

تعیین عوامل مؤثر بر گسترش آبکندهای حوزه‌ی آبخیز مدرس شوشتر

فریدون سلیمانی^۱ - مجید صوفی^{۲*} - عزیز ارشم^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۴

چکیده

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز شهید مدرس شوشتر می‌باشد که بخش‌های زیادی از اراضی کشاورزی آن مورد تهدید فرسایش آبکندی واقع شده است. هدف از این تحقیق شناسایی عوامل مؤثر در پیشروی طولی فرسایش آبکندی و مدل‌سازی آن می‌باشد. به همین منظور ابتدا نقشه پراکنش اقلیمی و آبکندی استان تهیه و سپس از هر طبقه اقلیمی یک حوزه آبخیز که دارای بیش‌ترین خسارات فرسایش آبکندی بود انتخاب شد و در نهایت حوزه آبخیز هدام از طبقه اقلیمی گرم- خشک بیابانی و حوزه آبخیز شریف از طبقه اقلیمی گرم- نیمه خشک انتخاب شد و از هر حوزه آبخیز ۱۵ عدد آبکند انتخاب و پارامترهای مختلف در این آبکندها بررسی و اندازه‌گیری شد. در نهایت رابطه بین پیشروی طولی آبکند با ویژگی‌های آبخیز، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، درصد پوشش گیاهی، سنگ‌ریزه، خاک لخت، لاشبرگ، شیب، مساحت بالای پیشانی آبکندها، بارندگی و مساحت کاربری‌های مختلف در طی یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۹۱-۱۳۷۲) مورد بررسی قرار گرفت. مدل‌سازی پیشروی آبکند با استفاده از رگرسیون چندمتغیره در نرم‌افزار SPSS با استفاده از روش گام به گام انجام گردید. نتایج حاکی از این است که در حوزه آبخیز هدام بیش‌ترین رشد طولی آبکند در دوره بررسی، مربوط به آبکند شماره A17 به میزان ۷۸/۸ متر است و آبکند B2 کم‌ترین میزان رشد طولی را به میزان ۳/۸ متر داشته است. در حوزه آبخیز شریف بیش‌ترین رشد طولی آبکند مربوط به آبکند شماره B3 به میزان ۱۰۸/۱ متر و آبکند B4 کم‌ترین میزان رشد طولی به میزان ۱۰/۱ متر را در طی این ۲۰ سال داشته است. نتایج حاصل از خوشه‌بندی آبکندها نشان داد که آبکندهای حوزه آبخیز هدام در دو خوشه و آبکندهای حوزه آبخیز شریف در سه خوشه قرار گرفتند. معادله نهایی برای گسترش طولی آبکندهای هدام در خوشه یک نشان می‌دهد که میزان گسترش طولی تابع سه متغیر مساحت بالای نقطه اولیه (X4)، درصد خاک لخت (X6) و شیب نقطه اولیه (X2) است. در خوشه دو، میزان گسترش طولی تابع دو متغیر درصد سیلت (X18) و مقدار اسیدیته (X23) است. معادله نهایی برای پیشرفت آبکندهای شریف در خوشه یک نشان می‌دهد که میزان پیشرفت تابع مساحت بالای پیشانی (X3) است. در خوشه دو، میزان پیشرفت تابع دو متغیر مساحت بالای نقطه اولیه (X4) و سدیم (X22) است.

واژه‌های کلیدی: آنالیز خوشه‌ای، حوزه آبخیز هدام و شریف، خوشه بندی آبکند، فرسایش آبکندی

مقدمه

اراضی مستعد کشاورزی می‌باشد که فرسایش آبکندی بخش‌های زیادی از این اراضی را تخریب می‌کند. یکی از حوضه‌های مهم و معرف استان که بخش‌های زیادی از اراضی کشاورزی آن مورد تهدید فرسایش آبکندی واقع شده است حوزه آبخیز شهید مدرس شوشتر می‌باشد. پیشروی فرسایش آبکندی در این حوضه باعث از بین رفتن اراضی کشاورزی و در نتیجه ترک کردن کار کشاورزی از سوی زارعین منطقه شده که در نهایت فقر و مهاجرت به شهرها و... از تبعات اجتماعی آن خواهد بود. آبکند مشهودترین شکلی از فرسایش خاک است که بر توان تولیدی خاک و محدود کردن استفاده از زمین اثر گذاشته و می‌تواند تهدیدی برای جاده‌ها، اراضی کشاورزی و ساختمان‌ها باشد (۵). انجمن علوم خاک امریکا (۲۵) آبکند را کانالی با عمق ۰/۵ تا ۳/۰ متر در اراضی زراعی تعریف کرده که با استفاده از ادوات معمول کشاورزی قابل حذف نیستند این نوع آبکند را آبکند

