

شبیه‌سازی تاثیر مدیریت کاربری اراضی بر فرسایش خاک حوزه آبخیز دریاچه ارومیه

رضا بیات^۱، مربی، پژوهشگر حفاظت خاک و آبخیزداری
 امیر سررشته‌داری، مربی، پژوهشگر حفاظت خاک و آبخیزداری
 علی جعفری اردکانی، مربی، پژوهشگر حفاظت خاک و آبخیزداری
 رضا سکوتی اسکویی، استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

پذیرش مقاله: ۹۱/۱۱/۱۶

دریافت مقاله: ۹۱/۰۷/۱۷

چکیده

پوشش گیاهی نقش مهمی در حفاظت از خاک و مهار فرسایش دارد. با توجه به اهمیت مدیریت آبخیز و نقش کاربری در حفظ پوشش، این پژوهش با استفاده از مدل EPM و به کمک فن‌آوری‌های سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی به منظور تعیین اثر مدیریت کاربری اراضی بر میزان فرسایش حوزه آبخیز دریاچه ارومیه انجام شد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ سال ۲۰۰۲، عملیات صحرایی و نقشه‌های موجود، لایه‌های مورد نیاز مدل تهیه و میزان فرسایش خاک در شرایط فعلی برآورد شد. با اعمال سناریوهای مدیریتی خوب و بد کاربری منطقه از طریق ایجاد تغییرات فرضی در کاربری (کاهش و افزایش امتیاز پوشش گیاهی در گام‌های پنج تا ۵۰ درصد)، مجدداً میزان فرسایش خاک برآورد و اثر تغییرات محاسبه شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان فرسایش ویژه به ترتیب مربوط به زیرحوضه‌های ۳۰۱۵ و ۳۰۵۴ با مقادیر ۷۶۸ و ۷۴۹ مترمکعب در کیلومتر مربع در سال است که از نظر انجام اقدامات حفاظتی در اولویت هستند. کمترین مقادیر در زیرحوضه‌های ۳۰۷۲ و ۳۰۵۶ با شدت ۱۵ و ۲۸۷ مترمکعب در کیلومتر مربع در سال بوده که این مقدار برای کل حوضه ۴۵۴ مترمکعب در کیلومتر مربع در سال است. روند تغییر شدت فرسایش در اثر تغییر کاربری به صورت خطی و مثبت بوده، با افزایش و کاهش به ازای ۵۰ درصد به میانگین امتیاز لایه کاربری، به ترتیب ۸۳/۷ و ۶۴/۶- درصد در فرسایش خاک تغییر ایجاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: اولویت حفاظت، تغییر کاربری، رسوب، سناریو، مدل EPM

مقدمه

فرسایش خاک از جمله مسایل مهم بسیاری از کشورهای جهان، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه به‌شمار می‌آید. نقش فرسایش و تولید رسوب در کاهش حاصلخیزی و هدررفت خاک، پر شدن مخازن سدها، گرفتگی و انسداد مجاری آبیاری، آبراهه‌ها و رودخانه‌ها، گل‌آلود کردن آب رودخانه‌ها و کاهش کیفیت آب و آلودگی آب‌های مناطق پایین‌دست از دیرباز شناسایی و مورد توجه متخصصین و کارشناسان علوم زمین بوده است. برای جلوگیری و یا کاهش اثرات یادشده، نیاز به برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات حفاظت خاک و کنترل رسوب در چارچوب طرح‌های آبخیزداری است. ولی لازمه برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیم در این باره، آگاهی از میزان فرسایش و تولید رسوب در یک حوزه آبخیز، شناسایی مناطق بحرانی و اولویت‌بندی آن‌ها برای اجرای برنامه‌ها و اقدامات آبخیزداری و به‌منظور کاهش فرسایش و مهار تولید و حمل رسوب است. از آنجایی که مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب به‌عنوان ابزاری در راستای شناخت اولویت‌های فرسایشی حوزه آبخیز هستند، بیشترین کاربرد را در مطالعات و پژوهش‌های آبخیزداری دارند. لذا، تعیین تغییرات

^۱ نویسنده مسئول: bayat52@gmail.com

وضعیت فرسایش و رسوب در حوضه می‌تواند کمک موثری در اولویت‌بندی مناطق و برنامه‌ریزی‌های حفاظتی داشته باشد. براین اساس، ارائه دورنمایی از نتایج می‌تواند در جهت‌دهی عملیات آبخیزداری و مدیریت حوضه، موثر واقع شده و منجر به کاهش فرسایش و رسوب و آثار تخریبی مترتب از آن باشد.

محققینی مثل باقرزاده کریمی (۱۳۷۲)، پاک‌پرور سال (۱۳۷۵)، بیات (۱۳۸۷)، ساعدی (۱۳۷۹)، رنگزن (۱۳۸۴)، Bazzoffi (۱۹۸۵)، Globevnic و همکاران (۲۰۰۳) و Emmanouloudis و همکاران (۲۰۰۳) برای تعیین مقدار فرسایش خاک، مدل EPM را با فن‌آوری‌های نوین سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS^۱) و سنجش از دور (RS^۲) استفاده نموده‌اند (بیات و همکاران، ۱۳۹۱). محمودآبادی (۱۳۸۲) با استفاده از دستگاه باران‌ساز اقدام به بررسی تأثیر پوشش سنگ و سنگ‌ریزه در مناطق با پوشش گیاهی ضعیف نمود و به این نتیجه رسید که وجود سنگ‌ریزه در سطح خاک از یک سو به‌عنوان عامل حفاظتی و از سوی دیگر به‌عنوان عامل مؤثر در تراوایی خاک، باعث افزایش تراوایی و کاهش رواناب و در نهایت کاهش فرسایش و رسوب می‌شود.

