

تأثیر ویژگی‌های خاک در نوع سازوکار ایجاد خندق و مرفولوژی آن در منطقه گناوه

غلامرضا راهی^۱، علی اکبر نظری سامانی^{۲*}، حسن احمدی^۳ و علی سلاجقه^۴

^۱ عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، استان بوشهر، ایران

^۲ استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

^۳ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

^۴ دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۳/۲/۹، تاریخ تصویب: ۸۷/۱۲/۲۷)

چکیده

خندق‌ها به دلیل اتصال نقاط بالا دست حوزه آبخیز به مناطق پایین دست و فراهم آوردن امکان انتقال رسوب و آلاینده‌ها، قطع راه‌های ارتباطی و زیان‌های مالی فراوان برای اراضی زراعی، منابع طبیعی و تاسیسات زیربنایی اهمیت ویژه‌ای دارند. در این پژوهش توزیع مکانی خندق‌های منطقه با بهره‌گیری از عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ و بازدیدهای میدانی، بررسی نقشه‌های پایه و تهیه نقشه پراکنش خندق‌ها با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ انجام شد. نتایج بدست‌آمده از بررسی ویژگی‌های منطقه بیانگر آن است که منطقه بیشتر از نوع سنگ‌های رسوبی و متشکل از مارن سیلتی، ماسه سنگ و لای سنگ متعلق به سازندهای: آغاچاری (بخش لهبری)، گنگلومرای بختیاری و سازند کواترنری تشکیل شده است. همچنین بیشتر حضور خندق‌ها در اراضی با کاربری کشاورزی و گروه خاک دشت‌های دامنه‌ای با خاک (رگولیت) عمیق و بافت متوسط و شوری کم تا زیاد می‌باشد. با توجه به اینکه همه خندق‌ها در اراضی با سازند کواترنری واقع و از سوی دیگر اقلیم منطقه نیز به طور یکسان برای همه آنها اثر می‌کند لذا تفاوت موجود در مرفولوژی خندق‌ها اعم از مقطع عرضی (U و V) و همچنین پلان آنها می‌تواند معلولی از عامل‌های زمینی باشد. عمق خندق‌ها در کاربری مرتع حدود نصف کاربری دیمزار است و نشان دهنده این است که خندق‌های این کاربری حجم خاک کمتری را نسبت به دو کاربری دیگر دچار فرسایش کرده‌اند. این تفاوت می‌تواند به دلیل کمتر بودن تولید رواناب در اراضی مرتعی نسبت به اراضی کشاورزی است. نتایج مقایسه آماری بین خاک خندق‌های U و V شکل بیانگر تفاوت معنی‌دار بین ویژگی‌هایی مانند میزان کلر، شوری، اسیدیته، سدیم، SAR است. تفاوت بالا هم در کل نیمرخ خاک و هم بین افق‌های سطحی و زیر سطحی دیده می‌شود. همچنین بررسی رابطه همبستگی بین مجموعه ویژگی‌های خاک و متغیرهای مرفولوژی با کلاس شدت فرسایش خندقی مبین معنی‌داری مشخصه‌های شن و سیلت، مجموع کلسیم و منیزیم، میزان سدیم و گچ و متغیرهای شیب زمین، عمق خندق، طول و عرض است. لازم به یادآوری است که مراحل تشکیل خندق و تکامل آن در مناطقی که دارای وسعت زیاد می‌باشند تابعی از عامل‌های مختلف می‌باشد. این عامل‌های هر کدام به گونه‌ای در این رخداد موثر می‌باشند و شاید تنها نتوان به یک عامل مشخص اشاره نمود. آنچه مسلم است با تبدیل غیر اصولی مرتع به مزارع دیم و کاهش آستانه‌های پستی و بلندی و زمینی خطر شدت فرسایش خندقی تشدید می‌شود.

واژه‌های کلیدی: فرسایش خندقی، سازوکار، مرفولوژی مقطع، ژئومرفولوژی، ویژگی‌های خاک و گناوه

مقدمه

خندق یک گذرگاه یا آبراهه با بالاکنده^۱ فرسایشی 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) پایپینگ یا حرکات توده ای کوچک ایجاد شده است (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳). البته در برخی مناطق جهان، خندق‌ها با جریان متمرکز اشباع یا ذوب برف ایجاد شده یا می‌شوند (Poesen و همکاران، ۱۹۹۸). بر مبنای تعریف دیگر خندق‌ها آبراهه‌های عمیقی هستند که توسط شخم عادی از بین نمی‌روند (قدیری، ۱۳۷۲). از آنجائیکه شخم عادی با تغییر زمان و مکان تغییر می‌کند، Huge (۱۹۷۷) آبراهه‌های با سطح مقطع بزرگتر از یک فوت مربع (۹۳۲ سانتی متر مربع) را خندق نامیده است. تعریف اول بر مبنای فرآیندهای موثر در فرسایش خندقی به شمار می‌آید و بیشتر مورد توجه ژئومورفولوژیست‌ها می‌باشد. از سوی دیگر شکل شناسی خندق حکایت از این مسئله دارد که عامل‌های زمین محیطی نقش به سزایی در نوع فرآیند غالب برای ایجاد بالاکنده (اعم از رواناب سطحی، پایپینگ و یا حرکات توده‌ای) و پلان ایجاد شده آن دارد (Poesen و همکاران، ۲۰۰۲ و Poesen و همکاران، ۲۰۰۳). تا کنون پژوهش‌های زیادی در رابطه با فرسایش پذیری خاک به فرآیندهای شیاری و بین شیاری انجام شده است اما در زمینه تاثیر ویژگی‌های خاک روی فرسایش خندقی پژوهش‌های کمتری انجام شده است. 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 و همکاران، ۲۰۰۳). در این راستا نقش افق‌های زیرین، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و تفاوت در ویژگی‌هایی از جمله واریختگی، بافت، نفوذپذیری و املاح در بین افق‌های مختلف نیز از عامل‌های بسیار مهم در نوع فرآیند غالب در شکل‌گیری بالاکندها به شمار می‌آید. در مناطق خشک و نیمه خشک فرسایش تونلی و

انحلالی^۲ بسیار فعال تر می‌باشد و رابطه آن با ایجاد خندق شناخته شده‌تر است (Ahmadi, 2006; Ghoddousi, 2003; Nazari Samani et al., 2009). از طرف دیگر در در مناطق خشک جنوب امریکا و مکزیک ۶۰ درصد از خندق‌های ایجاد شده به فرآیند جریان‌های زیرسطحی نسبت داده شده است (Bocco به نقل از Nazari Samani, 2009) در حالیکه Vandekerckhove و همکاران (۲۰۰۲) تنها خندق‌های کناری ایجاد شده در جنوب شرق اسپانیا را بدست آمده فرآیند پایپینگ می‌داند و در این میان نقش عامل‌های فیزیکی و بویژه شیمیایی خاک را بسیار مهم می‌دانند.

