Archive of SID

مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

ص ۱۳۸-۱۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۸
تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۰۹/۲۳

مقایسهٔ آستانهٔ توپوگرافی فرسایش خندقی در کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر در منطقهٔ قصرشیرین

❖ **خسرو شهبازی*؛** عضو هیئت علمی مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.

❖ **علی سلاجقه؛** استاد دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

❖ **محمد جعفری؛** استاد دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

❖ **محمد خسروشاهی؛** دانشیار پژوهشی مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.

چکیده

فرسایش خندقی، نقش قابل توجهی در تخریب سرزمین به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک دارد. از سویی آستانه‌های توپوگرافی فرسایش خندقی، شدیداً متأثر از تغییر کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی است. هدف از این تحقیق، مقایسهٔ آستانه‌های توپوگرافی فرسایش خندقی در سه کاربری کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر در منطقهٔ قصرشیرین استان کرمانشاه بود. روش تحقیق، بر اساس اندازه‌گیری ویژگی‌های مهم توپوگرافی و ارزیابی رابطهٔ شیب- مساحت و نیز اندازه‌گیری پوشش سطح زمین بود. نتایج این تحقیق نشان داد که عرض کف، عرض بالایی، عمق و طول شاخهٔ فرعی خندق‌ها در مرتع متوسط، به‌طور معنی‌داری کمتر از کاربری‌های مرتع فقیر و کشاورزی بود. همچنین ارزیابی آستانهٔ توپوگرافی بر اساس رابطهٔ شیب- مساحت بالادست خندق نشان داد که آستانهٔ مساحت حوضهٔ بالادست برای تشکیل خندق در کاربری کشاورزی، مرتع متوسط و فقیر به ترتیب ۱۳۰۰، ۱۶۸۹ و ۱۲۳۳ متر مربع بود که در مرتع متوسط، به‌طور معنی‌داری به دلیل پوشش گیاهی بیشتر بود. آستانهٔ شیب شروع فرسایش خندقی منطقهٔ مورد مطالعه در کاربری‌های کشاورزی، مرتع (فقیر و متوسط) به ترتیب یک، سه و سه درصد به‌دست آمد. سطح اشغال شده توسط خندق در کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر به‌ترتیب ۱۲/۴، ۱۴/۱ و ۲۱/۶ درصد بود. حجم خندق‌ها در کاربری‌های مرتع متوسط، به‌ترتیب ۳/۴ و ۲/۲ برابر کمتر از کاربری‌های کشاورزی و مرتع فقیر بود. بنابراین با تخریب مراتع، به‌ویژه تخریب پوشش گیاهی آن آستانه‌های توپوگرافی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته که کاهش کیفیت خاک، تشدید فرسایش و پیامدهای زیست‌محیطی آن، از جمله انتشار کربن آلی خاک قابل ملاحظه است.

کلید واژگان: آستانهٔ شیب- مساحت، کاربری اراضی، مرتع متوسط، منطقهٔ قصرشیرین.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۹۹۱۸۱۴۱۵۰۷۰+

Email: khosrwshahbazi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

فرسایش خندقی، نقش قابل توجهی در تخریب سرزمین به دلیل اثرات درون‌حوزه‌ای و برون‌حوزه‌ای، به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک دارد. این فرسایش، از فرایندهای مهم تخریب خاک است که بسته به شدت عوامل مختلف، بین ۱۱ تا ۴۹ درصد از کل فرسایش آبی جهان را شامل می‌شود [۲۷]. گسترش روزافزون این فرسایش، باعث تشدید رواناب، سیل و غیرقابل استفاده شدن اراضی می‌شود و در مواردی که بهره‌برداری از منابع خاک، آب و پوشش گیاهی، متناسب با توان‌های طبیعی و شرایط محیطی نباشد، موجب تغییرات قابل ملاحظهٔ سرزمین می‌گردد که در چنین حالتی، پیامدهای زیان‌بار اقتصادی و اجتماعی، رسوب‌زایی و افزایش گرمای زمین از طریق انتشار کربن آلی بیشتر است [۱۱ و ۳۶].

تغییر کاربری مراتع و متعاقب آن کاهش پوشش گیاهی، نقش مهمی در تغییر آستانه‌های فرسایش خندقی دارد؛ به‌طوری‌که آن را فراتر از نوع معینی از سازندهای زمین‌شناسی، شرایط توپوگرافی و نوع خاک گسترش داده است [۶]. به همین دلیل، رشد و گسترش فرسایش خندقی، از منطقه‌ای به منطقه‌ای دیگر برحسب شرایط توپوگرافی و کاربری اراضی، متفاوت است و تاکنون نیز مدل فراگیری برای پیش‌بینی شکل‌گیری رشد و گسترش و کنترل این نوع فرسایش ارائه نشده است [۳۰]. بیشترین تحقیقات انجام شده در زمینهٔ فرسایش خندقی در راستای شرایط توپوگرافی و ژئومرفولوژی آن است. [۱۷]، اولین بار آستانهٔ توپوگرافی را بر مبنای رابطه بین شیب و مساحت به عنوان عوامل مؤثر بر جریان رواناب بر روی دامنه و به‌طور مشخص براساس رابطهٔ بین شیب (S) و مساحت بالادست خندق (A) مورد بررسی قرار دادند. بر این مبنا، شیب بحرانی برای ایجاد برش و بالاکند در سطح خاک به میزان رواناب بستگی دارد و چون اندازه‌گیری رواناب مشکل است، عامل مساحت به‌عنوان جایگزین استفاده شده است.

در این ارتباط، رابطهٔ معکوس شیب و مساحت، بیانگر تأثیر شدیدتر رواناب در ایجاد بالاکند است. این روند در مناطق مدیترانه‌ای به‌طور بارزتری مؤثر بوده است [۳۷]. در اسپانیا [۳۸]، به بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی خندق‌های کم‌عمق (کمتر از ۰/۸ متر) و عمیق (بیشتر از ۰/۸) پرداختند، نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که از نظر ریخت شناسی، کاملاً متفاوت هستند و اشکال متفاوتی نیز تشکیل می‌دهند. همچنین خندق‌های عمیق در مکان‌هایی با افق‌های حساس خاک گسترش می‌یابند و در آستانه‌های بالاتری در مقایسه با خندق‌های کم‌عمق تشکیل شده بودند.

[۲۹]، در تحقیقاتی که در استان فارس انجام دادند، فرآیند غالب در گسترش خندق‌ها را در اقلیم‌های متفاوت با رابطهٔ شیب- مساحت بررسی نمودند. نتایج نشان داد که در اقلیم‌های خشک بیابانی سرد و خشک بیابانی معتدل، فرآیند غالب مؤثر در گسترش خندق‌ها، رواناب سطحی بود، اما در اقلیم‌های خشک بیابانی گرم، نیمه‌خشک معتدل و نیمه‌خشک سرد و مدیترانه‌ای معتدل، فرآیند رواناب زیر سطحی در گسترش خندق‌ها مؤثر بود که به نوبهٔ خود، تابعی از پوشش گیاهی، بافت خاک، کاربری نامناسب اراضی و سازند زمین‌شناسی مارنی بود.

براساس نتایج تحقیقات [۲۹]، مساحت لازم برای گسترش خندق‌ها در منطقهٔ علامرودشت لامرد، بین ۱ تا ۳ هکتار و در منطقهٔ فداغ لارستان، بین ۰/۲ تا ۰/۶ هکتار بسته به نوع کاربری متغیر بود. [۲۵]، در شهرستان دره شهر استان ایلام به بررسی مدل‌های آلومتری در ۱۸ خندق منتخب پرداختند. نتایج نشان داد که رشد خطی و ابعاد خندق‌ها، تابعی از طول خندق، فاصله از رأس، اختلاف ارتفاع، ارتفاع رأس و شیب کناره‌ها می‌باشد.

تغییر کاربری اراضی و متعاقب آن تغییر در پوشش گیاهی، نقش مهمی در فرسایش خندقی از طریق تغییر در رابطهٔ شیب و مساحت بالاکند ایجاد می‌نماید. مطالعات [۳]، در این زمینه نشان داد که تمرکز جریان بر روی دامنه‌های شیب‌دار، منجر به تشکیل و توسعهٔ خندق شده است که تابعی از نوع کاربری است. گرچه از دیرباز نقش پوشش سطح زمین به‌ویژه پوشش گیاهی برای کنترل فرسایش مورد توجه بوده، اما اهمیت آن در کنترل فرسایش خندقی به مراتب بیشتر است. به همین دلیل،

www.SID.ir

Archive of SID

نقش پوشش گیاهی در کنترل فرسایش خندقی مورد توجه تحقیقات جهانی و نیز پژوهش های داخلی بوده است.[۱۹]، به بررسی نقش پوشش سطح زمین از جمله سنگریزهٔ موجود در خاک سطحی در کاهش میزان فرسایش در مقیاس‌های متفاوت پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که بسته به مقیاس مطالعه، نقش سنگریزه بر کاهش فرسایش بسته به جنس خاک می‌تواند نقش کاهنده و یا بعضاً افزاینده باشد.

در تحقیقات انجام شده در منطقهٔ گراسلند سانفرانسیسکو، توسط [۲۰]، با اقلیم مرطوب مشخص شد که پوشش گیاهی، نقش کلیدی در تغییرات آستانه‌های فرسایش خندقی دارد؛ به‌طوری‌که با حذف کامل گیاهان، آستانهٔ فرسایش خندقی به یک سوم کاهش یافت.

[۱۵]، تأثیر تخریب پوشش گیاهی بر توسعه و خصوصیات هیدرولیکی خندق‌ها در جنوب غربی اسپانیا را بررسی کردند که بر اساس نتایج آن، پوشش گیاهی بر میزان وقوع و خصوصیات هیدرولیکی و مورفومتری خندق‌ها نقش اساسی داشته است.

[۳۷]، اعلام می‌دارد در منطقهٔ مدیترانه‌ای در هر دو کاربری مرتعی و کشاورزی، تأثیر نوع و مقدار پوشش زمین بر آستانهٔ توپوگرافی را مهم‌تر از اقلیم به‌دست آوردند. علاوه بر این در اراضی کشاورزی، عامل ساختمان خاک سطحی و رطوبت پیشین آن، مهم‌تر از مقدار بارش است. واضح است که تغییر پوشش گیاهی (نوع و مقدار آن)، نتیجهٔ تغییر کاربری غیراصولی زمین است که منجر به کاهش مقاومت برشی خاک و در نتیجه کاهش آستانهٔ فرسایش خندقی می‌گردد که نهایتاً جریان، راحت‌تر سبب حفر و ایجاد چالهٔ اولیه خواهد شد. بر این اساس، نقش پوشش گیاهی در اراضی شیبدار برای ممانعت از ایجاد چالهٔ اولیه و بالاکند، مهم‌تر از شیب‌های پایین است.

آزمایشاتی که در زمینهٔ مقاومت کششی ریشهٔ گیاهان در کنترل فرسایش خندقی در محیط‌های مدیترانه‌ای توسط [۲۱]، انجام گردید، گونه‌هایی را توصیه می‌نماید که دارای پوشش زمینی متراکم و سیستم ریشه‌ای قوی برای تثبیت دیوارهٔ خندق‌ها باشد. پوشش گیاهی موجود در دیواره و کف خندق به میزان ۳۳ درصد، باعث کاهش فعالیت و در حد ۵۰ درصد، باعث توقف فعالیت خندق‌ها می‌گردد [۲۳]، اما تخریب پوشش گیاهی، عامل اصلی تشکیل و توسعهٔ خندق است [۷].

نتایج تحقیقات [۳۵]، در شمال تایلند، نشان داد که پوشش گیاهی در کنترل فرسایش خندقی، از سایر موارد نتیجهٔ بهتری داشته است. در این راستا [۸]، طی مطالعاتی نسبت به شناسایی گونه‌های گیاهی مناسب جهت کنترل فرسایش خندقی براساس ویژگی‌های مهم از جمله تراکم ساقه، پتانسیل نگه‌داشت رسوب، تولید لاشبرگ کافی، ضریب قابلیت ارتجاعی برای ساقه‌ها، مقاومت بیشتر در مقابل تنش برشی جریان، سیستم ریشه‌ای قوی (نسبت مساحت ریشه و مقاومت کششی آن) اقدام نمودند

و نهایتاً نقش گراس‌ها را برتر از سایر گیاهان به‌دست آوردند. همچنین نتایج پژوهش‌های [۱۲]، در مراتع استرالیا با خاک آندوسل و بارش حدود ۴۴۱ میلی‌متر نیز نشان داد که توسعهٔ ابعاد خندق‌ها، بستگی به آستانهٔ شیب، مساحت و پوشش گیاهی داشت که البته نقش آستانهٔ پوشش گیاهی، بیشتر بود. در ایران نیز نقش پوشش گیاهی در تغییر آستانه‌های فرسایش خندقی از جمله آستانه‌های توپوگرافی مورد بررسی قرار گرفته است که می‌توان به نتایج تحقیقات [۴، ۲۲ و ۲۹]، اشاره نمود که در آن‌ها تغییرات پوشش گیاهی بر اثر تغییر کاربری و کاربری غیراصولی اراضی از جمله برگرداندن عرصه‌های جنگلی و مرتعی به اراضی کشاورزی و یا شخم غیراصولی و چرای شدید دام مورد توجه بوده است. افزون بر این، در بیشتر موارد فرسایش خندقی توسط عواملی نظیر کشت و سیستم‌های نامناسب آبیاری، چرای مفرط، شهرسازی و ساخت جاده نیز تشدید می‌گردد [۳۶].

آستانهٔ فرسایش خندقی، متأثر از عوامل طبیعی از جمله عوامل توپوگرافی است که بر اثر فعالیت‌های انسانی در قالب تغییر کاربری اراضی و فعالیت‌های نامناسب کشاورزی تشدید می‌گردد. در این تحقیق فرسایش خندقی در منطقهٔ قصرشیرین مورد بررسی قرار گرفت که هدف از انجام آن، تعیین و مقایسهٔ آستانه‌های توپوگرافی

www.SID.ir

Archive of SID

در سه کاربری کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر بود.

هدف از این تحقیق، مقایسهٔ آستانه‌های فرسایش خندقی براساس اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری ۵۲ خندق موجود در کاربری‌های مختلف در منطقهٔ قصرشیرین استان کرمانشاه بود. منطقهٔ مطالعاتی به دلیل مارنی بودن و کاربری نامناسب از جمله شخم غیراصولی و چرای مفرط دام نسبت به فرسایش خندقی حساس است و هر سال شاهد تخریب خاک و منابع سرزمین در اثر این فرسایش است.

۲. روش‌شناسی

۱،۲. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

این پژوهش در منطقهٔ قصرشیرین در غرب استان کرمانشاه انجام گرفت. مساحت حوضهٔ مورد مطالعه ۱۰۷۱۰ هکتار با مختصات جغرافیایی ´۳۵ °۴۵ تا ´۴۶ °۴۵ طول شرقی و ´۲۵ °۳۵ تا ″۲۹، ´۳۳، °۳۴ عرض شمالی و با ارتفاع ۴۰۰ تا ۶۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). توپوگرافی این منطقه، به شکل اراضی نسبتاً کم شیب حاصل از سازند مارنی آغاجاری 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. متوسط بارندگی سالیانه، ۳۷۰ میلی‌متر است که بارش‌های مؤثر از آبان‌ماه شروع و تا اردیبهشت‌ماه ادامه دارد. به طور میانگین ماه بهمن با ۸۰/۳ میلی‌متر، پرباران‌ترین و ماه مرداد بدون بارندگی، خشک‌ترین ماه سال است. میانگین دمای سالیانه، ۲۲/۵ درجهٔ سانتی‌گراد می‌باشد که در گرم‌ترین ماه سال (مرداد) ۳۵/۱ و در خنک‌ترین ماه سال (بهمن)، ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه، نیمه‌خشک معتدل است.

۲،۲. تهیهٔ نقشهٔ واحد کاری

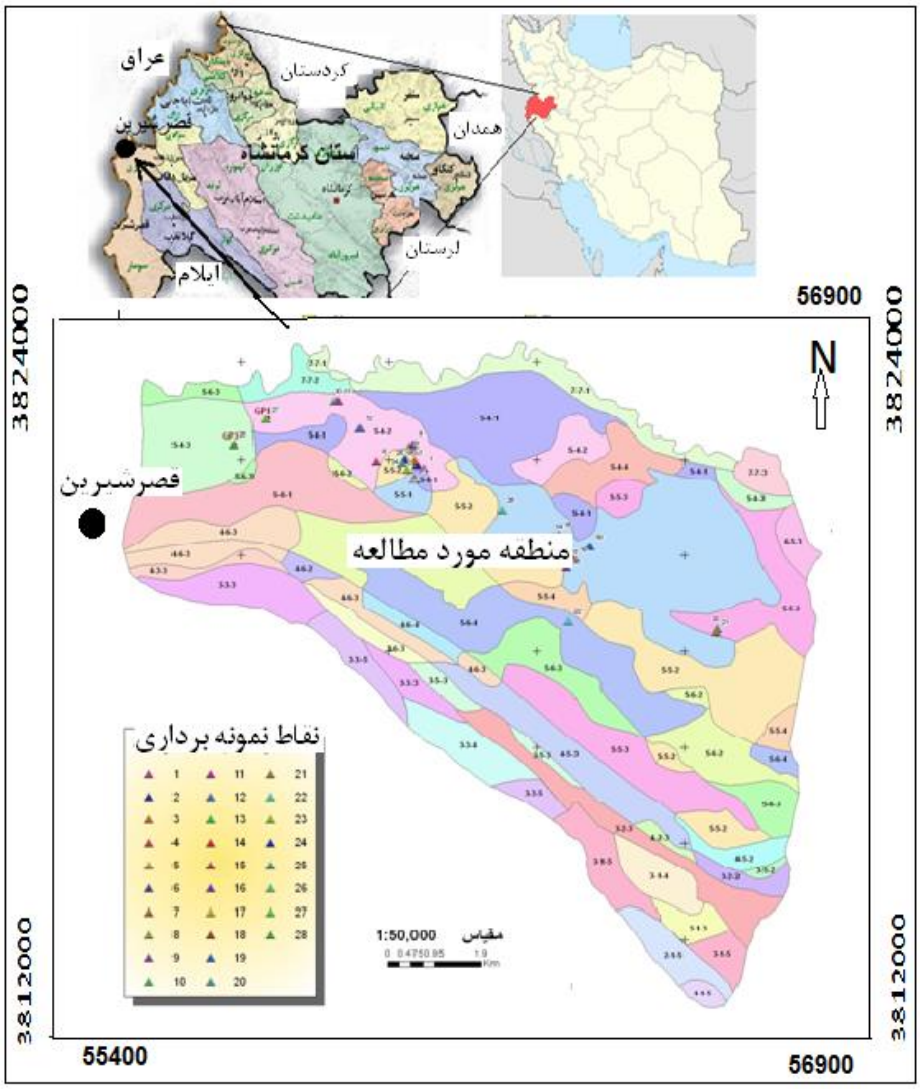
در این مرحله ابتدا نقشه‌های زمین‌شناسی، کاربری اراضی و توپوگرافی تهیه شد و سپس محدودهٔ سازندهای زمین‌شناسی با استفاده از GPS کنترل میدانی گردید. نقشهٔ پراکنش فرسایش خندقی با بررسی دقیق میدانی کنترل و تهیه شد. نقشه‌های توپوگرافی (شیب، جهت و طبقات ارتفاعی) با استفاده از نرم‌افزار GIS (Arc Gis نسخهٔ 9.3) تهیه گردید. با روی هم‌گذاری لایه‌های مورد اشاره، نقشهٔ ژئومورفولوژی منطقه تهیه گردید. در مرحلهٔ بعدی هر رخسارهٔ فرسایشی با مشخصات مختص خود (سازند زمین‌شناسی، توپوگرافی و کاربری) به عنوان واحد کاری مبنای بررسی میدانی قرار گرفت [۴]. رخساره‌های فرسایش خندقی با ۳ کاربری کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر تفکیک شدند.

۳،۲. اندازه‌گیری‌های میدانی

- کنترل میدانی ویژگی های مربوط به بعضی از نقشه‌های پایه از جمله مرز رخساره‌ها؛
- اندازه‌گیری پارامترهای ابعادی محدودهٔ بالاکند خندق‌ها شامل طول، عمق، عرض کف و عرض بالا شیب زمین، شیب سر بالاکند و شیب‌های جانبی به‌ویژه در محل بالاکند؛
- اندازه‌گیری مساحت حوزهٔ بالادست هر یک از خندق‌های مورد بررسی با *GPS*؛
- اندازه‌گیری ابعاد هندسی آبراهه خندق‌ها در فواصل سر بالاکند، ۵۰ و ۷۵ درصدی طول خندق (شیب‌های طولی و جانبی، عرض تحتانی و بالایی و عمق خندق).
- اندازه‌گیری پوشش سطحی خاک شامل درصدهای پوشش گیاهی، لاشبرگ سطحی، سنگریزهٔ سطحی و خاک لخت در قسمت‌های بالایی خندق، خروجی و کناره‌های خندق‌های منتخب با استفاده از پلات‌های استاندارد ارزیابی مراتع (۱×۱ متر)، انجام گردید و در هر کاربری، با استفاده از ترانسکت خطی انجام شد. در هر کاربری برحسب مساحت، ۲۰ تا ۳۰ پلات یک متر مربعی به فواصل ۱۰ متر از هم در سواحل راست و چپ و مرکز خندق‌ها و به موازات ترانسکت‌ها مستقر و اندازه‌گیری به‌عمل آمد (شکل ۲).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد پژوهش (قصرشیرین) در استان کرمانشاه و ایران

شکل ۲. اندازه‌گیری پوشش گیاهی و خاک لخت با پلات‌های یک متر مربعی در کاربری‌های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

۴،۲. آستانهٔ توپوگرافی

اندازه‌گیری مورفومتری خندق‌های مورد بررسی در هر کاربری، شامل مساحت حوزهٔ بالادست، ابعاد خندق‌ها و شیب آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی آستانهٔ توپوگرافی در کاربری‌ها، ابتدا گروه‌بندی خندق‌ها بر اساس کلیهٔ خصوصیات اندازه‌گیری شده و فراوانی آن‌ها به روش تحلیل خوشه‌ای انجام شد و گروهی که شامل بیشترین تعداد خندق بود، جهت محاسبهٔ آستانهٔ توپوگرافی در کاربری مربوطه انتخاب شد [۱۴ و ۲۴] (شکل ۳).

در مرحلهٔ بعدی، گروه‌بندی خندق‌ها جهت محاسبهٔ میزان آستانهٔ توپوگرافی ایجاد فرسایش خندقی در سه کاربری کشاورزی، مرتع متوسط و فقیر، بر اساس دو پارامتر مساحت بالادست خندق و شیب بالادست هدکت (در دو تا سه متری بالادست سر خندق) به روش تحلیل خوشه‌ای و با استفاده از نرم‌افزار $SPSS_{22}$ و SAS انجام شد. نقطهٔ بحرانی برای انجام عمل کنش و ایجاد بالاکند متأثر از شیب و رواناب است که به‌دلیل مشکل بودن اندازه‌گیری رواناب در مساحت‌های کوچک، عامل مساحت به عنوان جایگزین استفاده می‌شود. این کار به شکل رابطهٔ (۱) توسط پاتون و شیوم (۱۹۷۵) ارائه گردیده که در تحقیق حاضر مورد استفاده قرار گرفت.

$$S_{cr}=\alpha A^{-\beta} \qquad (1)$$

که در آن S شیب بالادست خندق (درصد)، A مساحت حوضهٔ بالادست (متر مربع)، β و α نیز ضرایب آستانه‌های توپوگرافی هستند که بر حسب شرایط منطقه قابل محاسبه خواهند بود.

۵،۲. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیهٔ آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS (نسخه ۶/۱۲) شامل موارد زیر بود:

- آمار توصیفی هر یک از داده‌ها در کاربری‌ها شامل میانگین، ضریب تغییرات، واریانس و مقادیر حدی (کمینه و بیشینه).
- مقایسهٔ میانگین داده‌ها در سه کاربری از طریق تجزیهٔ واریانس (ANOVA) به منظور یافتن اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد برای مقایسهٔ آستانه‌های مورد اندازه‌گیری

۳. نتایج

۱،۳. ژئومورفولوژی محدودهٔ فرسایش خندقی

در این تحقیق، ۵۲ خندق در سه کاربری کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر مورد بررسی قرار گرفت که شرایط زمین‌شناسی (سازند مارنی آغاجاری) و خاک‌شناسی آن‌ها یکسان بود. رخساره‌های ژئومورفولوژی کاربری کشاورزی، دشت سرپوشیده بود، اما دو کاربری دیگر (مراتع فقیر و متوسط)، بر روی دامنهٔ نامنظم و دشت سرفرسایشی قرار دارند. پوشش گیاهی در اراضی کشاورزی در فصل رویش، خوب بود؛ اما در زمان بارش‌های فصل پاییز تا اوایل زمستان، غالباً خاک اراضی کشاورزی فاقد پوشش گیاهی کافی برای مصون ماندن از برخورد نیروی قطرات باران است. خندق‌های کاربری‌ها در همه جهات جغرافیایی مشاهده گردیدند، اما جهت غالب آن‌ها در کاربری کشاورزی، غربی و در دو کاربری دیگر، جنوبی بود (جدول ۱).

۲،۳. مورفومتری خندق‌های مورد بررسی

مشخصات مورفومتری خندق‌های مورد بررسی به تفکیک ۳ کاربری کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر، در جدول ۲ درج گردیده است. این ویژگی‌ها، شامل عرض بالایی، عرض کف خندق، عمق، طول شاخهٔ فرعی و اصلی، شیب‌های خندق، نقش خندق در تخریب اراضی و مساحت حوزهٔ بالادست به شرح زیر می‌باشد.

طول شاخهٔ اصلی (کانال اصلی خندق) در کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر به ترتیب ۹۹۴، ۹۸۴ و ۱۱۱۰ متر به‌دست آمد که در کاربری مرتع فقیر،

www.SID.ir

Archive of SID

به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو کاربری دیگر بود ($p<0.5\%$) که از عوامل اصلی آن می‌توان به فقر پوشش گیاهی بر اثر چرای شدید دام در طول فصل چرا (مراتع قشلاقی) اشاره نمود. در این فصل، بارش‌ها نیز تؤام با فصل چرا هستند که در مجموع کوبیدگی سطح خاک بر اثر سم دام و چرای گیاهان در حال رشد، به‌ترتیب منجر به کاهش نفوذ پذیری و کاهش مقاومت در مقابل تنش برشی جریان‌های سطحی و در نهایت باعث گسترش فرسایش خندقی و از جمله افزایش حجم کانال اصلی آن خواهد شد.

جدول ۱. وضعیت کلی پوشش گیاهی و شیب در فرسایش خندقی منطقهٔ قصرشیرین

کاربری اراضی	وضعیت پوشش گیاهی	جهت غالب شیب	تعداد خندق	شیب حوضهٔ خندق			
				میانگین شیب حوضهٔ خندق (٪)*	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
کشاورزی	-	غربی	۲۵	۴/۷۸ (b)	۱/۲۸	۳/۰	۷/۰
مرتع متوسط	متوسط	جنوبی	۱۶	۷/۱۷ (a)	۲/۱۳	۳/۵	۱۱/۰
مرتع فقیر	ضعیف	جنوبی	۱۱	۷/ ۲۰(a)	۲/۲۲	۳/۰	۱۳/۳

* میانگین با حروف غیرهمسان، دارای متفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵درصد هستند.

میانگین طول شاخهٔ فرعی خندق‌ها در کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر، به‌ترتیب ۲۱۶، ۱۸۲ و ۱۳۶ متر به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) در کاربری کشاورزی به دلیل عملیات تسطیح (این عمل منجر به افزایش طول شاخه‌های فرعی با ابعاد بزرگ‌تر گردید) بیشتر بود.

میانگین عرض بالایی خندق در کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر به‌ترتیب ۲/۲۵، ۱/۶۸ و ۲/۰۱ متر به‌دست آمد که نتایج تجزیه واریانس میانگین آن‌ها نشان داد که به‌طور معنی‌داری در کاربری مرتع متوسط، کمتر از دو کاربری دیگر به‌دست آمد. عرض کف خندق نیز به‌ترتیب کاربری‌های مورد اشاره، ۱/۴۵۲، ۰/۹۲۲ و ۱/۵۲۲ متر بود. این عامل نیز به همان نسبت در کاربری مرتع متوسط کمتر به‌دست آمد.

میانگین عمق متوسط خندق‌ها در سه کاربری کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر به ترتیب ۱/۲۹، ۱/۱۲ و ۱/۱۹ متر به‌دست آمد که با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما در کاربری مرتع متوسط، اندکی کمتر از دو کاربری دیگر بود. همچنین نتایج اندازه‌گیری متوسط شیب در سه متری بالادست خندق در کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر، به‌ترتیب ۳/۶۷، ۴/۸۶ و ۵/۳۴ درصد بود که علی‌رغم زیاد بودن آن در کاربری مرتع فقیر، با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. شیب حوضهٔ بالادست خندق‌ها برای سه کاربری کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر نیز، به‌ترتیب ۴/۷۸، ۷/۱۷ و ۷/۲۰ درصد بود. نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که این شیب به‌طور معنی‌داری در کاربری کشاورزی، کمتر بود. مناسب‌ترین فاصلهٔ اندازه‌گیری شیب بالادست خندق در فاصلهٔ حدود سه متری سر خندق است [۱۴].

نقش خندق در تخریب (سطح اشغال شده توسط خندق) در کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر به ترتیب ۱۲/۴، ۱۴/۱ و ۲۱/۶ درصد بود. این ویژگی مورفومتری خندق در کاربری مرتع فقیر، به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاربری‌های دیگر به‌دست آمد. متوسط مساحت حوضهٔ بالادست خندق، ۵۶۱۹، ۳۶۶۸ و ۵۵۰۳ متر مربع به‌ترتیب برای کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری در کاربری مرتع متوسط، کمتر از دو کاربری دیگر به دلیل پوشش گیاهی است که در واقع گسترش خندق را محدود نموده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین متغیرهای مورفولوژی فرسایش خندقی در منطقهٔ مورد پژوهش

متغیر	کاربری			*Pr>F
	کشاورزی	مرتع متوسط	مرتع ضعیف	
عرض بالایی خندق (متر)	۲/۲۵(a)	۱/۶۸(a)	۲/۰۱(a)	۰/۰۱۹۸
عرض کف خندق (متر)	۱/۴۵۲(a)	۰/۹۲۲(a)	۱/۵۵۲(a)	۰/۰۳۰۱
عمق خندق (متر)	۱/۲۹(a)	۱/۱۲(a)	۱/۱۹(a)	۰/۸۳۱
طول شاخهٔ فرعی خندق (متر)	۲۱۶/۲۴ (a)	۱۸۲/۶۰(b)	۱۳۶/۰۰(b)	۰/۰۱۴۶
طول شاخهٔ اصلی خندق (متر)	۹۹۴/۲(a)	۹۸۴/۷(a)	۱۱۱۰(a)	۰/۰۴۵
شیب متوسط خندق در ۳ متری بالاکند (درصد)	۳/۶۷(a)	۴/۸۶(a)	۵/۳۴(a)	۰/۰۰۶۳
شیب متوسط حوضهٔ خندق (درصد)	۴/۷۸(b)	۷/۱۷(a)	۷/۲۰(a)	۰/۰۰۰۱
شیب جانبی (درصد)	۴/۳ (b)	۷/۲ (a)	۶/۹ (a)	۰/۰۰۰۵
نقش خندق در تخریب (درصد)	۱۲/۴۰ (b)	۱۴/۰۹(b)	۲۱/۵۶ (a)	۰/۰۰۰۱
مساحت حوضهٔ خندق (متر)	۵۶۱۹ (a)	۵۵۰۳ (a)	۳۶۶۸ (b)	۰/۰۰۰۱

* میانگین هر متغیر با حروف الفبای غیریکسان با هم اختلاف معنی‌داری دارند.

۳،۳. آستانهٔ توپوگرافی (شیب و مساحت بالادست)

آستانهٔ توپوگرافی براساس رابطهٔ شیب – مساحت بالادست خندق‌های مورد بررسی و به تفکیک نوع کاربری به‌دست آمد. برای این منظور، حداقل مساحت مورد نیاز برای تشکیل خندق در بین گروهی که بیشترین خندق را دارا بود، محاسبه گردید (شکل‌های ۳ و ۴؛ جدول‌های ۳ و ۴). بر این اساس، حداقل مساحت مورد نیاز در کاربری کشاورزی، مرتع متوسط و فقیر به ترتیب ۱۳۰۰، ۱۶۸۹ و ۱۲۳۳ مترمربع به‌دست آمد. مساحت حوزهٔ بالادست مرتع متوسط، از همه بیشتر است. به عبارت دیگر آستانهٔ فرسایش خندقی در مرتع فقیر و کشاورزی، به‌طور معنی‌داری کمتر از کاربری مرتع متوسط به‌دست آمد. همچنین آستانهٔ شیب شروع فرسایش خندقی منطقهٔ مورد مطالعه در کاربری‌های کشاورزی، مرتع (فقیر و متوسط) به ترتیب یک، سه و سه درصد است.

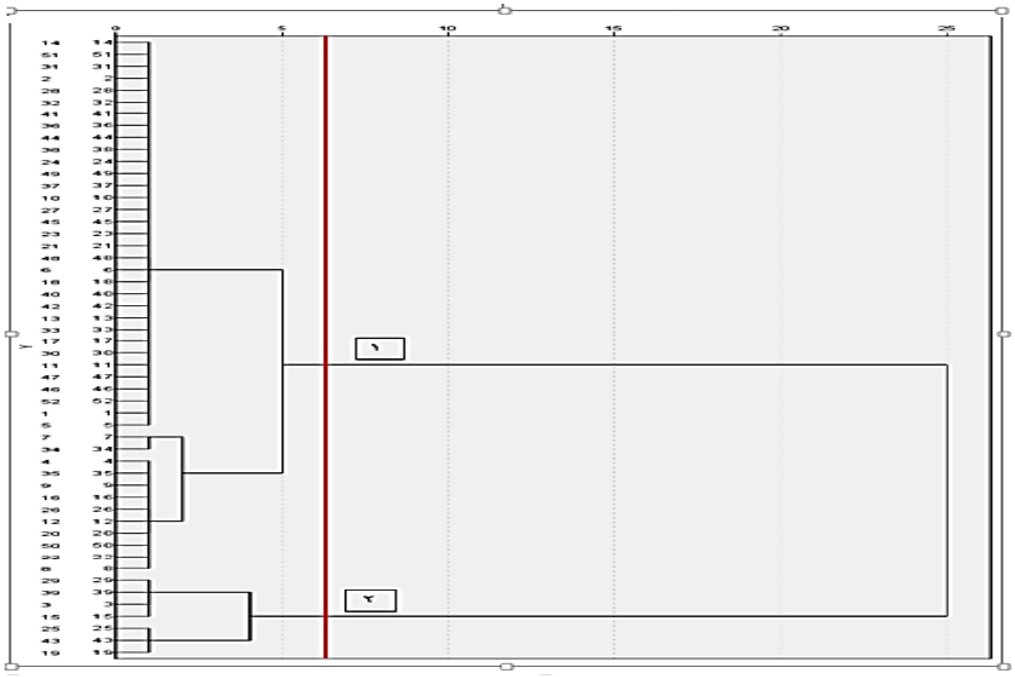
بنابراین، شیب کاربری کشاورزی ضمن این که به‌طور معنی‌داری کمتر بود، اما خندق هایی با ابعاد بزرگ‌تر را به‌وجود آورده بود که متعاقباً موجب تولید رسوب و هدررفت منابع آب و خاک بیشتری خواهد شد. مشاهدات میدانی نیز مؤید تجمع بیشتر رسوب در بستر و نقاط پایاب خندق‌های با کاربری کشاورزی بود که غالباً در جهت شیب و شخم گسترش داشتند. در چنین نقاطی هدکت‌ها، متراکم‌تر و عمیق‌تر نیز بودند. این شرایط کما بیش در مرتع فقیر نیز وجود داشت، اما در مرتع متوسط، هدکت‌ها به مراتب کم‌عمق و با فواصل بیشتری مشاهده گردید (شکل ۵). با توجه به جدول ۳، ضریب همبستگی شیب-مساحت در کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر به ترتیب حدود ۱۱، ۳۰ و ۶۳ در صد به‌دست آمد که در مرتع فقیر، از همه بیشتر بود. همچنین توان β رابطهٔ آستانه در هر سه کاربری منفی به دست آمد که بیانگر غالب بودن نقش رواناب سطحی در فرسایش خندقی است.

۴،۳. پوشش سطحی حوضهٔ بالادست خندق‌ها

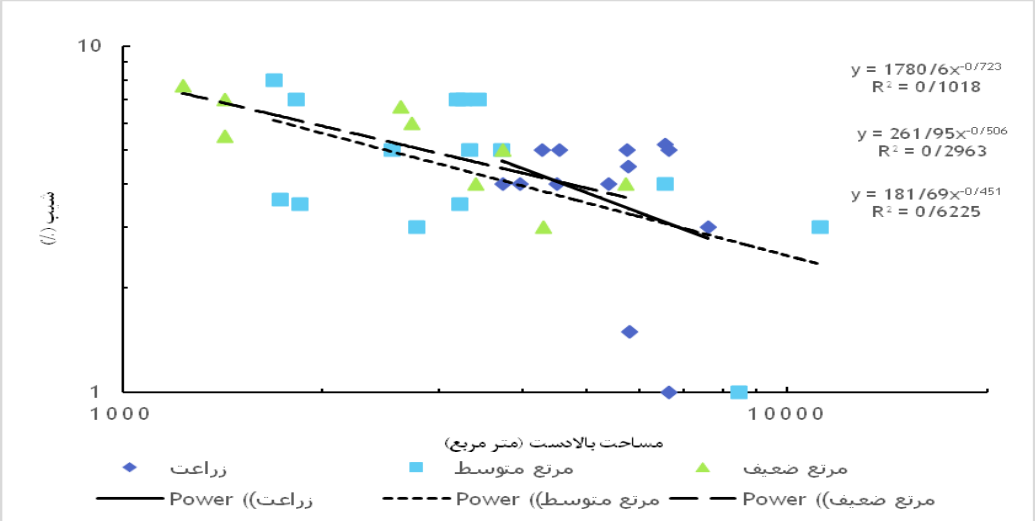
نتایج اندازه‌گیری پوشش سطح زمین در حوضهٔ بالادست ۵۲ خندق مورد بررسی، شامل پوشش گیاهی، لاشبرگ سطحی، خاک لخت و سنگریزه سطحی در جدول ۵ درج شده است. بر این اساس، پوشش گیاهی کاربری‌های کشاورزی (متوسط سال زراعی) و مرتع فقیر، حدود ۲۹ درصد و در مرتع متوسط حدود ۳۶ درصد به‌دست آمد که در مرتع متوسط، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. همچنین لاشبرگ گیاهی مرتع متوسط، بیشتر بود. در مقابل سطح خاک لخت کاربری مرتع متوسط، به‌طور معنی‌داری کمتر بود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. گروه‌بندی خندق‌های ایجاد شده در کل خندق‌های منطقهٔ مورد پژوهش



شکل ۴. نمودار شیب - مساحت بالادست خندق در کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و فقیر

جدول ۳. نتایج بررسی آستانهٔ توپوگرافی در کاربری‌های مختلف (رابطهٔ شیب – مساحت)

کاربری	خندق تعداد	α*	β*	R^{2**}	رابطه
کشاورزی	۲۵	1780.6	-0.723	0.1018	$Y=1780.6\ X^{-0.723}$
مرتع متوسط	۱۱	261.95	-0.506	0.2963	$Y=261.95\ X^{-0.560}$
مرتع ضعیف	۱۶	187.69	-0.451	0.6225	$Y=181.69X^{-0.451}$

* ضریب‌های متغیر مساحت (متغیر مستقل)، ** ضریب همبستگی بین شیب و مساحت (هر سه رابطه در سطح $P<0.05$ معنی‌دار بودند)،
*** متغیر وابسته (شیب بالادست خندق)، مساحت = X، شیب = Y

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. آستانه شیب اراضی و مورفومتری فرسایش خندقی در منطقه مورد پژوهش (قصر شیرین)

متغیر	کشاورزی		مرتع متوسط		مرتع ضعیف	
	حداقل	میانگین	حداقل	میانگین	حداقل	میانگین
شیب متوسط کاربری(٪)	۱	۴/۷۲	۳	۷/۱۷	۳	۷/۲۰
مساحت حوضه خندق (m^2)	۱۳۰۰	۵۶۱۹	۱۶۸۹	۵۵۰۳	۱۲۳۳	۳۶۶۸

شکل ۵. فرسایش خندقی در کاربری‌های A= مرتع متوسط، B= مرتع فقیر و C= کشاورزی در منطقهٔ قصرشیرین

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین متغیرهای پوشش سطحی خاک در منطقهٔ مورد پژوهش

متغیر	کاربری			*Pr>F
	کشاورزی	مرتع متوسط	مرتع ضعیف	
لاشبرگ حوضهٔ خندق (درصد)	۹/۲۳ (a)	۱۰/۱۱ (ab)	۷/۸۰ (b)	۰/۰۰۰۴
سنگریزه سطحی حوضهٔ خندق (درصد)	۹/۵۲ (a)	۱۰/۲۵ (a)	۶/۹۲ (b)	۰/۳۶۵
خاک لخت حوضهٔ خندق (درصد)	۵۲/۳۶ (b)	۴۳/۷۴ (ab)	۵۶/۵۸ (a)	۰/۰۰۷۸
پوشش گیاهی حوضهٔ خندق (درصد)	۲۸/۸۹ (a) **	۳۵/۹۰ (b)	۲۸/۷۰ (a)	۰/۱۲۲

* میانگین هر متغیر با حروف الفبای غیریکسان، با هم اختلاف معنی‌داری دارند، ** در کاربری کشاورزی در زمان دارای پوشش زراعی (پس‌چر)

۵،۳. حجم خندق‌های منطقهٔ مورد پژوهش

حجم هدررفت خاک ناشی از فرسایش خندقی بر اساس عرض و عمق متوسط، سطح مقطع و نسبت مساحت خندق (در هکتار) برای هر یک از کاربری ها محاسبه گردید (جدول ۶). حجم خندق (که در واقع حجم خاک از بین رفته از بدو تشکیل است)، به ترتیب ۵۹۲۷، ۱۷۶۱ و ۳۸۵۹ متر مکعب در هکتار برای کاربری‌های کشاورزی، مرتع متو سط و مرتع فقیر به‌د ست آمد که در کاربری‌های

www.SID.ir

Archive of SID

کشاورزی و مرتع فقیر، به‌ترتیب ۳/۴ و ۲/۲ برابر بیشتر از مرتع متوسط می‌باشد. پیامدهای برون حوضه‌ای این فرسایش، از جمله رسوب‌زایی، انتشار کربن آلی و هدر رفت عناصر غذایی آن‌ها قابل ملاحظه است.

جدول ۶. ابعاد و حجم خندق در هکتار در کاربری‌های مختلف منطقهٔ مورد پژوهش (قصرشیرین)

۱	۲		۳	۴	۵	۶
کاربری	ابعاد خندق (متر)		سطح مقطع (متر مربع)	حجم کلی خندق در هکتار (m^3)	سطح اشغال شده توسط خندق (٪)	حجم خندق در هکتار (m^3) (ستون ۵×۴)
	عرض متوسط	عمق				
کشاورزی	۱/۹۲	۲/۴۹	۴/۷۸	۴۷۸۰۰	۱۲/۴۰	۵۹۲۷
مرتع متوسط	۰/۹۲	۱/۳۶	۱/۲۵	۱۲۵۰۰	۱۴/۰۹	۱۷۶۱
مرتع ضعیف	۱/۲۱	۱/۴۸	۱/۷۹	۱۷۹۰۰	۲۱/۵۶	۳۸۵۹

۴. بحث و نتیجه‌گیری

۱،۴. ژئومورفولوژی محدودهٔ فرسایش خندقی

همان‌طور که اشاره شد، سازند مارنی آغاجاری، محدودهٔ فرسایش خندقی منطقهٔ مورد بررسی را با خاک حاوی مقدار زیاد سیلت به شکل دشت سر (دشت سرهای پوشیده و فرسایشی) تشکیل می‌دهد. میانگین شیب بالادست خندق‌ها به‌ترتیب برای کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر ۴/۷۸، ۷/۱۷ و ۷/۲۰ در صد بود که در کاربری کشاورزی، به‌طور معنی‌داری کمتر بود ($p<0.05$). نتایج بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که فرسایش خندقی در اراضی هموار و کم‌شیب منطقهٔ زاگرس، گسترش بیشتری دارد. در این نواحی معمولاً فرسایش خندقی بر روی دشت‌سر و خط‌القعر اراضی تپه‌ماهوری گسترش بیشتری دارد [۲۸]. بررسی‌های میدانی نیز نشان داد که به دلیل تغییر کاربری و تجمع رواناب، تشکیل آثار انحلالی با فرورفتگی و تونل‌های موجود در بالاکند و نقاط مجاور آن شدیدتر بود. عوامل اقلیمی و ژئومورفولوژی شامل سنگ‌شناسی، شیب، مقدار بارش، خاک، پوشش گیاهی و نحوهٔ استفاده از اراضی به عنوان عوامل مؤثر در ایجاد فرسایش خندقی هستند [۴ و ۱۱].

۲،۴. مقایسهٔ توپوگرافی و مورفومتری در کاربری‌ها

بیشتر ویژگی های اندازه‌گیری شدهٔ مورفومتری خندق ها در کاربری های مورد اشاره، با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. این روند با تخریب پوشش گیاهی تشدید شده است؛ به‌طوری‌که در بیشتر موارد در مرتع متوسط از شرایط نسبتاً مطلوب‌تری برخوردار بود. معمولاً میانگین خندق‌هایی که بیشترین میانگین گسترش طولی را به خود اختصاص داده‌اند، واجد بیشترین مساحت حوضهٔ بالادست هستند [۲۸].

همچنین بررسی‌های میدانی نشان داد که معمولاً میزان توسعهٔ هدکت، تابعی از شیب زمین و مساحت حوضهٔ بالادست و پوشش گیاهی منطقه است و بر این اساس هرچه میزان مساحت بالادست بیشتر بود، شیب کمتر بود. این روند رابطهٔ معکوس شیب-مساحت را تأیید می‌نماید. گسترش فرسایش خندقی در کاربری‌های مرتع فقیر و کشاورزی بیشتر بود که در مشاهدات میدانی به وضوح دیده شد. این تغییر در مساحت به نوبهٔ خود، بازتابی از تأثیر پوشش گیاهی و تغییر کاربری است [۳۴].

با توجه به نتایج اندازه‌گیری پوشش سطح زمین، درصدهای خاک لخت، لاشبرگ گیاهی و سنگریزه سطحی

www.SID.ir

Archive of SID

در سه کاربری با هم تفاوت معنی‌داری داشتند و درصد تاج پوشش گیاهی در کاربری مرتع فقیر، کمتر بود. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت که نقش تغییر کاربری در افزایش یا کاهش آستانه‌های فرسایش خندقی عمدتاً به شکل تغییر در ساختار طبیعی پوشش سطح زمین بازتاب دارد که تغییر پوشش گیاهی، مهم‌ترین آن‌ها ست. به بیان دیگر، تفاوت معنی‌دار بیشتر ویژگی‌های اندازه‌گیری شدهٔ مورفومتری خندق ها در کاربری های مورد اشاره، به فعالیت‌های انسانی بر می‌گردد که نهایتاً منجر به تغییر در پوشش گیاهی و مادهٔ آلی خاک گردیده است که در همه این حالات در مرتع متوسط، از شرایط نسبتاً مطلوب‌تری برخوردار بود. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، با نتایج بررسی‌های [۱۲، ۲۲، ۲۹ و ۳۴] مطابقت دارد.

۳،۴. مقایسهٔ آستانهٔ توپوگرافی (رابطهٔ شیب-مساحت)

میزان توسعهٔ هدکت خندق علاوه بر عوامل خاک و پوشش گیاهی، تابعی از شیب زمین و مساحت حوضهٔ بالادست است و بر این اساس هرچه میزان مساحت بالادست بیشتر باشد، به همان نسبت توسعهٔ ابعاد هدکت (بالاکند) به دلیل جمع‌آوری و تمرکز حجم بیشتر رواناب نیز بیشتر خواهد شد. همچنین آستانهٔ شیب شروع فرسایش خندقی منطقهٔ مورد پژوهش در کاربری‌های مرتع (فقیر و متوسط)، سه درصد است. با توجه به بررسی آستانهٔ توپوگرافی خندق‌های مورد پژوهش براساس تحلیل رابطهٔ شیب - مساحت بالای پیشانی خندق، نشان داد که رابطهٔ معکوس شیب با مساحت، نشانهٔ تأثیر آن در جمع‌آوری رواناب سطحی و سرعت رواناب است که در نتیجه در توسعهٔ ابعاد خندق نقش دارند.

در مناطق خندقی بررسی شده، رابطهٔ نمایی شیب-مساحت دارای علامت منفی است که نشان از غالب بودن فرآیند رواناب سطحی در ایجاد کنش است که تغییرات آن در کاربری‌ها، بیانگر نقش رواناب در ایجاد و تشدید فرسایش خندقی می‌باشد که با تحقیقات [۳] مطابقت دارد. علاوه بر این، مقدار حداقل مساحت در کاربری‌ها نیز با آستانه‌های سایر تحقیقات مشابه نیز مطابقت داشت. [۱۹]، نشان داد که محدودهٔ آستانهٔ فرسایش خندقی از بعد مساحت، بین ۱ تا ۱۰ هکتار درنظر گرفته شده است. همچنین [۲۶]، آستانه های ژئومورفولوژی فرسایش خندقی اراضی لسی گرگان را مورد مطالعه قرار دادند که نتایج آن نشان داد که آستانهٔ شیب چهار تا هفت درصد (مشابه منطقهٔ مورد پژوهش) بود.

بر این اساس، میزان توسعهٔ فرسایش خندقی در کاربری‌های مرتع فقیر و کشاورزی نیز قابل انتظار خواهد بود که مشاهدات میدانی نیز مؤید این وضعیت بود. این تغییر در مساحت به نوبهٔ خود، بازتابی از تأثیر پوشش گیاهی و تغییر کاربری است [۳۴] که منجر به کاهش آستانهٔ فرسایش خندقی بر مبنای مساحت بالادست و افزایش حجم رواناب می‌گردد. براساس نتایج این پژوهش و مشاهدات میدانی، نقش تخریب پوشش گیاهی، کاهش مواد آلی خاک و تغییر کاربری اراضی در ایجاد خندق، تعداد و ابعاد آن‌ها به اثبات رسیده است. به همین دلیل نتایج این تحقیق نشان داد که اولاً رابطهٔ شیب-مساحت در هر سه کاربری مورد پژوهش، معنی‌دار بود، ثانیاً رابطه مستقیم و به شکل معکوس بود. به عبارت دیگر با افزایش شیب سر خندق مساحت حوزهٔ بالادست کمتری برای ایجاد فرسایش خندقی نیاز است. بر این مبنا، حداقل مساحت (آستانهٔ مساحت بالادست خندق) برای فرسایش خندقی در کاربری‌های کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر به ترتیب ۱۳۰۰، ۱۶۸۹ و ۱۲۳۳ متر مربع به‌دست آمد. با توجه به بررسی آستانهٔ توپوگرافی خندق‌های مورد مطالعه (شکل ۴) و (جدول ۳)، ضرایب منطقه‌ای رابطهٔ آستانهٔ توپوگرافی (شیب-مساحت) به تفکیک هر کاربری مشخص شدند. همان‌طور که مشخص است توان β رابطهٔ آستانه در هر سه کاربری کشاورزی، مرتع متوسط و مرتع فقیر منفی می‌باشد که نشان از فرایند غالب رواناب سطحی است. از طرفی با تحلیل رابطهٔ شیب و مساحت بالای پیشانی خندق، نشان داده شده است که رابطهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

معکوس شیب با مساحت، نشانهٔ تأثیر رواناب سطحی در ایجاد خندق ها و رابطهٔ مثبت نشانهٔ تأثیر رواناب زیرسطحی در ایجاد آن است [۲۴، ۱۴ و ۳۷]. پس می‌توان به این نتیجه رسید که عامل مؤثر در گسترش خندق‌های مورد پژوهش، رواناب سطحی می‌باشد. [۳۲]، در بررسی آستانهٔ فرسایش خندقی در اراضی مارنی منطقهٔ دره‌شهر ایلام بر اساس رابطهٔ شیب- مساحت حوزهٔ بالادست، نشان دادند که ضرایب همبستگی (ضریب تبیین) آستانهٔ فرسایش خندقی منفی و رابطهٔ آن‌ها معکوس بود. از سویی زیاد بودن مقدار ضریب همبستگی، نشان‌دهندهٔ غالب بودن عامل شیب-مساحت در کنترل فرسایش خندقی است و رواناب سطحی به شکل جریان زیرسطحی و ریزش بالاکند، شکل غالب است. مشاهدات میدانی نشان داد که در اطراف سر خندق‌ها تونل‌های متعدد وجود داشت که با گسترش ابعاد آن‌ها در جهات افقی و عمودی و در نهیت ریزش سقف موجب افزایش ابعاد هدکت‌ها شده بود. این روند در کاربری کشاورزی به‌مراتب شدیدتر بود. کاهش معنی‌دار مساحت حوزهٔ بالادست خندق در اراضی کشاورزی و مرتع فقیر در مقایسه با مرتع متوسط به‌ترتیب به دلیل انجام عملیات کشاورزی غیراصولی (به‌ویژه شخم) و چرای بی‌رویه دام است.

همان‌طور که اشاره شد، منطقهٔ مورد پژوهش بر روی سازند مارنی آغاجاری قرار دارد و نسبت سیلت خاک آن نیز زیاد است که وجود سیلت زیاد به دلیل قدرت چسبندگی کمتر (نسبت به ذرات رس) و وزن کم (نسبت به ذرات شن)، زمینه را برای کاهش آستانه‌های توپوگرافی فرسایش خندقی فراهم می‌نماید. به‌همین دلیل تنها پوشش گیاهی است که به‌طور مستقیم (تاج پوشش و ریشهٔ آن) و غیرمستقیم (مادهٔ آلی) در افزایش آستانه‌های فرسایش خندقی، تأثیر قابل ملاحظه خواهد داشت که در مرتع متوسط، به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو کاربری دیگر بود. نتایج تحقیق [۵]، آستانه‌های توپوگرافی براساس دو عامل درصد شیب و طول شیب در اراضی مارنی و سیلتی دامنه‌های پایین‌دست سهند نشان داد که شدت فرسایش خندقی در اراضی مارنی و سیلتی پایین‌دست حوزه با شیب کم تشدید گردید و در نقاطی که پوشش گیاهی ضعیف‌تر بود، خندق‌ها عمیق‌تر بودند و در نتیجه در تولید رسوب نقش بیشتری داشتند.

به‌طور کلی تفاوت معنی‌دار آستانه‌های فرسایش خندقی، نشان‌دهندهٔ نقش کلیدی تغییر پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی و یا بهره‌برداری نامناسب از اراضی را بازتاب می‌نماید. نتایج تحقیقات مختلف در دنیا و مقایسهٔ آن‌ها با هم نشان داد که نقش پوشش گیاهی در آستانهٔ فرسایش خندقی کلیدی بوده و حتی بالاتر از عوامل اقلیمی است [۳۷]. کاهش پوشش گیاهی و در نتیجه توسعهٔ فرسایش خندقی، بیشتر بر اثر تغییر کاربری و توسعهٔ اراضی کشاورزی ایجاد می‌گردد [۱ و ۲۹]. نتیجهٔ این تغییر کاربری، معمولاً افزایش رواناب و در نتیجه توسعهٔ ابعاد فرسایش خندقی است که در اراضی کشاورزی با عملیات کشاورزی و تردد ماشین‌آلات نیز تشدید می‌یابد [۱۰].

در مقابل، مطالعات [۹]، در اراضی کشاورزی حساس به فرسایش خندقی شمال شرقی چین نشان داد که فرسایش خندقی اراضی کشاورزی، شدیداً تحت تأثیر ردیف های پوشش گیاهی دائمی حفاظت خاک بود، به‌طوری که در فاصلهٔ ردیف های کمتر از ۱۲۰ متر، فرسایش خندقی وجود نداشت و با فاصلهٔ بیشتر از ۲۴۰ متر، کمترین تأثیر داشت و بهترین حالت تراکم، ۱۲۰۰ متر در کیلومتر مربع بود.

۴.۴. مقایسهٔ حجم خندق در کاربری‌ها

همان‌طور که در جدول ۶ اشاره شد، بررسی ابعاد خندق‌ها از جمله عمق و عرض متوسط خندق و نیز شیب دیوارهٔ خندق‌ها نشان داد که تفاوت‌های معنی‌داری در این زمینه در کاربری‌های مورد بررسی ایجاد شده است که بازتابی از تفاوت معنی‌دار آستانه‌های فرسایش خندقی است. متعاقباً حجم خندق‌ها در کاربری‌های کشاورزی و

www.SID.ir

Archive of SID

مرتع فقیر، به‌ترتیب ۳/۴ و ۲/۲ برابر بیشتر از مرتع متوسط بود. پیامدهای برون‌حوضه‌ای این فرسایش از جمله رسوب‌زایی قابل ملاحظه است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که ابعاد خندق‌ها در اراضی کشاورزی به دلیل شیب کم و عمق زیادتر خاک (نسبت به اراضی مرتعی)، بیشتر می‌باشد که با نتایج [۱۶ و ۲۶]، مطابقت دارد. مارنی بودن منطقه نیز آسیب‌پذیری به فرسایش خندقی را تشدید نموده است و می‌تواند در آینده، پیامدهای قابل توجه زیست‌محیطی را به شکل هدر رفت شدید منابع خاک، کربن آلی و عناصر غذایی به‌بار آورد و هر سال نسبت به قبل افزایش یابد. تحقیقات [۳۳]، در اتیوپی نشان داد سطح اشغال شده توسط فرسایش خندقی از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۷ تا ۴۵ درصد افزایش یافت و در سال بعد به دلیل توسعهٔ ابعاد خندق و لغزش‌های جانبی دیوارها، مقدار فرسایش به حد ۵۳۰ تن در هکتار در سال رسید که حدود ۴ سانتیمتر خاک زراعی بود.

در جمع‌بندی کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که آسیب‌پذیری سازندهای مارنی از جمله سازند مارنی آغاجاری، نسبت به فرسایش خندقی زیاد است. اندازه‌گیری آستانهٔ توپوگرافی این سازندها نسبت به دو عامل مهم و کلیدی یعنی تغییر کاربری و تخریب پوشش گیاهی حساس است. همچنین اندازه‌گیری رابطه شیب-مساحت خندق‌های مورد بررسی نشان داد که آستانهٔ توپوگرافی نسبت به تغییر کاربری حساس بوده و ضرایب آن‌ها با هم تفاوت معنی‌داری داشت، بطوری‌که تغییر مراتع متوسط به کاربری‌های کشاورزی و مرتع فقیر موجب کاهش معنی‌دار آستانهٔ فرسایش خندقی شد. نتیجه این روند تشکیل خندق‌هایی با ابعاد و حجم زیادتر در کاربری‌های کشاورزی و مرتع فقیر نسبت به کاربری مرتع متوسط بود. دلیل این امر تخریب پوشش گیاهی بر اثر عملیات کشاورزی غیراصولی و چرای نامناسب و بی‌رویه دام می‌باشد. نهایتاً با داشتن مساحت و شیب بالادست حوضهٔ خندق می‌توان با استفاده از ضرایب و معادلات آن (جدول ۳) آستانهٔ توپوگرافی فرسایش خندقی را بر حسب کاربری اراضی در راستای کنترل فرسایش خندقی در منطقهٔ مورد مطالعه و مناطق مشابه مشخص نمود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور که در تهیهٔ نقشه‌های مورد نیاز و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای کمک کرده‌اند، مدیریت جهاد کشاورزی قصرشیرین و ادارهٔ منابع طبیعی شهرستان قصرشیرین به خاطر تأمین محل اسکان، کارشناسان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه به خاطر همکاری در انجام عملیات صحرایی، تهیهٔ امکانات و تأمین خودرو صحرایی کمال سپاسگزاری به‌عمل می‌آید.

References

[1] 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 p.

[2] Adelpour, A.A. and Soufi. M. 2004. Chanel erosion thresholds for different landuses assessed by concentrated overland flow on a silty loam. Conservation Soil and Water for Society; sharing solution ISCO 200-13th international Soil Conservation Organization Conference, Brisbane, Australia.

[3] Agharazi, H., Davudirad, A., Mardian, M and Soufi. M. 2013. Investigation of area slope threshold of gullies in the Zahirabad Watershed, Shazand, Markazi Province. Journal of Watershed Engineering and Management (in Persian), 6 (1): 1-9.

[4] Ahmai. H. 2011. Applied Geomorphology (vol. 2; water erosion), 3rd edi. Tehran University. Press. 688 p. (in Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

[5] Bayati Khatibi., Rajabi. M. And Karami, F. 2011. Investigation of topographic thresholds and analyzing role of surface materials on gully development in the hillslope of semiarid areas. Case study: Shoorchay. Geography and Environmental Planning Journal 22th Year, 41 (1): 15-34. (In Persian)

[6] Bobrovitskaya, N.N. 2000. Hydrological, meteorological and morphological aspects of studying gully erosion in period of global change, International Symposium on Gully Erosion under Global Change, 35.

[7] Cheng, H., Zou, X., Wu, Y., Zhang, C., Qiuhong, Z. & Jiang, Z. 2007. Morphology Parameters Of Ephemeral Gully In Characteristics Hillslopes On The Loess Plateau Of China. Soil & Tillage Research, 94, 4-14.

[8] De Beats, S., J. Poesen, B. Reubens, B. Mays, J. De Baemaeker and J. Meersamans. 2009. Methodological framework to select plant species for controlling rill and gully erosion, application to a Mediterranean ecosystem. Earth Surf. Process. Landforms, *No* 34, page: 1374–1392.

[9] Deng, R., Wang, W., Fang, H., Yao, Z. 2015. Effect of farmland shelterbelts on gully erosion in the black soil region of Northeast China. J. For. Res. 26(4):941–948.

[10] Essien, O.E. and Emmanuel, OW. 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.

[11] Ghoddousi, J., Tavakoli, M., 2007 .Assessing effect of rangeland exclusion on control and reduction of soil erosion rate and sediment yield in Nomads Affairs. Jehad- e- Agriculture Organization of Shiraz Province - Iran.

[12] Munoz-Robles, C., Reid, N., Frazier, P., Tighe, M., Briggs, S. V. & Wilson, B. 2010. Factors Related To Gully Erosion In Woody Encroachment In South Eastern Australia. Catena, 83, 148-157.

[13] 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.

[14] 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 p.

[15] Nogueras, P., Burjachs, F., Gallart, F. & Puidefabregas, J. 2003. Recent Gully Erosion In El Cautivo Badlands. *Catena*, 40**,** 203-215.

[16] Nourmohammadi, F. and Haghizadeh, A. 2014. Factors controlling the morphology and

Volume –length relations of ephemeral gullies in the western arid regions of Iran.

[17] Patton, P.C., Schumm, S.A., 1975. Gully erosion: a threshold phenomenon. Geology 3, 88–90.

[18] Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstracten, G. and Volentin, C., 2003. Gully erosion and environmental change: Importance and research needs, Catena 50:91-133.160.

[19] Poesen, J., Torri, D. and Bunte, K. 1994. Effects of rock fragments on soil erosion by water at diffrent spatial scales. Catena, 23, 141-166.

[20] Prosser, I.P., Dietrich, W.E., Stevenson, J., 1995. Flow resistance and sediment transport by concentrated overland flow in a grassland valley, Geomorphology 13: 71-86.

[21] Quinton, R. 2002. Bioengineering principles and desertification mitigation In Mediterranean desertification. John Wiley and Sons: Chichester, page 93–105.

[22] Refahi, H.G. 2009. Water Erosion and its Control (6^{th} edit.), Tehran University Press. 672 p. (in Persian)

[23] Rey, F. 2003. Influence Of Vegetation Distribution On Sediment Yield In Forested Marly Gullies. Catena, 50**,** 549–562.

[24] Rostamizad, G. 2014. Modeling of geometric characteristics of gully erosion; case study: Dareh-shar, Ilam, PhD thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University. 191 p. (in Persian)

[25] Sadeghi, S.H.R., Noormohamadi, F. Sufi, M. And Yasrebi, B. 2009. Modeling for gully erosion in the Darehshar, Ilam. Journal of Watershed Management Research, 85:38-44. (In Persian)

[26] Servati, M.R., Ghahrudi-tal, M., Golkarami, A. And Najafi, A. 2014. Geomorphologic threshold of gulling in the Kechi catchment, Golestan province. Applied Research of Geography Science, 14 (32): 231-249. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

[27] Shafeie,A., Khazayi, M., Molayi, A. And Sofi, M. 2011. Study and Comparison of Pedagogical and Morphoclimatical Characteristics of Gullies. Iranian J. Water and Irrigation Engineering, 2 (5); 27-38.

[28] Soleimanpour, S.M., Hedayati, B., Soufi, M. And Ahmadi, H. 2015. Determination of Threshold of Effective Factors on Length Expansion of Gullies Using Data Mining Techniques in Mahourmilati Region, Fars Province. Watershed Management Science and Engineering, 9 (29):47-57. (In Persian)

[29] Soleimanpour, S.M. 2012. Determining Gully Erosion Threshold in Fars Province, PhD thesis. Azad University, Research and Science branch, 237 p. (In Persian)

[30] Sufi, M. 2012. Investigation on morpho-climatic characteristics of gully erosion in Fars province (final report). Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran.

[31] Sufi, M. And Abulverdi, Z. 2009. Investigation on morph-climatic characteristics of gully erosion in Fars province. 1st national conference on agricultural management and development of Iran, Tehran.

[32] Tavakuli, M., Rustamizad, G. And Nazarisamani, A. 2015. Determining placement of gully erosion in related to geomorphologic and affecting factor; Case study: Cham Jab, Darehshar, Ilam. Journal of Environment Erosion Research, 5th year, 1 (17): 44-57.

[33] Tebebu, TY., Abiy, AZ, Zegeye, AD., Dahlke, HE., Easton, ZM., Tilahun, SA. and Collick. AS. 2010. Surface and subsurface flow effect on permanent gully formation and upland erosion near Lake Tana in the northern highlands of Ethiopia. Hydrol. Earth Syst. Sci., 14, 2207–2217.

[34] Tom, D. and Poesen, J. 2014. A review of topographic threshold conditions for gully head development in different environments. Earth-Science Reviews, 130:73–85

[35] Turkelboom, F., Poesen, J., Trebuil, G., 2008. The multiple land degradation effects caused by land –use intensification in tropical steeplands: Acatchment Study from northern Thailand, catena75,102-116.

[36] Valentin, C., Poesen, J. and Li. G. 2005. Gully erosion: Impacts, factors and control. CATENA, 63; 132–153.

[37] Vandekechove, L., Poesen, J., Oostwoud wijdenes, D., Nachtengaele, J., Kosmas,C., Roxd, M.J., Figueiredo, T.De., 2000. Thresholds for Gully initiation and sedimentation in Mediterranean Europe, Earth surface processes and land forms. 25: 1201-1220.

[38] Vanwalleghem, T., Poesen, J., Nachtergaele, J. and Verachtert, E. 2005. Characteristics, Controlling Factors And Importance Of Deep Gullies Under Cropland On Loess-Drived Soils. *Geomorphology,* 69**,** 76-91.

[39] 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.

www.SID.ir