

پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال هشتم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۸
صص. ۱۴۷-۱۵۹

بر آورد فرسایش ناشی از خندق‌های موقتی با مدل EGEM در حوضه آبریز لنبران، اهر چای

محمد حسین رضایی مقدم - استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.
میر اسدالله حجازی - دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.
عبدالله بهبودی* - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۰۴ تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۰۳/۱۹

چکیده

فرسایش خندقی یکی از انواع پدیده‌های ژئومورفیک است. هر ساله خسارت‌های زیادی به اراضی کشاورزی، مرتعی و جاده‌ها وارد می‌کند. شناسایی علل و مدل‌سازی آن نقش مهمی در مدیریت حوضه‌های آبریز دارد. یکی از انواع فرسایش خندقی، فرسایش خندقی موقتی است. در حال حاضر مدل EGEM تنها مدلی است که می‌تواند این نوع فرسایش را ارزیابی کند. زیر حوضه لنبران در سمت ضلع شرقی رودخانه اهرچای واقع شده است. مساحت این زیر حوضه ۲۰۱۱۸ هکتار می‌باشد و سرشاخه اصلی رودخانه اهرچای محسوب می‌شود. این حوضه بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۵ پس از بارندگی مورد بازدید میدانی قرار گرفت. خندق‌های موقتی در این منطقه در فصول پاییز، تابستان و بهار مخصوصاً با بارش‌های رگباری ایجاد می‌شوند. داده‌های لازم برای اجرای مدل EGEM جمع‌آوری شد. در تحلیل‌های کمی نیز از نرم‌افزارهای Excel و SPSS استفاده شد. با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته بین پارامترهای اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از مدل بالاترین ضریب همبستگی بین عمق، سطح مقطع، حجم و پهنای برآورد شده و اندازه‌گیری شده بترتیب با ضریب همبستگی ۰/۸۴۹، ۰/۸۴۵، ۰/۸۱۸ و ۰/۸۱۴ وجود دارد.

واژگان کلیدی: خندق موقتی - لنبران - اهر چای - مدل EGEM

مقدمه

یکی از مهمترین انواع فرسایش آبی، فرسایش خندقی است در مناطق خشک و نیمه خشک جهان موجب تغییرات قابل ملاحظه در اراضی می شود و پیامدهای زیانبار اقتصادی و اجتماعی دارد (خایر^۱ و همکاران، ۲۰۰۶؛ مارکر^۲ و همکاران، ۲۰۰۸؛ دسمت^۳ و همکاران، ۱۹۹۹). این نوع فرسایش از مهمترین و پیچیده ترین نوع فرسایش می باشد که جهت کنترل آن باید عوامل موثر را شناخت (احمدی، ۱۳۹۰؛ ۲۴۳). رشد خندق در اغلب موارد به عنوان معیار عمده تغییرات محیطی در نظر گرفته می شود برای اینکه رشد آن سریع و جزو اشکال فرسایش عادی نمی باشد (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۳؛ ۵۴). و به دلیل تمرکز جریان آب در شیارهای کوچک به راحتی حجم زیادی از خاک های ریز دانه در مدت کوتاهی به واسطه فرسایش خندقی نسبت به سایر عوامل فرسایش جابجا می شود (رایان^۴، ۲۰۱۰؛ ۲۸۸). طبق نظر پوسن خندق ها کانال هایی هستند که مساحت مقطع عرضی آنها بیش از ۹۲۹ سانتی متر مربع باشد، البته این اصطلاح برای اولین بار توسط هیوج در سال ۱۹۷۷ به کار برده شد (پوسن^۵، ۲۰۰۳؛ ۹۴). کمتر از این آستانه شیار نام دارد. این نوع فرسایش آبی موجب کاهش شدید حاصلخیزی خاک و تولید بار رسوبی فراوان گردد. رسوب گذاری در مسیر سازه های انسانی و تخریب آنها از اثرات این نوع فرسایش است (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ۹۲). در بسیاری از نقاط ممکن است عوامل موثر در رخداد فرسایش خندقی تا حدودی همگن و مشابه باشد، اما رشد و گسترش فرسایش خندقی از منطقه یا ناحیه ای به ناحیه دیگر متفاوت است و تابع عوامل یکسان، همگون و مشترک نیست (توکلی، ۱۳۹۴؛ رستمی زاد، ۱۳۹۳). ویژگی های توپوگرافی مانند حوضه بالا دست خندق، شیب و شکل ناهمواری از فرآیندهای مهم و کلیدی در شکل گیری خندق هستند (فوستر^۶، ۱۹۸۶؛ دسمت^۷ و همکاران، ۱۹۹۹؛ کناپن و پوسن^۸، ۲۰۱۰؛ داگاپتی^۹ و همکاران، ۲۰۱۳). فرسایش ناشی از ایجاد خندق های موقتی در خاک های زیر کشت معمولاً بعد از عملیات کاشت و برداشت بیشتر اتفاق می افتد و موجب تلفات خاک شده و همچنین از سودمندی و کارایی عملیات کشت کاسته می شود

(آزت^{۱۰} و همکاران، ۱۹۹۰؛ وندال^{۱۱} و همکاران، ۱۹۹۳؛ پوسن^{۱۲} و همکاران، ۱۹۹۶؛ کاپرا^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۵). اخیراً بر اساس مطالعات میدانی در اروپا ثابت شده است که بر اثر ایجاد خندق های موقتی سالانه ۲ تا ۹۰ متر مکعب در هکتار در سال خاک از دسترس خارج شده و از بین می رود (پوسن و همکاران، ۱۹۹۶؛ کاسالی^{۱۴} و همکاران، ۱۹۹۹؛ والکارسل^{۱۵} و همکاران، ۲۰۰۱؛ ایزیگارد^{۱۶}، ۲۰۰۳؛ کاپرا^{۱۷} و همکاران، ۲۰۰۲؛ کاپرا و همکاران ۲۰۰۵). تحقیقات زیادی در سطح جهانی و ایران در ارتباط با فرسایش خندقی انجام شده است که عمدتاً در زمینه تهیه نقشه و شناسایی وضعیت فعلی فرسایش