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶/۴ میلیون هکتار، دارای

- ۱- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، پژوهشگر بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران
 - ۲- دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
- *- نویسنده مسئول: (Email: majidsoufi2@gmail.com)
- ۳- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

DOI: 10.22067/jsw.v31i5.63329

ایجاد شده در اراضی کشاورزی واقع در کمربند لسی بلژیک را مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها با بررسی تغییرات در یک دوره ۱۳ ساله بیان می‌کنند که طول، مساحت بالادست و حجم آبکند در طول زمان بصورت یک رابطه توانی معکوس تکامل می‌یابند. پژوهش‌های متعدد حاکی از این است که با افزایش مقدار رس خاک، رشد حجمی آبکند کاهش می‌یابد. ریزدانه بودن ذرات تشکیل دهنده سازند زمین‌شناسی مانند سیلت و شن، بستر بسیار مناسبی برای پیشروی آبکندهاست (۱۴). طی پژوهشی در منطقه دره شهر ایلام مشخص گردید که آبکندها در شیب‌های کمتر از ۱۰ درصد ایجاد شده و درصد رس عامل مهمی در توسعه آبکند است (۲۰). در پژوهشی دیگر احمدی و محمدی (۲) عوامل مؤثر بر رشد و توسعه آبکند را در حوزه آبخیز حبله رود مورد مطالعه قرار دادند. ایشان با مقایسه عکس‌های هوایی طی دوره زمانی ۱۳۳۸ تا ۱۳۸۴ به این نتیجه رسیدند که عوامل مساحت بالادست آبکند، درصد نمک‌های محلول خاک و میزان رس به ترتیب بیش‌ترین معنی‌داری را با میزان گسترش آبکندها داشته‌اند.

نظری سامانی و همکاران (۱۸) در حوزه آبخیز سمل در بوشهر شرایط تشکیل آبکند را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها با استفاده از بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی و همچنین مدل ارتفاعی رقومی تعداد ۹۷ بالاکند فعال را شناسایی کرده و بر اثر فرآیند غالب تشکیل آن‌ها را در سه گروه با منشأ پایینی، لغزش و رواناب سطحی تقسیم کردند. نتایج نشان داد که در ارتباط با منشأ پایینی، خصوصیات خاک (EC، SAR، و بافت خاک) و کاربری اراضی مهم‌ترین عوامل هستند. برای منشأ لغزش، شیب‌های بالا (۴۰-۲۸ درصد)، سازندهای حساس و وجود لایه ماسه در نیمرخ خاک مؤثر می‌باشند و در مورد منشأ رواناب سطحی که بیش‌تر در اراضی مرتعی ایجاد شده رابطه معنی‌دار و قوی بین شیب و مساحت بالادست آبکند وجود دارد که از این رابطه می‌توان برای پیش‌بینی مناطق مستعد توسعه فرسایش آبکندهای استفاده کرد. نظری سامانی و همکاران (۱۹) با مطالعه پارامترهای محیطی توسعه آبکندها در حوزه حبله رود بیان می‌کنند که شیب بالادست آبکند و املاح موجود در خاک دو عامل مهم تغییرات زمانی و مکانی توسعه طولی آبکندها می‌باشند. بوخیر و همکاران (۴) با هدف تعیین مناطق مستعد فرسایش آبکندهای، تعداد ۱۱ پارامتر ترکیبی مؤثر در فرسایش آبکندهای را محاسبه کردند. در ادامه مدل‌های رگرسیونی بر اساس جفت‌های متفاوتی از پارامترها بدست آوردند. نتایج نشان داد که معادله رگرسیونی بر اساس جفت پارامتر نسبت مساحت به شیب و ظرفیت انتقال رسوب با ضریب تعیین ۸۰ درصد بهترین پیش‌بینی را داشته است. مالیک (۱۰)، طی بررسی‌های صورت گرفته بر روی آبکندهای کوچک در فلات جنوبی لهستان، به این نتیجه رسیده است که آبکندهای کوچک به روش‌های مختلف در کف دره‌ها و یا در شیب آن‌ها تشکیل می‌شوند. همچنین نرخ متوسط فرسایش آبکندهای کوچک را ۰/۶۳، نرخ متوسط

دائمی یا کلاسیک می‌نامند.

