

ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک بر گسترش فرسایش خندقی
(مطالعه موردی: شهرستان دره‌شهر)
قباد رستمی‌زاد و زهرا خانبابایی

دوره ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۷۶ - ۳۸۹

Vol. 2 (4), Winter 2017, 376 - 389

**Assessment The Impact of Soil
Physicochemical Characteristics on The
Development of Gully Erosion (Case
Study: Darrehshahr Township)**

Rostamizad G. and Khanbabaei Z.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

نحوه ارجاع به این مقاله: رستمی‌زاد ق. و خانبابایی ز. (۱۳۹۵). ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک بر گسترش فرسایش خندقی (مطالعه موردی: شهرستان دره‌شهر). محیط زیست و مهندسی آب، جلد ۲، شماره ۴، صفحات ۳۷۶ - ۳۸۹.

How to cite this paper: Rostamizad GH. and Khanbabaei Z. (2016). Assessment the impact of soil physicochemical characteristics on the development of gully erosion (Case study: Darrehshahr Township). J. Environ. Water Eng., 2(4), 376 - 389.

ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی خاک بر گسترش فرسایش خندقی (مطالعه موردی: شهرستان دره‌شهر)

قباد رستمی‌زاد^{۱*} و زهرا خانبابایی^۲

۱- دکتری علوم و مهندسی حفاظت آب و خاک، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲- دانشجوی دکتری ژئومرفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: gh_rostamizad@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: [۱۳۹۵/۰۲/۰۶]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۵/۱۰/۰۱]

چکیده

این پژوهش به منظور ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک بر گسترش خندق در شهرستان دره شهر استان ایلام انجام شد. در این راستا تعداد ۳۶ خندق در پهنه خندقی دره شهر در استان ایلام انتخاب شدند. سپس خصوصیات ژئومتری و خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک خندق‌ها با استفاده از عکس‌های هوایی، نقشه‌های رقومی مربوطه و عملیات میدانی مشخص شدند. برای تعیین میزان اثرگذاری این عوامل بر روی هریک از مشخصات ژئومتری خندق و رابطه بین متغیرهای وابسته و مستقل با استفاده از رگرسیون چند متغیره به دست آمد. نتایج نشان داد که میزان شوری، نسبت سدیم قابل جذب و سدیم محلول دارای بیشترین ضریب تأثیر و بیشترین نقش را در گسترش خندق دارند. حال آنکه میزان مواد آلی و مجموع کلسیم و منیزیم چون نقش چسبندگی و فولکوله کردن خاک را داشته مانع از گسترش خندق می‌شوند. همچنین بر اساس مدل گسترش سطح مقطع میزان نسبت سدیم قابل جذب و سدیم تبادل‌پذیر دارای بیشترین ضریب تأثیر در افزایش سطح مقطع است. میزان گچ و مجموع کلسیم و منیزیم بیشترین نقش را در مهار و جلوگیری از گسترش ابعاد خندق ایفا کردند.

کلیدواژه‌ها: خصوصیات ژئومتری، رگرسیون چندمتغیره، فرسایش خندقی، خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک، عکس هوایی

۱- مقدمه

فرسایش آبی یک مشکل در سراسر جهان بوده که باعث پدیده تخریب اراضی در مناطق نیمه مرطوب تا خشک می‌شود (Bou Kheir 2007؛ Buttafuoco et al. 2012). خطر فرسایش خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌ویژه در محدوده‌های کوهستانی از موارد قابل‌توجه در آمایش سرزمین است. فرسایش خاک در این مناطق از پیامدهای مهم تغییرات اقلیمی و یا به‌طور کلی از آثار بارز تغییرات محیطی و اکولوژیک به‌حساب می‌آید (Bayati Khatibi et al. 2011؛ Zhou 2008). پیامدهای فرسایش شامل تلفات خاک، ته‌نشینی رسوب در مخازن و از بین رفتن زمین‌های زراعی و پوشش گیاهی می‌باشد (Rahnema Rad 2010؛ Evans and Lindsay 2010). از میان انواع مختلف فرسایش آبی، فرسایش خندقی یکی از مهم‌ترین رخداد‌های مؤثر در نابودی خاک، تغییر منظر زمین و تخریب منابع آبی و پسرفت اراضی است. این نوع فرسایش از دو جنبه بر محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد. با تخریب افق‌های سطحی و زیرین خاک، موجب تولید رسوب در حجم زیاد و نابودی بستر تولید می‌شود و نیز باعث تشدید در تخلیه رواناب‌های سطحی و کاهش حجم جریان آب‌های زیرزمینی از طریق کوتاه کردن ارتباط بین مناطق بالادست و پایین‌دست می‌شود (Nazari Samani et al. 2009). با توجه به اینکه فرسایش خندقی غالباً در شیب‌های زیر ۱۵٪ اتفاق می‌افتد و اراضی واقع در این شیب معمولاً از نظر اقتصادی و اجتماعی برای انسان‌ها بسیار بااهمیت می‌باشند و چون محل گسترش مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی هستند، مطالعه پیرامون این نوع از فرسایش و تعیین میزان هدر رفت خاک ناشی از آن از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود (Rostamizad 2014). فرآیندی که منجر به ایجاد خندق و توسعه آن در سطح می‌گردد با جاری شدن آب و فرسایش صفحه‌ای و ایجاد شیارهای سطحی متأثر از فرسایش شیاری با شیب همسان نسبت به دامنه آغاز شده و باگذشت زمان و با عمیق شدن شیارها ادامه می‌یابد (Keller Edward 2011). یکی از مهم‌ترین مسائل در بحث پایش و ارزیابی فرسایش خندقی تعیین معیاری جهت استخراج و شناخت این نوع از فرسایش است. نتایج حاصل از بررسی‌های (Rostamizad et al. 2014) با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره گام‌به‌گام در استان ایلام نشان داد که مشخصات ژئومتری خندق در منطقه مورد مطالعه تابعی از سطح بالادست، ضریب گردی حوضه، انحنای دامنه، شیب محلی سر خندق و در صد تاج پوشش حوزه آبخیز خندق خواهد بود. در پژوهشی دیگر از (Rostamizad et al. 2014) مشخص شد که گسترش طولی خندق تابعی از نسبت جذب سدیم، درصد شن و میزان انحنای دامنه بوده و گسترش حجمی خندق تابعی از سطح مقطع خندق، درصد آهک و ضریب کشیدگی حوزه آبخیز بالادست خندق است. در پژوهشی در منطقه کیاسر فاکتور شیار و آبراهه به‌عنوان خندق و انتخاب آن به‌عنوان متغیر وابسته و انتخاب معیارهایی چون لیتولوژی، کاربری زمین، خاک و معیارهای مستخرج از ویژگی‌های فیزیوگرافیکی منطقه (شیب، جهت شیب، شاخص رطوبت توپوگرافی، فاکتور طول دامنه و فاکتور قدرت جریان) به‌عنوان متغیرهای مستقل یا عوامل زمینه‌ساز، با استفاده از روش آماری رگرسیون چند متغیره بر اساس بیشترین همبستگی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل مبادرت به استخراج معادله رگرسیونی بین عوامل مذکور شد. درنهایت به این نتیجه رسیدند که چهار متغیر لیتولوژی، کاربری زمین، خاک و شاخص رطوبت توپوگرافی به‌عنوان مؤثرترین عوامل و فاکتورهای زمینه‌ساز در فرآیند فرسایش خندقی انتخاب و بر اساس میزان همبستگی هر یک از متغیرهای مستقل با متغیر وابسته ضرایب مربوطه محاسبه گردید (Farajzadeh et al 2012).

