



دانشگاه گواران، منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و چهارم، شماره پنجم، ۱۳۹۶

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

ارزیابی کارایی مدل EGEM برای برآورد فرسایش خندقی در حوزه آبخیز یکی آغزلی استان گلستان

حمید زارعی^۱، * علی نجفی‌نژاد^۲، محسن حسینعلی‌زاده^۳ و کامبیز علیپور^۴

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲استادیار گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳کارشناس ارشد آبخیزداری - اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان، گرگان تاریخ دریافت: ۹۶۳/۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۹

چکیده

سابقه و هدف: یکی از اشکال مهم فرسایش خندقی که معمولاً در اراضی زراعی تشکیل شده و توسعه پیدا می‌کند، فرسایش خندقی موقتی است. پژوهش‌ها نشان داده است که خندق‌های موقتی سالانه ۲ تا ۹۰ مترمکعب در هکتار در سال خاک را از دسترس خارج می‌کنند. با توجه به رسوب‌زایی بالای نهشته‌های لسی و سطح بالای زیرکشت اراضی استان گلستان، شناخت و بررسی عوامل موثر در فرسایش خندقی موقتی و روند گسترش آن بیش از پیش ضروری است. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی کارایی مدل فرسایش خندق موقتی (EGEM) برای برآورد فرسایش خندقی موقتی در آبخیز یکی آغزلی بوده است.

مواد و روش‌ها: آبخیز یکی آغزلی با مساحتی معادل ۷۰۳ هکتار در شرق استان گلستان و شمال کشور در محدوده حوزه آبخیز بزرگ گرگانرود استقرار یافته است. میزان بارندگی سالیانه در منطقه به‌طور متوسط ۴۲۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه معادل ۱۵/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ابتدا از طریق بازدیدهای میدانی در طی سه مرحله به فاصله سه ماه، ۱۲ خندق موقتی شناسایی و با ثبت موقعیت آن‌ها از طریق GPS، اقدام به ثبت مورفومتری و نمونه‌برداری خاک در قسمت سر هر خندق شد. علاوه بر خصوصیات مورفومتریکی و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، مرز آبخیز مشرف به هر خندق موقتی نیز تعیین شد. ارزیابی کارایی مدل EGEM با استفاده از آزمون خنجر در محیط نرم‌افزار R، با مقایسه متغیرهای مشاهداتی متوسط سالانه فرسایش و عرض خندق‌های موقتی با خروجی متناظر مدل، انجام شد.

یافته‌ها: متوسط تلفات خاک ناشی از فرسایش خندقی موقتی ۱۵۶/۷ تن در سال برای کل خندق‌های موقتی به‌دست آمد. عمق این خندق‌ها بین ۱۰ تا ۴۵ سانتی‌متر و عرضی بین ۱۵ تا ۶۰ سانتی‌متر در اندازه‌گیری نهایی ثبت شد. متوسط تلفات خاک برای ۱۲ خندق موقتی به‌ازای هر خندق ۳/۷۶ تن در هکتار تعیین شد. نتایج نشان داد که بین متوسط سالانه فرسایش خندقی اندازه‌گیری‌شده و برآوردشده با مدل، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد برقرار

* مسئول مکاتبه: najafinejad@gau.ac.ir

است، در حالی که بین متوسط سالانه عرض خندق‌های موقتی با خروجی متناظر مدل، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مدل EGEM توانایی برآورد نرخ فرسایش خندقی موقتی در آبخیز ایکی‌آغزلی را در سطح قابل قبول ندارد، در حالی که برای عرض خندق‌های موقتی کارایی قابل قبولی را دارا است.

نتیجه‌گیری: در مجموع با عنایت به نتایج این پژوهش، می‌توان مطرح نمود که در طول انجام این پژوهش، خندق‌های موقتی با بارش‌های پاییزه و هم‌زمان با عملیات خاک‌ورزی (۴ خندق موقتی) و در اواخر زمستان (۸ خندق موقتی) تشکیل شد. می‌توان دلایلی چون شدت بارندگی، شرایط رطوبت قبلی خاک، خاک‌ورزی در امتداد شیب دامنه در منطقه مورد مطالعه را در این مهم دخیل دانست. با توجه به این نتایج توصیه می‌شود برای بررسی دقیق‌تر فرسایش خندقی موقتی در آبخیز ایکی‌آغزلی، EGEM برای هر بارش منفرد، مورد ارزیابی قرار گرفته و با نتایج متوسط سالانه تلفات خاک مورد مقایسه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: نهشته لسی، مدل فرسایش خندق موقتی، خصوصیات مورفومتریک، آزمون خی

مقدمه

یکی از عواملی است که وجود آب و خاک را به مخاطره انداخته، فرسایش خاک است. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش‌های سازمان ملل متحد، جمعیت جهان از ۶ میلیارد نفر در سال ۱۹۹۸ میلادی با رشد ۱/۸ درصد در هر سال رو به افزایش است و انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۵ به ۸ میلیارد نفر و در سال ۲۰۵۰ میلادی به ۹/۴ میلیارد نفر برسد (۱۰). این افزایش جمعیت، پدیده‌هایی هم‌چون افزایش نیاز به غذا، آب، علوفه و غیره را به دنبال دارد، که تمامی اینها سبب افزایش فشار بهره‌برداری بر زمین، بهره‌برداری‌های غیراصولی و در نهایت افزایش میزان فرسایش را به همراه خواهد داشت. از طرفی اندازه‌گیری فرسایش مشکل بوده، ولی مدل‌ها می‌توانند ابزار مناسبی برای برآورد و ارزیابی فرسایش محسوب شوند. یکی از اشکال فرسایشی که کم‌تر مورد توجه قرار گرفته، فرسایش خندقی موقتی است که تعاریف متفاوتی از آن در سال‌های اخیر ارائه شده است. اصطلاح فرسایش خندق موقتی^۱ اولین بار در سال ۱۹۸۰ برای پر کردن شکاف بین فرسایش شیاری و

فرسایش خندق دائمی (کلاسیک) مطرح شد (۵). بر اساس تعریف جامعه علوم خاک امریکا (۲۰۰۱) خندق‌های موقتی، کانال‌های کوچک فرسایش‌یافته توسط جریان‌های متمرکز هستند که به سادگی با کشت و زرع رایج پر می‌شوند و فقط در همان مکان با وقایع رواناب سطحی دوباره شکل می‌گیرند (۵، ۶ و ۱۵). خندق‌ها به دلیل رشد سریع، از اشکال عادی فرسایش محسوب نمی‌شوند (۱۱) و معمولاً در مناطق خشک‌تر به وجود می‌آیند. فرسایش خندق موقتی معمولاً در اراضی کشت شده در طی آماده‌سازی محل کاشت و در دوره‌های نهال کاری و رشد، وقتی که خاک کم‌تر توسط گیاهان حفاظت شده تشکیل می‌شود (۴). فرسایش خندق موقتی یک مشکل جدی در بسیاری از زمین‌های کشت شده است، محصولات زراعی در مناطقی که خندق‌های موقتی توسعه می‌یابند شسته شده و توسط رسوبات در پایین دست پوشیده می‌شوند (۲۱). به علاوه خندق‌های موقتی ارتباط مؤثر بین انتقال رواناب و رسوبات از بالادست به انتهای دره و خروجی حوزه آبخیز را فراهم می‌سازند و می‌توانند به سرعت به خندق‌های پایدار و دائمی توسعه یابند (۲۰). این فرآیند در بلندمدت،

