



انجمن علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرجان

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و هفتم، شماره ششم، ۱۳۹۹

۱۳۷-۱۵۲

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2020.17763.3331

مقاله کامل علمی - پژوهشی

برآورد ارزش اقتصادی نقش پوشش گیاهی در کنترل فرسایش خاک (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کچیک)

*راضیه فارسی^۱، حسن یگانه^۲، محسن حسینعلی‌زاده^۳ و مزگان السادات عظیمی^۴

^۱دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مدیریت مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرجان، آستادیار گروه مدیریت مرتع، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرجان، آدانشیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرجان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۵

چکیده

سابقه و هدف: حفظ و نگهداری خاک و جلوگیری از رخداد و تشدید فرسایش از مهم‌ترین کارکردهای اکوسیستم‌های طبیعی به حساب می‌آید. این موضوع به ویژه در مناطق پرشیب و کوهستانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اکوسیستم‌های طبیعی یکی از منابع مهم اقتصادی برای بسیاری از کشورهای درحال توسعه است که با تولید کالاها و خدمات به توسعه مناطق و جوامع کمک می‌کنند. کارکرد حفاظت خاک نیز همانند بسیاری از دیگر کارکردهای اکوسیستم‌ها، فاقد بازاری برای تعیین ارزش است. این مطالعه در سال ۱۳۹۸ با هدف بررسی نقش اکوسیستم طبیعی منطقه کچیک در کنترل فرسایش خاک و تعیین ارزش اقتصادی حفاظت خاک براساس کارکرد حفظ حاصلخیزی خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها: به منظور برآورد کمی میزان فرسایش خاک، از مدل RUSLE که ورودی‌های آن شامل عامل فرساینده‌گی باران، عامل فرسایش‌پذیری خاک، عامل طول و درجه شیب، عامل پوشش گیاهی و عامل کارهای حفاظتی است از محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. برای محاسبه ارزش اقتصادی کارکرد حفظ حاصلخیزی خاک، میزان نگهداشت خاک و محتوای عناصر غذایی خاک شامل ازت، فسفر و پتاسیم منطقه، برآورد شد و ارزش اقتصادی آن با رویکرد هزینه‌جایگزین محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از فرسایش خاک با روش RUSLE نشان داد دامنه فرسایش خاک در منطقه بین ۰ تا ۲۳۹/۲ تن در هکتار در سال متغیر بوده و میانگین آن برابر ۷/۹۴ تن در هکتار در سال برآورد شد. ارزش عناصر اصلی حفظ شده در خاک کل حوضه برابر ۹/۲۱ میلیارد ریال در سال بوده و ارزش هر هکتار اکوسیستم منطقه کچیک برابر ۲/۵۵ میلیون ریال در سال برآورد شد. هم‌چنین تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از فرسایش در نرم‌افزار IDRISI Selva نشان داد، عامل طول و درجه شیب با ضریب همبستگی ۹۳ درصد و ضریب تبیین (R²) ۰/۸۷ بیش‌ترین تأثیر را در برآورد فرسایش سالانه خاک داشته است.

* مسئول مکاتبه: raziye_2@yahoo.com

نتیجه‌گیری: نتیجه این پژوهش بیان می‌کند ارزش به‌دست آمده در هر هکتار جنگل ۳/۳۹، مرتع ۲/۸۴ و دیم‌زار ۲/۱۶ میلیون ریال در سال است که نشان‌دهنده ارزش بیش‌تر اکوسیستم مراتع نسبت به اراضی دیم‌زار است. با توجه به اثرات مثبت پوشش گیاهی، لزوم توجه ویژه به پوشش گیاهی مرتعی و جنگلی به‌منظور کاهش فرسایش خاک احساس می‌شود و پیشنهاد می‌شود برنامه‌های بیولوژیکی و حفاظت خاک به‌منظور کاهش خسارات فرسایش خاک در قسمت‌های با حساسیت فرسایش بالا در منطقه صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارزش حفظ حاصلخیزی، حفاظت خاک، حوزه آبخیز کچیک، RUSLE

مقدمه

حفاظت خاک و تولید محصولات کشاورزی مربوط می‌شود ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است (۱۷). سه عنصر نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K)، از عناصر بسیار مهم در فرآیند حاصلخیزی خاک محسوب می‌شود. در واقع میزان مواد آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم، از جمله متغیرهایی است که بر میزان تولید علوفه تأثیر به‌سزایی می‌گذارند (۱۵). تشکیل یک سانتی‌متر خاک بر اساس آمار بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ سال است (۱۳) و در برخی مطالعات این عدد بین ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ سال برای زمین‌های مختلف متغیر است. از طرفی کارکرد خاک در تولید محصولات کشاورزی در جهت امنیت غذایی و جلوگیری از فرسایش خاک نقش مهمی را ایفا می‌کند. با توجه به مطالب بیان شده توجه به کارکرد خاک دارای اهمیت است. خدمات اکوسیستمی اغلب ارزش بسیار زیادی دارند، ولی به‌ندرت در بازارها معامله می‌شوند (۷). از طرفی به‌علت نبود امکان محاسبه کمی و دقیق در تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌های کلان، توجه کافی به آن نمی‌شود (۱۲). طبق لایحه حفاظت از خاک (۲۰۱۶) سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور مکلف است با همکاری بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت جهاد کشاورزی، نحوه محاسبه ارزش اقتصادی منابع خاک و هزینه‌ها و خسارات ناشی از آلودگی و تخریب خاک در اکوسیستم‌های مختلف در حساب‌های ملی را تهیه و به تصویب هیئت‌وزیران برساند. دستگاه‌های اجرائی موضوع ماده (۵) قانون

خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور است. امروزه فرسایش خاک به عنوان خطری برای رفاه انسان و حتی برای حیات او به شمار می‌آید. در مناطقی که فرسایش کنترل نمی‌شود خاک‌ها به‌تدریج فرسایش یافته، حاصلخیزی خود را از دست می‌دهند. بنابراین نباید مسأله حفاظت و حراست خاک را کوچک و کم‌اهمیت شمرد. امروزه حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش از ضروری‌ترین اقدامات هر کشور است (۳۵). به‌رحال فرسایش پدیده‌ای دائمی است و همیشه وجود خواهد داشت، ولی در صورتی که میزان خاک تشکیل شده بیش‌تر باشد، بحرانی نیست. هنگامی میزان فرسایش کم‌تر از میزان تشکیل خاک یا برابر آن است که ویژگی‌های خاک مانند بافت، عمق و حاصلخیزی آن در طول زمان ثابت بماند (۳۵). زبان‌های اقتصادی ناشی از فرسایش خاک در عرصه تولید کشاورزی و سایر جنبه‌های زندگی ایجاب می‌کند که هزینه‌های آن برآورد شود. تعیین معیار هزینه فرسایش خاک چندین فایده دارد: نخست، به شناخت ارزش خاک که عنصر اصلی تأمین‌کننده غذاست کمک می‌کند تا جایگاه ویژه آن در برنامه‌ریزی‌های کلان اقتصادی (ملی) شناخته شود. دیگر آن‌که، در تخصیص اعتبار برای حفظ محیط‌زیست (خاک) که در بخش اقتصاد خرد، تصمیم‌گیری می‌شود نقش خود را نشان می‌دهد. به همین دلیل آگاهی از همه هزینه‌های فرسایش خاک در تصمیم‌گیری‌هایی که به سرمایه‌گذاری در زمینه

