

## مقایسه نقش سازند زمین‌شناسی و عوامل توپوگرافی در آستانه‌های فرسایش خندقی

خسرو شهبازی<sup>۱</sup>، محمد خسروشاهی<sup>۲</sup>، مسیب حسینی<sup>۳</sup> و محمد قیطوری<sup>۴</sup>

۱- استادیار، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور (نویسنده مسوول: khosrw\_shahbazi@yahoo.com)

۲- دانشیار، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

۳ و ۴- دانشیار و استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱/۹

صفحه: ۲۵۹ تا ۲۶۸

### چکیده

فرسایش خندقی یکی از خطرناک‌ترین نوع فرسایش‌های آبی می‌باشد، به طوری که در صورت رخداد و گسترش مبارزه با آن بسیار مشکل و هزینه‌بر است. هدف از انجام این پژوهش که در دو منطقه صحنه و قصرشیرین در استان کرمانشاه انجام یافت، بررسی مقایسه‌ای برخی از آستانه‌های فرسایش خندقی بود. نتایج این بررسی نشان داد که تفاوت‌هایی در مشخصات مهم مورفومتری و آستانه توپوگرافی خندق‌های مورد بررسی در دو منطقه به دلیل شرایط متفاوت نوع سازند زمین‌شناسی، توپوگرافی و پوشش گیاهی وجود دارد. سازند مارنی آجاجاری در منطقه قصرشیرین به دلیل پتانسیل زیاد انحلال موجب تشکیل خندق‌های متراکم با هدکتهای فعال‌تر گردیده است. طول ابراهه اصلی در هر دو کاربری مرتع متوسط و مرتع فقیر در منطقه صحنه (به ترتیب ۲۹۶ و ۳۱۲ متر) که نسبت به منطقه قصرشیرین به طور قابل توجهی کوتاه‌تر بود. مساحت حوضه بالادست خندق در کاربری‌های مرتع متوسط و مرتع فقیر در منطقه صحنه (به ترتیب ۱۹۱۷ و ۱۲۳۶ مترمربع) نسبت به منطقه قصرشیرین (به ترتیب ۳۶۶۸ و ۵۵۰۳ مترمربع) به دلیل عامل شیب کمتر بود. حداقل شیب و مساحت لازم برای آستانه فرسایش خندقی در منطقه صحنه به ترتیب حدود ۱۱ درصد و ۲۸۰ متر مربع بود، در حالیکه این مقادیر برای منطقه قصرشیرین به ترتیب ۳ درصد و ۱۴۵۰ متر مربع بدست آمد که در منطقه قصرشیرین به دلیل سازند مارنی آجاجاری در شیب کمتری رخ داده است. آستانه توپوگرافی فرسایش خندقی در مرتع فقیر کمتر از مرتع متوسط بود. بر این اساس تفاوت‌های فرسایش خندقی در دو منطقه مورد بررسی، برگرفته از متفاوت بودن شرایط زمین‌شناسی و توپوگرافی است، اما تفاوت آن در بین کاربری‌های هر منطقه ناشی از تغییرات پوشش گیاهی است. در هر دو منطقه تبدیل مراتع متوسط به مراتع فقیر منجر به کاهش پوشش گیاهی شده که در کاهش آستانه فرسایش خندقی و گسترش ابعاد آنها موثر بوده است. این روند در منطقه قصرشیرین که محل قشلاق دام عشایری است و در سالیان اخیر نیز دستخوش تغییر کاربری‌های مختلف بوده شدیدتر بود.

واژه‌های کلیدی: آستانه توپوگرافی، پوشش گیاهی سازند آجاجاری، شیب بالادست، کاربری مرتع

### مقدمه

مساحت را بیان کردند، بطوریکه تحت شرایط اقلیمی و کاربری اراضی یکسان، حداقل مساحتی برای ایجاد بالاکند فراهم آورد. شدت عمل این دو عامل نیز به عوامل دیگری از جمله فعالیت‌های انسانی، پوشش گیاهی و مشخصات سازند خاک بستگی دارد. در مناطق مدیترانه‌ای این عوامل غالباً ناشی از شخم غلط و تخریب پوشش گیاهی رخ می‌دهد (۶۰). البته بر اساس نتایج پژوهش‌های داخلی، شدت این عوامل در اراضی حساس به فرسایش ایران شدیدتر است (۳،۴۸). در پژوهشی که توسط واندرکخوف و همکاران (۵۹)، با تحلیل رابطه شیب و مساحت بالای پیشانی خندق‌های مناطق مدیترانه‌ای اروپا نشان دادند که رابطه معکوس شیب با مساحت، نشانه تأثیر رواناب سطحی در ایجاد خندق‌ها و رابطه مثبت نشانه تأثیر رواناب زیرسطحی در ایجاد آن است. بر اساس مطالعات والتاین و همکاران (۵۸)، خاک‌ها و سازندهای مقاوم و سخت‌تر در برابر فرسایش، به آستانه توپوگرافی بیشتری برای ایجاد فرسایش خندقی نیاز دارند. با کاهش مواد آلی و سطح خاک لخت موجب کاهش پایداری ساختمان و نفوذپذیری و در نتیجه افزایش رواناب و نهایتاً افزایش خطر فرسایش می‌گردد (۴۹،۱۶).

طی دهه‌های اخیر، میزان فرسایش خاک در ایران افزایش چشمگیری داشته و نسبت به دهه ۱۳۳۰ حدود ۵ برابر شده است که فرسایش خندقی یکی از مهمترین اشکال آن است (۳). فرسایش خندقی به دلیل تخریب اراضی و غیرقابل استفاده کردن آنها، یکی از خطرناک‌ترین نوع فرسایش‌های آبی می‌باشد و به همین دلیل بررسی آستانه‌های فرسایش خندقی و عوامل موثر بر آن از اهمیتی قابل توجه دارد. طرح آستانه فرسایش توسط هورتون (۵۵) مطرح شد که بر اساس آن برای تشکیل و تمرکز جریان رواناب به‌منظور فراهم نمودن تنش برشی حداقل مساحت و فاصله تا خط‌الراس لازم است تا بر مقاومت خاک در برابر جدا شدن و حمل غلبه نماید (۲۶). عوامل متعددی در تشکیل و تشدید فرسایش خندقی موثرند، اما پتانسیل تشکیل این نوع فرسایش بستگی زیادی به نوع سازند زمین‌شناسی و شرایط توپوگرافی محلی دارد. در این میان با افزایش میزان سیلت که چسبندگی ضعیفی داشته و منشاء اصلی آن نوع سازند زمین‌شناسی است، آستانه فرسایش خندقی کاهش می‌یابد (۴۳،۳۳). در این راستا، پاتون و شیوم (۳۸)، اولین بار آستانه توپوگرافی را بر مبنای رابطه بین شیب و

نقش کلیدی دارند (۱۷). این عوامل موجب تغییر در ابعاد خندق و هدکث می‌شوند که نتیجه مشهود آن افزایش طول خندق است (۵۹). در مراحل بعدی مدیریت اراضی و هر عاملی که موجب تشدید ضریب رواناب گردد، تاثیر مهمی در کاهش آستانه فرسایش خندقی خواهد داشت و روند توسعه ابعاد خندق از جمله تعریض شدن آن را تشدید می‌نماید که در واقع بازتابی از شرایط زمین‌شناسی، توپوگرافی و پوشش گیاهی است (۱۱). به همین دلیل تحقیق پیرامون آستانه‌های فرسایش خندقی اهمیت دارد. هدف از این تحقیق که در استان کرمانشاه انجام یافت، تعیین و اولویت‌بندی آستانه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی در ایجاد و گسترش خندقی بود.