Shadfar et al. 2013 مقایسه فرسایش خندقی در کاربری‌های زراعی و مرتعی در حوزه آبخیز رباط ترک را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزان SAR و کاتیون سدیم سبب پخشیدگی ذرات خاک و تشدید فرسایش خندقی در هر دو واحد کاری شده است. در واحد کاری زراعی میزان ماده آلی از ۳۴/۴ تا ۹۹/۱ درصد و در واحد کاری مرتعی میزان ماده آلی از ۹۳/۴ الی ۳۳/۴ درصد تغییر می‌کند. در واحد کاری مرتعی در یک سطح مشخص تعداد خندق‌ها بیشتر و نسبت به واحد کاری زراعی فعال‌تر هستند. ضمناً عواملی مانند pH و EC نیز در واحد کاری مرتعی بیشتر از واحد زراعی می‌باشند. در هر دو واحد نسبت عرض به عمق در تمامی خندق‌ها بیش از یک بوده و میزان نفوذپذیری خاک در واحدهای کاری زراعی و مرتعی به ترتیب ۹۲/۴ و ۴۲/۳ سانتی‌متر بر ساعت می‌باشند. نتایج حاصل از

بررسی‌ها و تحقیقات انجام شده در ایران، نشانگر متفاوت بودن عوامل و میزان تأثیر آن‌ها در ایجاد فرسایش خندقی و رشد و گسترش آن در نقاط مختلف ایران است. به‌طور مثال تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در سازند گچساران نشان داد که دو عامل درصد نمک‌های محلول و مساحت حوضه خندق بیشترین تأثیر را در ایجاد فرسایش خندق داشته است (Ahmadi 2011). با توجه به اهمیت و نقش فرسایش خندقی در میزان هدر رفت خاک و تخریب اراضی افزون بر تولید رسوب به‌ویژه در منطقه مورد مطالعه به دلیل وجود اراضی حاصلخیز کشاورزی با پتانسیل بالای تولید و نزدیکی این اراضی به مناطق شهری در شهرستان دره شهر، هدف از انجام این تحقیق مشخص نمودن عوامل خاکی مؤثر در گسترش خصوصیات ژئومتری فرسایش خندقی و همچنین پیش‌بینی آن‌ها می‌باشد. شناسایی عوامل مؤثر در گسترش این فرآیند می‌تواند رهیافتی جهت کمک به مدیران و مسئولان برای مهار و جلوگیری از گسترش فرسایش خندقی باشد.

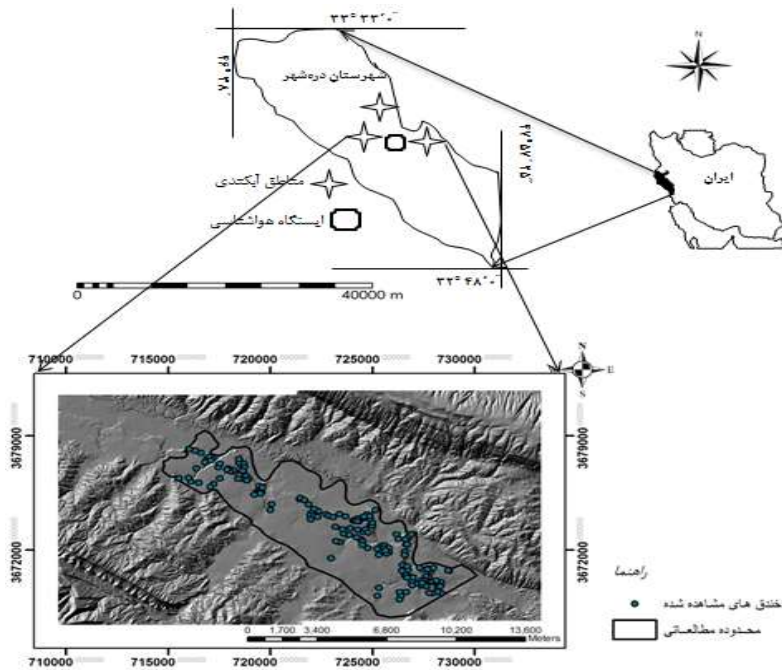
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

پهنه‌های خندقی متعددی در استان ایلام وجود دارد که در این تحقیق پهنه دره شهر مورد بررسی قرار گرفت. این پهنه در شهرستان دره شهر و در شرق استان ایلام در محدوده جغرافیایی بین $30^{\circ} 08'$ تا $30^{\circ} 46'$ طول جغرافیایی و $12^{\circ} 14'$ تا $33^{\circ} 23'$ عرض جغرافیایی قرار دارد. سازند زمین‌شناسی از رسوبات دریاچه‌ای تشکیل شده که ناشی از زمین‌لغزش بزرگ سیمره است (Noormohamadi, 2006). اقلیم پهنه نیمه‌خشک سرد است که بر اساس ایستگاه سینوپتیک دره شهر دمای متوسط منطقه ۲۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش منطقه ۴۹۷ میلی‌متر است. مساحت پهنه خندقی مورد مطالعه ۵۹۸۸ هکتار، ارتفاع متوسط پهنه از سطح دریا ۴۲۷ متر و شیب متوسط ۱۲ درصد است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه در نقشه زمین‌شناسی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ کبیر کوه واقع گردیده است. با استفاده از تطبیق نقشه زمین‌شناسی با تصاویر گوگل ارث میزان گسترش و درصد پوشش واحدهای سنگی و رسوبی به شرح جدول (۱) می‌باشد (Rostamizad, 2014).

