



## "مقاله پژوهشی"

# طبقه‌بندی خندق‌های استان کرمانشاه به کمک تحلیل تشابه نسبی با متغیرهای کمکی مورفومتریک و خاک

خسرو شهبازی<sup>۱</sup>، یحیی پرویزی<sup>۲</sup> و مهین کله‌هوئی<sup>۳</sup>

۱- استادیار موسسه تحقیقات جنگل و مرتع، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، (نویسنده مسؤل: Khosrw\_shahbazi@yahoo.com)

۲- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۴

صفحه: ۲۹۸ تا ۳۰۷

### چکیده مبسوط

**مقدمه و هدف:** فرسایش خندقی یکی از منابع اصلی هدررفت خاک در حوزه‌های آبخیز و همچنین یکی از عوامل اصلی ذخیره رسوب در مخازن سدها، و در آبرفت رودخانه‌ها است. علاوه بر آن فعالیت‌های انسانی، می‌تواند سبب وقوع تشدید این فرسایش شود که پیامدهای بسیار نگران‌کننده‌ای را به دنبال دارد. بدین‌منظور تحقیق حاضر با هدف تعیین آستانه‌های محیطی فرسایش خندقی و نیز طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک این عرصه‌ها در استان کرمانشاه انجام شده است.

**مواد و روش‌ها:** برای این مهم ابتدا با جمع‌آوری اطلاعات از مراجع ذی‌ربط و نیز با استفاده از عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ مناطق عمده خندقی استان که روی تصاویر نمایان بودند مشخص و سپس این اطلاعات با استفاده از عملیات میدانی و مشخص نمودن آن‌ها بر روی نقشه توپوگرافی تصحیح گردید. محدوده‌های اقلیمی مناطق خندقی استان با استفاده از نقشه‌های موجود و بر اساس روش دومارتن اصلاح شده مشخص شد. سپس در هر اقلیم یک تا سه منطقه خندقی به‌عنوان هدف مشخص گردید و در هر یک از آن‌ها یک خندق معرف و دو تکرار شناسایی و با عملیات میدانی و بازدید صحرایی شناسنامه این خندق‌ها تکمیل شد. این مشخصات شامل موقعیت، تیپ اراضی، ابعاد در سر هذکت و در فواصل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از رأس، طول، پروفیل و پلان عمومی خندق بوده است. ضمناً نمونه‌گیری از خاک در مقاطع فوق انجام و در آزمایشگاه برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد. همچنین از روش آماری کلاسیک تحلیل خوشه‌ای برای طبقه‌بندی خندق‌ها استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج این تحقیق نشان داد که تفاوت‌هایی در مشخصات مهم مورفومتري و آستانه توپوگرافی خندق‌های مورد بررسی در مناطق مختلف خندقی استان و در اقلیم‌های مختلف وجود دارد که عمدتاً ناشی از اقلیم، نوع سازند، توپوگرافی و پوشش گیاهی این منطقه است. طبقه‌بندی خندق‌ها بر اساس روش کلاسه‌بندی نشان داد که با سطح تشابه ۹۷/۵ درصد، سه کلاس کلی برای مناطق خندقی قابل شناسایی است.

**نتیجه‌گیری:** مناطق خندقی در اقلیم‌های خشک بیابانی (مناطق گرم) استان در یک کلاس، پهنه‌های خندقی واقع در ارتفاعات میانی و اقلیم نیمه‌خشک سرد در کلاس دوم و پهنه‌های خندقی موجود در اقلیم‌های نیمه‌خشک سرد تا مدیترانه‌ای سرد در کلاس سوم تشابه پهنه‌های خندقی قرار دارند. خندق‌های فعال استان عمدتاً در تیپ اراضی تپه و دشت دامنه‌ای قرار دارند. نتایج این پژوهش سیمایی از عوامل مؤثر و تأثیرگذار در ایجاد خندق‌ها را نشان دهد که بر اساس آن می‌توان نحوه مهار آن‌ها را در برنامه‌ریزی آینده و مدیریت مسئولین اعمال نمود.

**واژه‌های کلیدی:** طبقه‌بندی اقلیمی، فرسایش خندقی، کلاسترینگ، مورفوکلیماتیک

### مقدمه

فرسایش خندقی دارای پیامدهایی از قبیل رسوب‌زایی، افزایش گرمای زمین از طریق انتشار کربن آلی نسبت به گذشته بیشتر است (۲۲). گسترش فرسایش خندقی موجب تشدید رواناب، سیل، تولید رسوب و غیرقابل استفاده شدن اراضی می‌شود (۱۹). این نوع فرسایش به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان در مواردی که بهره‌برداری از منابع خاک، آب و گیاهان (پوشش گیاهی) مبتنی بر اصول صحیح و متناسب با توان‌های طبیعی و شرایط محیطی نباشد، موجب تغییرات قابل ملاحظه سرزمین و پیامدهای زیان بار اقتصادی و اجتماعی می‌شود (۸).

واندکرجوف و همکاران (۲۳) در اسپانیا به بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی خندق‌های کم عمق (کم‌تر از ۰/۸ متر) و عمیق (بیشتر از ۰/۸) پرداختند، نتایج نشان داد که از نظر ریخت‌شناسی کاملاً متفاوت می‌باشند و در زمین اشکال متفاوتی نیز تشکیل می‌شوند.

از میان عوامل فیزیکی، توپوگرافی، مشخصه‌های شیب به‌ویژه، درجه، طول و شکل آن در فرسایش خندقی نقش مهمی دارند. چنانچه سرعت جریان آب دو برابر شود، آب می‌تواند ذراتی را که اندازه آن‌ها ۶۴ برابر بزرگ‌تر از اندازه ذرات قبلی است با خود حمل کند. در شیب‌های طولانی

فرسایش آبی به‌عنوان یکی از گسترده‌ترین انواع تخریب اراضی محسوب می‌شود (۱۳) که در مقیاس جهانی به شکل‌های مختلف فرسایش فرسایش پاشماني، سطحی، بین‌شیاری<sup>۱</sup>، شیاری<sup>۲</sup>، خندقی<sup>۳</sup> و کناره‌ای<sup>۴</sup> دیده می‌شود (۳). امروزه فرسایش خندقی در اراضی کشاورزی به دلیل فعالیت‌های غیراصولی و استاندارد نقش مهمی در گل‌آلودگی منابع آب پایین‌دست و هدررفت عناصر غذایی خاک دارد. فرسایش خندقی در حقیقت یک فرآیند پیچیده است که به عوامل متعددی از جمله زمین‌شناسی، خاک، اقلیم، پوشش گیاهی و پستی و بلندی بستگی دارد (۱۲۶). به عبارت دیگر پیامدهای درون و برون منطقه‌ای آن قابل توجه است. تشدید این فرسایش بر اثر فعالیت‌های انسانی و پیامدهای ناشی از آن تهدیدی بسیار نگران‌کننده و جدی برای امنیت غذایی و سلامت انسان‌ها به‌شمار می‌رود (۱۷). فعالیت‌های انسانی در قالب تغییر کاربری اراضی، کشاورزی غیراصولی، چرای زیاد دام، جنگل‌زدایی و مواردی از این قبیل موجب فرسایش بیش از پیش خاک شده است که حاصل آن تنزل کیفیت اراضی، تخریب بیشتر، کاهش بازده محصولات، فقر انسانی و سایر پیامدهای دیگر اقتصادی و اجتماعی است (۵).

