



بررسی عوامل محیطی درونی موثر بر شکل‌گیری و گسترش خندق

• ابراهیم مقیمی

استاد، دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)

• مرضیه قدسی

دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: مهر ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۹۱

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۸۱۹۹۰۹۶

Email: mghodsi@ut.ac.ir

چکیده

خندق‌ها اشکال پیشرفته فرسایش تشدید شونده می‌باشند که در اثر عوامل مختلف ایجاد می‌شوند. این نوع فرسایش در محدوده‌های کوهستانی نواحی نیمه خشک که دامنه‌ها به خوبی توسط پوشش گیاهی محافظت نمی‌شوند، بیشتر دیده می‌شود. در تشدید فرسایش عوامل مختلفی دخیل هستند. در این تحقیق سعی شده است عوامل محیطی درونی موثر بر شکل‌گیری و گسترش خندق‌ها بررسی شود. ۴۲ خندق فعال و معرف از نظر ویژگی‌های مورفومتریک در سه منطقه دهدشت، برازجان و سواد کوه گزینش شدند. طول خندق، عرض، عمق و ارتفاع در آنها اندازه‌گیری شد و طبقه‌بندی خندق‌ها بر اساس پارامتر طول انجام گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، مقایسات آماری بین فاکتورهای مورفومتریک خندق‌ها و فاکتورهای درونی (توپوگرافی و فیزیکی-شیمیایی) موثر در ایجاد خندق در سه منطقه مورد مطالعه از طریق آزمون F صورت گرفت و در صورت معنی‌دار بودن، میانگین‌ها از طریق آزمون Lsd مقایسه شدند. در پایان عوامل درونی و تاثیرگذار بر خندق‌ها تعیین و مدل شماتیک آنها رسم گردید. نتایج نشان داد که بر اساس پارامترهای اندازه‌گیری شده، خندق‌ها در دو منطقه سواد کوه در مازندران و دهدشت در کهگیلویه و بویراحمر بیشترین شباهت را دارند و منطقه برازجان در بیشتر ویژگی‌های مورفومتریک و فیزیکی-شیمیایی با مناطق دیگر تفاوت معنی‌داری دارد ($p < 0.05$).

کلمات کلیدی: فرسایش خندقی، عوامل درونی، مورفومتري و تجزیه تحلیل واریانس.

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 103 pp: 113-122

Study the Inter Put Environmental Parameters Affecting on Gully Formation and development

By: E. Moghimi, Professor, Geographic Faculty, University of Tehran. (Corresponding Author; Tel: +989128199096).

M. Ghodsi, PhD Student of Natural Geographic, University of Tehran.

Gully erosion is one of the developed features of accelerated soil erosion which is known as a geomorphic threshold phenomenon and controlled by different environment factors. This erosion type is formed in semi arid mountains that are not covered by plants. This paper tries to present internal environmental factors affecting on formation and expansion of the gullies. 42 gullies were selected to measure their morphometric characteristics in three regions including: Dehdasht, Brazjan and savadkoo. The height, depth, width and length of gully erosion were measured; then gullies were classified based on length parameter. For analysis data, Statistical comparisons were done between morphometric parameters and input factors (topographical and Physical – chemical factors) using F test; if significant the means were compared using Lsd test. The result showed that the gullies in two regions of savadkoo in Mazandaran province, and Dehdasht in Kkohgiluyeh va Buye ahmad province are the most similar and Brazjan region in Bushehr province is significantly different in most morphometric and physical-chemical characteristics with other regions ($P < 0.05$).

Keywords: Gully Erosion; Inter put Factors, Morphometric, Variance Analysis.

مقدمه

بنا به تعریف، خندق آبراهه‌ای است نسبتاً دائمی که جریان‌های موقت آب در هنگام بارندگی از آن می‌گذرد و مقدار نسبتاً زیادی رسوب توسط آن تخلیه می‌شود (Refahi, 1994). بر مبنای فرآیندهای موثر در فرسایش خندقی که بیشتر مورد توجه ژئومورفولوژیست‌ها می‌باشد، خندق یک گذرگاه یا آبراهه با بالاکنند فرسایش پرشیب و فعال با کناره‌های با شیب تند می‌باشد که با تخریب ناشی از جریان سطحی (به طور معمول در طی یا پس از رخداد باران‌های شدید) پایبندگی یا حرکت توده‌ای کوچک ایجاد شده است (Poesen et al, 2003; Rahi et al, 2009). با توجه به اینکه شکل‌گیری خندق‌ها همواره با فرسایش و تغییر شکل ظاهری زمین همراه است و سبب تولید میزان قابل توجهی رسوب، تخریب اراضی، جاده‌ها، شبکه آبیاری و پر شدن سدها می‌گردد (Burkard & Kostaschuck, 1995). بنابراین شناسی و بررسی عوامل موثر در شکل‌گیری و توسعه خندق‌ها حائز اهمیت است.

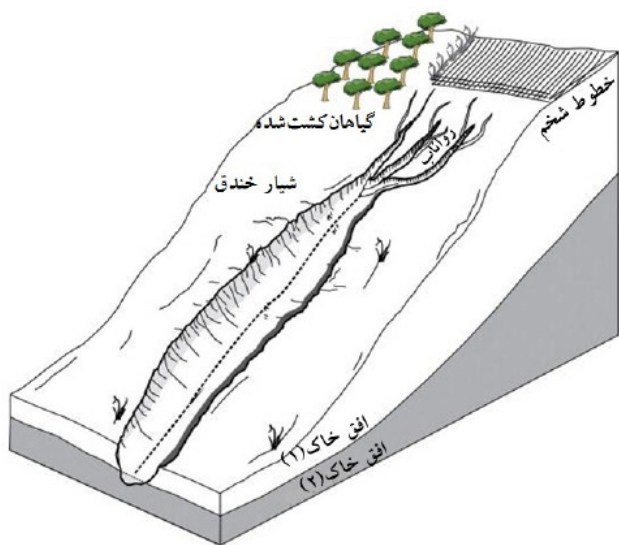
توسعه‌ی خندق‌ها طی زمان گاه چنان سریع اتفاق صورت می‌گیرد که با هیچ تدبیری نمی‌توان رشد سریع آنها را کنترل نمود؛ بنابراین برنامه‌ریزان محیطی به منظور جلوگیری از خسارات وارده و یا به حداقل رساندن آنها، ابتدا باید مرفولوژی خندق‌ها را مورد مطالعه و میزان گسترش آنها را در مقیاس زمانی جهت پیش‌بینی گسترش آنها مورد ارزیابی قرار داد تا بدین طریق امکان پهنه‌بندی و ممیزی مناطق حساس به فرسایش خندقی فراهم گردد. از طرف دیگر، چنین مطالعه‌ای به برنامه‌ریزان اجازه می‌دهد که در استراتژی خود از تنش میان کاربری و مکانیسم‌های طبیعی جلوگیری نماید (Biatikhatibi, 2004).