1 - Kheir et al

2 - Marker et al

3 - Desmet et al

4 - Ryan et al

5 - poesen

6 - Foster et al

7 - Desmet et al

8 - Knapen & Poesen

9- Daggupati et al

10 - Auzet et al

11 - Vandaele et al

12 - poesen et al

13 - Capra et al

14 - Casali et al

15- Valcarcel et al

16 - ezygarden et al

17- Capra et al

خندقی (ویودی^۱ و همکاران، ۱۹۹۷؛ گابریز^۲ و همکاران، ۲۰۰۳)، تعیین میزان گسترش خندق ها طی سال های مختلف (دابا^۳ و همکاران، ۲۰۰۳؛ وندکرکف^۴ و همکاران، ۲۰۰۳؛ رئیسی نشاط و همکاران، ۱۳۹۰) با استفاده از تفسیر عکس های هوایی، تصاویر ماهواره ای در کنار بررسی های میدانی انجام شده است. در اینجا به برخی از کارهای انجام شده در ایران و جهان اشاره می شود. نکوا و همکاران (۲۰۱۴) مدل EGEM^۵ را برای پیش بینی فرسایش خندق های موقتی در سا های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ در منطقه موبی نیجریه بکار بردند. نتایج نشان می دهد که حجم و توده خاک فرسایش یافته را بخوبی پیش بینی می کند ولی پیش بینی قابل قبولی از مساحت منطقه هدر رفت خاک نمی دهد.

نور محمدی و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی روابط حجم - طول ۹۰ مقطع عرضی در بخشی از خندق های موقتی جنوب استان ایلام بیان داشتند که رابطه حجم - طول، رابطه حجم - مساحت و شیب نمی تواند برای دست یابی به حجم خندق های موقتی مناسب باشد. کمپانی زارع و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی از ۵ منطقه استان فارس با کاربری اراضی، خصوصیات خاک و آبخیزداری متفاوت ۱۴۶ خندق موقتی را بررسی و مطالعه کردند نتایج نشان می دهد که ارتباط معنی داری بین حجم و متوسط سطح مقطع با عمق خندق ها در مقاطع مختلف وجود دارد. کاپرا^۶ و همکاران (۲۰۱۱) ویژگی های مورفولوژیکی خندق های موقتی را در سیسیل ایتالیا از سال ۱۹۹۵ تا سال ۲۰۰۷ در ۱۵ نقطه مشخص با مساحتی حدود ۸۰ هکتار بررسی و مطالعه نمودند. اندازه گیری ها تغییرات زمانی بالایی را در ویژگی های مورفولوژیکی خندق های موقتی نشان می دهند. ژانگ^۷ و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی با استفاده از رگرسیون چندگانه رابطه بین طول و برخی پارامترهای حوضه آبریز مانند طول حوضه آبریز، شیب و مساحت خندق های موقتی را بررسی و مطالعه کرده و دریافتند که طول حوضه آبریز تنها عامل مهم فرسایش خندق ها است. کاپرا و همکاران (۲۰۰۵) بین سال های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰ از مدل EGEM برای بررسی فرسایش ناشی از خندق های موقتی در سیسیل ایتالیا استفاده کردند نتایج نشان داد که نسخه استاندارد این مدل در تخمین فرسایش خندق های موقتی معتبر نیست. وودوارد در مقاله ای، مدل EGEM و پارامترهای آن را شرح و توضیح داده است. این مدل اصلاح شده مدل EGEE^۸ است که توسط مرکز تحقیقات و حفاظت از منابع طبیعی آمریکا ارائه شده است. مدل مذکور یک برنامه کامپیوتری است، که ورودی ها و خروجی های این مدل در این مقاله توضیح داده شده است. اصغری (۱۳۹۶)، عوامل موثر در شکل گیری و گسترش فرسایش خندقی را در حوالی اسکو بر اساس شاخص های اقلیمی و ویژگی ها فیزیکی و شیمیایی خاک تحلیل و بررسی کرده است. زارعی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی کارایی مدل EGEM را برای برآورد فرسایش خندقی در حوضه آبریز یکی از غزلی استان گلستان بررسی و مطالعه کردند. نتایج نشان داد که متوسط تلفات خاک ناشی از فرسایش خندقی موقتی ۱۵۶/۷ تن در سال برای کل خندق های موقتی بدست آمد. همچنین بین متوسط سالانه فرسایش خندقی اندازه گیری شده و برآورد شده با مدل، اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد وجود دارد. خوجه و همکاران (۱۳۹۶)، تاثیر عوامل زمین محیطی بر شکل گیری و گسترش فرسایش خندقی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه تمر قره قوزی، استان گلستان از طریق تجزیه و تحلیل چند متغیره، با استفاده از نرم افزار SPSS^۹ بررسی کرده است. غلامی و همکاران (۱۳۹۶)، محدودیت های ژئومورفولوژیکی در گسترش کالبدی شهر با تاکید بر فرسایش خندقی شهر مهر در