1- Splash      2- Surface      3- Interrill      4- Rill      5- Gully      6- Side

این مناطق خندقی انجام نشده است. پژوهش حاضر به منظور نیل به این خلاء تحقیقاتی طرح ریزی و اجرا شده است.

### مواد و روش‌ها مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه عرصه جغرافیایی استان کرمانشاه در غرب کشور در محدوده ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی با میانگین میزان بارندگی در سطح استان ۴۴۵ میلی‌متر است. بر اساس طبقه‌بندی دومارتن اصلاح شده در استان کرمانشاه، اقلیم‌های خیلی مرطوب فراسرد تا اقلیم‌های مدیترانه‌ای و هم‌چنین بیابانی گرم وجود دارد.

#### بررسی‌های میدانی

پس از جمع‌آوری اطلاعات، نقشه‌های پایه و گزارشات موجود مناطق فرسایش خندقی در استان کرمانشاه، هم‌چنین با پیمایش‌ها و بازدیدهای صحرایی و استفاده از عکس‌های هوایی، مناطق خندقی استان مشخص و سپس روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ مناطق خندقی استان مشخص شدند. اقلیم مناطق خندقی با استفاده از گزارشات و منابع جمع‌آوری شده و با استفاده از روش دومارتن اصلاح شده توسط وزارت نیرو روی نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ منتقل گردید. سپس با استفاده از نقشه‌های تهیه شده و بازدیدهای صحرایی، مجدد مناطق خندقی تبیین هر اقلیم مشخص شد. با انطباق لایه‌های اقلیم و پهنه‌های خندقی، حدود دو تا سه پهنه در هر اقلیم در صورت وجود انتخاب، و بدین ترتیب نقشه واحدهای کاری مطابق شکل (۱) جهت انتخاب خندق‌های معرف و تکرارها به‌منظور اندازه‌گیری‌های صحرایی مهیا گردید. از هر اقلیم، در صورت وجود یک تا سه منطقه خندقی انتخاب و در هر منطقه یک خندق به‌عنوان معرف اصلی و دو تکرار تعیین گردید. پس از انتخاب و شناسایی مناطق خندقی‌ها اقدام به انجام عملیات صحرایی به‌منظور بررسی‌های مورفومتریک و تکمیل شناسنامه‌ها شد. پس از بررسی‌های اولیه اقلیم‌های استان واجد مناطق خندقی تشخیص داده شد که در هر اقلیم یک خندق معرف و دو خندق به‌صورت تکرار انتخاب شد. در مجموع ۱۱ پهنه خندقی در استان شناسایی و در هر پهنه سه خندق (مجموعاً ۳۳ خندق) برای مطالعه انتخاب شد. جدول ۱ موقعیت و برخی مشخصات پهنه‌های خندقی انتخاب شده را در اقلیم‌های مختلف نشان می‌دهد.

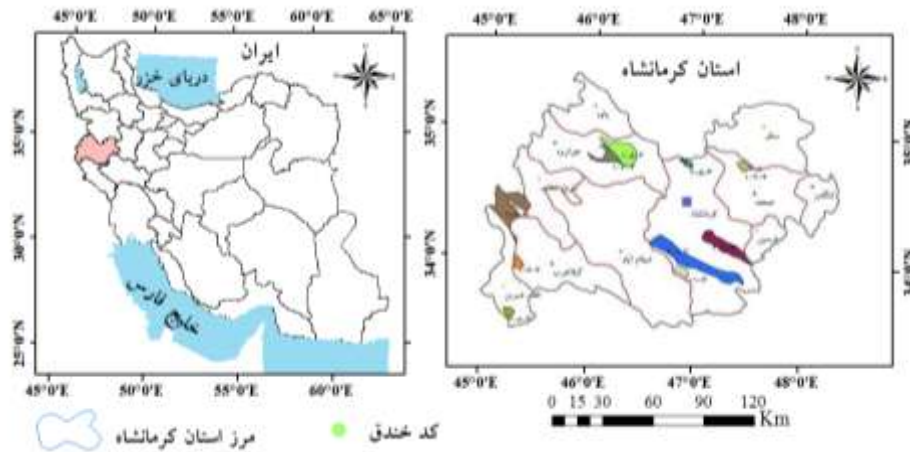
فرسایش در قسمت‌های انتهایی شیب بیشتر و منجر به ظهور خندق خواهد شد. در شیب‌های محدب مقدار فرسایش با دور شدن از مقسم آب افزایش می‌یابد. وو و چنگ (۲۵)، در اراضی کشاورزی مناطق لسی شمال چین آستانه توپوگرافی ترکیبی تعریف و در آن ضرب دو عامل توپوگرافی شیب و مساحت را بین ۴/۷۴ و ۹۲/۶ تعیین کردند.

نتایج پژوهش‌های مونوز-روبل و همکاران (۱۴)، در مراتع استرالیا با خاک آندوسل و بارش حدود ۴۴۱ میلی‌متر نیز نشان داد که توسعه ابعاد خندق‌ها وابسته به آستانه شیب، مساحت و پوشش گیاهی بوده که البته نقش آستانه پوشش گیاهی بیش‌تر بوده است. هم‌چنین شیت و همکاران (۱۸) به ارزیابی فاکتورهای مؤثر در توسعه خندق‌های موقتی در مناطق بدلدی گارتا مدینپور هند پرداختند و گزارش نمودند که مقدار شیب- توزیع بارندگی و رواناب ارتباط قوی با فرسایش خندقی دارند. سولمون ایپیز و اوموگو (۱۹)، عنوان کردند که زهکشی نامناسب انتهایی، محتوای کم رس، توپوگرافی، فقدان پوشش گیاهی و کمبود مواد آلی خاک در توسعه خندق در دانشگاه بنین نقش عمده داشته است.

محمد ابراهیمی (۱۱) گزارش نمود که از بین ویژگی‌های خاک، درصد رس (سطحی و زیر سطحی)، درصد سیلت (سطحی)، درصد رطوبت اشباع (زیر سطحی)، شوری (زیر سطحی)، کربن آلی (سطحی و زیر سطحی) و آهک سطحی و زیر سطحی (در سطح معنی‌دار یک درصد) و هم‌چنین از بین فاکتورهای غیرخاک، لیتولوژی سازند لسی (در سطح معنی‌داری پنج درصد) در ایجاد فرسایش خندق خطی در منطقه مورد مطالعه نقش مؤثری دارند. رضایی (۲۰)، سه متغیر نسبت جذب سدیم، درصد سیلت و رس و یون سدیم نمونه‌ها را می‌توان عواملی تأثیرگذار در فرسایش مارن‌های منطقه و ایجاد اشکال مختلف فرسایشی دانست.

طی دهه‌های اخیر، میزان فرسایش خاک در ایران افزایش چشم‌گیری داشته است، به گونه‌ای که این مقدار در سال‌های ۱۳۳۰، ۱۳۴۰، ۱۳۵۰، ۱۳۶۰، ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ به ترتیب ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۵، ۲ تا ۲/۵ میلیارد تن تخمین زده شده است (۱).