جدول ۱- میزان گسترش واحدهای سنگی و رسوبی مربوط به هر دوران و دوره زمین‌شناسی

دوران	دوره	علائم	گسترش واحدهای سنگی و رسوبی	
سنوزوئیک	کواترنری	Qal	مساحت (هکتار)	درصد
			۴۸۲/۰۶	۸/۱۳
		Qt	۱۶۳۱/۹	۲۷/۵۴
		Lac	۳۸۱۱/۹۵	۶۴/۳۳



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان ایلام

۲-۲- جمع‌آوری و تهیه آمار و اطلاعات

آمار و اطلاعات پایه مورد نیاز شامل نقشه‌های پایه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان‌های جغرافیایی ارتش و سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه منابع اراضی و خاک‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ موسسه حفاظت آب‌و خاک می‌باشد. خصوصیات مربوط به هریک از نقشه‌های پایه در نقاط آموزشی (تعلیمی) با استفاده از دستگاه GPS در کل منطقه تحقیق شامل سنگ‌شناسی، نوع تراکم پوشش با استفاده از پلات‌های استاندارد ارزیابی مراتع (۱*۱) متر و ترانسکت، کاربری اراضی، و همچنین اندازه‌گیری شیب در محل نقاط تعلیمی با استفاده از شیب‌سنج انجام گرفت. به این ترتیب هر یک از موارد مذکور مستقیماً از طریق اندازه‌گیری میدانی مشخص شده و در مرحله تجزیه و تحلیل داده‌ها از آن‌ها جهت تعیین خصوصیات مکانی مناطق خندقی شده استفاده شد.

۳-۲- عملیات میدانی (صحرائی)

۲-۳-۱- اندازه‌گیری خصوصیات ژئومتری و توپوگرافی خندق‌ها

اندازه‌گیری خصوصیات ژئومتری خندق‌ها شامل عمق، طول، عرض بالا و پایین، سطح مقطع، شیب جانبی، از طریق نقشه‌برداری در عرصه با استفاده از دوربین نقشه‌برداری توتال در سه مقطع (رأس خندق، میانه و دهانه خروجی خندق) انجام گرفت. سپس به کمک نرم‌افزار AutoCad و AutoCad Land Civil3D مدل ابعادی هریک از خندق‌ها در محیط نرم‌افزار طراحی گردید. سپس مشخصات ژئومتری خندق‌ها استخراج شد. محدوده آبخیز هر خندق از طریق عملیات میدانی (با استفاده از GPS) و همچنین با استفاده از نقشه توپوگرافی و عکس‌های هوایی به منظور تعیین مساحت بالادست هر خندق مشخص شد.

۲-۳-۲- نمونه‌برداری و تعیین فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک

جهت مشخص کردن فاکتورهای خاک‌شناسی در سه مقطع (رأس، وسط و خروجی) در طول هر یک از خندق‌ها و در هر مقطع سه نمونه خاک در بخش سطحی تهیه گردید. هر نمونه پس از برداشت خاک و همگن‌سازی آن استخراج

شد. نمونه‌های خاک پس از برداشت از صحرا در سایه‌خشک گردیده و سپس با یک چکش چوبی کوبیده و پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری به آزمایشگاه منتقل گردید. با انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، آنالیزهای مختلف بر روی آن‌ها انجام و به ترتیب بافت خاک به روش هیدرومتری بویکس و هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع با دستگاه هدایت سنج الکتریکی EC Meter Genwey مدل ۳۳۱۰ تعیین گردید. اندازه‌گیری مقدار یون سدیم در عصاره اشباع خاک به روش فلاپم فتومتری و اندازه‌گیری مقدار یون کلسیم و منیزیم در عصاره اشباع به روش تیتراسیون برگشتی با ورسین و سپس میزان نسبت جذب سدیم (SAR) محاسبه گردید. هم‌چنین تعیین اسیدیته خاک در گل اشباع به وسیله الکتروود شیشه به کمک دستگاه pH سنج مدل ۷۴۴ تعیین شد. مقدار آهک نمونه‌های خاک به روش کلسی‌متری انجام گرفت. اندازه‌گیری مقدار گچ نمونه‌های خاک از روش حذف آب کریستالی محاسبه گردید. هم‌چنین مقادیر مواد آلی نمونه‌های خاک از روش اکسیداسیون تر به دست آمد.

۲-۳-۳- تجزیه و تحلیل آماری

رابطه بین گسترش طولی و حجمی خندق با خصوصیات زمین محیطی ذکر شده، بر اساس روش‌های تجزیه و تحلیل همبستگی ساده و چندگانه و مدل‌های رگرسیونی مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی همبستگی بین متغیرهای وابسته و مستقل با استفاده از نرم‌افزار SPSS، از ضریب همبستگی پیرسون (چون داده‌ها پیوسته بوده) استفاده شد. لازم به ذکر است که برای این منظور نرمال بودن داده‌ها با استفاده از تست کلموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت که نشان داد داده‌ها نرمال بوده (حدود اعتماد آن‌ها بیشتر از ۰/۰۵) و سپس ماتریکس همبستگی آن‌ها به دست آمد.