را در برآورد میزان فرسایش سالانه خاک توسط مدل RUSLE داشته است (۲۹). الوندی و همکاران (۲۰۱۹) با مطالعه‌ای در آبخیز بنکوه حوضه رودخانه حبله‌رود میزان فرسایش خاک را با استفاده از مدل RUSLE بین ۰/۰۰۰۵ تا ۳۳/۴۹ تن در هکتار در سال به‌دست آوردند (۲). سان و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی خدمات حفاظت از خاک در فلات تبت پرداختند. میانگین فرسایش حاصل از مدل RUSLE در استپ‌های کوهستانی، چمن‌زارهای آلیپی و اکوسیستم‌های جنگلی به‌ترتیب برابر $۲/۱۹ \times ۱۰^۹$ ، $۲/۱۶ \times ۱۰^۹$ و $۲/۷۲ \times ۱۰^۷$ تن در هکتار در سال و ارزش اقتصادی حفظ مواد مغذی خاک، و کاهش از دست رفتن زمین‌های بایر و سود اقتصادی از کاهش رسوبات به‌ترتیب برابر $۱/۹۸ \times ۱۰^۸$ ، $۲/۵۵ \times ۱۰^{۱۲}$ و $۷/۴۴ \times ۱۰^۴$ یوان می‌باشد (۳۹). بارانیان کبیر و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی تأثیر اقتصادی تبدیل مراتع خوب و ضعیف به دیم‌زار را از نظر کارکردهای حفظ آب و خاک در بخشی از منطقه فریدون‌شهر اصفهان را بررسی نمودند. روش هزینه جایگزین برای برآورد ارزش اقتصادی کارکردهای حفظ آب و خاک در هر کاربری بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که ارزش اقتصادی کارکرد حفظ آب و خاک هر هکتار از مرتع خوب و ضعیف در مقایسه با دیم‌زار نیز به‌ترتیب حداقل $۲۰/۳۸$ و $۱۳/۱۹$ میلیون ریال در سال بیش‌تر بوده است که معادل منفعت اقتصادی سالانه عدم تبدیل هر هکتار مرتع است (۵). از آن‌جاکه هدف پژوهش حاضر بررسی نقش اکوسیستم‌های طبیعی منطقه کچیک در کنترل فرسایش و برآورد ارزش اقتصادی این کارکرد است کارکرد حفظ عناصر و حاصلخیزی خاک مورد توجه قرار گرفت. این کارکرد از طرق مختلف مانند کاهش مخارج کوددهی منافی برای جامعه ایجاد می‌کند که ارزش اقتصادی این کارکرد در تحقیق حاضر بررسی می‌شود.

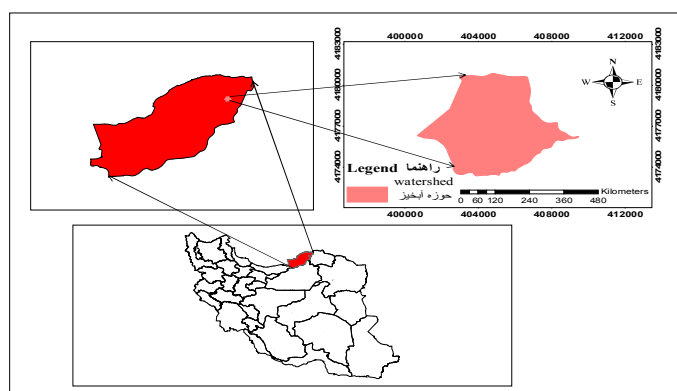
مدیریت خدمات کشوری مکلف‌اند مطابق مقررات مالی دولت و در مبادله موافقت‌نامه‌ها اعتبارات لازم جهت پیشگیری یا جبران خسارت ناشی از آلودگی و یا تخریب خاک را پیش‌بینی کنند. در سال‌های اخیر، فرسایش خاک و تولید رسوب به خاطر اثرات اقتصادی و زیست‌محیطی آن یکی از مهم‌ترین مشکلات مشترک در سراسر جهان و به خصوص حوزه‌های آبخیز ایران است. بنابراین بیش‌تر پژوهشگران از روش غیرمستقیم شامل مدل‌های فرسایش و رسوب برای برآورد فرسایش و رسوب استفاده می‌نمایند (۳۴). زریهون و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای فرسایش خاک را با استفاده از مدل^۱ RUSLE در اتیوپی مورد ارزیابی قرار دادند، یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که متوسط فرسایش خاک در منطقه مورد مطالعه ۴۹ تن در هکتار در سال می‌باشد (۴۴). فایس و همکاران (۲۰۱۹) مطالعه‌ای با هدف برآورد هدررفت خاک با مدل RUSLE برای اولویت‌بندی کنترل فرسایش در حوضه کلانی در سریلانکا انجام گرفت نتایج یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که میزان فرسایش سالانه در این حوضه بین ۰ تا $۱۰۳/۷$ تن در هکتار در سال تغییر می‌کند و میانگین فرسایش $۱۰/۹$ تن در هکتار در سال برآورد شد. هم‌چنین حدود ۷۰ درصد از حوضه مورد مطالعه شدت فرسایش کم تا متوسط را شامل می‌شوند (کم‌تر از ۱۲ تن در هکتار در سال) (۲۸). محمدی و همکاران (۲۰۱۸) برآورد مکانی و زمانی فرسایش خاک با استفاده از مدل RUSLE و سری‌های زمانی ماهواره لندست در حوضه مندرجان اصفهان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار فرسایش خاک در سال‌های ۱۹۹۴، ۱۹۹۹، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۵ به‌ترتیب بین ۰/۰۰۱ تا ۲۳۳، ۰/۰۰۱ تا ۲۹۷، ۰/۰۰۱ تا ۲۳۱ و ۰/۰۰۱ تا ۲۱۵ تن در هکتار در سال به‌دست آمد. هم‌چنین عامل پستی‌وبلندی در منطقه با ضریب همبستگی ۸۰ درصد بیش‌ترین تأثیر

1- Revised Universal Soil Loss Equation

مواد و روش‌ها

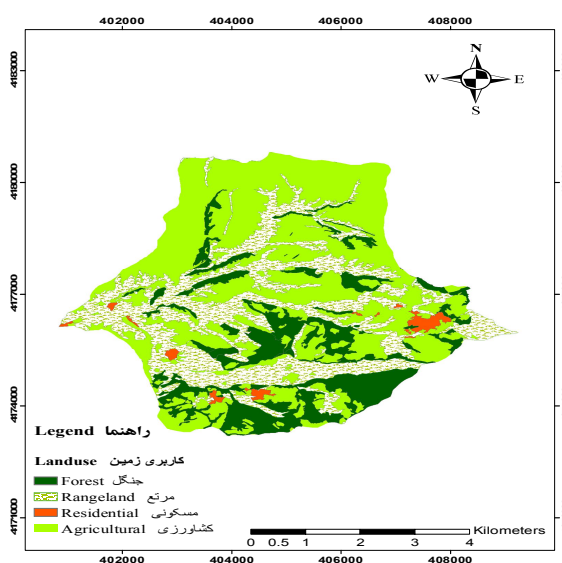
معرفی منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز کچیک دارای مساحتی حدود ۳۶۰۰ هکتار است که خود زیرحوزه کوچکی از آبخیز چنارلی بوده و آبخیز چنارلی نیز یکی از زیرحوزه‌های چندگانه حوزه آبخیز گرگان‌رود محسوب می‌گردد. این حوزه از نظر تقسیمات سیاسی از توابع شهرستان مراوه‌تپه بوده و در شمال‌شرق استان گلستان و در مختصات جغرافیایی به طول $۴۲^{\circ}۱۵'$ ۳۷° تا $۴۶^{\circ}۲۵'$ شرقی و عرض‌های $۵۲^{\circ}۱۰'$ ۵۵° تا $۵۷^{\circ}۵۲'$ شمالی واقع شده است. طبق آخرین نقشه