1 - Dwivedi et al

2 - Gabris et al

3 - Daba et al

4 - Vandekerckhove et al

5 - Ephemeral Gully Erosion Model

6 - Capra et al

7 - Zhang et al

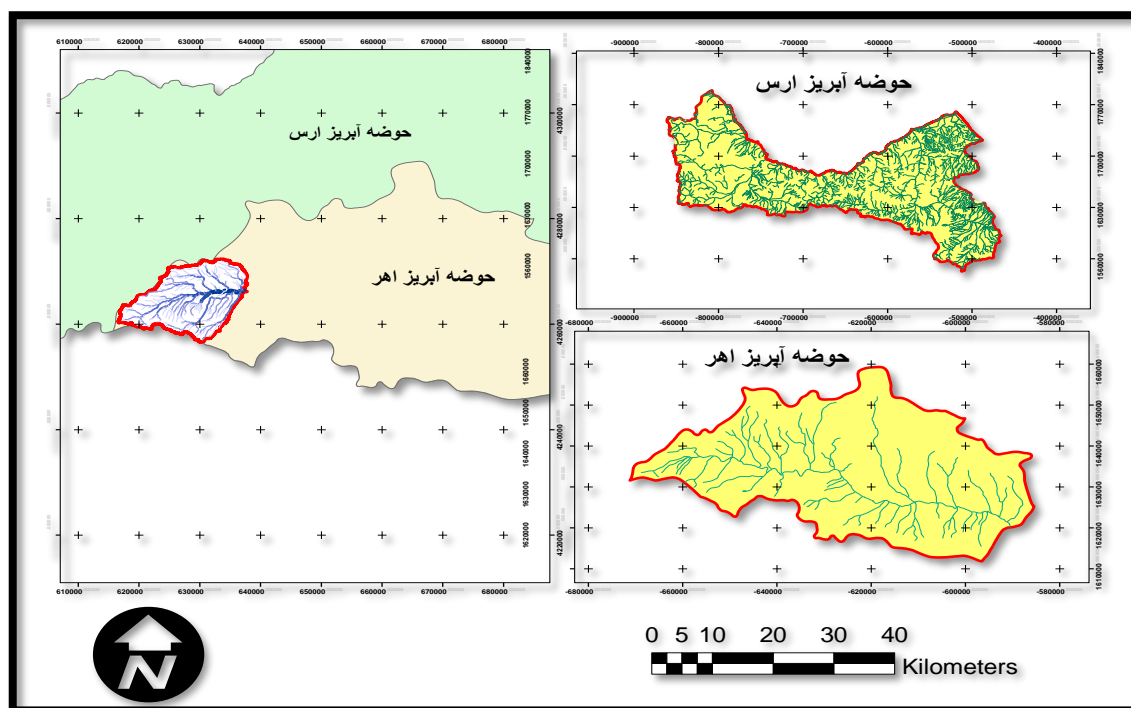
8 - Ephemeral Gully Erosion Estimate

9 - Statistical Package for Social Science

جنوب استان فارس را بررسی نمودند پس از تهیه کلیه داده ها، از روش AHP^۱ جهت پهنه بندی خطر فرسایش خندقی منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. شهبازی و همکاران (۱۳۹۵)، آستانه های هیدرولیک جریان فرسایش خندقی در کاربری های مختلف اراضی منطقه قصر شیرین، استان کرمانشاه را بصورت مقایسه ای بررسی نمودند بنابر نتایج این تحقیق، نوع کاربری اراضی نقش تعیین کننده ای از طریق تغییر پوشش گیاهی در آستانه هیدرولیک جریان دارد. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه ای به کاربرد مدل EGEM در برآورد میزان فرسایش ناشی از خندق های موقتی حوضه آبریز سرندچای استان آذربایجان شرقی پرداختند. نتایج نشان داد که بین مقادیر اندازه گیری شده و حجم برآورد شبرده و همچنین بین سطح مقطع اندازه گیری شده و حاصل از مدل همبستگی قوی و خوبی وجود دارد ولی بین پهنای اندازه گیری شده و حاصل از مدل همبستگی معنی داری وجود دارد ولی چندان قوی نیست. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی با عنوان بررسی فرسایش خندقی در حوضه آبریز سرندچای (باتاکید بر مدل EGEM) به بررسی خندق های موقتی پرداختند.

منطقه مورد مطالعه

زیر حوضه لنبران در سمت ضلع شرقی رودخانه اهرچای واقع شده است. مساحت این زیر حوضه ۲۰۱۱۸ هکتار می باشد و سرشاخه اصلی رودخانه اهرچای محسوب می شود. محدوده مورد مطالعه در بین مختصات جغرافیایی ۱۷° و ۲۰° و ۴۶° تا ۴۵° و ۳۴° و ۴۶° طول های شرقی و ۴۹° و ۲۶° و ۳۸° تا ۲۳° و ۳۵° و ۳۸° عرض های شمالی قرار گرفته است شکل شماره (۱).



شکل شماره ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه.

^۱ - Analytic Hierarchy Process

مواد و روش ها

حوضه مورد مطالعه بین سال های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۵ پس از بارندگی مورد بازدید میدانی قرار گرفت، مشاهده شد خندق های موقتی در این منطقه در فصول پاییز، تابستان و بهار مخصوصا با بارش های رگباری ایجاد می شوند شکل شماره (۲) و جدول شماره (۱). بنابراین برای بررسی و مطالعه خندق های موقتی پارامترهای مورد نیاز از ۷۰ خندق موقتی جمع آوری شد. جهت انجام این پژوهش از آمار ایستگاه های سینوپتیک اهر، تبخیر سنجی ورزقان و باران سنجی اویلق استفاده شد و از نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برگ های اویلق، اندریان، گلوجه، کمانج سفلی و زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تبریز و سیه رود استفاده شد. همچنین برای تکمیل ورودیهای مدل EGEM از مشاهدات میدانی و از نرم افزارهای GIS و یک دستگاه GPS استفاده شد. ضمنا برای پردازش آماری از نرم افزار های Excel و SPSS استفاده گردید و نمودار های مربوطه ترسیم شد.