### مواد و روش‌ها منطقه مورد پژوهش

مناطق مورد پژوهش در جنوب غربی و شمال شرقی استان کرمانشاه به ترتیب در شهرستان‌های قصرشیرین و صحنه واقع شده است (شکل ۱). منطقه صحنه دارای اقلیم سرد و توپوگرافی تپه‌ماهوری است که در شرق استان کرمانشاه قرار دارد. توپوگرافی منطقه قصرشیرین، نسبتاً هموار و متشکل از اراضی کم‌شیب حاصل از سازند آغاچاری است که به شکل دشت‌سر دیده می‌شود. حالت ناهمواری این منطقه متأثر از چینه‌شناسی این سازند است که تناوبی از مارن و ماسه سنگ است. منطقه قصرشیرین از نظر شرایط زمین‌شناسی، اقلیمی و توپوگرافی چهره‌ای نسبتاً متفاوتی نسبت به سایر مناطق استان کرمانشاه دارد.

متوسط بارندگی یک سال زراعی و دمای سالانه شهرستان صحنه به ترتیب ۴۸۰ میلی‌متر و حدود ۱۲ درجه سانتی‌گراد است، در حالیکه این شاخص‌ها برای شهرستان قصرشیرین به ترتیب ۴۰۰ میلی‌متر و حدود ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. در هر دو منطقه زراعت گندم دیم و مراتع شکل غالب کاربری اراضی هستند. مراتع قصرشیرین گرمسیری (قشلاقی) و صحنه سردسیری (بیلاقی) هستند. تغییر کاربری اراضی و شخم نامناسب در هر دو منطقه وجود دارد، با این تفاوت که در منطقه قصرشیرین، علی‌رغم پتانسیل بالای بیابانزایی و ارزش و نقش کلیدی مراتع قشلاقی، بیشتر دستخوش تغییرات شده است.

با افزایش شیب و مساحت حوزه بالادست تمرکز آبهای جاری و تنش برشی آن افزایش یافته که منجر به افزایش عمق، طول بالاکنند خندق‌ها می‌گردد (۱۲،۴).

صادقی و همکاران (۴۶) در شهرستان دره‌شهر استان ایلام به بررسی مدل‌های آلومتری در ۱۸ خندق منتخب پرداختند. نتایج نشان داد که خندق‌ها دارای رشد خطی بوده و عوامل مانند طول خندق، فاصله از راس، اختلاف ارتفاع، ارتفاع راس و شیب کناره‌ها می‌توانند در تعیین حجم خندق‌ها با ضرایب تبیین ۶۰ تا ۹۷ درصد استفاده گردند.

البته میزان تاثیر شیب-مساحت در اقلیم‌های مختلف متفاوت است. بر اساس تحقیقات سلیمانپور و همکاران (۵۰)، در اقلیم‌های بیابانی رواناب سطحی به دلیل فقر پوشش گیاهی عامل موثر گسترش خندق بوده، اما در اقلیم مدیترانه‌ای تشدید تاثیر رواناب در لایه‌های پایین‌تر به دلیل کاربری نادرست اراضی، شخم و سازندهای زمین‌شناسی ماری است. اکثر محققین در داخل و یا خارج بحث تغییر کاربری را یکی از عوامل موثر در ایجاد خندق و تسریع فرآیندهای آن ذکر کرده‌اند.

بر روی دامنه‌های شیبدار، تمرکز جریان و فرسایش خطی فرآیند غالب ایجاد و گسترش خندق‌های فعال است (۲).

در اراضی شیبدار، دو عامل تخریب پوشش گیاهی و تغییر کاربری موجب کاهش شدید آستانه فرسایش خندقی می‌گردد و مساحت کمتری برای تنش برشی ناشی از رواناب نیاز است (۵۲،۲۷،۵). در چنین شرایطی رواناب حاصل از بارش‌های کم هم موجب شروع فرسایش خندقی می‌گردند (۱۷،۱۱،۱۰). بررسی‌های مارتینز-کازانواز و همکاران (۲۲)، نشان داد که تغییر کاربری و شخم موجب افزایش ابعاد خندق‌ها و گسترش جانبی و نیز افزایش نزدیک به ۳۰ درصد رسوب‌زایی آن گردید. در مقابل افزایش پوشش گیاهی و جنگل‌کاری موجب کنترل فرسایش خندقی می‌گردد (۲۵،۶،۲۱).

فرسایش خندقی بخش‌های قابل توجهی از ایران و از جمله منطقه زاگرس را در بر داشته و به دلیل فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی و تغییر کاربری اراضی دامنه آن نیز در حال گسترش است. بر اساس تحقیقات سالیان اخیر در داخل و خارج از ایران، معمولاً عوامل توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع)، نوع سازند زمین‌شناسی و تراکم پوشش گیاهی در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی در سازندهای حساس



شکل ۱- موقعیت مناطق مطالعاتی فرسایش خندقی در استان کرمانشاه و کشور  
Figure 1. The selected study sites location for gully erosion in Kermanshah province, Iran

### تجزیه و تحلیل و استخراج نتایج

مقایسه میانگین داده‌ها از طریق تجزیه واریانس (ANOVA) به منظور یافتن اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد برای مقایسه آستانه‌های مورد اندازه‌گیری شد. همچنین آستانه توپوگرافی در ایجاد فرسایش خندقی، براساس دو پارامتر مساحت و شیب به روش تحلیل خوشه‌ای و با استفاده از نرم‌افزار SPSS<sub>22</sub> و SAS انجام گرفت.

### نتایج و بحث

#### سازندهای زمین‌شناسی مناطق مورد بررسی

##### الف- منطقه صحنه

واحد های سنگی این منطقه در زون سنندج- سیرجان قرار دارد و عمدتاً شامل رخساره‌های رسوبی، نفوذی و افیولیتی و مجموعه فلیشی و آهکی به همراه رسوبات کوارتزر است که متأثر از فعالیت تکتونیکی و گسلی به صورت به هم ریخته نمایان است. گسل‌های معکوس بیشتر آهک‌های کرتاسه زیرین را بر روی فلیش‌های کرتاسه فوقانی رانده‌اند و سبب تداخل آن‌ها با یکدیگر گردیده‌اند. گسل‌های نرمال نسبت به گسل‌های معکوس توسعه بیشتری دارند. بررسی‌های میدانی نیز نشان داد که آبره‌ها و به تبع از آن جهت کلی خندق‌ها نیز متأثر از این روند است.

