

## تعیین شرایط آستانه توپوگرافی گسترش فرسایش خندقی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ریحانلو-آذربایجان غربی)

ناصر بالنده<sup>۱\*</sup>، عباس احمدی<sup>۲</sup>، رضا سکوتی<sup>۳</sup>، صمد دربندی<sup>۴</sup>

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی

۴- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

\* نویسنده مسئول: [Naser.Balandeh@gmail.com](mailto:Naser.Balandeh@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۳/۱۲

### چکیده

پیش‌بینی مکان‌های مستعد فرسایش خندقی به منظور تمرکز دادن کارهای حفاظتی و جلوگیری از هدر رفت منابع بسیار مهم است. محدوده مورد مطالعه در منطقه ریحانلو در شهرستان چالدران و در شمال استان آذربایجان غربی واقع شده است. در این تحقیق ۲۰ خندق فعال و معرف برای مطالعه در سال ۱۳۹۰ انتخاب شدند. سپس محدوده حوزه آبخیز خندق‌ها با استفاده از عکس هوایی ۱:۴۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) مشخص و ترسیم شد. سپس برخی ویژگی‌های حوزه آبخیز خندق‌های منتخب از جمله شیب متوسط حوزه آبخیز رأس خندق (S) و مساحت حوزه آبخیز رأس خندق (A) به وسیله نرم‌افزار Arc-GIS بر روی نقشه‌های توپوگرافی تعیین شد. تجزیه خوشه‌ای خندق‌ها بر اساس ویژگی‌های توپوگرافی به روش Ward و مقیاس مجذور فاصله اقلیدسی، توسط نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس روش تابع تشخیص در سه گروه طبقه‌بندی شدند که از لحاظ ویژگی‌های توپوگرافی شامل ارتفاع، مساحت، درصد شیب، جهت شیب و نوع فرآیندهای دخیل در گسترش رأس، خندق‌ها بسیار شبیه به هم می‌باشند. بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی خندق‌ها نشان می‌دهد که مساحت حوزه آبخیز رأس خندق در منطقه ریحانلو بین ۲۳۰۰ مترمربع تا ۱۰۹۳۰۰ مترمربع متغیر می‌باشد. میانگین شیب حوزه آبخیز رأس خندق‌ها ۲۵/۶ درصد می‌باشد که از ۶/۵٪ تا ۴۳/۱٪ تغییر می‌کند. همچنین با بررسی رابطه شیب و مساحت حوزه آبخیز رأس خندق‌های منطقه ریحانلو رابطه نمایی  $S=۳/۸۱A^{۰/۱۸}$  با  $R^2=۰/۱۶$  برای تعیین حدود آستانه توپوگرافی بدست آمد. با بکار بردن رابطه S-A (شیب - مساحت حوضه آبخیز رأس خندق) می‌توان مکان‌های مستعد فرسایش خندقی را پیش‌بینی کرد. با توجه به این که ضریب تبیین به دست آمده برای رابطه بالا کوچک می‌باشد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که حد آستانه توپوگرافی تنها عامل تعیین‌کننده گسترش فرسایش خندقی نمی‌باشد و برای تعیین حد آستانه شروع فرسایش خندقی عوامل موثر دیگر از جمله خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و غیره نیز بایستی در نظر گرفته شود.

**واژه‌های کلیدی:** حد آستانه، ویژگی‌های توپوگرافی، فرسایش خندقی، سیستم اطلاعات جغرافیایی

### مقدمه

فرسایش خاک دنیا را شامل می‌شود (Soleimanpour, 2007). اما بررسی منابع نشان می‌دهد آمار دقیقی از میزان فرسایش خندقی در ایران وجود ندارد (Ahmadi et al., 2005). سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)<sup>۱</sup> در اوایل دهه ۱۹۶۰

در ایران فرسایش خاک یکی از مشکلات اساسی بویژه در بخش‌های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست است، به طوری که حدود ۱۲۵ میلیون هکتار از ۱۶۵ میلیون هکتار اراضی کشور در معرض فرسایش آبی قرار دارند (Refahi, 2009). در ایران میزان فرسایش خاک سالانه حدود ۲ میلیارد تن برآورد شده که ۷/۶ درصد کل

1 -Geographic Information System (GIS)

مساحت آبخیز مهم‌ترین عوامل در گسترش فرسایش خندقی در هندوستان است و تشکیل عمده خندق‌ها توسط پیدایش مقادیر کافی رواناب و انرژی صورت می‌پذیرد. از عوامل موثر بر آستانه توپوگرافی می‌توان به کاربری اراضی، نوع خاک، سازند زمین‌شناسی و رژیم بارندگی اشاره کرد (Kukul & Matharu, 2002). به علاوه هر نوع تغییر در کاربری اراضی، که سبب کاهش مقاومت سطحی خاک و تولید بیوماس گردد می‌تواند باعث کاهش آستانه توپوگرافی ناشی از فرسایش خندقی شود (Morgan & Mngomezulu, 2003). برای آستانه توپوگرافی حد و مرزی معرفی شده است که اگر میزان شیب و مساحت بالای پیشانی خندق‌ها از آن حد تجاوز نماید، فرسایش خندقی اتفاق خواهد افتاد که به صورت رابطه توانی بین شیب و مساحت آبخیز می‌باشد. از رابطه شیب و مساحت بالای پیشانی خندق‌ها استفاده شده است و در مناطق مدیترانه‌ای اروپا نتیجه گرفته شده که رابطه معکوس شیب با مساحت، نشانه تأثیر رواناب سطحی در ایجاد خندق‌ها و رابطه مثبت، نشانه تأثیر رواناب زیر سطحی در ایجاد آن می‌باشد (Vandekerckhove *et al.*, 2000). با توجه به اهمیت فرسایش خندقی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران مطالعات بسیار کمی برای دانستن شرایط آستانه شروع خندق انجام شده است. وی اظهار داشته خصوصیات خاک و توپوگرافی، فاکتورهای اصلی تعیین کننده شروع فرآیند خندقی شدن در منطقه بوشهر هستند. تجزیه و تحلیل همبستگی رابطه S-A، یک رابطه خطی معکوس بین لگاریتم مساحت حوضه آبخیز راس خندق و لگاریتم شیب رأس خندق را نشان می‌دهد. رابطه S-A را می‌توان برای تعیین مناطق مستعد خندق شدن استفاده کرد (Nazari samani *et al.*, 2008). رابطه توانی  $S = aA^b$  بین شیب S و مساحت A برقرار شده بود و توان b در هر سه منطقه منفی شده بود که نشانه تأثیر و عملکرد فرآیند رواناب سطحی در گسترش خندق‌های مناطق مورد مطالعه است (Soufi, 2005). به طور کلی بررسی منابع نشان می‌دهد که حد آستانه فرسایش خندقی نه تنها به شرایط حوضه بستگی دارد بلکه به فرآیندهای فرسایشی و اقلیم منطقه نیز وابسته است، بنابراین تحقیق حاضر به منظور تعیین شرایط آستانه توپوگرافی شروع فرسایش خندقی در حوزه آبخیز ریحانلو در استان آذربایجان غربی با استفاده از سیستم اطلاعات

برای اولین بار در کانادا مطرح شد و از آن تاریخ به بعد روز به روز بر طرفداران آن افزوده شد و در دهه ۸۰ جنبه جهانی پیدا کرد. تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی به طور گسترده‌ای در تحقیقات مربوط به فرسایش خاک مورد استفاده قرار گرفته اند (King *et al.*, 2005; Bou Kheir *et al.*, 2006; Miller *et al.*, 2007). صیادی (۲۰۰۶) در پژوهشی که برای شناخت مکانیسم شکل‌گیری فرسایش خندقی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام داد مشاهده کرد که نقش عوامل رواناب سطحی، شیب و مساحت حوزه آبخیز بالا دست خندق، و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شکل‌گیری و گسترش فرسایش خندقی موثر می‌باشد. نتایج بدست آمده از بررسی رابطه بین گسترش فرسایش خندقی و اقلیم‌های مختلف موجود در استان زنجان در محیط GIS نشان می‌دهد سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند تمام پارامترهای مورد نیاز را تلفیق نموده و بین تعداد خندق‌ها و اقلیم منطقه رابطه ایجاد کند (Zanjani-Jam, 2005).