عوامل مؤثر بر تشکیل و گسترش آبکندها به دو گروه عمده طبقه بندی می‌گردند: الف- فاکتورهای ناشی از دخالت انسان (تغییر کاربری اراضی، استفاده بیش از حد از زمین‌های کشاورزی، چرای مفرط، آتش سوزی، استخراج معادن و ساخت جاده) و ب- فاکتورهای فیزیکی (شرایط آب و هوایی، توپوگرافی شامل مساحت حوزه آبخیز بالادست آبکند، شکل حوزه آبخیز بالادست آبکند، شیب بالادست آبکند، شیب کف آبکند و نهایتاً عوامل خاک و زمین‌شناسی شامل بافت و نفوذپذیری خاک و سازند، وجود املاح و نمک‌های انحلال‌پذیر، خصوصیات افق‌های خاک و پوشش گیاهی می‌باشد (۷). این در حالی است که مورگان و همکاران (۱۵) فرسایش آبکندهای را ناشی از عملکرد درونی بین مجموعه‌ای از عوامل می‌داند که مهم‌ترین آن‌ها حجم و سرعت رواناب سطحی، حساسیت خاک به فرسایش، تغییرات پوشش گیاهی و نحوه استفاده از اراضی است. در سه دهه اخیر پژوهش‌هایی درباره انواع مختلف فرسایش خاک از جمله فرسایش آبکندهای انجام شده است که پاره‌ای از آنها به شرح زیر است:

رستمی‌زاد و همکاران (۲۲) با بررسی عوامل مؤثر بر رشد طولی آبکندها و پیش‌بینی گسترش آن در شهرستان دره‌شهر ایلام اظهار داشت گسترش طولی آبکند تابعی از طول آبکند، نسبت جذب سدیم، درصد شن و میزان انحناى دامنه بوده و گسترش حجمی آبکند تابعی از سطح مقطع آبکند، درصد آهک و ضریب کشیدگی حوزه آبخیز بالادست آبکند می‌باشد.

عابدینی (۱) در مطالعه خود در اراضی آبکندهای دشت هادی شهر آذربایجان شرقی بیان می‌کند که رابطه معکوس و معنی‌داری بین ابعاد آبکند با شیب و ارتفاع محل پیدایش آن وجود دارد و دلیل این رابطه را ضخامت کم‌تر خاک و مواد ریزدانه در محل‌های مرتفع و پرشیب می‌داند. بیاتی خطیبی (۳) با بررسی عوامل مؤثر بر گسترش فرسایش آبکندهای در منطقه مشکین شهر بیان می‌کند که شیب و مساحت بالادست آبکند عوامل اصلی در تمرکز جریان و پیدایش آبکند بوده و طول دامنه و اختلاف ارتفاع را عوامل اصلی گسترش آبکند در منطقه می‌داند. با افزایش مساحت بالادست آبکند، هدایت الکتریکی خاک، درصد سیلت و شن رشد طولی آبکند بیش‌تر می‌شود (۱۶، ۱۲، ۹ و ۲۶). مایر و مارتینز (۱۳) عوامل مؤثر بر گسترش فرسایش آبکندهای را در یک حوضه کشاورزی مورد مطالعه قرار دادند. ابتدا از میان عوامل مختلف توپوگرافی، خاک و کاربری اراضی با استفاده از آزمون‌های تی و کای اسکوتر عوامل تأثیرگذار را انتخاب نمودند. بر این اساس دو عامل درجه و شکل شیب بعنوان مؤثرترین عوامل انتخاب شدند که می‌توانند با دقت ۸۵٪ وقوع فرسایش آبکندهای را پیش‌بینی کنند. احتمال آبکندهی شدن در شیب‌های مقعر بدلیل تمرکز جریان آب بیش‌تر است (۲۷).