۲-۳-۴- اعتبارسنجی مدل

برای اعتبارسنجی مدل ساخته شده، از اطلاعات خندق‌هایی که قبلاً در ساخت و توسعه مدل از داده‌ها و آمار و اطلاعات آن استفاده نشده، و دارای شرایط محیطی مشابه منطقه بودند استفاده شد. برای این منظور تعداد ۸ خندق در منطقه شناسایی و مدل ابداعی در آبخیز خندق‌های انتخاب شده اجرا شد. سپس خروجی آن با داده‌های واقعی (اندازه‌گیری شده در همان خندق) با استفاده از روش‌های آماری برای تعیین میزان عدم قطعیت محاسبه گردید. برای انجام اعتبارسنجی از شاخص‌های عمومی اعتبارسنجی $RMSE^1$ مطابق رابطه (۱) استفاده شد.

$$RMSE = \left(\frac{1}{n} \sum (S_{ob} - S_{es})^2 \right)^{1/2} \quad (1)$$

که در آن $RMSE$ جذر میانگین توان دوم خطا، S_{ob} مقدار مشاهده شده، S_{es} مقدار محاسبه شده با استفاده از مدل و n تعداد داده‌ها می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

بعد از تهیه DEM منطقه با ابعاد پیکسل 10×10 متر، نقشه‌های کاربری اراضی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، جهت و انحنای دامنه منطقه مورد مطالعه نیز با استفاده از نرم‌افزارهای ArcView و Arc GIS تهیه شد. سپس ارتوفتو و موزائیک کردن عکس‌های هوایی منطقه، تصویری با دقت مکانی 1×1 متر و خطای (RMSE) کمتر از یک پیکسل به دست آمد. با استفاده از این تصویر نقشه دقیق پراکنش خندق‌ها و حوزه آبخیز آنها به دست آمد. اندازه‌گیری خصوصیات ژئومتری خندق‌ها از طریق عملیات میدانی و با استفاده از روش‌های ذکر شده در مواد و روش‌ها انجام شد. متوسط ۳۶ خندق به تفکیک هر سطح مقطع در جدول (۲) آورده شده است.

¹ - Root Mean Square Error

جدول ۲- میانگین مشخصات ژئومتری خندق‌ها در هریک از مقطع‌های اندازه‌گیری شده

سطح مقطع	طول خندق (متر)	عرض بالای خندق (متر)	عرض پایین (متر)	عمق خندق (متر)	سطح مقطع خندق (متر مربع)
۱	۷/۲۲	۲/۳۵	۱/۰۷	۱/۳	۲/۱۲
۲	۱۶/۷۶	۲/۷۷	۰/۹۸	۱/۴۷	۲/۴۱
۳	۲۷/۱۲	۲/۴۹	۰/۸۷	۱/۲۷	۲
متوسط متغیرها	۲۷/۱۲	۲/۵۴	۰/۹۸	۱/۳۵	۲/۱۸

جهت شناخت فاکتورهای خاک‌شناسی در سه مقطع (رأس، وسط و خروجی) در طول هر یک از خندق‌ها و در هر مقطع سه نمونه خاک در بخش سطحی، تهیه گردید. نتایج آزمایشگاهی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک ۳۶ خندق به تفکیک هر سطح مقطع در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳- متوسط پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک در هریک از مقطع‌های اندازه‌گیری شده در خندق‌ها (کانی‌ها برحسب درصد)

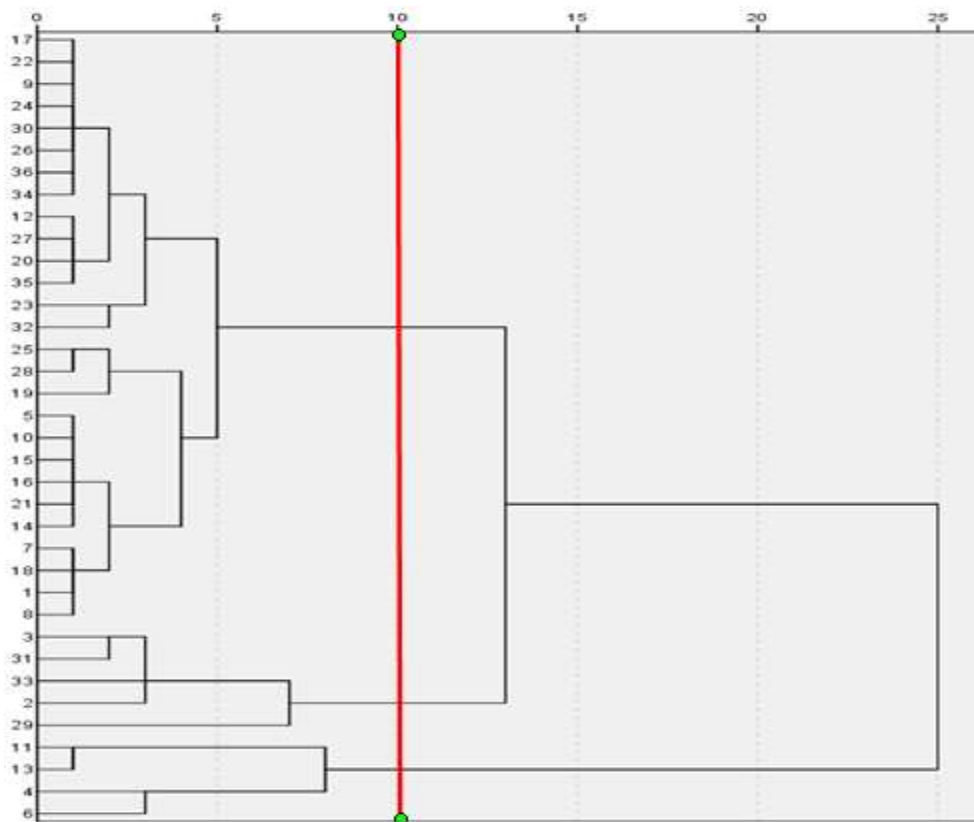
سطح مقطع	شن	سیلت	رس	مواد آلی	گچ	آهک	EC	pH	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Na ⁺	SAR
۱	۱۸/۵۸	۳۵/۰۷	۴۶/۳۵	۰/۷۷	۰/۰۴	۳۲/۷۰	۰/۶۰	۷/۴۹	۵/۱۸	۱/۴۳	۰/۹۷
۲	۱۶/۲۹	۳۵/۱۳	۴۸/۸۸	۰/۸۱	۰/۰۴	۳۳/۰۳	۰/۸۷	۷/۸۲	۵/۹۶	۱/۹۷	۱/۳۱
۲	۱۷/۱۵	۳۵/۰۵	۴۷/۷۸	۰/۸۷	۰/۰۴	۳۳/۵۰	۰/۸۴	۷/۸۸	۵/۵۸	۱/۴۹	۱/۹۵
متوسط	۱۶/۲۹	۳۵/۱۳	۴۸/۸۸	۰/۸۱	۰/۰۴	۳۳/۰۳	۰/۸۷	۷/۸۲	۵/۹۶	۱/۹۷	۱/۳۱