تاکنون تحقیقات زیادی در رابطه با فرسایش‌پذیری خاک به فرآیندهای شیاری و بین شیاری انجام شده است اما در زمینه تاثیر ویژگی‌های خاک

روی فرسایش خندقی پژوهش‌های کمتری انجام شده است. با توجه به متنوع بودن مطالعات و تحقیقات درباره فرسایش خندقی، تعارف متفاوتی در رابطه با این نوع فرسایش بیان و نظرات مختلفی نیز در زمینه فرآیند فرسایش خندقی، عوامل موثر در وقوع و پیشرفت آن ارائه شده است. بیشترین مطالعات در مدل‌سازی فرسایش خندقی مربوط به محل تشکیل خندق‌ها، رشد طولی خندق، حجم یا مقدار رسوبات تولیدی ناشی از فرسایش خندقی و پیش‌بینی امکان یا عدم امکان شکل‌گیری خندق‌ها بوده است (قدوسی، 1383).

نوع خاک و مقاومت افق‌های آن در طول نیمرخ عامل‌های بسیار مهمی در کنترل ابعاد، عمق و مرفولوژی مقطع عرضی آن به شمار می‌آید (Poesen et al, 2003; Rahi et al, 2009). در این راستا نقش افق‌های زیرین، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و تفاوت در ویژگی‌هایی از جمله وارختگی، بافت، نفوذپذیری و املاح در بین افق‌های مختلف نیز از عوامل بسیار مهم نوع فرآیند غالب در شکل‌گیری خندق به شمار می‌آید. (Ghodsi, 1994) در منطقه سرچم زنجان به این نتیجه رسید که شکل‌گیری و گسترش خندق‌ها رابطه مسقیم با میزان املاح موجود در خاک، تمرکز رواناب سطحی، خصوصیات افق‌های خاک، شدت بارندگی و پوشش گیاهی داشته و سازندهای زمین‌شناسی، نوع خاک، درصد شیب و کاربری اراضی از عوامل اصلی رد ایجاد و رشد خندق به شمار می‌روند. (Poesen et al, 2003) اظهار می‌دارند که علیرغم تلاش‌های انجام شده، تعریف نظام‌مندی از خصوصیات مورفولوژیک (طول، عرض و عمق) انواع مختلف خندق و عوامل محیطی کنترل‌کننده آن‌ها (نظیر توپوگرافی، نوع خاک، کاربری اراضی و هیدرولوژی) ارائه نشده و مدل معتبری جهت پیشگویی اثر تغییرات محیطی روی شدت فرسایش خندقی در مقیاس‌های

رسوب ناشی از خندق نقش دارند؟



شکل ۱- تصویری شماتیک از اثر ایجاد شخم عمود در جهت شیب بر فرسایش خندقی

مواد و روش‌ها مناطق مورد مطالعه

در آغاز سه منطقه دهدشت (استان کهگیلویه و بویراحمر)، برازجان (استان بوشهر) و سواد کوه (استان مازندران) که دارای فرسایش خندقی است تعیین شدند.

کهگیلویه و بویراحمر: استان چهار محال و بختیاری با مساحت ۱۶۵۳۳ کیلومتر مربع در بخش مرکزی کوه‌های زاگرس واقع شده است. بر مبنای تقسیم‌بندی اقلیمی این استان دارای ۷ اقلیم می‌باشد. که منطقه دهدشت در اقلیم مرطوب تا نیمه مرطوب قرار دارد. از دید زمین‌شناسی، استان چهار محال و بختیاری در پهنه‌های زمین ساختی زاگرس مرتفع، زاگرس چین خورده و زون سندج - سیرجان قرار دارد.

بوشهر: آبخیز روستای سمل واقع در ۱۵ کیلومتری شهرستان برازجان واقع در استان بوشهر با مساحتی برابر ۲۹۷۵۰ هکتار می‌باشد. دارای اقلیم بیابانی با دمای متوسط حداقل سالانه ۱۴ درجه سانتی‌گراد است. از نظر زمین‌شناسی، حوزه مورد مطالعه واقع در محدوده زون زاگرس است. به طوریکه بخش‌های کوهستانی منطقه در بخش میان ناودیس زیرزون زاگرس چین خورده و با گسترش شمال غرب به جنوب شرق است و در محدوده دشتی - تپه ماهور در محدوده دشت و جلگه قرار گرفته است. بر اساس نقشه فوق سازندهای موجود در منطقه شامل گروه فارس (آجاجاری، میشان) در قسمت ارتفاعات کنگلومرای بختیاری و در محدوده دشت آبرفت‌های کواترنر است که حاصل تخریب و فرسایش سازندهای مارنی است.

مازندران: حوزه آبخیز مورد مطالعه واقع در جنوب سواد کوه در استان مازندران است که دارای اقلیم کوهستانی و در بخش‌هایی نیز مرطوب و نیمه خشک سرد می‌باشد. تیپ اصلی اراضی در منطقه مورد مطالعه

مختلف زمانی و مکانی ارائه نگردیده است.

Zinck et al (۲۰۰۱)، et.al Gabris (۲۰۰۳) و Zachar (۱۹۸۲)

در پژوهش‌هایی جداگانه نشان دادند که خندق‌ها در مناطقی با شیب کم ایجاد شده و فرسایش به تناسب شیب افزایش نمی‌یابد.

