نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال سیزدهم- شماره ۴۶- پاییز ۱۳۹۸

Vol. 13, No. 46, Fall 2019

محاسبه‌ی حجم خاک از دست رفته‌ی ناشی از فرسایش خندقی و برآورد هزینه‌ی اقتصادی آن (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس)

سید مسعود سلیمان‌پور[۱]، مجید صوفی[۲]، محمد جواد روستا[۳] و صمد شادفر[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۶

چکیده

فرسایش خندقی به‌عنوان یکی از مهمترین و مخرب‌ترین شکل تخریب زمین، و هدر رفت خاک در سراسر جهان شناخته شده است. از آنجا که برآورد حجم خاک از دست رفته و درک هزینه‌های اقتصادی فرسایش خاک از اهمیت زیادی برخوردار است؛ این پژوهش با هدف محاسبه‌ی حجم خاک از دست رفته ناشی از فرسایش خندقی و برآورد هزینه‌ی اقتصادی آن در حوزه‌ی آبخیز قاضیان واقع در شمال استان فارس انجام شده است. به این منظور، در ابتدا حجم خندق‌ها محاسبه شده و با استفاده از وزن مخصوص ظاهری، وزن خاک از دست رفته محاسبه شد. سپس با جمع این مقادیر، وزن خاک فرسایش یافته‌ی ناشی از فرسایش خندق‌ها محاسبه شد. نتایج نشان داد خندق‌های این منطقه سالانه به طور متوسط ۲۰۱/۱۰ مترمکعب (۲۶۳/۴۳ تن) فرسایش و هدر رفت خاک داشته‌اند؛ به‌طوری که این خندق‌ها به طور متوسط در هر سال ۷۳۷۶/۲۵ دلار (۲۹۵۰۵۰۰۰۰ ریال) خسارت به منابع خاک وارد نموده‌اند. این نتایج حاکی از اثر مخرب فرسایش خندقی در هدر رفت خاک، و توجه بیشتر به کنترل این نوع فرسایش با استقرار پوشش گیاهی بومی و سازگار، افزایش ضریب زبری، انحراف رواناب‌های ایجاد شده، و انجام پژوهش‌های دقیق در مناطق مختلف کشور دارد.

کلید واژه‌ها: *هزینه اقتصادی، هدررفت خاک، فرسایش خندقی، قاضیان*

مقدمه

امروزه عقیده بر این است که فرسایش خاک، به دلیل تخریب منابع زیست محیطی، یکی از مسائل مهم و بازدارنده در تحقق توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و دستیابی به امنیت غذایی در جهان می‌باشد [۳۱]؛ به‌طوری‌که این پدیده به سرمایه‌های طبیعی (شامل انواع منابع طبیعیِ فیزیکی و بیولوژیکی)، اجتماعی (شامل روابط، نهادها، باورهای مشترک فرهنگی، و سنت‌ها است)، و تولیدی (شامل ساختمان‌ها، جاده‌ها، و سایر دارایی‌های ثابت تولید انسان) آسیب وارد می‌نماید [۳]. فرسایش خاک توسط آب، یکی از مهمترین عوامل تخریب اراضی می‌باشد. هر ساله حدود ۲۶ میلیارد تن خاک در دنیا بر اثر فرسایش خاک از دست می‌رود که این میزان بیشتر از خاکی است که تشکیل می‌شود [۲۲]. نرخ فرسایش خاک در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که بالاترین میزان فرسایش در کشورهای در حال توسعه رخ داده است و این امر یک خطر جدی برای توسعه‌ی پایدار و متوازن کشاورزی به حساب می‌آید [۲۸]. نرخ سالانه‌ی فرسایش خاک در ایران ۳۳ تن در هکتار در سال گزارش شده است که ۶/۵ برابر حد مجاز می‌باشد [۱۵]. برای تشکیل یک سانتی‌متر خاک ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ سال زمان لازم است. بنابراین نباید این خاک ارزشمند را از دست داد و آیندگان را با مشکل مواجه ساخت [۲۲]. گزارش مرکز اطلاعات بین‌المللی سازمان ملل متحد هم نشان می‌دهد که عوامل فرساینده (آبی ۷۵ درصد، بادی ۲۰ درصد، شیمیایی ۳ درصد و فیزیکی ۲ درصد)، از تقریباً ۱۶۵ میلیون هکتار از اراضی ایران،۱۰۰ میلیون هکتار از آن را ناپایدار کرده است [۲۸]؛ در بین اشکال مختلف فرسایش آبی، فرسایش خندقی یک نوع بسیار آشکار و شاخص از فرسایش خاک می‌باشد [۲۹]، و از مهم‌ترین چالش‌های تهدیدکننده‌ی تهیه‌ی غذا، سلامت انسان‌ها و زیست‌بوم است و این تأثیر در مناطقی که تغییرات کاربری اراضی و اقلیم وجود دارد مشهودتر است [۳۵]؛ به‌همین سبب، این نوع فرسایش به‌عنوان یکی از مهمترین و مخرب‌ترین شکل تخریب زمین، و هدر رفت خاک در سراسر جهان شناخته شده است [۱۶]. انجمن علوم خاک آمریکا [۳۹]، خندق دائم را کانالی به عمق ۰/۵ تا سه متر معرفی می‌کند که توسط ادوات معمول از بین نرود و خندق موقت را با عمق کمتر از ۰/۵ متر دانسته که با ادوات معمول