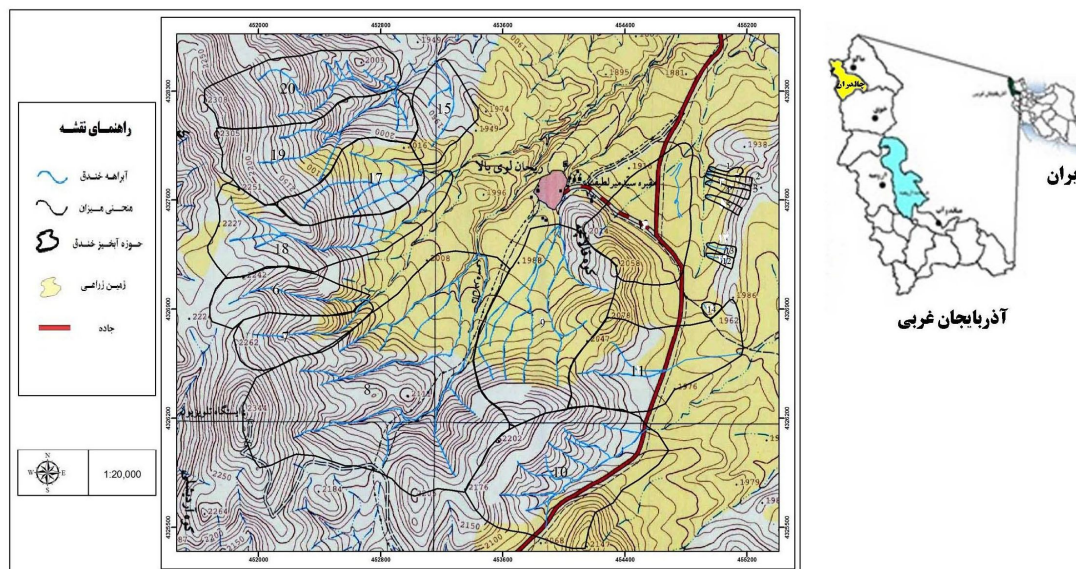
خندق، کانالی است که در نتیجه فرسایش ناشی از جریان شدید اما پیوسته آب و معمولاً در خلال یا بلافاصله پس از بارش‌های سنگین به وجود می‌آید. کانال‌ها به اندازه‌ای عمیق‌اند که در عملیات معمول خاک‌ورزی اختلال ایجاد می‌کند (Abtahi *et al.*, 2004). از میان انواع فرسایش آبی مطالعه در زمینه فرسایش خندقی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا اولاً سهم تولید رسوب آن چندین برابر فرسایش سطحی و پاشمانی است (Soufi, 2003)، ثانیاً در ایران تحقیقات بسیار کمی در این زمینه انجام شده است (Ahmadi *et al.*, 2005). فرسایش خندقی می‌تواند موجب کاهش حاصلخیزی خاک، دخالت در عملیات کشت و زرع و تنزل کیفیت مناظر شود (Capra & Scicolone, 2002). برای اولین بار مفهوم آستانه فرسایش خاک با جریان سطحی در سال ۱۹۴۵ ارائه شد (Horton, 1945). در بحث فرسایش خندقی، آستانه می‌تواند به‌عنوان راه‌حلی جهت پیش‌گویی محل ایجاد خندق و برنامه‌ریزی‌های مدیریتی مورد استفاده قرار گیرد. پاتون و شام (۱۹۷۵) از جمله محققانی هستند که برای اولین بار از مفهوم آستانه در ایجاد خندق استفاده کردند. پس از اندازه‌گیری برخی پارامترهای مؤثر در فرسایش خندقی به این نتیجه رسیدند که عامل شیب و

منطقه ریحانلو از توابع شهرستان چالدران در شمال استان آذربایجان غربی و در عرض شمالی ۰۵° و ۳۹° و طول شرقی ۲۷° و ۴۴° واقع شده و مساحت کل منطقه مورد مطالعه ۱۶ کیلومتر مربع می‌باشد. منطقه خندقی در نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ در قطعه شماره NJ38-2 سری K859 و در نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ در قطعه شماره 4868II و در نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ در قطعه شماره 4868II NE سیه چشمه قرار دارد (شکل ۱).

جغرافیایی (GIS) صورت گرفت تا با پیش بینی احتمال وقوع فرسایش خندقی از وقوع آن و خسارات ناشی از پیشروی آنها نظیر تخریب جاده‌ها، پل‌ها، زمین‌های کشاورزی، مراتع و همچنین خسارات ناشی از پر شدن سدها را کاهش داد و نیز کارهای حفاظتی را در مناطق مستعد فرسایش خندقی متمرکز نمود.

## مواد و روش‌ها

### خصوصیات منطقه مورد مطالعه

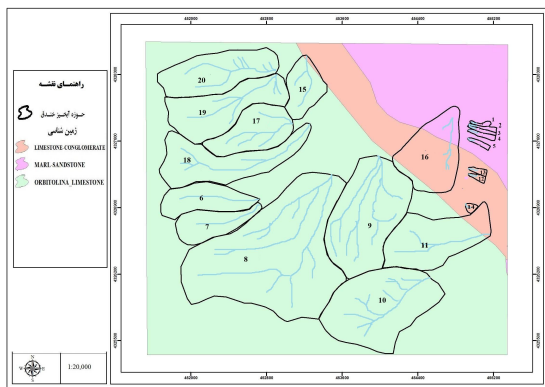


شکل ۱) موقعیت جغرافیایی منطقه ریحانلو-استان آذربایجان غربی

Figure 1) Geographical location of the study area in Reyhanlou - West Azerbaijan

تعداد روزهای یخبندان آن ۱۲۴ روز است (اداره کل هواشناسی استان، ۲۰۱۱). ویژگی‌های مربوط به تیپ اراضی، محدودیت‌ها، خاک‌شناسی، سازند زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی منطقه بررسی شد. تیپ اراضی منطقه دشت‌های دامنه‌ای و کوه‌های با ارتفاع کم است. سازند زمین‌شناسی منطقه سنگ‌های مارنی سبز و ماسه سنگ دوران الیگومیوسن بوده که همانند سازند قم می‌باشد و منطقه حساس به فرسایش خندقی می‌باشد (Ahmadi et al., 2005)، که در نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ماکو قرار دارد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۵). تشکیلات زمین‌شناسی منطقه مربوط به دوران سنوزوئیک و مزوزوئیک است و نوع سنگ‌های