بیشتر مناطق استان کرمانشاه و به‌ویژه عرصه‌های دشت‌های زراعی مرکز و میانه غربی استان و هم‌چنین اراضی مارنی منطقه قصرشیرین تحت تأثیر فرسایش خندقی قرار دارد. تاکنون مطالعه کامل، جامع، مشخص و علمی به‌منظور شناسایی این عرصه‌ها و تهیه شناسنامه مورفومتریک این خندق‌ها و هم‌چنین تعیین آستانه‌های محیطی فرسایش در



شکل ۱- نقشه واحد کاری فرسایش خندقی در استان کرمانشاه  
Figure 1. Map of Gully erosion unit in Kermanshah province

جدول ۱- موقعیت و مشخصات عمومی پهنه‌های خندقی‌های معرف انتخاب شده

Table 1. Location and general characteristics of the selected reagent Gully

کد خندق	اقلیم	پهنه خندقی	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	شیب متوسط خندق (درصد)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول خندق معرف
1-1		ماهیدشت	34.09.425	46.59.228'E	۶	۱۴۵۰	۳۱۰
2-1	نیمه‌خشک سرد	سرفیروزآباد	34.03.771	47.02.915	۹	۱۵۹۰	۵۳۰
3-1		کله‌هو	34.08.804	47.22.344	۳۵	۱۴۵۰	۴۱۰
4-1	معتدل مرطوب	دهلق	34.33.133	47.41.192	۱۵	۱۷۱۰	۶۲۰
5-1		چشمه‌گذار	34.47.045	46.22.158	۶۴	۱۵۰۰	۲۳۰
6-1	خیلی مرطوب سرد	تختگاه	34.29.182	46.27.805	۲۵	۱۸۰۰	۶۴۰
7-1	نیمه‌مرطوب سرد	جبارآباد	34.37.893	47.29.43	۲۱	۱۵۶۰	۴۴۰
8-1	مرطوب سرد	بالا خان	34.47.513	46.26.760	۲۵	۱۴۵۰	۵۷۰
9-1	نیمه‌خشک معتدل	سید ایاز	34.31.588	45.40.391	۲-۵	۴۵۰	۱۰۰۰
10-1	خشک بیابانی معتدل	نفت شهر	33.57.227	45.34.484	۲-۵	۲۵۰	۲۵۰۰
11-1	خشک بیابانی گرم	سومار	33.51.799	45.36.579	۱-۲	۳۰۰	۲۵۰

با میله کوبی و سیمان کاری نقاط ثابت مشخص، و با استفاده از دوربین توتال استیشن، طرح عمومی و نیم‌رخ طولی و عرض آن و شاخه‌های فرعی برداشت و به‌وسیله نرم‌افزار Autocad ترسیم گردید. علاوه بر خندق اصلی دو خندق دیگر به‌عنوان تکرار در هر منطقه انتخاب شدند که در این خندق‌های اندازه‌گیری‌های مورفومتریک که در خندق اصلی انجام شده بوده انجام گرفت. در آزمایشگاه، مشخصات فراکشن‌ها و بافت خاک در نمونه‌های جمع‌آوری شده اندازه‌گیری و ثبت شد.

برای طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک خندق‌ها در نرم‌افزار Matlab و به کمک ۱۳ متغیر کمکی شناسائی و اندازه‌گیری شده به شیوه کلاسترینگ و با روش تشابه نسبی طبقه‌بندی انجام شد. بر اساس میزان تشابه نسبی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده کلیه خندق‌ها و مناطق خندقی در گروه‌ها و کلاس‌ها مجزا طبقه‌بندی و تقسیم شد.

### نتایج و بحث

در جدول ۲ مشخصات عمومی نظیر موقعیت، تیپ اراضی، عرصه و همچنین برخی ویژگی‌های مورفومتریک هر سه خندق مورد مطالعه (اصلی و تکرارها) در پهنه‌های خندقی شناسائی و مطالعه شده استان نشان داده شده است. در ادامه

در خندق معرف هر پهنه، طول خندق، موقعیت و ارتفاع سر هدکت، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از راس از سطح دریا با استفاده از GPS ثبت شد. سپس در هر یک از نقاط ذکر شده نیم‌رخ خاک دیواره خندق تشریح و از هر کدام از افق‌های خاک‌شناسی به‌منظور تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک تهیه گردید. به‌علاوه اندازه‌گیری‌های مورفومتریک شامل عرض بالایی، عرض پایینی، و عمق خندق در مقاطع تعیین شده، طول شاخه‌های اصلی و فرعی اندازه‌گیری شد همچنین سایر موارد از جمله، محدودیت‌های خاک، آب و هوا، نوع اقلیم، تیپ اراضی، ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب، نوع سازند زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی، پوشش گیاهی غالب و نوع پوشش گیاهی در کناره‌ها و داخل آبراهه، مساحت مورد اشغال خندق، پلان عمومی شبکه خندقی، پلان راس خندق، شکل پروفیل عمودی راس خندق، شکل مقطع خندق مشخص و ترسیم شد.

عوامل مؤثر در ایجاد خندق که شامل عوامل طبیعی و فیزیوگرافی و عوامل انسانی بود مورد بررسی قرار گرفت سپس در خندق معرف (شماره یک) با مشخص کردن پنج مارک‌ها (BH) در کف خندق، نزدیک سر هدکت، بالایی خندق و دو کناره شامل ساحل راست و چپ خندق مشخص و

۴۴/۶ متغیر و درصد سیلت در پهنه کلههو با ۱۷/۶ درصد کمترین مقدار و پهنه تختگاه و سید ایاز با ۶۶/۶ و ۶۳/۶ درصد بیشترین مقدار و سایر پهنه بین ۲۱/۶ تا ۵۰ متغیر است. هم‌چنین درصد رس در بافت سطحی مناطق منتخب خندقی متغیر می‌باشد به طوری که در نفت شهر با ۱۲ درصد کمترین و تخت‌گاه با ۵۶ درصد بیشترین مقدار و سایر پهنه‌ها بین ۱۷ تا ۵۳/۲ درصد بیشترین مقدار رس را دارند (جدول ۳). درصد گج EC و SAR خندقی‌های موجود بر روی تشکیلات مارنی قصرشیرین، سومار و نفت شهر به مراتب بیشتر از دیگر نقاط استان بود. با توجه به اهمیت و گسترش خندقی‌های در این مناطق و نتایج حاصل از آزمایشات نمونه‌ها، متغیرهای خاکی در پدیده انحلال و گسترش خندق در این مناطق مؤثر می‌باشند (جدول ۳).

هم‌چنین نتایج عرب قشقایی و همکاران (۲) در حوضه طرود فیروزکوه نشان داد که میزان شوری، گج و نسبت جذب سدیم در عرصه‌های خندقی منطقه نسبت به شاهد بیش‌تر و میزان ماده آلی آن‌ها کم‌تر بوده ولی از نظر درصد اشباع، آهک و اسیدیته تفاوت معنی‌داری با هم نداشته است.

در تحقیق دیگری یمانی و همکاران (۲۴) تأثیر ویژگی‌های رسوب‌شناسی در توسعه فرسایش تونلی و خندقی در سازند فلیش مکران را در جاسک مطالعه، و نشان دادند که اسیدیته گل اشباع، EC، درصد رس، سیلت و ماسه رسوب، یون‌های کلسیم، پتاسیم، سدیم و درصد آهک را به ترتیب مؤثرترین عوامل مؤثر بر ایجاد فرسایش در منطقه بوده است.

به تفکیک منطقه اقلیمی و پهنه خندقی معرف هر منطقه اقلیمی به تشریح وضعیت عرصه‌های خندقی استان پرداخته شده است.