1- Ephemeral Gully Erosion Model

پذیرفته است. در گذشته، چندین مدل برآورد فرسایش آبی مانند معادله تلفات جهانی خاک^۱ (USLE) به طور گسترده‌ای برای برآورد فرسایش خاک و انتخاب روش‌های حفاظت و مدیریت کنترل فرسایش مورد استفاده قرار گرفت، اما مدل USLE نمی‌تواند فرسایش خندق موقتی را برآورد کند (۴ و ۱۷). برخی از مدل‌ها می‌توانند فرسایش ناشی از خندق‌های موقتی را برآورد کنند. از میان این مدل‌ها می‌توان به EGEM^۲، WEPP^۳ و CREAMS^۳ اشاره نمود که مدل EGEM برای ارزیابی و برآورد فرسایش خندق‌های موقتی از سایر مدل‌ها کاراتر شناخته شده است (۱۳). EGEM اصلاح شده مدل EGEE^۴ است (۲ و ۲۰). تکوا و همکاران (۲۰۱۴) مدل EGEM را برای پیش‌بینی فرسایش خندق‌های موقتی در فصول کشاورزی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ در منطقه موبی در نیجریه به کار بردند. نتایج نشان داد که مدل EGEM پیش‌بینی قابل‌قبولی از مساحت منطقه هدررفت خاک نمی‌دهد اما حجم و توده خاک از دست‌رفته از فرسایش خندق‌های موقتی را به خوبی پیش‌بینی می‌کند (۱۷). کاپرا و همکاران (۲۰۰۵) مدل EGEM را برای ۹۲ خندق موقتی بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰ در سیسیل ایتالیا به کار بردند، نسخه استاندارد این مدل را در برآورد فرسایش خندق‌های موقتی معتبر ندانستند (۶). رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای به کاربرد مدل EGEM در برآورد میزان فرسایش ناشی از خندق‌های موقتی حوزه آبخیز سرندچای استان آذربایجان شرقی پرداختند، که پس از جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای اجرای این مدل از ۵۸ خندق موقتی (اکثراً از اراضی زراعی حوضه)، نتایج بیانگر وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین

بازدهی مزرعه را کاهش می‌دهد. مطالعات انجام‌شده روی زمین‌های کشاورزی در اروپا بر روی فرسایش خندق‌های موقتی در شرایط اقلیمی و کاربری اراضی مختلف، تلفات خاک را بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد گزارش کرده‌اند و اخیراً براساس مطالعات میدانی در اروپا ثابت شده که بر اثر ایجاد خندق‌های موقتی، سالانه ۲ تا ۹۰ مترمکعب در هکتار خاک از دسترس خارج شده و از بین می‌رود (۵، ۶ و ۷). علت تشکیل خندق‌های موقتی در زمین‌های کشاورزی اسپانیا در فصول با شدت بارندگی خیلی کم، شیارهایی هستند که در اثر عملیات شخم در زمین ایجاد شده‌اند (۱۸). ژانگ و همکاران (۲۰۰۷)، برای خندق‌های موقتی شکل‌یافته در خطوط زهکشی طبیعی، بین طول (L) و برخی پارامترهای حوزه آبخیز خندق‌ها (طول حوزه آبخیز، شیب و مساحت) رگرسیون چندگانه گام به گام برقرار کرده و دریافتند که طول حوزه آبخیز (Lw) تنها عامل مهم فرسایش خندق‌ها بوده است (۲۲).

کمپانی‌زارع و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه ۱۴۶ خندق موقتی از ۵ منطقه در استان فارس با کاربری اراضی و خصوصیات خاک و آبخیزداری متفاوت، ارتباط معنی‌دار حجم و متوسط سطح مقطع با عمق خندق‌ها در مقاطع مختلف را گزارش کردند (۱۰). نورمحمدی و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی روابط حجم- طول ۹۰ مقطع عرضی در بخشی از خندق‌های موقتی جنوب استان ایلام بیان داشتند رابطه حجم- طول، رابطه حجم- مساحت و شیب نمی‌تواند برای دست‌یابی به حجم خندق‌های موقتی مناسب باشد (۱۲). این پژوهشگران در مطالعات انجام شده مدل خاصی را به کار نبرده‌اند. منابع و اطلاعات موجود در خصوص فرسایش خندق موقتی کمیاب است و معمولاً به مناطق با مساحت کم محدود شده که در آن‌ها اندازه‌گیری‌ها در طی دوره زمانی کوتاه صورت

- 1- Universal Soil Loss Equation
- 2- Water Erosion Prediction Project
- 3- Chemical, runoff and erosion from agricultural management systems
- 4- Ephemeral gully erosion estimate

بودن نهشته‌های لسی، تغییر کاربری اراضی، چرای بیش از حد دام‌ها و عدم رعایت اصول صحیح کشاورزی، در معرض فرسایش و تخریب زیادی قرار دارد. این امر موجب تخریب زمین‌های کشاورزی و کاهش بازدهی آن‌ها می‌شود. فرسایش خندقی (دائمی و موقتی) در این منطقه میزان تلفات خاک را دوچندان کرده و نرخ فرسایش را افزایش داده است. بر این اساس هدف اصلی از این پژوهش ارزیابی کارایی EGEM برای برآورد فرسایش خندقی ناشی از خندق‌های موقتی در آبخیز ایکی‌آغزلی است.

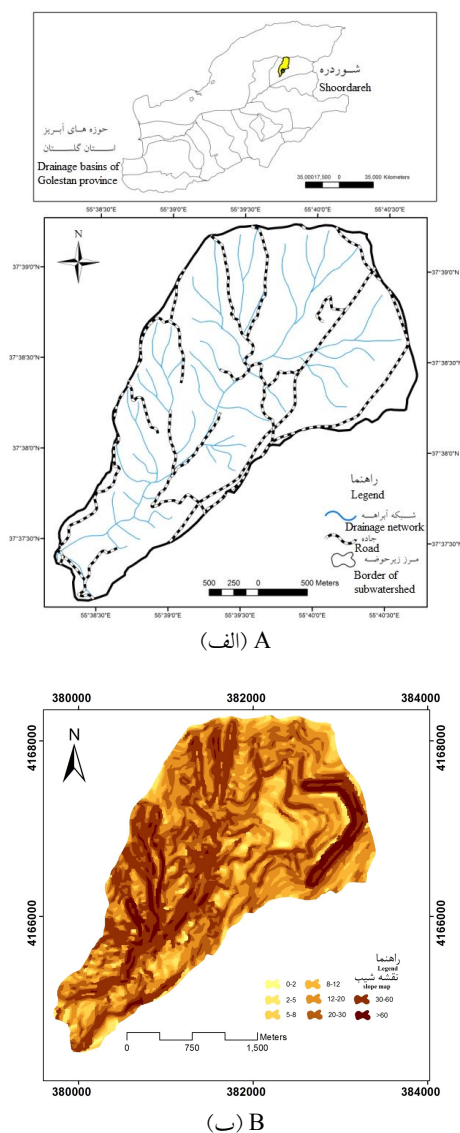
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز ایکی‌آغزلی با مساحتی معادل ۷۰۳ هکتار در شرق استان گلستان و شمال کشور و در فاصله ۶۰ کیلومتری کلاله و ۵۰ کیلومتری شهر مرزی مراوه‌تپه در محدوده حوزه آبخیز بزرگ گرگانرود (آبخیز شوردره) قرار دارد. طبق تقسیم‌بندی اقلیمی آمبرژه، منطقه با میانگین بارش سالانه ۴۲۴ میلی‌متر، اقلیم نیمه‌خشک معتدل تا سرد را به خود اختصاص می‌دهد. از نظر موقعیت جغرافیایی بین عرض‌های جغرافیایی $37^{\circ} 23'$ تا $37^{\circ} 37'$ و طول‌های جغرافیایی $55^{\circ} 12' 38''$ تا $55^{\circ} 41' 40''$ واقع است. ارتفاع این حوضه از ۲۲۹ متر (حداقل) تا حدود ۵۶۶ متر (حداکثر) از سطح دریا متغیر است و شیب متوسط وزنی آن معادل ۲۷/۶ درصد می‌باشد. موقعیت محدوده مورد مطالعه (الف) و نقشه شیب (ب) در شکل ۱ ارائه شده است.