شکل شماره ۲: خندق های موقتی که در اثر بارش های بهاری و پاییزی ایجاد شده است.



جدول شماره ۱: تاریخ بازدید و میزان بارندگی ایستگاه ورزقان و تعداد خندق های موقتی اندازه گیری شده در منطقه مورد مطالعه.

تاریخ بازدید	تعداد خندق های موقتی شکل	تاریخ بارندگی	بارش ۲۴ ساعته/میلی متر
۱۴-۲-۸۷	۶	۱۳-۲-۸۷	۲۴/۸
۵-۲-۹۰	۵	۲-۲-۹۰	۲۳
۲۱-۴-۹۱	۹	۱۹-۴-۹۱	۲۷
۱۰-۸-۹۲	۷	۵-۸-۹۲	۲۱
۶-۷-۹۳	۴	۴-۷-۹۳	۱۶/۲
۱۴-۷-۹۳	۷	۱۱-۷-۹۳	۲۴
۲۹-۷-۹۳	۶	۲۸-۷-۹۳	۲۴
۲۴-۱-۹۴	۹	۲۲-۱-۹۴	۳۰
۱۷-۲-۹۴	۴	۱۵-۲-۹۴	۲۷/۳
۴-۶-۹۴	۱۳	۳-۶-۹۴	۳۱

مدل فرسایش خندقی موقتی EGEM در ایالات متحده آمریکا برای استفاده در NRCS^۱ توسعه یافته است و تنها مدلی است که برای تخمین و برآورد فرسایش خندقی موقتی توسعه پیدا کرده است. این مدل یک مدل تجربی است و دارای یک سری ورودیهای اختیاری و ۲۳ ورودی اصلی می باشد که در چهار گروه اصلی شامل داده های شناسایی، داده های مربوط به حوضه آبریز، داده های خاک و داده های بارش طبقه بندی می شود. داده های شناسایی به منظور ثبت و سند سازی استفاده می شود. داده های بارش و حوضه آبریز برای محاسبه دبی اوج و جریان سطحی بکار می رود. داده های خاک برای محاسبه و بر آورد پارامترهای خندق های موقتی، میزان خاک فرسایش یافته ناشی از این نوع فرسایش

^۱ - Natural Resources Conservation Service

بکار می‌رود. مدل EGEM شامل دو مولفه فرسایش و هیدرولوژی است در فرآیند فیزیکی مدل از شماره منحنی رواناب سطحی در روش^۱ SCS برخی ویژگی‌های حوضه آبریز، طول جریان در حوضه آبریز، شیب حوضه آبریز، بارش ۲۴ ساعته و تیپ بارش برای محاسبه جریان سطحی و دبی اوج خندق‌های موقتی استفاده می‌شود. همچنین با استفاده از مولفه فرسایش نیز که ترکیبی از روابط تجربی و معادلات فیزیکی است به کمک خروجی‌های مولفه هیدرولوژی عرض و عمق خندق‌های موقتی تعیین می‌شود. واحدهای مورد استفاده در این مدل غیر متریک است و قبل از وارد کردن داده‌ها تبدیلات لازم باید صورت گیرد. بنابراین در منطقه مورد مطالعه جهت جمع‌آوری پارامترهای لازم برای ارزیابی این مدل، داده‌های مورد نیاز اکثراً از زمین‌های زیر کشت جمع‌آوری شده است. شیوه تهیه و چگونگی آن و همچنین خلاصه ورودی‌های مدل EGEM در جدول شماره (۲) و آمار توصیفی پارامترهای خندق‌های موقتی در جدول شماره (۳) مشخص شده است.

جدول شماره ۲: شیوه تهیه و چگونگی آن و همچنین خلاصه ورودی‌های مدل EGEM.

خندق‌های موقتی / فصل پاییز		خندق‌های موقتی / فصل تابستان		خندق‌های موقتی / فصل بهار		روش جمع‌آوری	پارامتر
میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار		
۲۵۷۶۶/۶۷	۱۲۵۶۷/۴۴	۹۱۱۳/۴۷	۲۱۱۲۱/۲۲	۶۰۰۷/۴۳	۲۰۸۸۷/۳	GPS	حوضه خندق / متر
۳۵۱/۹۶	۲۱۰/۶۲	۱۵۵/۴	۲۹۰/۷	۱۰۲/۲۳	۲۸۷/۰۶۸	Arc GIS	طول جریان / متر
۳۴۶/۱	۱۴۷/۲	۱۰۸/۶	۲۰/۳	۷۱/۴۶	۲۰۰/۶۵	Arc GIS	طول تمرکز جریان / متر
۱۱/۴۶	۳/۷۳	۲/۵۲	۱۱/۲۵	۲/۳	۱۰/۵۳	Arc GIS	شیب حوضه خندق (۰/۰)
۱۰/۶۶	۴/۳	۲/۳	۱۰/۷۵	۲/۶	۸/۹	Arc GIS	شیب طول تمرکز (۰/۰)
۸۴						کار میدانی	شماره منحنی
						نمونه برداری، گرانولومتری، تجزیه خاک	کلاس خاک
۰/۲۲						از سایر پارامترها	فاکتور فرسایش پذیری
۰/۰۴۴						از سایر پارامترها	تنش برشی
۳۳/۷۹	۱۱/۰۴	۶/۶۶	۱۶/۳۷	۶/۴۹	۱۹/۰۶	اندازه‌گیری زمینی	عمق ماکزیمم / متر
۱۰۰						نمونه برداری خاک	چگالی توده
۰/۰۶						از سایر پارامترها	قطر ذره / میلی‌متر
۲/۶۲						از سایر پارامترها	سنگینی ویژه
۰/۰۳						از سایر پارامترها	ضریب مانینگ
IA						آنالیز بارش‌های منطقه	تیپ بارش
۲۴		۳۱		۳۰		اندازه‌گیری با باران سنج	بارش ۲۴ ساعته / میلی‌متر
مشاهده میدانی						مشاهده میدانی	شیوه کشت

^۱ - Soil conservation service

جدول شماره ۳: آمار توصیفی پارامترهای خندق های موقتی در زیر حوضه لنبران.