بر اساس نتایج بدست آمده مجموع سطح مناطق خندقی ۴۰۹۸۹۵ هکتار می‌باشد که ۱۶/۶۵ درصد از سطح استان کرمانشاه را فرسایش خندقی در بر گرفته است. بزرگ‌ترین پهنه خندقی سرفیروز آباد است که ۴۶۰۷۵ هکتار می‌باشد. از دیگر نتایج طرح تلفیق نقشه پراکنش پهنه‌ها با نقشه اقلیم استان و ارائه توزیع پهنه‌های خندقی در اقلیم‌های استان کرمانشاه است. نتایج نشان داد از ۱۴ اقلیم موجود در استان، ۸ اقلیم دارای مناطق خندقی است که اقلیم نیمه‌خشک سرد دارای بیش‌ترین سطح مناطق خندقی با ۱۳۲۸۳۵ هکتار مناطق خندقی و معادل ۳۲/۴۱ درصد مناطق خندقی را به خود اختصاص داده است. پهنه نفت شهر با ۲۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا حداقل ارتفاع و پهنه تخت‌گاه با ۱۸۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا مرتفع‌ترین پهنه می‌باشد. هم‌چنین پهنه ماهیدشت و سرفیروزآباد با ۳۲۳ میلی‌متر بارندگی حداقل باران و پهنه چشمه گدار و بالاخان با ۷۶۱ میلی‌متر حداکثر بارندگی را دارند.

بر اساس اطلاعات حاصل از تجزیه و تحلیل نمونه‌های خاک، بافت خاک در لایه‌های سطحی در قسمت راس خندقی‌های منتخب لومی، سیلتی لومی تا رسی و در خاک زیر سطحی به صورت رسی تا رسی سیلتی و رسی لومی می‌باشد. در بافت سطحی خاک مقدار شن در منطقه کلههو ۵۱/۴ و در چشمه گدار ۵/۶ درصد و در سایر پهنه‌ها بین ۹/۶ تا

جدول ۲- مشخصات مورفومتریک خندقی‌های معرف

Table 2. Morphometric characteristics of reagent Gully

کد خندق	موقعیت خندق در آبخیز	طول نسبی خندق (متر)			ابعاد خندق در سرهدکت			ابعاد خندق در ۲۵ درصد از رأس			ابعاد خندق در ۵۰ درصد از رأس			عمق متوسط خندق			مساحت مورد اشغال خندق (مترمربع)		
		اصلی	فرعی	بالا	عرض بالا	عرض عمق	عرض پایین	عرض بالا	عرض عمق	عرض پایین	عرض بالا	عرض عمق	عرض پایین	عمق	عمق راس	عمق بدنه اصلی			
۱-۱	کفه دشت	۳۱۰			۳۲۰	۸۰	۱۱۵	۲۷۰	۱۳۰	۱۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۷۰	۴۲۵	۱۵۰	۹۰	۱۱۵	۷۰	۲۱۰۰
۲-۱	منطق با دره در امتداد زهکشی طبع	۵۳۰	۱۰۰		۵۳۰	۲۱۰	۲۱۰	۱۵۵۰	۴۰۰		۱۳۳۰	۴۰	۵۰۰	۱۹۰۰	۹۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۴۰	
۳-۱	روی دامنه و اراضی شیب‌دار	۶۲۰	۲۰		۶۲۰	۱۰۰	۳۰۰	۸۵۰	۵۰	۳۰۰	۷۲۰	۵۰	۲۲۰	۸۶۰	۵۰	۳۲۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۲۴۰۰
۴-۱	روی دامنه و اراضی شیب‌دار	۲۳۰	۵		۲۳۰	۱۰۰	۵۰	۵۱۰	۶۰	۱۵۰	۶۳۰	۷۰	۲۰۰	۷۲۰	۵۰	۲۴۰	۴۰	۲۰۰	۷۵۰۰
۱-۵	روی دامنه و اراضی شیب‌دار	۴۴۰	۱۰-۷۰		۱۳۵	۴۰	۴۵	۵۰۰	۵۰	۱۲۰	۶۰۰	۶۰	۳۶۰	۸۹۰	۵۰	۲۸۰	۴۵	۳۰۰	۳۰۰۰۰
۶-۱	روی دامنه و اراضی شیب‌دار	۴۱۰	۱۰-۷۰		۲۸۰	۱۰۰	۷۰	۷۹۰	۵۰	۲۰۰	۱۴۰	۵۰	۳۵۰	۷۴۰	۲۵۰	۵۰	۷۰	۳۵۰	۴۰۰۰۰
۷-۱	روی دامنه و اراضی شیب‌دار	۵۷۰	۵۰																۲۴۰۰۰
۸-۱	کفه دشت	۱۰۰۰	۲۰-۵۰		۲/۵	۲/۴	۱/۵	۵/۹	۲/۵	۲	۶/۳	۳/۳	۱/۶	۸	۱/۸	۲/۱	۱/۹	۲	1E+05
۹-۱	کفه دشت	۲۵۰۰	۳۰۰-۱۰		۱/۷	۰/۵	۰/۷	۴/۱	۲/۲	۱	۷/۱	۵/۲	۲/۸						1E+05
۱-۱	روی دامنه و اراضی شیب‌دار	۲۵۰	۵-۷۰		۱۳	۶/۹	۱/۶	۵/۳	۳	۱/۱	۳/۴	۲/۳	۱/۱	۵/۵	۲/۸	۱/۳	۱/۶	۱/۲	۷۵۰۰۰
۱۱-۱	روی دامنه و اراضی شیب‌دار	۶۴۰	-		۱/۱	۰/۴	۰/۴	۵/۵	۰/۴	۱/۹	۶	۰/۴	۲	۴/۳	۰/۳	۱/۶	۰/۴	۲	5E+05

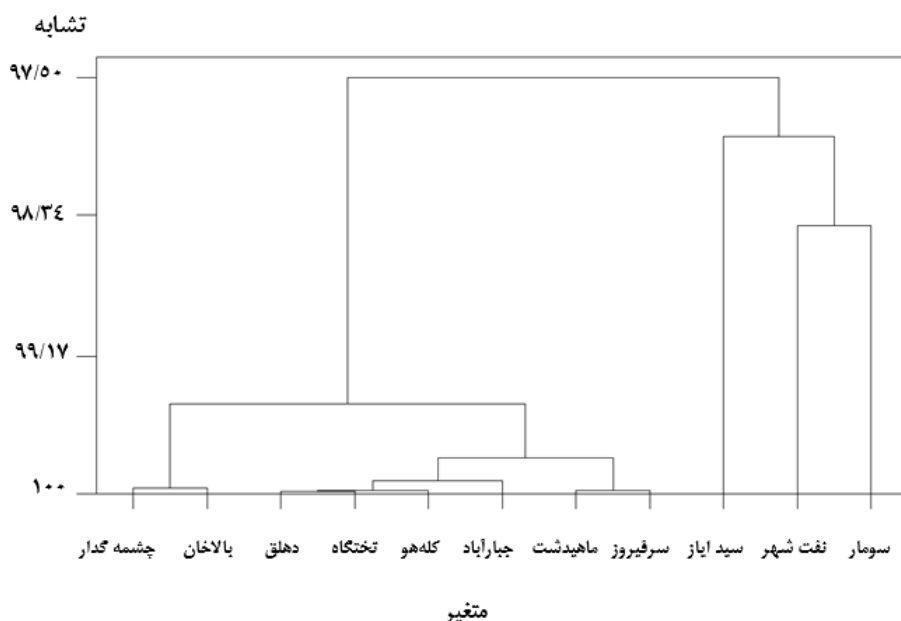
جدول ۳- نتایج آزمایشات پارامترهای خاک نمونه‌های پروفیل‌ها در خندق‌های معرف استان کرمانشاه