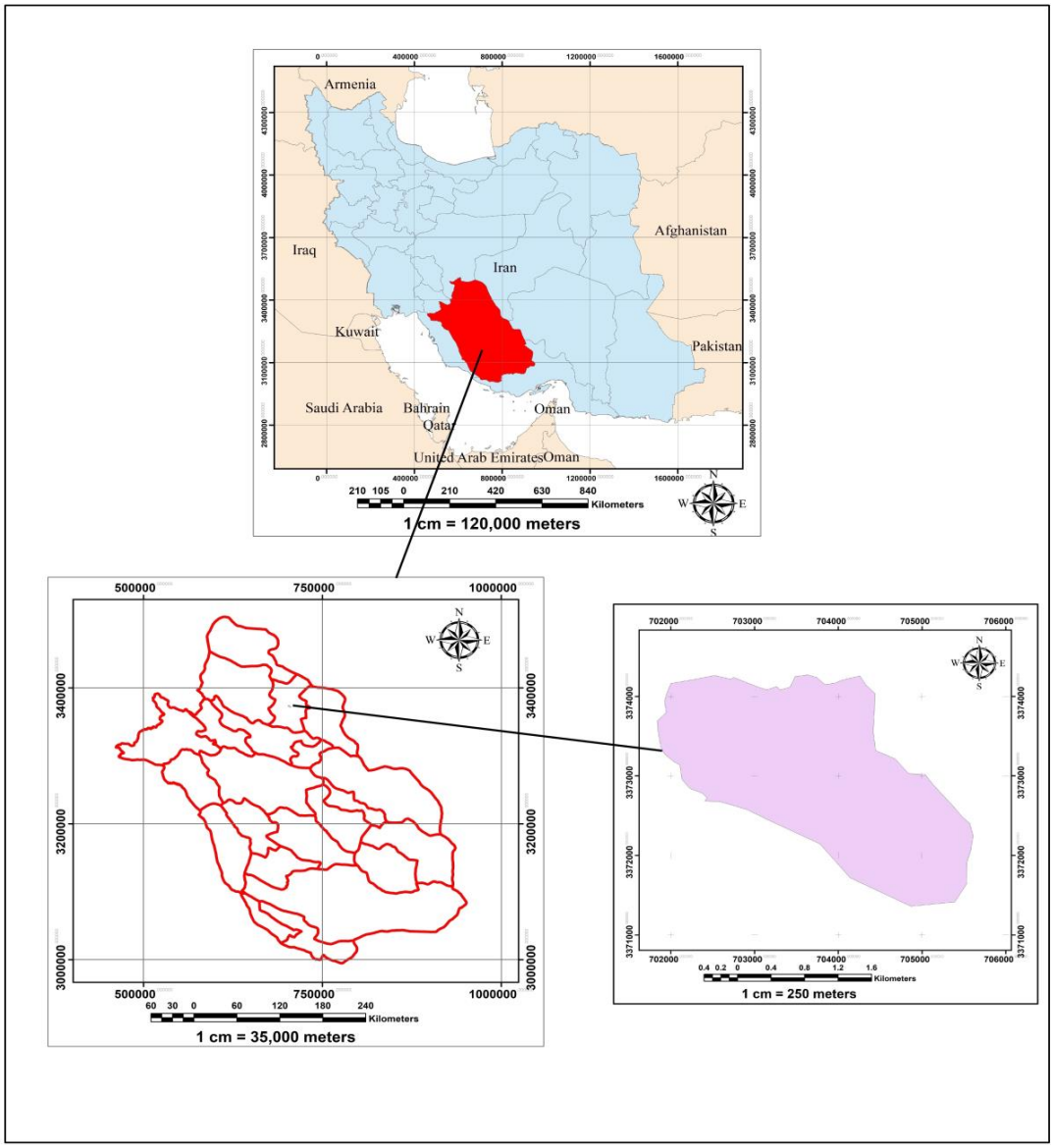
۱- نویسنده‌ی مسئول و استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز. پست الکترونیک:
m.soleimanpour@yahoo.com

۲و۳- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز

۴- دانشیار پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

شخم قابل حذف است. خندق‌ها اشکال مختلفی دارند که بیشتر در کانال‌های دائمی متمرکز هستند [۳۷]؛ و می‌توانند بیش از ۹۰ درصد رسوب حوضه را تشکیل دهند [۲۶]. خندق‌ها به مسیرهای حمل و نقل، و سازه‌ها آسیب جدی وارد می‌نمایند [۳۰]، و می‌توانند موجب ایجاد رسوب در آبراهه‌ها، جاده‌ها، سدها و آبگیرها شود [۲۹]. در مقایسه با تلاش‌های دهه‌های گذشته جهت بررسی فرآیندهای فرسایش ورقه‌ای و شیاری، مطالعات نسبتاً اندکی در جهت کمی کردن و یا برآورد فرسایش خندقی انجام شده است [۹]؛ به‌طوری که در حال حاضر فرسایش خندقی، حدود ۱۰ درصد از پژوهش‌های فرسایش خاک در جهان را به خود اختصاص داده است [۸]. یکی از موضوع‌های جالب توجه، تعیین سهم فرسایش خندقی به کل رسوب تولیدی در اکوسیستم‌های مختلف است. پاسخ به این سؤال بسیار مشکل است اما نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که سهم فرسایش خندقی بین ۱۰ تا ۹۴ درصد کل رسوب تولید شده در حوزه‌های آبخیز متغییر است و عوامل متعددی در تغییر سهم آن دخالت دارند که عبارتند از: عوامل مکانی، زمانی، کنش‌های محیطی، نوع خاک، کاربری اراضی، توپوگرافی، آب و هوا و غیره [۲۶]. در پژوهش‌هایی در مقیاس حوزه‌ی آبخیز، میزان فرسایش ورقه‌ای و شیاری در مناطق مرتفع اتیوپی از ۳۵ تا ۱۳۰ تن در هکتار در سال [۵]، و مقدار فرسایش خندقی بیش از ۵۴۰ تن در هکتار در سال برآورد شده است [۳۷]؛ که این مقدار بسیار بیشتر از میانگین تلفات خاک در سایر نقاط قاره‌ی آفریقا (۳۰ تا ۴۰ تن در هکتار در سال) است [۳۶]؛ هم‌چنین پژوهش‌های نیسن و همکاران [۲۴]، و تببو و همکاران [۳۷] نشان داد ۲۸ تا ۹۷ درصد کل هدررفت خاک در کشور اتیوپی ناشی از فرسایش خندقی است. بیلای و بیکت [۴]، نیز با اندازه‌گیری ۲۶ خندق فعال در دو روستا در شمال‌غربی اتیوپی و با استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی و روش رگرسیون به این نتیجه دست یافتند که در اثر ایجاد فرسایش خندقی در این مناطق در مجموع ۸۲/۶۹۲ تن خاک از بین رفته است و ۴/۷ هکتار زمین‌ها نابود، و معیشت بیش از ۳ درصد جمعیت بومی منطقه دچار اختلال و تحت تأثیر اثرات سوء فرسایش قرار گرفته است. آیلی و همکاران [۳]، در پژوهشی اعلام داشتند هزینه‌ی اقتصادی فرسایش خاک در یکی از حوزه‌ی آبخیز اتیوپی در یک دوره‌ی دو ساله بیش از ۱۸۰۰۰ دلار (۱۹ درصد درآمد سرانه‌ی مردم منطقه) بوده است. این رقم در حالی بیان می‌شود که ۴۲ درصد کل هزینه‌ها مربوط به از دست رفتن مواد مغذی و حاصل‌خیز خاک است. این رقم در حالی بیان می‌شود که در برخی گزارش‌ها، هزینه‌های فرسایش خاک در ارتفاعات اتیوپی را تا ۳۷۲ دلار در هکتار در سال برآورد کرده‌اند [۳]. پیمنتال و همکاران [۲۵]، هزینه‌ی هر تن خاک فرسایش یافته در آمریکا را ۱۶/۲ دلار محاسبه نمودند. هین [۱۴] در اسپانیا ۰/۳۲ تا ۰/۷۲ دلار، کولمن و همکاران [۱۹] برای ۲۵ نقطه‌ی اروپا ۴۰/۹۱ تا ۳۳۱/۷ دلار، و تلس و همکاران [۳۸] برای برزیل این رقم را ۲/۸ تا ۳۷/۶ دلار برآورد کردند. ماندا و همکاران [۲۱]، هزینه‌ی کنترل فرسایش خندقی در منطقه‌ی کلیمانجارو تانزانیا را ۸۲/۶۱ میلیون دلار تانزانیا در هر هکتار برآورد کردند. هم‌چنین ایشان بیان داشتند هزینه‌ی کنترل فرسایش خندقی اقتصادی‌تر از هزینه‌ی احیاء و بازسازی خندق‌ها است. وانگ و همکاران [۴۰]، در پژوهشی به تعیین اثربخشی و مزایای اقتصادی روش‌های حفاظت خاک در مقابل تخریب و هدر رفت خاک ناشی از فرسایش خندقی در استان چانگتینگ واقع در جنوب‌شرقی چین پرداختند. ایشان هزینه‌ی حفاظت و نگهداری یک تن خاک در هر هکتار در سال با روش‌های متداول را برابر ۱۶۴ یوان برآورد کردند که در صورت استفاده از کاشت درختان غیر مثمر و مثمر برای حفاظت خاک در برابر فرسایش خندقی، این مقدار به‌ترتیب به ۶۹۶ و ۱۱۶۶۴ یوان افزایش یافت. نتایج این پژوهش از دیدگاه اقتصادی نشان داد استفاده از روش‌های متداول حفاظت خاک (ساخت سکو و تراس با استفاده از منابع محلی) به‌منظور کنترل تخریب‌های ناشی از فرسایش خندقی، اقتصادی است. لی و همکاران [۲۰]، در پژوهشی در فلات لسی چین حجم خاک از دست رفته ناشی از فرسایش خندقی در این منطقه را ۱۰/۳۲ متر مکعب در سال برآورد کردند. ژانگ و همکاران [۴۲]، به بررسی سهم فرسایش خندقی در تولید کل رسوب در یک حوزه‌ی آبخیز کوچک واقع در جنوب‌غربی چین اقدام کردند. نتایج نشان داد در شرایطی که نسبت تحویل رسوب ۱۰۰ درصد باشد فرسایش خندقی بیش از ۲۵ درصد کل رسوب را به خود اختصاص داده است.

