19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

ارزیابی اقتصادی خسارات فرسایش خاک در حوزه آبخیز حاجی‌قوشان توسط رویکرد جایگزینی

حیدر غفاری[1*]، یحیی پرویزی[2]

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران؛ h.ghafari@scu.ac.ir

۲- استاد گروه حفاظت آب و خاک، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

چکیده

فرسایش خاک یک تهدید زیست‌محیطی عمده برای پایداری محیط زیست و ظرفیت تولیدی کشاورزی است. هدف از این مطالعه، ارزیابی اقتصادی خسارات فرسایش خاک در حوضه آبخیز حاجی‌قوشان به عنوان یک اکوسیستم زراعی-جنگلی-مرتعی در شمال شرق کشور است. مقدار فرسایش و رسوب در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل SWAT شبیه‌سازی شد. برای ساخت مدل، داده های محیطی شامل خصوصیات خاک، پوشش گیاهی، توپوگرافی، هواشناسی و هیدرولوژیکی از منابع مختلف جمع‌آوری و وارد مدل شد. مدل با استفاده از نرم افزار SWAT-CUP واسنجی و اعتبارسنجی گردید. در مرحله بعد، با استفاده از رویکرد جایگزینی هزینه خسارات فرسایش خاک از جمله هدررفت عناصر غذایی و پر شدن مخازن و کانال‌های انتقال آب مورد ارزیابی قرار گرفت. متوسط فرسایش خاک در منطقه حدود ۷/۱۱ تن در هکتار در سال برآورد شد که بیشترین مقدار آن در اراضی زراعی (۱۰ تن در هکتار در سال) و کمترین مقدار مربوط به جنگل‌ها (۰/۶ تن در هکتار در سال) بود. با در نظر گرفتن دو معیار ارزیابی خسارت یعنی میزان تلفات عناصر غذایی و میزان رسوبگذاری در مخازن ذخیره آب، مجموعاً خسارت فرسایش در منطقه حدود ۶/۵ میلیون دلار (۱/۵ میلیون دلار تلفات عناصر غذایی و ۵ میلیون دلار هزینه لایروبی) تخمین زده‌شد. نتایج این تحقیق در تصمیم‌گیری به مدیران منطقه کمک می‌کند.

واژگان کلیدی: محیط زیست، کشاورزی، مدل SWAT، هدررفت عناصر غذایی، لایروبی

مقدمه

فرسایش خاک یک تهدید زیست‌محیطی عمده برای پایداری محیط زیست و ظرفیت تولیدی کشاورزی است. در طول ۴۰ سال گذشته، تقریباً یک سوم از زمین‌های زراعی جهان در اثر فرسایش از بین رفته است و همچنان با نرخی بیش از ۱۰۰۰۰ میلیون هکتار در سال از بین می‌رود (Pimentel and Burgess, 2013). فرسایش خاک در ایران نیز یک وضعیت نگران کننده‌ای دارد. بر اساس مطالعات متعدد، ایران از نظر میزان فرسایش خاک در رتبه‌های بالای جهانی قرار دارد و بین ۵۰۰ میلیون تا ۲ میلیارد تن در سال برآورد شده است (اسدی و همکاران، ۱۴۰۱). این مسئله می‌تواند پیامدها و خسارات اقتصادی گسترده‌ای (از جمله تخریب خاک و کاهش تولیدات کشاورزی، آلودگی محیط زیست، پر شدن مخازن سدها و کانال‌های انتقال آب و غیره) را به جامعه تحمیل کند.

کمی‌سازی هزینه‌های اقتصادی فرسایش خاک برای سیاست‌گذاران، مدیران زمین و ذینفعان ضروری است تا اقدامات حفاظتی را اولویت‌بندی کرده و استراتژی‌های کاهش هزینه مقرون‌به‌صرفه را اجرا کنند. باتوجه به تعدد و تنوع خسارتهای فرسایش، روشها و رویکردهای متعددی برای