##### ب- منطقه قصر شیرین

در این منطقه فرسایش خندقی بر روی سازند مارنی آجاجاری گسترش دارد. بطور کلی غالب فرسایش خندقی استان کرمانشاه نیز در همین منطقه است. لیتولوژی این سازند شامل لایه‌های متناوب مارن‌های قرمز، ماسه سنگ آهکی و رگه‌های گچ می‌باشد. ماسه سنگ‌های آهکی این سازند دارای ماتریکس رسی بوده و سیمان شدگی اندکی دارند از این رو مقاومت نسبتاً زیادی در برابر عوامل هوازگی و فرسایش ندارند.

### روش پژوهش

#### گردآوری آمار و تهیه نقشه‌های مورد نیاز

- گردآوری آمار و اطلاعات مورد نیاز شامل آمار هواشناسی، زمین‌شناسی، نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای؛  
- تهیه نقشه‌های شیب و کاربری اراضی (کشاورزی، مرتع) مناطق مورد مطالعه. تهیه نقشه شیب در طبقات ۰-۲، ۲-۵، ۵-۱۰ و ۱۰-۱۵ درصد (با توجه به شرایط منطقه مورد پژوهش که بیشتر در این طبقات شیب قرار می‌گیرد).

#### اندازه‌گیری میدانی

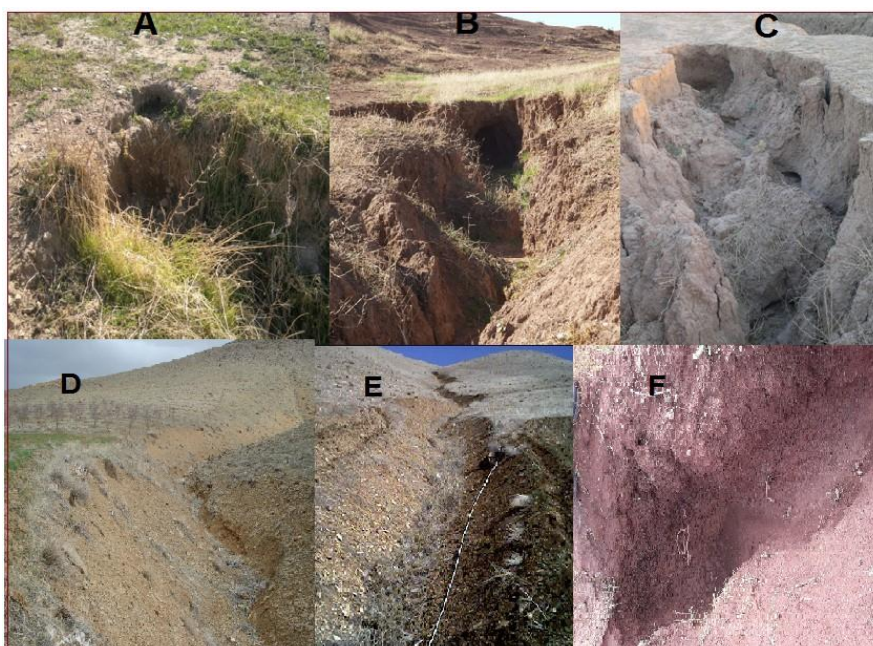
ابتدا خندق‌های مورد بررسی در هر کاربری مشخص و طی بازدید میدانی، ابتدا مختصات آنها با GPS ثبت گردید. در مرحله بعدی مساحت حوزه آبخیز هر خندق نیز با استفاده از GPS محاسبه شد. در نهایت با استفاده از متر صحرایی، ژالون و شیب‌سنج ویژگی‌های مهم هر خندق شامل طول، عمق، عرض کف بالا و پایین، شیب طولی آبراهه، شیب سر بالاکنند (هدکت) و شیب جانبی اندازه‌گیری شد. پوشش سطح زمین حوزه بالادست هر خندق نیز با استفاده از پلات یک مترمربعی برآورد شد که شامل درصدهای تاج‌پوشش گیاهی، لاشبرک، سنگ‌ریزه و خاک لخت بود. برای هر خندق بسته به مساحت حوزه آبخیز آن بین ۳ تا ۷ پلات استفاده شد.

#### روش تعیین آستانه توپوگرافی

جهت بررسی آستانه توپوگرافی ابتدا گروه‌بندی خندق‌ها با استفاده از تحلیل خوشه‌ای انجام شد که بر اساس آن و در سطح همانندی (شباهت) بیش از ۹۵ درصد خندق‌ها با کمترین و بیشترین فراوانی قرار گرفتند. گروهی که شامل بیشترین تعداد خندق بود جهت محاسبه آستانه توپوگرافی خندق‌ها انتخاب شد. اندازه‌گیری مورفومتری خندق‌های مورد بررسی در هر کاربری شامل مساحت حوزه بالادست، ابعاد خندق‌ها و شیب آنها مورد بررسی قرار گرفت.

به انحلال را تشکیل داده است (۱۵،۱۱). کانی رسی فوق با جذب آب، قابلیت افزایش حجم زیادی داشته که منجر به شروع پدیده واگرایی به عنوان اولین مرحله فرسایش‌های تونلی و خندقی است (۱،۳۶،۲۰)، (شکل ۲).  
با توجه به منابع مورد بررسی در مباحث قبلی و بررسی‌های میدانی، سازند مارنی آغاچاری در منطقه قصرشیرین دارای پتانسیل زیاد از نظر انحلال و در نتیجه تشکیل خندق است. این موضع موجب تشکیل خندق‌های متعدد و متراکم با داشتن هدکتهای فعال‌تر (نسبت به منطقه صحنه) گردیده است. در منطقه صحنه گسل‌های مختلف و دره‌های مناطق تپه‌ماهوری نقش مهمی در پراکنش خندق دارند.

امتداد لایه‌های این سازند شمال غربی - جنوب شرقی بوده و جهت شیب لایه‌های آن به سمت شمال شرق می‌باشد. سن این سازند میوسن فوقانی تا پلیوسن زیرین است. سازند مزبور بطور هم‌شیب بر روی سازند گچساران قرار گرفته و فقط در بخش‌های جنوب غربی حوضه بدلیل عملکرد یک راندگی کنتاکت آن با سازند گچساران گسلی است (۱۴). سازند آغاچاری تناوب تکراری سیکل‌های ماسه سنگ لایه ضخیم‌تر مارنی و رسی است (۴۰،۲۸). بررسی‌های میدانی نشان داد که در غالب نقاط کم شیب و تحت فرسایش خندقی لایه مارنی رخنمون داشته و لایه ماسه‌سنگی به شکل عوارض نسبتاً برجسته و فرسوده با تشکیل واریزه‌های محدود پراکنش دارند (۲۲،۸). کانی غالب این سازندها اسمکتیت است و نسبت رسو سیلت در آنها زیاد است که خاکی با نفوذپذیری کم و حساس