این موارد در حالی است که عاقلی‌کهنه‌شهری و صادقی [۱]، کل هزینه‌ی فرسایش خاک در ایران در سال ۱۳۷۹ را به قیمت‌های جاری، در حدود ۳۱ درصد ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی، شکار و جنگل‌داری برآورد نموده است و درویش [۱۰] و [۱۱] به نقل از انجمن علوم خاک ایران اعلا م کرد اگر سالانه دو میلیارد تن خاک در ایران فرسوده شود؛ با قیمت تخمینی ۲۸ دلار برای هر تن، هزینه‌های فرسایش خاک معادل ۵۶ میلیارد دلار در سال برآورد می‌شود. ایشان مهم‌ترین دلیل فرسایش خاک در ایران را، کشاورزی ناپایدار، خشک شدن تالاب‌ها، تأمین نشدن حقابه‌های محیط‌زیستی، کشت دیم در شیب‌های تند، اراضی رها شده‌ی کشاورزی، و تغییر کاربری اراضی جنگلی اعلام کرد. بنابراین از آنجا که برآورد حجم خاک از دست رفته و درک هزینه‌های اقتصادی فرسایش خاک برای کشاورزان، کارشناسان، و سیاست‌گذاران، به‌منظور ارائه‌ی مناسب روش‌های حفاظت خاک در تعیین اولویت‌ها و مدیریت اراضی حیاتی و ضروری است [۱۸]؛ این پژوهش اقدام به محاسبه‌ی حجم خاک فرسایش یافته ناشی از فرسایش خندقی در حوزه‌ی آبخیز قاضیان واقع در شمال استان فارس نموده است. با توجه به تعداد اندک پژوهش‌ها در خصوص هزینه‌ی خاک از دست رفته ناشی از این نوع فرسایش در جهان و ایران، این پژوهش، نسبت به برآورد هزینه‌ی آن نیز اهتمام داشته است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه‌ی آبخیز قاضیان در استان فارس

Fig 1. Geographic location of Ghazeian watershed, Fars province

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز قاضیان در شمال استان فارس و در محدوده‌ی جغرافیایی ۵۳ درجه و ۰۴ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۱۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه‌ی شرقی، و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه و ۰۰ ثانیه‌ی شمالی قرار دارد (شکل ۱). سازند زمین‌شناسی این حوضه، آبرفت‌های دوره‌ی کواترنر می‌باشد و تیپ غالب اراضی، تپه‌ماهور است. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن اصلاح شده در رده‌ی اقلیم نیمه‌خشک سرد قرار می‌گیرد. متوسط دمای سالانه معادل ۱۲/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، و میزان متوسط بارندگی طبق آمار ۳۱ ساله‌ی ایستگاه ده‌بید، برابر با ۲۳۹ میلی‌متر برآورد شده است. عمده کاربری اراضی در گذشته مرتع، و در حال حاضر زراعت دیم می‌باشد [۳۴].