از آنجائیکه شکل‌شناسی خندق بدست آمده عملکرد فرآیندهای ایجاد آن است لذا نخستین مرحله در ارزیابی فرآیندهای ایجاد خندق، درک شکل‌شناسی خندق هاست (Heed, ۱۹۷۰). بسیاری از پژوهشگران معتقدند که تفاوت دیده شده در شکل‌های خندق ناشی از تفاوت در فرآیندهای ایجاد آنهاست (Ireland و همکاران، به نقل از Bull & Kirkby, ۲۰۰۲). به عنوان مثال Poesen و همکاران (۲۰۰۲) پلان پیشانی (سر) خندق‌ها را به پنج دسته (خطی، پیازی، شبکه‌ای، موازی، پنجه‌ای و ترکیبی) و نیمرخ طولی پیشانی خندق‌ها را به چهار دسته (تدریجی، بینابین، شیار و دیواره عمودی) تقسیم نمودند. همچنین Heed (۱۹۷۰) خندق‌ها را به دو دسته پیوسته و ناپیوسته تقسیم نموده است. وی معتقد است که خندق‌های پیوسته مانند شیار از بالای شیب آغاز می‌شوند اما نوع ناپیوسته آن در هر نقطه از مساعد برای ایجاد بالاکنده و یا مجاری پایپینگ می‌تواند ایجاد گردد.

منطقه دره گپ واقع در شهرستان گناوه استان بوشهر به عنوان یک منطقه شناخته شده از نظر شدت فرسایش خندقی به شمار می‌آید. اهمیت این منطقه به دلیل گذرگاه عبور لوله‌های نفت و گاز و مسائل ناشی از فرسایش خندقی بسیار زیاد است (شکل ۱).

۱- Head cut

۲- Piping

بارندگی و قدرت فرسایش‌زایی باران می باشد. در این پژوهش به منظور تعیین واحدهای کاری بررسی‌های خاکشناسی، زمین شناسی و ژئومورفولوژی حوضه انجام شده است. روش بررسی ویژگی‌های خندق‌ها مبتنی بر تحقیقات Bertem (۱۹۸۲)، Govers & Poesen (۱۹۹۰) انجام شده است. در هر زیر حوضه بر پایه بررسی‌های پیشین مرکز تحقیقات ۳۰ خندق معرف انتخاب و ویژگی‌های مرفومتری آنها اعم از طول، عرض، عمق، نیمرخ طولی و عرضی، شیب خندق و ویژگی‌های اراضی بالادست به همراه نمونه‌های خاک از افق‌های مختلف برداشت شد. همچنین بر پایه عمق خندق‌ها و تراکم آنها کلاس فرسایشی خندق تعیین شد (جدول ۱) و نمونه‌های مورد نظر بر پایه کلاس فرسایش خندق مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. دیگر ویژگی‌ها از جمله وضعیت پوشش گیاهی (نوع و تراکم) و نوع فرآیند‌های غالب برای گسترش خندق (اعم از رواناب سطحی، پایپینگ و حرکات توده‌ای) به همراه فعال بودن یا نبودن بالاکند با معیارهای معرفی شده در بررسی‌های پیشین از جمله (Nazari Samani et al, 1999, Oostwood et al, 2009) توسط برداشت‌های میدانی تعیین شد. در نهایت با انجام تجزیه و تحلیل همبستگی به صورت تک متغیره و چند متغیره رابطه بین ویژگی‌های خندق‌ها و کلاس فرسایش خندق با ویژگی‌های خاکشناسی مشخص و در نهایت مهم‌ترین عامل‌های گسترش خندق تعیین شد.

جدول ۱- معیار تقسیم بندی تعیین کلاس فرسایش خندقی زیر حوضه های دره گپ (Bertem, ۱۹۹۸)

عمق: Cm	۰	۱-۲	۳-۴	۵-۶	۷-۸
فرسایش پذیری	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
کلاس فرسایشی	۱	۲	۳	۴	۵

هدف از انجام پژوهش بالا بررسی سازوکار غالب در شکل‌گیری خندق‌ها به همراه نوع مرفولوژی آنها و رابطه آن با ویژگی‌های خاک است به منظور تعیین مهم‌ترین عامل‌ها در شکل خندق است.

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز گناوه در قسمت شمال غربی استان بوشهر و در ۱۷°۵۰ تا ۵۵°۵۰ طول شرقی و ۲۹°۳۲ تا ۱۴°۳۰ عرض شمالی با گستره ۸۶۰ کیلومتر مربع قرار گرفته است. گستره کلی حوزه تا مدخل ورودی به دشت منتهی به گناوه ۸۷۲ کیلومتر مربع می‌باشد. این حوضه شامل دو زیر حوضه دره رجدون به مساحت ۱۳۶ کیلومتر مربع و زیر حوضه آبخیز دره گپ به گستره ۳۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. بیشترین خندق‌ها در منطقه گناوه در زیرحوضه دره گپ تمرکز پیدا کرده‌اند. بر پایه بررسی‌های انجام شده از کل بارندگی‌های سالیانه حوزه دره گپ که حدود ۳۳۵/۹ میلی‌متر می‌باشد در حدود ۱۰ درصد در فصل بهار و ۴۱ درصد آن در فصل پاییز می‌بارد. بارش زمستانی حوضه در حدود ۱۶۷ میلی‌متر یعنی ۵۰ درصد بارندگی‌ها است (Behzadi, ۱۹۹۵). این پژوهش با بهره‌گیری از نقشه‌های سنگ‌شناسی، شیب، پوشش گیاهی، خاکشناسی و قابلیت اراضی در سه مرحله ستادی، برداشت‌های صحرایی و تحلیل‌های آماری انجام شده است. در درون حوزه آبخیز دره گپ بر پایه نقشه‌های پستی و بلندی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰۰ با بهره‌گیری از بررسی عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰۰ (سال ۱۳۷۲) سه زیر حوضه به گستره ۱۱۸/۹۱، ۶۷/۶۸ و ۹۴/۹۱ کیلومتر مربع جداسازی و گزینش شد. به منظور پی بردن به ساختار سنگ‌ها و مقاومت آنها نسبت به تخریب و فرسایش، نقشه سنگ‌شناسی حوضه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه شد. در بخش بررسی‌های آب و هوایی مشخصه‌های بارندگی در یک دوره آماری ۲۵ ساله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این مشخصه‌ها شامل میانگین بارندگی، دوره‌های خشک و مرطوب، بارندگی فصلی، ضریب تغییرات بارندگی بیشینه ۲۴ ساعته، شدت