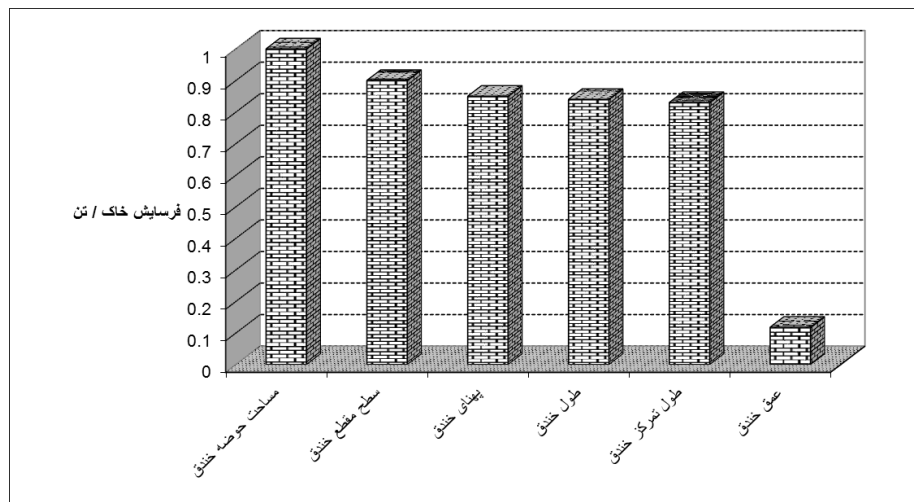
خندق های موقتی / فصل پاییز		خندق های موقتی / فصل تابستان		خندق های موقتی / فصل بهار		کل خندق های موقتی		آمار توصیفی
انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	
۳۴		۳۴		۲۲		۷۰		تعداد خندق ها
۱۴۷/۲	۲۴۶/۱	۱۰۸/۶	۲۰/۳	۷۱/۴۶	۲۰۰/۶۵	۱۱۴/۷	۲۱۷/۱	میانگین طول خندق / متر
۵۱/۴۷	۸۶/۲۵	۳۱/۵۱	۴۶/۴۱	۱۵/۹۴	۳۹/۸	۳۹/۳	۵۸	میانگین پهناى خندق / متر
۱۱/۰۵	۲۳/۷۹	۶/۶۶	۱۶/۳۷	۶/۶۹	۱۹/۰۶	۱۰/۲	۲۳/۵	میانگین عمق خندق / متر
۶۲/۲۷	۵۶/۴۹	۳۳/۲	۲۱/۶۵	۱۲/۸۲	۱۵/۹۳	۴۴/۸	۳۱/۸	میانگین حجم خندق / مترمربع

نتایج و یافته ها

برای مطالعه و بررسی خندق های موقتی در این منطقه طول، طول تمرکز جریان، مساحت حوضه خندق، پهنا، عمق، سطح مقطع، درصد شیب حوضه خندق و درصد شیب طول تمرکز ۷۰ خندق موقتی پس از وقوع بارندگی و شکل گیری خندق ها اندازه گیری شد شکل شماره (۳). سپس تبدیلات لازم بر روی داده های اندازه گیری شده صورت گرفت و وارد مدل EGEM شد. خروجی های این مدل بطور جداگانه برای متوسط سالانه با دوره های بازگشت ۲ و ۲۵ ساله و هم چنین برای بارش های ۲۴ ساعته محاسبه می شود که نتایج آن در جدول شماره (۴) برای خندق موقتی شماره ۶۹ نشان داده شده است. سپس رابطه بین پارامترهای شبیه سازی شده و پارامترهای اندازه گیری شده از طریق تحلیل آنالیز واریانس رگرسیون خطی با استفاده از روش Enter در سطح احتمال ۹۵ درصد و با سطح معنی داری ۰/۰۰۰ انجام شد. همچنین اولویت تاثیر ویژگی های خندق های موقتی در میزان فرسایش خاک مشخص گردید شکل شماره (۴).



شکل شماره ۳: منطقه مورد مطالعه و محل خندق های موقتی اندازه گیری شده



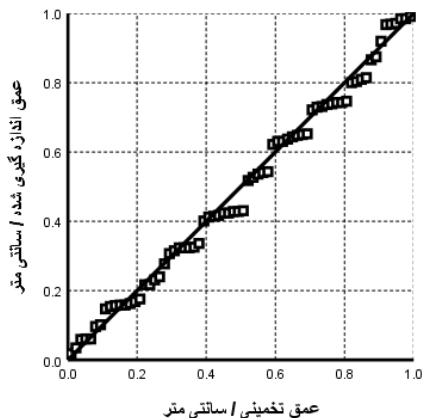
شکل شماره ۴: نمودار رابطه ویژگی‌های خندق‌های موقتی با فرسایش خاک