Poesen et al (۲۰۰۳) یکی از دلایل مهم در رابطه با سرعت شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی، را تغییر وضعیت و رفتار فرسایش خندقی در طول زمان دانسته‌اند. Morgan (۲۰۰۵)، فرسایش خندقی را پدیده‌ای با واکنش‌های بین عوامل موثر 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 پوشش غیرزیستی)، کاربری اراضی و اقدام‌ها و عملیات عامل انسان در مناطق مختلف معرفی نموده‌اند.

Tabatabaei (۲۰۰۰)، عوامل طبیعی تاثیرگذار در بروز پدیده فرسایش خندقی را در اراضی جنوب شرقی شهرستان شوشتر، وجود لایه‌های مارنی و گچی در سازند میشان و آجاجاری، رسوب‌های ریزدانه کواترنر متشکل از ذرات ریزدانه ماسه و سیلت و رس، پایداری کم خاک، ساختمان ضعیف خاکدانه‌ها، کمبود مواد آلی، وجود املاح گچ و آهک، بارندگی و تبخیر زیاد و دخالت‌های انسانی تاثیرگذار در بروز پدیده فرسایش خندقی را چرای مفرط دام‌ها، شخم اراضی در جهت شیب و آبیاری غیر اصولی در اراضی کشت آبی عنوان کرده است.

لازم به ذکر است که یکی از عوامل بیرونی مهم در شکل‌گیری خندق‌ها به واسطه‌ی اعمال انسانی در حوضه و ایجاد شخم‌های عمودی بر منحنی‌های میزان در اغلب دامنه‌های کم شیب و بخش میانکوهی است. که در حقیقت وقوع اولین بارندگی‌های شدید بعد از شخم زدن به ویژه در جهت شیب دامنه به دلیل فقدان بیوماس گیاهی، و عدم پیوستگی در ساخت خاک و استعداد بلقوه خندق زاپی را افزایش می‌دهد. غالباً رواناب حاصل از نزولات جوی باعث تمرکز رواناب‌ها در داخل شیارهای گاو آهن در جهت شیب باعث توسعه شیارها و در نهایت تبدیل به خندق می‌شوند (Moghimi, ۲۰۰۱)، (شکل ۱).

Burkard and Kostaschuck (۱۹۹۵)، Soufi (۲۰۰۲)،

سلیمانپور و همکاران (۱۳۸۷) با مطالعه خندق‌ها در مناطق مختلف، عامل بارندگی و تخریب پوشش گیاهی، رشد سطوح فاقد پوشش طبیعی و رواناب سطحی را فرایندهای غالب در توسعه خندق دانسته‌اند.

Kirkby & Bull (۲۰۰۰) بر اساس مطالعات انجام شده بر این نکته تاکید نموده‌اند که شناخت عوامل موثر در شکل‌گیری و رشد و گسترش فرسایش خندقی به عنوان روشی کارآمد برای دستیابی به راهکارهای پیشگیری و مهار آن افزون بر مدل پیش‌بینی به حساب می‌آید.

با توجه به اینکه حوزه‌های آبخیز زیادی از کشور تحت تاثیر شدید فرسایش خندقی قرار دارد، هدف از این تحقیق بررسی سازوکار غالب در شکل‌گیری خندق به‌همراه نوع مرفولوژی آن و ارزیابی دلایل وقوع فرسایش خندقی جهت کسب اطلاعات دقیق‌تر در راستای کنترل اثرات تخریبی آن می‌باشد. به عبارت دیگر این تحقیق علاوه بر مشخص کردن عوامل درونی موثر در گسترش خندق‌ها و ارائه راهکارهایی برای کاهش گسترش خندق‌ها، به روشن‌سازی خلاقانه علمی در اکوسامانه‌های ایران کمک خواهد کرد، پاسخ خواهد داد چه عواملی از ویژگی‌های حوزه آبخیز و سازند زمین‌شناسی، مانند گستره آبخیز، بافت خاک، شیب و غیره در تولید

X_{ij} : هر مشاهده، μ : میانگین واقعی، τ_i : اثر مربوط به منطقه، ϵ_{ij} : اشتباهات تصادفی.

در صورت معنی دار بودن آزمون F ، میانگین‌ها از طریق آزمون Lsd مقایسه شدند.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار $MINITAB$ (۱۵.V) استفاده شد (ریان و جوینر، ۲۰۰۱).

نتایج

جهت بررسی ابعاد مختلف خندق‌ها از لحاظ طول، عرض، عمق، ارتفاع و روابط متقابل موجود بین پارامترهای مذکور روابط و تفسیر و تبیین عوامل موثر در پیدایش و توسعه آنها اقدام به مورفومتری خندق‌های هر منطقه از طریق اندازه‌گیری‌های میدانی و با استفاده از عکس‌هوایی و تصاویر ماهواره‌ای شد که نتایج حاصل از اندازه‌گیری مشخصات مورفومتری مربوط به ۴۲ خندق مورد ارزیابی در جدول ۱ ارائه گردیده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که جزء خندق شماره ۷ در منطقه برازجان که از نظر طول در کلاس متوسط قرار گرفته است بقیه خندق‌ها در کلاس کوچک قرار دارند. میزان میانگین طول خندق‌های برگزیده در سه منطقه دهدشت، برازجان و سوادکوه به ترتیب ۱۸، ۵۶/۰۷ و ۱۷ می‌باشد. مقایسه مقادیر ویژگی‌های مورفومتری یک خندق‌ها (ارتفاع، عرض، عمق، طول) در سه منطقه مورد مطالعه نشان داد که فرسایش خندقی در منطقه برازجان دارای بیشترین میزان بوده و ابعاد آنها تفاوت معنی داری ($p < 0.05$) با دو منطقه دهدشت و سوادکوه دارد.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد در دهدشت، گستره حوزه آبخیز خندق بین ۲۵۰ تا ۴۰۲۲۰ مترمربع، در برازجان بین ۱۶۳۰ تا ۶۳۰۰ مترمربع و در منطقه سوادکوه بین ۸۳۰ تا ۲۸۱۷۰ مترمربع متغیر است (جدول ۲). میانگین شیب توپوگرافی حوزه آبخیز منطقه دهدشت، برازجان و سوادکوه به ترتیب ۱۴/۷۱، ۱۲/۶۴ و ۴۱/۷۹ درصد می‌باشد که در دهدشت بین ۳ تا ۶۰ درصد، در برازجان بین ۴ تا ۲۲ درصد و در سوادکوه بین ۱۵ تا ۶۵ درصد متغیر بوده است. میانگین شیب کف خندق در مناطق دهدشت، برازجان و سوادکوه به ترتیب ۷/۱۰، ۱۱/۱۴ و ۲۸/۹۳ بوده است (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسات آماری بین میانگین فاکتورهای درونی (توپوگرافی و فیزیکی-شیمیایی) در جدول ۳ نشان داده شده است.