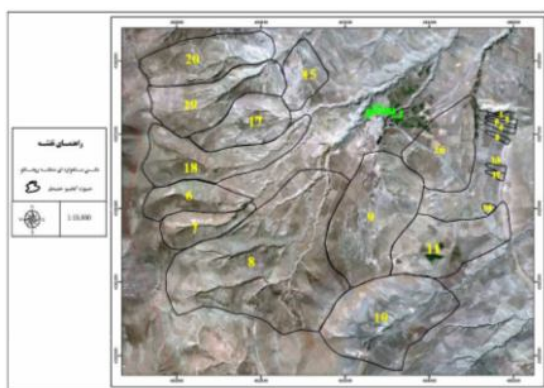
منطقه مورد مطالعه از نظر اقلیمی براساس روش دومارتن گسترده در رده اقلیم نیمه خشک معتدل قرار می‌گیرد، دمای متوسط سالانه ۹/۹ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی متوسط سالیانه براساس آمار ایستگاه سینوپتیک چالدران، ۳۵۱ میلی‌متر و حداکثر بارندگی روزانه طی یک دوره ۷ ساله تا سال ۱۳۸۹، ۲۶ میلی‌متر می‌باشد. درجه حرارت منطقه از ۱۹ درجه زیر صفر تا ۲۹ درجه بالای صفر در فصول مختلف سال در نوسان است حداقل درجه حرارت در بهمن ماه بین ۲ تا ۱۹ درجه زیر صفر و حداکثر در مرداد ماه بین ۲۷ تا ۲۹ درجه بالای صفر در نوسان است. میانگین دمای بلند مدت ثبت شده در ایستگاه چالدران ۸/۳ درجه سلسیوس و نیز متوسط



شکل ۲) نقشه زمین شناسی منطقه ریحانلو- استان آذربایجان

غربی

Figure 2) Geological map of Reyhanlou - West Azerbaijan



شکل ۳) عکس ماهواره‌ای و محدوده حوزه‌های خندق‌های منطقه ریحانلو- استان آذربایجان غربی

Figure 3) A satellite image and gullies drainage-basins in Reyhanlou - West Azerbaijan

نقشه اولیه پراکنش خندق‌ها، پلان عمومی شبکه خندق، پلان رأس خندق، شکل پروفیل عمودی رأس خندق، شکل مقطع عرضی خندق طبق بازدیدهای به عمل آمده از منطقه و مشاهدات میدانی و همچنین با بررسی عکس‌های ماهواره‌ای، تعیین گردید (Balandeh *et al.*, 2010) (شکل ۴). حوزه‌های آبخیز رأس خندق، حد فاصل بین خط الرأس اصلی یا مقسم آب حوزه آبخیز کل خندق تا راس می‌باشد که پس از بازدیدهای میدانی و همچنین به کمک نقشه‌های توپوگرافی و نرم افزار Arc GIS تعیین شد. سپس برخی ویژگی‌های حوزه آبخیز خندق‌های منتخب نظیر مساحت و محیط کل حوزه آبخیز خندق، مساحت و محیط حوزه آبخیز پیشانی خندقی، شیب متوسط کل حوزه آبخیز خندق، شیب متوسط حوزه آبخیز

منطقه رسوبی می‌باشد. خاک‌های منطقه در رده calcic هر حوزه آبخیز به وسیله یک خط الرأس اصلی<sup>۱</sup> یا مقسم آب از حوزه آبخیز مجاور جدا می‌گردد. اگر بارانی که روی خط الرأس‌های حوزه آبخیز می‌بارد، به دو بخش تقسیم می‌شود و هر بخش وارد یکی از حوزه‌های آبخیز می‌شود، این مرز، مرز ظاهری حوزه آبخیز نامیده می‌شود (Ahmadi, 2007). عکس ماهواره‌ای و محدوده حوزه آبخیز خندق‌های منطقه ریحانلو در شکل (۳) نشان داده شده است.

برای انجام این تحقیق، حوزه آبخیز دارای گسترش فرسایش خندقی در منطقه ریحانلوی چالدران انتخاب شد. سپس مرز آبخیز و مرز فرسایش خندقی در حوزه‌های منتخب با استفاده از عکس هوایی ۱:۴۰۰۰۰ و نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ در نرم افزار Arc-GIS و به کمک سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) مشخص و ترسیم شد. به منظور تعیین ویژگی‌های حوزه آبخیز واقع در بالای رأس خندق‌ها و با توجه به نامشخص بودن شمار خندق‌ها در منطقه، بدین سبب به صورت تجربی تعداد ۲۰ خندق، از هر حوضه و به منظور تعیین ویژگی‌های حوضه آبخیز واقع در بالای رأس آنها در صحرا و نیز بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ انتخاب شد. تعیین تعداد کل خندق‌های منطقه ای به وسعت ۱۶ کیلومتر مربع کار بسیار گسترده و عملاً غیر ممکن بود. به همین دلیل تعداد ۲۰ خندق به صورت تصادفی انتخاب شد. جهت شناسایی خندق‌ها، بازدید صحرایی انجام شده و شناسنامه مربوط به خندق‌ها تکمیل شد. شناسنامه شامل اطلاعات مربوط به موقعیت و خصوصیات منطقه مورد مطالعه، ویژگی‌های خندق (شکل پلان عمومی، پلان رأس خندق، شکل مقطع خندق)، اطلاعات توصیفی (عوامل انسانی و داخلی موثر در ایجاد فرسایش خندقی، وضعیت استفاده از اراضی، خسارات ناشی از فرسایش خندقی) و تهیه عکس از خندق‌ها می‌باشد.

1 - Main ridge

$$S = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

که در آن A: مساحت حوزه آبخیز برحسب کیلومتر مربع، L: طول آبخیز برحسب کیلومتر می‌باشد. و در نهایت روابط بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم افزار MATLAB رابطه نمایی  $S=aA^b$  بین شیب رأس خندق S و مساحت رأس خندق A برقرار شده و تحلیل‌های آماری با استفاده از آنالیز رگرسیونی و طبقه‌بندی خوشه‌ای براساس خصوصیات ظاهری خندق‌ها بوسیله نرم افزار SPSS انجام شد. تجزیه خوشه‌ای (کلاستر) خندق‌ها به روش Ward و مقیاس مجذور فاصله اقلیدسی انجام گرفت.



شکل ۴) نمایی از خندق معرف منطقه ریحانلو- استان آذربایجان غربی

Figure 4) The landscape of the representative gully in Reyhanlou - West Azerbaijan

ندارد زهش<sup>۱</sup> آب زیرزمینی نیز وارد عمل شده و کف خندق را عمیق‌تر می‌نماید (شکل ۵). بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی خندق‌های منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که مساحت حوزه آبخیز رأس خندق در منطقه ریحانلو بین ۲۳۰۰ مترمربع در خندق شماره ۱۴ تا ۱۰۹۳۰۰ مترمربع در خندق شماره ۸ متغیر بوده است. میانگین شیب حوزه آبخیز رأس خندق‌ها ۲۵/۶ درصد می‌باشد که از ۶/۵٪ در خندق شماره ۱۶ تا ۴۳/۱٪ در خندق شماره ۱۹ تغییر می‌کند. حوزه آبخیز رأس خندق‌های مورد مطالعه دارای ضریب گردی بالای یک می‌باشند (عدد متوسط ضریب گردی برابر ۱/۲ می‌باشد) که نشان‌دهنده کشیده بودن شکل حوزه آبخیز خندق‌ها می‌باشد (Refahi, 2009). حوزه آبخیز خندق‌ها دارای

## نتایج و بحث

در منطقه ریحانلو کاربری اراضی منطقه اغلب زراعت دیم بوده و گیاهان گندم، یونجه و نخود کشت می‌شود. در این منطقه فرآیند فرسایش در اغلب خندق‌ها فعال بوده و پوشش گیاهی در دیواره‌ها و کف خندق‌ها مشاهده نمی‌شود. پلان عمومی خندق‌ها عمدتاً بصورت شاخه درختی یا پنجه‌ای، مقطع عرضی خندق V شکل، پروفیل عمودی رأس خندق‌ها غار مانند می‌باشند که نشان دهنده فعال بودن فرآیند گسترش رأس خندق توسط زهش آب زیرزمینی می‌باشد (Balandeh et al., 2011). در برخی خندق‌های این منطقه ابتدا رواناب سطحی سبب بوجود آمدن خندق با پروفیل رأس عمودی با عمق کم گردیده و وقتی به لایه مقاوم رسیده کف‌کنی متوقف شده است، اما در پایین دست خندق در مناطقی که لایه مقاوم وجود

1- Seepage



شکل ۵) عمیق تر شدن دوباره خندق در منطقه ریحانلو-استان آذربایجان غربی

Figure 5) Further deepening of the gully in Reyhanlou - West Azerbaijan

ضریب هورتون کوچکتر از یک می باشند (عدد متوسط ضریب هورتون برابر ۰/۳۴ می باشد) که بیانگر کشیده و طولیل بودن شکل حوزه آبخیز می باشد (جدول ۱) (Refahi, 2009).