جدول شماره ۴: خروجی‌های مدل EGEM برای خندق شماره ۶۹

نتایج حاصل از مدل										
دوره ۱			درصد	دوره ۲		درصد	دوره ۳		درصد	متوسط سالانه
پارامتر	دوره بازگشت ۲ ساله	دوره بازگشت ۲۵ ساله		دوره بازگشت ۲ ساله	دوره بازگشت ۲۵ ساله		بازگشت ۲ دوره ساله	بازگشت ۲۵ دوره ساله		
مساحت (ایکر)	۵/۱۸	۵/۱۸	***	۱۰	۱۰	***	۱۰	۱۰	**	**
جریان سطحی (اینچ)	۱/۱۲	۳/۵۵	***	۱/۷۴	۴/۵۲	***	۱/۳۸	۳/۹۹	**	**
دبی اوج فوت مکعب	۱/۳	۴/۶		۱۸/۵	۴۸		۱۳/۱	۳۹/۲		
عمق (اینچ)	۸/۳	۸/۳	***	۷/۶	۸/۹	***	۷/۹	۹	**	**
پهنای فوت	۶	۱۱/۶	***	۳/۳	۴/۸	***	۲/۹	۴/۴	**	۴/۱
خاک فرسایش یافته (تن)	۸۵/۳	۱۶۶/۴	۲۳/۸	۵۵	۹۴/۵	۱۷/۹	۴۹/۸	۸۸/۴	۲۴/۵	۶۶/۲
حجم خالی شده (ایکر)	۰/۰۵۷	۰/۱۱۰		۰/۰۴۰	۰/۰۵۸		۰/۰۳۵	۰/۰۵۴		۰/۰۵۰
منطقه خالی شده (ایکر)	۰/۰۳	۰/۰۳		۰/۰۳۷	۰/۰۳۷		۰/۰۳۷	۰/۰۳۷		۰/۰۲۸

رابطه بین عمق برآورد شده و اندازه گیری شده

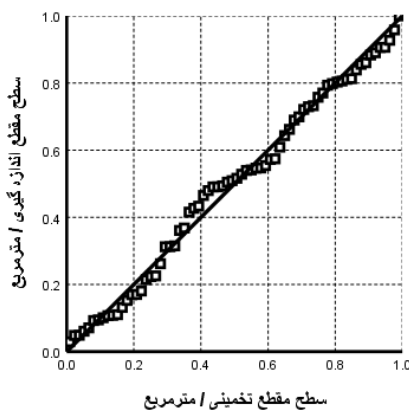
در تحلیل آنالیز واریانس رگرسیون خطی با استفاده از روش Enter، با رابطه ریاضی $y=7046x+9.2563$ ، با آزمون t در سطح احتمال ۹۵ درصد، با سطح معنی داری ۰/۰۰۰، با ضریب همبستگی ۰/۸۴۹، بین عمق برآورد شده و اندازه گیری شده خندق موقتی همبستگی وجود دارد (شکل شماره ۵).



شکل شماره ۵: رابطه رگرسیون خطی بین سطح مقطع برآورد شده و اندازه گیری شده

رابطه بین سطح مقطع برآورد شده و اندازه گیری شده

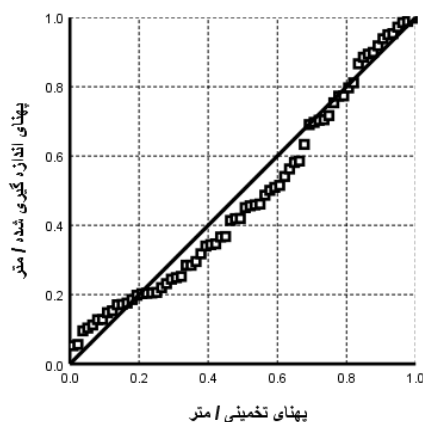
با توجه به تحلیل صورت گرفته با روش Enter، با رابطه ریاضی $y=2054x-01262$ و آزمون t با سطح معنی داری ۰/۰۰۰ در سطح احتمال ۹۵ در صد بین عمق برآورد شده از مدل و عمق اندازه گیری شده با ضریب همبستگی ۰/۸۴۹، همبستگی مشاهده می شود شکل شماره (۶).



شکل شماره ۶: رابطه رگرسیون خطی بین سطح مقطع برآورد شده و اندازه گیری شده

رابطه بین پهناهای برآورد شده و پهناهای اندازه گیری شده هر خندق

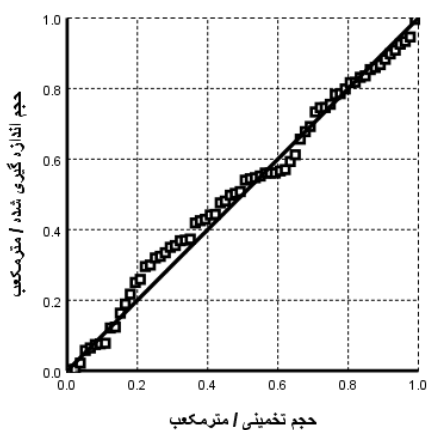
در تحلیل آنالیز واریانس رگرسیون خطی بین پهناهای برآورد شده از مدل و پهناهای اندازه گیری شده خندق های موقتی با ضریب همبستگی ۰/۸۱۴، با آزمون t و با رابطه ریاضی $y=-2.2616x+5.8268$ در سطح معنی داری ۰/۰۰۰ و سطح احتمال ۹۵ درصد با استفاده از روش Enter همبستگی وجود دارد شکل شماره (۷).



شکل شماره ۷: رابطه رگرسیون خطی بین پهنای برآورد شده و پهنای اندازه گیری شده

رابطه بین حجم برآورد شده و حجم اندازه گیری شده هر خندق

بین حجم اندازه گیری شده و حجم برآورد شده از مدل خندق های موقتی در سطح احتمال ۹۵ درصد و با سطح معنی داری ۰/۰۰۰ با استفاده از روش Enter و با رابطه ریاضی $y=0.0323x+0.0024$ ، با آزمون t ، با ضریب همبستگی ۰/۸۱۸، همبستگی مشاهده می شود شکل شماره (۸).



