بررسی خصوصیات مورفوکلیماتیک خندق‌ها به‌منظور طبقه‌بندی مناطق خندقی در استان چهارمحال و بختیاری

محمد نکویی‌مهر[1]، کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری
سید نعیم‌امامی، مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری
روانبخش رئیسیان، مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری
مجید صوفی، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس
مسعود گودرزی، مربی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۶/۲۹ **پذیرش مقاله:** ۱۳۸۹/۱۰/۲۱

چکیده

انجام تحقیقات کاربردی در راستای جلوگیری از وقوع فرسایش خندقی و نحوهٔ گسترش و کنترل آن، نیازمند اطلاعات پایه دربارهٔ انواع خندق‌ها و ویژگی‌های شکل‌شناسی است. هدف از انجام این تحقیق، طبقه‌بندی مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در استان چهارمحال و بختیاری بر اساس خصوصیات مورفوکلیماتیک بوده است. برای این منظور، در هر یک از اقلیم‌های تحت تأثیر فرسایش خندقی دو منطقه، با مساحت کمینه ۵۰۰ هکتار و در هر منطقه، سه خندق معرف انتخاب و ویژگی‌های مورفومتریک آن‌ها اندازه‌گیری شد. طبقه‌بندی مناطق خندقی با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و بر مبنای تشابه بین خصوصیات کمی اندازه‌گیری شده انجام گرفت. نتایج حاصل نشان‌داد که مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در استان چهارمحال و بختیاری بر اساس خصوصیات مورفوکلیماتیک، با سطح تشابه ۷۰/۰۴ درصد به سه گروه قابل تقسیم است که بیش‌ترین میزان تشابه در آن‌ها به ۹۴/۱۲ درصد می‌رسد. بررسی تجزیه واریانس متغیرهای اندازه‌گیری شده در گروه‌ها و مقایسهٔ میانگین گروه‌ها نشان‌داد که متغیرهای بارش سالانه، ارتفاع منطقه از سطح دریا، طول خندق، مساحت منطقه خندقی و عرض بالای خندق در مقطع ۵۰ درصد، مهم‌ترین عوامل اصلی در تفکیک گروه‌ها بوده‌اند. بنابراین در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت که از بین کلیهٔ ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌ها، دو متغیر طول خندق و عرض بالای آن، در طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک خندق‌ها نقش اساسی‌تری داشته است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل خوشه‌ای، شکل‌شناسی، فرسایش‌خندقی، طول خندق، عرض بالا

مقدمه

فرسایش خندقی یکی از انواع فرسایش سطحی است (رفاهی، ۱۳۷۵). طبق تعریف Poesen (۱۹۸۹)، خندق یک آب‌رو با کناره‌های دارای شیب تند و پیشانی فرسایشی پر شیب و فعال است که به‌وسیله فرسایش ناشی از جریان سطحی متناوب (معمولاً در زمان و یا پس از وقوع باران‌های شدید) ایجاد می‌شود. Bradford و Piest (۱۹۸۰) و انجمن علوم خاک آمریکا (۱۹۸۴)، خندق‌ها را آب‌روهای عمیقی می‌دانند که توسط شخم عادی از بین نمی‌روند. Hauge (۱۹۷۷)، آب‌روهای با سطح مقطع بزرگ‌تر از یک فوت مربع را خندق می‌داند. Heede (۱۹۷۰) معتقد است از آن‌جا که شکل خندق حاصل عمل‌کرد فرآیندهای ایجادکننده آن است، از این‌رو اولین مرحله در ارزیابی فرآیندهای ایجاد خندق، درک شکل‌شناسی خندق است. De ploey (۱۹۸۹)، خندق‌ها را با توجه به مرفولوژی و شکل ظاهری آن‌ها به سه دسته تقسیم نموده است. دسته اول، خندق‌های محوری و یا خطی است که دارای یک پیشانی منفرد

[1] m.nekouiemehr@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

می‌باشند. دسته دوم خندق‌های پنجه‌ای است که دارای چند پیشانی مجزا هستند و دسته سوم خندق‌های جبهه‌ای، این خندق‌ها به‌طور معمول در حاشیه رودخانه‌ها و یا به‌صورت شاخه‌های عمودی فرعی از آبراهه‌ها و یا خندق‌های اصلی دیده می‌شوند.

صوفی (۱۳۸۳) به‌نقل از Ireland و همکاران در سال ۱۹۳۹، شکل پلان پیشانی خندق‌ها را به چهار دسته نقطه‌ای، مدور، نوک‌دار و پنجه‌ای تقسیم نموده است. او همچنین نیم‌رخ طولی پیشانی خندق‌ها را به چهار صورت شیب‌دار، عمودی، غارمانند و غارمانند با پوشش گیاهی طبقه‌بندی نموده است. Imeson و Kawaad (۱۹۸۰) خندق‌ها را بر اساس شکل مقطع عرضی و موقعیت مکانی به چهار رده Vشکل با موقعیتی به‌جز بستر دره‌ها، Uشکل با موقعیتی به‌جز بستر دره‌ها، Uشکل بر روی شیب‌های ملایم و Uشکل در بستر دره‌ها طبقه‌بندی نموده و نتیجه گرفته‌اند که خندق‌های Vشکل به‌وسیله فرآیند رواناب سطحی ایجاد شده در حالی که انواع Uشکل آن‌ها به‌وسیله فرآیندهای زیرسطحی و یا سطحی تشکیل می‌شوند. صوفی (۱۳۸۳) به نقل از Crouch و Blong در سال ۱۹۸۹، خندق‌ها را بر اساس شکل کناره به چهار گروه تقسیم نموده است که شامل با کناره عمودی، با کناره بریده بریده، با کناره مایل و با کناره لوله‌ای است.