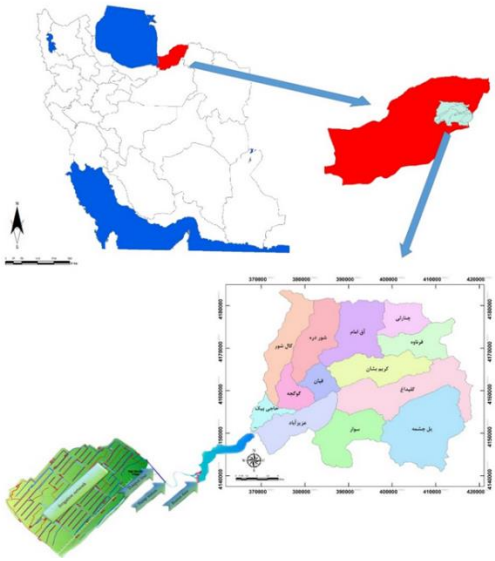
ارزیابی این خسارات توسعه یافته که از جمله می‌توان به رویکرد هزینه جایگزینی، هزینه پیشگیری و افت باروری خاک یا رویکرد خسارات خارج از محل اشاره کرد (غفاری و همکاران، ۱۴۰۳). با این حال، هنوز شکاف‌هایی در ارزیابی جامع هزینه‌های داخلی و خارجی در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف وجود دارد. روش هزینه جایگزینی (RCM) هزینه احیای خاک فر سایش یافته به حالت اولیه خود را تخمین می‌زند و به عنوان معیاری برای ارزش اقت صادی از د ست رفتن خاک عمل می‌کند. این رویکرد به ویژه زمانی مفید ا ست که ارزیابی‌های مبتنی بر بازار (به عنوان مثال، کاهش عملکرد مح صول) برای ثبت اثرات گ سترده‌تر فر سایش کافی نبا شد. کاربردهای کلیدی RCM در اقت صاد فر سایش خاک عبارتند از: هزینه‌های جایگزینی کود: محاسبه هزینه جایگزینی نیتروژن، فسفر و پتاسیم از دست رفته برای حفظ عملکرد محصول، هزینه‌های حذف رسوب: تخمین هزینه‌های لایروبی مخازن و آبراهه‌های تحت تأثیر رسوب و هزینه‌های احیای زمین: ارزیابی هزینه تراس‌بندی، احیای جنگل یا سایر اقدامات حفاظتی برای احیای زمین‌های فرسایش یافته.

این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر اقتصادی فرسایش خاک با ادغام داده‌های بیوفیزیکی و اقتصادی برای ارائه یک تحلیل هزینه-فایده قوی از شیوه‌های حفاظت از خاک در حوزه آبخیز حاجی قو شان در بالاد ست سد بو ستان انجام شده ا ست. یافته‌ها از تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد برای برنامه‌ریزی پایدار کاربری زمین پشتیبانی می‌کنند و فوریت سرمایه‌گذاری در اقدامات کنترل فرسایش را برای حفظ تاب‌آوری کشاورزی و محیط زیست برجسته می‌کنند.

مواد و روش‌ها

الف) منطقه مورد مطالعه

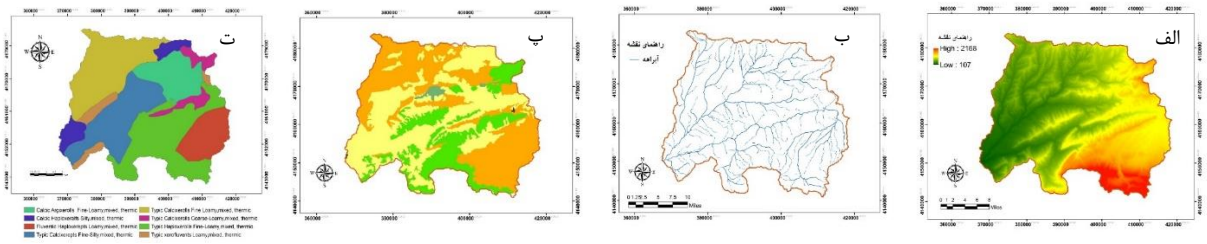
منطقه مورد مطالعه بخشی از حوضه بزرگ گرگان‌رود در بالادست سد بوستان (گلستان ۲) می باشد که به حوضه حاجی قوشان معروف است. مساحت آن حدود ۱۵۳۰ کیلومتر مربع و در محدوده عرض شمالی '۲۴ °۳۷ تا '۴۹ °۳۷ و طول شرقی '۲۹ °۵۵ تا '۰۴ °۵۶ قرار گرفته ا ست (شکل ۱). عمده ارا ضی زراعی منطقه زیر پو شش گندم پائیزه (دیم) قرار دارد که در مجموع ۶۲۰۰۰ هکتار را شامل می شوند. حو ضه حاجی قو شان دارای دو رودخانه اصلی قرناوه (ساری سو) و زاو (یل چشمه) است که در حوالی رو ستای تمر قره قوزی به یکدیگر پیو سته و به دریاچه سد بو ستان می‌ریزند (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۰). ایستگاه آب سنجی و ر سوب سنجی تَمَر در ورودی سد بو ستان واقع شده و به‌طور متو سط سالانه ۵۴ میلیون متر مکعب آب از آن وارد سد می‌شود. این ایستگاه مجهز به تجهیزات رسوب‌سنجی بوده و از سال ۱۳۵۰ تا کنون دارای آمار جریان و رسوب است.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز مورد مطالعه در ایران و استان گلستان