شکل شماره ۸: رابطه رگرسیون خطی بین حجم برآورد شده و حجم اندازه گیری شده

بحث

با توجه به تحلیل های صورت گرفته بین پارامترهای اندازه گیری شده و نتایج حاصل از مدل، بالاترین ضریب همبستگی بین عمق برآورد شده و اندازه گیری شده، سطح مقطع برآورد شده و اندازه گیری شده، حجم برآورد شده و حجم اندازه گیری شده و پهنای برآورد شده و اندازه گیری شده بترتیب با ضریب همبستگی ۰/۸۴۹، ۰/۸۴۵، ۰/۸۱۸ و ۰/۸۱۴ وجود دارد. پس می توان با سطح اطمینان ۹۵ درصد بیان نمود که مدل به خوبی سطح مقطع، حجم و پهنای خندق های موقتی بخوبی پیش بینی می کند. همچنین در مورد تاثیر ویژگی های مورفومتریک خندق ها در مقدار خاک فرسایش یافته، مساحت حوضه، پهنای طول و طول تمرکز جریان خندق های موقتی بیشترین نقش را دارند عمق و سطح مقطع خندق های موقتی کمترین تاثیر را مقدار خاک فرسایش یافته دارند.

نتیجه گیری

- با توجه به تحلیل های کمی صورت گرفته این مدل عمق، سطح مقطع، حجم خندق و پهنا ی خندق های موقتی را بخوبی و با ضریب همبستگی بالا پیش بینی می کند، بنابراین می توان به نتایج زیر اشاره کرد.
- خندق های موقتی در زیر حوضه آبریز لنبران بیشتر در زمینهای کشاورزی شکل می گیرند و عواملی نظیر شدت بارندگی، شرایط رطوبت قبلی خاک، شخم زدن در امتداد شیب هیدرولیکی، گسترش مسیرهای ارتباطی، چرای بی رویه و آتش زدن پوشش گیاهی نقش مهمی در توسعه، گسترش و شکل گیری خندق های موقتی ایفا می کند.
 - نسخه استاندارد مدل *EGEM* در حوضه آبریز لنبران قابل استفاده است.
 - برای رسیدن به نتایج مطلوب این مدل باید در سایر نواحی اقلیمی ایران نیز بکار گرفته شود و همچنین بصورت ترکیبی و مقایسه ای با سایر مدل های فرسایشی بکار گرفته شود تا کارایی آن بیشتر مورد سنجش قرار گیرد.
 - با توجه به نمونه ها و تحلیل های صورت گرفته مساحت حوضه، پهنا، طول و طول تمرکز خندق موقتی پارامترهای خوبی برای تعیین مقادیر خاک فرسایش یافته ناشی از شکل گیری خندق های موقتی در این منطقه است.
 - عمق و سطح مقطع خندق های موقتی کمترین تاثیر را در خاک فرسایش یافته ناشی از شکل گیری خندق های موقتی در این منطقه دارد.

منابع

- احمدی، حسن، ۱۳۹۰، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱، فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران.
- اسماعیلی، رضا، شوکتی، روناک، ۱۳۹۴، ارزیابی حساسیت پذیری فرسایش آبکندی با استفاده از رگرسیون لجستیک، در حوضه صلوات آباد استان کردستان. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال پنجم، شماره بیستم، صص ۶۳-۸۶.
- اصغری سراسکانرود، صیاد، ۱۳۹۶، تحلیل عوامل موثر در شکل گیری و گسترش فرسایش خندقی در حوالی شهرستان اسکو آذربایجان شرقی، فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، سال هفدهم، شماره ۵۸، صص ۲۸۵-۳۰۱.
- بهبودی، عبدالله، ۱۳۸۸؛ بررسی فرسایش خندقی در حوضه آبخیز سرنندچای (باتاکیدر مدل *EGEM*) پایان نامه کارشناسی ارشد با راهنمایی دکتر محمد حسین رضایی مقدم، گرایش ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی علوم محیطی، دانشگاه تبریز.
- بیاتی خطیبی، مریم، ۱۳۸۳، تحلیل و بررسی نقش عوامل توپوگرافی و مورفوزن در خندق زایی (مطالعه موردی: دامنه های شمالی قوشه داغ بین اهر و مشگین شهر)، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۹، صص ۷۰-۵۳.
- توکلی، محسن، رستمی زاد، قباد، نظری سامانی، علی اکبر، ۱۳۹۴، تعیین محل رخداد فرسایش خندقی بر اساس آستانه ژئومورفولوژیک و عوامل موثر بر آن (مطالعه موردی: چم ژاب دره شهر، ایلام). پژوهش های فرسایش محیطی، سال پنجم، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۷، صص ۵۷-۴۴.
- خوجه، نصیر، قدوسی، جمال، اسماعیلی، ۱۳۹۶، بررسی تاثیر عوامل محیطی بر شکل گیری و گسترش فرسایش خندقی با استفاده از سیستم جغرافیایی مطالعه موردی (منطقه تمر قره قوزی استان گلستان، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، سال هشتم، شماره ۱۵، بهار و تابستان ۱۳۹۶، صص ۲۰۲-۲۱۳).