ناشرگیل و همکاران (۱۷) در مطالعه خود سیر تکاملی آبکندهای

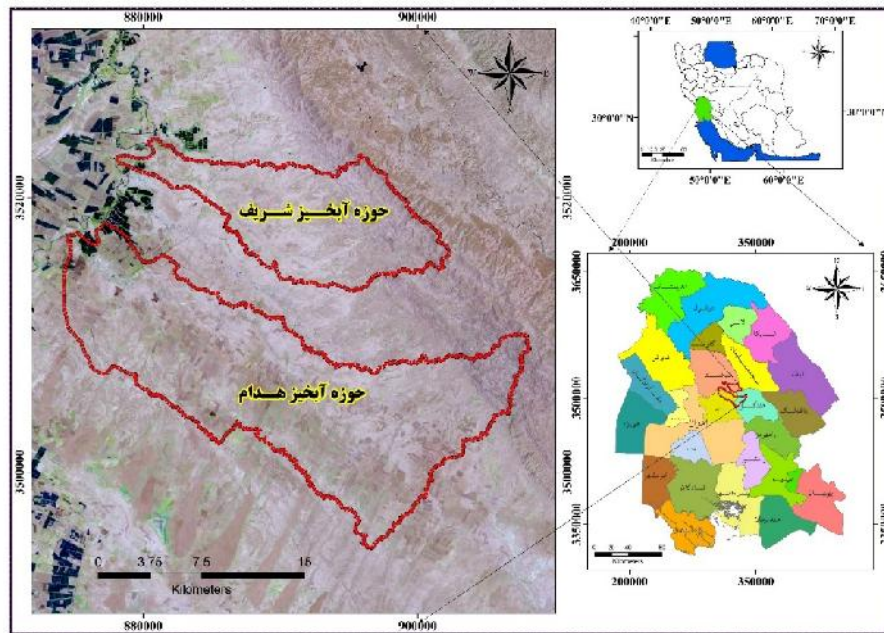
اراضی به جهت توسعه فعالیت‌های کشاورزی، ضرورت تحقیق بر روی آبکندهای استان خوزستان را نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش

یکی از حوضه‌های مهم و معرف استان خوزستان که بخش‌های زیادی از اراضی کشاورزی آن مورد تهدید فرسایش آبکندی واقع شده است حوزه آبخیز شهید مدرس می‌باشد. حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه به نام‌های شریف و هدام از زیرحوضه‌های شهید مدرس می‌باشند که جزء حوزه آبخیز کارون میانی است. حوزه آبخیز شریف در شرق رودخانه گرگر و حوزه آبخیز هدام در جنوب شرق رودخانه گرگر واقع شده‌اند. شکل (۱) موقعیت مناطق مورد پژوهش در کشور، استان و شهرستان را نشان می‌دهد.

فرسایش آبکندی در شیب‌ها را ۰/۲۱ تا ۰/۵۲ و نرخ متوسط فرسایش آبکندی در کف دره‌ها را ۰/۱۸ تا ۱/۹۸ متر در سال برآورد کرده است. با در نظر گرفتن مجموع مطالب فوق که منعکس کننده نتایج تحقیقات انجام شده درباره فرسایش آبکندی به ویژه عوامل مؤثر در ایجاد و گسترش این نوع فرسایش است، می‌توان نتیجه گرفت که هرچند تا حدود زیادی عوامل مؤثر در ایجاد و تشدید فرسایش آبکندی مشخص شده است، اما تنوع و تغییر تعداد و میزان تأثیر عوامل مختلف از نقطه‌ای به نقطه دیگر و متفاوت بودن سهم مشارکت آنها در شکل‌گیری و گسترش آبکندها در تبعیت از شرایط زمین محیطی ایجاب می‌نماید که تحقیقات بیشتری جهت شناسایی هر چه بیشتر عوامل مؤثر در رخداد فرسایش آبکندی و میزان مشارکت آنها در شکل‌گیری و گسترش این پدیده در نقاط مختلف و با شرایط زمین محیطی متفاوت به مرحله اجرا در آید. لذا لزوم ارائه یک مدل با هدف شناسایی و تعیین عوامل تأثیرگذار بر فرسایش آبکندی و پهنه‌بندی خطر فرسایش در زمینه حفظ و پایداری این