کاربری تهیه شده مساحت مرتع ۱۰۷۳ هکتار، جنگل ۶۶۹ هکتار، زراعت ۱۸۰۰ هکتار و مسکونی ۵۳ هکتار برآورد شده است (شکل ۲). حداکثر ارتفاع ۱۲۶۴ متر، حداقل ۶۲۰ متر و متوسط ارتفاع ۷۹۵ متر است. متوسط بارندگی در این حوزه ۴۸۲ میلی‌متر است. براساس روش دومارتن این حوزه دارای اقلیم نیمه‌خشک و براساس روش آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است. گیاهان بوته‌ای و علفی به ترتیب از گونه‌های غالب در جنوب و شمال حوزه آبخیز هستند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز کچیک در استان گلستان، ایران.

Figure 1. Geographical location of Kechik watershed in Golestan province, Iran.



شکل ۲- نقشه کاربری زمین حوزه آبخیز کچیک.

Figure 2. Landuse map of Kechik watershed.

با عواملی است که نشان می‌دهد اقلیم، خاک، توپوگرافی و پوشش گیاهی چگونه بر فرسایش تأثیر می‌گذارند (۲۴). معادله RUSLE تابعی از ۵ فاکتور ورودی شامل فرساینده‌گی باران، فرسایش‌پذیری خاک، طول و درجه‌ی شیب، مدیریت پوشش گیاهی و عملیات حفاظتی است. فرسایش خاک در منطقه مورد مطالعه براساس مدل RUSLE با استفاده از رابطه ۱ در محیط ArcGIS 10.2 محاسبه شد (۴۱).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

مقادیر متوسط بارندگی ماهیانه و سالیانه، جهت برآورد فاکتور R در مدل‌های USLE و RUSLE استفاده می‌شود (۳ و ۳۶). از رابطه ۲ شاخص اصلاح‌شده فورنیه (MFI) برای تمامی ایستگاه‌ها، محاسبه، سپس با جایگذاری این شاخص در رابطه ۳ که توسط رنارد و فریموند (۱۹۹۴) برای مناطق فاقد داده‌های تفصیلی رگبار (شدت بارندگی) پیشنهاد شده است، مقدار فاکتور (R) برای ایستگاه‌های شاخص برآورد شد (۳۶). برای انجام این پژوهش، داده‌های بارش از دوره آماری ۸ ساله (۲۰۱۱-۲۰۱۸) ایستگاه‌های باران‌سنجی (ایستگاه‌های آق‌امام، کچیک و کلیماتولوژی) موجود در منطقه استفاده شد.

$$MFI = \frac{\sum_{i=1}^{n12} P_i^2}{P} \quad (2)$$

شاخص اصلاح‌شده فورنیه سال یاد شده به دست آمده است. برای به دست آوردن شاخص متوسط ایستگاه از مقادیر شاخص یاد شده در طول دوره آماری میانگین‌گیری شده است.

$$R = (0.07397 \times MFI^{1/85})$$

$$R = (95/77 - 6/0.81 \times MFI + 0/477 \times MFI^2)$$

برآورد میزان فرسایش در سطح حوضه: روش‌های متعدد برآورد فرسایش هم‌چون SWAT، MPSIC، EPM و WetSpa وجود دارد. در این مطالعه مدل تجدیدنظر شده جهانی فرسایش خاک^۱ به منظور برآورد فرسایش خاک مورد مطالعه قرار گرفت. این مدل پایه و اساس تعداد زیادی از مدل‌های فرسایش است (مانند ANSWERS، ANGPS، EPIC، SWAT). به‌طور کلی مدل RUSLE روشی شاخص

که در آن، A میانگین هدررفت خاک در واحد سطح (t ha year) است، R فاکتور فرساینده‌گی باران ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$)، K فاکتور فرسایش‌پذیری خاک ($t \text{ ha h MJ}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$)، LS طول و درجه شیب، C فاکتور مدیریت پوشش گیاهی، P فاکتور اقدامات حفاظتی است. فاکتورهای LS، C و P بدون واحد هستند.

فاکتور فرساینده‌گی باران (R): فرساینده‌گی باران به صورت قدرت تراکمی باران در بروز فرسایش تعریف می‌شود. از آنجایی که نمودار بارندگی و داده‌های تفصیلی رگبار (شدت بارندگی) به قدرت در ایستگاه‌های هواشناسی موجود می‌باشند، اغلب از

که در آن، P_i متوسط بارندگی (mm) در ماه i ام و P متوسط بارندگی سالانه (mm) است. در این روش مجذور بارندگی هرماه در هر سال محاسبه شده و با تقسیم مجموع آن‌ها به بارندگی همان سال، مقدار

$$MFI < 55 \quad (3)$$

$$MFI \geq 55$$

به‌دست آوردن ویژگی‌های خاک از طریق رابطه ۴ مقدار فرسایش‌پذیری خاک برحسب تن در هکتار بر مگاژول بر میلی‌متر به‌دست آمد. که در این رابطه، M با استفاده از رابطه زیر برآورد می‌شود:

$$M = (\text{درصد رس} - 100) \times (\text{درصد سیلت} + \text{درصد شن}) \quad (4)$$

هستند (۴۰ و ۴۳).

$$K = \frac{2.1 \times 10^{-4} (12 - OM) M^{1.14} + 3.25(S-2) + (2.5)(P-3)}{7.59 \times 100} \quad (5)$$

DEM قبل از استفاده جهت استخراج فاکتور LS اجرا شد. فاکتور LS نیازمند نقشه‌های تجمع جریان و شیب است (۱۳) که هر دو از DEM ۳۰ متری منطقه و با توجه به رابطه ۶ ارائه‌شده توسط مور و بورچ (۱۹۸۶) به‌دست آمد (۳۰).

$$LS = \left(\text{Flow Accumulation grid} \times \frac{\text{Cell Size}}{22.13} \right)^{0.4} \left(\frac{\text{Sin(slope grid)} \times 0.01745}{0.0896} \right)^{1.3} \quad (6)$$

مادون‌قرمز تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سنجنده OLI/ TIRS تاریخ ۲۵-APR -۲۰۱۸ با شماره ردیف و گذر به‌ترتیب ۳۴ و ۱۶۲ استفاده شد. بدین‌صورت که ابتدا در محیط GIS مقدار NDVI محاسبه می‌گردد سپس با توجه به لایه NDVI ایجاد شده و با استفاده از رابطه ۷ نقشه عامل C که مقادیر آن بین صفر تا یک تغییر می‌نماید، تهیه شد. فاکتور پوشش گیاهی (C) با استفاده از شاخص NDVI و رابطه ۷ به‌دست‌آمده می‌آید (۲۵).

$$C = \frac{(1 - NDVI)}{2} \quad (7)$$

فاکتور فرسایش‌پذیری خاک (K): در پژوهش حاضر ۱۵ نمونه خاک در داخل حوضه برداشت شد و سپس ویژگی‌های بافت، نفوذپذیری، ساختمان و مقدار ماده آلی خاک استخراج گردید. بنابراین پس از

که در آن، OM درصد ماده آلی خاک، S کلاس ساختمان خاکدانه‌ها، P کلاس نفوذپذیری خاکدانه‌ها

فاکتور طول و درجه شیب (LS): برای به‌دست آوردن عامل توپوگرافی ابتدا نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس (۱:۲۵۰۰۰) در محیط Arcmap از زیرمجموعه GIS رقومی گردید، سپس مدل رقومی ارتفاع ۳۰ متری (۱۶) استخراج شد. تابع Fill بر روی

که در آن، Flow Accumulation تجمع جریان به‌سمت بالای شیب برای هر سلول، cell size اندازه سلول‌های شبکه (در این مطالعه ۳۰ متر) و slope شیب به‌دست آمده از نقشه شیب هستند. از عدد ۰/۰۱۷۴۵ برای تبدیل واحد به رادیان در سیستم GIS استفاده شد.

