بررسی مورفوکلیمایی فرسایش خندقی در مناطق خشک، مطالعه موردی: استان قم

محمدمهدی فتاحی[1]، کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قم
حمیدرضا جاویدکیا، کارشناس، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قم

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۶/۰۹ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۲/۱۰

چکیده

یکی از انواع فرسایش آبی، فرسایش خندقی است که افزون بر پی‌آمدهای ناشی از فرسایش، موجب عدم امکان بهره‌برداری از اراضی به‌ویژه در اراضی زراعی می‌شود. این تحقیق با هدف شناسایی مناطق دارای فرسایش خندقی و ویژگی‌های آن‌ها در مناطق خشک انجام شد. بدین منظور ابتدا با استفاده از اطلاعات و نقشه‌های موجود، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، مناطق دارای فرسایش خندقی در منطقه خشک و بیابانی قم شناسایی گردید. با استفاده از نقشه طبقه‌بندی اقلیم به‌روش دومارتن گسترده، از هر اقلیم، دو منطقه انتخاب گردید. از هر منطقه یک خندق معرف و دو تکرار انتخاب و اندازه‌گیری ویژگی‌های شکل‌شناسی و برداشت نمونه خاک و آزمایشات مربوطه بر روی آن‌ها اجرا گردید. در نهایت با توجه به ویژگی‌های مهم در بین خندق‌های مناطق مختلف از قبیل اقلیم و شکل پلان، اقدام به طبقه‌بندی مناطق خندقی بر اساس آنالیز خوشه‌ای و تهیه نقشه رقومی پراکنش آن‌ها در استان گردید. بر اساس نتایج به‌دست آمده، شش منطقه دارای فرسایش خندقی با مساحتی بالغ بر ۷۴۳۷/۳ هکتار با سه اقلیم مختلف شناسایی گردید که در این میان سه منطقه با اقلیم‌های خشک بیابانی معتدل (منطقه قشلاق البرز و نیزار) و نیمه‌خشک گرم (منطقه راهجرد) دارای وسعتی بیش از ۵۰۰ هکتار بودند. این مناطق که بر اساس آنالیز خوشه‌ای در دو طبقه قرار می‌گیرند (یک طبقه در اقلیم خشک بیابانی معتدل و یک طبقه در اقلیم نیمه‌خشک گرم)، همگی دارای خندق‌هایی از نوع جانبی بوده که در کنار زهکش طبیعی منطقه تشکیل شده‌اند و از نظر تکاملی جزء خندق‌های ناپیوسته شناخته می‌شوند. بافت خاک سطحی در مناطق خندقی استان معمولاً لومی‌شنی و بعضاً لومی و لومی سیلتی بوده و خاک تحتانی نیز عمدتاً دارای بافت لومی شنی و لومی سیلتی می‌باشد. از عوامل عمده مورفوکلیمایی در تشکیل خندق‌های منطقه خشک و بیابانی قم می‌توان به حساسیت زیاد اراضی به فرسایش، وقوع سیل و باران‌های شدید در گذشته و هم‌چنین وجود املاح زیاد در برخی مناطق اشاره نمود.

واژه‌های کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای، طبقه‌بندی، عکس هوایی، فرسایش آبی، مناطق بیابانی

مقدمه

اشکال مختلفی از فرسایش شناخته شده است که در این میان، فرسایش خندقی شکل بسیار آشکار فرسایش خاک است و استفاده از زمین را محدود می‌کند، به‌طوری‌که می‌تواند برای جاده‌ها، ساختمان‌ها و اراضی کشاورزی تهدیدی به‌شمار آید (Carey و همکاران، ۲۰۰۱). با بررسی منابع مختلف و مطالعاتی که در مورد خندق‌ها در جهان صورت گرفته، می‌توان آن‌ها را حول سه محور اصلی شامل شناسایی، نحوه تشکیل و طبقه‌بندی خندق‌ها بررسی نمود. یکی از مشکلات اساسی در خصوص خندق‌ها، تفکیک آن‌ها از شیار است. در این میان برخی محققان سعی نموده‌اند با استفاده از ابعاد کانال، خندق‌ها را شناسایی نمایند، از جمله Briss در سال ۱۹۶۶ با مطالعه بر روی ابعاد و نرخ عقب‌نشینی

[1] نویسنده مسئول mmahdifattahi@gmail.com

پیشانی خندق‌ها در خاک‌های لُسی منطقه نِبراسکا، عرض بیش از ۱ فوت و عمق بیش از ۲ فوت را برای خندق معرفی می‌کند (Higgins، ۱۹۹۰). Poesen (۱۹۹۳) سطح مقطع عرضی معادل ۹۲۹ سانتی‌مترمربع را به عنوان خندق تعریف کرده است.

Stoking نیز در سال ۱۹۸۱ در مطالعات خود در زیمبابوه مرکزی، به رابطه نزدیکی بین گسترش تونل‌ها و خندقی شدن، پی برد. وی مشاهده کرد که در خاک‌هایی که از لحاظ سدیم غنی هستند، با افزایش شیب هیدرولیکی، خندق‌ها فرآیند لوله‌ای شدن را تسریع می‌کنند و لوله‌ای شدن نیز به نوبه خود به‌وسیله گسترش زیرسطحی و فروریختگی، به توسعه بالاکند خندق‌ها کمک می‌کند (Higgins، ۱۹۹۰).