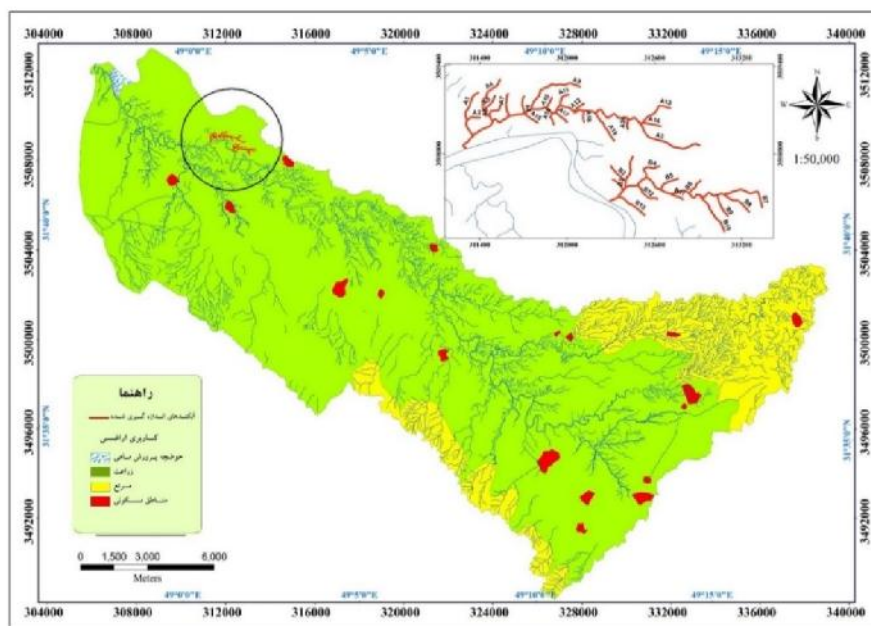


شکل ۱- موقعیت حوزه‌های آبخیز مورد پژوهش

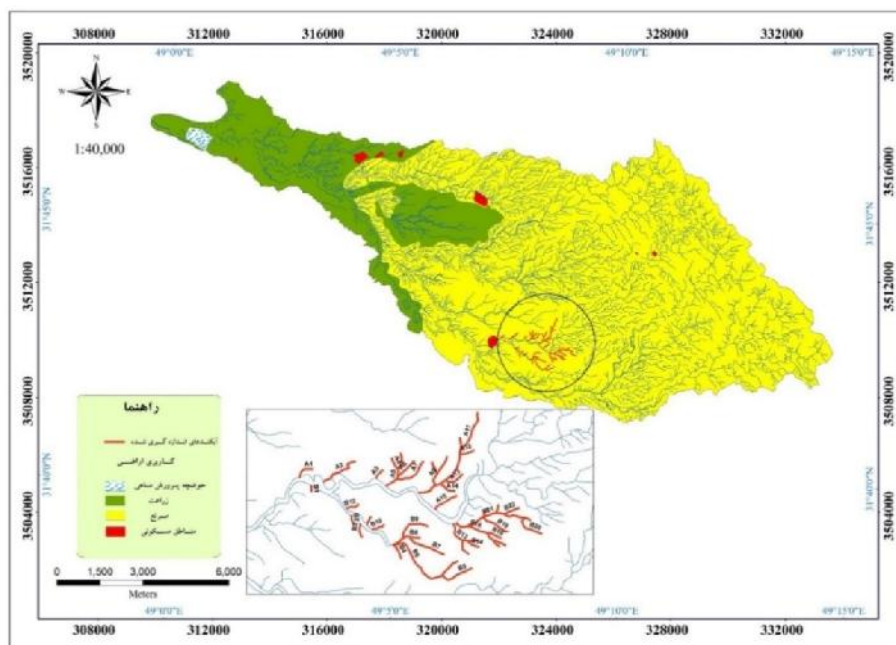
Figure 1- Location of studied watersheds

انتخاب و پارامترهای مختلف در این آبکندها بررسی و اندازه‌گیری شد. شکل‌های (۲ و ۳) به ترتیب نقشه کاربری و موقعیت آبکندهای اندازه‌گیری شده حوزه آبخیز هدام و شریف را نشان می‌دهد.