جدول ۱) ویژگی های ریخت‌شناختی خندق های حوزه آبخیز منطقه ریحانلو، استان آذربایجان غربی

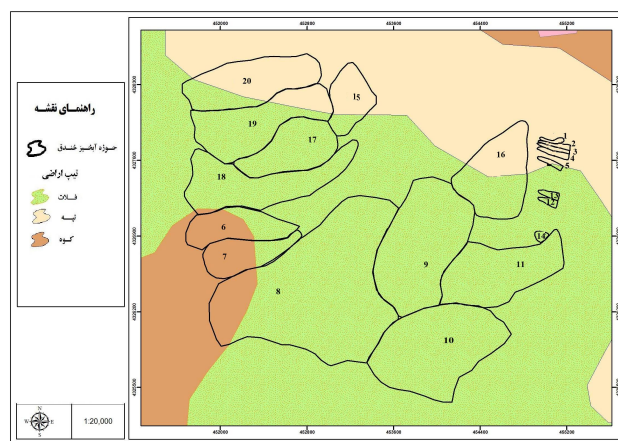
Table 1) Morphological characteristics of gullies drainage-basins in Reyhanlou - West Azerbaijan

شماره خندق	محیط خندق (متر)	طول خندق (متر)	مساحت حوزه آبخیز رأس خندق (متر مربع) A	میانگین شیب حوزه آبخیز رأس خندق (درصد) S	ضریب گردی حوزه آبخیز رأس خندق	ضریب صورتون حوزه آبخیز خندق	شکل حوزه آبخیز
1	431	45	6325	21.6	1.5	0.16	کشیده
2	597	45	8875	26.9	1.7	0.21	کشیده
3	572	63	8675	22.6	1.7	0.15	کشیده
4	582	65	12150	24.6	1.4	0.21	کشیده
5	481	33	9100	27.8	1.4	0.31	کشیده
6	866	751	53850	9.7	1.04	0.33	کشیده
7	596	800	26450	25.4	1.02	0.26	کشیده
8	1251	2620	109300	38.3	1.05	0.62	کشیده
9	825	1340	50000	33.5	1.03	0.57	کشیده
10	73	1250	45050	32.9	1.03	0.61	کشیده
11	384	1320	10275	29.9	1.06	0.38	کشیده
12	192	157	2425	22.8	1.09	0.06	کشیده
13	196	145	2500	28.3	1.09	0.07	کشیده
14	179	64	2300	8.6	1.04	0.14	کشیده
15	463	645	15375	18.4	1.04	0.29	کشیده
16	310	440	6775	6.5	1.05	0.95	کشیده
17	599	1042	24100	33.4	1.08	0.3	کشیده
18	632	1855	22350	16.03	1.1	0.26	کشیده
19	828	1025	47800	43.1	1.06	0.46	کشیده
20	977	920	52750	40.9	1.1	0.48	کشیده

**الف) وضعیت توپوگرافی**

از جمله ویژگی‌هایی که در مورد ایجاد فرسایش خندقی مدنظر قرار گرفته است، ویژگی‌های توپوگرافی منطقه مورد مطالعه و در واقع تعیین پستی و بلندی‌ها و ویژگی‌های ظاهری زمین است که اغلب بر اساس نقشه‌های تراز نمای ارتفاعی و تحلیل‌هایی که از آن صورت می‌گیرد بدست آمده است. از نظر توپوگرافی منطقه ریحانلو از چهار واحد ژئومورفولوژیکی تشکیل یافته است. نقشه تیپ اراضی منطقه در شکل ۶ نشان داده شده است. واحد اول بخش مرتفع غربی که دارای کوه‌های مرتفع می‌باشد. حداکثر ارتفاع در این واحد ۲۳۴۴ متر

است. خط اتصال کوه‌های غربی و جلگه مرکزی در ارتفاع ۲۰۷۰ متری قرار دارد. واحد دوم بخش هموار مرکزی در ارتفاع ۱۹۰۰ متری آغاز و به دریاچه سد بارون در ارتفاع ۱۶۷۰ متری ختم می‌شود. شیب این بخش متوسط و در حدود پنج درصد و در جهت شمال می‌باشد. واحد سوم بخش ناهموار جنوبی شامل ارتفاعاتی است که حداکثر ارتفاع آن ۲۲۲۹ متر و اختلاف ارتفاع آن با جلگه حدود ۳۵۰ متر است. واحد چهارم بخش مرتفع شرقی که دارای کوه‌های کم ارتفاع می‌باشد. حداکثر ارتفاع در این واحد ۲۰۵۸ متر است. خط اتصال کوه‌های غربی و جلگه مرکزی در ارتفاع ۱۹۲۰ متری قرار دارد.



شکل ۶) نقشه تیپ اراضی منطقه ریحانلو- استان آذربایجان غربی

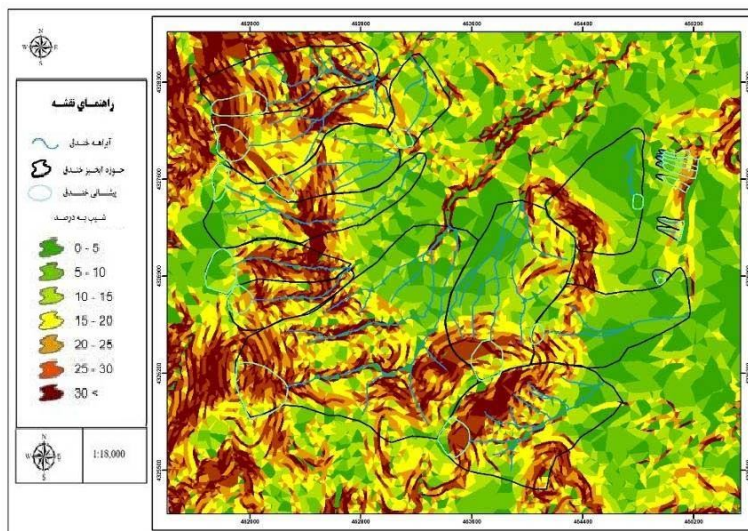
Figure 6) Land type map in Reyhanlou - West Azerbaijan.

