

بررسی نقش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک آبکند و عوامل زمین‌محیطی حوضه بالادست آن بر گسترش فرسایش آبکندی

بهنام فرید گیگلو* و رضا قضاوی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۳۰)

چکیده

در تحقیق حاضر برای شناخت مکانیسم شکل‌گیری آبکندها در حوضه آبخیز قوری‌چای واقع در شمال استان اردبیل (دشت مغان)، اقدام به ارائه مدل رگرسیونی از طریق بررسی عوامل مؤثر زمین‌محیطی و ویژگی‌های خاک بر رخداد فرسایش آبکندی شده است. بدین منظور از طریق بازدیدهای میدانی، تعداد ۱۷ آبکند به‌طور تصادفی برای مطالعه مشخص و با ثبت موقعیت آنها به‌وسیله GPS، اقدام به نقشه‌برداری و ثبت مورفومتری آبکندهای انتخابی پس از هفت واقعه بارش‌های مؤثر شد. برای بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی حوضه، محدوده آبخیز بالادست هر آبکند تعیین و پارامترهای فیزیکی مربوط به آن محاسبه شد. به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، اقدام به نمونه‌برداری خاک در قسمت سر هر آبکند از دو عمق متفاوت (۳۰- و ۶۰- سانتی‌متر) شد. پس از تعیین و محاسبه عوامل زمین‌محیطی مربوط به حوضه بالادست آبکندها، مشخصات مورفومتری آبکند و ویژگی‌ها خاک، از طریق تجزیه و تحلیل چند متغیره داده‌ها، مدل رگرسیونی مناسب برای توسعه طولی فرسایش آبکندی، به‌دست آمد. نتایج حاصل از ماتریس همبستگی بین گسترش طولی آبکند و عوامل مورد بررسی حاکی از مشارکت عوامل مربوط به ویژگی‌ها فیزیکی حوضه آبخیز مشرف (مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی و عرض متوسط حوضه و شیب آبراهه اصلی)، ویژگی‌های مورفومتری آبکند (میانگین سطح مقطع آبکند، سطح گسترش آبکند و میانگین عرض آبکند) و ویژگی‌های خاک (میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها، آهک و درصد ماده آلی)، در شکل‌گیری و گسترش فرسایش آبکندی در آبخیز قوری‌چای مؤثر است. نتایج تحلیل رگرسیونی نشان داد که گسترش طولی آبکند بیشتر تحت تأثیر مساحت پیرامون هر آبکند و درصد ماده آلی است که در نتیجه فشار بر مراتع و از دست رفتن پوشش گیاهی، باعث افزایش رواناب و تسریع در گسترش طولی آبکندها شده است، همچنین افزایش مساحت حوضه آبخیز مشرف به آبکندها، به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در گسترش طولی خندق شناخته شده است که به دلیل حجم بالای رواناب ورودی به قسمت هدکت آبکندها بود و مدیریت رواناب در خندق‌های با حوضه آبخیز مشرف بزرگ را ضروری می‌کند.

واژه‌های کلیدی: آبکندی، ویژگی‌های خاک، مدل رگرسیونی، توسعه طولی آبکند، آبخیز قوری‌چای

۱. گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه کاشان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: behnam.farid65@gmail.com

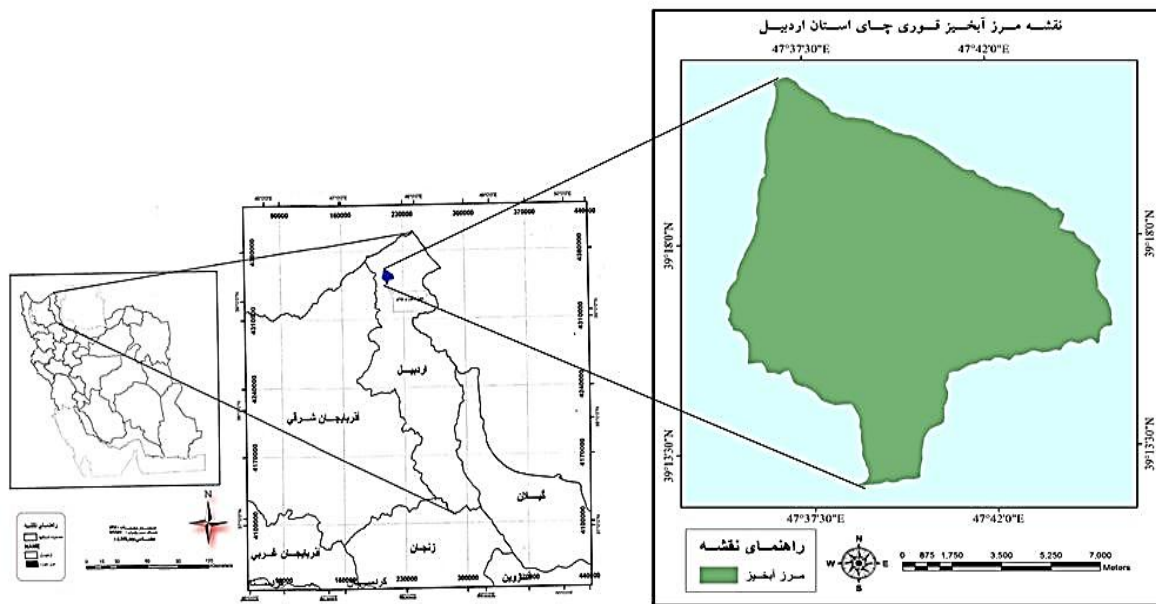
مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور است. امروزه فرسایش خاک به‌عنوان خطری برای رفاه انسان و حتی برای حیات او به‌شمار می‌رود. ۳۵ درصد از کل خشکی‌ها در معرض انواع فرسایش قرار دارند (۶). میزان فرسایش در ایران سالیانه حدود دو میلیارد تن تخمین زده می‌شود که ۶/۷ درصد کل فرسایش خاک در دنیا را شامل می‌شود (۱۰). فرسایش آبکندی یکی از انواع فرسایش آبی است که سهمی بین ۱۰ تا ۹۴ درصد در تولید رسوب کل آبخیزها در کشورهای مختلف دارد (۲۵). در اصطلاح مهندسی، علت تشکیل آبکنند شکست حالت تعادل کم‌ثبات در نهرها و جوی‌هاست (۳ و ۹). این نوع فرسایش منبع و منشأ تولید بخش اعظم رسوبات در حوضه‌های آبخیز است (۴ و ۲۴). پیش از آنکه برای مشکل و معضل زیست‌محیطی بتوان راه‌کارهای پیشگیری یا درمان ارائه کرد، ابتدا باید عوامل دخیل در بروز بحران و سهم هر یک از عوامل مختلف در مشکل به‌وجود آمده، بررسی و مطالعه شود تا برحسب نتایج حاصله مهم‌ترین عوامل دخیل شناسایی و راهکارهای مقابله‌ای مناسب ارائه شود.