روش تحقیق

به سبب وجود، و غالب بودن فرسایش خندقی و شاخص بودن خندق‌ها و ایجاد مشکل در زیر بخش‌های کشاورزی، مسکونی و صنعتی، حوزه‌ی آبخیز قاضیان جهت انجام تحقیق انتخاب شد. سپس به‌منظور اندازه‌گیری‌های صحرایی، تعداد صحیح و اصولی نمونه‌ها (خندق‌ها) طبق فرمول کوک‌ران[1] مشخص شد (در این حوضه حدود ۵۰ خندق اصلی و شاخص وجود دارد؛ با خطای ۱۰ درصد، تعداد ۳۰ خندق انتخاب گردید). روش انتخاب آن‌ها نیز به این طریق بود که خندق‌هایی به طور تصادفی در صحرا (سال ۱۳۹۶) انتخاب شدند که در بررسی عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ (سال ۱۳۴۲)، وجود نداشتند؛ سپس موارد زیر به‌ترتیب انجام پذیرفت.

- اندازه‌گیری پارامترهای ابعادی خندق‌ها در صحرا (سال ۱۳۹۶)

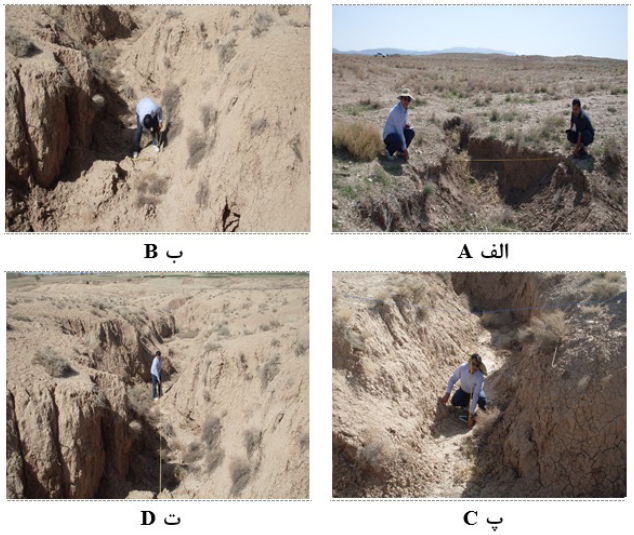
1- Cochran

توسط متر نواری: پارامترهای ابعادی اندازه‌گیری شده، شامل: طول خندق، عرض بالا، عرض پایین، و عمق خندق بود (شکل ۲)؛ که با مبنا قرار دادن پژوهش کازالی و همکاران [۷]، در فواصل ۱۰ متری از سر هر خندق اندازه‌گیری شد.

– محاسبه‌ی سطح مقطع عرضی خندق[1]، از رابطه‌ی زیر [۳۷]:

$$CA=\sum_{i=1}^{n}\left(\left(\frac{W_1+W_2}{2}\right)D\right) \quad (۱)$$

در این رابطه؛ CA: سطح مقطع عرضی خندق (متر مربع)، W1: عرض بالای خندق (متر)، W2: عرض پایین خندق (متر)، و D: عمق خندق (متر) می‌باشد.



شکل ۲- اندازه‌گیری عرض بالا (الف)، عرض پایین (ب)، عمق (پ)، و طول خندق‌ها (ت)

Fig 2. Measurement of top width (A), bottom width (B), depth (C), and length of gullies (D)

– محاسبه‌ی حجم خاک از دست رفته ناشی از فرسایش خندقی، طبق رابطه‌ی زیر [۳۷]:

$$V=\sum_{i=1}^{n}L\left[\left(\left(\frac{W_1+W_2}{2}\right)D\right)\right] \quad (۲)$$

در این رابطه؛ V: حجم خاک از دست رفته ناشی از فرسایش خندقی (متر مکعب)، L: طول خندق (متر)، W1: عرض بالای خندق (متر)، W2: عرض پایین خندق (متر)، و D: عمق خندق (متر) است.

– اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری خاک: به این منظور از دیواره‌های چپ و راست، پیشانی و خروجی هر خندق نمونه‌های خاک توسط استوانه‌های فلزی استاندارد (کور) برداشت شد پس از انتقال به آزمایشگاه تخصصی فرسایش و رسوب، وزن مخصوص ظاهری محاسبه و تعیین میانگین از آن‌ها انجام شد.

– محاسبه‌ی وزن خاک فرسایش یافته ناشی از فرسایش خندقی: به این منظور مقدار حجم خاک از دست رفته در هر خندق (V)، در وزن مخصوص ظاهری خاک هر خندق ضرب شد و پس از جمع مقادیر ۳۰ خندق، وزن خاک فرسایش یافته‌ی ناشی از فرسایش خندقی در دوره‌ی زمانی ۵۴ ساله (از ۱۳۴۲ تا ۱۳۹۶)، محاسبه شد.

– محاسبه‌ی هزینه‌ی خاک از دست رفته: به این منظور، مقدار ریالی هر متر مکعب خاک با مبنا قرار دادن پژوهش‌های انجمن علو خاک ایران [۱۰] و [۱۱]، در حجم خاک فرسایش یافته ضرب شد و پس از جمع مقادیر ۳۰ خندق، هزینه‌ی خاک از دست رفته‌ی ناشی از فرسایش خندقی در دوره‌ی زمانی ۵۴ ساله (از ۱۳۴۲ تا ۱۳۹۶)، محاسبه شد.

– محاسبه‌ی مساحت کل منطقه‌ی تخریب شده[2] توسط خندق‌ها به طور مستقیم، با استفاده از رابطه‌ی زیر [۴۱]:

$$TDA=\sum_{i=1}^{n}(W_1L) \quad (۳)$$

در این رابطه؛ TDA: مساحت کل منطقه‌ی تخریب شده توسط خندق‌ها به طور مستقیم (متر مربع)، W1: عرض بالای هر خندق (متر)، و L: طول هر خندق (متر) می‌باشد.

– محاسبه‌ی هزینه‌ی اراضی تخریب یافته به طور مستقیم: به این منظور، مساحت کل منطقه‌ی تخریب شده توسط خندق‌ها، در ارزش ریالی هر متر مربع زمین (نرخ عرف منطقه در سال ۱۳۹۶) ضرب شد و هزینه‌ی اراضی تخریب یافته که به طور مستقیم ناشی از فرسایش خندقی تخریب یافته‌اند محاسبه شد.