بر این اساس درصد شیب حوزه و درصد شیب آبراهه خندق‌ها در منطقه سوادکوه بیشترین مقدار را دارا بوده و با دو منطقه برازجان و دهدشت تفاوت معنی داری نشان دادند ($p < 0.05$). با توجه به حجم زیاد فرسایش خندقی در منطقه برازجان نسبت به مناطق دیگر با شیب بیشتر می‌توان گفت که فرسایش خندقی در اینجا تحت تاثیر اراضی کم شیب و در مواردی تحت تاثیر فرایند انحلال بوده و نتایج به‌دست آمده با پژوهش‌های گابریس و همکاران (۲۰۰۳)، زینک و همکاران (۲۰۰۱) و زاخار (۱۹۸۲) همسو است. همچنین ارتفاع خندق تنها در دو منطقه برازجان و سوادکوه دارای تفاوت معنی دار بوده و اختلاف میانگین آن در سایر مناطق معنی دار نمی‌باشد ($p < 0.05$).

نتایج تحقیق نشان می‌دهد در دهدشت، گستره حوزه آبخیز خندق بین ۲۵۰ تا ۴۰۲۲۰ مترمربع، در برازجان بین ۱۶۳۰ تا ۶۳۰۰ مترمربع و در منطقه سوادکوه بین ۸۳۰ تا ۲۸۱۷۰ مترمربع متغیر است (جدول ۲).

روش تحقیق

مرز حوزه‌های آبخیز و مرز فرسایش خندقی بر روی نقشه توپوگرافی مشخص و ترسیم شد. سپس با توجه به نامشخص بودن شمار خندق‌ها در منطقه به صورت تجربی ۱۴ خندق به منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های حوزه آبخیز واقع در بالای پیشانی خندق‌ها تعیین شد.

این پژوهش با بهره‌گیری از نقشه‌های سنگ‌شناسی، شیب، پوشش گیاهی، خاکشناسی و قابلیت اراضی در سه مرحله ستادی، برداشت‌های صحرائی و تحلیل‌های آماری انجام شده است. بر پایه نقشه‌های ژئومورفولوژی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و با بهره‌گیری از نرم‌افزار $ArcGIS$ سه منطقه دهدشت، برازجان و سوادکوه به ترتیب با گستره ۳۵/۵، ۲۹۷/۵ و ۲۵۰ کیلومتر مربع جداسازی و گزینش شد.

جهت انجام تحقیق، مطالعات پیشین انجام شده در زمینه خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، هیدرولوژی، اقلیم‌شناسی و پوشش گیاهی مناطق جمع‌آوری و برای تفکیک مناطق تحت تاثیر فرسایش خندقی و بررسی ویژگی‌های این مناطق مورد استفاده قرار گرفت.

همانطور که قبلاً ذکر شد در هر حوضه ۱۴ خندق معرف انتخاب و ویژگی‌های مورفومتری آنها اعم از طول، عرض، عمق، ارتفاع، شیب خندق و ویژگی‌های اراضی بالادست به‌همراه نمونه‌های خاک از افق‌های مختلف برداشت شد. بعد از انجام کارهای مورفومتری، طبقه‌بندی خندق‌ها بر اساس پارامتر طول انجام گرفت. در این تقسیم‌بندی خندق‌های کمتر از ۱۰۰ متر کوچک، بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر متوسط و بیشتر از ۲۰۰ متر بزرگ محسوب شد (مقیمی، ۱۳۹۰).

درصد پوشش گیاهی حوزه‌های آبخیز واقع در بالای پیشانی هر خندق با قرار دادن ۱۰ پلات یک مترمربعی در امتداد ترانسکت به صورت تصادفی اندازه‌گیری شد و از هر خندق نمونه خاک برداشت و درصد رس، سیلت و شن، درصد نمک‌های محلول و بافت خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. با توجه به نقش شیب در شکل‌گیری و توسعه فرسایش خندقی که در بسیاری از منابع نظیر

Zinck al, Ghodosi, ۱۹۸۲, ۲۰۰۱ and Zachar, ۲۰۰۱ به آن اشاره شده است و اثر شیب آبراهه خندق بر سرعت جریان و رواناب ویژگی‌های هیدرولیکی آبراهه، تاثیر این عامل مورد بررسی قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

مقایسات آماری فاکتورهای مورفومتری یک خندق‌ها و فاکتورهای درونی (توپوگرافی و فیزیکی-شیمیایی) موثر در ایجاد خندق در سه منطقه مورد مطالعه طبق طرح کاملاً تصادفی به شرح زیر آنالیز شد.