طول، سطح مقطع و حجم خندق بود. ولی در مورد عرض (خندق) اندازه‌گیری شده و برآورد شده از مدل رابطه معنی‌دار ولی چندان قوی نبود. در نهایت بیان نمودند، مدل EGEM در منطقه مورد مطالعه کارایی قابل‌قبولی از خود نشان داد (۱۵). تاکنون ارزیابی مدل EGEM در ایتالیا (۶)، اسپانیا (۷)، ایران (۲ و ۱۲)، پرتغال و بلژیک (۱۱) و در برخی از نقاط آمریکا (۸ و ۲۲) و بخش‌هایی از اروپا (۱۳) و آفریقا (۱۷) گزارش شده است.

استان گلستان با مساحتی حدود ۲۲ هزار کیلومترمربع، دارای سازند گسترده لسی است که عمدتاً در حوضه‌های اترک و گرگانرود قرار گرفته و سطح لس‌های منطقه ۳۲۰ هزار هکتار برآورد شده است و اگر شبه‌لس‌ها هم به آن اضافه شود سطح وسیعی را دربرمی‌گیرد. نهشته‌های لسی جزء نهشته‌های مسأله‌ساز به‌شمار می‌روند؛ زیرا ۵۰ تا ۹۰ درصد از ذرات نهشته‌های لسی در اندازه سیلت هستند و به همین دلیل فرسایش‌پذیری بسیار بالایی دارند (۳).

والتاین و همکاران (۲۰۰۵) تأکید نمودند که فرسایش خندقی مدت‌ها مورد غفلت واقع شده است و مطالعات راجع به فرآیندهای خندق‌زایی و توسعه مدل‌ها کم صورت پذیرفته است، زیرا مطالعه و پیش‌بینی آن‌ها مشکل و پیچیده می‌باشد (۲۰). به‌عبارت دیگر، درک مکانیسم‌های فرسایش خطی و فاکتورهای کنترلی آن به‌منظور تعیین راه‌حل‌های ممکنه برای مشکلات زیست‌محیطی مرتبط با این نوع فرسایش ضروری است (۴). آبخیز ایکی‌آغزلی به‌علت وجود مجموعه‌ای از عوامل طبیعی و انسانی مانند دارا



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی (الف) نقشه شیب (ب) حوزه آبخیز ایکی آغزلی.

Figure 1. Geographical location (A), Slope map (B) of Iky-Aghzly watershed.

معمولاً کم‌تر ۱۰ سانتی‌متر عمق دارند. خندق موقتی بزرگ‌تر از یک شیار و کوچک‌تر از یک خندق دائمی است (۴). معمولاً خاک تا عمق لایه خاکورزی حذف می‌شود و تا حدی یا کاملاً با عملیات خاکورزی محو و پر می‌شوند (۹). خندق‌های موقتی عریض‌تر و طولانی‌تر از شیارها بوده و معمولاً عمقی کم‌تر از ۵۰ سانتی‌متر را دارا هستند. پوزن و همکاران (۲۰۰۳) بر دشواری تعریف یک برش واضح بین شیارها و خندق‌ها و همچنین بین خندق‌های موقتی و خندق‌های

فرسایش شیاری^۱ و فرسایش خندقی موقتی^۲: یکی از نقاط بحرانی در خصوص افزایش میزان توجه و رسیدگی در سال‌های اخیر، امکان تفکیک اشکال مختلف فرسایش خاک است. فرسایش شیاری با توسعه تعداد زیادی از کانال‌های کوچک ناشی از حذف خاک سطحی به دلیل تمرکز آب در جویبارها تشکیل می‌شوند و ممکن است هر اندازه‌ای باشند، اما

- 1- Rill Erosion
- 2- Ephemeral Gully Erosion

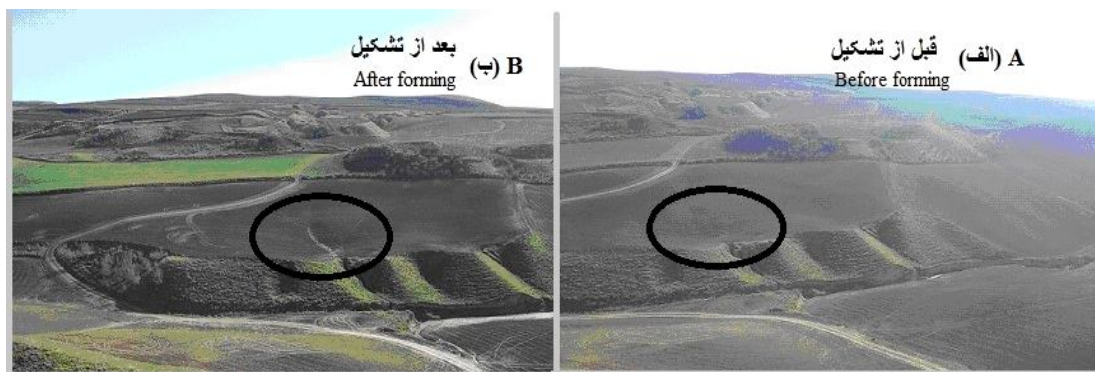
بالایی دارد، چرا که با یک رخداد بارشی تشکیل شده و با رخداد‌های بعدی توسعه پیدا می‌کند و در پایان با عملیات خاکورزی محو می‌شود. در نتیجه این چرخه تکراری به‌طور نامحسوس در طولانی‌مدت تلفات خاک و کاهش بهره‌وری اراضی آسیب‌دیده را به همراه خواهد داشت. این مهم لزوم توجه هرچه بیشتر به دلایل تشکیل و عوامل تشدیدکننده برای شناخت و تبیین راه‌حل‌های کاربردی در کنترل این فرسایش را می‌رساند.

کلاسیک و کانال‌های رودخانه‌ای ناپایدار تأکید نمودند (۱۳). در شکل ۲ این تفکیک در منطقه مورد مطالعه به تصویر کشیده شده و قابل مشاهده است.