نتایج

ویژگی‌های عمومی مناطق خندقی شده

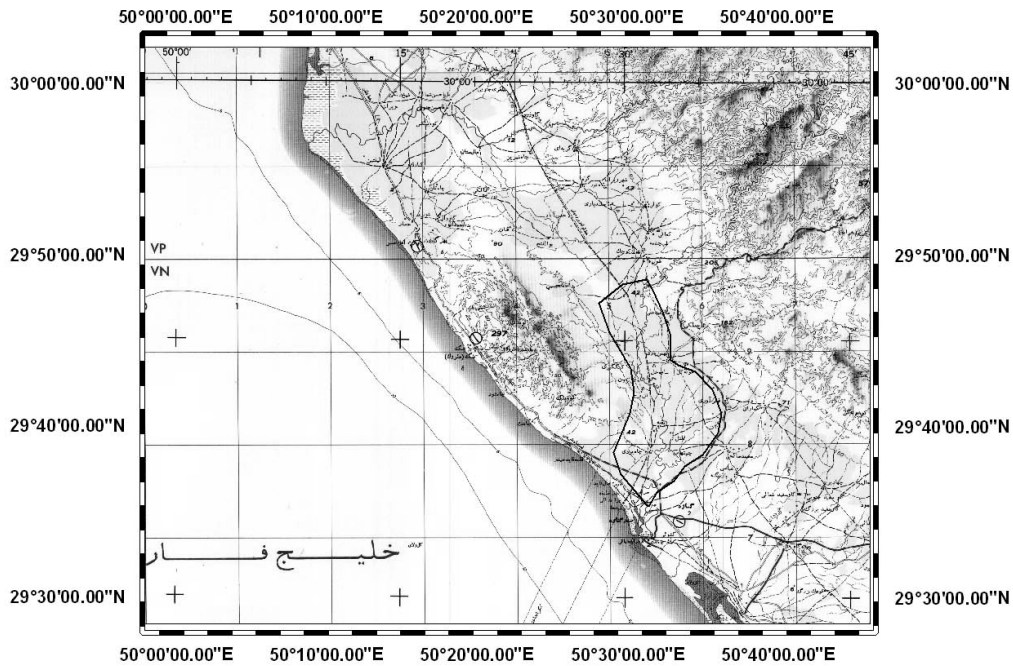
نتایج بدست آمده از بررسی ویژگی‌های منطقه بیانگر آن است که سازندهای منطقه بیشتر از نوع سنگ‌های رسوبی و متشکل از مارن سیلتی، ماسه سنگ و لای سنگ می باشد و برپایه چینه شناسی ایران، این منطقه از سازندهای، آجاجاری (بخش لهبری)، گنگلومرای بختیاری و سازند کواترنری تشکیل شده است. بیشتر خندق‌ها در سازندهای کواترنری که خود از تخریب سازندهای حساس ماقبل کواترنری است تشکیل شده‌اند. بارندگی منطقه تحت تاثیر سامانه مدیترانه ای می باشد و بارندگی از اواسط آذر تا اواسط اسفند منطقه را تحت تاثیر قرار می دهد. حدود ۵۲ درصد بارندگی‌ها در فصل زمستان است که با توجه به انجام عملیات آماده سازی برای کشاورزی و کمبود پوشش به همراه نفوذپذیری پایین سبب تشدید ایجاد رواناب می‌شود. بر پایه تقسیم بندی بارندگی (Refahi, ۲۰۰۶) ۷۲ درصد از بارندگی‌ها جزء رگبار های تند (۵۰ - ۱۲ میلیمتر در ساعت) دسته بندی می شوند و بارندگی ۲۴ ساعته برای یک واقعه برابر ۳۷/۹ میلیمتر برآورد شد. تاثیر بارندگی های بیشتر از ۱۳ میلیمتر برای گسترش خندق‌ها توسط تامسون مورد تاکید قرار گرفته است (Ahmadi, ۲۰۰۶). بنابراین بارندگی به همراه نفوذپذیری کم خاک عامل مهمی در ایجاد خندق به شمار می‌رود. از نظر ژئومرفولوژی بیشتر ارضی منطقه شامل دشت های سیلابی و ارضی پست می باشد و به علت محدودیت هایی از قبیل شوری و همچنین سیل گیری و بالا بودن آنها، بایر می باشند. بر پایه بررسی‌های هیدرولوژی انجام شده ضریب CN برای حوزه مربوطه ۹۵ می باشد که نشان دهنده میزان بالای توان تولید رواناب سطحی می‌باشد. بر پایه بررسی‌های ژئومرفولوژی و واحدهای ارضی ۵ گروه اصلی خاک در منطقه جدا شد که به تفسیر در مورد نقش اثر ویژگی‌های

فیزیکی - شیمیایی آنها روی خندق ها پرداخته خواهد شد. از نظر کاربری اراضی بیشترین کاربری اراضی منطقه مربوط به مراتع است. همچنین بیشتر حضور خندق ها در اراضی با کاربری کشاورزی و گروه خاک دشت های دامنه ای با خاک (رگولیت) عمیق و بافت متوسط و شوری کم تا زیاد می باشد.

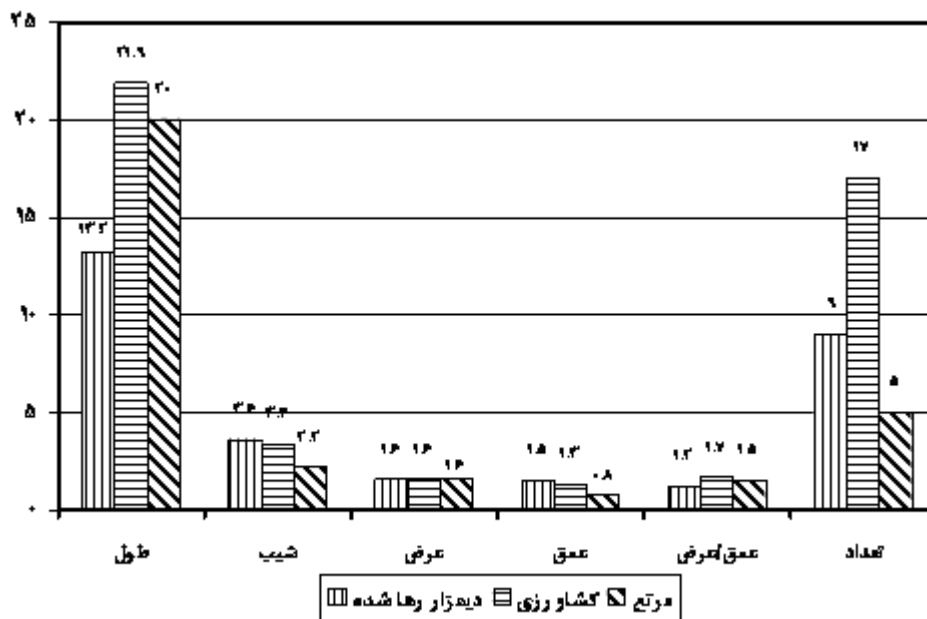
رابطه بین ویژگی‌های مرفولوژی خندق ها و شرایط

زمین محیطی :

از ۳۰ خندق مورد بررسی ۵۴ درصد در اراضی کشاورزی و ۴۰ درصد دارای مقطع U شکل می باشند در حالی که همه آنها در سازندهای کواترنری قرار گرفته‌اند. با توجه به اینکه از یک سو همه خندق ها در اراضی با سازند کواترنری واقع و از سوی دیگر اقلیم منطقه نیز به طور یکسان برای همه آنها اثر می کند لذا تفاوت موجود در مرفولوژی خندق‌ها اعم از مقطع عرضی (U و V) و همچنین پلان آنها می تواند معلولی از عامل های زمینی باشد. عامل‌های زمین محیطی به دو دسته عمده کاربری ارضی و ویژگی‌های مربوط به خاک قابل تقسیم است. شکل (۲) شاخص‌های کمی خندق‌ها (اعم از طول، شیب بالادست، عرض و عمق) را بر پایه نوع کاربری اراضی آنها نشان می‌دهد. تنها نکته موجود در این شکل تفاوت زیاد بین عمق خندق‌ها و نسبت عرض به عمق آنها در کاربری مرتع با دو حالت کشاورزی و دیمزار رها شده است. به طوری که عمق خندق‌ها در کاربری مرتع تقریباً نصف دو کاربری دیگر است. تفاوت موجود در عمق نشان دهنده این است که خندق‌های این کاربری حجم خاک کمتری را نسبت به دو کاربری دیگر دچار فرسایش کرده‌اند. این تفاوت می تواند به دلیل کمتر بودن تولید رواناب در اراضی مرتعی نسبت به اراضی کشاورزی باشد (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳؛ Refahi, ۲۰۰۶).



شکل ۱- محدوده فرسایش خندقی در منطقه گناوه



شکل ۲- وضعیت مشخصه‌های کمی خندق‌ها در کاربری‌های مختلف

مقاطع با توزیع x^2 ، ضریب رگرسیون رتبه‌ای کندال و لجستیک^۱ قابل انجام است.

با توجه به اینکه مشخصه‌هایی کاربردی و شکل مقطع خندق‌ها از نظر آماری در رده مقیاس‌های اسمی هستند (که در نهایت قابل تبدیل به مقیاس رتبه‌ای می‌باشند) بنابراین برای بررسی بیشتر تحلیل فراوانی جدول‌های

۱- Logistic

Morgan (۲۰۰۶)، Hilsky (به نقل از قدوسی، ۱۳۸۲)

به اثبات رسیده است.

نتایج بدست‌آمده از رگرسیون رتبه‌ای (جدول ۳) نشان دهنده این است که تنها بین شکل مقطع عرضی خندق ها و طول آنها رابطه معنی دار مثبت وجود دارد که شدت آن ۰/۲۹ است و بالا نمی باشد.

بررسی بدست‌آمده از تحلیل فراوانی نشان می‌دهد که بین شکل عرضی خندق‌ها و نوع کاربری در سطح ۵ درصد ارتباط معنی دار وجود دارد (جدول ۲). در واقع وجود رابطه بین نوع کاربری و شکل و مرفولوژی خندق‌ها نیز توسط محققین دیگر از جمله De ploey (۱۹۷۴)،

جدول ۲- نتایج بدست‌آمده از تجزیه و تحلیل فراوانی شکل مقطع و کاربری اراضی مناطق خندقی شده

کل	کاربری اراضی			فراوانی	شکل مقطع
	مرتعی	کشاورزی	دیم زار		
۲۲	۴	۱۵	۳	دیده شده	u
۲۲/۰	۳/۵	۱۲/۱	۶/۴	مورد انتظار	
۹	۱	۲	۶	دیده شده	v
۹/۰	۱/۵	۴/۹	۲/۶	مورد انتظار	
۳۱	۵	۱۷	۹	دیده شده	کل
۳۱/۰	۵/۰	۱۷/۰	۹	مورد انتظار	

آماره	میزان	درجه آزادی	سطح معنی داری
کای اسکور پیرسون	۸/۸۴۵	۲	۰/۱۲
نسبت درست‌نمایی	۸/۵۷۵	۲	۰/۱۴

جدول ۳- نتایج بدست‌آمده از همبستگی بین مشخصه‌های کمی و مقطع عرضی

شکل مقطع	شیب	طول	عرض	عمق	عمق/عرض
شیب	۱	-۰/۱۵۲	-۰/۱۳۰	-۰/۱۵۴	-۰/۱۴۱
طول	-۰/۱۵۲	۱	۰/۲۳۴	۰/۲۲۶	-۰/۰۰۲
عرض	-۰/۱۳۰	۰/۲۳۴	۱	۰/۶۹ **	-۰/۲۱۹
عمق	-۰/۱۵۴	۰/۲۲۶	۰/۶۹ **	۱	۰/۱۴۱
عمق/عرض	-۰/۱۴۱	-۰/۰۰۲	-۰/۲۱۹	-۰/۱۴۱	۱
شکل مقطع	۰/۰۳۸	۰/۲۸۹ *	-۰/۹۶	-۰/۹۵	۰/۱۲۸

خندقی است. همچنین بر پایه نتایج جدول ۵ رابطه بین کلاس فرسایش خندقی و ویژگی‌هایی از جمله: درصد شن و سیلت، مجموع کلسیم و منیزیم، میزان سدیم و گچ.. معنی دار است. در این میان ویژگی‌هایی همچون.. درصد سیلت، سدیم و گچ. دارای رابطه مثبت و درصد شن و رس. دارای اثر معکوس می‌باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی مورفولوژی خندق‌های منطقه گناوه و ارتباط آن با ویژگی‌های زمین محیطی نشان‌دهنده این است که خندق‌ها بیشتر در مناطق دشت و تا حدی مناطق تپه ماهوری با سازند‌های کواترنرتمرکز می‌باشند. بخش اعظم خندق‌ها در اقلیم فراخشک گرم بدست آمده شده‌اند که نوسان‌های شدید باران از ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلیمتر را دارا می‌باشد.

بررسی ارتباط بین مورفولوژی و کاربری اراضی مبین این است که در شرایط برابر از جمله اقلیم و جنس سنگ، خندق‌های واقع شده در اراضی مرتعی خاک کمتری را تخریب نموده‌اند. همچنین بالاتر بودن نسبت عرض به عمق در خندق‌های اراضی کشاورزی نمایانگر این است که خندق‌های این اراضی بیشتر خاک سطحی را که بستر تولید است و از اهمیت بالاتری برخوردار است تخریب و از بین برده‌اند (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳).

از سوی دیگر این خندق‌ها می‌تواند از تکامل و گسترش خندق‌های موقت^۲ تحت شرایط ویژه و محدود ایجاد شوند (Poesen و همکاران، ۲۰۰۲). نکته دیگر در این زمینه تفاوت در میزان شیب است. به طوری که شیب بالادست خندق‌های واقع در اراضی مرتعی کمتر از دو مورد اراضی دیمزارها شده و کشاورزی است. بر مبنای نظریه آستانه‌ای فرسایش خندقی با کاهش شیب، گستره آبخیز بالادست بیشتر خواهد بود (Vandaele و همکاران، ۱۹۹۶ و Desmet و همکاران، ۱۹۹۹). بنابراین گستره اراضی بالادست در خندق‌های مرتعی بیشتر از دو مورد دیگر است که این خود موید این مطلب

برای بررسی حالت یادشده تحلیل آماری روی ویژگی‌های خاک در خندق‌ها با مقاطع مختلف انجام پذیرفت. نتایج تجزیه نمونه‌های خاک برداشت شده از قسمت‌های سر و بدنه خندق‌ها نشان می‌دهد که بیشتر خاک‌ها در محل تشکیل خندق در این حوزه دارای املاح به نسبت بالا با بافت لومی ماسه‌ای و لومی لای می‌باشند. با انتخاب ۱۴ خندق در هر منطقه با نیمرخ عرضی متفاوت همه داده‌ها مربوط به افق‌های خاک در راس و کناره‌های خندق‌ها تعیین شد. جدول ۴ نشان‌دهنده نتایج مقایسه آماری بین ویژگی‌های مختلف نیمرخ خاک است. بررسی‌های اولیه نشان‌دهنده این است که در همه منطقه خاک داری ویژگی‌هایی بارز مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. از نتایج یادشده شده در جدول بالا به روشنی می‌توان استنباط نمود که بر پایه ویژگی‌های شیمیایی خاک می‌توان دو دسته عمده خاک در منطقه شناسایی نمود. نتایج مقایسه آماری از راه توزیع t استیودنت بین خاک خندق‌های U و V شکل بیانگر تفاوت معنی‌دار بین ویژگی‌هایی مانند میزان کلر، شوری، اسیدیته، سدیم، SAR^۱ است. تفاوت بالا هم در کل نیمرخ خاک و هم بین افق‌های سطحی و زیر سطحی دیده می‌شود (جدول ۴).

برای بررسی رابطه بین مجموعه ویژگی‌های خاک و مورفولوژی خندق‌ها (اعم از شیب، عمق، طول و عرض) با نوع کلاس فرسایش خندقی (بر پایه طبقه بندی Bertem، ۱۹۹۸ در جدول ۱) از رابطه همبستگی رتبه‌ای و چند متغیره بهره گرفته شد. نتایج همبستگی بالا در جدول ۵ و رابطه زیر ارائه شده است.

$$Y = 2/02 + 0/37A + 0/925B + 0/25C + 0/012D \\ (r=78\%)$$

در رابطه بالا متغیرها شامل Y: کلاس فرسایشی خندق، A: شیب زمین، B: عمق خندق، C: طول خندق و D: عرض خندق می‌باشد. از راه رابطه بالا می‌توان کلاس فرسایشی خندق را تعیین نمود. بر پایه رابطه بالا همه متغیرهای شیب زمین، عمق خندق، طول و عرض آن دارای رابطه مثبت معنی‌دار با نوع کلاس فرسایش

نیروی کنش آب کمتر خواهد بود که خود سبب کاهش عمق خندق‌ها در این راضی شده است (Poesen) و همکاران، ۲۰۰۳).

است که به رغم گستره بیشتر، رواناب تولیدی در این راضی کمتر از راضی کشاورزی است. از سوی دیگر با کاهش عمق رواناب تنش برشی جریان کمتر و به تبع آن

جدول ۴- مقایسه میانگین بین خاک در خندق‌ها U و V شکل (مقایسه در افق‌های مختلف و کل نیمرخ انجام شده است)

متغیر	نوع مقایسه	t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	میانگین تفاوت
درصد سیلت	کل نیمرخ	۱/۲۴۹	۲۶	۰/۲۲۳	۶/۴۳۹۲
	افق A	۰/۰۳۳	۱۲	۰/۹۷۴	۰/۲۲۸۳
	افق B	۱/۷۰۶	۱۲	۰/۱۱۴	۱۲/۶۵۰۰
درصد شن	کل نیمرخ	-۱/۰۷۴	۲۶	۰/۲۹۳	-۵/۵۱۷۵
	افق A	-۰/۴۹۶	۱۲	۰/۶۲۹	-۴/۵۹۵۰
	افق B	-۱/۲۵۲	۱۲	۰/۲۳۴	-۶/۴۴۰۰
درصد رس	کل نیمرخ	-۰/۱۳۴	۲۶	۰/۸۹۴	-۰/۹۲۰۸
	افق A	۰/۵۱۴	۱۲	۰/۶۱۷	۴/۳۶۶۷
	افق B	-۰/۵۹۰	۱۲	۰/۵۶۶	-۶/۲۰۸۳
درصد آهک	کل نیمرخ	-۰/۴۲۳	۲۶	۰/۶۷۶	-۰/۶۵۱۹
	افق A	-۰/۲۶۱	۱۲	۰/۷۹۸	-۰/۴۹۹۲
	افق B	-۰/۳۳۸	۱۲	۰/۷۴۱	-۰/۸۰۴۶
کلر	کل نیمرخ	-۴/۹۳۹	۲۶	۰/۰۰۰	-۵۵۹/۵۲۳۱
	افق A	-۳/۱۵۹	۱۲	۰/۰۰۸	-۵۳۷/۶۹۸۸
	افق B	-۳/۵۷۹	۱۲	۰/۰۰۴	-۵۸۱/۳۴۷۵
Mg	کل نیمرخ	-۵/۳۶۲	۲۶	۰/۰۰۰	-۷۰/۷۷۹۶
	افق A	-۳/۲۲۵	۱۲	۰/۰۰۷	-۵۸/۸۶۴۲
	افق B	-۴/۳۵۳	۱۲	۰/۰۰۱	-۸۲/۶۹۵۰
Ca	کل نیمرخ	-۴/۰۸۸	۲۶	۰/۰۰۰	-۴۹/۷۲۳۳
	افق A	-۱/۹۷۷	۱۲	۰/۰۷۱	-۲۳/۷۱۹۲
	افق B	-۴/۳۷۵	۱۲	۰/۰۰۱	-۷۵/۷۲۷۵
اشباع بازی	کل نیمرخ	-۱/۸۱۶	۲۶	۰/۰۸۱	-۱۱/۹۰۰۴
	افق A	-۰/۹۵۹	۱۲	۰/۳۵۷	-۷/۵۹۲۵
	افق B	-۱/۵۱۹	۱۲	۰/۱۵۵	-۱۶/۲۰۸۳
Ec	کل نیمرخ	-۱/۰۳۴	۲۶	۰/۳۱۱	-۸/۶۱۴۴
	افق A	-۱/۵۵۰	۱۲	۰/۱۴۷	-۲۰/۴۵۹۶
	افق B	۰/۳۲۳	۱۲	۰/۷۵۲	۳/۲۳۰۸
pH	کل نیمرخ	۰/۸۳۲	۲۶	۰/۴۱۳	۳۶۷/۴۲۶۹
	افق A	۰/۸۵۰	۱۲	۰/۴۱۲	۷۵۴/۷۷۷۱
	افق B	-۲/۲۲۸	۱۲	۰/۰۴۶	-۱۹/۹۲۳۳
Na	کل نیمرخ	-۸/۲۹۱	۲۶	۰/۰۰۰	-۵۴۷/۸۳۵۴
	افق A	-۵/۶۶۳	۱۲	۰/۰۰۰	-۴۴۴/۷۶۵۴
	افق B	-۶/۶۱۰	۱۲	۰/۰۰۰	-۶۵۰/۹۰۵۴

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین بین خاک در خندق‌ها U و V شکل (مقایسه در افق‌های مختلف و کل نیمرخ انجام شده است)

متغییر	نوع مقایسه	t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	میانگین تفاوت
گچ	کل پروفیل	-۱۰/۳۷۰	۲۶	۰/۰۰	-۳۴/۶۷
	افق A	-۶/۶۶	۱۲	۰/۰۰	-۳۵/۳۴
	افق B	-۷/۷۰	۱۲	۰/۰۰	-۳۹/۹۳
SAR	کل پروفیل	-۱۱/۳۰	۲۶	۰/۰۰	-۶۰/۲۰
	افق A	-۱۰/۸۵	۱۲	۰/۰۰	-۵۷/۱۴
	افق B	-۶/۵۹	۱۲	۰/۰۰	-۶۳/۲۰

جدول ۵- تعیین رابطه همبستگی بین کلاسهای فرسایشی خندق با نمونه های خاک

	E	sand	silt	clay	Ec	cl ⁻	Hco ₃ ⁻	Ca+Mg	Na ⁺	گچ
E	۱	-۰/۷۲**	۰/۷۹**	-۰/۲۱	۰/۱۱	۰/۰۶	-۰/۰۳	-۰/۷۹**	۰/۵۷**	۰/۷**
sand		۱	-۰/۰۸**	-۰/۱۲	-۰/۲۷	-۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۵۲	-۰/۲۹	-۰/۵۸**
silt			۱	-۰/۴۱	۰/۱۴	۰/۱۱	-۰/۰۹	-۰/۶۰*	۰/۴۱	۰/۶۱**
clay				۱	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۷	-۰/۱۴	-۰/۰۶
PH					۰/۰۳	۰/۲	-۰/۱۵	۰/۷۲**	-۰/۱۱	-۰/۰۸
Ec					۱	۰/۹۱**	-۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۳۸	۰/۰۹
cl ⁻						۱	-۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۱۹	-۰/۰۷
Hco ₃ ⁻							۱	۰/۱۳	-۰/۲۹	-۰/۳۱
Ca+Mg								۱	-۰/۶۵*	-۰/۷۹**
Na ⁺									۱	۰/۶۵**
گچ										۱

*: معنی دار در سطح ۵ درصد، **: معنی دار در سطح ۱ درصد

ناشی از تغییر در نفوذپذیری و اثرگذاری‌های مربوط به شخم اراضی می‌تواند سبب ایجاد شیب هیدرولیکی در نیمرخ خاک و ایجاد فرسایش تونلی و انحلالی (پایپینگ) شود. در بررسی نتایج همبستگی مورفولوژی و شکل مقطع عرضی (جدول ۳) تنها رابطه بین طول و شکل مقطع معنی دار شد. در رابطه با توجیه همبستگی بالا تنها می‌توان به این نکته اشاره نمود که طول خندق‌ها نشانه‌ای از تکامل به شمار آید (Ionita, 2006 cited by Nazari Samani, 2009)؛ بنابراین هرچه خندق درازتر شود به شکل پایدار نزدیکتر خواهد شد و گسترش عرضی دواره‌های جانبی خندق به روی خواهد داد (Sidurchok, 1999). به بیان دیگر در ارضی که

از نظر بررسی ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی میزان رس در لایه سطحی همه خندق‌ها بیش از لایه زیرین است و این امر یکی از علل رواناب سطحی در بالا در این مناطق و ایجاد خندق است. همچنین پلان عمومی بیشتر خندق‌های منطقه گناوه به صورت پنجه‌ای است که این امر نشان دهنده تاثیر رواناب سطحی در ایجاد این پدیده ژئومرفیک می‌باشد. Ghoddousi (2003) با لحاظ کردن بحث کاربری اراضی در ویژگی‌های هیدرولوژی از راه تاثیر روی تلفات بارش و یا شماره منحنی به همراه شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را عامل موثر در نوع مورفولوژی خندق‌ها بیان می‌کند. به طوری که تغییرات بافت در افق‌های زیرین و نوع املاح به همراه تاثیرهای

(Morgan et al., 2009; 2005). از بین عامل‌های یاد شده، وجود شیب هیدرولیک مناسب در درجه اول اهمیت قرار دارد، به طوری که آب موجود در خاک بتواند در زیرزمین به حرکت درآید و در اثر حرکت، انحلال املاح و جابجایی ذرات ریزدانه رس و سیلت سبب ایجاد گسترش مجاری عمودی و افقی شود (Romero Diaz و همکاران، ۲۰۰۷). آنچه می‌تواند سبب ایجاد و تقویت این شیب هیدرولیک گردد در درجه اول تفاوت رفتار نفوذپذیری لایه‌های سطحی و عمقی خاک می‌باشد (Zachar, ۱۹۸۲; Fulkner و همکاران، ۲۰۰۰). در منطقه مورد بررسی نیز با حاکم بودن اقلیم خشک و نیمه خشک به همراه مناسب بودن شرایط خاک و املاح فراوان نقش این پدیده در ایجاد خندق‌ها پر اهمیت ظاهر شده است. در خندق‌های با نیمرخ U شکل بر پایه شاخص‌های EC و SAR خاک‌ها جزء دسته شور ($EC > 4$) و قلیایی ($SAR > 13$) به شمار می‌آیند. تحت این شرایط ذرات خاک دچار پخشیدگی می‌شوند و علاوه بر انحلال مواد محلول به آسانی توسط جریان‌های زیر قشری حمل می‌شوند و مجاری زیرزمینی تندتر تشکیل می‌شوند (Ahmadi, 2006; Ghoddousi, 2003; Nazari Samani et al., 2009 و همکاران (Romero Diaz, ۲۰۰۲) و همکاران (۲۰۰۷).

وجود لایه‌های مختلف در نیمرخ خاک که از نظر نفوذپذیری متفاوت باشند برای ایجاد شیب هیدرولیک و ایجاد جریان تراوشی بسیار مهم است. در این منطقه تفاوت معنی‌داری بین مجموع ویژگی‌های افق‌های سطحی و زیرین در مناطق دارای پایبند دیده می‌شود. به طوری که افق‌های بالایی و زیرین از نظر ویژگی‌هایی از جمله SAR، سدیم و یا میزان گچ بسیار مورد توجه است (جدول ۴).

Morgan (۲۰۰۵) میزان گچ به همراه سدیم را در سازندهای رس و مارن عامل بسیار مهم در حساس بودن آنها به فرایند پایبند و ایجاد خندقی و بدلند بیان نموده است. در نیمرخ خاک خندق‌های U شکل اگر چه میزان شوری خاک در همه طول نیمرخ به تقریب یکسان، ولی

پایبند عامل اصلی گسترش خندق باشد با گسترش طولی خندق‌ها، خندق به مراحل پایدار می‌رسد که در این حالت گسترش دیواره‌ها را به همراه خواهد داشت و این سبب پایداری شکل مقطع خواهد شد.

در مجموع نتایج مجموعه بررسی‌های آماری بالا نشان می‌دهد که شکل مقطع عرضی خندق‌ها به جز کاربری زمین تحت اثر هیچ کدام از دیگر مشخصه‌های مرفولوژی خندق و شیب بالادست آن نمی‌باشد. این یافته‌ها با یافته‌های قدوسی (۱۳۸۲) و Milton (۱۹۷۱) قابل مقایسه و همخوانی است. یافته‌های پژوهشگران یادشده نشان داده است که مقطع عرضی خندق تابعی است از شرایط خاک و آب و هوا می‌باشد، بنابراین با توجه به یکسان بودن عامل اقلیم می‌توان تغییرات ویژگی‌های خاک را در شکل مقطع عرضی موثر دانست.

یافته‌های مجموعه ویژگی‌های مقایسه ویژگی‌های نیمرخ و افق‌های خاک بیانگر تفاوت معنی‌دار در میزان سدیم، SAR و شوری و کلر است. کلیه عامل‌های یاد شده جزء ویژگی‌های شیمیایی خاک هستند که تاثیر آن در پدیده پایبند و فرسایش انحلالی شناسایی و به اثبات رسیده است. همان‌طور که در بررسی مواد زمین شناسی بیان شد مواد مادری مناطق دشتی رسوب‌های کواترن بدست آمده از تخریب سازندهای بالادست که به طور عمده گروه فارس (گچساران، میشان و آغاچاری) هستند تشکیل شده. بنابراین خاک‌های مناطق دشتی را می‌توان جزء رده خاک‌های شور و تا حدی سدیمی با رده اینسپتی‌سلی دانست.

پدیده پایبند و فرسایش انحلالی تحت تاثیر جریان‌های زیر سطحی و ویژگی‌های شیمیایی خاک (وجود املاح) رخ می‌دهد. اگر چه چگونگی اثر این فرایند بسیار پیچیده است اما می‌توان گفت عواملی مانند وجود شیب هیدرولیک مناسب، وجود املاح به حد کافی، تغییرات جوی به طور فصلی مانند دوره‌های یخبندان و گرم و یا دوره‌های خشک و مرطوب به همراه وجود سازندهای ریزدانه، نوع کاربری و تخریب پوشش از جمله عامل‌های بسیار مهم گزارش شده‌اند (Ahmadi, 2006; Ghoddousi, 2003; Nazari Samani et

در گیرش سطحی رواناب، مقاومت ریشه‌ها در برابر ایجاد درز و شکاف در طول نیمرخ خاک و افزایش مقاومت سطحی نیز در تشدید فرایند انحلال بسیار مهم است

زیاد است. اما ازدیاد ناگهانی گچ در افق‌های زیرین سبب حساسیت بیشتر آن به پایپینگ و در نهایت تفاوت در رفتار نفوذپذیری می‌شود. همچنین نقش پوشش گیاهی



شکل ۳- خندق با مقطع U شکل در اراضی دیمزار. اراضی مجاور این خندق دیمزار رها شده هستند

بررسی همبستگی بین کلاس فرسایش خندقی با متغیرهای مرفومتری بیانگر این است که ویژگی‌های شیب، طول، عرض و عمق خندق بیشترین تاثیر را در شدت اثر فرسایش خندقی به خود اختصاص می‌دهند. دلیل منطقی وجود رابطه بالا به تاثیر مشخصه‌های بالا در ابعاد خندق می‌باشد از طرف دیگر با افزایش شیب میزان انرژی، تنش برشی و توان کنش هرزآب افزایش می‌یابد و بنابراین ابعاد خندق گسترش خواهد یافت. Tompson (۱۹۶۴) عواملی مانند شیب، میزان رس، مجموع بارندگی بیشتر از ۱۳ میلیمتر در ۲۴ ساعت و گستره آبخیز بالادست را به عنوان مهم‌ترین عواملی بیان نموده است. همچنین Vandecherkhove و همکاران (۲۰۰۰) مهمترین عوامل در گسترش خندق‌های کناری را گستره آبخیز بالادست، شیب بالادست و کناره و گذرگاه یا آبراهه خندق، ارتفاع بالاکنند. نسبت عرض به طول بدست

(Martin-Penela، به نقل از نظری ۱۳۸۷). عدم پوشش گیاهی در اراضی دیمزار رها شده که بیشتر خندق های U شکل در آن دیده شده‌اند (جدول ۲ و شکل ۳) از جمله شرایط دیگر است که سبب فعال بودن فرایند پایپینگ شده است. در نهایت کاربری اراضی از راه تغییر و افزایش فصلی نفوذپذیری لایه‌های سطحی (توسط فرایند شخم)، ایجاد سخت لایه‌های زیرین در اثر عملیات کشاورزی و خاکورزی رفتار لایه‌های سطحی و زیرین را در برابر نفوذپذیری نامتعادل می‌نماید. در نتیجه حجم زیادی از رواناب در سطح نفوذ می‌کند ولی در عمق بجای نفوذ عمقی ناگزیر به حرکت افقی در خاک می‌شود و سبب ایجاد مجاری افقی می‌شود. این یافته‌ها در هماهنگی مناسب با دیگر محققان از جمله احمدی و Romero Diaz (۱۳۸۴)؛ داوری (۱۳۸۴)؛ همکاران (۲۰۰۷، Morgan؛ ۲۰۰۵) است.

زیاد می‌باشند تابعی از عامل‌های مختلف می‌باشد. این عامل‌ها هر کدام به گونه‌ای در این رخداد موثر می‌باشند و شاید تنها نتوان به یک عامل مشخص اشاره نمود. آنچه مسلم است با تبدیل غیر اصولی مرتع به کشتزارهای دیم خطر شدت فرسایش خندقی تشدید می‌شود. عامل‌هایی مانند حضور سازند های حساس، پراکنش نامنظم بارندگی با شدت بالا، فقر پوشش گیاهی، سیل گیری منطقه، عبور لوله‌های نفت و گاز از منطقه، احداث غیر اصولی آبگذرها و بهره‌گیری نکردن از راه‌حل‌های حفاظتی در پایین دست آنها، احداث راه‌های خاکی از عامل‌های مهم تاثیر گذار در ایجاد و تشدید فرسایش خندقی به شمار می‌آید.

آوردند. ایشان در نهایت بهترین رابطه برای برآورد حجم خندق را با گستره آبخیز بالادست آن اعلام نمودند. در این پژوهش نیز معنی دار شدن عامل شیب و عامل‌های خاکشناسی (در همسویی کامل با Tompson (۱۹۶۴)، Poesen و همکاران (۲۰۰۲) می‌باشد. علاوه بر موارد بالا معنی دار شدن اثر مستقیم درصد سیلت بر کلاس فرسایش خندق را میتوان به ماهیت ذرات سیلت در ازدیاد حساسیت خاک به فرسایش نسبت داد (Ahmadi, 2006).

به عنوان جمع بندی کلی نتایج این پژوهش می‌توان استنباط نمود که بر پایه داده‌های جمع‌آوری شده مراحل تشکیل خندق و تکامل آن در مناطقی که دارای وسعت

منابع

- 1- Ahmadi, H., 2006. Applied Geomorphology (Water erosion), Vol. 1, Tehran University Press (In Persian).
- 2- Behzadi, Sh., 1995. Hydroclimatology of Gap watershed of Genaveh (In Persian).
- 3- Bull, L.J., Kirkby, M., 2002. Channel heads and channel extension. In: Bull, L.J., Kirkby, M.J. (Eds.), Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-arid Channels. Wiley, Chichester, UK, pp.265 –298.
- 4- Desmet, P.J.J., Poesen, J., Govers, G., Vandaele, K., 1999. Importance of slope gradient and contribution area for optimal predicting of the initiation and trajectory of ephemeral gullies, Catena.37.377-392.
- 5- Faulkner, H., Spivey, D., Alexander, R., 2000. The role of some site geochemical processes in the development and stabilisation of three badland sites in Almería, southern Spain. Geomorphology 35, 87–99.
- 6- Ghoddousi J., Davari M., 2005. Effects of physical and chemical attributes of soil on gully initiation and morphology, proceeding of 3rd national conference on erosion and sediment, Karaj, 381-389.
- 7- 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).
- 8- Heed, B. H., 1970. Morphology of gullies in the Colorado Rocky Mountains, Bulletin of the international Association of Scientific Hydrology, XV, 2: 79-89.
- 9- Milton, L.E., 1971. A review of gully erosion and its control. Technical report, Soil Conservation Authority, Victoria, pp.38.
- 10- Morgan, R.P.C., 2005. Soil erosion and conservation, Blackwell.
- 11- Nazari Samani, A. Ahmadi, H. Jafari, M. Guy, B. Ghoddousi, J. Malekian, A. 2009. Geomorphic threshold conditions for gully erosion in Southwester Iran (Boushehr-Samal watershed). Journal of Asian Earth Sciences, 35: 180-189.
- 12- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin C., 2003. Gully erosion and environment change: importance and research needs, Catena, 50,91-133.

13- Poesen, J., Vandekerckhove, L., Nachtergaele, J., Oostwoud Wijdenes, D., Verstraeten, G., van Wesemael, B., 2002. Gully erosion in dryland environments. In: Bull, L.J., Kirkby, M.J. (Eds.), *Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-Arid Channels*. Wiley, Chichester, UK, pp. 229–262.

14- Rahi, Gh., 1996. Gully erosion mechanisms and method for controlling, M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares University, (Abstract in English).

15- Refahi, H., 2006. Water erosion and conservation. 2nd edition, Tehran University Press, pp 671, (In Persian).

16- Romero Díaz, A., P. Marín Sanleandro, A. Sánchez Soriano, F. Belmonte Serrato, H. Faulkner, 2007. The causes of piping in a set of abandoned agricultural terraces in southeast Spain. *Catena* 69, 282-293.

17- Sidorchuk, 1999. A. GULTEM- the model to predict gully thermoersion and erosion (theoretical framework). 10th International Soil Conservation organization Meeting. USDA-ARS and Purdue University.

18- Thompson, J. R. 1964. Quantitative effect of watershed variables on rate of gully-head advancement, *Transactions of the ASAE*, 7(1), 54–55.

19- Vandael K. et al. 1996. Geomorphic thresholds conditions for ephemeral gully erosion. *Geomorphology*, Vol.16, 161-173.

20- Vandekerckhove, L., Poesen, J., Oostwoud Wijdenes, D., Gysels, G., Beuselinck, L., De Luna, E., 2000. Characteristics and controlling factors of bank gullies in two semi-arid Mediterranean environments. *Geomorphology* 33, 37–58.

21- Zachar, D., 1982. *Soil Erosion*, Elsevier, P. 522.

Archive of SID

Effects of Soil Characteristics on Gully Erosion Mechanism and Morphology in Genaveh District

Gh. Rahi¹, A. Nazari Samani^{*2}, H. Ahmadi³ and A. Salajegheh⁴

¹ Scientific member, Agricultural and Natural Resources Research Center of Boushehr province, Boushehr, I.R. Iran

² Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

³ Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

⁴ Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

(Received: 28 April 2004, Accepted: 17 March 2009)

Abstract

Gully erosion is important due to connection of upstream to downstream, sediment transport and pollution, destruction of roads, huge damages of cropland, natural resources and infrastructures. In this research, the gully distribution map (1:25000) has been extracted through interpretation of aerial photographs (1:40000), field studies and topographic maps. General characteristics of the study area indicate that most of area consists of sedimentary rocks including marl, sandstone and mudstone which are related to Aghajari, Bakhtiyari and quaternary formations. In addition most of the gullies were founded in arable lands with deep and medium cores texture of hillslope soils (or regolite) with high or low salinity. Due to location of gullies in quaternary formations and no variation of climatic condition, the changes of gully morphology (U&V cross section) were attributed to the ground factors. Depth of gullies in rangelands compared to dry farming is half which reveals that gullies in rangelands are generating less sediment and the major explanation for this difference might be addressed to more capability of dry farming to runoff generation than rangeland. Results of statistical analysis between soil samples of U and V shape gullies illustrate a significant difference between Cl⁻, pH, Na⁺, and SAR. This difference was observed in whole of the soil profile as well as surface and subsurface horizons. Moreover, the regional analyses between gully erosion intensity (Y) ; and soil attributes as well as morphology parameters(X) indicate that silt and sand content, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, gypsum and slope gradient, depth, length and width of gullies have signification correlation with gully erosion intensity. It is remarkably emphasized that gullies process and evolution are a function of several factors. However, land use changing from rangelands to dry farming causes to decrease the topography and terrestrial thresholds and consequently increases the intensity of gully erosion.

Keywords: Gully erosion, Mechanism, Cross section morphology, Geomorphology, Soil characteristics, Genaveh

*Corresponding author: Tel: +98 261 2249313 , Fax: +98 261 2249313 , E-mail: aknazari@ut.ac.ir