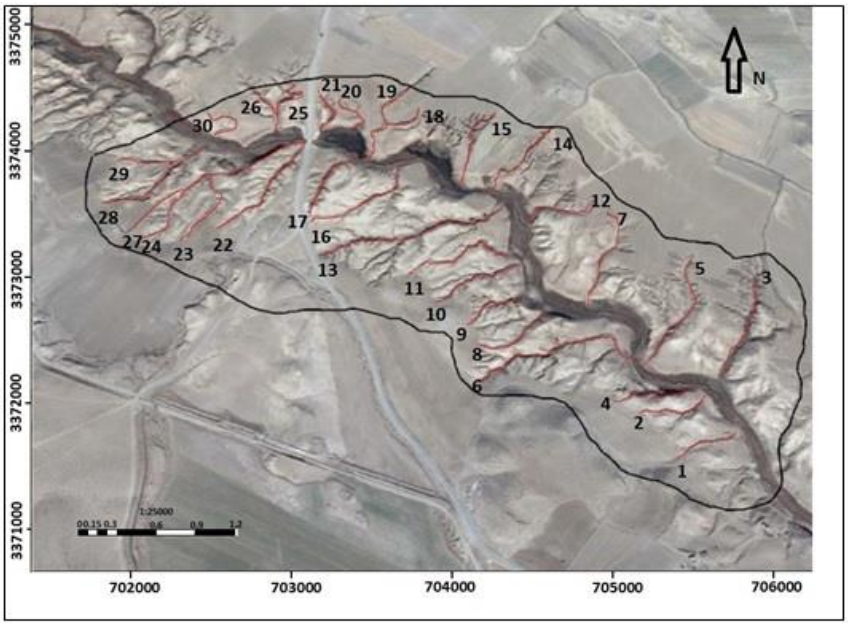
نتایج

شکل ۳، موقعیت (پراکنش) ۳۰ خندق مورد مطالعه در بهمن ۱۳۹۶ (فوریه ۲۰۱۸)، را بر روی تصویر گوگل‌ارث نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاده می‌شود کلیه‌ی خندق‌ها از نوع جانبی و انشعاب یافته از آبراهه‌ی اصلی است. پلان عمومی خندق‌ها به صورت پنجه‌ای و مقطع عرضی آن‌ها عمدتاً U شکل می‌باشد. پلان سر خندق‌ها به صورت نقطه‌ای است و اغلب ابتدا به صورت تونلی درآمده و سپس از ناحیه‌ی سقف ریزش و توسعه یافته است؛ به‌طوری که در این زمینه قزلی [۱۲]؛ بوخیر و همکاران [۶]؛ عرب‌قشقایی و همکاران [۲]؛ و سلیمان‌پور و همکاران [۳۲]؛ نیز به نتایج مشابه رسیده‌اند. نوع سازند زمین‌شناسی (آبرفت‌های دوره‌ی کواترنر)، و وجود رسوبات سست نظیر شیل، مارن‌های شور و گچی با رسوبات رسی- سیلتی، زمینه‌ی مناسبی برای ایجاد شبکه‌ای از خندق‌های متراکم را در این منطقه فراهم آورده است. در همین زمینه پوزن و همکاران [۲۶]؛ گومزگوتیرز و اسنابل [۱۳]؛ سلیمان‌پور و همکاران [۳۳]؛ و خردمند و سلیمان‌پور [۱۷]؛ نیز به یافته‌های مشابه رسیده‌اند.

نتایج اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد مساحت حوزه‌ی آبخیز قاضیان ۶/۲۱۱ کیلومتر مربع می‌باشد که از این مقدار، ۰/۳۰۸ کیلومتر مربع آن (۴/۹۶ درصد) تحت اشغال خندق‌ها است (شکل ۴). شیب

1- Cross-sectional Area

2- Total Damage Area



شکل ۳- موقعیت (پراکنش) خندق‌ها بر روی گوگل‌ارث

Fig 3. Position (Distribution) of Gullies on Google Earth

جدول ۱- میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در حوزه‌ی آبخیز قاضیان استان فارس

Table 1. Average measured parameters in Ghazeian watershed of Fars province

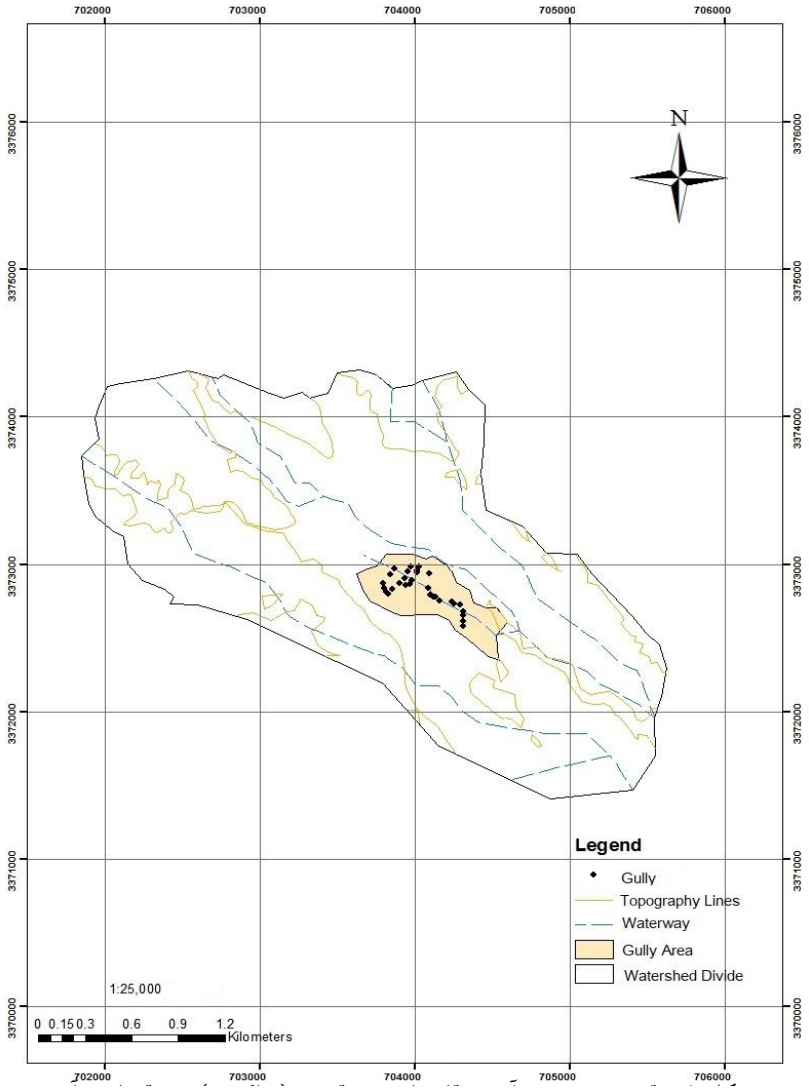
پارامتر Parameter	میانگین Avrage
عرض بالای خندق (متر) Gullies top width (m)	2.26
عرض پایین خندق (متر) Gullies bottom width (m)	1.42
عمق خندق (متر) Gullies depth (m)	1.51
طول خندق (متر) Gullies length (m)	61.29
سطح مقطع عرضی (متر مربع) Cross-sectional area (m^2)	3.46
حجم خاک از دست رفته (متر مکعب) Lost soil volume (m^3)	361.98
نسبت عرض به عمق Width to depth ratio	1.19
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density (gr/cm^3)	1.368
وزن خاک فرسایش یافته (تن) Eroded soil weight (Ton)	474.18
مساحت کل منطقه‌ی تخریب شده توسط خندق‌ها (متر مربع) Total damage area by gullies (m^2)	160.23