فاکتور پوشش گیاهی (C): پرکاربردترین معیار رویش گیاه، شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) که با استفاده از فناوری GIS به‌دست می‌آید. برای تعیین این عامل از باندهای قرمز و

مقدار عامل P برای حوضه مورد مطالعه برابر با یک در نظر گرفته می‌شود.

پس از محاسبه میزان فرسایش خاک، با استفاده از مدل RUSLE، میزان خاک حفظ‌شده با در نظر گرفتن حداکثر هدررفت خاک طبق رابطه ۸ محاسبه می‌شود:

$$\text{Sediment Retention} = \text{RKLSP} - \text{RKLSCP}$$

و مقادیر نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) آن‌ها اندازه‌گیری شد.

استفاده از روش هزینه جایگزین را می‌توان ناشی از آن دانست که در استفاده از روش‌های ترجیحات آشکار شده (بیان‌شده)، با توجه به برخی اریب‌های آن‌ها در کشورهای در حال توسعه و وابستگی شدید نتایج به بیانات پاسخ‌دهندگان و هم‌چنین بیگانه بودن افراد با این روش‌ها در کشورهایی که سابقه چندانی در ارزش‌گذاری ندارند احتمال بروز خطا زیاد است (۳۹ و ۲۶). مزایای روش هزینه جایگزین عبارت‌اند از: ۱- براساس داده‌های مشاهده‌پذیر از رفتار واقعی و تقریباً کم‌هزینه، ۲- در صورت برخورداری از فرضیات مشخص، کران پایین تمایل به پرداخت را مشخص می‌کند، ۳- معیار سودمند در صورت مواجه با محدودیت‌های اجتماعی در استفاده از محیط‌زیست (۷، ۱۱ و ۲۳). برای تعیین ازت کل در نمونه‌های خاک از دستگاه کج‌لدال (۱۸)، فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتر و روش اولسن و پتاسیم از دستگاه فلیم فتومتر و روش استات آمونیوم (۱۸) استفاده شد. با برآورد هزینه‌های لازم برای جایگزین کردن عناصر از دست‌رفته خاک (N,P,K) در زمین می‌توان به برآورد ارزش اقتصادی خاک در اکوسیستم‌های مرتعی پرداخت. به عبارت دیگر، با اندازه‌گیری تغییرات پدید

فاکتور عملیات حفاظت خاک (P): منظور از کارهای حفاظتی، کشت روی خطوط تراز، کشت نواری و ترانس‌بندی است. هرچه مقدار این عامل کم‌تر باشد، کارهای حفاظتی مؤثرتر و هدررفت خاک کم‌تر است (۳۸). اگرچه اقدامات حفاظتی از جمله ترانس‌بندی در بعضی مناطق حوضه مورد مطالعه اجرا شده است اما به دلیل سطح ناچیز آن در کل حوزه آبخیز کچیک،

(۸)

ارزش اقتصادی کارکرد حفاظت خاک: فرسایش خاک سبب شسته شدن و هدررفت خاک‌های سطحی که در بردارنده بخش عمده مواد آلی و غیرآلی خاک، از جمله عناصر نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) است می‌شود و حاصلخیزی خاک را کاهش می‌دهد. متقابلاً کنترل و کاهش فرسایش سبب حفظ حاصلخیزی این خاک‌ها می‌شود. پس از تعیین واحدهای کاری و میزان فرسایش با روش RUSLE در واحدهای کاری و تعیین میزان خاک حفظ‌شده توسط اکوسیستم‌ها، مرحله بعدی برآورد میزان عناصر اصلی غذایی موجود در خاک است. در این پژوهش، ارزش اقتصادی حفظ حاصلخیزی خاک مبتنی بر ارزش مقادیر ازت، فسفر و پتاسیم به عنوان سه عنصر تعیین‌کننده حاصلخیزی خاک در اثر فرسایش می‌باشد تا از این راه هزینه خسارت ناشی از رخداد فرسایش خاک تعیین شود. از این رو، برای محاسبه مقدار عناصر غذایی مذکور در خاک‌های منطقه در محدوده مورد بررسی از نمونه‌گیری به روش تصادفی- طبقه‌بندی‌شده استفاده گردید. موقعیت هر واحدکاری با استفاده از GPS روی زمین مشخص شد. سپس از خاک سطحی (با توجه به عمق و افق A در منطقه تا عمق ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد) (۴ و ۱۷). در هر واحدکاری سه نمونه و در مجموع ۴۵ نمونه گرفته شد

به‌ترتیب کودهای اوره $\text{CO}(\text{NH}_4)_2$ ، منوفسفات آمونیوم $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ و سولفات پتاسیم K_2SO_4 موردتوجه قرار گرفت (۶). پس از تعیین مقدار خاک حفظ‌شده در واحدهای موردبررسی، کل مواد غذایی (N,P,K) از دست رفته خاک به‌دلیل فرسایش در سال N ام (۱۳۹۸) با استفاده از رابطه ۹ به‌دست آمد.

$$\text{Dun} = \text{S} \times \text{Mn} \quad (9)$$

جمع کل نابودی مواد غذایی در سال n ام، از رابطه ۱۰ برآورد شد:

$$\text{An} = \text{DnN} + \text{DnP} + \text{DnK} \quad (10)$$

عناصر با استفاده از رابطه ۱۱ برآورد شد (۱۹).

$$\text{V} = (\text{P}_N \text{D}_N + \text{P}_P \text{D}_P + \text{P}_K \text{D}_K) \quad (11)$$

ارزش اقتصادی کل عناصر است (۶).

قابل‌بررسی است. براساس نتایج تجزیه ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی، خاک‌های مورد مطالعه دارای سه نوع بافت سیلتی لوم، لوم و سیلتی کلی است و مقادیر محاسبه‌شده شاخص فرسایش‌پذیری خاک از ۰/۰۱ تا $0.087 \text{ (t ha MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1})$ متغیر است. عامل طول و درجه شیب در شکل ۵ نشان داده‌شده است مقادیر این عامل بین ۰ تا $159/4$ تغییر می‌کند. عامل پوشش گیاهی بین ۰/۰۷ تا $0/44$ متغیر است که در مناطقی از حوضه که پوشش کم‌تر است، مقدار این عامل بیش‌تر و در مناطقی که پوشش گیاهی کم‌تری دارد مقدار عامل C بیش‌تر است (شکل ۶).