در حین بازدیدهای انجام شده در منطقه، رخداد بارشی (در تاریخ ۹۴/۹/۱۳) منجر به تشکیل خندق موقتی شد. تصویر قبل از تشکیل (در تاریخ ۹۴/۹/۱۱) و بعد از تشکیل (در تاریخ ۹۴/۹/۱۵) خندق موقتی در شکل ۳ ارائه شده است. این خندق موقتی با طولی برابر با ۴۶ متر در سطح زهکش ۱۸۶۰ مترمربعی تشکیل شده که موقتی بودن این خندق‌ها اهمیت



شکل ۲- فرسایش خندقی موقتی و فرسایش شیاری در منطقه مورد مطالعه.
Figure 2. Ephemeral gully erosion and Rill erosion in the study area.



شکل ۳- عکس‌های قبل (الف) و بعد (ب) از تشکیل خندقی موقتی.

Figure 3. Photos of before (A) and after (B) the formation of ephemeral gully.

بین رفته ناشی از این نوع فرسایش به کار می‌رود. ورودی‌های مدل در جدول ۱ ارائه شده است (۱۹). مدل EGEM شامل دو مؤلفه اصلی و عمده شامل مؤلفه هیدرولوژی و مؤلفه فرسایش است. فرآیند فیزیکی مدل بدین صورت است که در آن از شماره منحنی رواناب سطحی در روش SCS، برخی ویژگی‌های حوزه آبخیز، طول جریان در حوزه آبخیز، شیب حوزه آبخیز، بارش‌های ۲۴ ساعته و تیپ بارش (I, IA, II, III) برای محاسبه دبی اوج و جریان سطحی استفاده می‌شود (۲، ۶، ۱۵ و ۲۱). دبی اوج و حجم رواناب سطحی را که از خروجی‌های مدل محسوب می‌شوند در قسمت مؤلفه هیدرولوژی مدل قابل تعیین هستند. با استفاده از مؤلفه فرسایش که ترکیبی از روابط تجربی و معادلات فیزیکی است و نیز با استفاده از خروجی‌های مؤلفه هیدرولوژی، عرض و عمق خندق‌های موقتی را تعیین می‌کند (۲، ۴ و ۱۵). واحدهای مورد استفاده در این مدل، غیرمتریک است و قبل از وارد کردن داده‌ها تبدیلات لازم باید صورت گیرد.

مدل EGEM: هر تحقیقی براساس موضوع و اهدافی که در پی دستیابی به آن‌ها است، نیاز به ابزار و روش‌های مخصوص به خود دارد. داده‌های ورودی برای مدل‌های پیچیده همیشه به آسانی در دسترس نیستند و گاهی مدل‌های ساده ممکن است برای این امر بسیار مناسب باشند. مدل فرسایش خندق موقتی در ایالات متحده آمریکا برای استفاده در NRCS^۱ توسعه داده شده که به‌عنوان قابل اطمینان‌ترین ابزار موجود به‌طور خاص برای برآورد فرسایش خندق موقتی توسعه پیدا کرده است (۹). EGEM یک مدل تجربی است که برای تخمین و برآورد فرسایش خندقی توسعه پیدا کرده و دارای تعدادی ورودی اختیاری و ۲۳ ورودی اصلی است. داده‌های لازم برای این مدل در چهار گروه اصلی داده‌های شناسایی، داده‌های حوزه آبخیز، داده‌های خاک و داده‌های بارش طبقه‌بندی می‌شود (۲ و ۱۵). داده‌های شناسایی برای اهداف ثبت و سندسازی به‌صورت اختیاری وارد می‌شود. داده‌های مربوط به حوزه آبخیز و داده‌های بارش برای محاسبه مقادیر دبی اوج و جریان سطحی به کار می‌رود. داده‌های مربوط به خاک برای محاسبه و تخمین پارامترهای خندق‌های سطحی و میزان خاک از

1- Natural Resources Conservation Service

جدول ۱- ورودی مدل EGEM.

Table 1. Input of EGEM model.

نسخه ۲ Version 2.0	مدل فرسایش خندق موقتی Ephemeral Gully Erosion Model	تاریخ Date
کاربر By	اطلاعات شناسایی و حوزه آبخیز Identification and Watershed Data	عنوان title
شهرستان Client	استان County	شماره دوره
متوسط سالانه یا برای هر بارش منفرد 1- Average annual or Single storm	دوره 2- Period	3- Period number
مساحت آبخیز خندق 4- Drainage area (m ²)	عامل فرسایش‌پذیری کانال 5- Channel erodibility factor (s ⁻¹)	ضریب زبری مانینگ 6- Manning n
طول جریان آبخیز خندق 7- Watershed length (m)	تنش برشی 8- Critical shear stress (N m ⁻²)	عرض حفر شده 9- Width depleted (m)
طول تمرکز جریان 10- Concentrated flow length (m)	عمق حداکثر 11- Maximum depth (m)	تیپ توزیع بارش 12- Rain distribution type
شیب آبخیز خندق 13- Watershed slope (%)	وزن مخصوص ظاهری 14- Bulk density (kg m ⁻³)	بارش ۲۴ ساعته 15- 24-hour rainfall (mm)
شیب طول تمرکز جریان 16- Concentrated flow slope (%)	قطر خاکدانه 17- Particle diameter (mm)	بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲۵ ساله 18- 25 yr 24-h rainfall (mm)
شماره منحنی رواناب 19- Curve number	وزن مخصوص واقعی 20- Particle specific gravity (kg m ⁻³)	شاخص EI 21- Erosivity index (%)
بافت خاک 22- Soil class	***	شیوه کشت 23- Tillage practice

شاخه خندق به کمک GPS، نرم‌افزارهای GIS و گوگل ارث^۱ مرزبندی شدند. برای هر سه مرحله، پایش و اندازه‌گیری در کل حوضه صورت پذیرفت تا حد نهایی مورفومتری خندق‌ها قبل از برداشت محصولات اراضی زراعی تعیین شده باشد.

در شکل ۴ موقعیت و آبخیز بالادست خندق‌های موقتی همچنین نقشه پراکنش آن‌ها در محدوده مورد مطالعه ارائه شده است. عوامل مربوط به متغیرها از طریق محاسباتی و یا به صورت لایه‌های اطلاعاتی در محیط نرم‌افزار Arc GIS تهیه شدند.

پس از شناسایی خندق‌ها، پارامترهای مورفومتری شامل سطح مقطع عرضی، طول، عرض و عمق در صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد طول خندق و عرض و عمق حداکثر خندق اندازه‌گیری و ثبت شد. برای نمونه عکس‌های مربوط به مراحل ابتدایی و انتهایی اندازه‌گیری میدانی خندق موقتی در شکل ۵ آمده است.