بر مبنای اظهارات Poesen و Govers (۱۹۹۰) و Poesen (۱۹۸۹ و ۱۹۹۵) با توجه به معیارهایی نظیر موقعیت مکانی، شکل‌شناسی و فرآیند ایجادکننده، خندق‌ها به دو نوع عمده شامل خندق‌های موقت[1] و خندق‌های جانبی[2] تقسیم می‌شوند. خندق‌های موقت در اثر تمرکز جریان سطحی در مسیرهای زهکشی طبیعی و یا خط‌القعر دره‌ها به‌وجود می‌آیند. این خندق‌ها بر اساس موقعیت مکانی به سه دسته در بالای شیب، در پایین شیب، بر روی بستر دره‌ها تقسیم می‌شوند. خندق‌های جانبی: معمولاً ناپیوسته و دائمی هستند به‌طوری که با عملیات شخم زدن، محو نمی‌شوند و در جایی ایجاد می‌شوند که یک جریان خطی، شیار و یا جوی‌چه متروک به یک توده خاک برخورد کند. این خندق‌ها بیش‌تر تحت تأثیر فرآیندهای Tunneling و Piping قرار دارند.

در ایران نیز تحقیقات چندی بر روی خصوصیات مورفومتریک خندق‌ها صورت گرفته است. از جمله صوفی (۱۳۸۳)، خندق‌های استان فارس را از لحاظ مورفوکلیماتیک مورد بررسی قرار داده است. وی خندق‌ها را از لحاظ شکل پلان عمومی به پنج گروه خطی، موازی، حبابی، مرکب و پنجه‌ای و از لحاظ عمق به سه گروه خندق‌های کم عمق (کم‌تر از ۱ متر)، با عمق متوسط (۱ تا ۱۰ متر) و عمیق (بیش‌تر از ۱۰ متر) طبقه‌بندی نموده است. علاوه بر آن خندق‌ها را از نظر موقعیت مکانی در آبخیز به سه دسته بر روی دامنه، بر روی دشت، منطبق با دره در امتداد زهکش طبیعی تقسیم نموده است. نتایج تحقیق او نشان می‌دهد که اقلیم نیمه خشک معتدل در برگیرنده بخش اعظم خندق‌های استان فارس است. این خندق‌ها عمدتاً جانبی بوده و در اطراف زهکش‌های طبیعی منطقه ایجاد شده‌اند. شکل مقطع عرضی خندق‌ها به‌صورت Uشکل در دشت و Vشکل در خط‌القعر کنار تپه‌ها بوده است. نیم‌رخ پیشانی خندق‌ها بیش‌تر به‌صورت عمودی، شکل پلان پیشانی آن‌ها از نوع نوک‌دار و یا نقطه‌ای و پلان عمومی خندق‌ها بیش‌تر از نوع پنجه‌ای است.

تعیین ویژگی‌های شکل‌شناسی انواع مختلف خندق‌ها در دامنه وسیعی از اقلیم‌ها به‌منظور پیش‌گویی احتمال وقوع ایجاد خندق، به‌طور کامل لازم و ضروری است (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین، از آن‌جا که تاکنون ویژگی‌های شکل‌شناسی و خصوصیات مورفومتریک خندق‌ها شامل طول، عرض، عمق، پلان عمومی، نیم‌رخ طولی، نیم‌رخ پیشانی، پلان پیشانی و شکل مقطع عرضی خندق‌ها در استان چهارمحال و بختیاری مورد بررسی قرار نگرفته است، تحقیق حاضر با هدف تعیین پراکنش خندق‌ها و سطح گسترش آن‌ها، بررسی ویژگی‌های شکل‌شناسی خندق‌ها در هر یک از اقلیم‌های شناسایی شده در استان و همچنین طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی انجام شد.

[1] Ephemeral gullies
[2] Bank gullies

www.SID.ir
Archive of SID

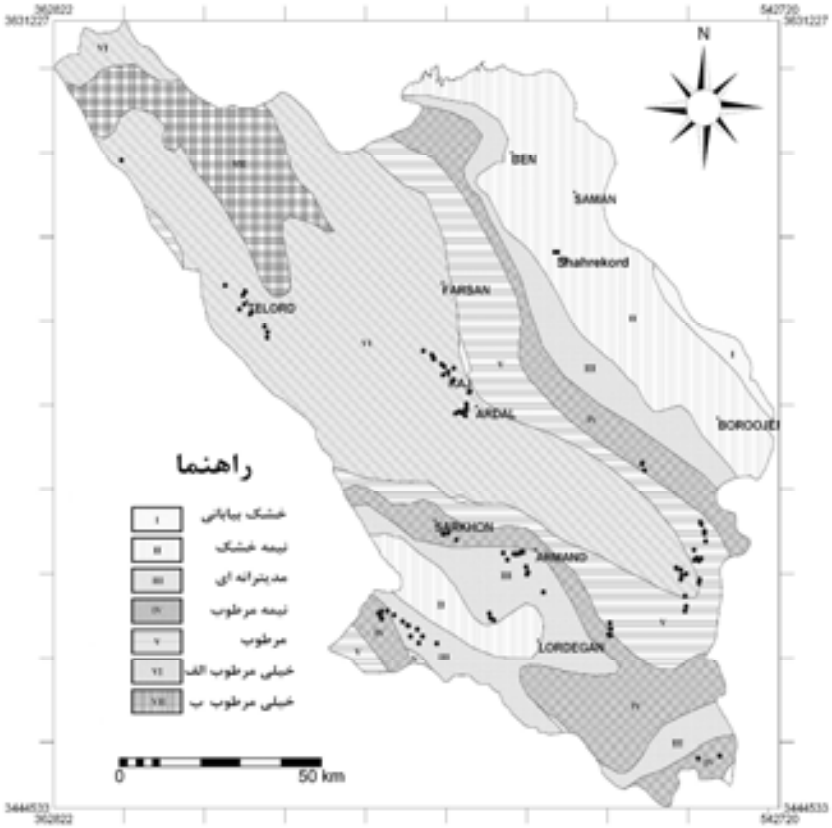
مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه تحقیق: استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ۱۶۵۳۳ کیلومترمربع در بخش مرکزی کوه‌های زاگرس واقع شده است. پربارش‌ترین بخش استان، ارتفاعات شمال باختر با متوسط بارندگی سالیانه ۱۶۰۰ میلی‌متر، کم بارش‌ترین بخش، ناحیه شمال خاوری استان با متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر و متوسط بارش سالانه در آن حدود ۷۰۷ میلی‌متر است. میانگین درجه حرارت سالانه در استان از ۳/۵ درجه سانتی‌گراد در مناطق شمال باختر تا ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد در نقاط پست جنوبی تغییر می‌کند. بر مبنای تقسیم‌بندی اقلیمی به‌روش دومارتن اصلاح شده، این استان دارای هفت اقلیم کلان، شامل اقلیم‌های خشک بیابانی، نیمه خشک، مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب، مرطوب و خیلی مرطوب (الف و ب) است. از دیدگاه زمین‌شناسی، استان چهارمحال و بختیاری در پهنه‌های زمین‌ساختی زاگرس مرتفع، زاگرس چین‌خورده و زون سنندج-سیرجان قرار دارد. از مهم‌ترین سازندهای رخنمون یافته در سطح استان می‌توان به تشکیلات هرمز، نیریز، سروک-گورپی، پابده، آسماری-جهرم-شهبازان، گچساران-رازک، آغاجاری-بختیاری و آبرفت‌های کواترنر اشاره نمود.