ب) شبیه سازی و برآورد میزان فرسایش خاک توسط مدلSWAT

برای اجرای مدل SWAT به مجموعه‌ای داده‌های بیوفیزیکی شامل داده‌های خاکشناسی، داده‌های توپوگرافی، داده‌های پوشش گیاهی و داده‌های هیدرولوژیکی مانند بارش و رواناب نیاز است. هر کدام از این داده ها از منابع مختلف جمع‌آوری شد و پس از آماده‌سازی به‌شکل مناسب وارد مدل شدند. مدل با استفاده از داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ که از سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه ای استان گلستان تهیه شد، اجرا گردید. برای واسنجی مدل از نرم افزار SWAT-CUP و از الگوریتم SUFI-2 استفاده شد (Akhavan et al., 2010). در این پژوهش از سه شاخص مر سوم برای ارزیابی کارایی مدل‌های هیدرولوژیکی شامل ضریب ناش- ساتکلیف، درصد اریب و ضریب تعیین استفاده شد.



شکل۲: نقشه‌های مورد نیاز مدل سوات (الف) نقشه مدل رقومی ارتفاع، (ب) نقشه شبکه آبراهه، (پ) نقشه خاک و (ت) نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه

ج) ارزیابی اقتصادی خسارات فرسایش خاک توسط رویکرد جایگزینی

در این روش هزینه جایگزینی عناصر غذایی اصلی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و هزینه لایروبی مخازن و کانال‌های آب به‌ترتیب به‌عنوان مهمترین خسارات درجا و خارج از محل در نظر گرفته شدند. برای بخش اول، پس از نمونه‌برداری خاک (۲۵۰ نمونه در اراضی زراعی و ۵۹ نمونه در مراتع) و انجام آزمایشات شیمیایی، غلظت عناصر غذایی پرمصرف تعیین شد و نقشه توزیع مکانی آن‌ها با استفاده از روش کریجینگ در نرم افزار ArcGIS تهیه شد. سپس در هر کاربری با استفاده از میانگین فرسایش خاک و میانگین غلظت عناصر غذایی میزان هدررفت هر یک از عناصر محاسبه گردید. در نهایت، با استفاده از قیمت بازار کودهای شیمیایی رایج، هزینه خسارت فرسایش خاک از نظر تخریب باروری خاک برآورد گردید.

در بخش دوم یعنی هزینه لایروبی، از نتایج مدل شبیه-ساز SWAT میزان تولید رسوب کل حوضه تعیین شد و سپس با استفاده از مطالعات جهانی نرخ لایروبی هزینه احیای مخازن و کانال‌های انتقال آب تعیین گردید. به‌طور متوسط هزینه لایروبی هر تن رسوب حدود ۱۰ دلار است (Panagos et AL., 2024).

نتایج و بحث

فرسایش و رسوب در منطقه

نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل برای شبیه سازی رواناب و رسوب با استفاده از داده های سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ بر پایه زمانی روزانه نشان داد که مدل استفاده شده کارایی و دقت مناسب را دارد. مقادیر ضریب ناش-ساتکلیف برای رواناب در فرایند واسنجی و اعتبار سنجی به ترتیب ۰/۵۱ و ۰/۶ است که برای هر دو در دامنه قابل قبول قرار دارد. همچنین ضریب تبیین مدل برای فرایند واسنجی ۰/۵۲ و برای اعتبار سنجی ۰/۶۲ به‌دست آمد که معیاری دیگر از شایستگی برازش مدل است. درصد اریب مقادیر شبیه سازی شده رواناب در هر دو فرایند واسنجی و اعتبار سنجی به ترتیب ۶/۶ و ۱/۲ درصد به‌دست آمده که در حد مطلوب (کمتر از ۲۵ درصد) قرار دارد. مثبت بودن درصد اریب نشان می‌دهد که به‌طور کلی، میانگین تمایل مقادیر رواناب شبیه‌سازی شده نسبت به مشاهده‌شده به سمت کمتر بودن است.