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

جدول ۱- مشخصات مورفومتریک خندق‌های مورد مطالعه

نام منطقه	شماره خندق	ارتفاع خندق (m)	عرض خندق (m)	عمق خندق (m)	طول خندق (m)	طبقه‌بندی بر اساس طول
کهگیلویه و بویر احمد	۱	۱	۰/۵	۰/۴	۷	کوچک
	۲	۰/۸	۱/۱	۰/۶۵	۶	کوچک
	۳	۰/۳	۰/۴۵	۰/۷	۳/۵	کوچک
	۴	۰/۹	۰/۸	۱/۳	۲۰	کوچک
	۵	۱/۱	۰/۸	۰/۷	۱۰	کوچک
	۶	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۸۵	۱۵	کوچک
	۷	۰/۴	۰/۷	۰/۹	۱۲	کوچک
	۸	۳	۳	۱/۵	۷۰	کوچک
	۹	۰/۸	۰/۷	۰/۶	۵	کوچک
	۱۰	۰/۶	۰/۵	۱/۳	۳۳	کوچک
	۱۱	۱	۰/۹	۰/۹	۲۰	کوچک
	۱۲	۰/۲	۱/۳	۰/۵	۱۳	کوچک
	۱۳	۱/۵	۱/۳	۰/۹	۳۵	کوچک
	۱۴	۰/۳	۰/۳	۰/۶	۲	کوچک
بوشهر	۱	۱/۸	۴/۵	۲	۳۹	کوچک
	۲	۱/۱	۴/۵	۱/۳	۶۰	کوچک
	۳	۱/۶	۳/۹	۱/۸	۶۵	کوچک
	۴	۱/۲	۳/۶	۱/۳	۷۰	کوچک
	۵	۱/۱	۳/۹	۲/۶	۳۶	کوچک
	۶	۲/۴	۴/۵	۲/۷	۵۰	کوچک
	۷	۱/۳	۷/۴	۱/۶	۱۰۰	متوسط
	۸	۰/۶	۳/۶	۰/۹	۵۸	کوچک
	۹	۱/۷۵	۳/۸	۱/۷	۴۶	کوچک
	۱۰	۰/۵	۵/۱	۱/۸	۵۸	کوچک
	۱۱	۱/۳	۶/۴	۱/۹	۶۰	کوچک
	۱۲	۲/۷	۳/۵	۲/۵	۴۸	کوچک
	۱۳	۱/۳	۴	۱/۹	۳۹	کوچک
	۱۴	۰/۹۵	۳/۵	۱/۵	۵۶	کوچک
مازندران	۱	۰/۴۳	۰/۵۵	۰/۵	۸/۶	کوچک
	۲	۰/۳	۱/۱۵	۰/۹	۸/۳	کوچک
	۳	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۲۲/۲۵	کوچک
	۴	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۱۴/۹	کوچک
	۵	۰/۳	۰/۵	۰/۴	۱۷	کوچک
	۶	۰/۳	۰/۴۵	۰/۵	۱۰/۸۵	کوچک

ادامه جدول ۱- مشخصات مورفومتریک خندق‌های مورد مطالعه

نام منطقه	شماره خندق	ارتفاع خندق (m)	عرض خندق (m)	عمق خندق (m)	طول خندق (m)	طبقه‌بندی بر اساس طول
مازندران	۷	۰/۶	۰/۹	۱/۲	۴۰/۸	کوچک
	۸	۰/۵	۰/۹۵	۰/۸	۱۲/۹۵	کوچک
	۹	۰/۳	۰/۵	۰/۳۵	۱۲/۲	کوچک
	۱۰	۰/۴	۰/۴۵	۰/۴	۱۸/۳	کوچک
	۱۱	۰/۲	۱	۱/۲	۱۲	کوچک
	۱۲	۰/۷	۱	۰/۷	۱۶/۲	کوچک
	۱۳	۰/۳	۰/۵۵	۰/۴	۱۰/۶	کوچک
	۱۴	۰/۵	۱/۴	۱/۳	۳۱/۷	کوچک

(ماخذ: احمدی (۲۰۰۶)، مقیمی (۲۰۱۱)، راهی (۲۰۰۵))

کمینه ۴۷/۸ درصد و بیشینه ۶۸ درصد دارای حساسیت زیاد به فرسایش خندقی است. درصد میانگین رس، سیلت و شن در منطقه برازجان به ترتیب معادل ۱۰/۶۷، ۲۰/۷۲ و ۶۸/۶۰ بوده است.

میزان میانگین رس این منطقه با میزان ۱۰/۶۸ درصد در محدوده اعلام شده توسط (Evans, ۱۹۸۰) بین ۹ تا ۳۰ درصد برای خاک‌های فرسایش پذیر قرار دارد. در منطقه سواد کوه درصد میانگین رس، سیلت و شن به ترتیب معادل ۲۶/۶۴، ۵۳/۱۴ و ۲۰/۲۱ بوده است که با توجه به نظرات (Richter & Negendank, ۱۹۷۷؛ Evans, ۱۹۸۰) خاک منطقه دارای فرسایش شدید خندقی است.

بنابراین می‌توان علت حجم کمتر فرسایش خندقی در سواد کوه و دهدشت نسبت به برازجان را مربوط به میزان بالای پوشش گیاهی منطقه دانست. نقش کنترلی و اثر مثبت پوشش گیاهی در کاهش فرسایش خندقی توسط بوردکاد و کوستاشوک (۱۹۹۵)، صوفی (۲۰۰۲) و سلیمانپور و همکاران (۱۳۸۷) نیز بیان گردیده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مقایسات آماری بین فرسایش خندقی در سه منطقه مطالعاتی نشان داد که بر اساس پارامترهای اندازه‌گیری شده، دو منطقه سواد کوه و دهدشت بیشترین شباهت را دارند و منطقه برازجان در بیشتر ویژگی‌های مورفومتریک و فیزیکی-شیمیایی با مناطق دیگر تفاوت معنی‌داری را نشان داد.

در این پژوهش مناطقی با شیب کمتر، جهت فرسایش خندقی مستعدتر بوده و تحت تاثیر فرایند انحلال قرار دارند. تحقیقات قدوسی نشان داد فراوانی رخداد فرسایش خندقی با کاهش شیب افزایش یافته و شیب ۱۲٪ را میتوان به عنوان آستانه توپوگرافی برای تعیین حد مناطق حساس و یا در معرض خطر بودن آنها در مقابل فرسایش خندقی در نظر گرفت.

شکل ۲، نشان‌دهنده یک مدل شماتیک از عوامل مختلف در تشکیل خندق است که عوامل درونی (inter put) تغییرات خندق و روابط آنها نیز نشان داده شده است.

میانگین شیب توپوگرافی حوزه آبخیز منطقه دهدشت، برازجان و سواد کوه به ترتیب ۱۴/۷۱، ۱۲/۶۴ و ۴۱/۷۹ درصد می‌باشد که در دهدشت بین ۳ تا ۶۰ درصد، در برازجان بین ۴ تا ۲۲ درصد و در سوادکوه بین ۱۵ تا ۶۵ درصد متغیر بوده است.