روش تحقیق

۱- با انجام بازدیدهای صحرایی، مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در محدودهٔ استان شناسایی و موقعیت جغرافیایی مناطق مزبور پس از توجیه محلی نقشه‌ها بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ مشخص و براساس آن نقشه توزیع مکانی مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه شد.

۲- با انطباق نقشه توزیع مکانی خندق‌ها و نقشهٔ اقلیم استان به‌روش دومارتن اصلاح شده با مقیاس۱:۲۵۰۰۰۰، اقلیم‌های مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی تعیین شد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشهٔ توزیع مکانی فرسایش خندقی در اقلیم‌های شناسایی شده در استان چهارمحال و بختیاری

www.SID.ir

۳- در هر منطقه سه خندق معرف انتخاب و خصوصیات مورفومتریک آن‌ها از قبیل طول خندق، عمق و عرض بالا و پایین آن در سر و مقاطع ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، به‌دقت به‌وسیله متر اندازه‌گیری شد. مشخصاتی از قبیل طول، عرض، عمق، پلان عمومی، شکل پلان پیشانی، نیم‌رخ طولی پیشانی و شکل مقطع عرضی خندق، به‌عنوان شاخص‌های به‌کار گرفته شده در انتخاب خندق معرف، بوده است و سعی شد خندق معرف در هر منطقه به‌گونه‌ای انتخاب شود که مشخصات آن، مشابهت زیادی با خندق‌های آن منطقه داشته باشد.

۴- پلان عمومی، نیم‌رخ طولی، شکل مقطع عرضی، پلان پیشانی و نیم‌رخ طولی سر خندق‌ها در هر منطقه با استفاده از دوربین نقشه برداری تئودولیت برداشت و ترسیم شد.

۵- برای تعیین درصد ذرات خاک، از لایه سطحی (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) و تحتانی (۳۰ تا۶۰ سانتی‌متر) سر و بدنه یکی از خندق‌ها در هر منطقه نمونه‌برداری به‌عمل آمد و آزمایش بافت خاک (به روش آب‌سنجی) انجام شد.

۶- برای تعیین شیب حوزه آبخیز بالادست رأس خندق‌ها، موقعیت جغرافیایی رأس هر خندق به‌کمک دستگاه GPS برداشت و بر روی نقشهٔ توپوگرافی رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ مشخص و پس از تعیین حوزهٔ آبخیز بالادست رأس خندق، شیب آن در محیط GIS محاسبه شد.

۷- بسته‌های نرم‌افزاری ILWIS، SDR-MAP و MINITAB به‌ترتیب برای تعیین شیب حوزه آبخیز واقع در بالادست رأس خندق‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تهیه و ترسیم نقشه‌های مربوط به پلان عمومی و نیم‌رخ طولی خندق‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

۸- به‌منظور طبقه‌بندی مناطق خندقی، تحلیل‌خوشه‌ای با استفاده از متغیرهای طول خندق، عرض بالا و پائین خندق در مقطع ۵۰ درصد طول، عمق رأس، عمق خندق در مقطع۵۰ درصد طول، مساحت منطقه تحت تأثیر فرسایش خندقی، ارتفاع منطقه از سطح دریا، متوسط بارش سالانه و درصد رس، سیلت و ماسه در لایه‌های سطحی و تحتانی خاک، بر روی مناطق انتخاب شده صورت گرفت. تحلیل خوشه‌ای با استفاده از روش Average و بر اساس معیار تشابه و فاصله اقلیدسی انجام گرفت و به‌صورت دندوگرام نیز ترسیم شد.

۹- به‌منظور مقایسهٔ گروه‌های حاصل از طبقه‌بندی و تعیین متغیرهای اصلی و مؤثر در طبقه‌بندی، تجزیه واریانس و مقایسهٔ میانگین‌ها در گروه‌های مختلف انجام گرفت. نرم‌افزار SAS نیز به‌منظور تحلیل‌های آماری به‌کار گرفته شد.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که اگر چه در بیش‌تر مناطق استان چهارمحال و بختیاری پدیده فرسایش خندقی مشهود است، اما این پدیده در قسمت‌های جنوب و باختر استان از چهار اقلیم مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب، مرطوب و خیلی مرطوب الف از فراوانی بیش‌تری برخوردار است. از این‌رو تحقیق حاضر در چهار اقلیم فوق به‌اجرا در آمده است. مناطق منتخب در این اقلیم‌ها عبارتند از ارمند و سرقلعه در اقلیم مدیترانه‌ای، سرخون و بارز-شوارز در اقلیم نیمه مرطوب، له‌دراز و بردبر در اقلیم مرطوب و کاج و بازفت در اقلیم خیلی مرطوب (الف) که در مجموع مساحتی بالغ بر ۲۴۵/۲ کیلومترمربع را شامل می‌شوند. خلاصه نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های مختلف خندق‌های معرف این مناطق در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