آمده در مقادیر ازت، فسفر و پتاسیم که به‌علت برنامه‌های مدیریتی بروز می‌کند و لزوم بازگرداندن همان مقدار مواد غذایی به خاک از طریق مقادیر برابر کودهای شیمیایی قابل‌مبادله در بازار، تصویری از ارزش خاک در اختیار قرار خواهد گرفت. برای جبران کمبود خاک از نظر کودهای ازت، فسفات و پتاسیم

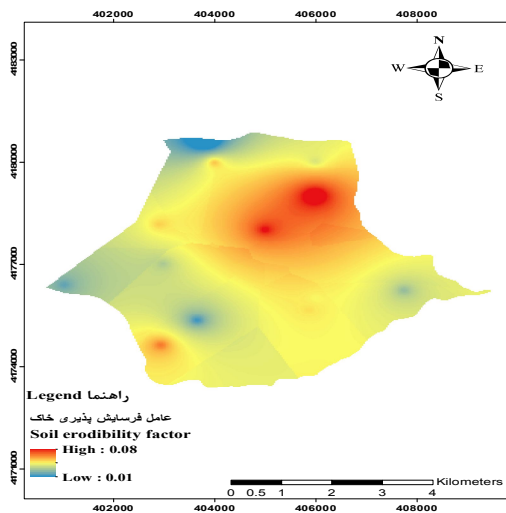
که در آن، مقدار عنصر u ازدست‌رفته در سال n ام، میزان خاک حفظ‌شده (تن در هکتار در سال)، Mn درصد هریک از عناصر موردنظر در خاک است.

با در نظر گرفتن قیمت کودهای جانشین برای جبران عناصر ازدست‌رفته خاک، ارزش اقتصادی

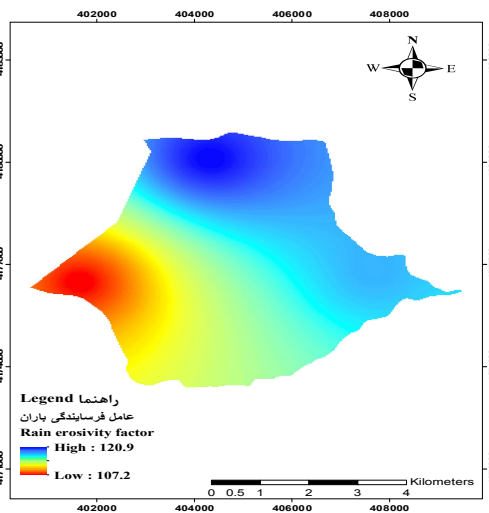
که در آن، P_N , P_P , P_K به‌ترتیب قیمت کودهای جانشین برای عناصر پتاسیم، فسفر و نیتروژن و V

نتایج و بحث

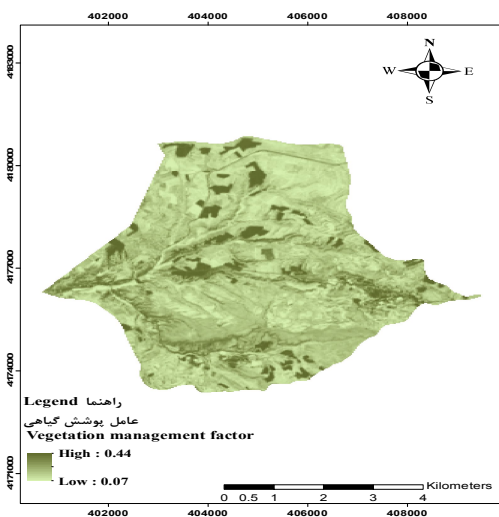
نتایج حاصل از فرسایش: نتایج این مطالعه به‌صورت نقشه عوامل مؤثر در فرسایش خاک به کمک مدل RUSLE به‌ترتیب شامل نقشه‌های عامل فرسایش‌پذیری باران (R)، فرسایش‌پذیری خاک (K)، طول و درجه شیب (LS)، عامل پوشش گیاهی (C) و عامل کارهای حفاظتی (P) در شکل‌های ۳ تا ۶ ارائه شد. مقدار عامل فرسایش‌پذیری باران برای این حوضه بین $107/2$ تا $120/9 \text{ (MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{y}^{-1})$ متغیر است که در نواحی شمالی حوضه بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده است (شکل ۳). در شکل ۴ میزان فرسایش‌پذیری خاک در حوضه مورد مطالعه



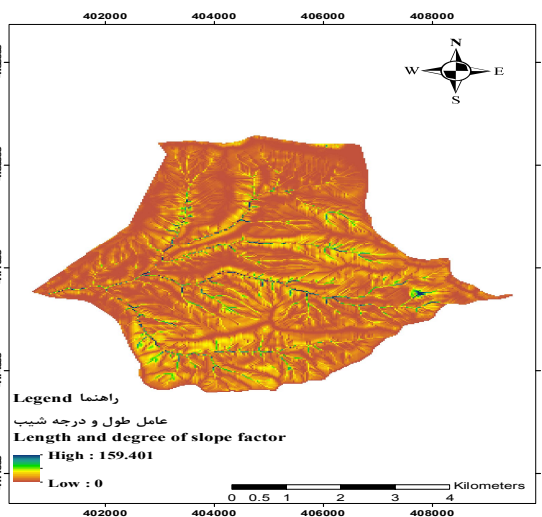
شکل ۴- عامل فرسایش پذیری خاک.
Figure 4. Soil erodibility factor.



شکل ۳- عامل فرساینده‌گی باران.
Figure 3. Rain erosion factor.



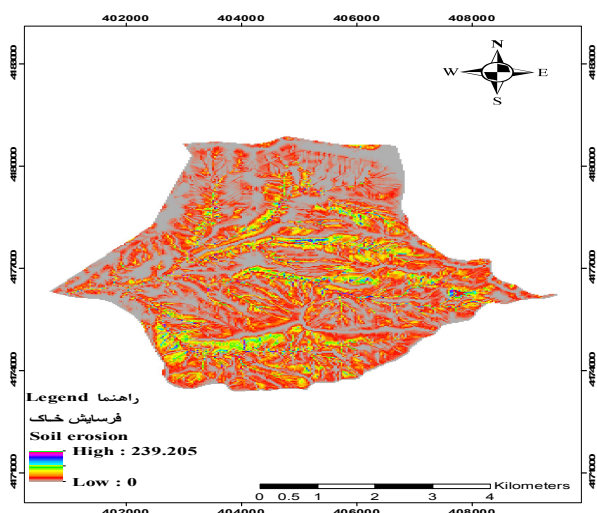
شکل ۶- عامل پوشش گیاهی.
Figure 6. Vegetation cover factor.



شکل ۵- عامل طول و درجه شیب.
Figure 5. Length and degree of slope factor.

در حوزه آبخیز کچیک بین ۰ تا ۲۳۹/۲ تن در هکتار در سال متغیر بود و با استفاده از دستور Zonal Statistics در Arc GIS 10.2 متوسط آن برابر ۷/۹۴ تن در هکتار در سال برآورد شد (شکل ۷).

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی به‌عنوان ورودی‌های مدل، تلفیق لایه‌ها در نرم‌افزار Arc GIS 10.2 و با استفاده از تابع Raster calculator صورت گرفت و در نهایت نقشه فرسایش خاک برحسب تن در هکتار در سال تهیه گردید. بر این اساس فرسایش خاک



شکل ۷- فرسایش سالانه خاک حوزه آبخیز کچیک با مدل RUSLE.

Figure 7. Annual Erosion of Kechik Watershed with RUSLE Model.

گرفته شدند. طبق نتایج عامل طول و درجه شیب با ضریب همبستگی ۹۳ درصد و ضریب تبیین (R^2) ۰/۸۷ بیش‌ترین تأثیر را در برآورد میزان فرسایش سالانه خاک توسط مدل را داشته است. نتایج حاصل از بررسی ضرایب رگرسیونی خطی بین عوامل ورودی و خروجی مدل در جدول ۱ ارائه شد.

بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر میزان فرسایش خاک: به‌منظور تجزیه و تحلیل همبستگی بین عوامل مؤثر در فرسایش خاک، با استفاده از نرم‌افزار IDRISI Selva بین عوامل رگرسیون گرفته شد؛ بنابراین هدررفت سالانه خاک به‌عنوان متغیر وابسته و عوامل فرساینده باران، فرسایش‌پذیری خاک، طول و درجه شیب، پوشش گیاهی به‌عنوان متغیر مستقل در نظر

جدول ۱- روابط رگرسیونی بین میزان هدررفت خاک و عوامل دخیل در مدل RUSLE.

Table 1. Regression relationships between soil loss rate and factors involved in RUSLE model.

عامل‌های مدل RUSLE RUSLE Model Factors	رابطه رگرسیونی Regression relation	ضریب همبستگی (r) Correlation coefficient	ضریب تبیین (R^2) Coefficient of Determination
R	$Y = 0.02 + 0.063X$	0.45	0.20
K	$Y = 0.02 + 146.12X$	0.46	0.21
LS	$Y = 0.003 + 1.27X$	0.93	0.87
C	$Y = 0.16 + 37.86X$	0.50	0.60

(N, P, K) برحسب گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شد. همان‌طور که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد. میانگین عناصر اصلی مغذی حفظ‌شده خاک در اراضی جنگلی با ۶۷۶۳/۰۴، اراضی مرتعی ۵۴۶۰/۲۸ و اراضی زراعی ۳۲۰۸/۸۴ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

نتایج ارزش اقتصادی کارکرد حفاظت خاک: همان‌طور که پیش‌تر به آن اشاره شد، هزینه هدررفت عناصر مغذی خاک با برآورد مقادیر کمی خاک حفظ‌شده و عناصر مغذی قابل‌محاسبه است. به این منظور، مقادیر هدررفت عناصر اصلی مغذی خاک

جدول ۲- مقادیر عناصر مغذی در واحدهای کاری.

Table 2. Nutrient values in units work.

عناصر غذایی حفظ شده (کیلوگرم در هکتار) Preserved nutrients (kg.ha ⁻¹)	میانگین عناصر (گرم در کیلوگرم) Mean Elements (gr.kg ⁻¹)			میانگین خاک حفظ شده (تن در هکتار در سال) Average soil Preserved (t ha ⁻¹ y ⁻¹)	مساحت (هکتار) Area (ha)	واحد کاری Unit works
	پتاسیم Ptasium	فسفر Phosphours	ازت Nitrojen			
30741.24	0.384	0.0087	2.05	37.56	34.94	1
544.084	0.338	0.0020	2.4	1.90	104.0	2
6558.19	0.278	0.0047	1.75	33.37	96.66	3
8747.75	0.405	0.0014	1.2	15.47	351.8	4
775.57	0.153	0.0011	0.6	16.08	63.93	5
66.45	0.342	0.0020	0.4	7.06	12.64	6
45711.60	0.325	0.0078	3	40.30	340.3	7
8780.09	0.414	0.0021	1.3	45.08	113.4	8
17570.26	0.14	0.0014	0.5	28.06	975.8	9
4054.50	0.209	0.0038	2.1	33	53.11	10
14611.69	0.436	0.0072	3	34.26	123.8	11
19443.85	0.337	0.0035	2.5	36.19	189.1	12
297.31	0.229	0.0016	0.32	30.03	17.98	13
38196.75	0.207	0.0026	1.46	34.78	57.49	14
7303.62	0.451	0.0023	1.06	29.34	64.43	15
4520.62	0.31	0.0035	1.57	28.16		میانگین Average

کشاورزی استان گلستان، ۱۳۹۸). ارزش کل مواد مغذی حفظ شده ۹/۲۱ میلیارد ریال در مجموع ۳۶۰۰ هکتار مساحت حوضه و ۲/۵۵ میلیون ریال برای هر هکتار در سال برآورد گردید. ارزش اقتصادی حفظ حاصلی خاک به تفکیک هر کاربری در جدول ۳ نشان داده شده است.

با در نظر گرفتن قیمت کودهای شیمیایی مورد استفاده برای بازگرداندن حاصلخیزی از دست رفته بدون احتساب یارانه، قیمت تعزیراتی هر کیلو کود اوره (۸۴۰۰) ریال، کود منوفسفات آمونیوم (۲۸۰۰۰) ریال و قیمت بازاری کود سولفات پتاسیم (۱۰۰۰۰۰) ریال در سال پایه ۱۳۹۸ در نظر گرفته شد (اداره جهاد

جدول ۳- ارزش اقتصادی کاربری‌ها.

Table 3. Economic value of land-uses.

ارزش اقتصادی هر هکتار (میلیون ریال) Economic value of each hectar (million Rials)	ارزش کل اقتصادی (میلیون ریال) Total of economic value (milion Rials)	مساحت (هکتار) Area (ha)	کاربری Landuse
3.39	2274	669	جنگل Forest
2.84	3047.48	1073	مرتع Rangeland
2.16	3889.89	1800	دیم‌زار Dry land
2.79	3070.45		میانگین Average

درصد) مربوط به فاکتور طول و درجه شیب می‌باشد که با نتایج سلیم فرگی (۲۰۱۱)، محمدی و همکاران (۲۰۱۶) با ضریب همبستگی ۶۶ درصد و نژادافضلی و همکاران (۲۰۱۸) با ضریب تبیین ۹۶ مطابقت دارد (۳۷، ۳۲ و ۲۹). با توجه به پژوهش‌های انجام شده میزان عناصر حفظ شده در خاک در اراضی زراعی نسبت به بقیه کاربری‌ها کم‌تر می‌باشد که با نتایج حاصل از پژوهش نیکنهاد قرماخر و مارامایی (۲۰۱۱)، قزل‌سفلو و همکاران (۲۰۱۱)، عباسی و همکاران (۲۰۱۶) مطابق است (۱، ۱۴ و ۳۳). با توجه به بررسی‌ها نتایج حاصل از ارزش اقتصادی کل کارکرد حفظ حاصلخیزی خاک ۹/۲۱ میلیارد ریال است که کاربری جنگل، مرتع و کشاورزی به ترتیب بیش‌ترین تا کم‌ترین ارزش اقتصادی را دارا می‌باشد. موسوی و همکاران (۲۰۱۱) ارزش اقتصادی کارکرد حفظ حاصلخیزی خاک را ۸۹۱۵۲ هزار ریال در سال، یگانه و همکاران (۲۰۱۶) ۷۹۶۷/۹ میلیون ریال در سال، بستان و همکاران (۲۰۱۸) ۴۴۶۸۴۹۰۰۰۰ میلیون ریال در سال، دگروت و همکاران (۲۰۱۲) ۴۴ دلار در هکتار در سال و کاستانزا و همکاران (۱۹۹۷) ۲۹ دلار در هکتار در سال با استفاده از رویکرد هزینه جایگزین به دست آوردند (۳۱، ۴۲، ۸، ۱۰ و ۹). دلیل اختلاف در ارزش‌های به دست آمده با توجه به شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی و فیزیوگرافی مناطق مختلف متفاوت است.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان می‌دهد ارزش مراتع نسبت به دیم‌زار در کارکرد حفظ حاصلخیزی بیش‌تر است که عمدتاً در کاربری زراعی کشت و کار دائمی و عملیات شخم عمدتاً نقش مهمی در هدررفت مواد مغذی دارند. با توجه به اثرات مثبت پوشش گیاهی، لزوم توجه ویژه