میانگین شیب کف خندق در مناطق دهدشت، برازجان و سواد کوه به ترتیب ۷/۱۰، ۱۱/۱۴ و ۲۸/۹۳ بوده است (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسات آماری بین میانگین فاکتورهای درونی (توپوگرافی و فیزیکی-شیمیایی) در جدول ۳ نشان داده شده است. بر این اساس درصد شیب حوزه و درصد شیب آبراهه خندق‌ها در منطقه سوادکوه بیشترین مقدار را دارا بوده و با دو منطقه برازجان و دهدشت تفاوت معنی‌داری نشان دادند ($p < 0.05$). با توجه به حجم زیاد فرسایش خندقی در منطقه برازجان نسبت به مناطق دیگر با شیب بیشتر می‌توان گفت که فرسایش خندقی در اینجا تحت تاثیر اراضی کم شیب و در مواردی تحت تاثیر فرایند انحلال بوده و نتایج به‌دست آمده با پژوهش‌های گابریس و همکاران (۲۰۰۳)، زینک و همکاران (۲۰۰۱) و زاخار (۱۹۸۲) همسو است. همچنین ارتفاع خندق تنها در دو منطقه برازجان و سوادکوه دارای تفاوت معنی‌دار بوده و اختلاف میانگین آن در سایر مناطق معنی‌دار نمی‌باشد ($p < 0.05$).

میانگین پوشش گیاهی در سه منطقه دهدشت، برازجان و سواد کوه به ترتیب ۳۶/۱۰، ۲۲/۵۰ و ۴۰/۷۲ می‌باشد که برازجان با کمترین مقدار با دو منطقه دیگر دارای اختلاف معنی‌دار است ($p < 0.05$).

درصد املاح خاک در منطقه دهدشت بین ۱/۵ تا ۶/۹، برازجان بین ۰/۶۵ تا ۱۲/۳ و سواد کوه بین ۲/۹۲ تا ۹/۹۵ متغیر می‌باشد که خود بیان‌کننده وضعیت ناپایدار خاک است (جدول ۲). بین میانگین درصد املاح خاک در سه منطقه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

دانه‌بندی ذرات خاک در حوزه آبخیز دهدشت نشان می‌دهد که درصد میانگین رس، سیلت و شن به ترتیب معادل ۲۳/۳۰، ۵۸/۰۳ و ۱۷/۳۷ بوده است که میانگین آنها در منطقه برازجان دارای کمترین مقدار و با دو منطقه دیگر دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. بنا به نظر (Richter & Negendank, ۱۹۷۷) که فرسایش پذیرترین خاک‌ها را با ۴۰ تا ۶۰ درصد سیلت می‌دانند، خاک منطقه دهدشت با ۵۹/۸ درصد میانگین و

جدول ۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری فاکتورهای درونی (توپوگرافی و فیزیکی-شیمیایی) موثر در ایجاد خندق

نام منطقه	شماره خندق	مساحت حوزه آبخیز خندق (هکتار)	درصد شیب حوزه خندق	درصد شیب آبراهه خندق	درصد پوشش	درصد املاح خاک	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
کهگیلویه و بویر احمد	۱	۰/۱۴۵	۴۵	۸	۳۰	۵/۴	۲۱/۶	۵۷/۸	۲۰/۶
	۲	۰/۰۲۲	۳	۱۵	۳۵	۱/۵	۳۰	۵۵/۳	۱۴/۷
	۳	۰/۴۵	۴	۸	۵۲	۴/۴	۱۸	۶۸	۱۴
	۴	۰/۰۲۵	۵	۵	۲۲	۶/۹	۲۲	۶۴/۳	۱۳/۷
	۵	۱/۰۱۲	۶۰	۳	۳۵	۳/۸	۳۵	۵۰	۱۵
	۶	۲	۱۰	۵	۳۲	۵	۲۰	۶۴	۱۶
	۷	۴/۰۲۲	۷	۵	۳۰	۳/۲	۱۷	۶۳/۳	۱۹/۷
	۸	۰/۷۲۰	۷	۲۰	۲۰	۴/۵	۲۴/۶	۶۱/۸	۱۳/۶
	۹	۰/۰۹	۳۸	۵	۴۸	۶	۲۲	۵۶	۲۲
	۱۰	۱/۲۱	۴	۲	۲۰	۲	۲۰	۵۳/۳	۲۶/۷
	۱۱	۰/۷۸	۸	۵	۷۰	۵/۸	۲۵	۶۱	۱۴
	۱۲	۰/۶۰۶	۵	۸	۳۵	۱/۷	۲۰	۶۰	۲۰
	۱۳	۰/۵۰	۵	۵	۴۱	۲/۸	۲۴/۶	۴۷/۸	۲۷/۶
	۱۴	۰/۵	۵	۵	۳۵	۳/۸	۲۶/۶	۴۹/۸	۲۳/۶
بوشهر	۱	۰/۵۴۳	۷	۴	۲۱	۲/۴۵	۱۷/۵۵	۲۳/۲	۵۹/۲۵
	۲	۰/۵۰۲	۲۲	۲۰/۵	۳۰	۳/۱	۶/۸۵	۲۶/۷۵	۶۶/۴
	۳	۰/۲۷۱	۸	۵/۵	۱۹	۱۲/۳	۱۰/۸۵	۳۰/۷۵	۵۸/۴
	۴	۰/۳۶۲	۴	۵	۲۸	۳/۶۵	۱۲/۴۵	۲۱/۳	۶۶/۲۵
	۵	۰/۲۵۶	۲۰	۱۸/۵	۲۴	۳/۱	۱۳/۴۵	۲۴/۳	۶۲/۲۵
	۶	۰/۲۶۰	۱۷	۱۳/۵	۲۰	۰/۹۳	۹/۸۵	۱۳/۲۵	۷۶/۹
	۷	۰/۳۸۰	۱۰	۶/۵	۲۱	۱/۸۴	۱۱/۴	۳۳/۴۵	۵۵/۱۵
	۸	۰/۲۸۸	۷	۹/۵	۱۶	۰/۶۵	۸/۳	۵/۷	۸۶
	۹	۰/۶۳۰	۹	۸/۵	۱۸	۱/۰۵	۱۴/۱	۲۸/۵۵	۵۷/۳۵
	۱۰	۰/۲۲۱	۲۰	۲۵	۱۵	۲/۴	۵/۸۵	۵	۸۹/۱۵
	۱۱	۰/۴۴۸	۸	۴/۵	۲۳	۵/۸	۱۳/۷۵	۱۸/۰۵	۶۸/۲
	۱۲	۰/۱۶۴	۱۹	۱۴	۲۰	۲/۵۵	۸/۱	۸	۸۳/۹
	۱۳	۰/۱۶۳	۶	۵	۲۵	۲/۶۲	۶/۱	۳۴/۵	۵۹/۴
	۱۴	۰/۲۸۵	۲۰	۱۶	۳۵	۲/۷۶	۱۰/۸۵	۱۷/۲۵	۷۱/۹
مازندران	۱	۰/۳۲۴	۵۰	۳۵	۵۰	۲/۹۴	۳۱	۴۸	۲۱
	۲	۰/۰۸۳	۴۵	۴۵	۴۰	۴/۲۸	۳۴	۴۳	۲۳
	۳	۰/۲۹۱	۴۵	۴۰	۳۵	۳/۱۳	۳۳	۴۳	۲۴
	۴	۰/۵۲۸	۴۰	۳۵	۴۵	۲/۵۶	۳۳	۴۷	۲۰
	۵	۰/۳۷۱	۲۰	۲۰	۴۰	۹/۹۵	۲۲	۶۳	۱۵