متوسط منطقه ۶ درصد می‌باشد و کاربری فعلی اراضی به‌ترتیب شامل: زراعت دیم (۲/۸۵ کیلومتر مربع)، مرتع (۲/۶۷ کیلومتر مربع)، و زارعت آبی (۰/۶۹ کیلومتر مربع) است. شایان ذکر است کل ۳۰ خندق مورد مطالعه، در کاربری زراعت دیم واقع شده‌اند. غالب بافت خاک منطقه لومی است و بعد از آن به‌ترتیب بافت‌های لومی‌رسی، لومی‌رسی‌شنی، و لومی‌شنی قرار دارند.

جدول ۱، میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده در حوزه‌ی آبخیز قاضیان را ارائه می‌دهد. با توجه به این جدول، خندق‌های واقع در این منطقه به طور متوسط دارای طول ۶۱/۲۹ متر هستند. به عبارتی با توجه به عدم وجود خندق‌های منتخب، در سال ۱۳۴۲ (با استناد به عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰)، خندق‌ها در طی ۵۴ سال (دوره‌ی زمانی ۱۳۹۶-۱۳۴۲)، به طور متوسط ۱/۱۳۵ متر در هر سال پیشروی طولی داشته‌اند. عمق متوسط خندق‌ها ۱/۵۱ متر می‌باشد که طبق طبقه‌بندی ناشترگیل و همکاران [۲۳]، در گروه خندق‌های عمیق (عمق بیش‌از ۰/۸ متر) قرار می‌گیرند. هم‌چنین با توجه به متوسط نسبت عرض به عمق خندق‌ها در این پژوهش (۱/۱۹)، بارندگی‌های کوتاه مدت و شدید، می‌تواند یکی از دلایل ایجاد خندق‌ها در این منطقه باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های میدانی نشان داد مقدار حجم خاک از دست رفته از ۳۰ خندق منتخب در دوره‌ی زمانی ۵۴ ساله (از ۱۳۴۲ تا ۱۳۹۶)، ۱۰۸۵۹/۶۶ متر مکعب می‌باشد؛ به عبارتی این خندق‌ها در هر سال به طور متوسط ۲۰۱/۱۰ متر مکعب فرسایش و هدر رفت خاک داشته است. این موارد در حالی است که با لحاظ نمودن وزن مخصوص ظاهری خاک در خندق‌های منتخب، وزن



شکل ۴- نقشه‌ی حوزه‌ی آبخیز قاضیان و موقعیت (پراکنش) خندق‌ها در آن

Fig 4. Map of Ghazeian watershed and its gullies position (distribution)

خاک فرسایش یافته ناشی از فرسایش خندقی در ۳۰ خندق منتخب در دوره‌ی زمانی ۵۴ ساله، ۱۴۲۲۵/۶۴ تن است؛ به عبارتی این خندق‌ها در هر سال به طور متوسط ۲۶۳/۴۳ تن فرسایش و هدر رفت خاک داشته‌اند.

هزینه‌ی خاک از دست رفته ناشی از فرسایش خندقی در ۳۰ خندق منتخب در دوره‌ی زمانی ۵۴ ساله (با قیمت تخمینی ۲۸ دلار برای هر تن)، برابر با ۳۹۸۳۱۷/۹۲ دلار می‌باشد؛ به عبارتی این خندق‌ها در هر سال به طور متوسط ۷۳۷۶/۲۵ دلار خسارت به منابع خاک وارد نموده‌اند. با ضرب نمودن این مقادیر در مبلغ چهل هزار ریال به ازاء هر دلار، اعداد فوق به‌ترتیب ۱۵۹۳۲۷۱۶۸۰۰ و ۲۹۵۰۵۰۰۰۰ ریال می‌باشد. مساحت کل منطقه‌ی آسیب‌دیده به طور مستقیم توسط ۳۰ خندق منتخب در این منطقه برابر با ۴۸۰۷/۱۱ متر مربع است؛ به عبارتی این خندق‌ها در هر سال به طور متوسط به ۸۹ متر مربع از اراضی آسیب وارد نموده‌اند. هزینه‌ی اراضی تخریب یافته ناشی از فرسایش خندقی در این منطقه (با احتساب نرخ عرف منطقه (در سال ۱۳۹۶) به ارزش ۵۰۰۰۰ ریال برای هر متر مربع)، برابر ۲۴۰۳۵۵۵۰۰ ریال می‌باشد که این مقدار نیز در برآورد خسارت‌های وارده به مقادیر ریالی فوق، اضافه می‌گردد.