فرسایش خاک به‌خصوص در کشورهای درحال توسعه، روند افزایشی دارد، فرسایش باعث از بین رفتن خاک‌های کشاورزی، فقیر شدن ظرفیت تولیدی خاک‌ها و آلودگی آب‌های طبیعی در اثر رسوب‌گذاری می‌شود و مخاطرات زیست‌محیطی را به وجود می‌آورد. بنابراین ارزیابی صحیح پدیده فرسایش خاک می‌تواند برای مدیران به منظور ایجاد استراتژی‌ها و برنامه‌ها جهت کنترل فرسایش مفید و سودمند باشد. با توجه به نتایج حاصل از برآورد فرسایش خاک به روش RUSLE مقدار فرسایش خاک در حوضه بین صفر تا ۲۳۹/۲ تن در هکتار در سال متغیر بوده و متوسط فرسایش کل در حوضه ۷/۹۴ تن در هکتار در سال برآورد گردید. سلیم فرگی (۲۰۱۱) مقدار متوسط فرسایش خاک در این حوضه را ۱۲/۵۸ تن در هکتار در سال برآورد کرد (۳۷). کاویان و همکاران (۲۰۱۶) مقدار فرسایش خاک را در حوزه آبخیز تالار بین ۰ تا ۹۲/۰۱ برآورد کردند (۲۰). خورسند و همکاران (۲۰۱۶) در حوزه آبخیز معرف خامسان و نژادافضلی و همکاران (۲۰۱۸) را در حوزه آبخیز دهکهان (جنوب کرمان) متوسط فرسایش خاک را به ترتیب ۱۸/۵۳ و ۵۰ تن در هکتار در سال به دست آوردند (۲۲ و ۳۲). در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک لسی استان گلستان، آهک و سیلت نقشی اساسی در فرسایش‌پذیری و پایداری خاکدانه‌ها دارد. پایداری خاکدانه و نفوذپذیری دو ویژگی فیزیکی بسیار مهم خاک از نظر فرسایش‌پذیری است که تحت تأثیر ماده آلی و آهک قرار می‌گیرند. ویژگی‌های خاک موجب افزایش پایداری خاکدانه یا نفوذپذیری خاک و یا هر دو شوند، نقش مهمی در کاهش فرسایش‌پذیری خواهند داشت (۲۱). بررسی تأثیر عوامل موثر بر میزان فرسایش خاک به وسیله رگرسیون خطی نشان داد که بیش‌ترین ضریب تبیین (۸۷/۵۵)

داده‌ها و اطلاعات

این مقاله استخراج شده از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد که در سال ۹۷ و ۹۸ جهت تحقیقات میدانی در حوضه کچیک و جهت انجام آزمایش‌ها و کارهای نرم‌افزاری در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شده است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

به پوشش گیاهی مرتعی و جنگلی به‌منظور کاهش فرسایش خاک احساس می‌شود و پیشنهاد می‌شود برنامه‌های بیولوژیکی و حفاظت خاک به‌منظور کاهش خسارات فرسایش خاک در قسمت‌های با حساسیت فرسایش بالا در منطقه صورت گیرد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از دانشکده مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1. Abbasi, M. 2016. Effects of land use, slope and rainfall intensity on runoff, sediment and nutrients in loess lands of Kechik watershed, Golestan Province. Ph.D. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Pp: 118-124.
2. Alvandi, E., Sadoddin, A., and Sheikh, V.B. 2019. Predicting the impacts of management activities on surface runoff characteristics and soil erosion in the Bonekooch Watershed – Hablehroud River-Iran. J. Water Soil Cons. 26: 1. 27-48. (In Persian)
3. Arkhi, S., and Niyazi, Y. 2010. Investigation of GIS and RS Application for Estimation of Soil Erosion and Sediment Load Using the RUSLE Model (Case Study: Upstream Basin of Ilam Dam). J. Water Soil Cons. 17: 2. 1-27. (In Persian)
4. Bakhtiari, F., Panahi, M., Karami, M., Ghodusi, J., Mashayekhi, Z., and Pourzadi, M. 2009. Economic valuation of soil nutrients retention function of Sabzkouh forests. Iran. J. For. 1: 1. 69-81. (In Persian)
5. Baraniyan Kabir, A., Mousavi, S.A., Bashari, H., Mesdaghi, M.R., and Basiri, M. 2016. Economic Consequences of Rangeland Use Change to Dryland from Water and Soil Conservation Functions. Applied Ecology. 6: 2. 27-40. (In Persian)
6. Bishop, J.T. 1999. Valuing Forests, A review of methods and applications in developing countries. Environmental Economics Programme, International Institute for Environment and Development (IIED), 56p.
7. Bostan, Y., Fatahiardakani, A., Fehrestani Sani, M., and Sadeghinia, M. 2018. A Pricing Model for Value of Gas Regulation Function of Natural Resources Ecosystems (Case Study: Sheikh Musa Rangeland, Mazandaran Province, Iran). J. Range. Sci. 8: 2. 186-200.
8. Bostan, Y., Fatahi Ardakani, A., Sadeghiniya, M., and Fehrestani Sani, M. 2018. Estimating the Economic Value of Soil and Aquatic Regulatory Functions of Rangeland Ecosystems (Case Study: Sheikh Moussa Rangeland Ecosystem of Babol). Range. Sci. J. 12: 4. 464-480. (In Persian)
9. Costanza, R.R., Groot, P., Sutton, S., van der Ploeg, S., Anderson, I., Kubiszewski, S. Farber and Turner, R. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change. 26: 152-158.
10. De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., and Willemsen, L. 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning. management and decision making. Ecol Complex. 7: 260-272.