تحلیل خوشه‌ای نتایج نشان می‌دهد که مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در استان چهارمحال و بختیاری بر اساس متغیرهای اندازه‌گیری شده با سطح تشابه ۷۰/۰۴ درصد در سه گروه به‌شرح زیر قابل تقسیم هستند که هر گروه شامل نمونه‌های مشابه خود می‌باشد. دندوگرام تحلیل خوشه‌ای در شکل ۲ نشان‌داده شده است.

گروه ۱: مناطق خندقی ارمند، سرقلعه، سرخون، بارز و بردبر

گروه ۲: مناطق خندقی له‌دراز و کاج

گروه ۳: منطقه خندقی بازفت

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- خلاصه ویژگی‌های طبیعی و فیزیوگرافی مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در استان چهارمحال و بختیاری

اقلیم	نام منطقه تحت تأثیر فرسایش خندقی	نام حوزه آبخیز	طول جغرافیائی منطقه خندقی			عرض جغرافیائی منطقه خندقی			مساحت منطقه (Km^2)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	متوسط بارش سالانه (mm)	سازند غالب زمین‌شناسی درمنطقه خندق	درصد ذرات خاک سطحی و تحتانی		
			ثانیه	دقیقه	درجه	ثانیه	دقیقه	درجه					رس	لای	ماسه
مدیترانه‌ای	ارمند	کارون میانی	۴۳ ۰۵	۴۳ ۵۰	۵۰ ۵۰	۴۶ ۵۳	۳۵ ۴۰	۳۱ ۳۱	۴۱/۰	۱۳۵۰	۵۳۲/۸	کواترنر (تراس رودخانه‌ای)	س:۲۱/۷ ت:۱۹/۷	س:۶۵/۱ ت:۶۵/۱	س:۱۳/۲ ت:۱۵/۲
	سر قلعه - دره‌شور	لردگان	۰۹ ۳۷	۴۱ ۴۷	۵۰ ۵۰	۵۶ ۲۹	۳۰ ۳۳	۳۱ ۳۱	۳۴/۵	۱۵۰۰	۵۳۲/۸	کنگلومرای بختیاری	س:۳۷/۷ ت:۱۹/۷	س:۵۱/۱ ت:۵۸/۱	س:۱۱/۲ ت:۲۲/۲
نیمه مرطوب	سرخون	کارون میانی	۳۲ ۵۲	۳۲ ۳۷	۵۰ ۵۰	۰۸ ۳۵	۴۱ ۴۴	۳۱ ۳۱	۲۳/۵	۱۴۳۰	۶۸۳	کواترنر و میشان	س:۱۳/۷ ت:۳۱/۷	س:۴۶/۱ ت:۴۵/۱	س:۴۰/۲ ت:۲۳/۲
	بارز و شوارز	خرسان	۱۰ ۲۰	۲۴ ۳۳	۵۰ ۵۰	۱۱ ۲۱	۲۹ ۳۳	۳۱ ۳۱	۴۲/۰	۱۲۵۰	۵۳۲/۸	کواترنر با سنگ بستر گچی	س:۳۷/۷ ت:۲۸/۷	س:۵۱/۱ ت:۵۷/۱	س:۱۱/۲ ت:۱۴/۲
مرطوب	لەدراز	ونک	۳۸ ۴۵	۱۳ ۱۴	۵۱ ۵۱	۵۳ ۰۸	۳۶ ۴۱	۳۱ ۳۱	۱۹/۸	۲۲۳۰	۶۰۵/۳	میشان(مارن)	س:۳۱/۷ ت:۲۵/۷	س:۴۷/۱ ت:۴۶/۱	س:۲۱/۲ ت:۲۸/۲
	بردبر	لردگان	۱۱ ۳۷	۰۰ ۰۱	۵۱ ۵۱	۱۵ ۵۲	۳۰ ۳۱	۳۱ ۳۱	۱۱/۵	۱۸۷۰	۷۰۰	آغاجاری (ماسه سنگ)	س:۲۷/۷ ت:۲۵/۷	س:۴۹/۱ ت:۴۹/۱	س:۲۳/۲ ت:۲۵/۲
خیلی مرطوب (الف)	کاج - رستم آباد	کوهرنگ	۰۳ ۴۹	۳۱ ۳۵	۵۰ ۵۰	۵۶ ۴۲	۰۲ ۰۶	۳۲ ۳۲	۲۶/۳	۱۹۵۰	۶۲۳/۶	کواترنر (تراس رودخانه‌ای)	س:۳۷/۷ ت:۴۹/۷	س:۵۱/۱ ت:۴۷/۱	س:۱۱/۲ ت:۳/۲
	بازفت	بازفت	۴۳ ۳۰	۵۹ ۰۶	۴۹ ۵۰	۱۵ ۵۸	۰۸ ۱۴	۳۲ ۳۲	۴۶/۶	۱۶۳۰	۱۵۷۴	کنگلومرای بختیاری	س:۲۱/۷ ت:۲۷/۷	س:۵۱/۱ ت:۴۸/۱	س:۲۷/۲ ت:۲۴/۲
	مجموع								۲۴۵/۲						

در این طبقه‌بندی بر اساس نتایج جداول ۱ و ۲ و شکل ۲، گروه اول شامل مناطقی است که در اقلیم‌های مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب و مرطوب قرار گرفته‌اند. سازند غالب زمین‌شناسی در این مناطق شامل سازندهای کواترنر، کنگلومرای بختیاری، میشان و آغاجاری است. پلان عمومی خندق‌ها از دو نوع خطی و پنجه‌ای و پلان سر آن‌ها به چهار صورت نقطه‌ای، نوک‌دار، مدور و شاخه‌ای است (شکل ۳). شکل مقطع عرضی خندق‌ها عمدتاً ذوزنقه‌ای و در مواردی نیز Vشکل و نیم‌رخ طولی سر آن‌ها به دو صورت عمودی و مایل است. میانگین طول خندق‌ها در این گروه

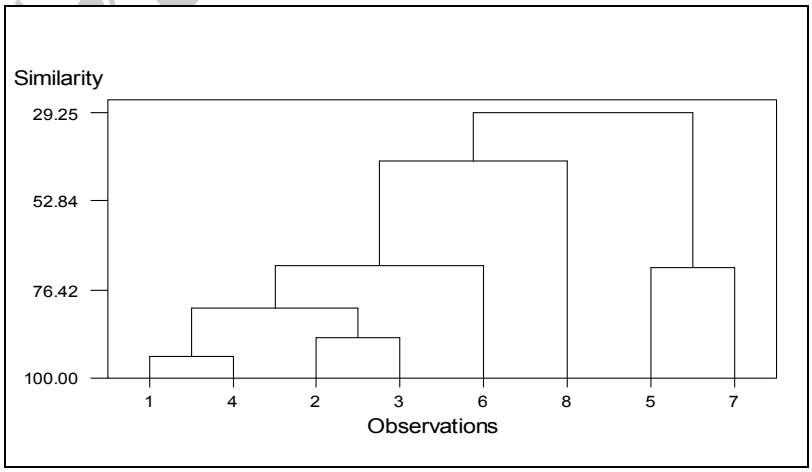
www.SID.ir

۶۲۰ متر و عرض بالا و پایین آن‌ها به‌ترتیب ۵/۳ و ۱/۵ متر است. عمق پیشانی خندق‌ها از ۰/۳ متر در منطقه سرقلعه تا ۳/۴ متر در منطقه ارمند تغییر می‌کند و میانگین آن۱/۰ متر اندازه‌گیری شده است. همچنین میانگین عمق خندق‌ها در این گروه ۲/۷ متر و میانگین شیب حوزه آبخیز واقع در بالادست رأس آن‌ها ۱۳/۶ درصد می‌باشد.

جدول ۲- ویژگی‌های مورفومتریک خندق‌ها در مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در هر یک از اقلیم‌های مورد مطالعه