Table 3. Results of soil parameters tests of profile samples in representative Gully of Kermanshah province

کد خندق عمق	رس (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	یافت	PH	EC mos/cm	Spme/l	ME/100gr	CECme/100gr	E.S.P	S.A.R	آهک	TNV (%)	OC (%)
۱-۱	۳۰	۴۳/۳	۱۴	۴۲/۷	s.c.l	۷/۸	۰/۴۶	۴۹	۰	۱۹/۲	۰	۰	۰	۳۰
۱-۱	۳۰-۷۰	۴۲	۱۷	۴۱	s-c	۷/۸	۰/۲۸	۵۲	۰	۲۳	۰	۰	۰	۴۸/۷
۲-۱	۳۰	۳۷	۲۰	۴۳	s-c	۷/۵	۰/۷۵	۵۹	۰	۳۶/۸	۰	۰	۰	۳۲/۵
۲-۱	۳۰-۷۰	۳۶	۲۰	۴۴	s.c.l	۷/۶۹	۰/۴۶	۵۶	۰	۳۱/۳	۰	۰	۰	۴۷
۲-۱	۷۰-۱۶۰	۴۴/۲	۲۰/۶	۳۵/۲	c	۸/۰۴	۰/۴۴	۶۳	۰	۲۴/۲	۰	۰	۰	۴۳/۵
۳-۱	۵۰	۴۰/۴	۹/۶	۵۰	s-c	۷/۶	۰/۵۴	۳۸	۰	۲۷	۰	۰	۰	۲۱
۳-۱	۵۰-۷۱۵	۳۲/۴	۳۲/۴	۲۵/۶	c-l	۷/۸	۰/۹	۴۰	۰	۱۹	۰	۰	۰	۴۱/۵
۴-۱	۲۵	۴۶/۴	۵/۶	۴۸	s-c	۸	۰/۷۳	۴۱	۰	۴۰	۰	۰	۰	۱۶
۴-۱	۲۵-۷۰	۳۹/۴	۱۵	۴۵/۶	s-c	۷/۹	۰/۳۴	۵۱	۰	۴۰	۰	۰	۰	۲۲
۵-۱	۴۰	۳۴/۴	۲۶	۳۹/۶	c-l	۷/۳	۱/۱۹	۴۳	۰	۲۸/۶	۰	۰	۰	۲۷
۵-۱	۴۰-۸۰	۴۴/۴	۱۸	۳۷/۶	s-c	۷/۴	۰/۷۸	۴۳	۰	۲۴/۵	۰	۰	۰	۳۸
۶-۱	۴۰	۳۹	۳۳/۶	۳۷/۴	c-l	۷/۴	۰/۵۲	۴۷	۰	۲۳	۰	۰	۰	۶
۶-۱	۴۰-۱۵۰	۳۵	۲۵/۶	۳۹/۴	sa-c	۷/۷	۰/۲۸	۵۰	۰	۲۵/۸	۰	۰	۰	۱۲
۷-۱	۲۵	۳۵	۲۵/۶	۳۹/۴	c-l	۷/۴	۰/۵۳	۴۸	۰	۲۱/۶	۰	۰	۰	۱۱/۲
۷-۱	۲۵-۶۰	۲۵	۲۵/۶	۳۹/۴	s-c-l	۷/۶	۰/۱۵	۵۱	۰	۲۲/۲	۰	۰	۰	۴/۳
۸-۱	۴۰	۱۷	۳۹/۴	۴۲/۶	L	۷/۸	۰/۸۴	۳۹	۳۲/۶	۱۸	۰	۰	۰	۰/۵۴
۸-۱	۴۰-۱۲۰	۲۹	۳۵/۴	۳۵/۶	L	۷/۶	۰/۳۴	۴۰	۲۴/۴	۶	۰	۰	۰	۰/۰۷
۹-۱	۳۰	۳۶	۳۲/۶	۳۱/۴	CL	۷/۵	۳/۳۸	۴۱	۲۸/۴	۱۹/۶	۰	۰	۰	۰/۳۳
۹-۱	۳۰-۸۰	۲۵	۳۷/۴	۳۷/۶	C.L	۷/۹	۳/۹۵	۴۳	۲۴/۲	۲۱/۶	۰	۰	۰	۰/۱۴
۱۰-۱	۵۰	۳۳	۲۱/۴	۴۵/۶	C.L	۷/۷	۳/۹۵	۵۰	۵۷/۶	۱۸/۵	۰	۰	۰	۰/۴
۱۰-۱	۵۰-۱۵۰	فولکوله	فولکوله	فولکوله	C.L	۷/۴	۴	۵۱	۴۲/۷	۱۶/۴	۰	۰	۰	۰/۲۵
۱۱-۱	۴۰	۴۰	۱۹/۶	۴۰/۴	S.C.L	۷/۷	۰/۸۴	۴۸	۲۷/۸	۸/۶	۰	۰	۰	۲/۳۹
۱۱-۱	۴۰-۱۸۰	۴۲	۲۲/۶	۳۵/۴	C	۷/۶	۰/۴۷	۴۵	۲۵/۸	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰/۰۳

دندروگرام ( شکل ۲)، در کلاسه‌بندی با سطح تشابه ۹۷/۵ درصد، سه کلاس کلی برای مناطق خندقی تعیین گردید. تحلیل داده‌ها جهت کلاسه‌بندی در جدول ۴ ملاحظه می‌گردد. اما نتایج کرم و همکاران (۱۰) که با تکنیک تحلیل خوشه‌ای و در محیط GIS و با استفاده از هفت پارامتر توپو کلیماتیک کمکی (شامل ارتفاع، شیب، بارش سالانه، متوسط حداقل دما، حداقل مطلق دما، تعداد روزهای با دمای زیر صفر و متوسط دمای سالانه) انجام شد. واحدهای مورفوکلیماتیک خندقی استان کرمانشاه شناسایی و طبقه‌بندی و پنج منطقه مورفوکلیماتیک و هفت واحد کلان ژئومورفولوژیکی در سطح استان شناسایی شد.

به‌منظور طبقه‌بندی مناطق خندقی استان، از پارامترهای مشابه موجود در مناطق خندقی که قابل اندازه‌گیری بوده استفاده گردیده است. بدین‌منظور ۱۳ پارامتر کمی شامل پارامترهای مورفولوژیک و خاک‌شناسی خندق‌ها (جدول ۲ و ۳) برای تحلیل خوشه‌ای به کار گرفته شد که این پارامترها شامل عمق متوسط خندق، شیب حوزه بالادست خندق، ارتفاع متوسط منطقه، بارندگی، عرض خندق و از ویژگی‌های خاک EC، SAR، PH، ESP، درصد شن، سیلت، رس و ماده آلی (OC) می‌باشند (جدول ۲). این پارامترها در محیط نرم‌افزار Minitab تحلیل گردیده و برای کلاسه‌بندی مناطق خندقی از روش فاصله تشابه استفاده گردیده است. بر اساس



شکل ۲- دندروگرام مربوط به دسته‌بندی مناطق خندقی بر اساس مشاهدات و به روش درصد تشابه  
Figure 2. Dendrogram related to the classification of Gully areas based on observations and by similarity percentage method

جدول ۴- تحلیل خوشه‌ای ۱۰ منطقه خندقی کرمانشاه بر اساس مشاهدات به روش درصد تشابه

Table 4. Cluster analysis of 10 Gully in Kermanshah based on observations by similarity method