EC: هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)، Na⁺: مقدار سدیم محلول (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)، Ca+Mg: (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)، SAR: نسبت جذب سدیم

نتایج حاصل از جدول (۳) نشان داد که بافت خاک خندق‌های مورد مطالعه غالباً رسی، رسی-سیلتی و سیلتی لومی است که به‌طور کلی رس و سیلت در همه خندق‌ها غالب هستند. به‌نحویکه در تطبیق نتایج آزمایش‌های خاکشناسی با برداشتهای صحرائی چنین نتیجه گرفته شد که یکی از عوامل پیشرفت سرخندقه‌ها وجود سیلت در لایه‌های B یا در افق‌های میانی خاک است. در حقیقت حساسیت سازندها، که از عوامل مهم ایجاد خندق‌ها محسوب می‌شود از این موضوع منتج می‌شود. این نتایج با نتیجه تحقیق‌های (Rostamizad 2015; Davoodi 2010; Shadfar et al. 2007) و (Khazaei 2012)، مبنی بر نقش تعیین کننده بافت خاک در ایجاد خندق و رسوب‌زایی بیشتر خندق‌ها در بافت خاک سیلتی همخوانی دارد. نتایج همچنین نشان داد که پیشروی در محدوده سرخندقه‌ها غالباً به‌صورت حفرهای صورت گرفته است. به‌نحویکه خندق از ناحیه افق‌های میانی تا زیری انحلال پیدا کرده و ریزش می‌نماید و سپس سطح بالایی خندق نیز یک مرتبه فرو می‌ریزد و باعث پیشروی آن می‌گردد. این موضوع نشان دهنده لایه‌های سست و وجود املاح و یا عناصر انحلال‌پذیر در این بخش از خاک است که البته این عمل با حضور مستمر آب صورت می‌گیرد. مشاهدات صحرائی پیرامون وضعیت شکل سر خندق‌ها، که به‌صورت غار مانند درآمده‌اند نشان دهنده وضعیت لایه‌های میانی خاک نیز بوده که در افق B خاک از دانه‌بندی سستی برخوردار بوده و میزان املاح محلول در خاک در این بخش نیز زیاده‌تر مشاهده شد. این نتایج با یافته‌های (Rodrigues and Ries Alves 2005)، (Ghodousi 2003); (Rostamizad 2014); (Ghodousi and Davoodi 2005) مطابقت دارد.

قبل از انجام محاسبات و تجزیه و تحلیل‌های آماری بایستی خندق‌ها از نظر ویژگی‌های ذکر شده گروه‌بندی شده تا بزرگ‌ترین گروه که بیشترین تعداد خندق را از نظر سطح همانندی در بر می‌گیرد، انتخاب شود. بدین منظور با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و روش رابطه بین گروه‌ها، دسته‌بندی خندق‌ها انجام شد. بر اساس آن و در فاصله اقلیدسی ۱۰ یا

سطح همانندی (شبهات) بیش از ۸۰ درصد، خندق‌ها در سه گروه قرار گرفتند که بیش از ۷۵ درصد خندق‌ها در گروه بزرگتر قرار گرفتند. بنابراین گروهی که شامل بیشترین تعداد خندق بود جهت انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲).



شکل ۲- گروه‌بندی خندق‌ها با استفاده از تحلیل خوشه‌ای

پس از گروه‌بندی خندق‌ها، رابطه ویژگی‌های خاک خندق‌ها با خصوصیات ژئومتری شامل عمق، طول، عرض بالا و پایین، سطح مقطع، فوق بر اساس روش‌های تجزیه و تحلیل همبستگی و مدل‌های رگرسیونی چندگانه مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی همبستگی بین متغیرهای وابسته و مستقل با استفاده از نرم‌افزار SPSS، از ضریب همبستگی پیرسون (چون داده‌ها پیوسته بوده) استفاده شد. لازم به ذکر است که قبل از این کار، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از تست کلموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که داده‌ها نرمال بوده (حدود اعتماد آنها بیشتر از ۰/۰۵) و سپس ماتریکس همبستگی آنها به دست آمد (جدول ۴). بعد از اینکه همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته مورد بررسی قرار گرفت، با استفاده از رگرسیون چندگانه (روش توأم) رابطه متغیرهای مستقل (ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک) با متغیرهای وابسته طول خندق (جدول ۵) و سطح مقطع خندق (جدول ۶) تعیین شد. از این طریق میزان تأثیر این پارامترها بر خصوصیات ژئومتری خندق مشخص گردید.

جدول ۴- نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی متغیرهای وابسته و مستقل در خندق‌های مورد مطالعه (۳۶ خندق)

L	Wu	Wd	H	CS	Hh	شن. %	سیلت. %	رس. %	مواد آلی	گچ	آهک	EC	pH	Ca+Mg	Na	SAR
L	.072	.076	.092	.037	-.113	.073	.142	.076	-.210	-.212	-.095	.046	.315	-.222	.218	.191
Wu	1	.733**	.821**	.877**	.581**	.027	.368*	.280	-.131	-.416*	-.177	.167	.317	-.072	.102	.082
Wd		1	.639**	.797**	.276	.114	.402*	.262	-.207	-.429*	-.106	.183	.459**	-.100	.000	.022
H			1	.843**	.651**	.077	.424*	.299	-.096	-.272	-.316	.199	.095	-.102	.024	.058
CS				1	.608**	.022	.380*	.292	-.011	-.401*	-.176	.154	.316	-.102	.111	.071
Hh					1	.192	.239	.091	-.091	-.105	-.166	.048	.114	-.038	.124	.107
شن. %						1	.107	-.606**	.253	-.253	.111	.026	-.038	.096	.135	.113
سیلت. %							1	-.856**	.143	.110	.196	-.028	-.244	.246	.220	.210
رس. %								1	-.246	.043	-.214	.009	.215	-.246	-.246	-.227
مواد آلی									1	.048	.225	-.051	-.044	.162	-.025	-.008
گچ										1	-.116	-.057	-.491**	.166	-.035	-.053
آهک											1	-.185	.109	.046	-.170	-.132
EC												1	.197	-.002	.465**	.407*
Ph													1	-.186	-.127	-.086
Ca+Mg														1	-.180	-.327
Na															1	.979**
SAR																1