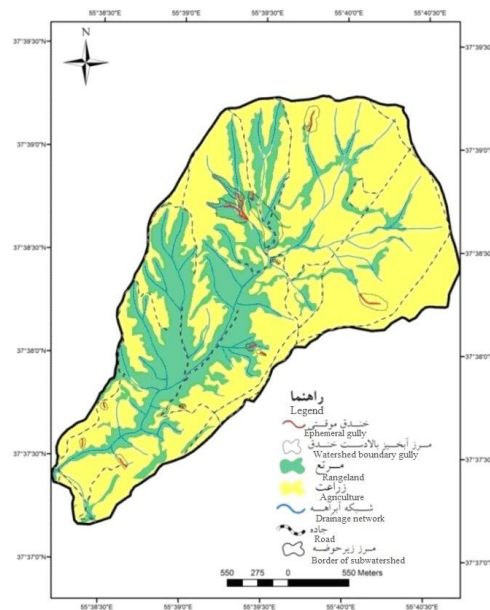
خروجی EGEM: خروجی‌های مدل به‌طور جداگانه برای متوسط سالانه فرسایش خندقی و همچنین برای بارش‌های ۲۴ ساعته با دوره بازگشت‌های ۲ ساله و ۲۵ ساله محاسبه می‌شود. خروجی‌های مدل شامل: مقدار رواناب سطحی (in)، دبی اوج (ft³/s)، عمق خندق (in)، عرض خندق (in)، مقدار خاک فرسایش‌یافته ناشی از خندق موقتی (ton)، مساحت حفر شده سطح خندق (Ac) و مساحت تحت‌تأثیر کنار خندق (Ac) است.

بازدیدهای میدانی برای شناسایی خندق‌های موقتی: در EGEM پیشنهاد می‌شود که سال مورد نظر با توجه به نوع پوشش گیاهی، وضعیت خاک و شرایط کشت منطقه به دو یا سه دوره تقسیم شود. در این پژوهش، سال به دو دوره تقسیم شده و در محدوده مورد مطالعه ۵ مرحله بازدید میدانی صورت پذیرفت (۲ بازدید اولیه برای بررسی عمومی وضعیت منطقه و ۳ دوره اندازه‌گیری میدانی). از طریق پیمایش میدانی، خندق‌های موقتی شناسایی و مکان‌یابی شده و در ادامه موقعیت آن‌ها و حوزه‌های آبخیز مشرف به هر

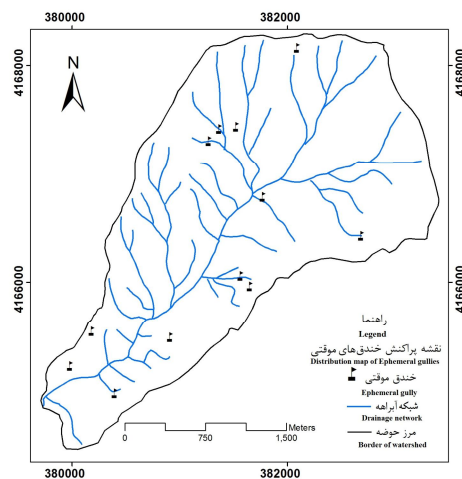
1- Google Earth

متوسط سالانه فرسایش خندقی موقتی و متوسط سالانه عرض خندق‌های موقتی با خروجی متناظر مدل در محیط نرم‌افزار R مورد مقایسه قرار گرفت. نرم‌افزار R، یک زبان برنامه‌نویسی ریاضی شیء‌گرا می‌باشد که بسیار شبیه S-plus (بسته نرم‌افزاری مشهور و پرکاربرد آماری) است و شامل تعداد زیادی تابع برای محاسبات، تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی آماری است (۱۴).

بررسی ارزیابی کارایی EGM: در مطالعات مختلف، شاخص‌های متفاوتی برای کمی کردن رابطه بین پیامدها و عوامل خطر (مواجهه) استفاده می‌شوند، به هر حال به‌منظور بررسی معنی‌داری رابطه بین این متغیرها نیاز به انجام استنباط است که اغلب در چنین موقعیت‌هایی آزمون خی پیشنهاد می‌شود (۱). پس از اجرای مدل، برای ارزیابی کارایی مدل از آزمون خی^۱ استفاده شد (۱۶). بدین‌منظور، متغیرهای مشاهداتی مقادیر وزنی



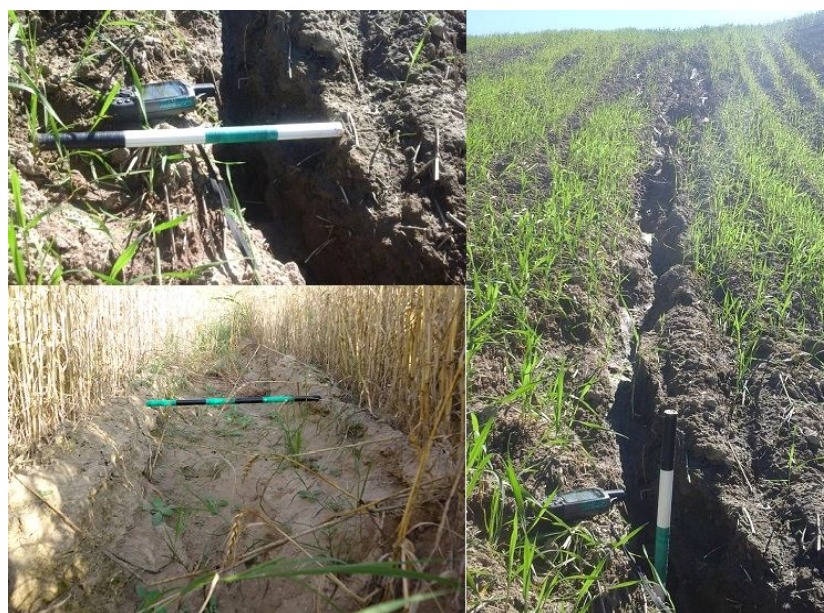
A (الف)



B (ب)

شکل ۴- موقعیت و آبخیز بالادست (الف) و نقشه پراکنش (ب) خندق‌های موقتی در منطقه مورد مطالعه.

Figure 4. Location and upstream watershed (A) and distribution map (B) of ephemeral gullies in the study area.



شکل ۵- عکس‌های مراحل ابتدایی و انتهایی اندازه‌گیری خندق‌های موقتی.

Figure 5. Photos of the initial and final steps of measuring the ephemeral gullies.

نتایج و بحث

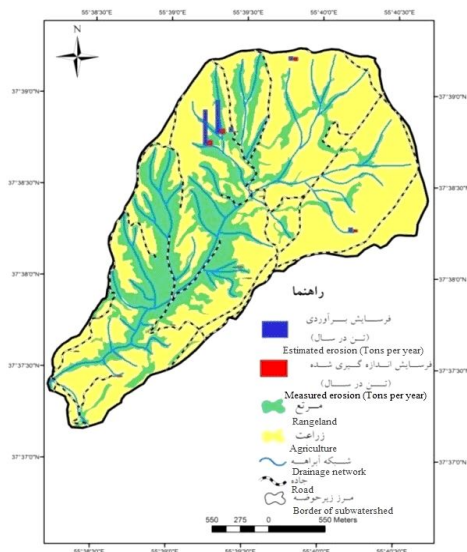
بررسی‌های میدانی خندق‌های موقتی: در طول انجام این پژوهش مشاهده شد، خندق‌های موقتی با بارش‌های پاییزه و هم‌زمان با عملیات خاکورزی (۴ خندق موقتی) و در اواخر زمستان (۸ خندق موقتی) تشکیل شدند. برخی از خصوصیات مورفومتری محاسبه شده برای خندق‌های موقتی مورد مطالعه شامل: طول، میانگین عمق، میانگین عرض، حداکثر عمق، حداکثر عرض،

سطح مقطع و نسبت عرض به عمق خندق در جدول ۲ ارائه شده است. مقادیر مساحت آبخیز بالادست خندق‌های موقتی بین ۱۸۶۰ تا ۴۱۱۱۷ مترمربع متغیر بوده است. این عامل در میزان رواناب ورودی به آبراهه خندق تأثیر گذاشته و با افزایش آن حجم رواناب بیش‌تر می‌شود. در شکل ۶ نقشه متوسط فرسایش ناشی از خندق‌های موقتی (برآوردی و اندازه‌گیری‌شده) ارائه شده است.