Kertesz (۲۰۰۱) به این نکته اشاره دارد که فرسایش خندقی را می‌توان در دامنه‌های زیر کشت مجارستان، به‌وضوح مشاهده کرد و رسوبات سستی که دوسوم کل مساحت این کشور را می‌پوشاند، تشکیل فرسایش خندقی را امکان‌پذیر می‌سازد. این بررسی که در آبخیز راکاکا با مساحت ۵۸ کیلومترمربع، در شمال شرقی مجارستان انجام گرفت دارای اهدافی از جمله بررسی مفصلی از خندق‌های موجود، توضیحی در مورد تفاوت‌های موجود در پراکنش خندق‌ها در آبخیز، بررسی نقش عوامل تأثیرگذاری چون شیب دامنه، پوشش گیاهی، نوع خاک و بررسی تغییرات ناپایدار در طی ۲۰۰ سال اخیر که بر اساس مقایسه نقشه‌های توپوگرافی بود. پراکنش کنونی خندق‌ها ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۱۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی بررسی شد. سرعت افزایش طول خندق نیز در واحد سطح (یک کیلومترمربع) برای دوره‌های زمانی مختلف محاسبه گردید. بر اساس نتایج این تحقیق، تفاوت‌های موجود در پراکنش خندق‌ها در این آبخیز، با تفاوت‌های موجود در شیب دامنه و پوشش گیاهی توضیح داده شد. هم‌چنین مشخص شد که حتی اگر شیب دامنه زیر ۱۲٪ باشد، فرسایش خندقی در دامنه‌های زیر کشت، به گسترش سیستم‌های خندقی در طی ۶۰-۵۰ سال می‌انجامد. لذا به‌منظور جلوگیری از گسترش بیش‌تر سیستم‌های خندقی، پیشنهاد شد که حداقل ۳۰٪ از این منطقه جنگلی باشد و دامنه‌های با شیب بیش از ۱۷٪، زیر کشت برده نشود.

Bondarev (۲۰۰۱) در مطالعه خود به این نکته اشاره دارد که خندقی شدن، فرآیندی است که به عوامل بسیاری، عمدتاً عوامل مربوط به دخالت انسان در طبیعت، بستگی دارد. با این وجود در سرزمین‌هایی با کاربری اراضی مشابه، عامل پستی و بلندی در خندقی شدن دارای اهمیت بسیاری است. روشی که در این تحقیق برای ارزیابی تأثیر عوامل توپوگرافی بر فرآیند خندقی شدن در روسیهٔ مرکزی تهیه شد، بر اساس آنالیز هورتون بود که از بررسی مورفومتریک نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و مشاهدات میدانی استفاده گردید. نتایج، قابلیت اعمال کاملاً مناسب این شیوه برای بررسی منطقه را نشان داد. علاوه بر این، ارزیابی اولیه نشان داد که این شیوه برای مناطق دیگر نیز نسبتاً مفید است.

صوفی (۱۳۸۳) اشاره می‌نماید که بیش‌تر خندق‌های استان فارس در دو اقلیم نیمه خشک معتدل و خشک بیابانی معتدل ایجاد شده‌اند. خندق‌های مورد مطالعه که نیمی از آن‌ها در مراتع و نیمی دیگر در اراضی زراعی دیم و آبی تشکیل شده‌اند، همگی از نوع جانبی بوده و پلان عمومی غالب آن‌ها از نوع پنجه‌ای و دارای پلان نوکدار و نقطه‌ای در پیشانی می‌باشند. هم‌چنین در این تحقیق مشخص می‌شود که بافت خاک در لایه‌های سطحی و تحتانی در سر و بدنه خندق‌ها عمدتاً لوم شنی و لومی بوده و از طرفی، بالا بودن میزان رس در لایه‌های سطحی خاک در اطراف سر خندق در تولید رواناب سطحی نقش مهمی داشته است. وی در ادامه علل عمده ایجاد خندق‌ها در استان فارس را تخریب پوشش گیاهی، تغییر کاربری، طراحی غیر اصولی آب‌گذرها، احداث جاده خاکی، آبیاری غیر اصولی و وقوع سیل بیان می‌کند. در نهایت ایشان ضمن اولویت‌بندی کنترل مناطق خندقی با استفاده از بیش‌ترین نسبت عرض بالای خندق به عمق آن در مقطع ۵۰ درصد (دشت خلیلی با نسبت ۱۷/۷)، آن‌ها را بر اساس برخی از خصوصیات اندازه‌گیری شده نظیر عمق متوسط، طول، عرض بالا و ... مورد تحلیل خوشه‌ای قرار داده است. براین اساس زمانی که از تمامی

متغیرهای مورد قبول برنامه در تحلیل خوشه‌ای استفاده شود، مناطق مورد مطالعه در سه طبقه قرار گرفته و در صورت حذف متغیر مساحت خندقی، سطح تشابه بیش‌تر شده و در این حالت آن‌ها در چهار طبقه قرار می‌گیرند.

فتاحی و همکاران (۱۳۸۴) با مطالعه بر روی خاک‌های خندق‌های سه منطقه در استان قم، نشان دادند که بافت خاک سطحی در مناطق خندقی استان معمولاً لومی‌شنی و بعضاً لومی و لومی سیلتی بوده و خاک تحتانی نیز عمدتاً دارای بافت لومی شنی و لومی سیلتی می باشد. مختاری (۱۳۸۳) با بررسی ویژگی‌های خندق‌های استان اصفهان، اظهار می‌دارد که آن‌ها عمدتاً در مناطق مارنی و نهشته‌های کواترنر رخ می‌دهند. این خندق‌ها که معمولاً در دشت و از لحاظ تکاملی پیوسته بوده، دارای مقطع عرضی عموماً Vشکل، پلان خطی یا پنجه‌ای و پلان مدور تا نوک‌دار در پیشانی هستند. هم‌چنین نسبت عرض به عمق در همه آن‌ها بیش از یک می‌باشد. وی عوامل مؤثر در تشکیل خندق‌های استان اصفهان را فرسایش‌پذیری خاک، شدت بارندگی، جاده‌سازی در حاشیه خندق‌ها، چرای دام و شخم در جهت شیب بر می‌شمارد. طبقه‌بندی مناطق خندقی مورد مطالعه در این تحقیق مشخص می‌سازد که مناطق سه‌گانه مورد مطالعه، بر اساس ویژگی‌های فیزیکی و اقلیمی به دو گروه مجزا تقسیم می‌شوند. سلیمان‌پور و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی برای تعیین عوامل موثر در گسترش و رسوب‌زایی خندق‌ها در منطقه گوراسپید استان فارس، با استفاده از روش Stepwise تحلیل آماری نموده و به این نتیجه رسیدند که رسوب تولیدی ناشی از گسترش خندق‌ها تابع متغیرهای درصد شیب، مساحت و پوشش گیاهی است.

نظری‌سامانی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی قابلیت روش منشأیابی ترکیبی در شناسایی میزان رسوب حاصل از فرسایش خندقی، با استفاده از ترکیب ردیاب‌های مختلف (کربن آلی، نیتروژن، فسفر، نسبت C/N و سزیم ۱۳۷) در سه حوزه آبخیز کوچک با مساحت‌های ۵، ۲۵ و ۱۷۵ هکتار. یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که سهم فرسایش خندقی در تولید رسوب بین ۸۶ و ۹۹ درصد متغیرست. داودی‌راد و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی نقش کاربری اراضی بر فرسایش خندقی در شهرستان دلیجان استان مرکزی، کنترل هرزآب‌های منطقه را در قالب عملیات زراعی مناسب و شیوه‌های نوین آبیاری در کاهش فرسایش خندقی موثر دانستند.

مواد و روش‌ها

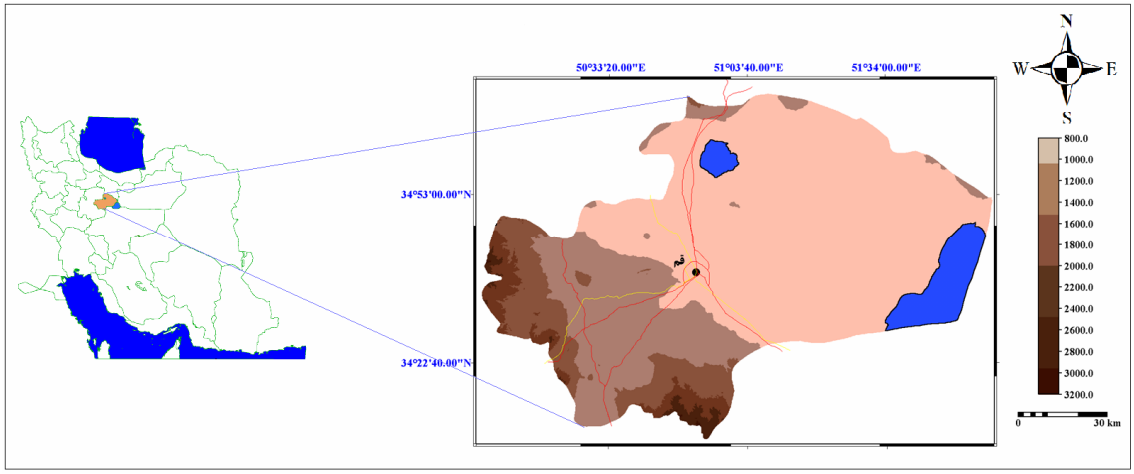
منطقه مورد مطالعه

منطقه خشک و بیابانی استان قم با وسعتی معادل ۱۱۲۳۸ کیلومترمربع ، حدود ۰/۶۸ درصد از مساحت کل کشور را در بر می‌گیرد. کوه گوجه با ارتفاع ۳۱۴۱ متر، مرتفع‌ترین و حوض سلطان و دریاچه نمک با ارتفاعی حدود ۸۰۰ متر از سطح دریا، پست‌ترین نقاط استان به‌شمار می‌روند. ۸۱۲۵ کیلومترمربع از مساحت استان در نواحی دشتی و ۳۲۸۵ کیلومترمربع در نواحی کوهستانی قرار گرفته است. میانگین دمای سالانه استان معادل ۱۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه آن نیز ۱۴۵ میلی‌متر است. استان قم تحت تأثیر ۷ اقلیم (به‌روش دومارتن گسترده) قرار دارد که اقلیم خشک بیابانی معتدل با وسعتی بالغ بر ۵۷۸۷ کیلومترمربع بیش از ۵۰ درصد از سطح استان را فراگرفته است (شکل ۱).

روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا با استفاده از اطلاعات و نقشه‌های موجود، عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ سال ۱۳۷۷، داده‌های رقومی ماهواره IRS-PAN سال ۱۳۸۲ و در نهایت بازدیدهای صحرایی، مناطقی که دارای فرسایش خندقی در استان قم بودند، شناسایی گردید. در مرحله بعد اقلیم های حاکم بر محدوده‌های خندقی به‌روش دومارتن گسترده تهیه شد.

محدوده‌هایی که دارای وسعتی برابر یا بیش از ۵۰۰ هکتار بودند، مشخص و با معین بودن اقلیم و مساحت محدوده‌های خندقی، در صورت وجود از هر اقلیم دو منطقه انتخاب گردید. برای هر منطقه یک خندق به‌عنوان معرف با کنترل و بازدیدهای صحرایی از محدوده خندقی، تعیین و به‌منظور افزایش تعداد داده‌ها و اطلاعات در خصوص خندق‌های یک منطقه، دو خندق تکرار نیز که مشابه خندق معرف بودند، شناسایی شد. بنابراین در هر منطقه سه خندق (یک معرف و دو تکرار) جهت بررسی و اندازه‌گیری‌های مربوطه انتخاب گردید. پس از مشخص شدن خندق‌های معرف و تکرار در هر منطقه، برای هر خندق یک شناسنامه تهیه و تکمیل گردید. در این شناسنامه برخی از خصوصیات منطقه‌ای که خندق در آن واقع شده و هم‌چنین ویژگی‌های خود خندق‌ها، مشخص گردید. به‌منظور شناخت بهتر ویژگی خندق‌ها، علاوه بر اقدامات فوق، مطالعات دیگری از قبیل تهیه نقشه پلان عمومی، نیمرخ طولی شاخه اصلی و نیمرخ عرضی در مقاطع ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ خندق معرف، برداشت نمونه خاک جهت آزمایش از پیشانی خندق و مقاطع تعیین شده، برای خندق معرف مناطق مختلف انجام داده شد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه (استان قم) در ایران

پس از شناسایی و اندازه‌گیری خصوصیات خندق‌های مناطق مختلف استان، بر اساس ویژگی‌های مهم و متمایز کننده‌شان اقدام به طبقه‌بندی مناطق خندقی بر اساس آنالیز خوشه‌ای گردید. در این مرحله ابتدا طبقه‌بندی اولیه‌ای بر روی متغیرهای اندازه‌گیری شده مناطق مذکور نظیر ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالیانه، متوسط دمای سالانه، شیب منطقه، عمق متوسط خندق در مقطع ۵۰٪ صورت گرفت و سپس با در نظر گرفتن متغیرهایی که در یک گروه مشابه قرار گرفته‌اند، مبادرت به طبقه‌بندی مناطق خندقی شد. در نهایت نقشه رقومی پراکنش خندق‌ها تهیه و برای مناطق مطالعه شده نمایه ویژگی‌های خندق‌های آن به‌صورت کسری که صورت آن نشان‌دهنده اقلیم و در مخرج نیز خصوصیاتی از خندق شامل شکل پلان، وضعیت تکاملی و نوع خندق (از نظر عمق) آورده شده، نمایش داده می‌شود.

نتایج و بحث

براساس شناسایی مناطق خندقی در استان، جمعاً شش منطقه دارای فرسایش خندقی با مساحتی بالغ بر ۷۴۳۷/۳ هکتار در سه اقلیم مختلف شناسایی گردید (جدول ۱). در این میان سه منطقه دارای وسعتی بیش از ۵۰۰ هکتار بوده که مورد بررسی قرار گرفتند. جداول ۲ الی ۴ برخی از ویژگی‌های خندق‌های این مناطق را نشان می‌دهند.

جدول ۱- نوع اقلیم و مساحت مناطق خندقی مورد مطالعه

ردیف	نام منطقه	اقلیم	مساحت (هکتار)
۱	قشلاق البرز	خشک بیابانی معتدل	۲۷۵۴/۴
۲	نیزار	خشک بیابانی معتدل	۳۵۳۵/۱
۳	دولت‌آباد	خشک بیابانی معتدل	۲۷۲/۱
۴	راهجرد	نیمه خشک گرم	۵۹۲/۱
۵	گز قطاری	فرا خشک معتدل	۲۵۰/۳
۶	صَرم	فرا خشک معتدل	۳۳/۳
	جمع		۷۴۳۷/۳

جدول ۲- برخی از خصوصیات طبیعی خندق‌های معرف سه منطقه خندقی شده مورد مطالعه

پارامتر منطقه	نوع خندق	مختصات جغرافیایی: طول	مختصات جغرافیایی: عرض	ارتفاع (m)	تیپ اراضی	جهت خندق	موقعیت خندق	طول خندق (m)	عمق خندق (m): پیشانی	عمق خندق (m): بدنه اصلی (مقطع ۵۰٪)	وضعیت اراضی: قبل از گسترش	وضعیت اراضی: در حال حاضر
قشلاق البرز	جانبی	۵۵ ´ ۴۳ ˝ ۵۰ ˚	۴۸ ´ ۴۰ ˝ ۳۴ ˚	۸۷۳	اراضی پست	جنوب شرقی	در امتداد زهکش	۱۲۶/۵	۰/۳۵	۳/۴۸	زراعت آبی	رها شده
نیزار	جانبی	۴۶ ´ ۳۱ ˝ ۵۰ ˚	۳۳ ´ ۱۳ ˝ ۳۴ ˚	۱۳۳۷	اراضی پست	جنوب شرقی	در امتداد زهکش	۲۲۹	۰/۴۰	۲/۷۵	مرتع	مرتع
راهجرد	جانبی	۵۵ ´ ۲۱ ˝ ۵۰ ˚	۴۰ ´ ۲۳ ˝ ۳۴ ˚	۱۶۶۷	دشت سیلابی	جنوب شرقی	در امتداد زهکش	۱۱۲/۵	۰/۴۰	۳/۹۵	زراعت دیم	زراعت دیم

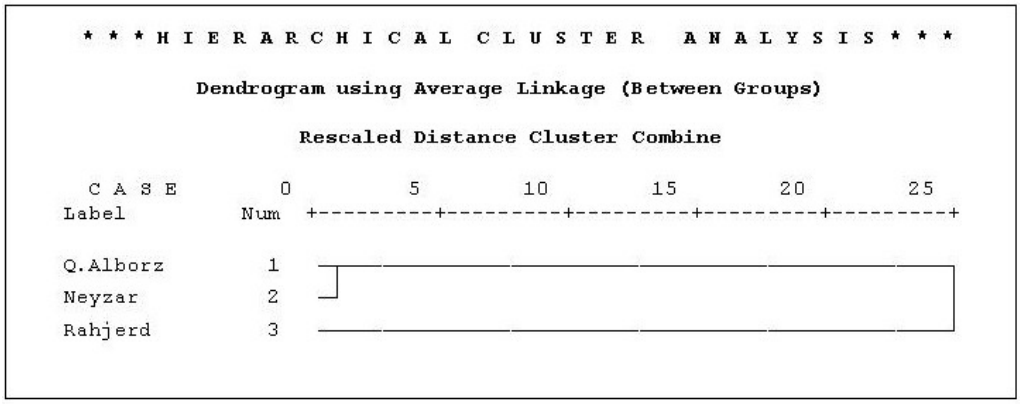
جدول ۳- خصوصیات مورفولوژی خندق‌های معرف سه منطقه خندقی شده مورد مطالعه

منطقه	پلان عمومی شبکه خندق	شکل پلان پیشانی خندق	شکل نیمرخ عمودی پیشانی خندق	شکل مقطع خندق
قشلاق البرز	پنجه‌ای	شاخه‌ای	مایل	Vشکل
نیزار	پنجه‌ای	نقطه‌ای	مایل	Vشکل
راهجرد	پنجه‌ای	نقطه‌ای	مایل	Vشکل

جدول ۴- برخی از خصوصیات خاک خندق‌های مناطق مورد مطالعه

منطقه	مقطع	بافت	Clay (٪)	Silt (٪)	Sand (٪)	ECe (ds/m)	pH	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$ (meq./lit.)	Na^{+} (meq./lit.)	S.A.R	E.S.P	T.N.V	C.E.C (meq/100gr)
قشلاق البرز	پیشانی	لومی شنی	۱۰	۴۶/۵	۴۳/۵	۳/۵۳	۸	۱۵/۷	۱۹/۷	۷	۸/۳	۱۶/۱	۱۲
	٪۲۵	لومی شنی	۲۵/۵	۲۵/۷	۴۸/۷	۳۹/۲	۸/۲	۱۳۹/۸	۲۵۱/۸	۲۷/۲	۲۶/۵	۱۸/۱	
	٪۵۰	لوم شنی	۱۵/۷	۳۴/۲	۵۰	۳۸/۹	۸	۱۳۸/۸	۱۲۳	۲۶/۸	۲۶/۲	۱۸/۴	
	٪۷۵	لومی شنی	۱۴/۳	۳۶/۸	۴۸/۸	۳۶/۲	۸	۳۷/۹	۲۳۲/۵	۲۶/۶	۲۶/۴	۱۹/۸	
نیزار	پیشانی	شنی لومی	۱۲/۵	۳۷	۵۰/۵	۹/۳	۸/۱	۳۰/۷	۶۱/۷	۱۵/۵	۱۷/۷	۲۲/۳	۶/۸
	٪۲۵	لومی شنی	۱۶/۷	۱۸	۶۵/۳	۳۷/۵	۸/۲	۸۸/۷	۲۸۶/۳	۴۱/۳	۳۶/۶	۱۸/۹	
	٪۵۰	لومی سیلتی	۱۷	۵۳	۳۰	۴۹/۶	۷/۴	۱۱۳/۶	۳۸۲/۷	۵۰	۴۱/۶	۱۷/۹	
	٪۷۵	لومی رسی	۲۶	۴۴/۵	۲۹/۵	۴۷/۱	۷/۷	۱۰۸/۵	۳۶۲/۸	۴۹	۴۱/۴	۱۹/۲	
راهجرد	پیشانی	لومی شنی	۱۸/۵	۲۵/۵	۵۶	۰/۹۵	۸/۱	۵/۴	۴/۱	۲/۵	۲/۴	۱۱/۲	۱۶
	٪۲۵	لومی شنی	۱۲/۷	۱۸/۵	۶۸/۷	۱/۷	۸	۸/۶	۸/۵	۳/۹	۴/۲	۱۲/۷	
	٪۵۰	لومی	۲۰/۲	۳۵	۴۴/۷	۶/۷	۸	۲۴/۴	۴۲/۳	۱۰/۸	۱۲/۴	۱۳/۹	
	٪۷۵	لومی شنی	۱۲/۲	۱۵/۷	۷۲	۶/۱	۸	۲۲/۶	۳۸/۶	۱۱/۱	۱۲/۹	۱۱/۹	

با توجه به نتایج به‌دست آمده و ویژگی‌های خندق‌های مناطق مطالعه شده، طبقه‌بندی مناطق خندقی براساس آنالیز خوشه‌ای صورت گرفت. بدین منظور ابتدا طبقه‌بندی اولیه بر روی متغیرهای اندازه‌گیری شده مناطق مذکور نظیر ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالیانه، متوسط دمای سالانه، شیب منطقه، عمق متوسط خندق (در مقطع۵۰٪)، ارتفاع پیشانی خندق، عرض پایین و عرض بالای خندق (در مقطع ۵۰٪)، طول خندق، نسبت عرض به عمق خندق، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم قابل تبادل و ظرفیت کاتیون‌های‌تبادلی، صورت گرفت. در این مرحله به‌جز سه متغیر (ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالیانه و طول خندق) سایر متغیرها در یک گروه مشابه قرار گرفته که با در نظر گرفتن آن‌ها، در مرحله بعد مبادرت به طبقه‌بندی مناطق خندقی گردید که نتایج حاصله به‌صورت دندروگرام در محیط نرم‌افزار SPSS ترسیم شد (شکل ۲).



شکل ۲- دندروگرام حاصل از آنالیز خوشه‌ای برای طبقه‌بندی مناطق خندقی مورد مطالعه

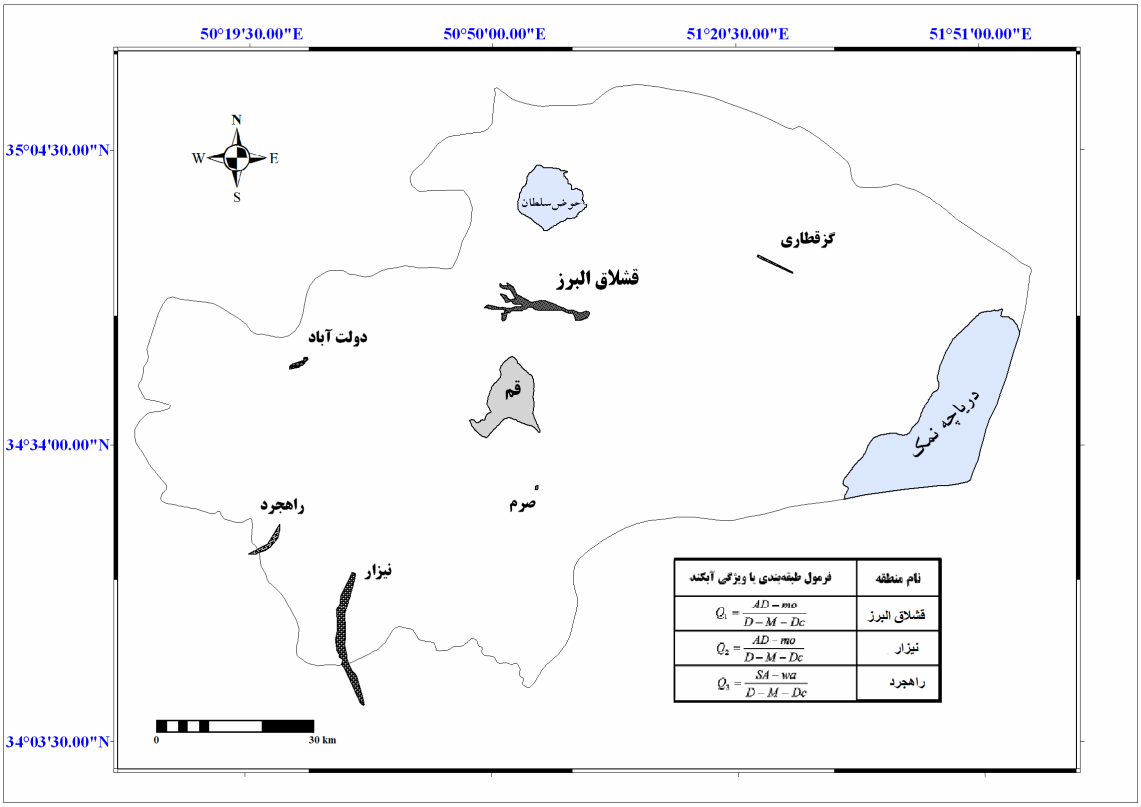
بر اساس دندروگرام فوق، در اولین خوشه حداقل فاصله اقلیدسی بین شاخه مربوط به منطقه قشلاق البرز و نیزار وجود دارد، در حالی‌که منطقه راهجرد با فاصله زیادی از شاخه مذکور جدا شده و در کلاس مستقلی قرار گرفته است. بنابراین مناطق خندقی استان به دو طبقه تقسیم می‌شوند که طبقه اول شامل مناطق قشلاق البرز و نیزار و طبقه دوم شامل منطقه راهجرد می‌باشد. با استفاده از نقشه رقومی محدوده سیاسی استان و نقشه رقومی محدوده‌های خندقی، در مجموع شامل ۶ منطقه (مطالعه شده و مطالعه نشده) می‌باشد، نقشه پراکنش خندق‌های استان در شکل ۳ نشان داده شده است. برای خندق‌های سه منطقه مطالعه شده، نمایه معرف آن‌ها که شامل برخی ویژگی‌های خندق‌های مزبور می‌باشد، آورده شده است. این نمایه به‌شکل کسری بوده که در ابتدا کد منطقه مورد نظر و سپس در صورت کسر، مشخصه‌ی اقلیم و در مخرج نیز به‌ترتیب از چپ به راست، شکل پلان عمومی، کلاس عمق و وضعیت تکاملی خندق به‌صورت حروف اختصاری ذیل، نمایش داده شده است (صوفی، ۱۳۸۳).

$$Q_1 = \frac{\text{AD - mo}}{\text{D - M - D}_C}, \quad Q_3 = \frac{\text{SA - warm}}{\text{D - M - D}_C}, \quad Q_2 = \frac{\text{AD - mo}}{\text{D - M - D}_C}$$

که در آن‌ها، Q_1 منطقه قشلاق البرز، Q_2 منطقه نیزار، Q_3 منطقه راهجرد، AD-mo اقلیم خشک بیابانی معتدل، SA-wa اقلیم نیمه‌خشک گرم، D پلان عمومی پنجه‌ای، M دارای کلاس عمق متوسط و Dc از نظر تکاملی ناپیوسته می‌باشد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که از سه منطقه عمده دارای فرسایش خندقی در منطقه خشک و بیابانی مورد مطالعه (استان قم)، دو منطقه (قشلاق البرز و نیزار) در اقلیم خشک بیابانی معتدل و یک منطقه (راهجرد) در اقلیم نیمه‌خشک گرم واقع شده است. میانگین بارندگی سالیانه در سه منطقه خندقی مورد مطالعه بین ۱۴۵/۳ تا ۲۸۴

میلی‌متر متغیر است. هر سه منطقه دارای خندق‌های جانبی بوده که منطبق با دره در امتداد زهکشی طبیعی تشکیل شده‌اند و از نظر تکاملی به‌صورت ناپیوسته می‌باشند. هم‌چنین پلان عمومی خندق‌های هر سه منطقه از نوع پنجه‌ای با مقطع عرضیVشکل است. از نظر شکل پلان پیشانی با توجه به نوع استفاده از اراضی بالادست، خندق‌های اقلیم خشک بیابانی معتدل دارای اشکال شاخه‌ای و نقطه‌ای بوده ولی در خندق‌های اقلیم نیمه‌خشک گرم، معمولاً پلان‌هایی با اشکال نقطه‌ای و مدور دیده می‌شود. نیمرخ عمودی پیشانی در خندق‌های هر سه منطقه غالباً مایل می‌باشد، ولی اشکال غار مانند و عمودی نیز در آن‌ها مشاهده می‌شود.



شکل ۳- نقشه پراکنش خندق‌های استان قم

اگرچه تمامی خندق‌های منطقه مورد مطالعه از نظر عمق در گروه خندق‌های متوسط (۱ تا ۱۰متر) قرار می‌گیرند، اما خندق‌های اقلیم خشک بیابانی معتدل دارای طول بیش‌تر و عمق کم‌تری (< ۳ متر) نسبت به خندق‌های اقلیم نیمه‌خشک گرم هستند در نتیجه شیب آبراهه این خندق‌ها بیش‌تر از خندق‌های اقلیم خشک بیابانی معتدل بوده و از طرفی مقایسه نمودار توزیع شیب در مقاطع مختلف خندق‌ها نشان می‌دهد که در خندق‌های اقلیم نیمه‌خشک گرم بیش‌ترین درصد شیب در حدفاصل بین مقطع ۲۵٪ تا ۵۰٪ می‌باشد، در حالی‌که شیب آبراهه در خندق‌های اقلیم خشک بیابانی معتدل، در حدفاصل بین بالاکند تا مقطع ۲۵٪ به حداکثر میزان خود می‌رسد.

بافت خاک سطحی در مناطق خندقی استان معمولاً لومی‌شنی و بعضاً لومی و لومی سیلتی بوده و خاک تحتانی نیز عمدتاً دارای بافت لومی شنی و لومی سیلتی می‌باشد. به‌طور کلی در تمام مناطق خندقی منطقه مورد مطالعه، درصد ذرات رس و سیلت از سطح به عمق افزایش یافته در حالی‌که از میزان ذرات شن کاسته می‌شود. هم‌چنین وجود یک لایه خاک کاملاً متفاوت با لایه‌های مجاور از نظر میزان رس، سیلت و شن و با روندی عکس روند فوق، در هر سه منطقه مشاهده می‌شود. در اغلب مناطق خندقی مورد مطالعه، میزان رس در لایه سطحی خاک بیش‌تر از لایه تحتانی

بوده و این امر می‌تواند یکی از علل تولید رواناب سطحی و تشکیل خندق‌های جانبی در این مناطق باشد. از طرفی افزایش درصد سدیم قابل تبادل (ESP) و شوری خاک در دو منطقه قشلاق البرز و نیزار نسبت به منطقه راهجرد، فرآیند لوله‌ای شدن[1] را در این مناطق تشدید نموده و از درصد خاکدانه‌های پایدار می‌کاهد.

شکل ۵- نمایی از خندق‌های منطقه قشلاق البرز با اقلیم خشک بیابانی معتدل

شکل ۶- نمایی از خندق‌های منطقه راهجرد با اقلیم نیمه‌خشک گرم

[1] Piping

افزایش یون‌های محلول خاک به‌خصوص یون‌های سدیم، بر ساختمان خاک تأثیر منفی گذاشته و موجب پراکندگی و فاصله گرفتن کلوئیدهای خاک از یک‌دیگر می‌شود. وجود اشکال غار مانند در هدکت خندق‌های این مناطق و وجود تونل‌هایی در سطح و بستر آن‌ها که مؤید همین نکته است، به گسترش طولی خندق‌ها کمک نموده و هم‌چنین می‌تواند باعث ناپایداری دیواره خندق‌ها گردد و موجبات گسترش عرضی آن‌ها را نیز فراهم سازد. اندازه‌گیری‌های مورفومتریک خندق‌های این مناطق نیز نشان می‌دهد که طول خندق‌ها و گسترش فرسایش خندقی در دو منطقه فوق بیش‌تر از منطقه راهجرد می‌باشد. علاوه بر این، شکل پلان عمومی (پنجه‌ای) و پلان رأس (غالباً نقطه‌ای و بعضاً شاخه‌ای) خندق‌ها نشان‌دهنده تأثیر رواناب سطحی به‌دلیل سله بستن سطح خاک و کاهش ضریب آب‌گذری آن می‌باشد. از عوامل عمده مورفوکلیمایی در تشکیل خندق‌های استان قم می‌توان به حساسیت زیاد اراضی به فرسایش، وقوع سیل و باران‌های شدید در گذشته و هم‌چنین وجود املاح زیاد در برخی مناطق، اشاره نمود.

منابع مورد استفاده

۱. داودی‌راد، ع.ا.، ص. شادفر و ح. آقارضی. ۱۳۸۹. بررسی نقش کاربری اراضی بر فرسایش خندقی (مطالعه موردی : شهرستان دلیجان، استان مرکزی. چهارمین همایش ملی فرسایش و رسوب، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ۸ صفحه.

۲. سلیمان‌پور، س.م.، م. صوفی و ح. احمدی. ۱۳۸۶. بررسی عوامل موثر بر فرسایش خندقی، تولید رسوب و هدر رفت خاک در منطقه گوراسپید استان فارس. پنجمین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، پژوهشکده سوانح طبیعی، ۹ صفحه.

۳. صوفی، م. ۱۳۸۳. بررسی ویژگی‌های مورفو-کلیماتیک آبکندهای استان فارس. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۴. فتاحی، م.م.، ح.ر. قرلی و م. صوفی. ۱۳۸۴. بررسی خصوصیات خاک در ایجاد و گسترش خندق‌ها، مطالعه موردی: استان قم، مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، تهران، صفحه ۶۴۴-۶۴۲.

۵. مختاری، ا. ۱۳۸۳. بررسی ویژگی‌های مورفوکلیماتیک خندق‌های استان اصفهان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

۶. نظری‌سامانی، ع.ا.، ح. احمدی، م. جعفری و ج. قدوسی. ۱۳۸۸. بررسی عوامل مؤثر در تولید رسوب حاصل از فرسایش خندقی در حوزه‌های آبخیز کوچک، مطالعه موردی: حوضه آبخیز دره کره ـ بوشهر. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۱(۱): ۳۴-۱۹.

7. Bondarev, V.P. 2001. Topographic factors of gullying. Museum of The Earth Science, Moscow State University, Moscow, 119-899 Russia.

8. Carey, B., J. Gray and C. Seagrave. 2001. Gully erosion. Department of Natural Resources and Mines, The State of Queensland, http://www.gcenvironment.org.au/pdf/ LM81w.pdf.

7. Higgins, C.G. 1990. Gully development. With a case study by Hill, B.R., and A.K. Lehre, in Higgins, C.G., and D.R. Coates, (Eds.), Groundwater Geomorphology: The role of subsurface water in Earth-surface process and landforms, Boulder, Colorado, Geological Society of America, Special Paper 252, pp.139-155.

8. Kertesz, A .2001. Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchment. Department of Physical Geography, Geographical Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, H-1112 Budapest, Hungary.

9. Poesen, J. 1993. Gully typology and gully control measures in the European loess belt. In: Wicherek, S. (Ed.), Farm Land Erosion in Temperate Plains Environment and Hills. Elsevier, Amsterdam, pp. 221-239.

Morpho-climatic study of gully erosion in arid areas, Case study: Qom province

Mohammad Mehdi Fattahi[1], MSc, Agricultural and Natural Resources Research Center, Qom, Iran
Hamid Reza Javidkia, BSc, Agricultural and Natural Resources Research Center, Qom, Iran

Received: 30 August 2010 Accepted: 28 February 2011

Abstract

Gully erosion is one of water erosion types that happen due to improper management of agricultural lands. The main objectives of this research are zonation and characterisation of gully erosion. For this purpose, affected areas by gully erosion were noticed in Arial photographs and satellite images. Areas with more than 500 ha and their dominant climates were specified with climate map and for each climate two areas in which one representative gully and two repetition gullies were chosen. Morphology characteristics, soil sampling and other related studies were performed in each gully. Consequently, according to the main characteristics, such as climate and view plan, these gullies were classified by cluster analysis and their digitized zonation maps were provided. According to the results, six regions with a total area of 7437.3 ha were affected by gully erosion with three different types of climates, from which, three regions had moderately arid climate (Qeshlagh Alborz and Naizar) and warm semi-arid (Rahjerd) with more than 500 ha. These regions that are classified in two classes based on cluster analysis, have lateral gullies which are developed beside the natural drainages and are classified as un continuous gullies. The texture of soil surface is usually sandy-loam and in some cases loam and silty-loam and sandy-loam and silty-loam in the subsurface layer. Highly sensitive lands, flood occurrence, past heavy rainfalls and high amount of salts in some areas, are from the most morpho-climatic factors causing gully erosion in dry regions and deserts of Qom province.

Key words: Arial photo, Classification, Deserts, Sattelitet imagery, Water erosion

[1] Corresponding author: mmahdifattahi@gmail.com