L: طول خندق (متر)، Wu: عرض بالایی خندق (متر)، Wd: عرض پایینی خندق (متر)، H: عمق خندق (متر)، Hh: ارتفاع پیشانی خندق (متر)، CS: سطح مقطع (مترمربع)، EC: هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر)، Na: مقدار سدیم محلول (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)، Ca+Mg: (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)، SAR: نسبت جذب سدیم

جدول ۵- نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره گسترش طولی خندق‌ها با ویژگی‌های خاک

Sig.	t	ضرایب غیراستاندارد			مدل		متغیر
		Std. Error	B		R ²	R	
۰/۰۶۴	-۱/۹۹	۳۰۷/۵۰	-۶۱۲/۲۲	(C)	۰/۵۲۳	۰/۷۲۰	L
۰/۱۲۵	۱/۶۲	۰/۴۰	۰/۶۴۷	شن			
۰/۸۸۱	۰/۱۵۳	۰/۴۶	۰/۰۷۰	سیلت			
۰/۳۴۷	-۰/۹۶۹	۶/۳۵	-۶/۱۶	مواد آلی			
۰/۰۴۹	۲/۱۳	۶۹۷۸/۰۵۴	۱۴۸۹۲/۵۲	گچ			
۰/۰۸۳	-۱/۸۵	۰/۸۸۳	-۱/۶۳	آهک			
۰/۵۵۱	۰/۶۱	۵/۶۲	۳/۴۲	EC			
۰/۰۸۵	۱/۸۴	۶/۴۰	۱۱/۷۵	pH			
۰/۱۱۵	-۱/۶۶	۱/۵۷	-۲/۶۱	Ca+Mg			
۰/۷۳۴	۰/۳۴۷	۱۱/۴۴	۳/۹۵	Na			
۰/۵۹۳	۰/۵۴۵	۱۳/۸۶	۷/۵۵	SAR			

a. Dependent Variable: L

جدول ۶- نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره گسترش سطح مقطع خندق با ویژگی‌های خاک

Sig.	T	ضرایب غیراستاندارد			مدل		متغیر
		Std. Error	B		R ²	R	
۰/۰۲۴	۲/۴۹	۳۷/۳۲	۹۲/۸۶	(C)	۰/۵۲۳	۰/۷۲۳	CS
۰/۵۵۷	۰/۶۰	۰/۰۵	۰/۰۳	شن			
۰/۱۷۳	۱/۴۳	۰/۰۶	۰/۰۸	سیلت			
۰/۹۰۱	-۰/۱۳	۰/۷۷	-۰/۰۹۷	مواد آلی			
۰/۰۲۶	۲/۴۵	۸۴۶/۸۸	۲۰۷۴/۲۳	گچ			
۰/۶۷۴	-۰/۴۳	۰/۱۰۷	-۰/۰۴۶	آهک			
۰/۱۹	۱/۳۷	۰/۶۸	۰/۹۳۳	EC			
۰/۴۴۲	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۶۱۱	pH			
۰/۰۷۷	-۱/۸۹	۰/۱۹	-۰/۳۶	Ca+Mg			
۰/۰۵۵	۲/۰۷	۱/۳۹	۲/۸۷	Na			
۰/۰۶	۲/۰۳	۱/۶۸	۳/۴۱	SAR			

a. Dependent Variable: CS

رابطه ویژگی‌های خاک با خصوصیات ژئومتری خندق‌ها شامل عمق، طول، عرض بالا و پایین، سطح مقطع، بر اساس روش‌های تجزیه و تحلیل همبستگی چندگانه و مدل‌های رگرسیونی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به جدول‌های (۴) و (۵) مدل گسترش طولی و گسترش سطح مقطع خندق و ضریب تأثیرگذاری هریک از پارامترهای خاک به صورت روابط (۳) و (۴) زیر ارائه می‌گردد.

$$L = 0.647(\text{شن}) + 0.07(\text{سیلت}) - 6.16(\text{مواد آلی}) + 14892.52(\text{گچ}) - 1.634(\text{آهک}) + 3.427(\text{EC}) + 11.75(\text{pH}) - 2.61(\text{Ca+Mg}) + 3.95(\text{Na}) + 7.55(\text{SAR}) - 612.22 \quad (۳)$$

$$CS = 0.29(\text{شن}) + 0.08(\text{سیلت}) - 0.097(\text{مواد آلی}) + 2074.22(\text{گچ}) - 0.046(\text{آهک}) + 0.933(\text{EC}) + 0.61(\text{pH}) - 0.36(\text{Ca+Mg}) + 2.87(\text{Na}) + 3.41(\text{SAR}) + 92.86 \quad (۴)$$