این نتایج حاکی از اثر مخرب این نوع فرسایش در هدر رفت خاک، و تأیید کننده‌ی نظرات پوزن و همکاران [۲۶]؛ سورای و مارکوویچ [۳۵]؛ سیمون و همکاران [۳۰]؛ بیلای و بیکت [۴]؛ آیلی و همکاران [۳]؛ کیدان و آلمو [۱۸]؛ لی و همکاران [۲۰]؛ شهریور و همکاران [۲۹]؛ و ایگوه و همکاران [۱۶] می‌باشد. نتایج این پژوهش، ضرورت درک هزینه‌های اقتصادی فرسایش خاک را به مدیران و سیاست‌گذاران عرصه‌های طبیعی کشور، به‌منظور ارائه‌ی مناسب روش‌های حفاظت خاک و تعیین اولویت‌های کنترلی این نوع فرسایش، نشان داد. به این منظور پیشنهادهای زیر به‌منظور تعدیل شرایط فعلی، ارائه می‌شود:

– توجه بیشتر به کنترل فرسایش در پیشانی خندق‌ها به‌منظور کاهش گسترش آن‌ها

– استقرار و احیای پوشش‌گیاهی، کاهش سطوح لخت و فاقد پوشش و افزایش ضریب زبری در پیشانی، بدنه و کف خندق‌ها با استفاده از گیاهان بومی و سازگار با شرایط طبیعی و اقلیمی مناطق و افزایش ماده‌ی آلی خاک

– تخلیه سریع و مطمئن جریان به وسیله‌ی زهکشی با استقرار پوشش گیاهی با ریشه‌های عمیق

– اصلاح خاک‌های شور و سدیمی به کمک اصلاح‌کننده‌ها

– انحراف رواناب‌های ایجاد شده در بدنه و بالای پیشانی خندق‌ها به‌منظور جلوگیری از ایجاد خندق‌های جدید با احداث بندهای خاکی به ارتفاع یک متر در انتهای خندق‌ها

– انجام پژوهش‌های دقیق، بر ساختار خاک، پوشش گیاهی، رژیم و شدت بارش، ارتفاع رواناب، تنش برشی، سرعت جریان، ویژگی‌های مورفومتریک، نوع شیب و پوشش، مکانیسم ایجاد و گسترش، و راه‌های کنترل خندق‌ها در مناطق (اقلیم‌های) مختلف کشور

منابع

1. Agheli Kohne Shahri, L. and Sadeghi, H. 2005. Estimation of Economic Effects of Soil Erosion in Iran. Journal of Economic Research. 15: 87-100. (In Persian)

2. Arabghashghaei, Z. Nikkami, D. Shadfar, S. and Moeini, A. 2011. Gully erosion zonation in Tarod Firoozkooh watershed. Town and Country Planning. 31(8): 107-119. (In Persian)

3. Ayele, GK. Gessess, AA. Addisie, MB. Tilahun, SA. Tenessa, DB. Langendoen, EJ. Steenhuis, TS. and Nicholson, ChF. 2015. The economic cost of upland and gully erosion on subsistence agriculture for a watershed in the Ethiopian highlands. African Journal of Agricultural and Resource Economics. 10(4): 265-278.

4. Belay, M. and Bewket, W. 2012. Assessment of gully erosion and practices for its control in north-western highlands of Ethiopia. International Journal of Environmental Studies. 69(5): 714-728.

5. Bewket, W. and Teferi, E. 2009. Assessment of soil erosion hazard and prioritization for treatment at the watershed level: Case study in the Chemoga watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia. Land Degradation & Development. 20(6): 609-622.

6. Boukheir, R. Chorowicz, J. Abdallah, C. and Dhont, D. 2008. Soil and bedrock distribution estimated from gully form and frequency: A GIS–based decision–tree model for Lebanon. Geomorphology. 93: 482-492.

7. Casali, J. Loizu, J. Campo, MA. De Santisteban, LM. and Alvarez-Mozos, J. 2006. Accuracy of methods for field assessment of rill and ephemeral gully erosion. Catena. 67: 128-138.

8. Castillo, C. and Gómez, JA. 2016. A century of gully erosion research: Urgency, complexity and study approaches. Earth-Science Reviews. 160: 300-319.

9. Castillo, C. James, MR. Redel-Macías, MD. Pérez, R. and Gómez, JA. 2015. SF3M software: 3-D photo-reconstruction for non-expert users and its application to a gully network. SOIL. 1: 583-594.

10. Darvish, M. 2016. Estimating the cost of soil erosion in Iran. Tejaratefarda Magazine. No 195. 10th Oct 2016. http://www.tejaratefarda.com.(In Persian)

11. Darvish, M. 2018. We lose between 2 and 5 billion tons of soil annually. Hamshahri Newspaper, 2nd Jan 2018. 7286: 7-7. http://newspaper.hamshahri.org. (In Persian)

12. Ghezeli, HR. Fatahi, MM. Soufi, M. and Dmityadi, A. 2007. Morphoclimatic classification of gullies in Qom province. Final report of the research project, Institute of Soil Conservation and Watershed Management, Tehran, Iran, 80 p. (In Persian)

13. Gómez Gutiérrez, Á. and Schnabel, S. 2008. Gully erosion and land use during the last 60 years in a small rangeland catchment in southwest Spain. Geophysical Research Abstracts. Vol. 10, EGU2008-A-06962.

14. Hein, L. 2007. Assessing the costs of land degradation: a case study for the Puentescatchment, southeast Spain. Land Degradation & Development. 18(6): 631-642.

15. Hosseini, SS. and Ghorbani, M. 2011. Economics of soil Erosion, Second Edition, Ferdowsi University of Mashhad Press. 128 p.(In Persian)

16. Igwe, PU. Chinedu, OC. Nlem EU. Nwezi, CC. and Ezekwu, JC. 2018. A Review of Landscape Design as a Means of Controlling Gully Erosion. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. 3(1): 103-111.

17. Kheradmand, HR. and Soleimanpour, SM. 2016.

Longitudinal progress prediction of gully erosion with FAO model (Case study: a part of Abdan watershed, Bushehr province, South of Iran). International Journal of Biology Pharmacy and Allied Sciences. 5(2): 151-155.

18. Kidane, D. and Alemu, B. 2015. The effect of upstream land use practices on soil erosion and sedimentation in the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. Research Journal of Agriculture and Environmental Management. 4(2): 55-68.

19. Kuhlman, T. Reinhard, S. and Gaaff, A. 2010. Estimating the costs and benefits of soil conservation in Europe. Land Use Policy. 27(1): 22-32.

20. Li, Zh. Zhang, Y. Zhu, Q. Yang, S. Li, H. and Ma, H. 2017. A gully erosion assessment model for the Chinese Loess Plateau based on changes in gully length and area. Catena. 148(2): 195-203.

21. Mkanda, FX. Warsanga, WB. and Kishaga, RAL. 2015. On-Site Cost of Gully Erosion and Benefit-Cost of Rehabilitation vs. Establishment of Conservation Measures in the Kilimanjaro Region, Tanzania. Journal of Environment and Earth Science. 5(7): 57-64.