**ب) رابطه تشکیل خندق با شیب**

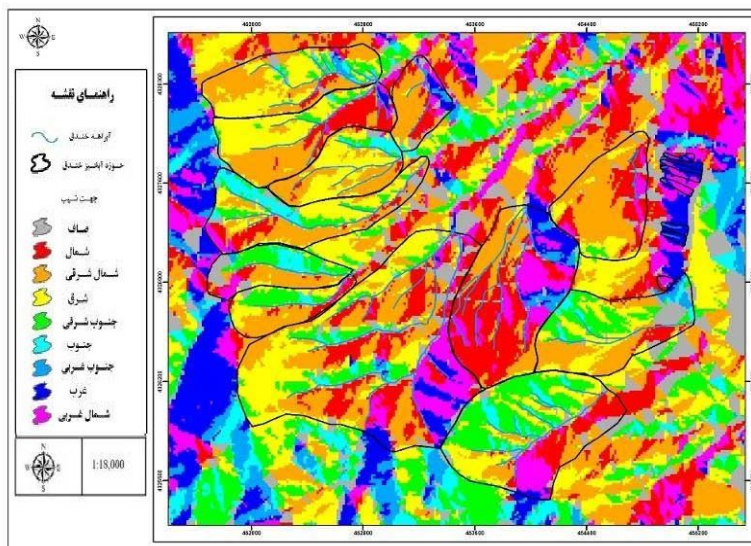
عامل شیب یکی از مهمترین عوامل در تعیین حدود آستانه توپوگرافی فرسایش خندقی می‌باشد. در صورت یکسان بودن سایر شرایط، شیب‌های تند (البته تا حدی از درجه شیب) فرسایش بیشتری ایجاد می‌کنند زیرا در شیب‌های تند آب با سرعت بیشتری به طرف پایین جاری می‌شود و در نتیجه انرژی جنبشی و قدرت فرساینده‌گی آن بیشتر می‌شود (Refahi, 2009). طبق نتایج این تحقیق متوسط شیب حوزه‌آبخیز کل خندق‌ها و همچنین متوسط شیب حوزه‌آبخیز رأس خندق‌های منطقه ریحانلو در کلاس شیب ۲۰-۲۵ درصد قرار دارد (شکل ۷). زاخار (۱۹۸۲) بیان می‌کند که بیشتر خندق‌ها در کشور چکسلواکی در شیب ۱۷ درصد وجود آمده‌اند و حدود ۹۰ درصد خندق‌ها در شیب ۲/۵ تا ۲۷ درصد تشکیل شده

است. طبق تحقیقات الماعونی و همکاران (۲۰۱۲) در کشور تونس خندق‌ها در شیب‌های بیش از ۱۵ درصد تشکیل شده‌اند. احمدی (۲۰۰۷)، در تعریف خندق، مکان بوجود آمدن آن را مدنظر می‌گیرد و بر این باور است که این نوع فرسایش اغلب در در دشت‌ها و دشت‌سرها و کمتر در دامنه‌ها و حداکثر در اراضی با شیب ۱۵ درصد ایجاد می‌شود.

همانطور که در نقشه جهت شیب تهیه شده برای منطقه ریحانلو (شکل ۸) ملاحظه می‌گردد در بیشتر خندق‌های واقع در بخش شرقی منطقه، جهت شیب غالب به سمت شرق و جنوب‌شرق می‌باشد. شاید دلیل این امر موقعیت قرار گرفتن سازندهای زمین‌شناسی در منطقه می‌باشد، چرا که سازندهای مارنی منطقه اغلب دارای جهت شیب رو به شرق و جنوب شرق می‌باشند.



شکل ۷) نقشه شیب منطقه ریحانلو- استان آذربایجان غربی  
Figure 7) Slope map in Reyhanlou - West Azerbaijan.



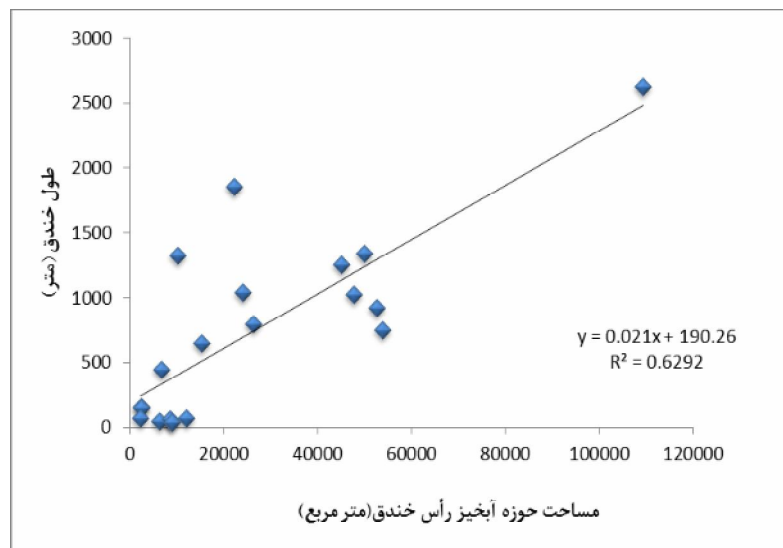
شکل ۸) نقشه جهت شیب منطقه ریحانلو- استان آذربایجان غربی  
Figure 8) Slope Aspect map in Reyhanlou - West Azerbaijan.

طول خندق افزایش می‌یابد (شکل ۹). در بررسی نقش عوامل توپوگرافی و مرفوزن در خندق‌زایی منطقه اهر، با هدف ارزیابی نقش متغیرها و انتخاب مهمترین عامل توپوگرافی تأثیرگذار در طول شدن خندق‌های منطقه، عامل طول دامنه با ۵۰٪ سهم، بیشترین تأثیر را در طول شدن خندق‌های منطقه داشت (Bayati Khatibi, 2004).

### ج) رابطه طول خندق و مساحت حوزه‌آبخیز رأس خندق

بررسی رابطه بین طول خندق و مساحت حوزه‌آبخیز رأس خندق‌ها در منطقه ریحانلو نشان داد این دو متغیر رابطه مستقیم با یکدیگر دارند ( $R^2 = ۰/۶۳$ )، به‌طوری که با افزایش مساحت حوزه‌آبخیز رأس خندق،



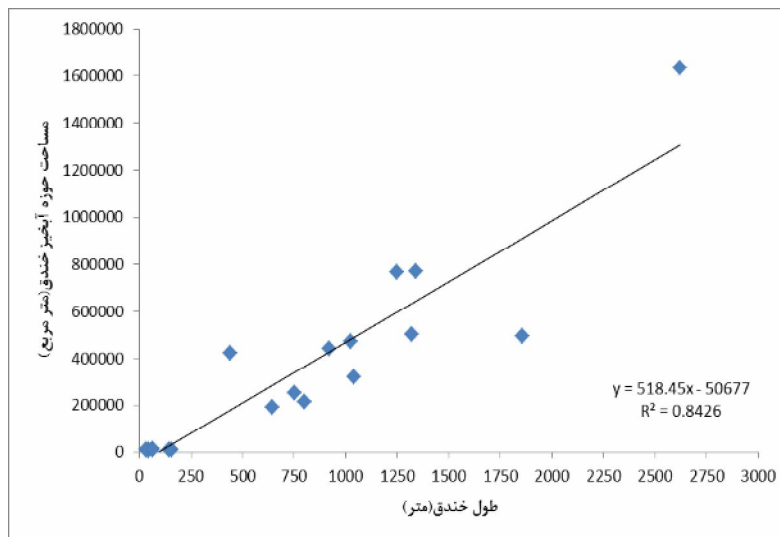


شکل ۹) رابطه بین طول خندق و مساحت حوزه آبخیز رأس خندق‌ها در منطقه ریحانلو- استان آذربایجان غربی  
Figure 9) Relationship of gullies length and gullies drainage-basins area in Reyhanlou - West Azerbaijan

طویل، جریان‌های سطحی زیادی که قدرت سایش بالایی را دارند، تولید می‌کنند. در واقع در روی چنین دامنه‌هایی آب‌های زیادی امکان پیوستن به یکدیگر و تشکیل جریان‌های سطحی قوی‌تری را دارند. اگر طول دامنه افزایش یابد و عوامل دیگر ثابت نگاه داشته شوند، پتانسیل فرسایش خاک ۲/۵ برابر افزایش می‌یابد (Lamarche, 2001).