نتایج حاصل از بررسی‌های تجزیه و تحلیل همبستگی بین مشخصات ژئومتری خندق و عوامل خاک نشان داد که همبستگی بین گسترش طولی و عرض خندق با مقدار سدیم محلول خاک مثبت بوده این نتیجه با یافته‌های پژوهشی انجام شده توسط Khojeh et al. (2012); Ghodousi (2003) و Poesen et al. (2003) همخوانی دارد. علت این امر آزاد شدن سدیم در جایگزین شدن آن با کلسیم و یا پتاسیم و افزایش انتشار پذیری ذرات خاک می‌باشد. همبستگی بین گسترش خندقها با هدایت الکتریکی که بیان کننده و نماد مقدار املاح محلول موجود در خاک است، مثبت بوده به طوری که با افزایش املاح محلول در خاک طول خندقها نیز افزایش می‌یابد. علت این امر فراهم شدن شرایط برای شکل‌گیری و گسترش فرسایش تونلی و فروریزی (انحلالی) سقف دهلیزها یا دالانهای تشکیل شده در اثر رشد افقی فرسایش تونلی و شکلگیری فرسایش خندقی با بریدگی‌های عمودی در رأس یا پیشانی خندقها دلیل این موضوع است. یافته مذکور نیز با یافته‌های Bull and Kirkby (2002) و Ghodousi (2003) مطابقت دارد. به عبارت دیگر عامل هدایت الکتریکی از عوامل اصلی و تعیین کننده در فراهم بودن شرایط و یا حساسیت اراضی به فرسایش خندقی و رشد و گسترش آن دارد. هوموس و مواد آلی حاصل از بقایای گیاهی مانع فرسایش خاک می‌شوند. همبستگی منفی گسترش طولی و عرضی خندق با ماده آلی نیز توسط Duiker et al. (2001) تأیید شده است. افزایش مقدار ماده آلی در خاک مانع از فروپاشی خاکدانهها شده به طوری که در یک خاک معین با افزایش قابل توجه مواد آلی نرخ فروپاشی خاکدانهها به یک سوم کاهش می‌یابد. خاک هوموس‌دار با نگهداری مقدار زیادی از آب بارندگی‌ها در خود نه تنها مانع جاری شدن آب بر سطح زمین می‌شود بلکه درصد قابل توجهی از آب را در عمق مناسب در دسترس ریشه گیاهان قرار می‌دهد. این نتایج با نتایج مطالعات انجام شده توسط Battani and Grismer (2000)؛ Duiker et al. (2001) و Zangiabadi et al. (2010) مطابق است. رابطه بین مقدار pH و گسترش خندق مثبت و بر مقدار خاک تلف شده از طریق خندق تأثیرگذار است. وقتی pH افزایش می‌یابد از درصد آلومینیوم اشباع کم شده و کاتیونهای بازی زیاد می‌شوند. در خاکهای با هدایت الکتریکی پایین باعث پراکندگی ذرات خاک می‌گردد. همچنین مقدار زیاد pH با در اختیار قرار دادن یا ندادن بعضی مواد در اختیار گیاه، بر پوشش گیاهی تأثیرگذار است و زیادی آن باعث از بین رفتن پوشش گیاهی می‌شود. این نتایج با یافته‌های Dongsheng et al. (2006); Saeidiyan and Moradi (2010) مطابق است. رابطه بین گسترش طولی و سطح مقطع خندق با مقدار کلسیم و منیزیم، آهن و گچ منفی و نشان می‌دهد که با افزایش مقادیر این پارامترها، تغییرات ابعاد خندق کاهش می‌یابد. چون بر خلاف سدیم باعث فولکوله شدن و پایداری خاکدانهها و بهبود ساختمان خاک می‌شوند. در نتیجه بهبود ساختمان خاک افزایش مقاومت خاک در مقابل تنش برشی رواناب حاصل از بارندگی‌ها و همچنین افزایش نفوذپذیری خاک می‌شود. این نتایج با یافته‌های Rostamizad (2014)؛ Evazade-Tavakoli; Roosta et al. (2010); Bajwa Sadana (1985) (2009) and مطابق است.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت و نقش فرسایش خندقی در میزان هدر رفت خاک به‌ویژه در منطقه مورد مطالعه به دلیل وجود اراضی حاصلخیز کشاورزی با پتانسیل بالای تولید و نزدیکی این اراضی به مناطق شهری شهرستان دره شهر، این پژوهش با هدف مشخص نمودن عوامل خاکی مؤثر در گسترش خصوصیات ژئومتری فرسایش خندقی انجام شد. بنابراین با توجه به یافته‌های این تحقیق مشخص شد که:

۱- بر اساس مدل مفهومی گسترش طول خندق میزان شوری، درصد سدیم قابل جذب و سدیم محلول دارای بیشترین ضریب تأثیر و بیشترین نقش را در گسترش خندق داشت. ولی برعکس میزان مواد آلی و مجموع کلسیم و منیزیم چون نقش چسبندگی و فولکوله کردن خاک را داشته مانع از گسترش خندق شدند.

۲- بر اساس مدل گسترش سطح مقطع، نسبت سدیم قابل جذب و سدیم تبادلی دارای بیشترین ضریب تأثیر در افزایش سطح مقطع بوده ولی میزان گچ و مجموع کلسیم و منیزیم بیشترین نقش را در جهت مهار و جلوگیری از گسترش ابعاد خندق را ایفا می‌کنند.

۳- بافت خاک مخصوصاً بافت خاک سیلتی، در ایجاد خندق و رسوبزایی خندق‌ها نقش تعیین کننده‌ای دارد. پیشروی در محدوده سرخندقها غالباً بهصورت حفرهای صورت گرفت. بهطوریکه خندق از ناحیه افقهای میانی تا زیری انحلال پیدا کرده و ریزش می‌نماید. سطح بالایی خندق نیز یک مرتبه فرو می‌ریزد و باعث پیشروی آن می‌گردد.

۴- برای مدل‌های گسترش طولی خندق و گسترش سطح مقطع مقادیر میانگین خطای نسبی و جذر میانگین توان دوم خطا به ترتیب کمتر از ۱۳٪ و ۱٪ به دست آمد. که نشان می‌دهند مدل‌ها از اعتبار خوبی برخوردار هستند و از آنها می‌توان برای پیش‌بینی میزان تغییرات ابعاد خندق برای مناطقی با شرایط مشابه منطقه مورد مطالعه بهره گرفت.

References

- Ahmadi M. (2011). Analysis factors affecting the formation and expansion of Gully erosion (Case Study: Mesquite Plains Lamerd Basin, Gulf). M.Sc. Thesis, faculty of Geography, Tehran University. 113 Pages [In Persian].
- Battani M. C. and Grismer M. E. (2000). Rainfall Runoff and erosion in Napa Vally vineyards: effect of slope, cover and roughness. *Hydrol. Proces.* 14(7), 1289-1304
- Bayati Khatibi M. Rajabi M. and Karami F. (2011). Investigation of topographic thresholds and analyzing role of surface materials on gully development in the hillslope of semi-arid areas, case study: Shoorchay. *Geogr. Environ. Plan. J.*, 22(1), 15-34 [In Persian].
- Bou Kheir R. Wilson J. and Deng Y. (2007) Use of terrain variables for mapping gully erosion susceptibility in Lebanon. *Earth Surf. Proc. Land.*, 32, 1770–1782.
- Bull I.J. and Kirkby M.J. (2002). Channel heads extension. in *Druland Rivers hydrology and geomorphology of semiarid channel*. Wiley Chinchester, UK. 84 pp.
- Buttafuoco G. Conforti M. Aucelli P.P.C. Robustelli G. and Scarciglia F. (2012). Assessing spatial uncertainty in mapping soil erodibility factor using geostatistical stochastic simulation. *Environ. Earth Sci.*, 66, 1111–1125.
- Dongsheng Y. Xuezheng S. and Weindorf D.C. (2006). Relationships in subtropical China. *Soil Sci. Soc. China*, 16(3), 304-311.
- Duiker S.W. Flanagan D.C. and Lal R. (2001). Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of southwest Spain. *Catena*. 45(2), 103-121.
- Ekwe E.I. (1991). The effects of soil organic matter content, rainfall duration and aggregate size on soil detachment. *Soil Technol.*, 4, 197-207
- Evans M. and J. Lindsay. (2010). High resolution quantification of gully erosion in upland peat lands at the landscape scale. *Earth Surf. Proc. Land.*, 35(8), 876-886.
- Evaz-zadeh Tavakoli F. (2009). Estimates of the Gully length extension using the model (Case study: Bushehr Province). MSc Dissertation. Faculty of Natural Resources, Tehran University. 112 [In Persian].
- Farajzadeh M. Afzali A. Khalili Y. and Ghalichi A. (2012). Gully erosion sensitivity evaluation by using multivariate regression model (Case study: South East province; Kiasar). *J. Environ. Degrad.*, 2 (6), 42-57 [In Persian].