جدول ۲- خصوصیات مورفومتری محاسبه شده خندق‌های موقتی.

Table 2. Morphometric characteristics calculated of ephemeral gullies.

شماره خندق	مساحت آبخیز	طول خندق	میانگین عمق	میانگین عرض	حداکثر عمق	حداکثر عرض	سطح مقطع
Number of gully	Drainage area (m ²)	Gully length (m)	Average depth (m)	Average width (m)	Maximum depth (m)	Maximum width (m)	Cross section (m ²)
1	32191	331.2	0.25	0.38	0.45	0.60	0.097
2	41117	289.2	0.24	0.38	0.42	0.55	0.09
3	1860	46.3	0.22	0.26	0.38	0.48	0.054
4	7520	75.1	0.27	0.22	0.35	0.52	0.061
5	5330	78.8	0.27	0.27	0.33	0.40	0.072
6	2542	65.5	0.31	0.25	0.45	0.35	0.076
7	4036	84.7	0.29	0.31	0.40	0.42	0.091
8	7246	114.2	0.23	0.32	0.30	0.44	0.075
9	2003	47.8	0.28	0.23	0.42	0.34	0.067
10	3421	54.4	0.26	0.27	0.43	0.38	0.072
11	24116	206.9	0.22	0.31	0.40	0.39	0.067
12	27196	225.8	0.28	0.27	0.44	0.40	0.077



شکل ۶- متوسط فرسایش ناشی از خندقی‌های موقتی (برآوردی و اندازه‌گیری‌شده).

Figure 6. Annual average of erosion caused by ephemeral gully (estimated and measured).

و استفاده از راهنمای مدل، پارامترهای ورودی برای هر خندق موقتی اجرا و نتایج خروجی تهیه شد. خروجی‌های مدل برای میانگین سالانه در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی و خروجی نهایی پس از اجرای مدل، متوسط سالانه فرسایش خندقی موقتی برای دو متغیر برآوردشده و اندازه‌گیری‌شده به‌دست آمد (جدول ۴).

متوسط تلفات خاک ناشی از فرسایش خندق موقتی ۱۵۶/۷ تن در سال و به‌ازای هر خندق ۳/۷۶ تن در هکتار تعیین شد، که نشان از میزان تلفات بالای این نوع از فرسایش در محدوده مورد مطالعه دارد. این حجم از تلفات خاک در این وسعت کم تهدیدی جدی برای اراضی کشاورزی منطقه است و سال به سال بهره‌وری این اراضی را کاهش خواهد داد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری‌شده در منطقه

جدول ۳- نتایج خروجی مدل برای میانگین سالانه.

Table 3. Results output for the average annual.

مساحت تحت تأثیر کنار خندق Depleted area of gully (m ²)	مساحت حفر شده سطح خندق Voided area of gully (m ²)	فرسایش خندق موقتی Erosion of ephemeral gully (ton)	عرض خندق موقتی Width of ephemeral gully (m)	شماره خندق Number of gully
80.9	299.5	126.0	1.37	1
80.9	323.8	134.1	1.77	2
0.0	24.3	1.0	0.85	3
0.0	40.5	19.3	0.85	4
0.0	56.7	3.2	1.13	5
0.0	36.4	2.9	0.85	6
0.0	12.1	0.7	0.18	7
0.0	8.1	3.8	0.12	8
0.0	4.0	0.2	0.12	9
0.0	4.0	0.4	0.15	10
0.0	32.4	16.8	0.24	11
0.0	36.4	17.3	0.24	12

جدول ۴- نتایج برآوردی و اندازه‌گیری شده برای متوسط سالانه فرسایش خندقی موقتی و عرض خندق موقتی.

Table 4. The estimated and measured results for an annual average of ephemeral gully erosion and width ephemeral gully.

متوسط سالانه عرض (برآوردی - متر) Annual average of width (m) (estimated)	متوسط سالانه فرسایش (برآوردی - تن) Annual average of erosion (ton) (estimated)	متوسط سالانه عرض (اندازه‌گیری شده - متر) Annual average of width (m) (measured)	متوسط سالانه فرسایش (اندازه‌گیری شده - تن) Annual average of erosion (ton) (measured)	شماره خندق Number of gully
1.37	126.0	0.38	19.04	1
1.77	134.1	0.38	19.03	2
0.85	1.0	0.26	1.61	3
0.85	19.3	0.22	2.14	4
1.13	3.2	0.27	3.92	5
0.85	2.9	0.25	3.66	6
0.18	0.7	0.31	3.83	7
0.12	3.8	0.32	4.95	8
0.12	0.2	0.23	1.98	9
0.15	0.4	0.27	2.23	10
0.24	16.8	0.31	13.01	11
0.24	17.3	0.27	9.72	12

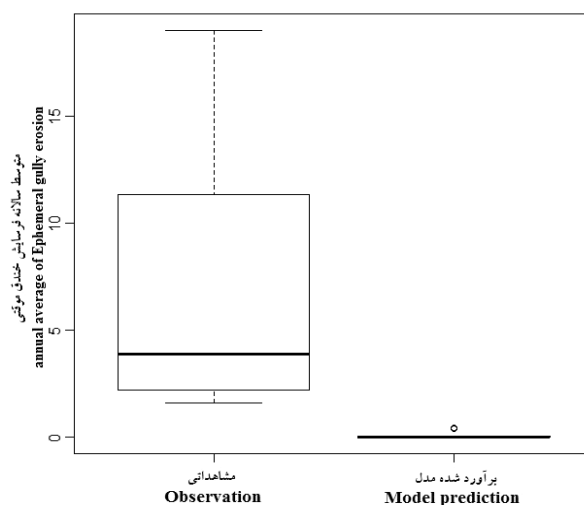
برای متوسط بارندگی سالانه لحاظ شده، کارآیی قابل‌قبولی نشان نداد، هر چند نمی‌توان این نتایج را با اطمینان قبول یا رد کرد. بنابراین باید مدل را در سال‌های بعد با تعداد خندق بیشتری و با کاهش عدم قطعیت مدل، اجرایی و نتایج را ارائه کرد. اما بین متوسط سالانه عرض خندق‌های موقتی با خروجی متناظر مدل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در نتیجه مدل برای این متغیر، کارآیی قابل‌قبولی از خود نشان داد. نتایج آزمون خی در جدول ۶ و نمودارهای جعبه‌ای مربوطه در شکل ۸ آمده است.