در پژوهش دیگری، جوکارسرهنگی و غلامی (۱۳۸۷) با ایجاد تغییر فرضی در کاربری اراضی در محیط GIS، امتیاز عامل کاربری حوضه زارمرود را سه بار در مدل تغییر داده، تأثیر تغییر کاربری اراضی را در میزان فرسایش و رسوب بررسی نمودند. نتایج نشان داد تنها با تغییر کاربری اراضی مزارع و باغ‌ها (مکان‌های با امکان تغییر کاربری و نوع کشت) می‌توان شدت فرسایش را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. آزموده و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی به‌منظور بررسی رواناب و فرسایش خاک در خاک‌های تحت پوشش اراضی جنگلی و مقایسه آن با اراضی زراعی و باغی که منتج از تغییر کاربری جنگل بوده، نسبت به شناسایی عوامل مؤثر در رواناب و فرسایش خاک در محدوده شهرستان ساری اقدام نموده و در هر یک از کاربری‌ها، میزان رواناب و فرسایش خاک ناشی از شبیه‌سازی باران را اندازه‌گیری کردند. نتایج حاصله نشان داد بیشترین و کمترین میزان رواناب به‌ترتیب در کاربری جنگل و باغ ایجاد شده است. همچنین، مقدار فرسایش خاک در اراضی زراعی و باغی به‌ترتیب ۱/۷۶ و ۱/۳۶ برابر کاربری جنگل اندازه‌گیری شد.

به‌منظور تعیین نقش پوشش گیاهی در کنترل رسوب حوزه آبخیز طالقان، میزان پوشش اندازه‌گیری شده در واحدهای پوشش گیاهی با مقادیر پنج درصدی، به‌صورت بدینانه تا ۲۵ درصد کاهش و در حالت خوش‌بینانه تا ۲۵ درصد افزایش توسط بیات و همکاران (۱۳۹۰) به انجام رسید. سپس، مدل MPSIAC برای ۱۰ وضعیت مختلف از نظر پوشش گیاهی، اجرا و مقدار تولید رسوب سالانه حوضه در هر مرحله محاسبه شد. نتایج پژوهش نشان داد با تغییر درصد پوشش گیاهی و متعاقب آن درصد اراضی لخت، میزان رسوب به‌مقدار قابل توجهی تغییر می‌کند. به‌طوری‌که با افزایش و کاهش پوشش گیاهی به‌میزان ۲۵ درصد در منطقه پژوهش، مقدار تولید رسوب به‌ترتیب تا ۲۹/۶ درصد کاهش و تا ۲۶/۸ درصد افزایش داشت.

در پژوهش‌های دیگری نیز از روش تعریف سناریوهای مختلف برای عوامل تأثیرگذار بر یک پدیده مانند رواناب، فرسایش و یا تولید رسوب استفاده شده است. به‌طور مثال، نقشه خطر فرسایش در ایالت یوتای آمریکا با استفاده از مدل‌های تجربی به‌وسیله Bartsch و همکاران (۲۰۰۲) در محیط GIS تهیه شد. ارزیابی کمی فرسایش منطقه به‌صورت نقشه نشان‌داده است که کدام مناطق در معرض خطر نسبی فرسایش هستند و همچنین مشخص شد عامل پوشش زراعی، در تغییرات خطر فرسایش و طبقه‌بندی نقشه نهایی، بیشترین نقش را داشته است.

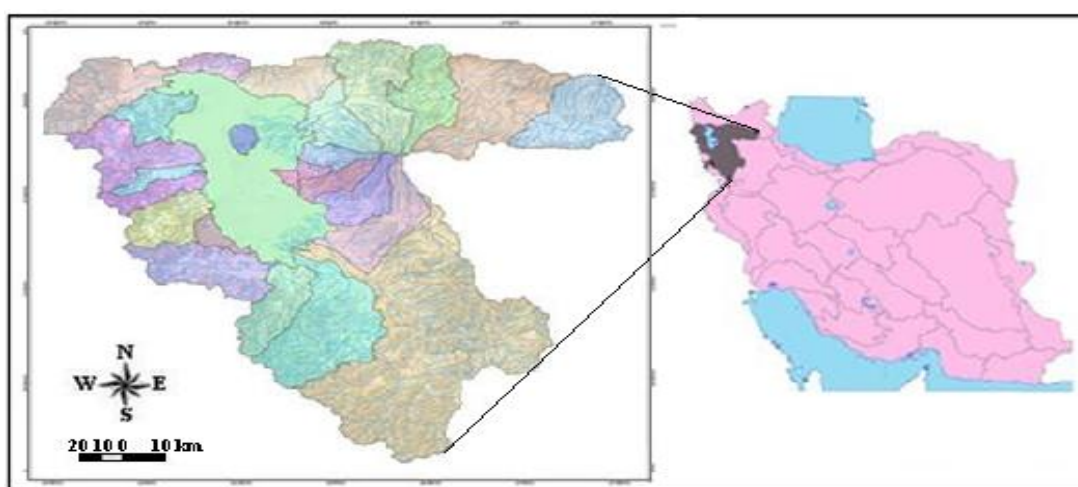
بررسی واکنش هیدرولوژیکی خاک تحت شرایط باران مصنوعی در کاربری‌های مختلف به‌وسیله Jordan و همکاران (۲۰۰۸) انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد اراضی جنگلی با توجه به تاج پوشش خوب، کمترین حجم رواناب را دارا بوده و بیش‌ترین مقدار رواناب نیز در دامنه‌های مرتعی دیده شد. اهمیت ادامه حیات بوم‌سازگان دریاچه ارومیه و تأثیرپذیری نزدیک آن از وضعیت کاربری و فرسایش در حوضه‌های تأمین‌کننده آب آن، ضرورت انجام تحقیقات در این خصوص را نشان می‌دهد. با توجه به اهمیت و تأثیر چگونگی مدیریت کاربری اراضی بر فرسایش و میزان رسوب تولیدی و تأثیر آن بر بوم‌سازگان حوزه آبخیز دریاچه ارومیه، این موضوع از طریق شبیه‌سازی مورد بررسی قرار گرفت.