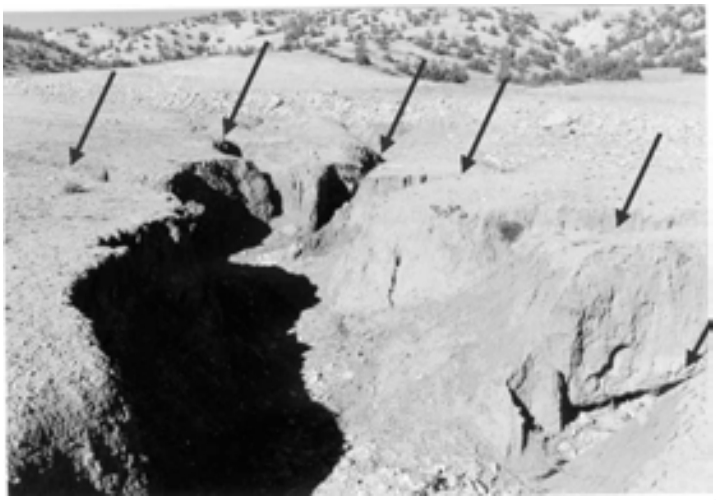
اقلیم	نام منطقه	پلان عمومی	پلان سر	تکرار	طول خندق (متر)	عرض بالای خندق(متر)			عرض پایین خندق(متر)			عمق (متر)				شکل مقطع عرضی	نیمرخ پیشانی	شیب حوزه بالای رأس خندق(٪)
						٪۲۵ طول	٪۵۰ طول	٪۷۵ طول	٪۲۵ طول	٪۵۰ طول	٪۷۵ طول	رأس	٪۲۵ طول	٪۵۰ طول	٪۷۵ طول			
مدیترانه ای	ارمند	خطی و پنجه‌ای	توکدار مدور قطه‌ای	۱	۵۵۰	۴/۵	۳/۵	۳/۰	۱/۰	۰/۷	۰/۶	۱/۲	۳/۰	۳/۰	۱/۴	دوزنقه‌ای	عمودی و مایل	۹
				۲	۵۳۰	۳/۵	۴/۵	۵/۵	۱/۲	۴/۰	۵/۵	۳/۴	۲/۰	۱/۲	۱/۲			۹
				۳	۴۵۰	۵/۰	۳/۵	۴/۰	۲/۰	۰/۵	۱/۵	۰/۴	۲/۰	۲/۰	۱/۹			۹
	سرقلعه-دره‌نور	خطی و پنجه‌ای	شاخه‌ای و قطه‌ای	۱	۸۰۰	۳/۰	۸/۰	۷/۳	۰/۵	۲/۰	۱/۵	۱/۰	۵/۰	۲/۷	۴/۵	دوزنقه‌ای	عمودی و مایل	۸
				۲	۱۰۰۰	۳/۷	۳/۵	۹/۰	۱/۵	۱/۵	۳/۰	۱/۰	۲/۹	۱/۹	۵/۰			۴
				۳	۳۵۰	۴/۰	۳/۰	۴/۰	۰/۵	۰/۳	۰/۶	۰/۳	۳/۰	۲/۰	۳/۰			۱۸
نیمه مرطوب	سرخون	خطی	قطه‌ای	۱	۱۲۰۰	۳۰/۰	۷/۰	۱۰/۰	۴/۰	۵/۰	۶/۰	۱/۰	۷/۰	۱۰	۵/۰	دوزنقه ای و V شکل	مایل	۱۸
				۲	۸۰۰	۳/۰	۴/۰	۷/۰	۱/۰	۱/۰	۳/۰	۰/۳	۴/۵	۲/۰	۴/۰			۱۸
				۳	۴۰۰	۲/۴	۳/۲	۴/۷	۰/۳	۰/۵	۰/۵	۰/۸	۳/۲	۲/۰	۲/۰			۱۴
	بارز - شوارز	خطی	قطه‌ای و مدور	۱	۵۲۰	۵/۰	۵/۰	۵/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۴/۰	۳/۰	۳/۰	دوزنقه ای	عمودی	۱۸
				۲	۶۰۰	۳/۰	۴/۰	۱/۵	۲/۰	۱/۵	۰/۵	۰/۷	۹/۰	۹/۰	۲/۰			۴۷
				۳	۳۵۰	۸/۰	۸/۰	۹/۰	۱/۰	۱/۰	۲/۰	۱/۰	۴/۰	۴/۰	۶/۰			۱۴
مرطوب	له دراز	خطی	قطه‌ای	۱	۹۲۰	۳/۰	۴/۰	۵/۰	۱/۵	۲/۰	۵/۰	۰/۳	۱/۵	۱/۵	۲/۵	دوزنقه ای	مایل	۹
				۲	۱۸۰۰	۷/۰	۹/۰	۹/۰	۲/۵	۴/۰	۴/۰	۰/۴	۲/۵	۲/۰	۳/۰			۱۱
				۳	۲۵۰۰	۵/۰	۵/۰	۵/۰	۱/۵	۲/۰	۳/۰	۰/۷	۱/۵	۱/۵	۱/۵			۷
	بردبر	خطی	قطه‌ای	۱	۶۹۰	۵/۰	۵/۵	۶/۵	۱/۰	۱/۰	۱/۶	۰/۷	۲/۰	۲/۱	۲/۵	دوزنقه ای و V شکل	مایل	۷
				۲	۲۰۰	۳/۰	۳/۰	۶/۰	۱/۵	۲/۰	۲/۰	۰/۵	۲/۰	۲/۹	۲/۵			۷
				۳	۸۵۰	۲/۰	۳/۰	۴/۵	۰/۴	۰/۹	۱/۰	۰/۳	۱/۱	۲/۰	۳/۰			۷
عربی مرطوب الف	کاج-رستم‌آباد	خطی	قطه‌ای و توکدار	۱	۷۰۰	۸/۰	۹/۰	۱۰/۰	۱/۸	۳/۰	۳/۸	۴/۹	۲/۸	۲/۸	۲/۸	دوزنقه ای	غار مانند عمودی و مایل	۱۲
				۲	۱۱۰۰	۴/۸	۱۰/۰	۱۲/۰	۱/۰	۳/۰	۴/۰	۲/۲	۴/۰	۳/۵	۴/۰			۹
				۳	۲۴۰	۶/۰	۸/۰	۲۰/۰	۱/۵	۲/۵	۶/۰	۰/۷	۴/۰	۵/۰	۹/۰			۱۲
	بازفت	خطی	قطه‌ای	۱	۳۹۰	۳/۵	۳/۵	۴/۶	۱/۸	۰/۷	۱/۸	۰/۳	۲/۲	۲/۹	۱/۵	دوزنقه ای و V شکل	مایل	۹
				۲	۲۶۰	۷/۰	۱۲/۰	۳/۰	۵/۰	۲/۰	۱/۰	۰/۳	۴/۰	۴/۰	۲/۳			۱۸
				۳	۸۰۰	۷/۰	۵/۰	۱۳/۰	۲/۰	۵/۰	۴/۰	۰/۳	۲/۰	۳/۰	۹/۰			۱۹

س: سطحی، ت: تحتانی



شکل ۲- طبقه‌بندی مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از تحلیل خوشه‌ای
(محور xها: ۱-ارمند ۲-سرقلعه ۳-سرخون ۴-بارز ۵-له‌دراز ۶-بردبر ۷-کاج ۸-بازفت)

www.SID.ir



شکل ۳- نمایی از پلان شاخه‌ای سر خندق در منطقه سرقلعه

در گروه دوم که مناطقی با اقلیم‌های مرطوب و خیلی مرطوب را شامل می‌شود، سازند غالب زمین‌شناختی کواترنر و میشان است. میانگین طول خندق‌ها ۱۲۶۰ متر و میانگین عرض بالا و پایین آن‌ها به‌ترتیب ۷/۷ و ۲/۷ متر می‌باشد. میانگین عمق خندق‌ها ۲/۷ متر و میانگین عمق پیشانی آن‌ها ۱/۳ متر است. پلان عمومی خندق‌ها در این گروه فقط به‌صورت خطی و پلان سر آن‌ها به‌دو صورت نقطه‌ای و نوک‌دار است. شکل مقطع عرضی خندق‌ها فقط به‌صورت ذوزنقه‌ای و نیم‌رخ طولی سر آن‌ها به‌دو صورت مایل و عمودی است (شکل ۴). میانگین شیب حوزه آبخیز واقع در بالادست رأس خندق‌ها در این گروه ۱۰ درصد است.

شکل ۴- نمایی از نیم‌رخ طولی پیشانی خندق که به‌صورت عمودی می‌باشد (منطقه بارز)

گروه سوم شامل منطقه‌ای با اقلیم خیلی مرطوب است، سازند غالب زمین‌شناختی در آن کنگلومرای بختیاری است. میانگین طول خندق‌ها ۴۸۳ متر و میانگین عرض بالا و پایین آنها به ترتیب۷/۰ و ۲/۴ متر می‌باشد. میانگین عمق خندق‌ها ۲/۲ متر و میانگین عمق پیشانی آنها ۰/۳ متر است. پلان عمومی خندق‌ها در این گروه فقط به صورت خطی و پلان سر آنها فقط به صورت نقطه‌ای است. شکل مقطع عرضی‌خندق‌ها به دو صورت ذوزنقه‌ای و V شکل و نیم‌رخ طولی سر آنها فقط به صورت مایل است. میانگین شیب حوزه آبخیز واقع در بالای رأس خندق‌ها در این گروه ۱۵ درصد می‌باشد.

www.SID.ir

نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که مناطق خندقی ارمند و بارز به‌میزان ۹۴/۱۲ درصد، بیش‌ترین تشابه را داشته است. همچنین، مناطق سرقلعه با سرخون، ارمند با سرقلعه و ارمند با بردبر به‌ترتیب به‌میزان ۸۹/۳۰، ۸۱/۳۳ و ۷۰/۰۴ درصد دارای تشابه بوده که میزان قابل توجهی است. این امر شباهت زیاد خندق‌های این مناطق را براساس متغیرهای اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد، زیرا بر اساس نظرات Romesburg (۱۹۸۴)، چنان‌چه نمونه‌های برداشت شده از یک جامعه آماری دارای خواص اندازه‌گیری شده مشابهی باشند، در نهایت در یک فضای nبعدی مقادیر مشابه، نزدیک هم قرار خواهند گرفت. نکته دیگری که در این طبقه‌بندی به‌چشم می‌خورد، آن است که منطقه خندقی شماره ۸ (بازفت)، به‌صورت گروهی منفرد با سایر گروه‌ها ترکیب شده است (شکل ۲). این موضوع نشان می‌دهد که این منطقه از لحاظ متغیرهای مورد بررسی متفاوت از سایر مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در استان چهارمحال و بختیاری بوده و تشابه کمی با سایر مناطق دارد، به‌طوری که میزان تشابه آن با سایر مناطق ۴۱/۹۷ درصد است. دلیل این امر را می‌توان در میزان بارش قابل توجه این منطقه و این که عامل بارش یکی از عوامل اصلی در تفکیک گروه‌ها بوده است، جستجو نمود.

جدول ۳- نتایج تحلیل خوشه‌ای مناطق تحت تأثیر فرسایش خندقی در استان چهارمحال و بختیاری

مرحله	تعداد خوشه	تشابه (درصد)	فاصله اقلیدسی	ارتباط خوشه‌ها		خوشه جدید	تعداد مشاهدات
۱	۷	۹۴/۱۲	۱۰۴/۲۱۷	۱	۴	۱	۲
۲	۶	۸۹/۳۰	۱۸۹/۵۷۵	۲	۳	۲	۲
۳	۵	۸۱/۳۳	۳۳۰/۹۲۹	۱	۲	۱	۴
۴	۴	۷۰/۵۴	۵۲۲/۰۵۹	۵	۷	۵	۲
۵	۳	۷۰/۰۴	۵۳۰/۸۸۳	۱	۶	۱	۵
۶	۲	۴۱/۹۷	۱۰۲۸/۴۰۰	۱	۸	۱	۶
۷	۱	۲۹/۲۵	۱۲۵۳/۷۷۸	۱	۵	۱	۸

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در گروه‌های حاصل از طبقه‌بندی در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس، نشان‌داد که گروه‌های سه‌گانه از نظر متغیرهای بارش سالانه، ارتفاع منطقه از سطح دریا و طول خندق در سطح احتمال یک درصد و از لحاظ متغیرهای مساحت منطقه خندقی و عرض بالای خندق در سطح احتمال پنج درصد، دارای تفاوت معنی‌دار هستند. به‌عبارت دیگر این پنج متغیر، در تفکیک گروه‌ها و طبقه‌بندی مناطق خندقی از عوامل اصلی و مؤثر بوده‌اند. در مورد سایر متغیرها یعنی عمق خندق در ۵۰ درصد طول، عرض پائین، ارتفاع رأس، درصد رس، سیلت و شن، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها وجود نداشت. به‌عبارت دیگر این ویژگی‌ها در طبقه‌بندی مناطق و تفکیک گروه‌ها نقش مؤثری نداشته‌اند.

نتایج مقایسه میانگین گروه‌ها برای هر یک از متغیرها نشان‌داد که برای متغیرهای طول خندق و ارتفاع منطقه از سطح دریا بین مناطق واقع در گروه‌های ۱ و ۳ یعنی مناطق ارمند، سرقلعه، سرخون، بارز، بردبر و بازفت تفاوت معنی‌دار وجود نداشته اما تفاوت آن‌ها با گروه ۲ یعنی مناطق له‌دراز و کاج معنی‌دار است (جدول ۴). این امر به‌دلیل ارتفاع زیاد مناطق له‌دراز و کاج از سطح دریا و طویل بودن خندق‌های این مناطق است. همچنین برای متغیر بارش سالانه و مساحت منطقه خندقی بین مناطق واقع در گروه‌های ۱ و ۲ یعنی مناطق ارمند، سرقلعه، سرخون ، بارز، بردبر، له‌دراز و کاج تفاوت معنی‌دار وجود نداشته اما تفاوت آن‌ها با گروه ۳ یعنی منطقه بازفت معنی‌دار است (جدول ۴). دلیل این امر بارش قابل توجه منطقه بازفت و مساحت زیاد محدوده تحت تأثیر فرسایش خندقی در این منطقه می‌باشد.

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان نتیجه گرفت که در طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک مناطق خندقی استان چهارمحال و بختیاری، متغیرهای بارش سالانه، ارتفاع منطقه از سطح دریا و طول خندق از اهمیت به‌سزایی برخوردارند به‌طوری که

Archive of SID

www.SID.ir

به‌ترتیب ۹۶/۴، ۶۲/۵ و ۴۹/۶ درصد از تغییرات این سه متغیر توسط طبقه‌بندی، قابل توجیه است. همچنین، متغیرهای مساحت منطقه خندقی و عرض بالای خندق، در درجه دوم اهمیت قرار دارند. سایر متغیرها تأثیر چندانی در طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک مناطق خندقی نداشته است. بنابراین از بین کلیهٔ خصوصیات مورفومتریک خندق‌ها فقط دو متغیر طول خندق و عرض بالای خندق در مقطع ۵۰ درصد طول در طبقه‌بندی مورفوکلیماتیک نقش اساسی را ایفا نموده‌اند.

جدول ۴- مقایسه میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در گروه‌های سه گانه حاصل از طبقه‌بندی مناطق خندقی

متغیر / گروه	طول خندق	عمق در ۵۰ درصد طول	عرض بالا در ۵۰ درصد طول	عرض پائین در ۵۰ درصد طول	ارتفاع رأس خندق	ارتفاع منطقه از سطح دریا	مساحت منطقه خندقی	متوسط بارش سالانه	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
	**	n.s	*	n.s	n.s	**	*	**	n.s	n.s	n.s
۱	۶۱۹/۳^{b}	۳/۲۲۷^{a}	۴/۶۴۷^{b}	۱/۵۷۳^{a}	۰/۹۶۷^{a}	۱۶۸۰/۷^{b}	۳۰/۵۰^{b}	۵۹۶/۲۸^{b}	۲۴/۲۰^{a}	۵۳/۲۰^{a}	۲۴/۲۰^{a}
	(۱۲۳/۷۶)	(۰/۳۶۴)	(۰/۵۲۳)	(۰/۳۴۲)	(۰/۲۳۸)	(۵۴/۸۰۹)	(۲/۵۶۲)	(۱۷/۰۵۳)	(۲/۱۵۲)	(۲/۱۶۳)	(۳/۴۴۶)
۲	۱۶۴۰/۰^{a}	۲/۷۱۷^{a}	۷/۵^{a}	۲/۸۳۳^{a}	۱/۳۰۰^{a}	۲۰۸۷/۲^{a}	۲۳/۰۵^{b}	۶۱۴/۴۵^{b}	۳۳/۲۰^{a}	۴۸/۶۰^{a}	۱۸/۲۰^{a}
	(۱۹۵/۶۸)	(۰/۸۷۶)	(۰/۸۲۷)	(۰/۵۴۰)	(۰/۳۷۷)	(۸۶/۶۶۱)	(۴/۰۵۲)	(۲۶/۹۶۳)	(۳/۸۷۷)	(۳/۴۲۰)	(۵/۴۴۹)
۳	۴۸۳/۳^{b}	۲/۸۶۷^{a}	۵/۸۳۳^{ab}	۲/۵۶۷^{a}	۰/۳۰۰^{a}	۱۶۳۲/۷^{b}	۴۶/۶۰^{a}	۱۵۷۴/۰۰^{a}	۲۴/۷۰^{a}	۴۹/۶۰^{a}	۲۵/۷۰^{a}
	(۲۷۶/۷۴)	(۰/۸۱۵)	(۱/۱۷۰)	(۰/۷۶۵)	(۰/۵۳۳)	(۱۲۲/۸۵۷)	(۵/۷۳۰)	(۳۸/۱۳۱)	(۵/۱۸۳)	(۱/۱۳۷)	(۷/۷۰۷)
ضریب تبیین (درصد)	۴۹/۶	۲/۸	۲۹	۱۷/۵	۱۰	۶۲/۵	۳۴/۹	۹۶/۴	۲۲	۱۰/۲	۵/۱

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده اشتباه معیار، حروف مشترک در هر ستون بیان‌گر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵، ** معنی‌دار در سطح احتمال کوچک‌تر از ۰/۰۱، * معنی‌دار در سطح احتمال کوچک‌تر از ۰/۰۵ و n.s غیر معنی‌دار است.

منابع مورد استفاده

۱. رفاهی، ح. ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، صفحه ۱۰۵-۸۱.

۲. صوفی، م. ۱۳۸۳. بررسی ویژگی‌های مورفوکلیماتیک خندق‌های استان فارس. گزارش طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۱۳۰ صفحه.

3. Bradford, J. and R. Piest. 1980. Erosional development of valley bottem gullies in the upper midwestern united states. In: Coates, D.R., Vited, J.D., Geomorphic thresholds, Dowden and culver, Stroudsburg, Pennsylvania, pp.75-101.

4. De ploey, J. 1989. A model for headcut retreat in rills and gullies. Catena, Supplement, 14:81-86. Derose, R.C., B. Gomez, M. Marden, N.Trustrom. 1998. Gully erosion in mangatu forest, New Zealand. Earth Surface Processes and Land Forms, 23:1045-1053.

5. Hauge, C. 1977. Soil erosion definitions. California Geology, 30:202-203.

6. Heede, B.H. 1970. Morphology of gullies in the Colorado rocky mountains. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology, 2:79-89.

7. Imeson, A.C. and F.J.P.M. Kawaad. 1980. Gully types and gully prediction. KNAG Geografisch, XIV, 5: 430-441.

8. Poesen, J. 1989. Conditions for gully formation in the Belgian loam belt and some ways to control them. Soil Technology Series, 1:39-52.

9. Poesen, J. and G. Govers. 1990. Gully erosion in the loam belt of Belgium: typology and control measures. In: Boardman, J., D.L. Foster and J.A. Dearing, Soil Erosion on Agricultural Land. Wiley, Chichester, K, pp.513-530.

10. Poesen, J. 1995. Soil erosion in mediterranean environments. In: Fanteachi, R., D. Peter, P. Balabansis and J.L. Rubio. Desertification in a European Context: Physical and Socio-economic Aspects. European Commission Report, EUR, 15415, Brussels, pp.123-152 .

11. Poesen, J., J. Nachtergaele, G. Verstraeten and C. Valentin. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. Catena, 50: 91-133.

12. Romesburg, H.C. 1984. Cluster analysis for researchers. Lifeline Learning Publications, Belmont, California.

13. Soil Science Society of America. 1984. Glossary of science terms. Madison, Wisconsin.

Archive of SID

www.SID.ir