- رستمی زاد، قباد، ۱۳۹۳، مدل سازی ویژگی های هندسی (ژئومتری) فرسایش خندقی (مطالعه موردی: شهرستان دره شهر). رساله دکتری با راهنمایی دکتر علی سلاجقه و علی اکبر نظری سامانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۲۰۹ص.
- رضایی مقدم، محمد حسین، بهبودی، عبدالله، ۱۳۹۰؛ کاربرد مدل *EGEM* در بر آورد فرسایش ناشی از خندق های موقتی در حوضه آبریز سرند چای، فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، سال یازدهم، شماره ۳۵، صص ۱۵۲-۱۳۱.
- رئیسی نشاط، امیر، سرمیدیان، فریدون، رفاهی، حسینقلی، گرجی، منوچهر، ۱۳۹۰، برآورد میزان فرسایش آبکندی و مقدار عقب نشینی دیواره های آبکند با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بخشی از حوضه آبریز طالقان، پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)، الف، جلد ۲۵، شماره ۱، صص ۴۰-۲۵.
- زارعی، حمید، نجفی نژاد، علی، حسینعلی زاده، محسن، علیپور، کامبیز، ۱۳۹۶، ارزیابی کارایی مدل *EGEM* برای برآورد فرسایش خندقی در حوضه آبریز ایکی آغزلی استان گلستان، نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد بیست و چهارم، شماره پنجم، صص ۱۶۲-۱۴۷.
- شهبازی، خسرو، سلاجقه، علی، جعفری، محمد، احمدی، حسن، نظری سامانی، علی اکبر، خسرو شاهی محمد، ۱۳۹۴، بررسی مقایسه ای آستانه های هیدرولیک جریان فرسایش خندقی در کاربری های مختلف اراضی در منطقه قصر شیرین، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹ شماره ۴، صص ۹۳۱-۹۴۷.
- غلامی، محمد، احمدی، مهدی، محمودی، مهران، ۱۳۹۶، تحلیل محدودیت های ژئومورفولوژیکی در گسترش کالبدی شهر با تاکید بر فرسایش خندقی مطالعه موردی (شهر مهر در جنوب استان فارس)، مخاطرات محیط طبیعی، سال ششم، شماره ۱۲، صص ۱۰۵-۱۲۴.
- *Auzet, A., V.Boiffin, J., Papy, F., Maucorps, J., Ouvry, J. F., 1990. An approach to the assessment of erosion forms on erosion risk on agricultural land in the Northern Paris basin, France. In: Foster, J.L., Dearing, J. (Eds.), Soil Erosion and Agricultural Land, Boardman. John Wiley & Sons, pp. 383-400.*
- *Capra, A., Mazzara, L.M., Scoicolone, B., 2005, Application of the EGEM model to predict ephemeral gully erosion in Sicily, (Italy). Catena.59: 133-146.*
- *Capra, A., Scicolone, B., 2002. Ephemeral gully erosion in a wheat – cultivated area in Sicily, (Italy). Biosystems Engineering.83(1):119-126.*
- *Capra, A., Stefano, C.D., Ferro, V., Scoicolone, B., 2011, Morphological characteristics of ephemeral gullies in Sicily, south Italy, Landform Analysis, vol. 17: 27 – 32.*
- *Casali, J., Lopez, J.J., Giraldez, J.V., 1999. Ephemeral gully erosion in Southern Navarra, (Spain). Catena. 36: 65-84.*
- *Daggupati, P., Douglas-Mankin, K.R. & Sheshukov, A.Y. (2013) Predicting ephemeral gully location and length using topographic index models. Trans. ASABE 56(4), 1427–1440.*
- *Desmet, P. J. J., et al. (1999) Importance of slope gradient and contributing area for optimal prediction of the initiation and trajectory of ephemeral gullies. Catena 37, 377–392.*
- *Daba, S., Rieger, W., and Strauss, P., 2003. Assessment of gully erosion in eastern Ethiopia using photogrammetric techniques. Catena, v. 50, p. 273-279.*
- *Dwivedi, Kumar, R.S., A. B., and Tewari, K. N., 1997. The utility of Multi – Sensor data for Mapping eroded Lands International Journal of Remote Sensing, v.18(11), p.2303-2310.*
- *Foster, G.R. (1986) Understanding ephemeral gully erosion. Soil Conservation, Vol. 2. National Academy of Science Press, Washington, DC, pp. 90–125.*
- *Gabris, G., Kertez, Y. A., and Zambo, L., 2003. Land use change and gully formation over the last 2003 years in a hilly catchments. Catena, v 50(2-4), p.151-164.*

- Kheir, Rania Bou., Olivier Cerdan & Chadi Abdallah. (2006). Regional soil erosion risk mapping in Lebanon, *Geomorphology*, 82, 347-359.
- Knapen, A. & Poesen, J. (2010) Soil erosion resistance effects on rill and gully initiation points and dimensions. *Earth Surf. Process. Land*. 35, 217–228.
- 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*, v.86, p.150–159.
- Marker, M., Angeli, L., Costantini, R. (2008). Assessment of land degradation susceptibility by scenario Analysis. *Geomorphology*, 93, p 120- 129.
- 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.
- Øygarden, L., 2003. Rill and gully development during an extreme winter runoff event in Norway. *Catena*.50: 217-242.
- Poesen, J., Vandaele, K., van Wesemael, B., 1996. Contribution of gully erosion to sediment production in cultivated lands and rangelands. *IAHS publications* 236, 251-266.
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G. and Valentin, C., (2003), Gully erosion and environmental change: importance and research needs, *Catena*, No. 50, pp, 91-133.
- Ryan L. P (2010). Comparison of gully erosion estimates using airborne and ground-based LiDAR on Santa Cruz Island, California. *Geomorphology* . Vol.118 (2010).
- 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.
- Valcarcel, M, Taboada, M, T., Paz, A., Dafonte, J.m 2001. Ephemeral gully erosion in northwestern Spain. *catena*.50: 199-216.
- Vandaele, K., 1993, Assessment of factors affecting ephemeral gully erosion in cultivated catchments of Belgian loam belt. In: Wicherek, S. (Ed.), *Farm Land Erosion in Temperate Plains Environment and Hills*. Elsevier, pp. 125-136.
- Vandekerckhove, L., Poesen, J., and Gover, A., 2003. Medium term gully headcut retreat in south-east Spain determined from aerial photographs and ground measurements, *Catena*, v.50. p. 329-352.
- Woodward, D.E., 1999, Method to predict cropland ephemeral gully erosion *Catena* 37, 393-399.
- Zhang, Y., Wu, 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.