شکل ۲- فرسایش خندقی در کاربری‌های مختلف منطقه قصرشیرین (A= مرتع متوسط، B= مرتع فقیر و C= کشاورزی) و صحنه (D= مرتع ضعیف، E= مرتع متوسط و F= نمای نزدیک هدکت)

Figure 2. Gully erosion in different landuse of Ghasreshirin (A= fair rangeland, B= weak rangeland and C= agriculture lands) and Sahneh (D= weak rangeland, E= fair rangeland and F= headcut)

که در مرتع ضعیف بطور معنی‌داری کمتر بود و به همین دلیل خندق‌های مرتع فقیر بیشتر حالت V شکل داشتند. میانگین عمق متوسط خندق‌ها در دو کاربری مرتع متوسط و فقیر به ترتیب ۳/۳۶ و ۴/۱۴ متر بود که در مرتع فقیر بطور معنی‌داری بیشتر بدست آمد ( $p < 0.05$ ). بر اساس مشاهدات میدانی پوشش گیاهی خندق‌های مرتع ضعیف کمتر و آثار تجمع رواناب و حفر بستر، (با وجود سازندهای زمین‌شناسی یکسان) بیشتر بود و به همین دلیل غالباً V شکل بودند. همچنین متوسط مساحت حوضه بالادست خندق ۱۹۱۷/۱ و ۱۲۳۳/۶ متر مربع به ترتیب برای کاربری‌های مرتع متوسط و مرتع ضعیف بود که بطور معنی‌داری در مرتع متوسط بیشتر است (جدول ۱).

### مورفومتری و پوشش سطح زمین فرسایش خندقی در کاربری‌های مختلف

نتایج مقایسه میانگین مشخصات مورفومتری، پوشش سطح زمین و توپوگرافی خندق‌های مورد بررسی به تفکیک کاربری‌ها برای هریک از دو منطقه صحنه و قصرشیرین به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ درج گردیده است.

#### الف- منطقه صحنه

با توجه به جدول ۱، طول شاخه اصلی، میانگین عرض کف و بالایی و شیب متوسط حوضه بالادست خندق‌های مورد بررسی در هر دو کاربری مرتع ضعیف و متوسط با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. در مقابل، عرض کف خندق در دو کاربری مرتع متوسط و ضعیف به ترتیب ۳/۹۶ و ۳/۵۷ متر بدست آمد



جدول ۱- مقایسه میانگین متغیرهای مورفولوژی فرسایش خندقی در منطقه صحنه

Table 1. Mean measured variables of gully morphometric in Sahneh site

*Pr>F	کاربری		متغیر
	مرتج ضعیف	مرتج متوسط	
۰/۰۶۰	۷/۴۴ (a)	۸/۵۲ (a)	عرض بالایی خندق (متر)
۰/۰۱۹	۳/۵۷ (b)	۳/۹۶ (a)	عرض کف خندق (متر)
۰/۰۴۲۲	۴/۱۴ (a)	۳/۳۶ (b)	عمق خندق (متر)
۰/۳۲۵	۳۱۱/۵ (a)	۲۹۶/۱ (a)	طول شاخه اصلی خندق (متر)
۰/۲۲۵	۲۸/۱۷ (a)	۲۶/۸ (a)	شیب بالا دست خندق (درصد)
۰/۱۹۷	۲۸/۳۸ (a)	۳۳/۷۶ (a)	شیب متوسط حوضه خندق (درصد)
۰/۰۰۱	۱۲۳۳/۶ (b)	۱۹۱۷/۱ (a)	مساحت حوضه خندق (مترمربع)

\*: میانگین هر متغیر با حروف الفبای غیر یکسان با هم اختلاف معنی داری دارند.

### ب- منطقه قصرشیرین

سه کاربری با هم تفاوت معنی داری داشتند. درصد تاج پوشش گیاهی در کاربری مرتج متوسط بیشتر بود ولی در کاربری‌های مرتج فقیر و کشاورزی با هم تفاوت معنی داری نداشتند (در زراعت نیز غالباً به دلیل زمان اندازه‌گیری در فصل بهار و عدم آیش، دارای پوشش بود).

بطور کلی تفاوت معنی دار بیشتر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده مورفومتری خندق‌ها در کاربری‌های دو منطقه بازتابی از فعالیت‌های انسانی است که منجر به تغییر در پوشش گیاهی و کاهش ماده آلی خاک و نهایتاً تشدید فرسایش خندقی گردیده است که در همه این حالات در مرتج متوسط از شرایط نسبتاً مطلوب‌تری برخوردار بود. بررسی میانگین گسترش طول خندق بازتابی از این روند است (۲۳،۱۵،۱۹). میزان توسعه هدکت خندق علاوه بر عوامل خاک و پوشش گیاهی، تابعی از شیب زمین و مساحت حوضه بالادست است و تغییر در مساحت به نوبه خود بازتابی از تاثیر پوشش گیاهی و تغییر کاربری است (۷،۵۷،۳۱،۳۰) که منجر به افزایش مساحت بالادست و افزایش حجم رواناب می‌گردد.

در منطقه قصرشیرین به دلیل شرایط توپوگرافی و زمین‌شناسی متفاوت، فرسایش خندقی در سه کاربری مرتج متوسط، مرتج ضعیف و کشاورزی گسترش داشت. در منطقه قصرشیرین مشخصات مورفومتری آن‌ها بر خلاف منطقه صحنه نسبت به نوع کاربری تغییرات معنی داری با هم داشتند، بطوریکه عرض بالایی و کف خندق در کاربری مرتج متوسط بطور معنی داری کمتر از دو کاربری دیگر بود. همچنین طول شاخه اصلی خندق‌ها در مرتج ضعیف بطور معنی داری بیشتر از دو کاربری دیگر بود ( $p < 0/05$ ). همچنین مساحت حوضه بالادست خندق در مرتج ضعیف کمتر از دو کاربری دیگر بود. شیب سر خندق در هر سه کاربری با هم تفاوت معنی داری نداشتند، اما شیب حوضه بالادست خندق‌ها در سه کاربری کشاورزی، مرتج متوسط و مرتج ضعیف به ترتیب ۴/۷۸، ۷/۱۷ و ۷/۲۰ درصد بود که در کاربری کشاورزی بطور معنی داری کمتر بود (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین متغیرهای مورفولوژی فرسایش خندقی در منطقه قصرشیرین