مرحله	تعداد خوشه	سطح تشابه خوشه‌ها	فاصله خوشه‌ها	خوشه‌های مرتبط	خوشه جدید	تعداد مشاهده در خوشه
۱	۳	۹۹/۹۹	۰/۰۰۰	۳	۳	۲
۲	۵	۹۹/۹۸	۰/۰۰۰	۵	۵	۲
۳	۳	۹۹/۹۸	۰/۰۰۰	۳	۳	۳
۴	۱	۹۹/۹۷	۰/۰۰۱	۱	۱	۲
۵	۳	۹۹/۹۲	۰/۰۰۲	۳	۳	۴
۶	۳	۹۹/۷۸	۰/۰۰۴	۳	۳	۶
۷	۱	۹۹/۴۶	۰/۰۰۱۱	۱	۱	۸
۸	۹	۹۹/۳۹	۰/۰۳۲	۹	۹	۲
۹	۸	۹۷/۸۹	۰/۰۴۳	۸	۸	۳
۱۰	۱	۹۹/۵۰	۰/۰۵۰	۱	۱	۱۱

کلاس ۱: مناطق خندقی ۱ و ۲ (مناطق نفت شهر، سومار)

کلاس ۲: مناطق خندقی (سید ایاز)

کلاس ۳: مناطق خندقی (سر فیروز آباد، ماهیدشت، دهلق، کله‌هو، جبارآباد، بالاخان و چشمه گذار)

مدیران‌های سرد واقع گردیده‌اند. این نتایج نشان می‌دهد اقلیم عامل تأثیرگذار بر ویژگی‌های خندق‌ها است. برخی از ویژگی‌های مناطق خندقی منتخب در ۳ کلاس و در جدول ۵ آورده شده است.

که این سطح تشابه (۹۷/۵) قابل قبول بوده و بر اساس مشاهدات، مناطق خندقی کلاس یک در اقلیم‌های خشک بیابانی (مناطق گرم) استان، کلاس دو در ارتفاعات میانی و اقلیم نیمه‌خشک سرد و کلاس سه از اقلیم نیمه‌خشک سرد تا

جدول ۵- برخی از ویژگی‌های کلاس‌ها در مناطق خندقی منتخب استان کرمانشاه

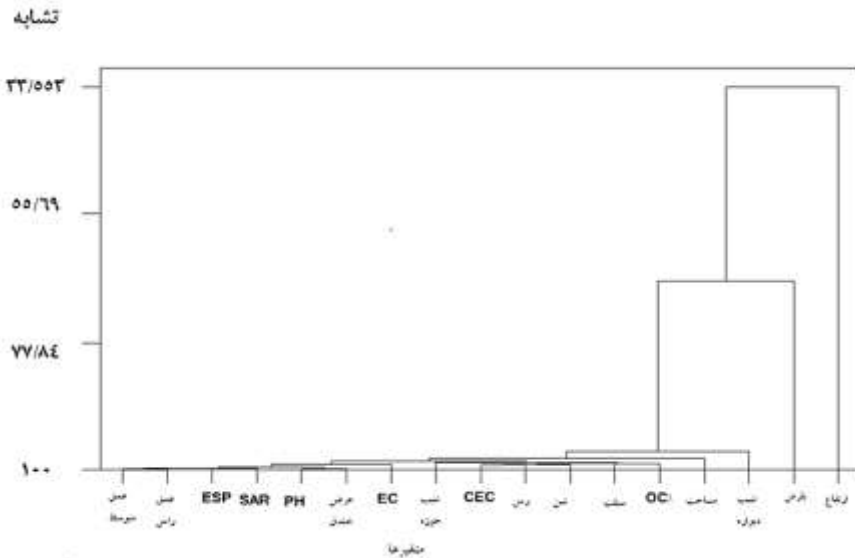
Table 5. Some characteristics of classes in selected Gully areas of Kermanshah province

ردیف	شماره کلاس	حوزه آبخیز	اقلیم مناطق	ارتفاع	بارندگی سالانه (میلی‌متر)	بافت خاک سطحی تا عمقی	عمق متوسط
۱	۱	سید ایاز	نیمه‌خشک معتدل	۴۵۰	۳۹۸/۷	لوم تا رسی لوم	۲
۲	۲	سومار	خشک بیابانی گرم	۲۷۰	۳۸۱/۸	لوم تا رسی لوم	۱/۶
۳	۳	نفت شهر	خشک بیابانی معتدل	۲۵۰	۳۸۱/۸	لوم تا رسی لوم	۱/۸
۴	۴	سر فیروز آباد	نیمه‌خشک سرد	۱۵۹۰	۳۲۳/۵	سیلتی رسی تا رس	۴
۵	۵	ماهیدشت	نیمه‌خشک سرد	۱۴۵۰	۳۲۳/۵	سیلتی تا رسی	۱/۲
۶	۶	کله‌هو	نیمه‌خشک سرد	۱۷۸۰	۵۵۲/۵	سیلتی رس	۳
۷	۷	دهلق	مرطوب معتدل	۱۴۵۰	۴۵۰/۹	لومی رسی	۳
۸	۳	جبار آباد	نیمه‌مرطوب سرد	۱۵۶۰	۵۵۲/۵	رسیلوم تا سیلتی رس	۳
۹	۹	بالاخان	مرطوب سرد	۱۴۵۰	۷۶۱/۷	رسی لوم تا سیلتی رسی	۱/۵
۱۰	۱۰	تختگاه	مرطوب سرد	۱۸۰۰	۵۳۷	لومی رسی تا رس سیلتی	۲
۱۱	۱۱	چشمه گذار	خیلی مرطوب سرد	۱۵۰۰	۷۶۱/۷	سیلتی رس تا رسی لوم	۲

بین ویژگی‌های کمی اندازه‌گیری شده در استان چهارمحال و بختیاری انجام دادند. نتایج آنان نیز نشان داد که مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در استان چهارمحال و بختیاری بر اساس ویژگی‌های مورفوکلیماتیک، با سطح تشابه ۷۰/۰۴ درصد به سه گروه قابل تقسیم است که بیش‌ترین میزان تشابه در آن‌ها به ۹۴/۱۲ درصد می‌رسد.

#### کلاسه‌بندی متغیرها در مناطق خندقی کرمانشاه

در کلاسه‌بندی عوامل مؤثر در خندقی شدن از ۱۷ متغیر استفاده گردید. بر اساس تحلیل خوشه‌ای و به روش درصد تشابه ۳ کلاس از متغیرها با سطح ۷۷ درصد قابل تفکیک هستند که دندروگرام کلاسه‌بندی متغیرها در شکل ۳ ملاحظه می‌گردد. نکوئی و همکاران (۱۶) نیز در تحقیق طبقه‌بندی مناطق خندقی با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و بر مبنای تشابه



شکل ۳- دندروگرام مربوط دسته‌بندی متغیرها در ۸ منطقه خندقی بر اساس درصد تشابه  
Figure 3. Dendrogram related to the classification of variables in 8 Gully based on the similarity percentage

طبقه‌بندی مناطق و تفکیک گروه‌ها نداشته‌اند. انتظاری و همکاران (۴) در تحقیقی در دیره کرمانشاه نشان دادند که از مجموع هشت عامل مؤثر مورد بررسی در گسترش خندق، ۵ عامل به‌ترتیب کلاس شیب، انحنای افقی شیب، کاربری اراضی، فاصله از جاده و سنگ‌شناسی، به‌عنوان عوامل مؤثر در تولید خندق شناسایی شدند.