ارزیابی کارآیی مدل EGEM در برآورد فرسایش خندق موقتی: بدین‌منظور بین متغیرهای مشاهداتی متوسط سالانه فرسایش خندق موقتی و عرض خندق‌های موقتی با خروجی متناظر مدل، آزمون خی انجام شد. نتایج نشان داد بین متوسط سالانه فرسایش خندقی اندازه‌گیری شده و برآورد شده با مدل، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود دارد که نتایج آن در جدول ۵ و نمودارهای جعبه‌ای مربوطه نیز در شکل ۷ ارائه شده است. بنابراین EGEM برای برآورد فرسایش خندقی موقتی در آبخیز ایکی‌آغزلی

جدول ۵- نتایج آزمون خی برای متوسط سالانه فرسایش خندق موقتی.

Table 5. Chi-square test results to annual average of ephemeral gully erosion.

P-value	درجه آزادی F	مقدار شاخص خی Chi-square	متغیر Variable
<0.05	11	269.98	مشاهداتی Observation برآورد شده مدل Model prediction



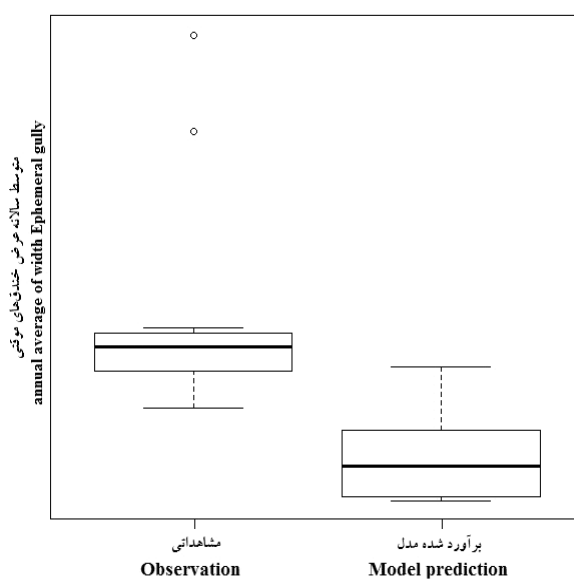
شکل ۷- مقایسه نمودارهای جعبه‌ای (۱- مشاهداتی و ۲- برآورد مدل).

Figure 7. Comparison Box plots (1- Observation and 2- Model prediction).

جدول ۶- نتایج آزمون خی برای متوسط سالانه عرض خندق‌های موقتی.

Table 6. Chi-square test results to annual average of width EG.

P-value	درجه آزادی F	مقدار شاخص خی Chi-square	متغیر Variable
>0.05	11	2.98	مشاهداتی Observation برآورد شده مدل Model prediction



شکل ۸- مقایسه نمودارهای جعبه‌ای (۱- مشاهداتی و ۲- برآورد مدل).

Figure 8. Comparison Box plots (1- Observation and 2- Model prediction).

نتیجه‌گیری کلی

خندق‌های موقتی آبخیز ایکی‌آغزلی در مناطق مسطح‌تر و کم‌شیب، حدفاصل دشت‌های بین تپه‌ها و یا در آبراهه‌های بین تپه‌ها که هرزآب زمان بیش‌تری برای نفوذ به داخل خاک را داشته، شروع به شکل‌گیری نموده‌اند. می‌توان دلایلی چون شدت بارندگی، شرایط رطوبت قبلی خاک، خاکورزی در امتداد شیب دامنه در منطقه مورد مطالعه را در این مهم دخیل دانست. همچنین عوامل انسانی از جمله شخم زدن در امتداد شیب هیدرولیکی، توسعه و گسترش مسیرهای ارتباطی، چرای بیش از حد دام نسبت به ظرفیت مراتع، آتش زدن پوشش گیاهی، در گسترش و شکل‌گیری خندق‌های موقتی این منطقه نقش مهمی ایفا می‌کند. فرسایش خندقی موقتی در محدوده مورد مطالعه اکثراً در اراضی زراعی (۱۱ خندق) تشکیل شدند. خاک لسی منطقه بسیار حساس به فرسایش بوده که بستر اصلی محسوب می‌شود. با توجه به ارزیابی انجام شده بین مقادیر متوسط سالانه فرسایش خندقی موقتی با خروجی متناظر مدل (اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد)، EGEM در آبخیز ایکی‌آغزلی قابلیت برآورد فرسایش خندقی را ندارد، اما در عین‌حال بین متوسط سالانه عرض خندق‌های موقتی با خروجی متناظر مدل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و مدل برای این متغیر کارایی قابل‌قبولی از خود نشان داد. کاپرا و همکاران (۲۰۰۵) در سیسیل ایتالیا و نچترگیلی و همکاران (۲۰۰۱) در نواحی کشت‌شده (اسپانیا، بلژیک، پرتغال) عدم کارایی EGEM در برآورد فرسایش خندقی موقتی را گزارش کردند، که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد (۶ و ۱۱). کاپرا و همکاران (۲۰۰۵) معتقدند

تطبيق شرایط محلی مؤلفه هیدرولوژی EGEM و اندازه‌گیری‌های عمق خندق موقتی، پیش‌بینی حجم را بهبود بخشیده اما مقطع عرضی و عرض نتوانست به‌طور مناسب برآورد شود. دلیل این‌که چرا حجم خندق‌ها به خوبی تخمین زده شد، اندازه‌گیری هم طول و هم عمق خندق‌ها بیان کردند. در حالی‌که رضایی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۰) در تبریز و تکوا و همکاران (۲۰۱۴) در نیجریه با پژوهش‌های مرتبط، کارایی EGEM را تأیید کرده‌اند (۱۵ و ۱۷). بنابراین نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان‌دهنده پیچیدگی مکانیسم فرسایش خندقی موقتی و عوامل مؤثر در آن است. EGEM را می‌توان برای فرسایش خندقی موقتی ناشی از هر بارش منفرد در آبخیز ایکی‌آغزلی یا هر آبخیز با پتانسیل بالای فرسایش خندقی اجرا نمود و نتایج را با نتایج سالانه مقایسه کرد. در عین‌حال بررسی نقش عوامل اقتصادی و اجتماعی و انسانی در گسترش فرسایش خندقی، تدوین قوانین بازدارنده برای تغییر کاربری اراضی توسط قانون‌گذار، آموزش آبخیز‌نشینان و دیم‌کاران جهت اصلاح شخم با برگزاری کلاس‌های ترویجی همچنین ارزیابی کارایی مدل EGEM برای آبخیزهای با وسعت بیش‌تر و دارای ایستگاه هیدرومتری و رسوب‌سنجی در شناخت عوامل کنترلی و تبیین راه‌حل‌های مناسب و علمی می‌تواند کمک‌کننده باشد. بنابراین باید برای این مسأله بسیار مهم که به‌طور نامحسوس عمل می‌کند و آثار آن در آینده بیش‌تر نمایان خواهد شد به مطالعه و پژوهش‌های بیش‌تری در شرایط متفاوت پرداخته شود.