Table 2. Mean measured variables of gully morphometric in Ghasreshirin site

*Pr>F	کاربری			متغیر
	مرتج ضعیف	مرتج متوسط	کشاورزی	
۰/۰۱۹۸	۲/۰۱ (b)	۱/۶۸ (c)	۲/۲۵ (b)	عرض بالایی خندق (متر)
۰/۰۳۰۱	۱/۵۵۲ (a)	۰/۹۲۲ (c)	۱/۴۵۲ (b)	عرض کف خندق (متر)
۰/۸۳۱	۱/۱۹ (a)	۱/۱۲ (a)	۱/۲۹ (a)	عمق خندق (متر)
۰/۰۱۴۶	۱۳۶/۰۰ (b)	۱۸۲/۶۰ (b)	۲۱۶/۲۴ (a)	طول شاخه فرعی خندق (متر)
۰/۰۴۵	۱۱۱۰ (a)	۹۸۴/۷ (b)	۹۹۴/۲ (a)	طول شاخه اصلی خندق (متر)
۰/۰۰۶۳	۵/۳۴ (b)	۴/۸۶ (b)	۳/۶۷ (a)	شیب بالا دست خندق (درصد)
۰/۰۰۰۱	۷/۲۰ (b)	۷/۱۷ (b)	۴/۷۸ (c)	شیب متوسط حوضه خندق (درصد)
۰/۰۰۰۵	۶/۹ (a)	۷/۲ (a)	۴/۳ (b)	شیب جانبی (درصد)
۰/۰۰۰۱	۲۱/۵۶ (a)	۱۴/۹۰ (b)	۱۲/۴۰ (b)	نقش خندق در تخریب (درصد)
۰/۰۰۰۱	۳۶۶۸ (b)	۵۵۰۳ (a)	۵۶۱۹ (a)	مساحت حوضه خندق (متر)

\*: میانگین هر متغیر با حروف الفبای غیر یکسان با هم اختلاف معنی داری دارند.

\*\* در کاربری کشاورزی در زمان دارای پوشش زراعی

محدود گشته ولی در منطقه قصرشیرین اختلاف شیب و سازند به ندرت در کاربری‌های مرتجی و کشاورزی وجود دارد. شرایط عمق و عرض خندق در دو منطقه مورد بررسی برعکس طول خندق‌ها بود. به این معنی که عمق و عرض خندق‌ها در منطقه صحنه به مراتب بیشتر از منطقه قصرشیرین بود که دلیل آن نیز شرایط متفاوت زمین‌شناسی و توپوگرافی دو منطقه مورد بررسی بود. مشاهدات میدانی نشان

### مقایسه مشخصات مورفومتری

طول آبراهه اصلی در هر دو کاربری مرتج متوسط و مرتج فقیر در منطقه صحنه (به ترتیب ۲۹۶ و ۳۱۲ متر) از منطقه قصرشیرین (به ترتیب ۹۸۵ و ۱۱۱۰ متر) بطور قابل توجهی کمتر است. یکی از دلایل این روند شرایط توپوگرافی است که در منطقه صحنه در اراضی کم‌شیب سازند کوتاه‌تر با کاربری کشاورزی (مجموعه‌ای از باغ، یونجه، گندم) امتداد خندق

حقی‌زاده (۳۵)، ثروتی و همکاران (۴۷)، نظری‌سامانی (۳۲) و شادفر (۴۶) مطابقت دارد (جدول ۳). بطور کلی تاج‌پوشش گیاهی در منطقه صحنه (هر دو کاربری) نسبت به منطقه قصرشیرین بیشتر بدست آمد. در مقابل سطح خاک لخت دو کاربری منطقه قصرشیرین به مراتب بیشتر از منطقه صحنه بود. این عامل خود یکی از دلایل تطویل خندق‌ها در منطقه قصرشیرین و گسترش شاخه‌های آن به سمت بالادست بود.

داد که در منطقه صحنه خندق‌ها عمدتاً منطبق بر دره، آبراهه، گسل و درزهای محلی بوده و عمق لایه تحت نفوذ خندق بطور یکسان است. در مقابل سازند آغاچاری (منطقه قصرشیرین) تناوبی از لایه رس و ماسه سنگ است و علی‌رغم فعال بودن قابل ملاحظه فرسایش خندقی (خندق‌های متراکم با انشعاب و هدکتهای متعدد)، عمق آنها بر روی لایه ماسه‌سنگی محدود شده و انشعاب به سمت حوضه بالادست بیشتر گردیده است که با نتایج تحقیقات نورمحمدی و

جدول ۳- مقایسه پارامترهای مهم فرسایش خندقی در دو منطقه صحنه و قصرشیرین  
Table 3. Comparing the importance gully characteristics in Ghasreshirin and Sahneh sites

منطقه	نوع سازند	ابعاد خندق (متر)			مساحت حوضه بالادست (متر مربع)	پوشش سطح زمین (%)				
		طول	عمق متوسط	عرض		حوضه بالادست	شیب اصلی خندق	تاج پوشش گیاهی	لاشبرگ	خاک لخت
صحنه	فلیش، رس و آهک با گسل، درز و شکاف	۲۹۶/۱	۳/۳۶	۶/۲۴	۱۹۱۷	۲۶/۸	۳۳/۷	۴۰/۴	۲۳/۹۷	۳۰/۴۶
قصر شیرین	سازند مارنی آغاچاری	۹۸۵	۱/۱۲	۱/۳	۵۵۰۳	۴/۸۶	۷/۱۷	۳۸/۴۸	۴۱/۱۶	۱۰/۲۵

اختلاف داشتند. دلیل این امر نیز تفاوت در شرایط توپوگرافی بود (جدول ۴).

این یافته‌ها به روشنی بیان کننده نقش اثر نوع فرآیند غالب در رابطه شیب - مساحت به عنوان آستانه توپوگرافی به شمار می‌آید. بنابراین برای فعالیت خود نوع فرآیند مربوط به رواناب سطحی با حرکات زیرسطحی و ریزشی بالاکنند جایگزین شده است. از طرفی رابطه شیب و مساحت و ضرایب آن ( $\alpha$  و  $\beta$ ) به نوبه خود تحت اثر عوامل مختلف محیطی (زمین‌شناسی، اقلیم، کاربری و پوشش) است.

این عامل موجب افزایش ضریب رواناب و در نتیجه توسعه ابعاد فرسایش خندق است که در اراضی کشاورزی با عملیات کشاورزی و تردد ماشین آلات نیز تشدید می‌گردد (۵۸،۷). بررسی‌های میدانی در کاربری کشاورزی منطقه قصرشیرین نشان داد که در مناطق تحت شخم و آتش زدن بقایای گیاهی موجب تشکیل هدکتهای به مراتب بزرگتر و بیشتر با آثار مشهود انحلال گردیده است. بر اساس نتایج تحقیقات مختلف، فرسایش خندقی بر اثر عوامل زمین‌شناسی و توپوگرافی در نقاطی شدید است که تغییر کاربری اراضی و یا بهره‌برداری نامناسب از اراضی منجر به کاهش پوشش گیاهی گردید (۵۴،۵۱،۴۱). معمولاً سوزاندن بقایای گیاهی و شخم با گاو آهن برگرداندن (از جمله مناطق مورد مطالعه) منجر به کاهش ماده آلی و متعاقباً کاهش پایداری خاک و در نتیجه تشدید انحلال و تشکیل تونل ناشی از آن است (۴۲،۳۷،۳۴). (۵۲)

### مقایسه آستانه‌های توپوگرافی فرسایش خندقی در دو منطقه مورد بررسی

آستانه نقطه‌ای است که از آن به بعد رفتار یک سیستم تغییر می‌کند (۳۹). با توجه به این تعریف ساده، بر اساس حداقل متغیرهای توپوگرافی و پوشش گیاهی که خندق مشاهده گردد، مبنای آستانه فرسایش گرفته شد. نتایج بررسی آستانه توپوگرافی خندق‌ها با استفاده از تحلیل خوشه‌ای بر اساس رابطه شیب- مساحت برای کل خندق‌های هر منطقه انجام یافت و نتیجه رابطه آماری آن نیز در جدول ۴ درج گردیده است.