11. Fatahi Ardakani, A. 2013. The principles of economic valuation of natural resources. Ardakan University Press, 364p. (In Persian)
12. Fatahi, A., Bostan, Y., and Arab, M. 2016. The Comparison of Methods of Discrete Payment Vehicle (Dichotomous Choice) in Improving the Quality of the Environment (a case study of air pollution in Tehran). Third International Conference on Engineering, Science and Technology. Pp: 1-13.
13. Foster, G., and Wischmeier, W. 1974. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. Transactions of the ASAE. 17: 2, 305p.
14. Ghezelsoflou, A. 2011. Risk and Damage Evaluation of Soil and N, P, K Erosion in Chehel Chai Watershed of Golestan Province. Master thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
15. Gulati, A., and Rai, S.C. 2014. Cost estimation of soil erosion and nutrient loss from a watershed of the Chotanagpur Plateau, India. J. Curr. Sci. 106: 1-5.
16. Hengl, T. 2006. Finding the right pixel size. Computers & Geosciences. 32: 9. 1283-1298.
17. Hosseini, S.S., and Ghorbani, M. 2006. Economic of soil erosion. Mashhad University Press, 126p. (In Persian)
18. Jackson, M.L. 1967. Soil chemical analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 521p.
19. Jin, K., Cornelis, W.M., Gabriels, D., Baert, M., Wu, H.J., Schiettecatte, W., Cai, D.X., Deneve, S., Jin, J.Y., Hartmann, R., and Hofman, G. 2009. Residue cover and rainfall intensity effects on runoff soil organic carbon losses. Catena. 8: 81-86.
20. Kaviani, A., Mohammadi, M., Falah, M., Gholami, L., and Omidvar, E. 2016. Application of RUSLE Model to Determine Spatial Distribution of Soil Loss Risk. Ecohydrology. 3: 4. 669-680. (In Persian)
21. Khormai, H., Kiani, F., and Khormali, F. 2016. Evaluation of Soil Erodibility Factor (k) for Loess Derived Landforms of Kechik Watershed in Golestan Province. J. Water Soil. 30: 6. 2078-2086. (In Persian)
22. Khorsand, M., Khaledi Darvishan, A. and Gholamali Fard, M. 2016. Comparison of the RUSLE Model Annual Loss Estimation Results with Data from Nails and Erosion Plots in Khamsan Watershed. Ecohydrology. 3: 4. 669-680. (In Persian)
23. King, N.A. 2007. Economic valuation of environmental goods and services in the context of good ecosystem governance. Water Policy 9. 2: 51-67.
24. Kumar, T. 2010. Physically-based spatially distributed rainfall runoff modeling for soil erosion estimation PhD Thesis. Institute of Hydraulic Engineering, university of Stuttgart, Stuttgart.
25. Lin, C.Y. 1997. A study on the width and placement of vegetated buffer strips in a mudstone distributed watershed. J. China Soil Water Cons. 3: 250-266.
26. Mahdavi, M. 2009. Applied hydrology. Tehran University Press, 342p. (In Persian)
27. Mobarghei, N., and Sharzei, Gh. 2007. Analysis of survey base methods in ecosystem services valuation and introduce more appropriate methods to achieve reliable result especially in developing countries. International conference of "Re-inventing Sustainability: A Climate for Change" 3rd- 6th July, Noosaville, Australia. Pp: 13-15.
28. Mohamed Fayas, C., and Shantha Abeysingha, N. 2019. Soil loss estimation using rusle model toprioritize erosioncontrol in KELANI riverbasinin SriLanka. International Soil and Water Conservation Research. 7: 19. 130-137.
29. Mohammadi, Sh., Karimzadeh, H., Pourmanafi, S., and Soltani Koubae, S. 2018. Spatial and temporal estimation of soil erosion using RUSLE model and Landsat satellite time series (Case study: Mandarjan, Isfahan). Iran. J. Natur. Resour. 71: 3. 759-774.

30. Moore, I.D., and Burch, G.J. 1986. Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 50: 5. 1294-1298.
31. Mousavi, S.A., Arzani, H., Sharzei, Gh., Azarnivand, H., Farahpoor, M., Estefani, A., Alizadeh, E., and Nazari Samani, A. 2011. Economic valuation of rangeland coverage on soil conservation (case study: Middle Taleghan watershed). *J. Iran Natur. Resour.* 67: 2. 317-331. (In Persian)
32. Nezhadafzali, K., Shahrokhi, M., and Bayatani, F. 2018. Assessment soil erosion using RUSLE model and identification the most effective factor in Dekhan watershed basin of southern Kerman. *J. Natur. Environ. Hazard.* 8: 20. 21-38. (In Persian)
33. Niknahad Gharmakher, H., and Maramaei, M. 2011. Effects of land use changes on soil properties (Case Study: the Kechik catchment). *J. Soil Manage. Sust. Prod.* 1: 2. 81-96. (In Persian)
34. Pajouhesh, M., Kaviani, A., Givi, J., and Davoudian Dehkordi, A.R. 2017. Estimating of the amount of soil loss using universal soil loss equation in the Jonghan watershed. *J. Water Soil Cons.* 24: 3. 299-306. (In Persian)
35. Refahi, H. 2000. Soil erosion by water & conservation. Tehran University Press, 551p. (In Persian)
36. Renard, K.G., and Freimund, J.R. 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *J. Hydrol.* 157: 287-306.
37. Salim Fargi, F. 2011. Assessing spatial distribution of soil erosion hazard using distributed USLE model in Kechik Watershed, Golestan, Iran. Master thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
38. Shirazi, M.A., and Boersma, L. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 48: 142-147.
39. Sun, J., Liu, Y., Zhou, T., Liu, G., and Wang, J. 2018. Soil conservation service on the Tibetan Plateau. 1984–2013. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh.* 1: 7. 1-7.
40. Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment.* 8: 127-150.
41. Wischmeier, W.H., and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses A guide to conservation planning.
42. Yeganeh, H., Azarnivand, H., Saleh, I., Arzani, H., and Amirnejad, H. 2016. Estimating the economic value of soil conservation function (Case study: Taham watershed, Zanjan province). *Iran. J. Range Des. Res.* 23: 1. 161-176. (In Persian)
43. Zabihi, M., Sadeghi, S.H.R., and Vafakhah, M. 2015. Spatial analysis of rainfall erosivity index patterns at different time scales in Iran. *Watershed Engineering and Management.* 7: 4. 442-457.
44. Zerihun, M., Mohammedyasir, M., Demeke Sewnet, A., and Lakew, M. 2018. Assessment of soil erosion using RUSLE, GIS and remote sensing in NW Ethiopia. *Geoderma Regional.* 8: 17.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(6), 2021

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2020.17763.3331

Research Full Paper

Estimating the economic value of the role of vegetation in controlling soil erosion (Case Study: Kechik Watershed)

*R. Farsi¹, H. Yeganeh², M. Hoseinalizadeh³ and M.S. Azimi²

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Rangeland Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

²Assistant Prof., Dept. of Rangeland Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

³Associate Prof., Dept. of Watershed and Desert Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 03.02.2020; Accepted: 09.15.2020

Abstract

Background and Objectives: Preservation of soil and prevention of occurrence and intensification of erosion are the most important functions of natural ecosystems. This issue is especially important in steep and mountainous areas. Natural ecosystems are among the important economic resources for many developing countries that contribute to the development of regions and communities by producing goods and services. Soil conservation function, like many other ecosystem services, lacks a market to determine the value. This study was conducted in 2019 with the aim of investigating the role of natural ecosystem in Kechik area in controlling soil erosion and determining the economic value of soil protection based on soil fertility maintenance function.

Materials and Methods: In order to estimate soil erosion quantitatively, the RUSLE model, which inputs include rain erosion factor, soil erodibility factor, length and degree of slope factor, vegetation factor and protective operations factor, was used in GIS environment. To calculate the economic value of soil fertility maintenance function, soil retention and soil nutrient content including nitrogen, phosphorus and potassium in the area were estimated and its economic value was calculated using the alternative cost approach.

Results: The results of soil erosion by RUSLE method showed that the range of soil erosion in the region varied from 0 to 239.2 tons per hectare per year and its average was estimated at 7.94 tons per hectare per year. The value of the main elements preserved in the soil of the whole basin was equal to 9.21 billion Rials per year and the value of each hectare of the region's ecosystem was estimated at 2.55 million Rials per year. Also, the analysis of erosion data in IDRISI Selva software showed that the factor of length and degree of slope had the greatest effect on estimating annual soil erosion ($R^2=0.87$).

Conclusion: The result of this study states that the value obtained per hectare of forest is 3.39, rangeland 2.84 and dry land 2.16 million Rials per year, which shows the more value of rangeland ecosystem than dry lands. Due to the positive effects of vegetation, the need for special attention to rangeland and forest vegetation to reduce soil erosion is felt and it is recommended that biological and soil protection programs performed to reduce soil erosion damage in areas with high erosion sensitivity in the region.

Keywords: Economic value, Kechik watershed, RUSLE, Soil protection

* Corresponding Author; Email: raziye_2@yahoo.com