گرچی و همکاران (۹) با تجزیه و تحلیل داده‌های اقلیمی و اندازه‌گیری‌های صحرایی از ابعاد آبکندها در قالب روش‌های تحلیلی ضریب هیدروترمال و ضریب اقلیمی WS در منطقه خور و بیابانک استان اصفهان نشان دادند که فرآیندهایی که موجب به وجود آمدن خندق‌ها، منشاء اقلیمی نداشته و بیش‌تر ناشی از تغییر مدیریت عرصه و همچنین تغییرپذیری زمین ساخت بوده است. همچنین نظری سامانی و همکاران (۱۵) در تحقیقی بر اساس تجزیه رگرسیونی، پارامترهایی از قبیل مساحت حوزه آبخیز بالادست خندق، فاصله بالاکنند تا مرز حوزه آبخیز، ارتفاع بالاکنند و SAR را مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر رشد طولی خندق در حوزه آبخیز دره‌کره شناخته‌اند.

سه گروه متغیرها براساس تحلیل خوشه‌ای و به روش تشابه به شرح زیر است:

- گروه ۱: پارامترهای شیمیایی، فیزیکی خاک و ویژگی‌های آدافیکی و مرفولوژیکی خندق‌ها
- گروه ۲: پارامتر ارتفاع
- گروه ۳: بارش

و به عبارت دیگر سه گروه متغیرهای کمی تأثیرگذار بر کلاسه‌بندی مناطق خندقی عبارتند از گروه متغیرهای شیمیایی خاک، گروه متغیرهای فیزیکی خاک و ویژگی‌های آدافیکی و فیزیوگرافی خندق و اقلیم می‌باشد. تحلیل خوشه‌ای متغیرهای کمی در ۱۰ منطقه خندقی استان کرمانشاه در جدول ارائه گردیده است. نکوئی مهر و همکاران (۱۶) نیز در گروه‌بندی خندق‌های استان چهار محال و بختیاری با روش خوشه‌ای نشان دادند که متغیرهای بارش سالانه، ارتفاع منطقه از سطح دریا و طول خندق در سطح احتمال یک درصد و از لحاظ متغیرهای مساحت منطقه خندقی شده و عرض بالای خندق در مقطع ۵۰ درصد طول در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار بوده و سایر متغیرها نقش مؤثری در

جدول ۶- تحلیل خوشه‌ای ۱۰ منطقه خندقی بر اساس متغیرهای ۱۷ گانه

Table 6. Cluster analysis of 10 Gully areas based on 17 variables

مرحله	خوشه جدید	ارتباط خوشه	فاصله	سطح تشابه	تعداد خوشه	تعداد مشاهده در خوشه
۱	۱	۱۷	۵/۴۳	۹۹/۸۸	۱۶	۲
۲	۱۳	۱۴	۸/۴۵	۹۹/۸۱	۱۵	۲
۳	۱	۷	۱۲/۱۸	۹۹/۷۳	۱۴	۳
۴	۱	۶	۱۴/۳۵	۹۹/۶۸	۱۳	۴
۵	۱	۱۳	۱۵/۹۶	۹۹/۶۵	۱۲	۶
۶	۸	۹	۳۶/۵۵	۹۹/۱۹	۱۱	۲
۷	۱	۵	۳۸/۴۳	۹۹/۱۵	۱۰	۷
۸	۸	۱۱	۳۸/۸۸	۹۹/۱۴	۹	۳
۹	۸	۱۰	۴۷/۸۹	۹۸/۹۴	۸	۴
۱۰	۸	۱۲	۴۹/۲۶	۹۸/۹۰	۷	۵
۱۱	۲	۸	۵۰/۰۶	۹۸/۶۹	۶	۶
۱۲	۱	۲	۶۳/۷۷	۹۸/۵۸	۵	۱۳
۱۳	۱	۱۵	۹۰/۱۹	۹۷/۹۹	۴	۱۴
۱۴	۱	۱۶	۱۴۲/۷۱	۹۶/۸۳	۳	۱۵
۱۵	۱	۴	۱۴۷/۲۰	۶۷/۱۴	۲	۱۶
۱۶	۱	۳	۲۹۸۹/۷۲	۳۳/۵۳	۱	۱۷

**نتیجه گیری کلی**

چشمه گذار، سید ایاز، تخت‌گاه، دهلق، سومار، جبار آباد و کله‌هو است.

پهنه‌های خندقی در استان به‌طور کلی در سه کلاس منفک قابل تمیز و طبقه‌بندی هستند. پهنه‌ها و مناطق خندقی غرب استان در اقلیم‌های خشک بیابانی سرد و خشک بیابانی معتدل و هم‌چنین نیمه خشک معتدل، در شهرستان قصر شیرین شامل: نفت شهر، سومار و قصر شیرین در یک کلاس منفک مورفوکلیماتیک طبقه‌بندی شده است. هم‌چنین پهنه‌های خندقی موجود در اقلیم‌های نیمه‌مرطوب و مرطوب معتدل در کلاس مورفوکلیماتیک منفک و خندق‌های موجود در پهنه‌های نیمه خشک سرد و خیلی مرطوب سرد در کلاس سوم مورفوکلیماتیک تقسیم‌بندی شده است.

در نهایت با شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد مناطق خندقی استان کرمانشاه و طبقه‌بندی کلاس‌های معین و مشابه از نظر ایجاد خندق می‌توان راه‌های مقابله با فرسایش خندقی و اولویت‌ها از نظر مناطق حساس به فرسایش خندقی برای مبارزه با آن‌ها را معرفی نمود.

مجموع سطح مناطق خندقی استان کرمانشاه ۱۶/۶۵ درصد از سطح استان کرمانشاه را در بر گرفته است. در بین اقلیم‌های حاکم بر خندق‌های استان کرمانشاه، می‌توان بیان نمود که اقلیم نیمه‌خشک سرد ۳۲/۴۱ درصد مناطق خندقی را به خود اختصاص داده است. بزرگ‌ترین پهنه خندقی استان در منطقه سرفیروز آباد است که ۴۶۰۷۵ هکتار مساحت داشته و در اقلیم نیمه‌خشک سرد واقع گردیده است. بر اساس اطلاعات حاصل از تجزیه و تحلیل نمونه‌های خاک، بافت خاک در لایه‌های سطحی در قسمت راس خندق‌های منتخب لومی، سیلتی لومی تا رسی و در خاک زیر سطحی به صورت رسی تا رسی سیلتی و رسی لومی می‌باشد.