ادامه جدول ۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری فاکتورهای درونی (توپوگرافی و فیزیکی-شیمیایی) موثر در ایجاد خندق

نام منطقه	شماره خندق	مساحت حوزه آبخیز خندق (هکتار)	درصد شیب حوزه خندق	درصد شیب آبراهه خندق	درصد پوشش	درصد املاح خاک	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
	۶	۰/۳۱۴	۱۵	۵	۴۰	۷/۱۶	۳۱	۵۴	۱۵
	۷	۲/۸۱۷	۴۵	۳۵	۳۵	۴/۶۰	۲۰	۴۸	۳۲
	۸	۰/۲۴۰	۶۵	۴۰	۴۰	۲/۷۵	۳۰	۵۵	۱۵
	۹	۰/۲۴۱	۲۵	۱۵	۳۵	۶/۳۷	۲۶	۵۹	۱۵
مازندران	۱۰	۰/۳۴۲	۶۵	۳۵	۴۰	۳/۴۱	۲۲	۵۱	۲۷
	۱۱	۳/۳۶۸	۵۵	۳۰	۴۵	۷/۶۸	۱۷	۶۴	۱۹
	۱۲	۰/۷۸۶	۱۵	۱۵	۳۵	۲/۹۲	۲۰	۵۹	۲۱
	۱۳	۰/۹۱۷	۳۵	۱۵	۵۵	۲/۹۴	۳۶	۵۰	۱۴
	۱۴	۱/۸۳۷	۶۵	۴۰	۳۵	۷/۱۶	۱۸	۶۰	۲۲

(ماخذ: احمدی (۲۰۰۶)، مقیمی (۲۰۱۱)، راهی (۲۰۰۵))

جدول ۳- تغییرات میانگین فاکتورهای مورفومتریک خندق‌ها در سه منطقه مورد مطالعه

منطقه	تعداد	ارتفاع خندق (m)	عرض خندق (m)	عمق خندق (m)	طول خندق (m)
کهگیلویه و بویر احمد (دهدشت)	۱۴	۰/۱۸۸ ab*	۰/۹۳ a	۰/۸۴ a	۱۸ a
بوشهر (برازجان)	۱۴	۲/۵۲ a	۴/۴۴ b	۱/۸۲ b	۵۶/۰۷ b
مازندران (سوادکوه)	۱۴	۰/۴ b	۰/۷۴ a	۰/۶۹ a	۱۷ a

(*) حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۵٪ است.

جدول ۴- تغییرات میانگین فاکتورهای درونی موثر در ایجاد خندق (توپوگرافی و فیزیکی-شیمیایی) در سه منطقه مورد مطالعه

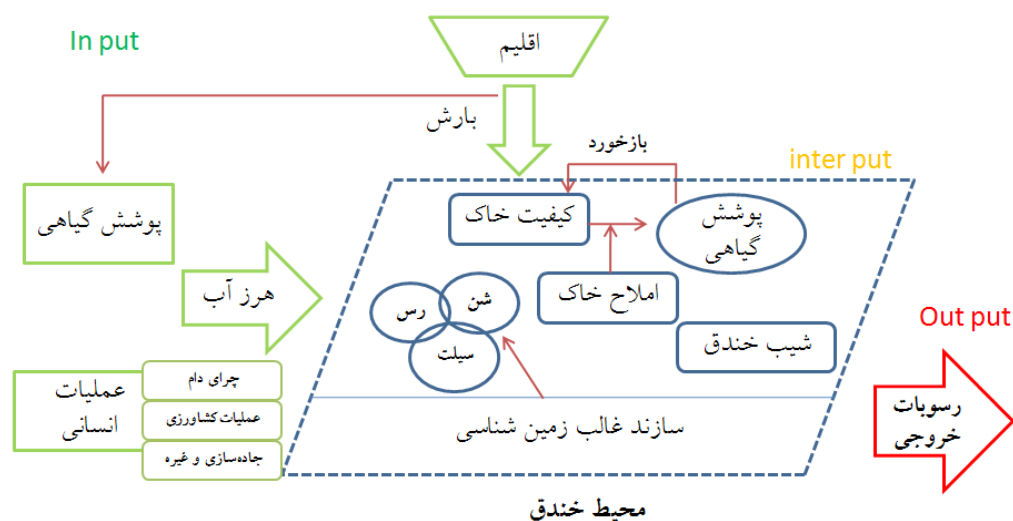
منطقه	درصد شیب حوزه خندق	درصد شیب آبراهه خندق	درصد پوشش گیاهی	درصد املاح خاک	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
کهگیلویه و بویر احمد (دهدشت)	۱۴/۷۱ a*	۷/۱۰ a	۳۶/۱۰ a	۴/۱۰ a	۲۳/۳۰ a	۵۸/۰۳ a	۱۷/۳۷ a
بوشهر (برازجان)	۱۲/۶۴ a	۱۱/۱۴ a	۲۲/۵۰ b	۳/۲۳ a	۱۰/۶۷ b	۲۰/۷۲ b	۶۸/۶۰ b
مازندران (سوادکوه)	۴۱/۷۹ b	۲۸/۹۳ b	۴۰/۷۲ a	۴/۸۴ a	۲۶/۶۴ a	۵۳/۱۴ a	۲۰/۲۱ a

(*) حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۵٪ است.