مقادیر به دست آمده برای معیارهای آماری کارایی مدل برای شبیه سازی تولید رسوب نیز نشان داد که مدل کارایی قابل قبولی دارد. ضریب ناش- ساتکلیف و ضریب تبیین برای رسوب در مرحله واسنجی به ترتیب برابر با ۰/۵۷ و ۰/۶۳ و برای فرایند اعتبار سنجی به ترتیب ۰/۵۳ و ۰/۵۴ بودند. انصاری و همکاران (۱۳۹۴) نیز به قابلیت بالای مدل سوات در شبیه‌سازی رسوب برای حوضه رودخانه زرد در شرق استان خوزستان اشاره و ضریب ناش- ساتکلیف برابر با ۰/۸ و ۰/۶۹ را به ترتیب برای مرحله واسنجی و اعبار سنجی گزارش دادند. در صد اریب که معیاری از بیش‌برآورد یا کم‌برآورد شدن مقادیر شبیه‌سازی شده است ۲۲/۳ درصد به‌دست آمده است که کم‌برآوردی را نشان میدهد. به طور کلی، کارایی مدل در پیش‌بینی رسوب نسبت به رواناب تا حدودی کمتر می‌باشد که می‌توان دلیل آن را بیش‌تر بودن عدم قطعیت داده¬های مشاهده شده (تغییرپذیری زیاد و ناهمگنی غلظت رسوب در مقطع رودخانه هنگام نمونه‌برداری) و همچنین محدودیت و پیوسته نبودن مشاهدات دانست.

پس از اطمینان از کارایی قابل قبول مدل، میانگین سالانه فرسایش و رسوب در سطح حوضه بررسی شد. بر اساس نتایج مدل، میزان میانگین تولید رسوب در حوضه بین ۰/۰۳ تا ۲۶/۱۰ تن بر هکتار در سال متغیر بوده و میانگین آن برای کل حوضه حدود ۷/۱۱ تن در هکتار در سال برآورد گردید. این نتایج با یافته‌های پژوهش بهتری نژاد (۱۳۹۰) مطابقت دارد. وی در پژوهشی مشابه با استفاده از مدل سوات مقدار رسوب ویژه در این حوضه را ۶/۴۹ تن در هکتار در سال برآورد کرد. باتوجه به مساحت حوضه سالانه بیش از یک میلیون تن رسوب در این حوضه تولید و به مخزن سد بوستان که در پایین دست قرار دارد وارد می شود. بر اساس نوع کاربری، میانگین نرخ تولید رسوب در اراضی جنگلی،

مرتعی و زراعی به ترتیب ۰/۶۳، ۶/۵۳ و ۱۰/۳۳ تن در هکتار در سال برآورد گردید که بر اساس مساحتی که هر کدام از کاربری ها اشغال کرده‌اند، میزان تولید رسوب آنها به ترتیب برابر با ۲۰، ۴۰۰ و ۶۳۰ هزار تن در سال که مجموع آنها یک ۱ میلیون و ۵۰ هزار تن است.