حدود ۷۰ درصد مناطق خندقی در عرصه‌های مرتعی و ۳۰ درصد در مناطق کشاورزی شکل گرفته‌اند. برای اولویت‌بندی مناطق خندقی از شاخص عرض به عمق متوسط ( $\frac{W}{D}$ ) خندق استفاده گردید. بر این اساس در مناطق خندقی اولویت به‌ترتیب با مناطق بالاخان، نفت شهر، ماهیدشت، سرفیروزآباد،

**منابع**

- Ahmadi, H. 2011. Applied Geomorphology (Water Erosion), University of Tehran Press, Fifth Edition, 688 pp (In Persian).
- Arab Qashqai, Z., D. Niknami, S. Shadfar and A. Moeini. 2109. Gully erosion hazard zonation in Torood watershed. Geography of the land, 8(31): 107-119 (In Persian).
- Blanco, H. and R. Lal. 2008. Principle of soil conservation and management. Springer Netherlands, 617 pp.
- Entezari, M., A. Maleki, K. Moradi and S. Olfati. 2015. The study of Gully Erosion in Dyereh Catchment Using the Method of Weightal Modulation and Stream Power Index. Geographical Researches Quarterly Journal, 30(3): 297-312 (In Persian).
- Heshmati, M., H. Peyrovan, M. Gheitury, M. Ahmadi Molaverdi and A. Moradpour. 2021. Investigating Marl Formation and their Dominant Land use and Erosion in Kermanshah Province. Geography and Sustainability of Environment, 10(4): 53-72 (In Persian).
- Igwe, C.A. 2012. Gully erosion in southeastern Nigeria: role of soil properties and environmental factors. Intec Open Science Publishers, 157-171.
- Ghatori, M. 2003. Recognition plan of ecological regions of the country: plant types of Kermanshah province. First Edition. Publications of Forests and Rangelands Research Institute. 60 pp.
- Ghodosi, J. and M. Davari. 2005. Influence of physical and chemical properties of soil on the occurrence of ditch erosion and morphology of ditches. Third National Conference on Erosion and Sediment, 1-8 (In Persian).
- Gorji, L., S. Shahzaidy and M. Ramesht. 2017. The Origin and effective processes in developing the gulleis in khor and Biabanak area. Geographic Space, 16(56): 169-184 (In Persian).
- Karam, A., M. Ranjbar, M. Eftekhari and N.A.N. Yaghob. 2014. Classification of morph climatic zones of Kermanshah Province using cluster analysis method. Geography, 11(39): 235-256 (In Persian).
- Mohamadebrahimi, M. 2018. Identification of causes of the occurrence of Gully erosion with emphasis on soil-related factors (case study: Agh Imam Watershed). Journal of Soil and Water Resources Conservation, 7(2): 1-14 (In Persian).
- Mohammad Ebrahimi, M., M.R. Javadi and M. Vafakhah. 2016. Investigation of the Role of Soil and Non-Soil Parameters in Development of Linear Gully Erosion in Agh Emam Watershed (2). Iranian Journal of Soil Research, 29(4): 487-498 (In Persian).
- Mohammed, S., K. Alsafadi, S. Talukdar, S. Kiwan, S. Hennawi, O. Alshihabi, M. Sharaf, and E. Harsanyie. 2020. Estimation of soil erosion risk in southern part of Syria by using RUSLE integrating geo informatics approach. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 20: 100375.
- Munoz-Robles, C., N. Reid, P. Frazier, M. Tighe, S.V. Briggs and B. Wilson. 2010. Factors Related To Gully Erosion In Woody Encroachment In South Eastern Australia. Catena, 83: 148-157.
- Nazari, S.A., F. Tavakoli, H. Ahmadi and G. Rahi. 2014. Determining of effective factors on gully longitudinal advancement (case study: Dareh Koreh Watershed). Journal of Range and Watershed Management (iranian journal of natural resources), 67(1): 117-126 (In Persian).

16. Nekouiemehr, M., S. Naim Emami, R. Raisian, M. Soufi and M. Goodarzi. 2011. Investigation of morpho-climatic characteristics of gullies in order to classify regions affected by gully erosion in Chaharmahal and Bakhtiary province. *Journal of Watershed Engineering and Management (In Persian)*.
17. Shadfar, S. 2010. *An Introduction to Trench Erosion*. Antekhab Publications. 140 pp.
18. Shit, P.K., G.S. Bhunia and R. Maiti. 2013. Assessment of Factors Affecting Ephemeral Gully Development in Badland Topography: A Case Study at Garbheta Badland (Pashchim Medinipur. *International Journal of Geosciences*, 4(02): 461.
19. Solomon Ehiz, O. and U.N. Omougbo. 2013. Evaluating factors responsible for gully Development at the University of Bennin. *Journal of emerging trend in engineering and applied Science*, 4: 707-713.
20. Rezaei, K. 2016. Classification and determination of erodibility indices of marls in southeast of Pishva-Varamin area using rainfall simulator. *Journal of Arid Regions Geographics Studies*, 7(26): 53-39 (In Persian).
21. Vaezi, A.R. and M. Foroumadi. 2018. Flow characteristics and rill erodibility in relation to the rainfall intensity in a marl soil. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 12(40): 11-22 (In Persian).
22. Valentin, C., J. Poesen and G. Li. 2005. Gully erosion: Impacts, factors and control. *Catena*, 63: 132-153.
23. Vandekerckhove, L., J. Poesen and G. Govers. 2003. Medium-term gully headcut retreat rates in Southeast Spain determined from aerial photographs and ground measurements. *Catena*, 50: 329-352.
24. Yamani, M. and M. Akbarian. 2013. The Effects of sediment characteristics on Piping Development in Makran Flysch formation, Jask Area. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 2(3): 1-17.
25. Wu, Y. and H. Cheng. 2005. Monitoring of Gully Erosion on the Loess Plateau of China Using a Global Positioning System. *Catena*, 63: 154-166.

## Gully Erosion Classification in Kermanshah Province using Relative Similarity Analysis with Morphometric and Soil Auxiliary Variables

Khosro Shahbazi<sup>1</sup>, Yahya Parvizi<sup>2</sup> and Mahin Kalehhouei<sup>3</sup>

1- Assistant Professor, Forest and rangeland research institute, AREEO, Tehran, Iran,

(Corresponding author: khosrw\_shahbazi@yahoo.com)

2- Associate Professor, Soil conservation and watershed management research institute, AREEO, Tehran, Iran

3- Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University

Received: 17 June, 2021

Accepted: 26 September, 2021

### Extended Abstract

**Introduction and Objective:** Gully erosion is one of the main sources of soil loss in watersheds and also one of the main causes of sediment storage in dam reservoirs and river alluvium. In addition, human activities can exacerbate this erosion, which has very worrying consequences. Therefore, the present study was conducted to determine the environmental thresholds of gully erosion and also the morphoclimatic classification of these areas in Kermanshah province.

**Material and Methods:** To do this, first by collecting information from relevant authorities and also using aerial photographs 1: 20,000 and 1: 50,000, the main gully of the province that were visible on the pictures and then this information using field operations and specifying them on corrected on topographic map. Climatic zones of gully in the province were identified using existing maps based on the modified Domarten method. Then, in each climate, one to three gully were identified as targets, and in each of them, a representative gully was identified and two replications were identified, and the field identification of these gully was completed by field operations and field visits. These characteristics included location, land type, dimensions at the head of the gully and at intervals of 25, 50 and 75% of the top, length, profile and general plan of the gully. In addition, soil sampling was performed in the above sections and some physical and chemical properties of soil were measured in the laboratory. The classical statistical method of cluster analysis was also used to classify gully.

**Results:** The results of this study showed that there are differences in the important morphometric characteristics and topographic threshold of the studied gully in different gully in the province and in different climates, which are mainly due to the climate, type of formation, topography and vegetation of this area. Classification of gully based on the classification method showed that with a similarity level of 97.5%, three general classes can be identified for gully.

**Conclusion:** gully areas in arid desert climates (warm regions) of the province in one class, gully zones located in the middle altitudes and cold semi-arid climate in the second class and gully zones in cold semi-arid climates to the Mediterranean colds are in the third class similar to gully. The active gully of the province are mainly located in the hill and plain lands. The results of this study show a picture of effective and influential factors in creating gully, based on which it is possible to apply how to control them in future planning and management of officials.

**Keywords:** Clustering, Climatic classification, Morphoclimatic, Gully erosion