مساحت حوضه بالادست خندق در هر دو کاربری مرتع متوسط و مرتع فقیر در منطقه صحنه (به ترتیب ۱۹۱۷ و ۱۲۳۶ مترمربع) از منطقه قصرشیرین (به ترتیب ۵۵۰۳ و ۳۶۶۸ مترمربع) نیز تحت تاثیر عوامل توپوگرافی و زمین‌شناسی و تا حدودی پوشش گیاهی کمتر بود. بر اساس مشاهدات میدانی، فرسایش خندقی در منطقه صحنه بخش محدودی از دامنه را در بر دارد و بطوریکه اشاره شد، ابعاد بیشتر آنها ناشی از شرایط دره، گسل و عواملی از این دست است که در واقع بخشی از عمق و عرض خندق‌های مورد بررسی به دلیل همین دره و گسل‌های محلی است. این عامل نیز موجب کاهش مساحت حوضه بالادست در منطقه صحنه گردیده است (جدول‌های ۴ و ۵).

با توجه به جدول ۶، میانگین شیب و مساحت لازم برای شروع فرسایش خندقی در کاربری‌های مرتع متوسط و فقیر در داخل هر منطقه اختلاف چندانی نداشتند. در مقابل مساحت لازم برای خندقی شدن در منطقه صحنه و قصرشیرین با هم

جدول ۴- نتایج آماری بررسی آستانه توپوگرافی کل خندق‌های منطقه صحنه

Table 4. Statistical analysis for topographic threshold in Sahneh site

متغیر	$\alpha$	$\beta$	R	R <sup>2</sup>	سطح معنی‌داری	رابطه
کل خندق‌ها	۱۱/۷۸	۰/۱۲۴	-۰/۲۵۵	۰/۰۶۵	۰/۱۶	$Y=۱۱/۷۸ X^{-۰/۱۲۴}$

جدول ۵- نتایج آماری بررسی آستانه توپوگرافی در کاربری‌های مختلف منطقه قصرشیرین

Table 5. Statistical analysis for topographic threshold of different landuse in Ghasreshirin site

کاربری‌ها	تعداد خندق	$\alpha$ *	$\beta$ *	R <sup>2</sup>	سطح معنی‌داری	رابطه
کشاورزی	۲۵	۳/۱۶۹	-۰/۰۰۹	۰/۰۱۵۷	۰/۹۶۳	$Y=۳/۱۶۹ X^{-۰/۰۰۹}$
مرتع متوسط	۱۶	۲۶۱/۹۵	-۰/۵۰۶	۰/۳۹۶۳	۰/۰۳۶	$Y= ۲۶۱/۹۵ X^{-۰/۵۰۶}$
مرتع ضعیف	۱۱	۱۸۱/۶۹	-۰/۴۵۱	۰/۶۲۲۵	۰/۰۱۱	$Y= ۱۸۱/۶۹ X^{-۰/۴۵۱}$

\*: ضریب‌های متغیر شیب (متغیر مساحت)، \*\*: ضریب همبستگی بین شیب و مساحت، \*\*\*: متغیر وابسته (شیب خندق)

جدول ۶- مقایسه آستانه شیب و مورفومتری فرسایش خندقی در دو منطقه صحنه و قصرشیرین

Table 6. Comparing the slope and morphometric thresholds of gully erosion in Ghasreshirin and Sahneh sites

کاربری	متغیر*	صحنه		قصرشیرین	
		میانگین	حداقل	میانگین	حداقل
مرتع متوسط	شیب (%)	۹	۲۷	۳	۷/۱۵
		۲۷۴	۴۷۹	۱۶۸۹	۵۵۰۳
مرتع فقیر	شیب (%)	۲۳	۲۹	۳	۷/۲۵
		۲۸۸	۶۲۳	۱۲۳۳	۳۶۶۸

\* بر اساس متوسط کاربری‌های هر منطقه

آستانه فرسایش خندقی متأثر از تغییر کاربری اراضی و تضعیف پوشش گیاهی به همراه فعالیت‌های نامناسب کشاورزی از جمله شخم نامناسب و بی‌رویه (منطقه قصرشیرین) می‌باشد. در یک جمع‌بندی نهایی، مقایسه آستانه‌های فرسایش خندقی نشان داد که نقش پوشش گیاهی در افزایش و تأخیر آستانه فرسایش خندقی کلیدی است. بنابراین، حفظ مراتع و مدیریت اصولی آنها در راستای حفاظت از پوشش گیاهی مهم‌ترین رهیافت کنترل فرسایش خندقی در مراتع است. همچنین در اراضی کشاورزی اصلاح شخم توأم با حفظ ماده آلی خاک می‌تواند نقش مهم در کنترل این فرسایش و کاهش پیامدهای ناشی از آن را ایفا نماید.

بر اساس نتایج این تحقیق، تفاوت آستانه فرسایش خندقی دو منطقه مورد بررسی (صحنه و قصرشیرین) ناشی از شرایط (شیب متوسط هر منطقه) و زمین‌شناسی است. در مقابل، مقایسه درون منطقه‌ای آستانه توپوگرافی فرسایش خندقی در کاربری‌های هر منطقه بیانگر نقش قابل ملاحظه نوع کاربری اراضی است که از طریق تفاوت در تاج‌پوشش گیاهی و سطح خاک لخت می‌گردد که در نهایت بر تعیین ابعاد خندق‌ها نقش دارد. پایین بودن معنی‌دار پوشش گیاهی کمتر مرتع فقیر در مقایسه با مرتع متوسط موجب تغییر در آستانه توپوگرافی فرسایش خندقی گردیده است. البته این تفاوت در منطقه قصرشیرین به دلیل تفاوت بیشتر تاج‌پوشش گیاهی کاربری‌ها، نیز بیشتر بود. بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که