ارزیابی اقتصادی خسارات فرسایش خاک

الف) هزینه جایگزینی عناصر غذایی پر مصرف

در بخش کشاورزی متوسط غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم قابل جذب و فسفر قابل استفاده خاکها بر اساس ۲۵۰ نمونه که از آزمایشگاه‌های آب و خاک در سطح منطقه جمع آوری شده بود، به ترتیب ۱۰۰۰، ۳۰۰ و ۵ پی‌پی‌ام می باشد. لذا، با توجه به اینکه سالانه حدود ۶۳۰ هزار تن از خاک این اراضی هدر می‌رود، بدون در نظر گرفتن فاکتور غنی‌سازی (یا فرسایش انتخابی ذرات ریز) سالانه حدود ۶۳۰ تن نیتروژن خالص، ۱۹۰ تن پتاسیم خالص و ۳ تن فسفر خالص هدر می‌رود. به همین ترتیب، میزان هدررفت نیتروژن، پتاسیم و فسفر از اراضی مرتعی به ترتیب ۴۰۰، ۱۲۰ و ۲ تن برآورد گردید، که مجموع تلفات در هر دو کاربری زراعی و مرتعی برابر با ۱۰۳۰ تن نیتروژن، ۳۱۰ تن پتاسیم و ۵ تن فسفر به‌دست آمد. با در نظر گرفتن درصد خلوص کودهای اوره، سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل و همچنین ضریب تبدیل عناصر از شکل اکسیدی به شکل خالص آنها (مختص فسفر و پتاسیم به ترتیب ۰/۴۳ و ۰/۸۳) مجموعاً حدود ۲۲۰۰ تن اوره، ۷۵۰ تن سولفات پتاسیم و ۲۵ تن سوپرفسفات تریپل برای بازگرداندن حاصلخیزی خاک‌ها مورد نیاز است. لذا، بر اساس قیمت روز کودهای مذکور در بازار آزاد (اوره هر تن ۴۵۰ دلار، سولفات پتاسیم هر تن ۸۰۰ دلار و سوپر فسفات تریپل هر تن ۶۴۰ دلار) سالانه ۹۵۰ هزار دلار برای اوره، ۶۰۰ هزار دلار برای سولفات پتاسیم و ۱۶ هزار دلار برای سوپر فسفات تریپل باید هزینه شود تا حاصلخیزی خاک در همان سطح اولیه حفظ گردد. توجه شود که قیمت کودها بر اساس قیمت‌های جهانی محاسبه شده است. مجموعاً بدون درنظر گرفتن سایر عناصر غذایی، حدود یک میلیون و ۵۵۰ هزار دلار هزینه تلفات عناصر غذایی می‌شود که به پول رایج کشور (هر دلار معادل ۷۰۰ هزار ریال) حدود ۱۱۰۰ میلیارد ریال می‌شود.

جدول ۱- میزان تلفات عناصر غذایی N-P-K در کاربری های مختلف

نوع کاربری	میزان هدررفت خاک (تن در سال)	میزان هدررفت نیتروژن خالص (تن در سال)	میزان هدررفت پتاسیم خالص (تن در سال)	میزان هدررفت فسفر خالص (تن در سال)
کشاورزی	۶۳۰,۰۰۰	۶۳۰	۱۹۰	۳
مرتع	۴۰۰,۰۰۰	۴۰۰	۱۲۰	۲
جنگل	۲۰,۰۰۰	-	-	-

ب) هزینه لایروبی مخازن و کانال‌های انتقال آب

باتوجه به توسط هزینه جهانی لایروبی که به ازای هر تن ۱۰ دلار (بین ۳ تا ۳۰ دلار) گزارش شده است، هزینه ناشی از پر شدن مخازن سدها و کانال‌های آب در این حوضه آبخیز، حدود ۵ میلیون دلار تخمین زده می شود که به پول رایج کشور ۳۵۰۰ میلیارد ریال خواهد بود. لذا می-توان گفت که در منطقه مورد مطالعه هر تن فرسایش حدود ۶/۵ دلار هزینه دارد که حدود ۷۷ درصد آن مربوط به خسارات خارج از محل است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشـان می‌دهد که مدل SWAT برای شـبیه‌سـازی رسـوب در حوضـه مورد مطالعه از دقت و کارایی قابل قبولی برخوردار اسـت. بر اسـاس نتایج مدلسـازی، سـالانه بیش از یک میلیون تن رسـوب در منطقه تولید می‌شـود که بخش عمده آن از اراضی زراعی ناشی می‌شود. این رسوبات به مخزن سد بوستان وارد شده و علاوه بر کاهش عمر مفید سد، هزینه‌های اقتصادی قابل توجهی را نیز به همراه دارد. ارزیابی اقتصادی خسارات ناشی از فرسایش خاک نشان می‌دهد که سالانه حدود ۱/۵۵ میلیون دلار خسـارت درون محلی از طریق هدررفت عناصـر غذایی (نیتروژن، پتاسـیم و فسـفر) و حدود ۵ میلیون دلار خسـارت خارج از محل ناشی از پر شدن مخزن ذخیره آب سد بوستان ایجاد می شود. در مجموع، هر تن فرسایش خاک در منطقه حدود ۶/۵ دلار هزینه در پی دارد که بخش عمده آن (۷۷٪) مربوط به خسارات خارج از محل است. این یافته‌ها بر ضرورت اجرای برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی برای کاهش فرسایش خاک، به‌ویژه در اراضی زراعی، تأکید می‌کند. اقداماتی نظیر بهبود روش‌های کشاورزی، حفظ پوشش گیاهی و اجرای طرح‌های آبخیزداری می‌تواند در کاهش تولید رسوب و کاهش هزینه‌های اقتصادی ناشی از فرسایش مؤثر باشد. همچنین، توجه به دقت داده‌های مشاهداتی و توسعه مدل‌های شبیه‌سازی می‌تواند به بهبود برآوردهای آینده کمک کند.