#### د) رابطه بین طول خندق و مساحت کل حوزه آبخیز خندق

با افزایش مساحت حوزه آبخیز خندق، طول خندق نیز افزایش می‌یابد، دلیل این امر دریافت بیشتر حجم باران در حوزه‌های آبخیز بزرگتر و در نتیجه سرعت و قدرت فرسایش بیشتر رواناب می‌باشد که موجب گسترش طول خندق می‌شود (شکل ۱۰). دامنه‌های



شکل ۱۰) رابطه بین طول خندق و مساحت کل حوزه آبخیز خندق‌ها در منطقه ریحانلو- استان آذربایجان غربی  
Figure 10) Relationship of gullies length and gullies area in Reyhanlou - West Azerbaijan

ه) رابطه بین شیب (S) و مساحت رأس خندق (A)

با در نظر گرفتن شیب بالای رأس و مساحت آبخیز واقع در بالای رأس خندقها و استفاده از این متغیرها در معادلات رگرسیونی غیرخطی (توانی)، رابطه توانی زیر به دست آمد (معادله ۳):

$$S = aA^b \quad (۳)$$

که در آن S شیب متوسط برحسب درصد و A مساحت حوزه آبخیز بالادست خندق برحسب مترمربع است. برای تعیین ضرایب معادله از دو طرف معادله لگاریتم گرفته شد:

$$\text{Log}S = \text{Log}(aA^b) \quad (۴)$$

$$\text{Log}a + \text{Log}A^b = \text{Log}a + b\text{Log}A \quad (۵)$$

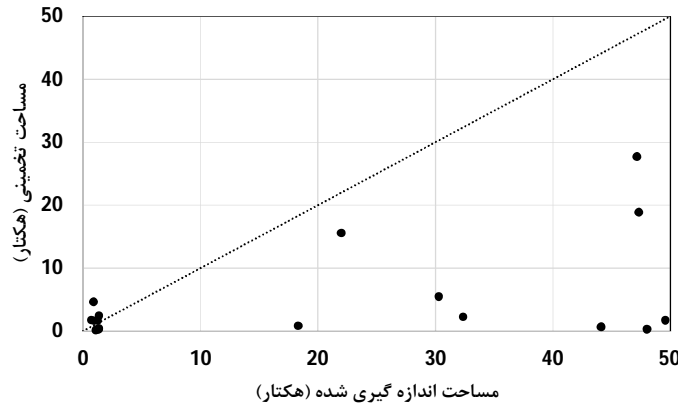
در نهایت سعی گردید پارامترهای a و b را طوری در نظر گرفته شود که تابع هزینه مقابل از طریق روش حداقل مربعات خطا، مینیمم شود.

در نهایت ضرایب  $a=3/81$  و  $b=0/18$  برای رابطه  $S=aA^b$  در منطقه ریحانلو بدست آمد. برای نشان دادن صحت روش، شکل مربوط به مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده رسم گردید. همانطور که در شکل ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است، رابطه نمایی خوبی به ترتیب بین مقادیر مساحت و شیب اندازه گیری شده و تخمین زده شده وجود دارد. تجزیه آماری بین مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده در جدول ۲ آمده است.

$$\text{Log}S + a + b\text{Log}A = D\underline{x} - \underline{e} \quad (۶)$$

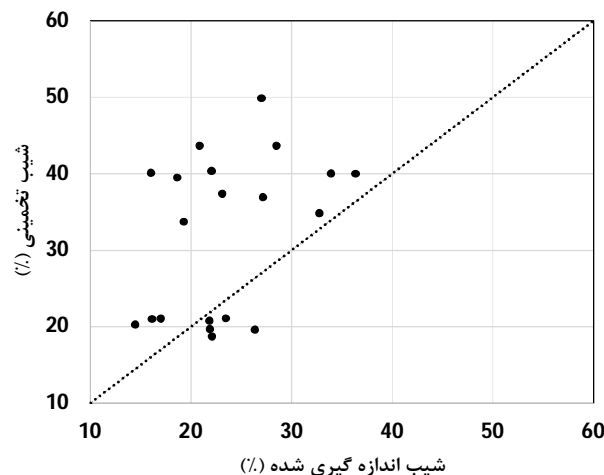
$$D = \begin{bmatrix} 1 & \text{Log}A_1 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ 1 & \text{Log}A_{20} \end{bmatrix} \quad \underline{e} = \begin{bmatrix} \text{Log}S_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \text{Log}S_{20} \end{bmatrix} \quad \underline{x} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (۷)$$

$$\text{Min}J = \|D\underline{x} - \underline{e}\|^2 \rightarrow \underline{x}^* = (D^T D)^{-1} D^T \underline{e} \rightarrow \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.58 \\ 0.18 \end{bmatrix} \rightarrow a_1 = 10^a = 10^{0.58} \quad (۸)$$



شکل ۱۱) مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده حد آستانه مساحت برای ایجاد فرسایش خندقی در منطقه ریحانلو - استان آذربایجان غربی

Figure 11) Real and estimated values of gullies area threshold condition to creation of gully erosion in Reyhanlou - West Azerbaijan.



شکل ۱۲) مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده حد آستانه شیب برای ایجاد فرسایش خندقی در منطقه ریحانلو - استان آذربایجان غربی

Figure 12) Measured and estimated values of gullies slope threshold condition to creation of gully erosion in Reyhanlou - West Azerbaijan

جدول ۲) تجزیه آماری مقادیر اندازه گیری شده و تخمین زده شده در منطقه ریحانلو - استان آذربایجان غربی  
Table 2) Statistical analysis of measured and estimated values in Reyhanlou - West Azerbaijan

منابع	ضریب رگرسیون	انحراف از معیار ضریب رگرسیون استاندارد شده	سطح احتمال	T استیودنت	انحراف از معیار ضریب رگرسیون	ضریب رگرسیون
عرض از مبدا	0.0204	0	275923	108508.2	2.5429	0
شیب	0.3864	0.2307	1.1	1.2	0.8877	0.2048

گزارش شده برای توان  $b$  می‌توان گفت که این ضریب بوسیله فرآیند فرسایش و امکان تسلط مکانیسم‌های شروع فرسایش خندقی شامل رواناب سطحی، لغزش و زهش کنترل می‌شود و همچنین تأثیر روش‌های بکار برده شده برای ارزیابی مهم‌ترین ویژگی منطقه یعنی  $A$  (مساحت) و  $S$  (شیب)، اثر مهمی روی مقادیر ضریب  $a$  دارد (Poesen *et al.*, 2003; Vandaele *et al.*, 1996).