- Ghodousi J and Davari M. (2005). Investigate the effect of physical and chemical properties of soils in Gully erosion occurrence. 3rd National Conference on Erosion and Sedimentation. 8pp [In Persian].
- Ghodousi J. (2003). Modeling of gully erosion morphology and hazard zonation its. Ph.D. Thesis, Department of Natural Resources, Tehran University. 450pp [In Persian].
- Keller Edward A. (2011). Environmental Geology, University of California, Pearson, U.S.A.
- Khazayi M. Shafiee A. and Mullaie A.S. (2012). Evaluation of the factors influencing in the development of gully erosion in the watershed Maron. J. Soil Res., 26(2), 164-153 [In Persian].
- Khojeh N. Ghogousi J. and Ismaili R. (2012). Investigate the relationship between physical and chemical properties of soil and gully erosion development in the Tamar Basin Qarequzi, Golestan Province. J. Watershed Manag., 3(5), 40-27 [In Persian].
- Moradi H. R. and Saeidian H. (2011). Evaluation of some soil characteristics and landuse on the Gachsaran formation using multivariate regression. Watershed Res. 90, 86-77 [In Persian].
- Nazari Samani A.A. Ahmadi H. Jafari M. and Ghodoosi J. (2009). Investigation of factors affecting sediment yield from gully erosion in small watersheds, case study: Dareh Kareh watershed, Boushehr. J. Phys. Geogr. Res. Quart., 69, 19-34 [In Persian].
- NoorMohamadi F. (2006). Allometry and sediment production of DarrehShahr Gullies in the part of Ilam province. MSc Dissertation, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres University. 95 Page [In Persian].
- Poesen J. Nachtergaele, J. Verstracten G. and Volentin C. (2003). Gully erosion and environmental change: Importance and research needs. Catena, 50, 91-133.
- Rahnema Rad j. Khosravi F. and RigiNejad S. (2010). Chemical specifications of soil for creation and development of gully in the Dashtyari region, Chabahar. J. Appl. Geol., 6(1), 9-16 [In Persian].
- Ries Alves R. and Rodrigues S.C. (2005). Gully's monitoring- morphometric and sediments study at Brazil's Savana. J. Soc. Nat. Uberlandia, 295-304
- Roosta D. J. Enayati K. A. and Vakili A. (2010). Survey effective of individually and combined organic and inorganic substances on the size of aggregates in a saline and sodic soil with silt loam texture. J. Sci. Technol. Agri. Nat. Resour., 15(56), 169-179 [In Persian].
- Rostamizad Gh. (2014). Geometric Characteristics Modeling (Geometry) of Gully Erosion (case study: Darreh-e-shahr City). PhD Thesis. Faculty of Natural Resources. Tehran University. 192 [In Persian].
- Rostamizad Gh. Salajegheh A. Nazari Samani A. A. and Ghodousi J. (2015). Determine affecting factors on gully head advancement and forecasts its development. Res. Geomorph., 4(1), 58- 46 [In Persian].
- Rostamizad Gh. Salajegheh A. Nazari Samani A. A. and Ghodousi J. (2015). Determining effective factors on the geometric characteristics of gully erosion. Environ. Erosion Res., 4(13), 61-50 [In Persian].
- Sadana U. S. and Bajwa M. S. (1985). Manganese equilibrium in submerged sodic soils as in fluenced by application of gypsum and green manuring. J. Agric. Sci. Cambridge. 104, 257-261.

-
- Shadfar S. and SobheZahedi S.h. (2007). Investigate the cause's development of Gully erosion in watershed Aliabad Gilan province. 4th Conference Science and Engineering of Watershed, faculty of Natural Resources, Tehran University. 8 [In Persian].
- Zhou P. (2008). Effect of vegetation cover on soil erosion in a mountainous watershed. *Catena*, 75, 319-325.

Assessment the Impact of Soil Physicochemical Characteristics on the Development of Gully Erosion (Case Study: Darrehshahr Township)

Ghobad Rostamizad^{1*} and Zahra Khanbabaei²

¹ Department of Soil and Water Conservation, Faculty of Science and Engineering, University Ilam, Ilam, Iran

² PhD Scholar, Department of Geomorphology, Tehran University, Tehran, Iran

*Corresponding author: gh_rostamizad@ut.ac.ir

Received: April 25, 2016

Accepted: December 21, 2016

Abstract

This study was performed to evaluate the effect of soil physicochemical characteristics on the gully expansion in the Darrehshahr Township of Ilam Province, Iran. In this regard, 36 gullies were selected. The soil physicochemical properties and geometry characteristics of gullies were tested using aerial photography, the digital maps, and field operations. The multiple regression was used to determine the impact of these factors on each gully geometry characteristics and to establish relationship between dependent and independent variables. The results showed that EC, SAR, and Na⁺ have the highest impact and play the most important role in the development of gully. Whereas amount of organic matter and total of Ca⁺⁺+Mg⁺⁺ prevent gully development because of their soil adherence and flocculating nature. Moreover, based on the cross-section development model, the amount of SAR and the Na⁺ had the highest impact in the increasing cross section of gully. However, the amount of gypsum and total of Ca⁺⁺ and Mg⁺⁺ play the most important role in control and prevent of the gully development.

Keyword: Geometric Characteristics; Multiple Regression; Gully Erosion; Soil Physicochemical Characteristics; Aerial Photo.