فهرست منابع

اسدی، ح.، بشارتی، ح.، گرجی، م. (۱۴۰۱). 'چالش‌ها و محدودیت‌های منابع خاک و اراضی در ایران', مدیریت اراضی، دوره ۱۰ جلد ۱، صفحه ۱۳۴-۱۱۱.

غفاری، ح.، پرویزی، ی.، و عرب‌خدری, م. (۱۴۰۳). مروری بر شیوه‌های ارزیابی اقتصادی خسارات فرسایش خاک؛ مبانی، رویکردها و روش‌شناسی عملیاتی. مدیریت اراضی, ۱۲(۲), ۱۸۷-۲۰۸

بهرامی، س. ع.، اونق، م.، فرازج، ح.، ۱۳۹۰. نقش روندیابی رودخانه، در شناسایی و اولویت بندی واحدهای هیدرولوژیک حوضه سد بوستان از نظر سیل‌خیزی و ارائه راهکارهای مدیریتی. مجله حفاظت منابع آب و خاک. سال اول. شماره یک، صفحات ۲۷-۱۱.

انصاری، م.ر.، گرجی، م.، صیاد، غ.ع. , شرفا، م.، و حمادی، ک. (۱۳۹۴). شبیه سازی رواناب حوضه آبخیز رود زرد با استفاده از مدل ArcSWAT. علوم و مهندسی آبیاری, ۳۸(۴), ۹۷-۱۰۷.

Pimentel, D., & Burgess, M. (2013). Soil erosion threatens food production. *Agriculture*, *3*(3), 443-463.

Wolman, M.G., Soil erosion and crop production: A worldwide perspective. Soil erosion and crop productivity, eds. R.F. Follett & B.A. Stewart, ASA, CSSA & SSSA: Madison, pp. 10-22, 1985.

Magrath, W. & Arens, P., "The Costs of Soil Erosion on Java: A Natural Resource Accounting Approach", Environment Department Working Paper No. 18, Washington D.C.: The World Bank, 1989.

Akhavan, S., Abedi-Koupai, J., Mousavi, S.F., Afyuni, M., Eslamian, S.S., Abbaspour K.C., 2010. Application of SWAT model to investigate nitrate leaching in Hamadan–Bahar Watershed, Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment. 139 : 675–688.

Panagos, P., Matthews, F., Patault, E., De Michele, C., Quaranta, E., Bezak, N., Kaffas, K., Patro, E.R., Auel, C., Schleiss, A.J. and Fendrich, A. (2024). Understanding the cost of soil erosion: An assessment of the sediment removal costs from the reservoirs of the European Union. Journal of Cleaner Production, 434, 140183.

19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025
نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴
مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran
۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

Economic assessment of soil erosion losses in the Haji-Ghoshan watershed (Gorganrood basin) by alternative environment

Heidar Ghafari1*, Yahya Parvizi2

1- Assistant Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. h.ghafari@scu.ac.ir

2- Professor, Soil and Water Conservation Department, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.

Abstract

Soil erosion poses a significant environmental challenge, particularly impacting ecological stability and agricultural productivity. This study evaluated the economic costs of soil erosion in the Haji-Ghoshan watershed, a rural agro-livestock ecosystem located in northeastern Iran. The SWAT model was employed to simulate erosion and sediment levels in the area. To construct the model, various environmental datasets—such as soil characteristics, land cover, topography, and climatic and hydrological records—were gathered from multiple sources and integrated into the system. Calibration and validation were performed using SWAT-CUP software. Subsequently, the financial impact of soil erosion—including nutrient depletion and sediment accumulation in reservoirs and water channels—was assessed using the substitution cost method. Findings revealed an average annual soil erosion rate of approximately 11.7 tons. Agricultural lands experienced the highest erosion (10 tons per hectare per year), while forests had the lowest (0.6 tons per hectare per year). The basin's yearly sediment yield was estimated at one million tons. Nutrient losses amounted to 1000 tons of nitrogen, 300 tons of potassium, and 5 tons of phosphorus annually, costing around $1.55 million. Additionally, considering the global cost of dredging, an annual cost of over $5 million is imposed on water storage reservoirs and transmission channels.. These findings provide valuable insights for regional policymakers in strategic planning.

Keywords: Environment, Agriculture, SWAT Model, Nutrient Loss, Dredging