### و) تجزیه خوشه‌ای خندق‌ها

خندق‌های منطقه ریحانلو براساس وسعت حوزه‌آبخیزکل خندق، وسعت حوزه‌آبخیزرأس خندق، محیط حوزه‌آبخیزکل خندق، محیط حوزه‌آبخیز رأس خندق، شیب متوسط حوزه‌آبخیزرأس خندق، شیب نقطه شروع خندق و طول خندق خوشه بندی شدند. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر اساس روش تجزیه تابع تشخیص گروه بندی شد. در منطقه ریحانلو تجزیه تابع

مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان نشان داد ضرایب بدست آمده با ضرایب سلیمان‌پور (۲۰۰۹) مطابقت دارد. سلیمان‌پور (۲۰۰۷) ضرایب  $a$  و  $b$  را به ترتیب معادل  $4/37$  و  $0/0707$  برای خندق‌های منطقه کنار تخته استان فارس که دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است، گزارش کرد و توان مثبت  $b$  را نشان دهنده عملکرد فرآیند زیر سطحی در گسترش خندق‌ها دانست. سایر محققان در دیگر مناطق ضرایب متفاوتی برای رابطه  $S=aA^b$  ارائه کرده‌اند. وندل و همکاران در سال ۱۹۹۶ گزارش کردند محدوده توان  $b$  بین  $-0/26$  تا  $-0/6$  می‌باشد. وندرکرف و همکاران (۲۰۰۰) برای منطقه مدیترانه‌ای رابطه  $S = 0/101A^{-0/26}$  را ارائه داده‌اند. نظری سامانی و همکاران (۲۰۰۹) برای منطقه بوشهر رابطه  $S = 0/328A^{-0/257}$  را گزارش کردند. مهم‌ترین دلیلی که ممکن است تفاوت بین نتایج به دست آمده توسط سایر محققین را توضیح دهد به ویژگی‌های محیط‌زیست منطقه مورد مطالعه و روش مورد استفاده بستگی دارد (Nazari *et al.*, 2009). باتوجه به تفاوت‌های بین مقادیر

خندق‌های گروه دوم در قسمت غربی منطقه ریحانلو و به‌طور متوسط در محدوده ارتفاعی ۲۱۴۵ متر از سطح آبهای آزاد قرار دارند. متوسط وسعت حوزه‌آبخیزرأس خندق‌های این گروه ۲۲۷۴۰ متر مربع، میانگین محیط حوزه‌آبخیزرأس خندق‌ها ۵۵۰ متر، شیب متوسط حوزه‌آبخیزرأس خندق‌ها ۱۹٪ و متوسط شیب نقطه شروع خندق‌ها ۲۷٪ و متوسط طول خندق‌ها ۸۳۳ متر می‌باشد. تمام خندق‌های گروه سوم در قسمت شرقی منطقه قرار دارند. جهت شیب این خندق‌ها به طرف غرب است و در ارتفاع ۱۸۴۴ الی ۲۰۰۱ متر از سطح دریا واقع‌اند. به لحاظ ویژگی‌های توپوگرافی، مساحت حوزه‌آبخیزرأس خندق‌ها (۲۳۰۰-۱۲۱۵۰ مترمربع)، درصد شیب، و نوع فرآیندهای دخیل در گسترش رأس خندق‌های این قسمت منطقه شامل زهش و رواناب زیرسطحی؛ بسیار شبیه به هم می‌باشند. متوسط شیب نقطه شروع خندق‌ها ۱۹/۵٪ و متوسط طول خندق‌ها ۷۷ متر می‌باشد.

تشخیص در سه گروه معنی‌دار شد که با خط عمودی مشخص گردیده است (شکل ۱۳).

بر این اساس خندق‌های هر گروه که دارای بیشترین شباهت با یکدیگر می‌باشند در سه گروه زیر تشخیص داده شدند:

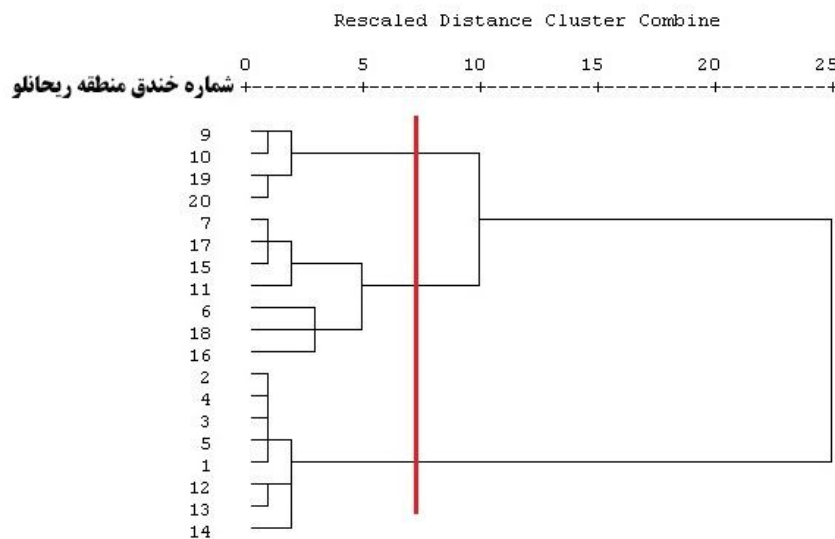
گروه ۱: خندق‌های ۹، ۱۰، ۱۹، ۲۰

گروه ۲: خندق‌های ۶، ۷، ۱۱، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸

گروه ۳: خندق‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۲، ۱۳، ۱۴

با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه خوشه‌ای، خندق‌های گروه اول براساس میانگین مساحت حوزه‌آبخیزکل خندق‌ها ۶۱۶۲۴۸ متر مربع، میانگین مساحت حوزه‌آبخیزرأس خندق‌ها ۴۸۹۰۰ متر مربع، متوسط محیط حوزه‌آبخیزکل خندق‌ها ۳۳۶۱ متر، متوسط محیط حوزه‌آبخیزرأس خندق‌ها ۸۵۳ متر، میانگین شیب متوسط حوزه‌آبخیزرأس خندق‌ها ۳۷٪، متوسط شیب نقطه شروع خندق‌ها ۴۲٪ و متوسط طول خندق‌ها ۸۷۵ متر بدست آمد که از لحاظ فاکتورهای مذکور در محدوده‌های رقمی مشابهی قرار داشتند.

Dendrogram using Ward Method



شکل ۱۳) تجزیه خوشه‌ای خندق‌های منطقه ریحانلو - استان آذربایجان غربی  
Figure 13) Cluster analysis of gullies in Reyhanlou - West Azerbaijan

$$S = 3/81A^{-1/8} \quad (9)$$

نمای مثبت در رابطه توانی بالا نشان‌دهنده تأثیر عوامل زیرسطحی در گسترش خندق‌های این منطقه

### نتیجه گیری و پیشنهادات

با بررسی رابطه شیب و مساحت حوزه‌آبخیز رأس خندق‌های منطقه ریحانلو رابطه نمایی (۹) برای تعیین حدود آستانه توپوگرافی بدست آمد.

نمی‌باشد، لذا پیشنهاد می‌گردد جهت تعیین حد آستانه شروع فرسایش خندقی عوامل موثر دیگر از جمله خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و غیره نیز مد نظر قرار گیرد.