فرسایش آبکندی از انواع فرسایش با مکانیسم پیچیده بود که عوامل گوناگونی در شکل‌گیری و گسترش آن دخیل هستند. پژوهشگران در مطالعات خود در نقاط مختلف جهان عوامل مختلفی از جمله، سنگ‌شناسی منطقه (۱۲ و ۲۶)، مقدار املاح محلول (۸ و ۲۰)، رواناب ناشی از وقوع باران‌هایی با شدت معین (۲۰) و از بین رفتن پوشش گیاهی را در گسترش آن مؤثر دانسته‌اند (۷، ۸ و ۱۳). مورگان ناپایداری اراضی در اثر اقدامات و فعالیت‌های انسان به‌ویژه بهره‌برداری از زمین را عامل اصلی ایجاد آبکندها دانسته و عوامل محیطی را در درجه دوم از نظر اهمیت قرار می‌دهد (۲۳). در مطالعات زینک و همکاران، شکل‌گیری فرسایش آبکندی به تناسب شیب افزایش نیافته است (۲۹). یمانی و همکاران، فاکتور سنگ‌شناسی و عامل کاربری اراضی را به‌عنوان مهم‌ترین عوامل دخیل در ایجاد آبکندهای منطقه کهور استان فارس شناسایی کردند (۱۵). گابریس و

همکاران (۲۱) و بن و همکاران (۱۵)، عامل اصلی و مؤثر در گسترش فرسایش آبکندی را حجم زیاد رواناب‌های متمرکز سطحی می‌دانند. در تحقیق وفاخواه و نورمحمدی (۱۴)، آبکندها عمدتاً در مناطق دیمزار و روی سازندهای تراس‌های کواترنر شامل سنگ آهک ارژیلی، مارن-نمک، انیدرید و سازند گچساران سازند آسماری، سنگ آهک با میان لایه‌های شیل واقع شده‌اند. براساس نتایج ثروتی و همکاران (۲) شیب اراضی، نوع سازند، عمق خاک، میزان املاح محلول، SAR، هدایت الکتریکی و میزان سدیم قابل تبادل موجود در خاک که مؤثر در رخداد فرسایش تونلی نیز هستند، بیشترین نقش و تأثیر را در شکل‌گیری و گسترش فرسایش آبکندی در حوضه آبخیز عرب قره‌حاجی دارند. نتیجه مطالعه سلیمان‌پور و همکاران (۵)، نشان داد که رسوب تولیدی ناشی از گسترش آبکندها در کنار تخته استان فارس، تابع پنج متغیر درصد رس، شن، سیلت، شیب و پوشش گیاهی در آبخیز واقع در بالای پیشانی آبکندها است. نتایج تحقیق نورمحمدی و همکاران (۱۳) نشان داد که هیچ‌کدام از عوامل مختلف مورد بررسی با میزان تولید رسوب آبکندهای حوضه آبخیز مرتعی شهرستان دره شهر استان ایلام همبستگی معنی‌داری (۰/۲۳۹) نداشته است.

با توجه به بررسی منابع عوامل بسیار متنوعی در گسترش فرسایش آبکندی مؤثرند و تأثیر این عوامل از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است (۲۶ و ۲۸)، بنابراین گوناگونی و تأثیر متفاوت عوامل در گسترش این نوع فرسایش در مناطق مختلف باعث شده است تا تحقیقات متفاوتی در مناطق مختلف دنیا و کشور نیاز باشد. تحقیق پیش‌رو با در نظر گرفتن عوامل مختلفی از جمله شرایط و ویژگی‌های حوضه پیرامون هر خندق، شرایط و ویژگی‌های مرفومتری هر خندق به‌صورت مجزا و بررسی ویژگی‌های خاک، تلاش کرده است تا بیشترین عوامل دخیل در گسترش آبکنند با توجه به پیشینه پژوهش را بررسی و مهم‌ترین عوامل مؤثر در منطقه را شناسایی کند. همچنین تحقیق حاضر ضمن پایش خندق‌های انتخاب شده، تغییرات آنها پس از وقایع مهم بارندگی را اندازه‌گیری کرده و میزان پیش‌روی هر



شکل ۱. نقشه موقعیت حوضه آبخیز قوری چای در ایران و استان اردبیل

سانتی‌گراد است. میزان بارندگی سالانه در منطقه به‌طور متوسط ۳۱۸/۸ میلی‌متر است. همچنین نوع اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دومارتن اصلاح شده و آمبرژه، اقلیم نیمه‌خشک سرد است. ۶۷/۸ درصد سطح حوضه را پوشش گیاهی مرتعی و بقیه را کشت دیم تشکیل می‌دهد. حوضه قوری‌چای از لحاظ مورفولوژی، دارای دو تیپ کوهستانی در جنوب و تپه ماهور و دشتی در شمال است. هر دو تیپ متشکل از واحدها و سنگ‌های رسوبی ماسه‌سنگی، کنگومرایی و شیلی است.

روش انجام تحقیق

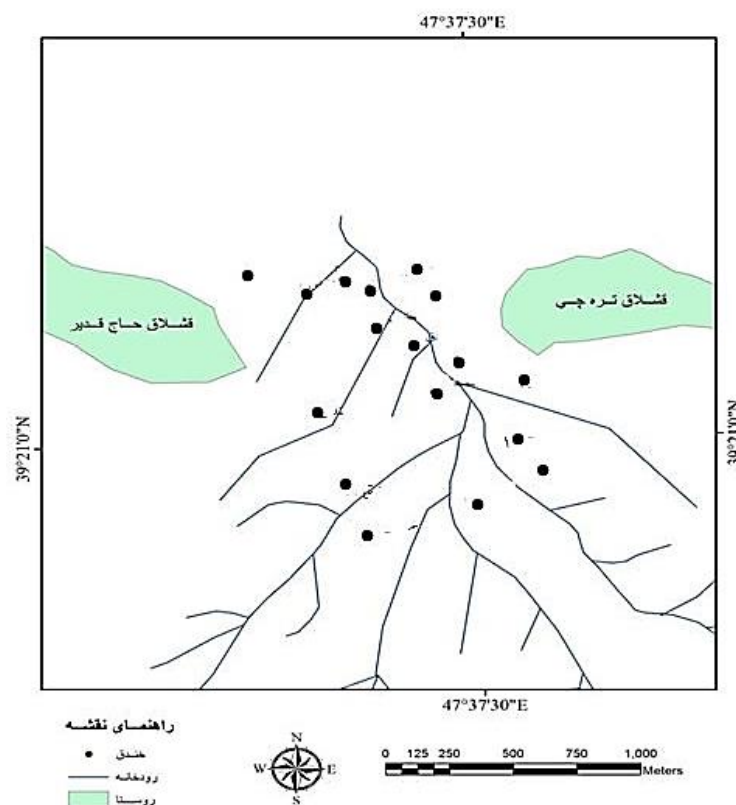
روش‌های به‌کار گرفته شده در تحقیق حاضر با توجه به نوع و ماهیت آن مبتنی بر استفاده از روش‌های کتابخانه‌ای، میدانی و آزمایشگاهی به شرح زیر بوده است:

الف) جمع‌آوری اطلاعات و آمار کمی و کیفی؛ ابتدا جمع‌آوری اطلاعات، گزارش‌های مطالعاتی، داده‌های هوا و اقلیم مربوط به حوضه آبخیز قوری‌چای به‌عنوان پهنه تحقیق صورت پذیرفت. جمع‌آوری موارد یاد شده با مراجعه به

خندق را در تخریب اراضی مشخص کرده است، بنابراین تحقیق با هدف بررسی نقش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک آبکند و عوامل زمین‌محیطی حوضه بالادست آن بر گسترش فرسایش آبکندی و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر گسترش طولی آبکند در منطقه قوری‌چای مغان انجام پذیرفته است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه به بررسی عوامل فرسایش آبکندی حوضه آبخیز بحرانی قوری‌چای واقع در شمال استان اردبیل (دشت مغان) پرداخته خواهد شد. حوضه آبخیز قوری‌چای به مساحت ۱۱۸۴۲/۷ هکتار در شرق روستای بران بالا و در فاصله ۲۰ کیلومتری مرز ایران و آذربایجان واقع شده است. محدوده حوضه از $37^{\circ} 12' 37''$ تا $39^{\circ} 21' 42''$ عرض شمالی و $47^{\circ} 35' 00''$ تا $47^{\circ} 45' 11''$ طول شرقی است (شکل ۱). بیشترین ارتفاع ۱۰۰۷ و کمترین ارتفاع آن معادل ۲۶۵/۵ متر از سطح دریا است. میانگین دمای سالانه هوا، $13/9$ درجه سانتی‌گراد، میانگین حداکثر آن، $19/7$ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل آن $8/7$ درجه



شکل ۲. نقشه پراکنش آبکندهای نمونه در حوضه آبخیز قوری چای

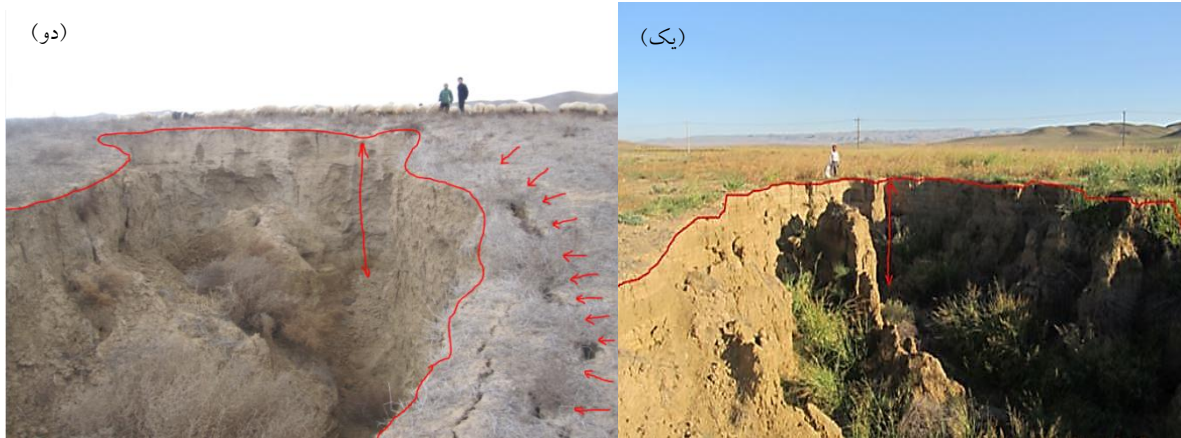
به طوری که بعد از وقایع بارندگی های بیش از ۱۵ میلی متر رخ داده در منطقه، در طول ۱۸ ماه اقدام به اندازه گیری ابعاد آبکندها می شد (شکل ۳). در این اندازه گیری ها عرض بالا، عرض پایین و عمق آبکندها برای محاسبه تغییرات حجم و سطح آبکندها و همچنین میزان عقب رفت طولی آبکندها، ثبت شده است. بدین صورت که با استفاده از متر نقشه برداری، طول هر آبکندها اندازه گیری شد. سپس در فواصل مشخص اقدام به پیکه کوبی و اندازه گیری عرض بالا، عرض پایین و عمق آبکندها در مکان های پیکه ها شد (شکل ۴). پس از اندازه گیری طول، عرض بالا، عرض پایین و عمق در نقاط پیکه ها، میزان سطح و حجم هر آبکندها تعیین شد. تغییرات اتفاق افتاده در مکان پیکه ها در مدت زمان پایش آبکندها ثبت شد و بدین وسیله تغییرات سطح، حجم و طول آبکندهای مورد مطالعه، اندازه گیری و ثبت شد.

(د) محاسبه عوامل زمین محیطی حوضه بالادست هر خندق: مناطق مشرف به هر شاخه آبکندها به کمک نرم افزار GIS،

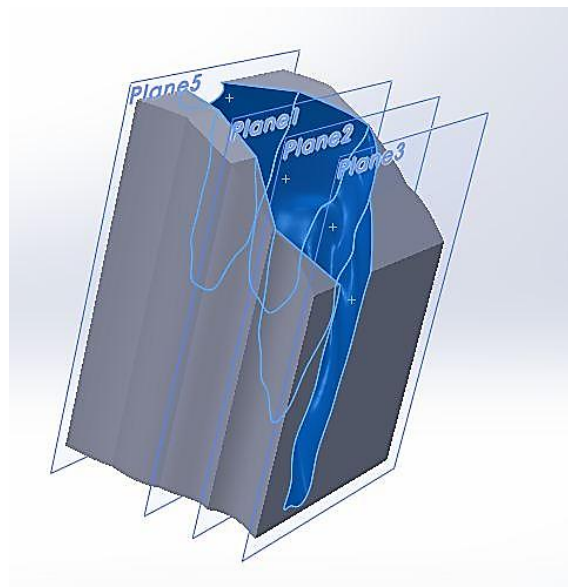
دستگاه های اجرایی و پژوهشی منابع طبیعی، آبخیزداری، هواشناسی و آب منطقه ای استان اردبیل انجام شد. نقشه های پایه منطقه تحقیق شامل: توپوگرافی، زمین شناسی، کاربری اراضی و پارامترهای زمین محیطی دیگر (هیپسومتری، شیب و جهت شیب) در محیط نرم افزار (ArcGIS) تهیه شدند.

(ب) انتخاب آبکندهای نمونه: از طریق بازدیدهای میدانی وضعیت و تیپ فرسایش های آبکندهای منطقه بررسی و ۱۷ عدد از آبکندهای موجود در منطقه به طور تصادفی از بین کلیه آبکندهای فعال مکان یابی و انتخاب شدند و به وسیله GPS موقعیت آنها در پهنه تحقیق ثبت شد (شکل ۲). پارامترهای مورفومتری آبکندهای انتخابی شامل سطح مقطع عرضی، طول، عرض بالا و پایین و عمق اندازه گیری شدند.

(ج) تهیه نقشه سیمای فرسایش و اندازه گیری تغییرات ابعاد آنها: از طریق نقشه برداری های زمینی در هفت مرحله زمانی تغییرات انجام شده در ابعاد فرسایش آبکندهای صورت پذیرفت.



شکل ۳. آبکند شماره یک و آبکند شماره دو (مونیتورینگ شده) در حوضه آبخیز قوری چای



شکل ۴. شماتیک موقعیت پیکه‌ها و نقشه‌بندی آبکند شماره یک

فرسایش آبکندی مورد آزمایش قرار گرفت. جهت تعیین ویژگی‌های خاکشناسی، اقدام به نمونه‌برداری از خاک در محل سرآبکندها شد. پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ویژگی‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده شامل بافت خاک، درصد رطوبت اشباع، درصد سنگریزه، پایداری خاکدانه، وزن مخصوص، درصد سیلت، درصد رس و درصد ماسه و ویژگی‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده شامل میزان املاح پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم، pH، EC، میزان آهنک، ماده آلی، نسبت

مرزبندی شدند و ویژگی‌های مورفومتری آنها شامل، مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، شیب آبراهه اصلی، ارتفاع متوسط، عرض متوسط، شیب متوسط و جهت غالب محاسبه شد. تهیه نمونه‌های خاک از آبکندها و تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آنها: تعداد ۳۴ نمونه خاک در قسمت هدکت از آبکندهای مورد مطالعه تهیه شد و ویژگی‌های فیزیکی (بافت خاک، وزن مخصوص، درصد تخلخل، آهنک و پایداری خاکدانه) و ویژگی‌های شیمیایی (مواد آلی، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم) مربوط به آنها در هر شاخه توسعه

جدول ۱. اطلاعات مربوط به میزان بارش اندازه‌گیری شده و تغییرات طول آبکند بعد از وقایع بارش

دوره اندازه‌گیری	میانگین بارش (میلی‌متر)	تغییرات طول آبکنداها (سانتی‌متر)																	
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	
اول	۶۸/۸	۲۵	۳۲	۴۰	۲۸	۶	۲۴	۲۳	۱۹	۵	۱۹	۲۳	۲۴	۶	۲۸	۴۰	۳۲	۲۵	۶۸/۸
دوم	۳۰/۱	۶	۱۶	۲۱	۱۴	۱	۸	۱۱	۳	۱	۳	۱۱	۸	۱	۱۴	۲۱	۱۶	۶	۳۰/۱
سوم	۷۸/۹۲	۳۶	۴۴	۴۶	۳۵	۸	۳۱	۲۱	۱۸	۲	۱۸	۲۱	۳۱	۸	۳۵	۴۶	۴۴	۳۶	۷۸/۹۲
چهارم	۵۷/۹	۱۶	۲۱	۲۸	۱۸	۱	۱۴	۱۳	۹	۱	۹	۱۳	۱۴	۱	۱۸	۲۸	۲۱	۱۶	۵۷/۹
پنجم	۷۸/۲۱	۲۲	۲۹	۳۵	۲۳	۱۳	۱۹	۲۹	۲۳	۳	۲۳	۲۹	۱۹	۱۳	۲۳	۳۵	۲۹	۲۲	۷۸/۲۱
ششم	۱۰۵/۳۴	۴۷	۵۳	۵۸	۴۲	۱۷	۴۲	۴۳	۴۵	۱۴	۳۷	۴۳	۴۵	۱۷	۴۲	۵۸	۵۳	۴۷	۱۰۵/۳۴
هفتم	۴۱/۴	۱۸	۳۵	۴۲	۳۰	۹	۲۱	۲۰	۲۱	۷	۱۷	۲۰	۲۱	۹	۳۰	۴۲	۳۵	۱۸	۴۱/۴
مجموع		۱۷۰	۲۳۰	۲۷۰	۱۹۰	۵۵	۱۶۲	۱۶۰	۱۲۶	۳۳	۱۸۹	۱۶۰	۱۶۲	۵۵	۱۹۰	۲۷۰	۲۳۰	۱۷۰	مجموع

(توسعه طولی فرسایش آبکندی) از طریق آزمون همبستگی پیرسون و به منظور مشخص کردن مهم‌ترین عوامل مؤثر در شکل‌گیری و توسعه فرسایش آبکندی، از آزمون رگرسیون چند متغیره استفاده شد.

نتایج

آبکنداها از پیچیده‌ترین اشکال خطی هستند که تحت عوامل کنترل‌کننده مختلف، طی چندین مرحله، و در طول زمان، تحول و رشد می‌یابند. مشخصات حوضه آبخیز مشرف به هریک از آبکنداها در جدول (۲) ارائه شده است. لازم به ذکر است برای انجام این محاسبات، در ابتدا حوضه مشرف به هر آبکند جدا و محاسبات مربوط صورت پذیرفت. ثبت تغییرات طول آبکند در طی هفت دوره پس از بارش‌های مؤثر در منطقه صورت پذیرفته است. در جدول (۳)، دامنه تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در آبکنداها مورد مطالعه آورده شده است.

نتیجه ماتریس همبستگی ایجاد شده بین گسترش طولی آبکند با عوامل زمین‌محیطی مربوط به حوضه آبخیز مشرف به هر آبکند، حاکی از آن است که رابطه عوامل مساحت حوضه آبخیز، محیط حوضه آبخیز، طول آبراهه اصلی و عرض متوسط

جذب سدیم و نسبت سدیم تبادل است. بافت خاک (روش هیدرومتری) (۱۸ و ۱۱)؛ کربن آلی (OC) (به روش والکی و بلاک) (۲۷)؛ آهک (با استفاده از روش کلسیمتری) اندازه‌گیری شد.

به منظور محاسبه رواناب در هر یک از حوضه‌های مشرف به آبکنداها، شماره منحنی این حوضه‌ها تعیین شد و برای برآورد حجم رواناب استفاده شد. در این روش ارتفاع رواناب تابعی از بارش‌های مختلف است (جدول ۱) و بر این اساس میزان رواناب (سیلاب)، نیز تابعی از بارندگی است.

ز) تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اجرای مراحل بالا و بررسی رابطه آنها با گسترش طولی آبکنداها: متغیرهای مستقل و وابسته مؤثر در توسعه فرسایش آبکندی در حوضه، برای تعیین و اندازه‌گیری مشخص و از هم تفکیک شدند. همان‌گونه که ذکر شد، گسترش طولی آبکند به‌عنوان متغیر وابسته و عوامل مربوط به حوضه آبخیز آبکنداها، ویژگی‌های آبکنداها و ویژگی‌های خاک به‌عنوان متغیرهای مستقل تعیین، اندازه‌گیری و محاسبه شدند. بررسی رابطه بین عوامل مذکور با تغییرات فرسایش آبکندی از طریق آزمون‌های همبستگی ساده و چندمتغیره صورت پذیرفت. رابطه بین هر یک از متغیرهای انتخابی مؤثر در توسعه فرسایش آبکندی با متغیر وابسته

جدول ۲. مشخصات حوضه آبخیز مشرف به هر آبکند

شماره آبکند	مساحت حوضه بالا دست (هکتار)	محیط (کیلومتر)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	عرض متوسط حوضه (کیلومتر)	شیب ناخالص آبراهه اصلی (درصد)	ارتفاع متوسط وزنی (متر)	شیب متوسط وزنی (درصد)	جهت غالب حوضه
۱	۹۲	۵/۴۶	۲/۳۷	۰/۴	۰/۰۱۲	۲۸۸/۸۹	۳/۱۱	E
۲	۱۷۳	۹/۲۷	۴/۳۶	۰/۳۶	۰/۰۱	۲۹۶/۰۸	۵/۹۲	NE
۳	۱۹۸	۸/۲	۳/۳۹	۰/۶۱	۰/۰۱۸	۲۹۵/۱۱	۴/۴۴	P
۴	۵۳	۳/۰۶	۱/۳۱	۰/۳۶	۰/۰۴۷	۳۰۷/۰۳	۴/۳۶	N
۵	۷	۱/۲۲	۰/۴۸	۰/۱۵	۰/۰۷۲	۲۷۴/۴۳	۳/۶	S
۶	۳۷	۳/۴۵	۱/۶	۰/۲۲	۰/۰۲۴	۲۹۶/۶۳	۴/۵۶	N
۷	۴۹	۴/۷۷	۲/۱۹	۰/۲۲	۰/۰۱۸	۳۰۳/۷۱	۶/۸	SW
۸	۱۳	۲/۱۴	۰/۸۷	۰/۱۳	۰/۰۲۲	۲۹۴/۶۵	۷/۳	NW
۹	۶	۱/۰۳	۰/۳۸	۰/۱۴	۰/۰۵۶	۲۹۳/۹۴	۶/۵۴	S
۱۰	۵۲	۳/۱۹	۱/۴۳	۰/۳۲	۰/۰۲۹	۳۰۹/۴	۷/۴۳	NE
۱۱	۱۵۲	۷/۱۳	۲/۹۶	۰/۵۸	۰/۰۲۶	۳۲۸/۵۸	۵/۰۵	P
۱۲	۴۸	۲/۹۵	۲/۱۱	۰/۲۶	۰/۰۳۴	۳۵۱/۴	۳/۹۸	N
۱۳	۲۶	۲/۳۰	۰/۸۱	۰/۲۴	۰/۰۵۲	۳۵۸/۲۰	۴/۰۶	SW
۱۴	۴۵	۴/۴۰	۱/۸۷	۰/۲۰	۰/۰۲۴	۳۴۹/۱۹	۳/۸۶	N
۱۵	۴۴	۴/۵۴	۲/۰۷	۰/۲۷	۰/۰۲۳	۳۶۷/۰۵	۵/۲۹	S
۱۶	۱۱	۱/۹۸	۰/۷۲	۰/۱۴	۰/۰۳۱	۳۷۲/۳۱	۶/۱۸	NW
۱۷	۱۷	۲/۱۱	۰/۶۲	۰/۱۹	۰/۰۴۷	۳۷۰/۲۱	۷/۰۵	S

N: شمال، E: شرق، S: جنوب، W: غرب، P: بدون جهت، NE: شمال شرقی، SW: جنوب غربی، NW: شمال غربی، NE: شمال شرقی

آبکند، رابطه معنی‌داری به‌دست نیامد (جدول ۵). با توجه به جدول (۶) ماتریس همبستگی ایجاد شده بین گسترش طولی فرسایش آبکندی و ویژگی‌های خاک، بین میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها (GMD) با گسترش طولی آبکند، رابطه منفی و معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد. همچنین بین پارامترهای آهک (CaCO_3) و درصد ماده آلی با گسترش طولی آبکند، رابطه منفی و معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده می‌شود. بین دیگر پارامترها رابطه معنی‌داری مشاهده نشد.

بررسی رابطه بین حجم رواناب در فواصل بین دوره‌های اندازه‌گیری با گسترش طولی فرسایش آبکندی نشان می‌دهد که

حوضه با گسترش طولی آبکند مثبت و در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. رابطه شیب آبراهه اصلی منفی و در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود ولی بین ارتفاع متوسط حوضه و شیب متوسط حوضه با گسترش طولی آبکند، رابطه معنی‌داری به‌دست نیامد (جدول ۴).

بررسی رابطه بین گسترش طولی فرسایش آبکندی با مشخصات ابعادی آبکندهای مورد مطالعه نشان می‌دهد که بین عوامل میانگین سطح مقطع، سطح گسترش و میانگین عرض آبکند با گسترش طولی آبکند، رابطه منفی و معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد برقرار است ولی بین عوامل طول، میانگین عمق، حجم و نسبت عرض به عمق آبکند با گسترش طولی

جدول ۳. دامنه تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در آبکندهای مورد مطالعه

ویژگی	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر لیتر)	۰/۶	۴/۹۶	۲/۰۶	۱/۴۶
اسیدیته	۷/۲۶	۷/۹۴	۷/۷۳	۰/۱۷
نسبت جذب سدیم	۰/۴۲	۱۲/۱۲	۴/۹۹	۲/۹۴
منیزیم (پی‌پی‌ام)	۶	۲۴/۸	۱۴/۷۲	۴/۴۳
کلسیم (پی‌پی‌ام)	۲۰	۳۶	۲۵/۲۱	۴/۴۶
پتاسیم (پی‌پی‌ام)	۲۰/۹۳	۲۹۴/۰۸	۱۲۵/۳۴	۹۶/۵۵
سدیم (پی‌پی‌ام)	۴/۲	۶۱/۱۱	۲۴/۲۳	۱۳/۶۸
کربن (درصد)	۰/۳۲	۰/۵۵	۰/۴۳	۰/۰۶
سیلت (درصد)	۸	۶۶	۳۹/۶۴	۲۰/۲۶
رس (درصد)	۷	۲۹	۱۶/۷۶	۷/۷۷
شن (درصد)	۱۵	۷۷	۴۳/۵۸	۱۹/۵۲
MWD (میلی‌متر)	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۰۸۴	۰/۰۳۶

MWD: شاخص میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها

جدول ۴. ماتریس همبستگی بین گسترش طولی فرسایش آبکندهای با عوامل زمین‌محیطی حوضه بالادست آبکندها

همبستگی	مساحت حوضه	محیط حوضه	طول آبراهه اصلی	عرض متوسط حوضه	شیب آبراهه اصلی	ارتفاع متوسط حوضه	شیب متوسط حوضه
گسترش طولی آبکند	۰/۸۴**	۰/۸۴**	۰/۸۲**	۰/۸۶**	-۰/۷۳*	۰/۴۸	-۰/۳۸
P_value	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵	۰/۱۵۵	۰/۲۷۴

** : همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد و * : همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد

جدول ۵. ماتریس همبستگی بین گسترش طولی فرسایش آبکندهای با ویژگی‌های ابعادی آبکندها

همبستگی	میانگین سطح مقطع	سطح گسترش	طول آبکند	میانگین عمق آبکند	میانگین عرض آبکند	حجم آبکند	عمق/عرض
گسترش طولی آبکند	-۰/۶۹*	-۰/۶۱*	-۰/۱۸	-۰/۳۴	-۰/۶۳*	-۰/۳۵	۰/۰۱
P_value	۰/۰۱۷	۰/۰۴۶	۰/۵۹	۰/۲۹	۰/۰۳	۰/۲۸	۰/۹۷

** : همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد و * : همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد

در کلیه دوره‌های مورد پایش، بین میزان رواناب با گسترش طولی آبکند، رابطه مستقیم و معنی‌داری برقرار است. این امر نشان می‌دهد که با افزایش میزان رواناب، احتمال عقب‌رفت طولی آبکندهای مورد پایش، بین میزان رواناب با گسترش طولی آبکند بیشتر می‌شود. (جدول ۷).

نتایج حاصل از ایجاد رابطه رگرسیونی چند متغیره بین گسترش طولی آبکند با عوامل زمین‌محیطی و ویژگی‌های

جدول ۶. ماتریس همبستگی بین گسترش طولی فرسایش آبکندی با مشخصات خاک در عمق (۳۰-۶۰) سانتی‌متر

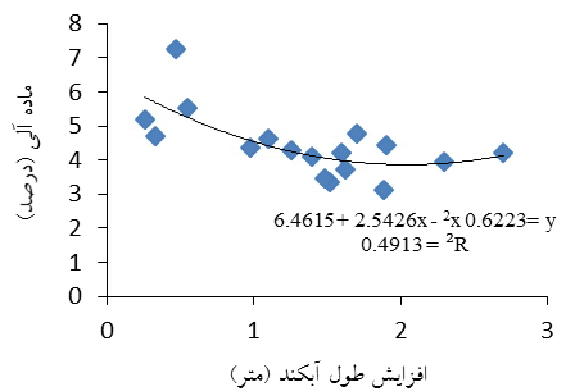
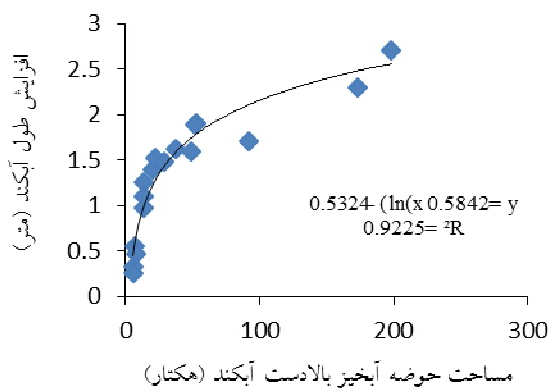
همبستگی	PH	O.M	CaCo ₃	Na	K	Ca	Mg	ESP
گسترش طولی آبکند	۰/۰۰۱	-۰/۶۷*	-۰/۶۵*	-۰/۲۱	-۰/۱۱	۰/۰۲	-۰/۳	-۰/۱۳
P_value	۰/۹۹	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۳۹	۰/۶۵	۰/۹۱	۰/۲۲	۰/۰۶
همبستگی	Ec	GMD	DB	%OM	%Pebbles	%Sand	%Clay	%Silt
گسترش طولی آبکند	۰/۲۷	-۰/۸۲**	-۰/۱۴	۰/۱۷	-۰/۲۷	-۰/۰۷	۰/۲۶	۰/۰۰۱
P_value	۰/۲۹	۰/۰۰۳	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۲۹	۰/۸۳	۰/۴۶	۰/۹۹

** همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد و * همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد

جدول ۷. ماتریس همبستگی بین گسترش طولی آبکند با حجم رواناب در فواصل بین دوره‌های اندازه‌گیری

همبستگی	دوره اول	دوره دوم	دوره سوم	دوره چهارم	دوره پنجم	دوره ششم	دوره هفتم	کل دوره
گسترش طولی آبکند	۰/۷۹**	۰/۷۱*	۰/۸*	۰/۷۵*	۰/۶۶*	۰/۷۸**	۰/۸۱*	۰/۸۲**
P_value	۰/۰۰۶	۰/۰۱۹	۰/۰۰۵	۰/۰۱۲	۰/۰۳۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳

** همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد و * همبستگی معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد



شکل ۵. نمودار پراکنش مساحت حوضه آبخیز بالادست آبکند و درصد ماده آلی نسبت به افزایش طول خندق

بالادست آبکند و درصد ماده آلی نسبت به افزایش طول خندق، نشان‌دهنده ارتباط بسیار قوی بین مساحت مشرف به هر خندق با گسترش طولی آن است. همچنین با افزایش ماده آلی گسترش طولی خندق با یک ارتباط نسبتاً قوی کاهش یافته است.

فیزیکوشیمیایی خاک، نشانگر تبعیت گسترش طولی آبکندها در منطقه مورد مطالعه، از مساحت پیرامون هر آبکند و میزان ماده آلی خاک، در محل تشکیل آبکندها است که بر روی گسترش طولی آبکند در طول دوره اندازه‌گیری مؤثر هستند.

$$L_{eg} = 0.008 A_w - 2/81 OM + 3/17 \quad [1]$$

$$R^2 = 0.96, R = 0.92, Adj_R^2 = 0.9$$

$$std.error = 0.22, F = 42/34, P_value = 0.00001$$

در شکل (۵) نمودار پراکنش مساحت حوضه آبخیز

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تحقیق و بررسی مجموع عوامل مؤثر در گسترش فرسایش خندقی در حوضه آبخیز

قوری‌چای در کل نتایجی که به دست آمده به ترتیب زیر ارائه می‌شود:

نتایج ماتریس همبستگی ایجاد شده بین گسترش طولی آبکند با عوامل مربوط به حوضه آبخیز مشرف به هر آبکند، نشان داد، رابطه عوامل مساحت حوضه آبخیز، محیط حوضه آبخیز، طول آبراهه اصلی و عرض متوسط حوضه با گسترش طولی آبکند مثبت و در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. رابطه شیب آبراهه اصلی با گسترش طولی آبکند منفی و در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بود. این نتیجه نشان می‌دهد که با افزایش مساحت و دیگر پارامترهای مرتبط به حوضه آبخیز بالادست، میزان رواناب ورودی از قسمت هدکت خندق‌ها افزایش یافته و در نتیجه عقب‌رفت طولی آبکندها افزایش می‌یابد. احمدی (۱)، قدوسی (۸)، صیادی (۶) و مورگان (۲۳) نیز در مطالعات خود مساحت حوضه آبخیز بالادست را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در گسترش فرسایش آبکنندی دخیل دانسته‌اند، همچنین با توجه به رابطه معنی‌دار و معکوس شیب آبراهه اصلی با گسترش طولی آبکند، در اراضی پایین دست و شیب‌های کم آبراهه، عقب‌رفت طولی خندق‌ها سبب گسترش آبکندهای زیاد و بزرگ در بخش انتهایی و کم شیب حوضه مورد مطالعه خواهد شد. در واقع با افزایش شیب ضخامت سازندهای سطحی سست کاهش یافته و به دنبال آن افزایش طول و همچنین تعداد آبکندها کاهش یافته است. این نتیجه با نتایج وفاخواه و نورمحمدی (۱۴)، رستمی‌زاده و همکاران (۴) و زینک و همکاران (۲۹) در خصوص نقش شیب در گسترش فرسایش آبکنندی همخوانی دارد.

بررسی رابطه گسترش طولی فرسایش آبکنندی با مشخصات مرفومتری آبکندهای مورد مطالعه نشان می‌دهد که بین عوامل میانگین سطح مقطع آبکند، سطح گسترش آبکند و میانگین عرض آبکند با گسترش طولی آبکند، رابطه معکوس و معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. سلیمانپور و همکاران (۵) در مطالعات خود عواملی نظیر طول، عرض و عمق آبکند را به‌عنوان متغیرهای مستقل در مقابل حجم آبکند به‌عنوان متغیر

وابسته، بررسی کردند اما به روابط معنی‌داری دست نیافتند. با توجه به اینکه آبکندهای انتخاب شده، برای مطالعه دارای ابعاد مختلف هستند، هرچه آبکندها دارای ابعاد کوچک‌تری باشند، چون در مراحل اولیه تشکیل و گسترش هستند، بنابراین با سرعت بیشتری پس‌رفت و گسترش طولی نشان می‌دهند ولی آبکندهای با ابعاد بزرگ‌تر، به دلیل اینکه به تثبیت نزدیک‌تر می‌شوند، نسبت به آبکندهای جدیدتر با سرعت کمتری عقب‌رفت و گسترش طولی دارند.

نتایج بررسی رابطه بین گسترش طولی فرسایش آبکنندی و ویژگی‌های خاک نشان داد که بین میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها با گسترش طولی آبکند، رابطه منفی و معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود دارد. همچنین بین پارامترهای آهک و درصد ماده آلی با گسترش طولی آبکند، رابطه منفی و معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. این نتیجه نشان می‌دهد که با افزایش هریک از این پارامترها، احتمال کاهش سرعت پس‌رفت آبکند بیشتر می‌شود. به‌طوری‌که افزایش میانگین هندسی قطر خاکدانه‌ها باعث ایجاد پایداری در خاکدانه‌ها و در نتیجه افزایش مقاومت خاک در برابر فرسایش می‌شود. همچنین افزایش آهک و ماده آلی نیز سبب بهبود خاکدانه و ایجاد چسبندگی در خاک می‌شود که بهبود شرایط خاک و افزایش مقاومت آن در مقابل نیروی برشی آب را سبب می‌شود.

نتایج بررسی رابطه بین گسترش طولی آبکند با میزان رواناب نشان داد که بین حجم رواناب در فواصل بین دوره‌ها و در کل دوره اندازه‌گیری با گسترش طولی آبکند، رابطه مستقیم و معنی‌داری برقرار است. این امر نشان‌دهنده نقش رواناب در گسترش فرسایش آبکنندی در حوضه آبخیز قوری‌چای است، به‌طوری‌که با افزایش میزان رواناب، شاهد گسترش شدیدتر این فرسایش در منطقه خواهیم بود. ثروتی و همکاران (۲)، ثقفی و اسماعیلی (۳) و گابریس و همکاران (۲۱) نقش مستقیم رواناب را در گسترش فرسایش آبکنندی بیان کرده‌اند. نورمحمدی همکاران (۱۳) بین گسترش فرسایش آبکنندی و ویژگی‌های

رواناب، به رابطه معنی‌داری دست نیافته‌اند. رابطه رگرسیون به دست آمده برای گسترش طولی آبکند با عوامل مورد بررسی در این تحقیق نشان می‌دهد که در این رابطه، مساحت حوضه آبخیز بالادست آبکندها و درصد ماده آلی دخیل هستند. درصد ماده آلی، مؤثرترین پارامتر دخیل در رابطه است که نشان‌دهنده نقش ویژگی‌های خاک در گسترش فرسایش آبکندی در این حوضه است. مساحت حوضه آبخیز نیز نشان‌دهنده نقش عوامل مربوط به فیزیوگرافی حوضه آبخیز در گسترش آبکندها است. در رابطه به دست آمده با افزایش ماده آلی و کاهش سطح آبخیز مشرف به آبکندها، احتمال عقب‌رفت طولی آبکند کاهش می‌یابد. زیرا ماده آلی، سبب ایجاد چسبندگی و اصلاح خاکدانه‌ها شده و مقاومت خاک را در برابر فرسایش افزایش می‌دهد. مقیمی و قدسی (۱۲) نیز کاهش ماده آلی و به تبع آن کاهش پوشش گیاهی را در گسترش آبکندها مؤثر دانسته‌اند. مساحت رابطه مستقیمی با گسترش طولی آبکند نشان می‌دهد، به طوری که با افزایش مساحت آبخیز بالادست آبکندها، میزان رواناب افزایش و به تبع آن احتمال عقب‌رفت طولی آبکند بیشتر می‌شود.

نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط حجم آبکندهای مورد مطالعه، ۷۲۲ مترمکعب بود که به طور میانگین سالانه ۱/۵۸ متر گسترش طولی دارند. این امر بیان‌کننده تهدید بسیار جدی برای اراضی مرتعی و بسیار مرغوب حوضه است، با توجه به اینکه طرح‌های آبرسانی به حوضه در حال انجام است، اهمیت این امر و تخریب اراضی هموار و مساعد برای کشاورزی، بیش از پیش نگران‌کننده است. علاوه بر این، متوسط عمق آبکندهای مورد مطالعه، ۲/۵۸ متر است که بیان‌کننده از دست رفتن خاک مرغوب و با ارزش حوضه است. بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق و اثبات نقش بسیار مهم و تأثیرگذار ماده آلی و مساحت حوضه آبخیز مشرف به هر خندق، از بین عوامل و پارامترهای بسیار زیاد بررسی شده، بهتر است تا مسئولین امر در راستای بهبود شرایط خاک منطقه و جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی، نسبت به مدیریت چرا و دام در حوضه اقدام کنند تا از فشار بیشتر بر مراتع و تخریب هرچه بیشتر توسط فرسایش خندقی جلوگیری شود. همچنین با توجه به گسترش سریع و شدید خندق‌هایی که دارای حوضه‌های آبخیز بزرگ‌تری هستند، اقدامات اصلاحی لازم در این خندق‌ها در اولویت قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ح. ۱۳۷۸. ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱ (فرسایش آبی)، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. ثروتی، م.، ج. قدوسی و م. دادخواه. ۱۳۸۷. عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش فرسایش آبکندی در لس‌ها. مجله پژوهش و سازندگی ۳۳-۲۰.
۳. ثقفی، م. و ر. اسماعیلی. ۱۳۸۸. تحلیل‌های مورفومتری عوامل تشکیل و تحول آبکندها در حوضه آبریز شاخن (استان خراسان جنوبی). مجله جغرافیا و توسعه ۱۵: ۱۵۰-۱۳۳.
۴. رستمی‌زاد، ق.، م. توکلی، ع. ا. نظری سامانی. ۱۳۹۴. تعیین محل رخداد فرسایش آبکندی براساس آستانه ژئومورفولوژیک و عوامل مؤثر بر آن (مطالعه موردی: چم‌زاب دره‌شهر، ایلام)، مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی (۱) ۵۷-۴۴.
۵. سلیمانپور، س.، م. صوفی و ح. احمدی. ۱۳۸۸. تعیین عوامل مؤثر بر گسترش آبکندها در منطقه کنار تخته استان فارس. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۳: ۱۴۱-۱۳۱.
۶. صیادی، م. ۱۳۸۵. بررسی اثر برخی از عوامل مؤثر بر توسعه فرسایش آبکندی در سازند لسی (مطالعه موردی حوضه آبخیز آق امام کچیک استان گلستان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۷. عرب قشقای، ز.، د. نیک‌کامی و ص. شادفر. ۱۳۸۹. بررسی عوامل مؤثر بر وقوع فرسایش آبکندی حوضه طرود، ششمین همایش

- ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و چهارمین همایش ملی فرسایش و رسوب، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۸. قدوسی، ج. ۱۳۸۲. مدل‌سازی مورفولوژی فرسایش آبکندی و پهنه‌بندی خطر آن (مطالعه موردی در آبخیز زنجانرود)، پایان‌نامه دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۹. قدیری، ح. ۱۳۷۲. *حفاظت خاک* (ترجمه)، انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز.
۱۰. قرلی، ح. ر. م. فتاحی و م. صوفی. ۱۳۸۴. بررسی خصوصیات اقلیمی و مورفولوژیکی آبکندهای استان قم. مجموعه مقالات مدل‌ها و روش‌های اندازه‌گیری و برآورد فرسایش و رسوب. تهران.
۱۱. موحدی نائینی، س. ع. و م. رضایی. ۱۳۸۷. *فیزیک خاک (مبانی و کاربرد)*، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۱۲. مقیمی، ا. م. قدسی. ۱۳۹۳. بررسی عوامل محیطی درونی مؤثر بر شکل‌گیری و گسترش خندق، *پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)* ۱۰۳: ۱۱۳-۱۲۲.
۱۳. نور محمدی، ف.، س. صادقی، م. صوفی و ب. یثربی. ۱۳۸۸. ارزیابی ارتباط بین متغیرهای اصلی رواناب و فرسایش آبکندی در حوضه آبخیز مرتعی دره شهر. *مجله علمی پژوهشی مرتع* ۳(۳): ۵۳۳-۵۴۵.
۱۴. وفاخواه، م. و ف. نورمحمدی. ۱۳۸۷. پراکنش فرسایش آبکندی در شهرستان دره شهر (واقع در استان ایلام). پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، گرگان.
۱۵. یمانی، م. س. م. زمان‌زاده و م. احمدی. ۱۳۹۲. تحلیل عوامل مؤثر بر شکل‌گیری و توسعه فرسایش آبکندی (مطالعه موردی: حوضه دشت کهور در استان فارس)، *مجله کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی* ۱(۱): ۸۴-۵۳.
۱۶. یوسفوند، ش.، م. حبیب‌نژاد، ک. سلیمانی و م. رضایی پاشا. ۱۳۹۲. تأثیر عوامل خاکی و زمین‌شناسی بر روی فرسایش آبکندی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سیف آباد-لرستان)، *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک* ۱۷(۶۵): ۱۳۹-۱۵۱.
17. Bean, T. A., P. D. Sumner, R. Boojhawon, V. Tatayah, A. K. Khadun, D. W. Hedding, S. D. D. V. Rughooputh and W. Nel. 2017. Bedrock-incised gully erosion phenomena on Round Island, Mauritius. *CATENA* 151: 107-117.
18. Bouyoucos, G. j. 1962. Hydrometer Method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 54: 464-465.
19. Day, R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, PP: 545-566. In: C. A. Black et al (Ed.). *Method of Soil Analysis*. ASA. Madison, WI.
20. Fernandes, J., C. Bateira, L. Soares, A. Faria, A. Oliveira, C. Hermenegildo, R. Moura and J. Gonçalves. 2017. SIMWE model application on susceptibility analysis to bank gully erosion in Alto Douro Wine Region agricultural terraces. *CATENA* 153: 39-49.
21. Gabris, G. Y., A. Kertesz and L. Zambo. 2003. Land use change and gully formation over the last 200 years in a hilly catchment. *Catena* 50: 151-164.
22. Jinshi, L., H. Yanhe, Z. Gan, J. Fangshi, W. Ming-kuang and G. Hongli. 2017. Flow-driven soil erosion processes and the size selectivity of eroded sediment on steep slopes using colluvial deposits in a permanent gully Original Research Article. *CATENA* 157: 47-57.
23. Morgan, R. P. C. 1996. *Soil Erosion and Conservation*, Second Edition, Silos College, Grandfield University. Norway.
24. Paul, N. M. and D. Sumner. 2017. Gully erosion: A comparison of contributing factors in two catchments in South Africa original research article. *Geomorphology* 288: 99-110.
25. Poesen, J., J. Nachtergaele, G. Verstraeten and C. Valentin. 2003. Gully erosion and environment change: importance and research needs. *Catena* 50: 91-133.
26. Raffaello, B. and E. Reis. 2016. Controlling factors of the size and location of large gully systems: A regression-

- based exploration using reconstructed pre-erosion topography. *CATENA* 147: 621-631.
27. Walkey, A. and A. I. Black. 1934. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science* 37: 28-35.
28. Wasson, R. J., L. J. Olive and C. J. Rosewell. 1996. Rates of Erosion and Sediment Transport in Australia, IAHS Publications. Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives. Proceedings of the Exeter Symposium. IAHS Publ. no. 236: 199.
29. Zinck, A., J. Lopez, G. I. Metternich, D. P. Shrestha and L. Vazquez-Selem. 2001. Mapping and modelling mass movement and gullies in mountainous areas using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information* 3(1): 44-53..

The Role of Physicochemical Characteristics of Gully Soil and Environmental Factors of its Upper-Catchment Area in the Expansion of Gully Erosion

B. Farid Giglou* and R. Ghazavi¹

(Received: June 30-2017 ; Accepted: November 21-2017)

Abstract

In this research, a regression model was introduced to study the mechanisms of the formation of gullies in the Quri Chay watershed, northern Ardebil province (Moghan Plain); this was done through investigating the effective factors of geo-environment and soil characteristics on the gully erosion. For this purpose, 17 gullies were randomly assigned through field surveys. Mapping and recording the morphometric of the selected gullies were performed by GPS positioning after seven rainfall events. The catchment-upper area of each gully was determined and its related physical parameters were calculated in order to investigate the effect of the physical characteristics of the catchment. Soil sampling was also done at the head of each gully at two different depths (30-30 and 60-30 cm) in order to determine the physical and chemical characteristics of the soil. According to measurement of the morphometric characteristics of the gully and soil characteristics through multivariate analysis of the data, a suitable regression model was developed for the longitudinal development of erosion after determining and calculating environmental factors related to the upper catchment of the gullies. The results of the correlation matrix between the longitudinal extension of the gully and the factors investigated indicated that the factors related to the physical characteristics of the beside watershed (area, perimeter, main stream length and average width of the catchment, main stream slope), gully morphometric characteristics (mean of gully cross section, the gully expansion area, and the gully average width) and soil characteristics (geometric mean of the aggregates diameter, lime, organic matter percentage) affected the formation and expansion of gully erosion in the Quri chay catchment. The results of regression analysis showed that the longitudinal expansion of the gully was mostly influenced by the area around each gully and the percentage of organic matter, which resulted in pressure on the rangeland and the loss of vegetation, which increased runoff and accelerated the lengthwise expansion of the gully. Also, the increase in the area of the beside catchment the gullies is known as one of the factors influencing the length of the gully, due to the high volume of runoff entering the head cut section; so it is necessary to manage runoff in the gully with the large beside catchment.

Keywords: Gully erosion, Soil characteristics, Regression model, Gully longitudinal development, Quri chay catchment

1. Department of Watershed Management Sciences and Engineering, Faculty of Natural and Environmental Sciences, Kashan University, Kashan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: behnam.farid65@gmail.com