## منابع

- Adelpur, A. 2004. An investigation on hydraulic thresholds of gully erosion in different landuses in the loamy sand soils, PhD thesis, Faculty of Science and Engineering of Water, Chamran University, 194 pp.
- Agharazi, H., A. Davudirad, M. Mardian and M. Soufi. 2014. 'Investigation of area slope threshold of gullies in the Zahirabad Watershed, Shazand, Markazi Province', Watershed Engineering and Management, 6(1): 1-9.
- Ahmai, H. 2011. Applied Geomorphology (vol. 2; water erosion), 3<sup>rd</sup> edi. Tehran University. Peress. 688 pp (In Persian).
- Akbari, M., M. Bashiri and A. Rangavar. 2017. Application of Data-Mining Algorithms in the Sensitivity Analysis and Zoning of Areas Prone to Gully Erosion in the Indicator Watersheds of Khorasan Razavi Province. Environment Erosion Research, 7(2): 16-42 (In Persian).
- Borchardt, G. 1989. Smectites, in: Bighman, J.M., Dixon, J.B., Milford, M.H., Roth, C.B., Weed, S.B. (Eds.), Minerals in Soil Environments. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Washington, pp: 728-767.
- Emerson, W.W. 1967. A Classification of Soil Aggregates Based on Their Coherence in Water, Journal of Soil Science, 5: 47-57.
- Essien, O.E. and O.W. Emmanuel. 2013. Haulage Vehicle Traffic and Runoff Effect on Gully Growth on Roadside Slopes of Unpaved Sand-Quarry Road, Uyo. American Journal of Engineering Research (AJER), 02(10): 363-368.
- Feiznia, S., M. Heshmati, H. Ahmadi and J. Ghodos. 2007. Investigation of gully erosion in Marly Agha-Jari formation in Zagross (Case study: Ghasre-Shirin, Kermanshah). Pajouhesh & Sazandegi, 74: 32-40.

9. Ghoddousi, J. and M. Tavakoli. 2007. Assessing effect of rangeland exclusion on control and reduction of soil erosion rate and sediment yield in Nomads Affairs. Jihad- e- Agriculture Organization of Shiraz Province- Iran.
10. Igwe, C.A. 2015. Gully Erosion in Southeastern Nigeria: Role of Soil Properties and Environmental Factors. Department of Soil Science, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria.
11. Hayas, A., A. Peña and T. Vanwalleghem. 2019. Predicting gully width and widening rates from upstream contribution area and rainfall: A case study in SW Spain, *Geomorphology*, 341: 130-139.
12. Heshmati, M., A. Arifin, J. Shamshuddin, N.M. Majid and M. Ghaituri. 2011. Factors affecting landslides occurrence in agro-ecological zones in the Merek catchment, Iran. *Journal of Arid Environment*, 75: 1072-1082.
13. Khojeh, N., J. Ghoddosi and R. Esmaili. 2017. Investigation of the Effect of Earth Environmental Factors on Initiation and Expansion of Gully Erosion by using Geographical Information System (Case Study in Temer Ghareh Khozi, Kalaleh, Golestan Province), *Journal of Watershed Management Research*, 8(15): 202-212 (In Persian).
14. Karimi-bavandpoor, A., A. Hajihosaini and M. Shahandi. 1999. Geological Map of Kermanshah: 1:100,000 Series: 5458. Geological Survey of Iran Publisher, Tehran.
15. Karimi, R., A. Jalalian, M.K. Eghbal, S. Ayoubi and N. Toomanian. 2008. Landslide hazard in central Zagros region in Iran. 15<sup>th</sup> international congress of ISCO (International Soil Conservation Organization), Budapest.
16. Kemper, W.D., R.C. Rosenau and A.R. Dexter. 1987. Cohesion development in disrupted soils as affected by clay and organic matter content and temperature, *Journal of Soil Science*, 51: 860-867.
17. Khojeh, N., J. Ghoddosi and R. Esmaili. 2017. Investigation of the Effect of Earth Environmental Factors on Initiation and Expansion of Gully Erosion by using Geographical Information System (Case Study in Temer Ghareh Khozi, Kalaleh, Golestan Province). *Journal of Watershed Management Research*, 8 (15): 202-212.
18. Kirkby, M.J. and L.J. Bull. 2000. Some factors controlling gully growth in fine - grained ediments: a model applied in Southeast Spain. Elsevier, *Catena*, 40: 127-146.
19. Knapen, A. and J. Poesen. 2010. Soil Erosion Resistance Effects on Rill and Gully Initiation Points and Dimensions. *Earth Surface Processes and Landforms*, 35: 217-228.
20. Lutengger, A.J. and A.J. Cerato. 2008. Surface Area and Engineering Properties of Fine-grained Soil. University of Massachusetts Press, Amherst.
21. Marden, M., A. Gregory, A. Seymour and R. Hambling. 2012. Marden., History and distribution of steepland gullies in response to land use change, East Coast Region, North Island, New Zealand, *Geomorphology*, 154: 81-90.
22. Martinez-Casasnovas, J.A. 2003. A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion. *CATENA* 50: 293-308.
23. Martz, L.W. 1992. The Variation of Soil Erodibility with Slope Position in a Cultivated Canadian Prairie Landscape. *Earth Surface Process and Landform*, 17: 543-556.
24. Mohammad, A. and M. Adam. 2010. The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses, *Catena*, 81: 97-103.
25. Montgomery, D.R. and W.E. Dietrich. 1994. Landscape dissection and drainage area slope thresholds. In: Kirkby, M.J. (Ed.), *Process Models and Theoretical Geomorphology*. Wiley, Chichester, UK, pp: 221-246.
26. Morgan, R.P.C. and M. Mongomezulu. 2003. Threshold conditions for initiation of valley side gullies in Middleveld of Swaziland, *Catena*, 50(2-4): 401-414.
27. Morgan, R.P.C. 2005. *Soil Erosion and Conservation*. Blackwell Publisher, Oxford, London.
28. Mutiee, H. 1993. Zaros Stratigraphy (1), in: Hoshmandzadeh, E (Eds.), *Geology of Iran*, Geological Survey of Iran.
29. Munoz-Robles, C., N. Reid, P. Frazier, M. Tighe, S.V. Briggs, and B. Wilson. 2010. Factors Related To Gully Erosion In Woody Encroachment In South Eastern Australia. *Catena*, 83: 148-157.
30. Nachtergaele, J. and J. Poesen. 2002. Spatial and temporal variations in resistance of loess-derived soils to ephemeral gully erosion. *European Journal of Soil Science*, 53(3): 449-463.
31. Nazari-samani, A.A. 2008. A survey on effective measures related to topographic, runoff and sediment yield threshold of gully erosion, PhD thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University, 181 pp.
32. Negassa, W., R. Price, A. Basir, S. Snapp and A. Kravchenko. 2015. Cover crop and tillage systems effect on soil CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes in contrasting topographic positions. *Soil and Tillage Research*, 154: 64-74.
33. Nogueras, P., F. Burjachs, F. Gallart and J. Puidefabregas. 2003. Recent Gully Erosion in El Cautivo Badlands. *Catena*, 40: 203-215.
34. Nourmohammadi, F. and A. Haghizadeh. 2014. Factors controlling the morphology and volume – length relations of ephemeral gullies in the western arid regions of Iran. *ECOPERSIA*, 2(3): 613-628.



35. Nyssen, J., J. Poesen, J. Moeyersons, M. Haile, J. Deckers and E. Luyten. 2004. Gullies in the Northern Ethiopian Highlands: new insights on causes and control measures, International Symposium on Gully Erosion under Global Change, 102.
36. Parkner, T., N. Page Marden and T. Marutani. 2007. Gully systems under undisturbed indigenous forest, East Coast Region. *Journal of Geomorphology (New Zealand)*, 84: 241-253.
37. Patton, P.C. and S.A. Schumm. 1975. Gully erosion: a threshold phenomenon. *Geology*, 3: 88-90.
38. Phillips, J.D. 2006. Evolutionary geomorphology: thresholds and nonlinearity in landform response to environmental change. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 3: 365-394.
39. Poesen, J., L. Vandekerckhove, J. Nachtergaele Oostwoud, D. Wijdenes, G. Verstraeten and V.B. Wesemael. 2002. Gully erosion in dryland environments. In: Bull LJ and KirkbyM (Eds) *Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-Arid Channels*. Chichester: Wiley, 229-262.
40. Poesen, J., L. Vandekerckhove, J. Nachtergaele Oostwoud, D. Wijdenes, G. Verstraeten and V.B. Wesemael. 2002. Gully erosion in dry land environments. In: Bull, L.J., Kirkby, M.J. (Eds.), *Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-Arid Channels*. Wiley, Chichester, UK, pp: 229-262.
41. Polyakov, V.O. and R. Lal. 2008. Soil organic matter and CO<sub>2</sub> emission as affected by water erosion on field run-off plots. *Geoderma*, 143: 216-222.
42. Quinton, R. 2002. Bioengineering principles and desertification mitigation In Mediterranean desertification. John Wiley and Sons: Chichester, pp: 93-105.
43. Rostamizad, G. 2014. Modeling of geometric characteristics of gully erosion; case study: Dareh-shar, Ilam, PhD thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University. 191 (In Persian).
44. Sadeghi, S.H.R., F. Noor Mohamadi, M. Sufi and B. Yasrebi. 2009. Modeling for gully erosion in the Darehshar, Ilam. *Journal of Watershed Management Research*, 85: 38-44 (In Persian).
45. Shadfar, S. 2016. 'Identifying the gully erosion potential by using artificial neural network (ANN), case study: Troud Watershed', *Watershed Engineering and Management*, 8(3): 256-263.
46. Servati, M.R., M. Gahrudi-tal, A. Golkarami and A. Najafi. 2014. Geomorphologic threshold of gulling in the Kechi catchment, Golestan province. *Applied Research of Geography Science*, 14(32): 231-249 (In Persian).
47. Shahab Arkhazloo, H. and S. Asghari. 2019. Evaluation and optimization of REGEM model to estimate the gully erosion distribution in three watersheds of Ardabil province, *Environment Erosion Research*, 8(4): 101-121 (In Persian).
48. Soleimanpour, S.M., M. Soufi and H. Ahmadi. 2010. Determining effective factors on gully development in Konartakhte region, Fars Province. *Journal of Water and Soil*, 23(1): 131-141 (In Persian).
49. Soleimanpour, S.M. 2012. Determining Gully Erosion Threshold in Fars Province, PhD thesis. Azad University, Research and Science branch, 237 pp (In Persian).
50. Soleimanpour, S.M., M. Sufi, M. Zolfaghari and H. Ahmadi. 2014. Investigation of topographic threshold relations of gully creation in various land use in Fars province, Iran. *Indian Journal of Science and Research*, 3(1): 362-371.
51. Sufi, M. 2012. Investigation on morpho-climatic characteristics of gully erosion in Fars province (final report). Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran.
52. Svoray, S. and H. Markovitch. 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.
53. Tom, D. and J. Poesen. 2014. A review of topographic threshold conditions for gully head development in different environments. *Earth-Science Reviews*, 130: 73-85.
54. Valentin, C., J. Poesen and G. Li. 2005. Gully erosion: Impacts, factors and control. *Catena*, 63: 132-153.
55. Vandekerckhove, L., J. Poesen and G. Govers. 2003. M. edium-term gully headcut retreat rates in Southeast Spain determined from aerial photographs and ground measurements. *Catena*, 50: 329-352.
56. Wilson, G.V., R.F. Cullum and M.J. Romkens. 2008. Ephemeral gully erosion by preferential flow through a discontinuous soil-pipe. *Catena*, 73: 98-106.
57. Wu, Y. and H. Cheng. 2005. Monitoring Of Gully Erosion on the Loess Plateau of China Using a Global Positioning System. *Catena*, 63, 154-166.
58. Yibelta, M., A. Tsunekawa, N. Haregeweyn, E. Adgo, D. Tsegaye, M.T. Masunaga, M. Tsubo, P. Billi, K. Ebab, A. Alma, F. Mulatu and L. Berihun. 2019. Morphological characteristics and topographic thresholds of gullies in different agro-ecological environments, *Geomorphology*, 341: 15-27.

## Effects of Geological and Topographical Factors on Determining Gully Erosion Thresholds

**Khosrw Shahbazi<sup>1</sup>, Mohamad Khosrowshahi<sup>2</sup>, Mosayeb Heshmati<sup>3</sup> and Mohammad Ghiety<sup>4</sup>**

---

1- Assistant Professor, Forest and Rangeland Research Institute,  
(Corresponding author: khosrw\_shahbazi@yahoo.com)

2- Associate Professor, Forest and Rangeland Research Institute

3 and 4- Associate Professor and Assistant, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Training Center, Agricultural Research, Training and Extension Organization, (AREEO), Kermanshah

Received: August 27, 2019      Accepted: March 28, 2020

---

### Abstract

Due to considerable effects of gully erosion on land degradation, it is the one of the serious kind of water erosion and thereby more costly control. This objective of this research was to determine some environmental thresholds of gully erosion which conducted in the Kermanshah province, Iran. The results explored that, there are significant differences of gully morphometry and thresholds between Sahneh (SA) and Ghasreshirin (GH) regions due to different geologic, topographic and vegetation properties. However, GH is located on Aghajari formation comprising marl deposits promoting more piping and head-cut formation than SA area. The mean gully length in fair rangeland (FR) and weak rangeland (WR) of SH region was 296 and 312 m, respectively that significantly were lower in GH region (985 and 1110 m for FR and WR, respectively). In contract, gully depth and wide characteristics were reverse for these regions. The respective gully catchment area for FR and WR was 1917 and 1236 m<sup>2</sup> in SH region, while there was 5503 and 3668 m<sup>2</sup> for GH region indicating significant higher value for GH due to gentle slope. However, relationship between slope and catchment area showed that the minimum slope and catchment areas for triggering gully erosion in the SH region was 11% and 280 m<sup>2</sup>, respectively, hence; in GH these respective levels were 3% and 1450 m<sup>2</sup> also due to gentle slope of marl formation. It is concluded that gully properties and threshold are affected by geology and topography condition, while different gully characteristics within region is mainly controlled by landuse practices (converting FR to WR through improper grazing and subsequently decreasing plant cover and increasing bare soil). Thus there is more severe in GH because of considerable land use change and animal grazing, particularly during recent years.

**Keywords:** Aghajari Formation, Gully Catchment, Rangeland, Topographic Thresholds, Vegetations Cover