می‌باشد. شواهد موجود در منطقه نیز گویای این واقعیت است که زهش آب زیرسطحی فرآیند کنترل کننده ایجاد خندق‌ها می‌باشد. باتوجه به اینکه حد آستانه توپوگرافی تنها عامل تعیین کننده شروع و گسترش فرسایش خندقی

## References

- Abtahi A, Haji-Rasouli Sh, Haghnia GH, Siadat H, Kalbasi-Ashtari M, Maftoun M. 2004. Culture of agriculture and natural resources. Tehran University Press. Volumes 10. pp: 80. (In Farsi with English Summary)
- Ahmadi A, Sokouti R, Broushke E and Soufi M. 2005. Morphoclimatic classification of gullies-West Azerbaijan province. Ministry of Agriculture. Agricultural Research and Education Organization. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute. pp. 1-99. (In Farsi with English Summary)
- Ahmadi H. 2007. Applied geomorphology (water erosion). 4ed Edition. University of Tehran Press. 688p. (In Farsi with English Summary)
- Balandeh N, Ahmadi A, Sokouti R and Darbandi S. 2011. Active processes in the development of gully erosion in the Chaldoran region of West Azerbaijan province. 12<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress. Tabriz University. 3-5 September. (In Farsi with English Summary)
- Bayati Khatibi, M. (2004). The analysis and research on role of topographical and morphological properties on gulling. *Geographic Research*, Vol 49: 53-70. (In Farsi with English Summary)
- Bou Kheir R, Cerdan O and abdallah C. 2006. Regional soil erosion risk mapping in Lebanon. *Geomorphology* 82: 374-359.
- Capra A and Scicolone B. 2002. Ephemeral gully erosion in a wheat cultivated area in Sicily (Italy). *Biosystems Eng.* 83 (1): 119-126.
- El Maaoui MA, Sfar Felfoul M, Rached Boussema M, Smane MH. 2012. Sediment yield from irregularly shaped gullies located on the Fortuna lithologic formation in semi-arid area of Tunisia. *Catena*, 93. Pp: 97-104.
- Horton RE. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geo. Society of America Bulletin*, 56: 275-370.
- King C, Lecomte V, Le Bissonnais Y, Baghdadi N, Souchere V, and Cerdan O. 2005. Remote-sensing data as an alternative input for the "STREAM" runoff model. *Catena*, 62:125-135.
- Kukul SS, and Matharu GS. 2002. Behavior of gully erosion in relation to catchment characteristics in foothills of lower Shivaliks. 17<sup>th</sup> WCSS. Thailand.
- Lamarche JL. 2001. Effects of forest roads on flood flows in the Descutes river, Washington. *Earth surface processes and landforms*, 26. 115-134.
- Miller SN, Semmens DJ, Goodrich DC, Hernandez M, Miller RC, Kepner WG and Guertin DP. 2007. The automated geospatial watershed assessment tool. *Environmental Modelling & Software*, 22: 365-377.
- Morgan RPC and Mngomezulu D. 2003. Threshold conditions for initiation of valley-side gullies in the middle Veld of Swaziland. *Catena*, 50: 401-414.
- Nazari samani AA, Ahmadi H, Jafari M and Ghoddousi J. 2008. Effect of incipient gullying mechanisms on topographic threshold conditions for gully initiation in southwestern Iran (Boushehr-samal watershed). *Desert*, 13: 31-43.
- Nazari samani AA, Ahmadi H, Jafari M, Boggs M, Ghoddousi J and Malekian A. 2009. Geomorphic threshold conditions for gully erosion in Southwestern Iran (Boushehr-Samal watershed). *Journal of Asian Earth Sciences*, 35: 180-189.
- Patton PC, and Schumm SA. 1975. Gully erosion, Northern Colorado: A threshold phenomenon. *Geology*, 3: 88-90.
- Poesen JJ, Nachtergale J and Verstrac G. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena*, 50: 91-133.
- Refahi H. 2009. Soil erosion by water & conservation. Tehran University Press. pp 10-202. (In Farsi with English Summary)

- Sayadi MJ. 2006. Investigate the effects of some factors influencing the development of gully erosion in loess formation (case study: watershed Ag-Imam- Kichik, Golestan province). MSc Thesis, University of Agricultural Sciences and Natural Resources Gorgan. (In Farsi with English Summary)
- Soleimanpour SM, Soufi M and Ahmadi A. 2009. Determining effective factors on gully development in Konartakhte Region, Fars Province. *Journal of Water and Soil*, 23: 131-141. (In Farsi with English Summary)
- Soleimanpour SM. 2007. Comparison of gullies sediment delivery and its relationship with watershed characteristic & geological formation in Fars province climate. MSc Thesis, Islamic Azad University, Tehran Science and Research branch. Pp 23. (In Farsi with English Summary)
- Soufi M. 2003. Investigation of morphoclimatic characteristic of gullies in Fars Province. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Scientific Conference Morphoclimatic Investigation and Classification of Iran's Gullies*. Tehran. pp. 37-55. (In Farsi with English Summary)
- Soufi M. 2005. Investigation topographic threshold in the development of gully in Fars Province. *First Conference of Management & Sustainable Agriculture in Iran*. pp 4. (In Farsi with English Summary)
- Vandaele K, Poesen J, Govers G and Vanwesemael B. 1996. Geomorphic threshold conditions for ephemeral gully incision. *Geomorphology*, 16(2): 161-173.
- Vandekerckhove L, Poesen J, Oostwoud Wijdenes D, Nachtergaele J, Kosmas CM, Roxo MJ and de Figueiredo T. 2000. Thresholds for gully initiation and sedimentation in Mediterranean Europe. *Earth Surface Processes and land Forms*, 25: 1201-1220.
- Zachar D. 1982. *Soil erosion*. Elsevier Scientific Publishing Company. No 584.
- Zanjani-Jam M. 2005. The relationship between gully development and different climates of the Zanzan province using GIS. *Iranian Geomati*, (In Farsi with English Summary)

## Determination Topographical Threshold Condition for Initiation of Gully Erosion with Using GIS (Case Study: Reyhanlou- West Azerbaijan)

Naser Balandeh<sup>1\*</sup>, Abbas Ahmadi<sup>2</sup>, Reza Sokouti<sup>3</sup>, Samad Darbandi<sup>4</sup>

1- M.Sc. student of soil science Department – Faculty of Agriculture - Islamic Azad University of Tabriz

2- Assistant professor of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

3- Head of Research Center of Agricultural and Natural Resources of Urmia-Iran

4- Department of Soil Science, College of Agriculture, Tabriz Islamic Azad University, Tabriz

\*Corresponding author: [Naser.balandeh@gmail.com](mailto:Naser.balandeh@gmail.com)

Received: 21.11.2012

Accepted: 02.06.2013

### Abstract

Predicting vulnerable areas to gully, focus on conservation tasks and prevent loss of resources is very important. The study area is located in the Reyhanlou region of Chaldoran city in the northern of West Azerbaijan province. In this research 20 active gullies were selected in Reihanlu area in 2011. Boundaries of the gullies and gullies head drainage-basins were delimited with using aerial photographs (1:40000), topographic maps (1:25000) and global positioning system (GPS). Some gully properties include mean slope of gullies head drainage-basins (S, %) and gullies head drainage-basins areas (A, m<sup>2</sup>) at the point of gullies initiation were determined by Arc-GIS software with using topographic maps. The statistical analysis such as clustering classification based on gullies topographic characteristics were done by SPSS 16 software. The cluster analyses were classified gullies into three groups. The classified gullies are very similar terms of topographical characteristics including altitude, area, slope percent, slope aspect and processes involved in the development of the gully heads. The investigation of the morphological properties of gullies in the study area showed that the areas of gullies head drainage-basins are variable (2300 m<sup>2</sup> - 109300 m<sup>2</sup>). The mean slope of gullies head drainage-basins was %25.6 (slope was between %6.5 to %43.1). The relationship between the slope (S, %) and area (A, m<sup>2</sup>) was evaluated and the exponential equation ( $S=3.81A^{0.18}$ ) to was obtained ( $R^2=0.16$ ). The positive sign of exponent (b) in the ( $S=aA^b$ ) equation also indicate that sub surface runoff is dominant on gully development. Application of S-A relation showed that it is possible to predict the location of gullies. Due to the correlation coefficient was low ( $R^2=0.16$ ), so can be concluded that the topographical threshold condition is not the only factor to develop the gully erosion and to determination of topographical threshold conditions for gully erosion, other factors, such as soil properties, vegetative cover should also be considered.

**Key word:** threshold, topographical characteristics, gully erosion, GIS