5: 100251.
46. Setyorini, A., D. Khare and S.M. Pingale. 2017. Simulating the impact of land use/land cover change and climate variability on watershed hydrology in the Upper Brantas basin, Indonesia. *Applied Geomatics*, 9(3): 191-204.
47. Spalevic, V. 2011. Impact of land use on runoff and soil erosion in Polimlje. Ph.D. Dissertation, Faculty of Agriculture of the University of Belgrade, Serbia, 1-260.
48. Spalevic, V., M. Curovic, G. Barovic, T. Florijancic, I. Boskovic and I. Kisic. 2015. October). Assessment of Sediment Yield in the Tronosa River Basin of Montenegro. In The 9th International Symposium on Plant-Soil Interactions at Low pH. 2 pp.

49. Taye, T. and A. Moges. 2021. Implication of long-term watershed development on land use/land cover change and sediment loss in Maybar Sub-Watershed, South Wello Zone, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 7(1): 1863596.
50. Wang, L., N. Dalabay, P. Lu and F. Wu. 2017. Effects of tillage practices and slope on runoff and erosion of soil from the Loess Plateau, China, subjected to simulated rainfall. *Soil and Tillage Research*, 166: 147-156.
51. Yaekob, T., L. Tamene, S.G. Gebrehiwot, S.S. Demissie, Z. Adimassu, K. Woldearegay and D. Solomon. 2020. Assessing the impacts of different land uses and soil and water conservation interventions on runoff and sediment yield at different scales in the central highlands of Ethiopia. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 1-15.
52. Yohannes, H. and T. Soromessa. 2019. Integration of remote sensing, GIS and MCDM for land capability classification in Andit Tid watershed, Ethiopia. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 47(5): 763-775.
53. Yousefi, S., R. Khatami, G. Mountrakis, S. Mirzaee, H.R. Pourghasemi and M. Tazeh. 2015. Accuracy Assessment of Land Cover/Land Use Classifiers in Dry and Humid Areas of Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(10): 641.
54. Zabihi Seilabi, M., S. Sadeghi and R. Mostafazadeh. 2020. Comparison of FAO, USDA, and FRWMO Methods in Preparation of Land Capability Map of Oshnavieh Galazchai Watershed, Iran. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 9(4): 71-88 (In Persian).
55. Zhang, S., X.X. Lu, D.L. Higgitt, C.T.A. Chen, J. Han and H. Sun. 2008. Recent changes of water discharge and sediment load in the Zhujiang (Pearl River) Basin, China. *Global and Planetary Change*, 60(3-4): 365-380.
56. Zhao, J., Z. Yang and G. Govers. 2019. Soil and water conservation measures reduce soil and water losses in China but not down to background levels: Evidence from erosion plot data. *Geoderma*, 337(1): 729-741.
57. Zhou, N., X. Hu, I. Byskov, J.S. Næss, Q. Wu, W. Zhao and F. Cherubini. 2021. Overview of recent land cover changes, forest harvest areas, and soil erosion trends in Nordic countries. *Geography and Sustainability*, 2(3): 163-174.

Effects of the Implementing Land use-based Scenarios in the Prioritized Sub-Watersheds on Soil Erosion and Sediment Yield of the Glazchai Watershed, Oshnavieh, Iran

Mostafa Zabihi Silabi¹, Seyed Hamidreza Sadeghi² and Raoof Mostafazadeh³

1- Ph.D. Student Tarbiat Modares University

2- Professor Tarbiat Modares University, (Corresponding Author: sadeghi@modares.ac.ir)

3- Associate Professor University of Mohaghegh University

Received: 29 January 2022

Accepted: 28 February 2022

Abstract

Land use patterns, agricultural activities, and decreased vegetation have accelerated land degradation processes. Therefore, implementing land and vegetation-based management measures and utilizing land resources according to suitability/capability is essential to achieve integrated watershed resources management in critical watersheds. Hence, the present study was planned to evaluate the changes of erosion and sediment yield to evaluate management scenarios based on land capability in the high priority sub-watersheds of Glazchai watershed Oshnavieh, West Azerbaijan province, Iran. Therefore, the land capability of priority sub-watersheds was first extracted according to the FAO method. The soil erosion, sediment yield variability, and the maximum discharge were estimated using the IntErO model. The results showed that six percent of the study area in studied sub-watersheds did not follow the land capability rules. The forest land use had a 2.21% net increase. Also, the good rangeland area had a net change of 1.2% compared to the current conditions. In this regard, the allocation of land capability in these areas will reduce the erosion amount, sediment yield, and the maximum discharge of the watershed by 7.1 and 1.33%, respectively. At the watershed scale, the amount of specific sediment yield is also reduced by 12.6 m³y⁻¹km⁻². The present study results can provide a suitable management approach for planners and policymakers to make a sound decision regarding the land use-oriented measures in high-priority areas at the watershed scale.

Keywords: Erosion Modelling, Integrated Watershed Management, Land Suitability, Land Use, Specific Sediment Yield