22. Motiei Langroodi, SH. 2011. The Economic Geography of Iran (Agriculture, Industry, Services). First Edition, Jahad Daneshghahi Mashhad Press, Mashhad, 384 p. (In Persian)

23. Nachtergaele, J. Poesen, J. Oostwoud Wijdenes, D. and Vandekeckhove, L. 2002. Medium-term evolution of a gully devoloped a loess-derived soil. Geomorphology. 46: 223-239.

24. Nyssen, J. Poesen, J. Moeyersons, J. Haile, M. and Deckers, J. 2008. Dynamics of soil erosion rates and controlling factors in the northern Ethiopian highlands-towards a sediment budget. Earth Surface Processes and Landforms. 33: 695-711.

25. Pimentel, D. Harvey, C. Resosudarmo, P. Sinclair, K. Kurz, D. McNair, M. Crist, S. Shpritz, L. Fitton, L. Saffouri, R. and Blair, R. 1995. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. Science. 267(5201): 1117-1123.

26. Poesen, J. Nachtergaele, J. Verstraeten, G. and Valentin, C. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. Catena. 50: 91-133.

27. Poesen, J. Vandaele, K. and Wesemael, B. 1998. Gully Erosion: Importance and Model Implications. Modelling soil Erosion by Water. 155: 285-311.

28. Refahi, HGh. 2015. Water Erosion and Conservation, 7th Edition, University of Tehran Press, Tehran, 674 p. (In Persian)

29. Shahrivar, A. Shadfar, S. and Adeli, B. 2017. Assessment of Gully Erosion zoning methods (case study: Abgandi watershed). Iranian Journal of Ecohydrology. 4(1): 119-132. (In Persian)

30. Simon, A. Pollen□Bankhead, N. and Thomas, RE. 2011. Development and application of a deterministic bank stability and toe erosion model for stream restoration. Stream Restoration in Dynamic Fluvial Systems: Scientific Approaches. Analyses and Tools. 194: 453-474.

31. Soleimanpour, SM. 2012. Investigation and Comparison of Thresholds Controlling Gully Erosion in Different Climates of Fars Province. Ph.D. Dissertation. Science and Watershed Engineering. Islamic Azad University. Science and Research Branch. Tehran, Iran, 594 pages. (In Persian)

32. Soleimanpour, SM. Soufi, M. Ahmadi, H. and Salajegheh, A. 2012. Survey of Topographic Threshold Relations in Gully Erosion Creation (Case study: Fars province, South West of Iran). Archives Des Science Journal. 65(10): 105-116.

33. Soleimanpour, SM. Soufi, M. Zolfaghari, M. and Ahmadi, H. 2014. Investigation of Topographic Threshold Relations of Gully Creation in Various Land use in Fars province, Iran. Indian Journal of Scientific Research. 3(1): 362-371.

34. Soufi, M. 2004. Investigation of morphoclimatic characteristics of gully in Fars province. Final report of the research project, Institute of Soil Conservation and Watershed Management, Tehran, Iran, 130 p. (In Persian)

35. Svoray, T. and Markovitch, H. 2009. Catchment scale analysis of the effect of topography, tillage direction and unpaved roads on ephemeral gully incision. Earth Surface Processes and Landforms. 34: 1970-1984.

36. Taddesse, G. 2001. Land degradation: A challenge to Ethiopia. Environmental Management. 27(6): 815-824.

37. Tebebu, T. Abiy, A. Dahlke, H. Easton, Z. Tilahun, S. Collick, A. Kidnau, S. Moges, S. and Dadgari, F. 2010. Surface and subsurface flow effect on permanent gully formation and upland erosion near Lake Tana in the northern highlands of Ethiopia. Hydrology and Earth System Sciences. 14(11): 2207-2217.

38. Telles, TS. Guimarães, MF. and Dechen, SCF. 2011. The costs of soil erosion. RevistaBrasileira de Ciência do Solo. 35(3): 287-298.

39. U.S.A. Department of Agriculture Soil Conservation Service Engineering Division. 2001. Evaluation of plants for gully stabilization in the Florida panhandle. Final report, 7 p.

40. Wang, Ch. Zhang, Y. Xu, Y. and Yang, Q. 2015. Is the "Ecological and Economic Approach for the Restoration of Collapsed Gullies" in Southern China Really Economic. Sustainability. 7: 10308-10323.

41. Yitbarek, TW. Belliethathan, S. and Stringer, LC. 2012. The onsite cost of gully erosion and cost- benefit of gully rehabilitation: a case study in Ethiopia. Land Degradation & Development. 23: 157-166.

42. Zhang, X. Fan, J. Liu, Q. and Xiong, D. 2018. The contribution of gully erosion to total sediment production in a small watershed in Southwest China. Physical Geography. 39(3): 246-263.

نشریه علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 13, No. 46, Fall 2019
سال سیزدهم- شماره ۴۶- پاییز ۱۳۹۸

Determination of Soil Volume Loss Due to Gully Erosion and Estimation of its Economic Cost (Case Study: Ghazeian Watershed, Fars Province)

S.M. Soleimanpour[1], M. Soufi[2], M.J. Rousta[3] and S. Shadfar[4]

Received: 18-09-2018 Accepted: 05-02-2019

Abstract

Gully erosion is known as one of the most important and destructive forms of land degradation, and the loss of soil throughout the world. As estimation of soil volume loss and understanding the economic costs of soil erosion are of great importance; this study has been carried out to calculate the amount of soil volume loss due to gully erosion and estimate its economic cost in Ghazeian watershed located in north of Fars province. To do so, the volume of gullies was calculated and thereafter, the mass of soil loss was determined using soil bulk density. Then, total amount of soil loss mass was determined by summation of the mass of soil loss from gullies. The results showed that an average of 201.10 m3 (263.43 ton) soil eroded and loss each year due to gullies erosion in this region, and it damaged the soil resources by an average of 7376.25 dollars (295050000 Rials) per annum. These results indicate the destructive effect of gully erosion on soil loss, and therefore, more attention is required to control this type of erosion by establishing native and consistent vegetation, increasing the roughness coefficient, diverting runoff path, and performing precise research in different regions of the country.

Keywords: Economic cost, Soil loss, Gully erosion, Ghazeian.

1. Corresponding Author and Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Email: m.soleimanpour@yahoo.com
2. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.
3. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.
4. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran.