

# بررسی عوامل موثر در تولید رسوب ناشی از فرسایش خندقی در اقلیم‌های مختلف استان فارس

سیدمسعود سلیمان‌پور<sup>۱</sup>، دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی

مجید صوفی، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

حسن احمدی، استاد گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۰۲/۲۱

دریافت مقاله: ۱۳۸۷/۱۰/۰۲

## چکیده

طبق طبقه‌بندی اقلیمی به‌روش دومارتن اصلاح شده، استان فارس دارای فرسایش خندقی در شش اقلیم است. در تحقیق حاضر پس از انتخاب یک منطقه از هر اقلیم، تعداد ۱۵ خندق فعال و معرف از نظر ویژگی‌های مورفومتریکی در آن منطقه مشخص شد و مساحت آبخیز، شیب، میزان پیشروی، ضریب شکل آبخیز، دانه‌بندی ذرات رس، سیلت و شن، درصد پوشش گیاهی، درصد سنگریزه و خاک لخت در آبخیز واقع در بالای پیشانی هر خندق اندازه‌گیری، و تولید رسوب محاسبه شد. برای تعیین عوامل موثر در تولید رسوب ناشی از فرسایش خندقی با استفاده از روش Stepwise در نرم‌افزار SPSS، تحلیل آماری صورت گرفت. نتایج نشان داد که چهار عامل شیب، باران حداکثر ۲۴ ساعته، شن و ضریب شکل آبخیز، رابطه معنی‌داری در سطح یک درصد با تولید رسوب خندق‌ها دارند و مهم‌ترین عامل در تولید رسوب ناشی از گسترش خندق‌ها، شیب سطح واقع در بالادست پیشانی خندق است. عواملی نظیر شیب و ضریب شکل، رابطه مثبت و باران حداکثر ۲۴ ساعته و شن، رابطه منفی با گسترش خندق‌ها نشان دادند. تاثیر بسیار مهم شیب در تولید رسوب ناشی از فرسایش خندق‌ها، نشانه‌ای از سرعت جریان سطحی تولید شده در بالای پیشانی آن‌ها است؛ اقدامات منجر به کاهش شیب در این مناطق، تاثیر مهمی در کاهش پیشروی خندق‌ها و تولید رسوب دارد.

واژه‌های کلیدی: حوزه آبخیز، رواناب، شیب، ضریب شکل، ویژگی مورفومتریکی

## مقدمه

فرسایش آبی به‌عنوان یک فرآیند کلیدی در تخریب خاک در دنیا مطرح است (Oldeman و همکاران، ۱۹۹۲). فرسایش خندقی، به‌دلیل اتصال بالادست به پایین دست آبخیز، و تولید رسوب فراوان‌تر از فرسایش‌هایی نظیر پاشمان و سطحی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳). احمدی (۱۳۷۸)، در تعریف خندق، مکان به‌وجود آمدن آن را مدنظر قرار می‌دهد و براین عقیده است که این نوع فرسایش، در شیب‌های حداکثر تا ۱۵ درصد و در دشت‌ها و دشت‌سرها، و کم‌تر بر روی دامنه‌ها ایجاد می‌شود. علیزاده (۱۳۶۸) به‌نقل از Hudson، خندق‌ها را کانال‌های طبیعی بزرگ دارای عرض و عمق زیاد می‌داند؛ به‌طوری‌که با شخم عادی محو نمی‌شوند. به‌نظر Poesen و همکاران (۲۰۰۳)، خندق یک کانال با کناره‌های دارای شیب تند و یک پیشانی فرسایشی پرشیب و فعال است که بر اثر فرسایش ناشی از جریان سطحی متناوب (معمولاً در طی یا پس از وقوع باران‌های شدید)، ایجاد می‌شود.

به‌طورکلی، فرسایش خندقی از دو بعد در بین انواع فرسایش آبی اهمیت دارد: اول اینکه تحقیقات کمی درباره آن صورت گرفته و کمبود اطلاعات درباره آن احساس می‌شود؛ زیرا تحقیقات بسیار زیادی درباره فرسایش پاشمان (بارانی) و سطحی و شیبی در چند دهه اخیر صورت گرفته و دلیل آن بسط و ارائه مدل‌های فرسایش برای برآورد فرسایش شیبی و بین‌شیب USLE، MUSLE، WEPP است؛ دوم این‌که فرسایش خندقی چندین برابر

<sup>۱</sup> m.soleimanpour@yahoo.com

فرسایش سطحی، تولید رسوب دارد که برای مخازن سدهای احداث شده، هدررفت حاصلخیزی خاک و رسوب‌گذاری رودخانه‌ها بسیار مهم است (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳).

طی پژوهشی بر روی فرسایش خندقی در هندوستان، Matharu و Kulas (۲۰۰۲) بیان داشتند که عامل شکل، رابطه مستقیمی با تولید رسوب ناشی از فرسایش خندقی دارد. Poesen و همکاران (۲۰۰۳)، یکی از دلایل مهم سرعت شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی را تغییر وضعیت و رفتار فرسایش خندقی در طول زمان دانسته‌اند. Vandekerckhove و همکاران (۲۰۰۳)، در بررسی پیشروی طولی خندق‌های جنوب شرقی اسپانیا و رابطه آن با ویژگی‌های آبخیز، شکل‌شناسی خندق، کاربری اراضی و ویژگی‌های خاک، دریافتند که حجم فرسایش خندقی رابطه توانی با مساحت آبخیز در بالا دست خندق‌ها دارد؛ آن‌ها طبق معادله پیشنهادی خود در سال ۱۹۹۸ ( $S = aA^b$ ) که در آن،  $S$  شیب بالای پیشانی خندق،  $A$  مساحت آبخیز بالای پیشانی خندق و  $b$  و  $a$  ضرایب منطقه‌ای هستند با توجه به نوع منطقه متفاوت است، بیان کردند که نمای  $b$  با تغییر مقیاس زمانی تحقیق، از کوتاه به بلندمدت افزایش می‌یابد که این امر، نشان‌دهنده افزایش اهمیت سطح آبخیز، یا به عبارتی رواناب سطحی در گسترش خندق‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. نتایج نشان داد که حجم فرسایش خندقی، در مقیاس‌های زمانی متوسط (۳۰-۱۰) سال، بیش‌تر از مقدار اندازه‌گیری شده در زمان‌های کوتاه (۱۰-۵) سال است و علت آن نیز تأثیر تغییرات کاربری اراضی، و اقدامات ناموفق مدیریت اراضی در مقیاس زمانی متوسط است؛ هر چند که اختلاف این دو معنی‌دار نبوده است.

در تحقیقی که بر روی خندق‌های عمیق و کم‌عمق در کمربند لسی اروپا به‌وسیله Vanwalleghem و همکاران (۲۰۰۵) انجام شد، حجم خاک از دست‌رفته در خندق عمیق، دو برابر خندق کم‌عمق بود و تشکیل خندق‌های عمیق، در شیب‌های تند و کوتاه ملاحظه شد. علیزاده (۱۳۶۸) به‌نقل از Morgan، فرسایش خندقی را پدیده‌ای با اندرکنش‌های بین عوامل مؤثر در آن، شامل حجم، سرعت و نوع رواناب، نوع و حساسیت خاک به فرسایش، تغییرات ایجاد شده در حفاظ روی خاک (اعم از پوشش گیاهی و یا پوشش‌های غیر بیولوژی)، کاربری اراضی و اقدامات و عملیات عامل انسانی در مناطق مختلف معرفی کرده است.

حیدری (۱۳۸۳)، در تحقیق خود، به بررسی عوامل مؤثر در گسترش خندق‌ها با استفاده از اندازه‌گیری حجم آن‌ها پرداخته است؛ در معادله نهایی (بر اساس حجم خندق)، متغیرهای سطح آبخیز، درصد رس، EC، طول خندق، pH، شیب عمومی منطقه و عرض خندق قرار داده شد و ضریب تبیین اصلاح شده ۰/۹۴ و انحراف معیار ۲/۸۶ به‌دست آمد؛ در نهایت، با توجه به متغیرهای قرار داده شده در معادله نهایی مشخص گردید، عوامل مؤثر در گسترش خندق‌ها در استان کرمان، مساحت آبخیز و شیب بالای پیشانی خندق‌ها بوده است؛ این نتایج، دلالت بر تأثیر مهم رواناب سطحی در که اغلب بر اثر تغییر کاربری اراضی به‌وجود می‌آید.

در مجموع، با توجه به بررسی‌های به‌عمل آمده، اکثر محققان داخلی و خارجی عوامل مختلفی، از جمله تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، کاربری نادرست اراضی، بافت خاک، تخریب پوشش گیاهی، چرای مفرط دام، تغییرات اقلیمی، وضعیت زمین‌شناسی و دخالت انسان در عرصه‌های طبیعی را از مهم‌ترین علل ایجاد و گسترش خندق می‌دانند (سلیمان‌پور، ۱۳۸۶). بدین منظور تحقیق حاضر در پی این هدف است تا علاوه بر بیان ویژگی‌های مورفومتریکی و زمین‌شناسی خندق‌های استان فارس، عوامل مؤثر در تولید رسوب ناشی از این نوع فرسایش در را برآورد نماید.

## مواد و روش‌ها

تحقیقات انجام شده در استان فارس نشان داده که فرسایش خندقی در شش اقلیم گسترش دارد؛ بدین منظور از هر اقلیم دارای فرسایش خندقی، یک منطقه برای بررسی انتخاب شد (شکل ۱)؛ آنگاه در هر منطقه، مرز آبخیز و مرز فرسایش خندقی با استفاده از مدارک تاریخی، شامل عکس هوایی ۱:۴۰۰۰۰ و نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ (سال ۱۳۷۳)، در نرم‌افزار Arc view و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تعیین شد؛ سپس با توجه به نامشخص بودن تعداد خندق‌ها در منطقه، استفاده از معادله Cochran برای به‌دست آوردن اندازه نمونه میسر نبود، به‌صورت تجربی، ۱۵ خندق به‌منظور اندازه‌گیری حجم فرسایش خندقی و ویژگی‌های حوزه آبخیز واقع در بالای پیشانی آن‌ها،

بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ (۱۳۷۳)، و در صحرا (۱۳۸۶) تعیین شد. بدین ترتیب که ابتدا خندق‌ها بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ با استفاده از بازدید میدانی مشخص و طول هر خندق با کرویمتر بر روی نقشه اندازه‌گیری شد و سپس طول خندق نیز در صحرا با استفاده از متر اندازه‌گیری گردید.

افزایش طول خندق پس از سال ۱۳۷۳، به‌عنوان پیشروی طولی و تولید رسوب در فاصله سال‌های ۱۳۷۳-۱۳۸۶ محسوب شد؛ آنگاه در طول افزوده شده به خندق پس از سال ۱۳۷۳، و با ملاحظه میدانی خندق‌ها و پلان عمومی آن‌ها، فاصله مناسب برای تعیین مقاطع عرضی و اندازه‌گیری آن‌ها در طول خندق، که هم تغییرات را به‌حد کافی در نظر گیرد و هم اقتصادی باشد، فاصله چهار متری مشخص شد و در هر مقطع، ابعاد خندق شامل عمق، عرض بالا و پایین اندازه‌گیری میدانی شد و حجم فرسایش خندقی از مجموع احجام جزئی در خندق‌ها به‌دست آمد؛ پس از آن حجم جزئی از ضرب متوسط دو مقطع مجاور در فاصله بین آن‌ها تعیین و حجم فرسایش خندقی در فاصله ۷۳ تا ۸۶ برآورد شد؛ سپس اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های حوزه آبخیز خندق‌های منتخب، نظیر مساحت و شیب واقع در بالادست پیشانی خندق در صحرا صورت گرفت.

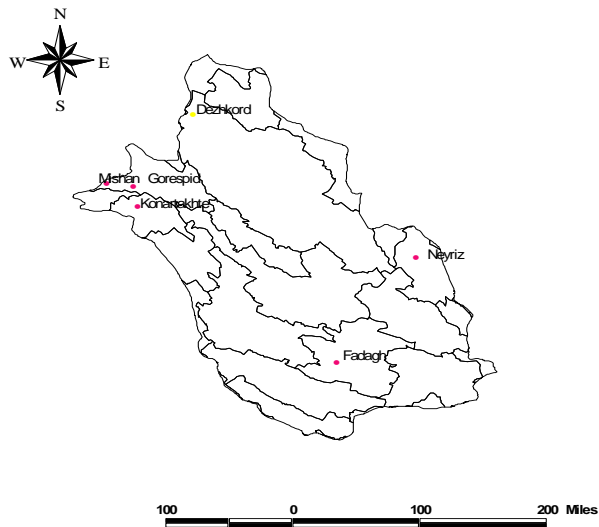
بعد از این مرحله، اندازه‌گیری مساحت آبخیز واقع در بالای پیشانی هر خندق پس از تعیین نقاط ارتفاعی با استفاده از متر، شیب بالای پیشانی هر خندق به‌کمک شیب‌سنج و ضریب شکل با معادله ضریب شکل محاسبه شد؛ سپس درصد پوشش گیاهی، سنگ‌ریزه و خاک لخت در آبخیز واقع در بالای پیشانی هر خندق منتخب، با قرار دادن تصادفی حداقل ۱۰ کرت یک مترمربعی در امتداد ترانسکت اندازه‌گیری شد و از هر خندق در فاصله ۵۰ درصدی طول، از پیشانی خندق به‌سمت پایین دست، نمونه خاک برداشت و درصد رس، سیلت و شن، هدایت الکتریکی، ماده آلی و بافت خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد؛ در نهایت، رابطه بین حجم فرسایش و عوامل مرتبط با استفاده از روش Stepwise در نرم‌افزار SPSS، تعیین و تحلیل آماری انجام شد.

## نتایج و بحث

خندق‌های استان فارس، در شش اقلیم (طبق طبقه‌بندی به‌روش دومارتن اصلاح شده) قرار دارند (صوفی، ۱۳۸۳). اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری‌ها در خندق‌های استان فارس نشان می‌دهد که به‌طور متوسط هر خندق، ۱۲۲/۳۸ متر مکعب در دوره اندازه‌گیری (۷۳-۸۶) رسوب تولید کرده است. به‌طور متوسط، خندق‌ها دارای آبخیز با مساحت ۳۳۹۹/۵۳ متر مربع هستند. نتایج اندازه‌گیری طول مسیر بالای پیشانی خندق نشان می‌دهد هر چه طول بالای پیشانی خندق بیش‌تر باشد، حوضه‌ها کشیده‌تر می‌شوند. در نتیجه با توجه به موارد فوق، رابطه حجم فرسایش خندقی در دوره (۷۳-۸۶) و طول مسیر بالای پیشانی خندق، بیانگر این واقعیت است که هر چه طول بالای پیشانی خندق بیش‌تر باشد فرسایش و توسعه خندق نیز توسعه بیش‌تری دارد (شکل‌های ۲ و ۳).

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که عواملی، نظیر درصد پوشش گیاهی ناچیز، درصد بالای خاک لخت، درصد بالای بارندگی ۲۴ ساعته و مساحت آبخیز بالای پیشانی خندق‌ها، از عوامل موثر در تبدیل بخش اعظم باران به رواناب سطحی هستند (شکل ۱ و جدول ۱)

برای نشان دادن تاثیر عوامل مختلف تولید رسوب ناشی از فرسایش خندقی، رابطه بین عوامل مستقل و حجم فرسایش خندقی، طبق جدول ۲ انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد سه عامل مساحت آبخیز، درصد شیب و ضریب شکل آبخیز، همبستگی معقولی با حجم فرسایش خندقی دارند. درصد شیب اراضی، واقع در بالای پیشانی خندق‌ها در سطح یک درصد و مساحت آبخیز و ضریب شکل آن در سطح پنج درصد بر میزان فرسایش خندقی تأثیرگذار هستند؛ همچنین حجم رواناب تولیدی و سرعت آن‌ها، در گسترش خندق‌های ایجاد شده در مناطق مختلف فارس نقش به‌سزایی دارند و بایستی با اقدامات آبخیزداری از تولید رواناب سطحی کاست و یا سرعت رواناب تولیدی را کاهش داد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد تحقیق (سلیمان پور، ۱۳۸۶)



شکل ۲- نمایی از فرسایش خندقی در منطقه میشان استان فارس (سلیمان پور، ۱۳۸۶)



شکل ۳- نمایی از فرسایش خندقی در منطقه فداغ استان فارس (سلیمان پور، ۱۳۸۶)

جدول ۱- نتایج شاخص‌های آماری متغیرهای مورد بررسی در استان فارس

متغیرها	حداقل	حداکثر	خطای استاندارد میانگین	انحراف معیار	میانگین
میزان رسوب تولیدی در دوره ۷۳-۸۶ ( $m^3$ )	۰/۶۱	۱۲۸۴/۵	۲۶/۹۱	۲۵۵/۲۸	۱۲۲/۴
مساحت آبخیز ( $m^2$ )	۱۳/۶۸	۲۰۸۵۲/۵	۴۹۳/۱۷	۴۶۷۸/۶	۳۳۹۹/۵
پوشش گیاهی (%)	۰	۹۵/۰۰	۲/۴۹	۲۳/۶۲	۱۱/۹۳
خاک لخت (%)	۰	۱۰۰/۰۰	۳/۷۲	۳۵/۳۰	۷۰/۴۶
سنگریزه سطحی (%)	۰	۹۶/۰۰	۲/۹۴	۲۷/۹۱	۱۷/۶۱
شیب (%)	۲/۸۰	۹/۳۰	۰/۴۰	۳/۷۹	۵/۳۸
رس (%)	۲/۰۸	۳۹/۰۰	۰/۸۲	۷/۸۲	۱۸/۸۲
سیلت (%)	۳/۳۶	۴۲/۰۰	۰/۹۷	۹/۱۶	۲۶/۴۱
شن (%)	۳۲/۱۲	۹۴/۵۶	۱/۳۲	۱۲/۵۴	۵۴/۵۳
هدایت الکتریکی ( $dsm^{-1}$ )	۰/۲۶	۳۹/۸۵	۰/۷۵	۷/۱۰	۴/۲۴
ماده آلی (%)	۰/۰۳	۱/۴۱	۰/۲	۰/۴۳	۰/۷۲
ضریب شکل	۰/۰۳	۰/۹۷	۰/۰۲	۰/۲۰	۰/۲۸
حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته ( $mm$ )	۱۲۸/۰۰	۲۰۷/۰۰	۲/۹۰	۲۷/۴۹	۱۴۷/۰۸

معادله نهایی برای رسوب تولیدی در خندق‌های استان فارس در جدول ۳ ارائه شده است؛ طبق نتایج، میزان رسوب تولیدی در مجموعه خندق‌های مورد تحقیق استان فارس تابع چهار متغیر درصد شیب، درصد شن، ضریب شکل و حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته است؛ بیش‌ترین تأثیر چهار عامل ذکر شده، مربوط به درصد شیب با  $\beta_{\Delta} = ۰/۴۱۴$  و کم‌ترین آن مربوط به ضریب شکل با  $\beta_{\Delta} = ۰/۲۲۱$  است؛ این چهار عامل، با ضریب تبیین اصلاح شده  $۴۲/۶$  درصد در سطح یک درصد، تأثیر معنی‌داری بر تولید رسوب در مجموعه خندق‌های استان فارس دارند.

جدول ۲- ضریب همبستگی رسوب تولیدی با متغیرهای موثر بر حجم فرسایش خندقی

متغیرها	ضریب همبستگی (r)
مساحت آبخیز ( $m^2$ )	۰/۲۵۲*
درصد پوشش گیاهی	-۰/۰۳۵
درصد خاک لخت	۰/۱۰۱
درصد سنگریزه سطحی	-۰/۰۹۸
درصد شیب	۰/۳۰۴**
درصد رس	۰/۰۸۵
درصد سیلت	۰/۱۵۹
درصد شن	-۰/۱۶۴
هدایت الکتریکی ( $dSm^{-1}$ )	-۰/۰۹۲
ضریب شکل	۰/۲۳۲*
حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته ( $mm$ )	-۰/۱۸۳

• معنی‌دار بودن در سطح ۵٪، \*\* معنی‌دار بودن در سطح ۱٪

خندق‌های مورد تحقیق، با عمق متوسط (۱/۱ متر)، در گروه خندق‌های عمیق، عمدتاً از نوع جانبی با پلان عمومی پنجه‌ای و پلان پیشانی نقطه‌ای به‌شمار می‌روند. دانه‌بندی ذرات خاک در آبخیز خندق‌های استان فارس، نشان می‌دهد که درصد متوسط رس، سیلت و شن به‌ترتیب، معادل ۱۸/۸۲، ۲۶/۴۱، ۵۴/۵۳ بوده است. گرچه طبق نظر Richter و Negendank (۱۹۷۷)، که فرسایش‌پذیرترین خاک‌ها را با ۴۰ تا ۶۰ درصد سیلت می‌داند، ولی خاک مناطق مورد تحقیق با متوسط ۲۶/۴۱ درصد سیلت و حداقل ۳/۳۶ و حداکثر ۴۲ درصد، دارای فرسایش شدید خندقی است. میزان سیلت مناطق مورد تحقیق، با میزان سیلت آبکندهای مورد پژوهش در ایتالیا، به‌وسیله‌ی Capra و Scicolone (۲۰۰۲)، که مقداری بین ۲۲ تا ۳۸ درصد داشته‌اند، هم‌خوانی دارد (جدول ۱).

جدول ۳- معادله نهایی روش رگرسیون گام به گام و ضرایب آن در استان فارس

معادله	ضرایب استاندارد				ضریب تبیین اصلاح شده	سطح معنی‌داری
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		
$Y = 496.7 + 27.89X_1 - 4.68X_2 + 275.28X_3 - 2.36X_4$	۰/۴۱۴	۰/۲۳	۰/۲۲۱	۰/۲۵	٪۴۲/۶	٪۱

در این پژوهش تاثیر بسیار زیاد شیب در تولید، رسوب ناشی از فرسایش خندقی، بیان‌گر تاثیر سرعت جریان سطحی تولید شده در پیش‌روی خندق‌ها و تولید رسوب است. به‌منظور کاهش رسوب تولیدی، بایستی شیب موضعی خندق‌ها در بالادست پیشانی خندق‌ها، یا از طریق شیب کاهش یابد و یا در صورت عدم موفقیت، با توجه به لخت بودن بخش اعظم سطح زهکشی واقع در بالادست پیشانی خندق‌ها، اقدام به استقرار پوشش گیاهی نموده تا از مقدار رواناب سطحی کاسته شود و افزایش سرعت ناشی از شیب، قادر به برداشت مواد از پیشانی خندق‌ها نباشد. میزان متوسط رس منطقه خندقی، با مقدار ۱۸/۸۲ درصد در محدوده اعلام شده به‌وسیله‌ی Evans (۱۹۸۰)، بین نه تا ۳۰ درصد برای خاک‌های فرسایش‌پذیر قرار دارد.

میزان ماده آلی، به‌طور متوسط کم‌تر از یک درصد است که با در نظر گرفتن آستانه ۳/۵ درصدی ماده آلی برای تفکیک خاک‌های فرسایش‌پذیر (Morgan, ۱۹۹۵)، مناطق خندقی استان فارس دارای ماده آلی لازم، به‌منظور مقاومت در برابر فرسایش آبی نیست. با توجه به درصد خاک لخت با متوسط ۷۰/۴۶ و پوشش گیاهی با متوسط ۱۱/۹۳ در آبخیزهای واقع در بالای پیشانی خندق‌ها به‌نظر می‌رسد بخش بیش‌تری از باران به رواناب سطحی تبدیل و سبب ایجاد خندق‌ها در اطراف زهکش‌های طبیعی می‌شود. با توجه به ضرایب استاندارد و معادله خطی فوق (جدول ۳)، مشخص شد که بیش‌ترین تاثیر، مربوط به شیب با ضریب استاندارد ۰/۴۱۴ و کم‌ترین مقدار، مربوط به ضریب شکل با مقدار ۰/۲۲۱ است. در نتیجه، در استان فارس، عوامل درصدشیب، حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته، درصد شن و ضریب شکل حوضه، به‌ترتیب جزء مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر فرسایش خندقی و تولید رسوب بوده‌اند.

### منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ح. ۱۳۷۸. ژئومورفولوژی کاربردی. جلد ۱ (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۸۸ صفحه.
۲. حیدری، ف. ۱۳۸۳. بررسی مکانیزم توسعه فرسایش خندقی در استان کرمان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری. ۱۰۵ صفحه.
۳. سلیمان‌پور، س.م. ۱۳۸۶. مقایسه رسوب زایی خندق‌ها و رابطه آن با ویژگی‌های حوزه آبخیز و سازند زمین‌شناسی در اقلیم‌های مختلف استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۷۰ صفحه.
۴. صوفی، م. ۱۳۸۳. بررسی ویژگی‌های مورفوکلیماتیک آبکندهای استان فارس. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، شماره ثبت ۸۳/۱۱۵۳، ۱۳۳ صفحه.
۵. علیزاده، ا. ۱۳۶۸. فرسایش و حفاظت خاک. (تألیف آر. پی. سی مورگان)، انتشارات آستان قدس رضوی، ۲۵۸ صفحه.

6. Capra, A. and B. Scicolone. 2002. Ephemeral gully erosion in a wheat cultivated area in Sicily (Italy). *Biosyst. Eng.*, 83:119-126.
7. Evans, R. 1980. Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls: an empirical view point. In M.J. Kirkby and R.P.C. Morgan (eds.), *Soil erosion*, Chichester, Wiley, 109-28.
8. Hudson N.W. 1985. *Soil conservation*. New edition, Onchan, Great Britain.
9. Kukals, S.S. and G.S. Matharu. 2002. Behaviour of gully erosion in relation to catchment characteristics in foothills of lower Shivaliks. 17th WCSS, Thailand, P628-1-6.
10. Morgan, R.P.C. 1995. *Soil Erosion and Conservation*. Second edition, Longman, 198 pp.
11. Morgan, R.P.C. and D. Mngomezulu. 2003. Threshold condition of valley- side gullies in the Middle Veld of Swaziland. *Catena*, 50:401-412.
12. Oldeman, L.R., Makkeling, R.T.A. and Somebroek, W.G. 1992. World map of the status of human-induced soil degradation. *Land Degradation and Development*, 3(1): 68–69.
13. Poesen, J., J. Nachtergale and G. Verstrac. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena*, 50:91-133.
14. Richter, G. and J.F.W. Negendank. 1977. Soil erosion processes and their measurement in the German area of the Moselle river. *Earth Surface Processes*, 2:261-78.
15. Vandekerckhove, L., J. Poesen and G. Govers. 2003. Medium Term gully headcut rates in southeast Spain determined from aerial photographs and ground measurements, *Catena*, 50: 329-352.
16. Vandwalleghem, T., J. Poesen, J. Nachtergaele and G. Vestraeten. 2005. Characteristics, controlling factors and importance of deep gullies under cropland and loess-derived soils. *Geomorphology*, 69:76-91.

## **A study on the effective factors on sediment production by gully erosion in different climates of Fars province**

**Seyed Masoud Soleimanpour**<sup>1</sup>, Former PhD Student, Sciences and Researches Unit, Azad Islamic University, Iran

**Majid Soufi**, Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Fars, Iran

**Hassan Ahmadi**, Professor, Watershed Engineering, Sciences and Researches Unit, Azad Islamic University, Iran

**Received:** 22 December 2008

**Accepted:** 10 May 2009

### **Abstract**

Fars province has experienced gully erosion in six climate zones based on de Martonne classification method. After selecting one region from each climate zone, 15 active and representative gullies were investigated using morphometric characteristics and watershed area, slope gradient above gully heads, linear advancement, form factor, particle size analysis, vegetation cover, gravel content and bare grounds were measured and sediment production was calculated. Effective factors on sediment production due to gully erosion were determined using Stepwise method provided in the SPSS software package. The results of this research revealed that four factors including slope gradient, maximum 24 hours rainfall, sand, and form factor had significant impact on sediment production with 99 percent of confidence. Slope gradient above the gully head was the most important factor on the sediment production. Slope gradient and form factor had positive relationship and maximum 24 hours rainfall and sand had negative relationship with gully development. The most important impact of slope gradient on the sediment production implies the velocity of surface runoff concentrated above gully heads. Alternative controls to decrease slope gradient would be effective on the reduction of gully development and sediment production.

**Key words:** Form factor, Morphometric characteristic, Runoff, Slope, Watershed

---

<sup>1</sup> m.soleimanpour@yahoo.com