منابع

1. Asghari-Jafarabadi, M., and Mohammadi, S.M. 2013. Statistical Series: An Introduction to Inferential Statistics (Point Estimation, Confidence Interval and Hypothesis Testing). J. Diabetes and Metabolic Disorders, Under Press. (In Persian)
2. Behboudi, A. 2009. Reviews of gully erosion in the watershed Sarand Chay (with emphasis on the EGEM). M.Sc. Thesis, Tabriz University, 121p. (In Persian)
3. Bell, G.F. 2000. Engineering Properties of Soils and Rocks. Fourth Edition, Blackwell Science, Great Britain, 55p.
4. Capra, A. 2013. Ephemeral gully and gully erosion in cultivated land: a review. Drainage Basins and Catchment Management (Lannon EC, ed.). Nova Science Publishers, New York, USA, Pp: 109-141.
5. Capra, A., and Scicolone, B. 2002. Ephemeral gully erosion in a wheat cultivated area in Sicily, Italy. Biosystems Engineering. 83: 1. 119-126.
6. Capra, A., Mazzara, L.M., and Scoicolone, B. 2005. Application of the EGEM model to predict ephemeral gully erosion in Sicily, Italy. Catena. 59: 133-146.
7. Casali, J., Lopez, J.J., and Giraldez, J.V. 1999. Ephemeral gully erosion in Southern Navarra (Spain). Catena. 36: 65-84.
8. Franti, T.G., Laflen, J.M., and Watson, D.A. 1985. Soil Erodibility and Critical Shear Under Concentrated Flow. ASAE Summer Meet. The Ohio State University, Columbus, OH, USA, 256p.
9. Gordon, L.M., Bennett, S.J., Bingner, R.L., Theurer, F.D., and Alonso, C.V. 2007. Simulating ephemeral gully erosion in AnnAGNPS. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 50: 3. 857-866.
10. Kompani-Zare, M., Soufi, M., Hamzehzarghani, H., and Dehghani, M. 2011. The effect of some watershed, soil characteristics and morphometric factors on the relationship between the gully volume and length in Fars province, Iran. Catena. 86: 150-159.
11. Nachtergaele, J.J., Poeson, A., Steegen, I., Takken, L., Beuselinck, L., Vandekereckove, G., and Grovers, G. 2001. The value of a physically based model versus an empirical approach in the prediction of Ephemeral gully erosion for loss-dierived soils. Geomorphology. 40: 237-252.
12. Nourmohammadi, F., and Haghizadeh, A. 2014. Factors controlling the morphology and volume –length relations of ephemeral gullies in the Western arid regions of Iran. Ecopersia. 2: 3. 613-628.
13. Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., and Valentin, C. 2003. Gully Erosion and Environment Change: Importance and Research Needs. Catena. 50: 91-133.
14. R Development Core Team, 2008. R: A language and Environment for Statistical Computing.
15. Rezaei-Moghaddam, M.H., and Behboudi, A. 2011. Application of EGEM for estimating Ephemeral gully erosion in the watershed Sarnd Chay, Ahar. J. Geograph. Space. 11: 35. 135-153. (In Persian)
16. Silakhori, E., Ownegh, M., Sadoddin, A., and Filekesh, E. 2014. Comparing efficiency of Iranian desert hazard assessment models, namely MICD and IMDPA (Case study: Sabzevar region). Gorgan J. Water Soil Cons. 21: 4. 1-28. (In Persian)
17. Tekwa, I.J., Alhassan, A.B., Chiroma, A.M., and Laflen, J.M. 2014. Prediction of Ephemeral Gully Erosion in Mubi. Northeast Nigeria, Agric. Sci. Res. J. 4: 7. 115-125.
18. Valcarcel, M., Taboada, T., Paz, A., and Dafonte, J. 2005. Ephemeral gully erosion in north western Spain. Catena. 50: 199-266.
19. USDA, Soil Conservation Service. 1992. Ephemeral gully erosion model EGEM, Version 2.0 DOS User Manual.
20. Valentin, C., Poesen, J., and Yong, Li. 2005. Gully erosion: impacts, factors and control. Catena. 63: 132-153.
21. Woodward, D.E. 1999. Method to predict cropland ephemeral gully erosion. Catena. 37: 393-399.
22. Zhang, Y., Wua, Y., and Liu, B. 2007. Characteristics and factors controlling the development of ephemeral gullies in cultivated catchments of black soil region, Northeast China. Soil and Tillage Research. 96: 28-41.



Efficiency assessment of the EGEM to estimate gully erosion in Iky-Aghzly watershed of Golestan province

H. Zarei¹, *A. Najafinejad², M. Hosseinalizadeh³ and K. Alipour⁴

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Watershed Management and Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Watershed Management and Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Assistant Prof., Dept. of Watershed and Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

⁴Master Expert of Watershed Management - Golestan Province Office Catchment and Natural Resources

Received: 05/29/2017; Accepted: 12/30/2017

Abstract

Background and Objectives: An important form of gully erosion which usually develops in farmlands is ephemeral gully erosion. Researches have shown that soil loess due to ephemeral gullies is around 2 to 90 m³.h¹.yr¹. Given the high soil loess of loess deposits and intensive cultivated lands in Golestan province, assessment of factors affecting the development of ephemeral gullies is of great importance. The main objective of this study is the efficiency assessment of the Ephemeral gully erosion model (EGEM) to estimate gully erosion in the Iky-Aghzly watershed.

Materials and Methods: The area of Iky-Aghzly watershed is around 703 hectares, located in the basin of the Gorganroud (Golestan province). Its mean annual precipitation and temperature is 424 mm and 15.7 °C, respectively. Through field reconnaissance in three stages (seasonally), 12 ephemeral gullies were identified and their locations recorded by GPS. Morphometric characteristics recordings and soil sampling were conducted in the head of gullies as well. Apart from measuring of morphometric characteristics and soil physicochemical properties, physical specifications of watershed adjacent to each gully was calculated. EGEM efficacy was validated by Chi-square test in R software, by comparing the observed variables (mean annual soil erosion and width of ephemeral gullies) with the same variables estimated by the model.

Results: The average soil loss caused by ephemeral gully erosion was around 156.7 t yr⁻¹ for all ephemeral gullies. The depth and width of gullies was between 10 to 45 cm and 15 to 60 cm in the last measurements. The average soil loss per each ephemeral gully was around 3.76 to 12 t h⁻¹. The results showed that there is a significant difference at the 5% level between the measured annual average gully erosion rate and estimated erosion by the model. But the annual average width of ephemeral gullies corresponding to the model output variable, was not significantly different. The rate of ephemeral gullies erosion estimated by The EGEM is not acceptable in the Iky-Aghzly watershed, while the width of ephemeral gullies (EGEM) was near the observed width.

Conclusion: Generally, according to the results of this research, it can be concluded that the ephemeral gullies were formed coinciding with the autumn rains and tillage (4 ephemeral gullies) and in the late winter (8 ephemeral gullies). The reasons for ephemeral gullies emerging are rainfall intensity, antecedent soil moisture content, tillage along the slopes in the study area. According to these results, for accurate assessment of EGEM as event-based model in Iky-Aghzly watershed, individual participations is recommended.

Keywords: Loess deposits, Ephemeral gully erosion model, Morphometric characteristics, Chi-square

* Corresponding Author; Email: najafinejad@gau.ac.ir