دانست.

مطالعات نشان می‌دهد که با افزایش مقدار رس خاک رشد حجمی خندق کاهش می‌یابد. ریزدانه بودن ذرات تشکیل دهنده سازند زمین‌شناسی مانند سیلت و شن، بستر بسیار مناسبی برای پیشروی خندقهاست. این امر در منطقه برازجان قابل مشاهده است. نوع سازند زمین‌شناسی و رسوبات موجود در حوضه آبخیز نیز تعیین‌کننده اندازه و تراکم خندق است. مارنهای شور و گچی با درصد بالای سیلت و رسوبات رسی سیلتی دوران سوم و چهارم، زمینه مناسبی برای ایجاد شبکه‌ای از خندق‌های مترکم در بسیاری از نقاط دنیا از جمله ایران فراهم آورده است.

پوشش گیاهی به عنوان یک عامل درونی (*Inter put*) نقش کنترلی و اثر مثبت در تغییرات خندق دارد. در مناطقی که بارش باران زیاد است، پوشش گیاهی از فرسایش بیشتر خاک جلوگیری می‌کند. با کاهش پوشش گیاهی شرایط جهت تولید رواناب بیشتر شده و در نتیجه افزایش دبی جریان در آبراهه خندق، فرسایش بیشتری در خندق مشاهده می‌شود. در رابطه با نقش املاح محلول خاک (شوری) در فرسایش خندقی، قدوسی اظهار داشته است که شکل‌گیری و گسترش خندقها رابطه مستقیمی با میزان املاح محلول خاک دارد و میتوان املاح محلول خاک را به عنوان یکی از عوامل درونی موثر در رخداد و توسعه فرسایش خندقی



شکل ۲- یک مدل شماتیک از عوامل تاثیرگذار بر خندق

4. Ghoddousi, J., 1992, Gully Expansion and Development, Publications of Research Institute of Forests and Rangelands, Research Report, 28p
5. Ghoddousi, J., 2002. Gully erosion morphology modeling and hazard zonation (studied area: Zanjanrood drainage basin), Ph.D Thesis, University of Tehran, pp. 368, (abstract in English).
6. Kirkby, M.J. (Eds.), Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-arid Channels. Wiley, Chichester, UK, pp.298– 265.
7. Moghimi, E., Eslami, N., 2011, Geomorphological mechanism of Gully development and formation in North Slope of Khrooslo Gheshlagh Haj Mohammad, Ardabil, Journal of Geographical Territory, No. -49 ,30 61p.
8. Morgan, R.P.C., 2005. Soil erosion and conservation, Blackwell.
- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin, C., 2003; Gully erosion and environmental change: Importance and research needs. Catena, 50, pp 133-91.
9. Refahi, H., 2009, Water Erosion and its Control, University of Tehran press, 551 P.
10. Rahi, Gh., Soufi, M., Toosi, T., Jafari, A., 2005, Study the Gully characteristics in watershed basin on Somol and Genaveh, Bushehr Province, Proceedings Third National Conference on Erosion and Sedimentation, Tehran, 313-310p.

خندق‌های منطقه برازجان عمدتاً در سطح نهشته‌های آبرفتی ریزدانه دوران کواترنر که حاصل تخریب و فرسایش سازندهای مارنی است شکل گرفته‌اند. که این امر باعث تشدید فرسایش خندقی در این منطقه است. تراکم زیاد خندق‌ها در نقاط کم شیب آبرفت‌های نامتراکم مخروط افکنه‌ای دشت‌ها باعث از بین رفتن خاک‌های مستعد شده است. سازندهای منطقه سوادکوه شامل تیزکوه، لار و شمشک می باشد که همگی این سازندها تشکیلاتی فرسایشی بوده و شامل رسوبات مارنی و آهکی می باشند. اما وجود پوشش گیاهی زیاد در منطقه، اثر فرسایشی این سازندها را تعدیل نمود. از دیگر عوامل انسانی میتوان به چرای مفرط دام، عملیات عمرانی و جاده سازی و غیره اشاره کرد (شکل ۲).

منابع مورد استفاده

1. Bayat Khatibi, M., 2006, Gully characteristics and controlling factors on Gully formation (case study: Ahar-Meshkin Region), Geography and Development, No. 4.
2. Bull, L.J., Kirkby, M., 2002. Channel heads and channel extension. In: Bull, L.J., Burkard, M.B., Kostaschuck, R. A., 1995; Initiation and evolution of gullies along the shore line of lake Huron. erosion processes on a semi-arid valley floor in Kenya: A case study into temporal variation and sediment budgeting. Earth Surface Processes and Landforms, 9(26), pp 933–911.
3. Gabris, G., Kertesz, A. and Zambo, L. 2003. Land use change and gully formation over the last 200 years in hilly catchment, Catena, 50, pp 164 -151.

pp 593-589.

14. Tabatabaee, M. R., 1996, the study of desertification changes trend in Khuzestan Province using RS and GIS, M. Sc thesis, University of Tehran.

15. Zachar, D.1982; Soil erosion.Elsvier scientific publishing company. 584p.

16. Zinck ,A., J. Lopez.,G.I. Metternich., D.P. Shrestha. And L.Vazquez-Selem. 2001; Mapping and modelling mass movement and gullies in mountainous areas using remote sensing and GIS techniques. JAG. Vol.1)3) pp 53-44.

11. Ryan, B., and Joiner, B. L. 2001. MINITAB handbook. 4th ed. Duxbury Thomson Learning, USA.

12. Soleimanpour S. M., Soufi, M., H. Ahmadi, 2010, A Study on the Topographic Threshold and Effective Factors on Sediment Production and Gully Development in Neyriz, Fars Province, Journal of Range and Watershed Management, , Iranian Journal of Natural Resources, Vol 1., No. 53-41 ,63 pp.

13. Soufi , M., 2002; Characteristics and causes of gully erosion in Iran. Proc. 12th ISCO conference. Beijing.