¹ Geographical Information Systems

² Remote Sensing

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: حوزه آبخیز دریاچه ارومیه در شمال غرب کشور قرار گرفته، به وسیله بخش شمالی کوه‌های زاگرس و دامنه‌های جنوبی کوه سبلان و نیز دامنه‌های شمالی، غربی و جنوبی کوه سهند احاطه شده است. این حوضه از سمت شمال به حوزه آبخیز رودخانه ارس، از سمت مشرق و جنوب به حوزه آبخیز رودخانه قزل اوزن و از سمت غرب به مرز کشورهای ترکیه و عراق محدود می‌شود. حوزه آبخیز دریاچه ارومیه با مساحت ۵۱۹۶۴/۲ کیلومتر مربع، بین مختصات جغرافیایی ۱۲'، ۴۴° تا ۵۵'، ۴۷° طول شرقی و ۴۰'، ۳۵° تا ۳'، ۳۸° عرض شمالی واقع شده است. شکل ۱ موقعیت دریاچه ارومیه در کشور و زیرحوضه‌های آن را نشان می‌دهد. در حوضه دریاچه ارومیه تعداد ۳۲ رودخانه بزرگ و کوچک وجود دارد. از رودخانه‌های مهم آن زرينه‌رود (بزرگ‌ترین رودخانه)، سیمینه‌رود و آجی‌چای را می‌توان نام برد. رودخانه‌های واقع در این حوضه به سمت دریاچه ارومیه جریان دارند. این حوضه کوهستانی و دشتی بوده، حدود ۳۵ درصد آن را عرصه‌های دشتی تشکیل می‌دهد و تنوع کاربری در این حوضه مشاهده می‌شود.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز دریاچه ارومیه در کشور و زیرحوضه‌های آن

روش پژوهش: با توجه به وسعت منطقه و امکان تأمین داده‌های مورد نیاز مدل EPM، این مدل به‌عنوان ابزاری برای برآورد و شبیه‌سازی اثر تغییرات مدیریت کاربری بر میزان فرسایش حوضه استفاده شد. مدل EPM، مدل تجربی است که در برخی مناطق کشور برای مطالعات آبخیزداری مورد استفاده قرار می‌گیرد و با استفاده از شش ویژگی از مشخصات منطقه شامل وضعیت فرسایش، وضعیت سنگ و خاک، کاربری، شیب، بارندگی و دما، میزان فرسایش را برآورد می‌کند. در ادامه شکل کلی مدل و توضیحات آن به اختصار همراه با روابط آن نشان داده شده است. در این مدل ابتدا لایه‌های لازم برای تعیین ضریب فرسایش تهیه و براساس رابطه (۱) مقدار آن محاسبه شد.

$$Z = Y \cdot Xa (\Psi + I^{0.5}) \quad (1)$$

برای تهیه نقشه عامل شیب (I) براساس رابطه آن در مدل و استفاده از نقشه شیب تهیه شده از مدل رقومی ارتفاع^۱ (DEM) حاصل از ماهواره راداری^۲ SRTM اقدام شد. لایه کاربری اراضی تهیه شده به‌وسیله پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری (۱۳۸۶) براساس تفسیر تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ سال ۲۰۰۲ منطقه به‌عنوان مبنا مورد توجه قرار گرفت و با امتیازدهی آن نقشه ضریب استفاده از زمین (Xa) تهیه شد. نقشه حساسیت خاک و سنگ‌ها به فرسایش (Y) از ضریب حساسیت سازندهای موجود در نقشه حساسیت سازندها و نهشته‌های غیرمتراکم آماده شد. برای تهیه نقشه ضریب فرسایش مشاهده‌ای (Ψ) ابتدا با استفاده از لایه‌های واحدهای اراضی، حساسیت زمین‌شناسی و کاربری

^۱ Digital Elevation Model

^۲ Shuttle Radar Topography Mission

اراضی واحدهای کاری مشابه به صورت رقومی تهیه و براساس تصاویر ماهواره‌ای مذکور تصحیح شد. طی بازدید صحرائی از ۲۰ درصد تکرارهای واحدهای همگن (با توجه به موقعیت، مساحت و امکان دسترسی)، خصوصیات از جمله نوع کاربری، اشکال فرسایش و ضریب مربوطه ثبت و به سایر واحدهای همگن تعمیم داده شد. با استفاده از نقشه‌های شیب، ضریب استفاده از زمین، حساسیت خاک و سنگ‌ها به فرسایش و نقشه ضریب فرسایش و رابطه موجود در مدل، نقشه ضریب فرسایش (Z) تهیه شد. به منظور برآورد فرسایش ویژه (Wsp)، ابتدا ضریب دما (T) بر حسب رابطه (۲) از متوسط درجه حرارت سالانه (t) تعیین و سپس بر حسب رابطه (۳) محاسبه شد که در آن (H) میانگین سالانه بارندگی است.

$$T = (t / 10 + 0.1) \quad (2)$$

$$Wsp = T.H.I.Z^{1.5} \quad (3)$$

سپس با استفاده از رابطه (۲)، نقشه فرسایش ویژه بر حسب $m^3 km^{-2} yr^{-1}$ تهیه، میانگین شدت فرسایش ویژه در کاربری‌ها، زیرحوضه‌ها و کل حوضه برآورد و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها براساس شدت فرسایش انجام گرفت. مقادیر رسوب‌دهی ویژه سالانه (Gsp) بر حسب رابطه (۴) و با استفاده از مقادیر SDR حاصل از رابطه (۵) که در آن A ، مساحت حوزه آبخیز به مایل مربع است، محاسبه شد (پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۸۶).

$$Gsp = Wsp \times SDR \quad (4)$$

$$LogSDR = 1.8768 - 0.14191 * \log(10A) \quad (5)$$

برای شبیه‌سازی تغییرات کاربری ناشی از چگونگی مدیریت آبخیز و اثر آن بر فرسایش، دو سناریوی متفاوت مدیریت خوب و مدیریت بد کاربری در نظر گرفته شد. در این پژوهش، مدیریت خوب بدین معنی است که از طریق اصلاح کاربری، متناسب نمودن آن با استعداد اراضی و احیای مراتع، شرایط پوشش گیاهی بهبود یابد و مدیریت بد مفهوم عکس دارد. در مدیریت بد، هیچ‌گونه نظارت و اقدامی برای استفاده درست از زمین و حفظ پوشش گیاهی انجام نمی‌شود، لذا وضعیت پوشش گیاهی به سمت تخریب و تضعیف پیش خواهد رفت. شرایط مدیریتی مذکور از طریق ایجاد تغییرات فرضی در میانگین امتیاز کاربری حوضه و با گام‌های پنج تا ۵۰ درصد میانگین به صورت کاهش و افزایشی شبیه‌سازی شد. تغییرات بدین شکل صورت گرفت که پس از تعیین میانگین امتیاز کاربری در حوضه، در هر یک از گام‌ها به میزان پنج درصد به میانگین اضافه یا از آن کم می‌شد. سپس، با فرض ثابت بودن سایر عوامل مدل، مجدداً در هر گام میزان فرسایش خاک برآورد و اثر این تغییرات بر میزان فرسایش محاسبه شد. علاوه بر شرایط فعلی، در مجموع ۲۰ بار تغییر امتیاز کاربری و سپس برآورد فرسایش انجام شد.

نتایج و بحث

ضریب شدت فرسایش (Z): همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، ضریب شدت فرسایش زیرحوضه‌ها با توجه به عوامل تأثیرگذار در آن متفاوت هستند. براین اساس، در زیرحوضه‌های رتبه ۴، بیشترین ضریب شدت فرسایش، به‌علت بالا بودن مقادیر ضرایب استفاده از زمین و حساسیت سنگ و خاک به ترتیب مربوط به زیرحوضه‌های ۳۰۵۴، ۳۰۷۱ و ۳۰۱۵ است. زیرحوضه‌های ۳۰۷۲ و ۳۰۵۶ کمترین میزان ضریب فرسایش را دارا هستند.

فرسایش ویژه (Wsp): نتایج نشان می‌دهند، بیشترین میزان فرسایش ویژه در زیرحوضه‌های رتبه ۴، مربوط به زیرحوضه‌های ۳۰۱۵ و ۳۰۵۴ است که به ترتیب ۷۶۸ و ۷۴۹ مترمکعب در کیلومترمربع در سال رسوب تولید می‌کنند. علاوه بر ویژگی‌های مذکور، عوامل شیب متوسط نیز در دو حوضه فوق بالا هستند. کمترین میزان ضریب فرسایش مربوط به زیرحوضه‌های ۳۰۷۲ و ۳۰۵۶ می‌باشد.

جدول ۱- مقادیر عوامل مدل و فرسایش و رسوب در زیرحوضه‌های رتبه ۴ حوزه آبخیز دریاچه ارومیه

رسوب‌دهی ویژه ($m^3 km^{-2} yr^{-1}$)	ضرب تحويل رسوب	فرسایش ویژه ($m^3 km^{-2} yr^{-1}$)	بارندگی (mm)	دمای سالیانه ($^{\circ}C$)	ضرب دما	ضرب فرسایش	ضرب شیب	شیب (%)	ضرب حساسیت	ضرب استفاده از زمین	ضرب فرسایش مشاهداتی	کد زیرحوضه
۱۲۰	۲۰/۸۱	۵۷۸	۴۶۶/۵	۷/۴۸	۰/۹۱	۰/۵۷	۰/۳۸	۱۷/۳	۰/۹۸	۰/۵۷	۰/۶۱	۳۰۱۱
۸۱	۲۳/۲۲	۳۵۰	۳۳۸/۹	۹/۴۰	۱/۰۲	۰/۴۷	۰/۳۹	۱۷/۲	۰/۸۹	۰/۵۷	۰/۶۳	۳۰۱۲
۱۳۶	۲۱/۴۱	۶۳۷	۴۵۸/۸	۸/۹۴	۰/۹۹	۰/۵۸	۰/۳۷	۱۷/۸	۱/۰۴	۰/۵۵	۰/۶۰	۳۰۱۳
۱۵۸	۲۶/۱۶	۶۰۴	۴۱۴/۲	۱۰/۳۵	۱/۰۶	۰/۵۸	۰/۳۰	۱۳/۱	۱/۲۴	۰/۵۱	۰/۵۵	۳۰۱۴
۱۸۸	۲۴/۴۸	۷۶۸	۴۴۹/۸	۹/۷۴	۱/۰۳	۰/۶۵	۰/۴۰	۲۱/۵	۱/۱۷	۰/۵۳	۰/۵۹	۳۰۱۵
۱۲۸	۲۲/۳۵	۵۷۴	۴۵۴/۸	۹/۲۳	۱/۰۱	۰/۵۴	۰/۳۹	۱۹/۴	۱/۰۲	۰/۵۳	۰/۵۶	۳۰۱۶
۱۲۵	۲۶/۸۷	۴۶۵	۳۵۵/۷	۱۰/۴۵	۱/۰۷	۰/۵۳	۰/۴۰	۱۸/۴	۰/۹۰	۰/۵۷	۰/۶۱	۳۰۱۷
۱۱۴	۲۰/۹۸	۵۴۶	۴۶۱/۷	۱۰/۴۵	۱/۰۷	۰/۵۰	۰/۳۶	۱۷/۰	۰/۹۲	۰/۵۴	۰/۵۸	۳۰۲۱
۱۴۵	۲۱/۹۸	۶۶۲	۵۰۷/۸	۱۰/۹۷	۱/۰۹	۰/۵۰	۰/۴۰	۱۹/۲	۰/۸۴	۰/۵۸	۰/۶۴	۳۰۲۲
۹۳	۱۹/۳۶	۴۷۸	۴۷۱/۱	۱۰/۹۱	۱/۰۹	۰/۵۳	۰/۳۳	۱۳/۵	۰/۸۹	۰/۵۷	۰/۶۲	۳۰۳۱
۸۹	۱۶/۴۰	۵۴۰	۴۹۳/۰	۸/۸۶	۰/۹۹	۰/۴۴	۰/۳۹	۱۸/۱	۰/۸۶	۰/۵۶	۰/۶۱	۳۰۳۲
۱۰۰	۲۱/۳۳	۴۶۹	۴۴۲/۰	۸/۵۱	۰/۹۶	۰/۵۰	۰/۲۷	۹/۴	۱/۰۹	۰/۵۱	۰/۵۹	۳۰۳۳
۱۰۸	۲۲/۸۴	۴۷۲	۴۷۷/۹	۷/۷۷	۰/۹۲	۰/۴۹	۰/۳۱	۱۲/۶	۱/۰۶	۰/۵۱	۰/۵۵	۳۰۴۱
۱۳۳	۲۴/۹۵	۵۳۲	۴۴۱/۹	۷/۱۹	۰/۸۹	۰/۵۷	۰/۴۰	۱۹/۱	۱/۰۰	۰/۵۵	۰/۶۰	۳۰۴۲
۱۵۲	۲۷/۶۶	۵۴۸	۳۰۸/۹	۹/۶۰	۱/۰۳	۰/۶۷	۰/۳۴	۱۳/۴	۱/۰۶	۰/۶۱	۰/۶۷	۳۰۴۳
۹۶	۲۵/۷۸	۳۷۱	۳۸۷/۳	۷/۳۴	۰/۸۹	۰/۴۹	۰/۳۹	۱۷/۸	۱/۰۱	۰/۵۷	۰/۶۱	۳۰۵۱
۶۵	۲۲/۵۴	۲۸۷	۳۲۸/۶	۹/۲۴	۱/۰۰	۰/۴۳	۰/۲۳	۸/۰	۱/۱۸	۰/۵۴	۰/۵۸	۳۰۵۲
۱۱۴	۲۰/۵۷	۵۵۵	۳۸۹/۱	۸/۰۱	۰/۹۴	۰/۶۲	۰/۳۶	۱۵/۵	۱/۱۵	۰/۵۵	۰/۵۸	۳۰۵۳
۱۶۲	۲۱/۶۳	۷۴۹	۳۹۱/۵	۸/۰۵	۰/۹۵	۰/۷۴	۰/۳۳	۱۲/۹	۱/۲۴	۰/۶۰	۰/۶۴	۳۰۵۴
۱۱۲	۱۹/۵۸	۵۷۴	۴۲۵/۹	۷/۳۱	۰/۹۱	۰/۶۱	۰/۲۸	۹/۹	۱/۱۷	۰/۵۶	۰/۶۱	۳۰۵۵
۷۵	۲۰/۷۹	۳۶۰	۴۱۱/۷	۵/۸۸	۰/۸۱	۰/۴۹	۰/۳۳	۱۳/۵	۰/۹۵	۰/۵۴	۰/۵۹	۳۰۵۶
۹۸	۲۲/۵۴	۴۳۵	۳۰۸/۷	۹/۵۹	۱/۰۲	۰/۵۸	۰/۲۷	۱۱/۱	۱/۱۶	۰/۵۴	۰/۵۹	۳۰۶۱
۱۳۳	۲۵/۴۵	۵۲۳	۲۹۴/۱	۹/۰۸	۱/۰۰	۰/۶۸	۰/۳۶	۱۷/۳	۱/۱۷	۰/۵۷	۰/۶۱	۳۰۶۲
۱۸۲	۲۸/۴۷	۶۳۸	۲۸۸/۶	۱۰/۷۴	۱/۰۸	۰/۷۵	۰/۴۶	۲۳/۹	۱/۲۰	۰/۵۷	۰/۶۱	۳۰۷۱
۳	۱۷/۶۴	۱۵	۳۹۷/۱	۱۲/۳۹	۱/۱۶	۰/۵	۰/۱۰	۱/۴	۱/۵۶	۰/۲۲	۰/۲۰	۳۰۷۲
۶۰	۱۳/۳۱	۴۵۴	۴۲۲/۶	۹/۲۹	۱/۰۱	۰/۴۸	۰/۳۲	۱۴/۰	۱/۰۶	۰/۵	۰/۵۴	۳۰

رسوب‌دهی ویژه (Gsp): با در نظر گرفتن رابطه نسبت تحويل رسوب، مقدار رسوب‌دهی ویژه هر یک از زیرحوضه‌های رتبه ۴ شرکت تحقیقات منابع آب محاسبه شد که در جدول ۱ ارائه شده است. مطابق این جدول،

زیرحوضه‌های ۳۰۱۵ و ۳۰۱۴ نسبت به سایر زیرحوضه‌ها، از رسوب‌دهی ویژه بیشتر برخوردار است. پایین بودن ضریب تحویل رسوب در زیرحوضه ۳۰۵۴ موجب شد از نظر ترتیب برخلاف فرسایش ویژه، بعد از زیرحوضه ۳۰۱۴ قرار گیرد. میانگین رسوب‌دهی کل حوضه ۶۰ مترمکعب در کیلومتر مربع در سال به‌دست آمده و در سال حجمی نزدیک به ۳/۴ میلیون متر مکعب رسوب وارد دریاچه می‌کند که علاوه بر پرکردن دریاچه، آثار زیست‌محیطی دیگری نیز بر آن مترتب است.

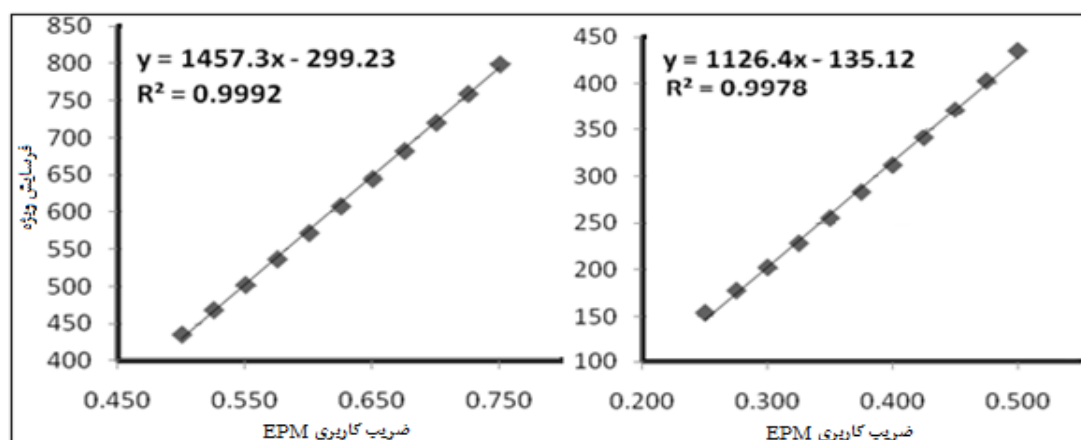
وضعیت فرسایش در کاربری‌های مختلف: فهرست کاربری‌های عمده و مساحت آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. کاربری‌های با بیشترین مساحت در این حوضه به‌ترتیب مربوط به اراضی مخلوط دیم، آیش و مرتع متوسط با ۱۸/۹۸ درصد، مراتع متوسط با ۱۱/۷۶ درصد و آب و دریاچه‌ها با ۸/۵۷ درصد است. کاربری دیم با کاربری‌های مخلوط همراه خود در مجموع بیش از ۳۵ درصد سطح حوضه را به‌خود اختصاص داده‌اند که مدیریت صحیح آن‌ها می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش فرسایش حوضه داشته باشد. براساس نقشه کاربری حوضه و نقشه فرسایش ویژه، میانگین وزنی فرسایش ویژه در هر کاربری تعیین شد که در جدول ۲ ارائه شده است. بیشترین شدت فرسایش در کاربری مرتع متوسط مخلوط با دیم و آیش و کمترین آن بعد از آب و دریاچه‌ها که بدیهی است، در کاربری اراضی بایر و سنگلاخ دیده می‌شود.

جدول ۲- فهرست کاربری‌های عمده و مساحت آن‌ها در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه

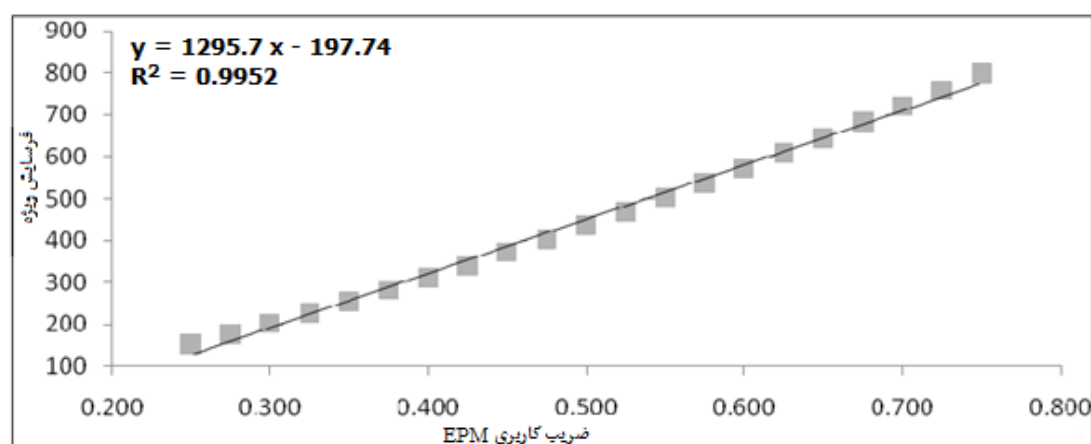
ردیف	کاربری	فرسایش ویژه ($m^3 km^{-2} yr^{-1}$)	مساحت (km^2)	مساحت (%)
۱	آب و دریاچه‌ها	۲۹/۰	۴۴۵۳/۳	۸/۵۷
۲	اراضی بایر و سنگلاخ	۱۷۹/۰	۱۳۴۰/۷	۲/۵۸
۳	اراضی کشاورزی آبی	۶۵۱/۵	۹۳/۵	۰/۱۸
۴	اراضی کشاورزی آبی مختلط با باغ	۴۶۲/۴	۲۲۹۶/۸	۴/۴۲
۵	باغ	۶۴۶/۴	۲۸۰۰/۹	۵/۳۹
۶	دیم مخلوط با اراضی آیش	۵۴۶/۱	۴۴۲۷/۳	۸/۵۲
۷	دیم مخلوط با اراضی آیش و مرتع خوب و باغ	۶۰۳/۴	۲۸۴۷/۶	۵/۴۸
۸	دیم مخلوط با اراضی آیش و مرتع ضعیف	۵۳۷/۹	۱۸۷۵/۹	۳/۶۱
۹	دیم مخلوط با اراضی آیش و مرتع متوسط	۵۲۸/۰	۹۸۶۲/۸	۱۸/۹۸
۱۰	سایر کاربری‌های مخلوط و با مساحت < ۱٪	۳۰۷/۲	۳۶۵۳/۱	۷/۰۳
۱۱	مرتع خوب	۱۹۹/۱	۳۹۸۵/۷	۷/۶۷
۱۲	مرتع خوب مخلوط با باغ	۴۶۰/۰	۱۴۱۸/۶	۲/۷۳
۱۳	مرتع فقیر	۴۹۱/۰	۳۷۶۲/۲	۷/۲۴
۱۴	مرتع فقیر مخلوط با دیم و آیش	۵۸۹/۳	۱۹۳۳/۱	۳/۷۲
۱۵	مرتع متوسط	۶۵۱/۵	۶۱۱۱/۰	۱۱/۷۶
۱۶	مرتع متوسط مخلوط با دیم و آیش	۹۸۹/۵	۱۱۰۱/۶	۲/۱۲
	جمع		۵۱۹۶۴/۲	۱۰۰

تغییرات وضعیت فرسایش: نتایج حاصل از اعمال مدیریت بد و خوب در حوضه از طریق ایجاد تغییرات فرضی در کاربری حوضه نشان داد شدت فرسایش در حوضه به‌صورت خطی و کاملاً تحت تاثیر این عامل است. میانگین شدت فرسایش در کل حوضه و در شرایط فعلی ۴۵۴ مترمکعب در کیلومتر مربع در سال برآورد شده بود که در شرایط نهایی سناریوهای مذکور (با افزایش و کاهش به ازای ۵۰ درصد به میانگین امتیاز لایه کاربری) به‌ترتیب ۸۳/۷ و ۶۴/۶- درصد در فرسایش خاک تغییر ایجاد می‌کند. میانگین شدت فرسایش حوضه در بهترین و بدترین وضعیت مدیریت کاربری حوضه به‌ترتیب به مقادیر ۱۶۱ و ۸۳۴ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال می‌رسد. شکل ۲ تغییرات فرسایش و

ضریب کاربری در سناریوی مدیریت خوب و بد را نشان می‌دهد. روند تاثیرپذیری شدت فرسایش و ضریب هم‌بستگی آن در کل تغییرات ایجاد شده بر شرایط کاربری را می‌توان در شکل ۳ مشاهده نمود.



شکل ۲- تغییرات فرسایش و ضریب کاربری در سناریوی مدیریت خوب (راست) و سناریوی مدیریت بد (چپ)



شکل ۳- تغییرات فرسایش و ضریب کاربری ناشی از کل تغییرات شرایط کاربری

همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد کاربری دیم چه به صورت منفرد و چه به شکل کاربری‌های مخلوط در مجموع بیش از ۳۵ درصد سطح حوضه را به خود اختصاص داده است که به نوعی می‌تواند هدفمندی فرضیه این پژوهش را توضیح دهد. تنوع در کاربری، لزوم بهبود نحوه مدیریت هر کدام از آن‌ها را در حوضه خاصی مثل حوزه آبخیز دریاچه ارومیه، نشان می‌دهد.

هم‌چنین، نتایج نشان داد بیشترین ضریب شدت فرسایش، به‌علت بالابودن مقادیر ضرایب استفاده از زمین در بخشی از اراضی به‌وضوح به‌چشم می‌خورد. در نگاه کلی یک ارتباط منطقی بین میزان فرسایش با نوع کاربری حاکم است، هر چند در برخی موارد تناقض مشاهده می‌شود. مثلاً میزان فرسایش در کاربری "مرتع خوب" از کاربری‌های به ظاهر نامناسب مثل "مرتع ضعیف" یا "مخلوط دیم" بیشتر است که می‌توان این اشکال را به منابع خطای مختلفی مثل اشتباه در تفسیر و طبقه‌بندی کاربری، نداشتن آماری از میزان چرا و تعداد دام ورودی به مراتع و یا مدل برآورد رسوب ارجاع داد.

در بخش دیگر نیز، نتایج حاصل از اعمال مدیریت بد و خوب در حوضه از طریق ایجاد تغییرات فرضی در کاربری حوضه نشان داد که شدت فرسایش در حوضه به‌صورت خطی و کاملاً تحت تأثیر کاربری است. لذا، با عنایت به مسائل عدیده‌ای که در حوضه وجود دارد، اعمال یک مدیریت کاربری مناسب و مطابق با استعداد اراضی در حوضه مذکور و

همچنین شناسایی دقیق‌تر نوع کاربری‌ها و کشت‌های انجام شده در هر کدام از آن‌ها، برای دستیابی به سناریوهای مطلوب در راستای کاهش فرسایش و رسوب در حوضه، امری مهم و لازم‌الاجرا است. روابط به‌دست‌آمده در شکل‌های ۲ و ۳ و نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد، شدت فرسایش دارای هم‌بستگی خطی، مثبت و بالایی با ضریب کاربری و به‌طور غیرمستقیم با نوع کاربری (مدیریت اراضی) دارد. از سوی دیگر، روند تغییرات فرسایش ویژه در مقابل تغییر شرایط کاربری نشان می‌دهد میزان حساسیت و عکس‌العمل حوضه از نظر میزان فرسایش به کاهش پوشش (مدیریت بد)، بیش‌تر از مقدار آن در مدیریت خوب (احیا و بهبود وضعیت پوشش) است.

با توجه به بررسی‌های به‌عمل آمده، سالیانه بیش از سه میلیون مترمکعب رسوب در دریاچه تن‌نشین می‌شود، از سوی دیگر با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر، طی سال‌های آینده، بخش‌هایی از دریاچه پر شده و از آب خارج می‌شود. به‌این ترتیب علاوه بر فرسایش حوزه آبخیز، از دست دادن خاک با ارزش و کاهش تولید محصولات کشاورزی، محیط زیست دریاچه نیز آسیب می‌بیند و حیات گیاهان و آبیان را مورد تهدید جدی قرار داده، بر اراضی کشاورزی حاشیه دریاچه نیز تأثیر مخربی خواهد داشت. با توجه به اهمیت دریاچه و استفاده‌های چندمنظوره از آن، استفاده از شیوه‌هایی که موجب کاهش میزان فرسایش در اراضی بالادست حوضه و همچنین، کاهش ضریب رسوب‌گذاری در دریاچه شود، الزامی است.

جدول ۳- تغییرات شدت تولید رسوب سالانه حوضه در هر یک از وضعیت‌ها

ردیف	وضعیت	تغییرات میانگین امتیاز کاربری (%)	میانگین امتیاز کاربری	فرسایش ویژه ($m^3 km^{-2} yr^{-1}$)	تغییرات فرسایش ویژه (%)
۱	بهبود پوشش گیاهی (سناریوی مدیریت خوب)	-۵۰	۰/۲۵۰	۱۶۱	-۶۴/۶۴
۲		-۴۵	۰/۲۷۵	۱۸۵	-۵۹/۲۱
۳		-۴۰	۰/۳۰۰	۲۱۱	-۵۲/۵۲
۴		-۳۵	۰/۳۲۵	۲۳۸	-۴۷/۵۹
۵		-۳۰	۰/۳۵۰	۲۶۶	-۴۱/۴۳
۶		-۲۵	۰/۳۷۵	۲۹۵	-۳۵/۰۵
۷		-۲۰	۰/۴۰۰	۳۲۵	-۲۸/۴۴
۸		-۱۵	۰/۴۲۵	۳۵۶	-۲۱/۶۳
۹		-۱۰	۰/۴۵۰	۳۸۸	-۱۴/۶۲
۱۰		-۵	۰/۴۷۵	۴۲۱	-۷/۴۱
۱۱	وضعیت فعلی	۰	۰/۵۰۰	۴۵۴	./.
۱۲	تخریب پوشش گیاهی (سناریوی مدیریت بد)	۵	۰/۵۲۵	۴۸۹	۷/۵۹
۱۳		۱۰	۰/۵۵۰	۵۲۴	۱۵/۳۷
۱۴		۱۵	۰/۵۷۵	۵۶۰	۲۳/۳۳
۱۵		۲۰	۰/۶۰۰	۵۹۷	۳۱/۴۶
۱۶		۲۵	۰/۶۲۵	۶۳۵	۳۹/۷۶
۱۷		۳۰	۰/۶۵۰	۶۷۳	۴۸/۲۲
۱۸		۳۵	۰/۶۷۵	۷۱۲	۵۶/۸۶
۱۹		۴۰	۰/۷۰۰	۷۵۲	۶۵/۶۵
۲۰		۴۵	۰/۷۲۵	۷۹۳	۷۴/۶۱
۲۱		۵۰	۰/۷۵۰	۸۳۴	۸۳/۷۱

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی به‌دلیل تأمین منابع مالی، امکانات عملیات صحرائی و مشاوره‌های علمی قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. بیات، ر.، م. عرب‌خدری، م.م. خیرخواه زرکش، س. نبی‌پی لشکریان، ب. قرمزچشمه، ع. جعفری اردکانی و ا. بیات. ۱۳۹۱. بررسی میزان هم‌خوانی نقشه‌های طبقات فرسایش حاصل از مدل‌های EPM و MPSIAC، مطالعه موردی: حوزه آبخیز شهریار. گزارش نهایی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۸۰ صفحه.
۲. بیات، ر.، ب. قرمزچشمه، و ح. رفاهی. ۱۳۹۰. بررسی نقش درصد تاج‌پوشش در رسوب‌دهی. نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، ۳(۴): ۱۸۷-۱۹۵.
۳. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۱۳۸۶. سیمای حوزه آبخیز کشور. گزارش نهایی منتشر نشده.
۴. آزموده، ع.، ع. کاویان، ک. سلیمانی و ق. وهاب‌زاده، ۱۳۸۹. مقایسه میزان رواناب و فرسایش در خاک‌های تحت پوشش کاربری‌های جنگل، زراعی و باغ با استفاده از شبیه‌ساز باران. نشریه آب و خاک، ۲۴(۳): ۴۹۰-۵۰۰.
۵. جوکارسرهنگی، ع. و و. غلامی. ۱۳۸۷. تاثیر تغییر کاربری اراضی در افزایش میزان فرسایش و تولید رسوب و پیشنهاد کاربری مناسب در حوضه زارم رود مازندران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۳(۳): ۱۴۴-۱۲۷.
۶. محمودآبادی، م. ۱۳۸۲. پهنه‌بندی خطر فرسایش در حوزه آبخیز گل‌آباد اردستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک سنجش از دور (RS). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۱۴۴ صفحه.
7. Bartsch, K.P., H.V. Miegroet, J. Boettinger and J.P. Dobrowolski. 2002. Using empirical erosion models and GIS to determine erosion risk at Camp Williams, Utah. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57(1): 29-37.
8. Jordan A., L. Martinez-Zavala and N. Bellinfante. 2008. Heterogeneity in soil hydrological response from different land cover types in southern Spain. *Catena*, 74: 137-143.

Simulation of land use management effect on soil erosion of Orumiyeh lake watershed

Reza Bayat¹, Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Amir Sarreshtedari, Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Ali Jafari Ardekani, Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Reza Sokuti Oskuee, Assiatant Professor, Agriculture and Natural Resources Research Center, Western Azerbaijan, Iran

Received: 08 October 2012 Accepted: 04 February 2013

Abstract

Due to vegetation cover importance in protecting soil and its important role in controlling erosion, this study was conducted to determine the effect of land use management on the Orumiyeh lake watershed erosion rate, using GIS and RS technologies and EPM model. Using ETM⁺ 2002 satellite imagery, field work and existing map, required layer of model prepared and soil erosion was estimated in the current situation. Management scenarios, with good and bad actions through changes hypothetically in land use rank (decreased and increased in steps of five to 50 percent), the rate of soil erosion and changes in estimates were calculated. Results showed that maximum of erosion rates is belong to 3015 and 3054 sub-watershed with values of 768 and 749, minimum is belong to 3072 and 3056 sub-watershed with values of and 287 respectively and the mean for the watershed $485.9 \text{ m}^3\text{km}^{-2}$. Trend of erosion rate change due to land use change was linearly and positive, meanwhile ultimate condition with 50% addition or reduction to land use rank, respectively caused 83.7 and -64.6 percent change in soil erosion.

Key words: Conservation priority, EPM model, Land use change, Scenario, Sediment

¹ Corresponding Author: bayat52@gmail.com