سپس از هر طبقه اقلیمی یک حوزه آبخیز که دارای فرسایش آبکندی بود انتخاب گردید که در نهایت حوزه آبخیز هدام از طبقه اقلیمی گرم- خشک بیابانی و حوزه آبخیز شریف از طبقه اقلیمی گرم- نیمه‌خشک انتخاب شد و از هر حوزه آبخیز ۱۵ عدد آبکندها



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز هدام و موقعیت آبکندهای اندازه‌گیری شده
Figure 2- Land use map of Haddam watershed and location of measured gullies



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز شریف و موقعیت آبکندهای اندازه‌گیری شده
Figure 3- Land use map of Sharif watershed and location of measured gullies

۱:۲۵۰۰۰۰ مشخص گردید و مرز حوزه آبخیز منطقه آبکندی بر روی نقشه توپوگرافی ترسیم شد. از روی D.G.N های ۱:۲۵۰۰۰ منطقه نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک ۲۰ متر

روش کار

ابتدا مناطق آبکندی استان بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس

همبستگی بین پیشروی آبکند با ویژگی‌های آبخیز و آبکند
بعد از انجام خوشه‌بندی رابطه پیشروی آبکندها (پیشروی آبکند از طریق تفاضل طول آبکند بین سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۹۱ محاسبه می‌شود) با ویژگی‌های آبخیز، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، درصد پوشش گیاهی، درصد سنگ‌ریزه، درصد خاک لخت و درصد لاشبرگ و شیب و مساحت در بالای پیشانی آبکندها و خصوصیات خاک برای قسمت‌های پیشانی و آبکند در هر خوشه بررسی شد.

رگرسیون چند متغیره

در این مطالعه رگرسیون گام به گام جهت مدل‌سازی پیشروی آبکند در نظر گرفته شد. متغیر پیشروی طولی آبکند به عنوان متغیر وابسته و سایر عوامل آبخیز و آبکند مانند مساحت و شیب بالای پیشانی آبکند و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، درصد پوشش گیاهی، درصد سنگ‌ریزه و ... به عنوان متغیر مستقل می‌باشند.

نتایج و بحث

محاسبه میزان پیشروی آبکندها

الف- حوزه آبخیز هدام: در حوزه آبخیز هدام بیش‌ترین رشد آبکند مربوط به آبکند شماره A17 به میزان ۷۸/۸ متر است، این در حالی است که آبکند B2 کم‌ترین میزان رشد طولی را به میزان ۳/۸ متر برخوردار بوده است (جدول ۱).

ب- حوزه آبخیز شریف: در حوزه آبخیز شریف بیش‌ترین رشد آبکند مربوط به آبکند شماره B3 به میزان ۱۰۸/۱ متر است، این در حالی است که آبکند B4 کم‌ترین میزان رشد طولی را به میزان ۱۰/۱ متر برخوردار بوده است (جدول ۱).

شکل (۴) تصویر سمت راست نمایی از آبکندهای واقع شده در حوزه آبخیز هدام را نشان می‌دهد و تصویر سمت چپ یکی از آبکندهای حوزه آبخیز شریف را نشان می‌دهد که در حال گسترش در اراضی مرتعی می‌باشد.

خوشه‌بندی آبکندها

به منظور ارزیابی اثر متغیرهای مختلف حوزه آبخیز و آبکند بر روی پیشروی آبکند و هم‌چنین برای مدل‌سازی آن‌ها، لزوم خوشه‌بندی کردن آبکندهایی که رفتار یکسانی را ارائه می‌کنند احساس می‌شود. با توجه به اینکه تعداد خوشه‌ها بر روی روند مدل‌سازی اثر خواهد گذاشت، محققین مختلف جهت تعیین تعداد خوشه در هر آنالیز آماری روش‌های مختلفی ارائه کرده‌اند. در این مطالعه از فرمول (۱) ارائه شده توسط زارع چاهوکی (۲۸) استفاده شد.

استخراج گردید. سپس به روش دومارتن اصلاح شده طبقه‌بندی اقلیمی صورت گرفت و از هر طبقه اقلیمی یک منطقه آبکندی که دارای بیش‌ترین مشکلات و خسارت بود انتخاب گردید.

تعداد ۱۵ آبکند در هر حوزه انتخاب و موقعیت آبکندها بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و در صحرا با GPS تعیین گردید. پس از این که آبکندهای انتخاب شده بر روی نقشه در عرصه شناسایی شدند اقدام به اندازه‌گیری پارامترهایی از قبیل شیب نقطه اولیه ایجاد آبکند، شیب پیشانی آبکند، مساحت بالادست پیشانی آبکند گردید. هم‌چنین هر آبکند به مقاطع مختلف با فواصل ده متر تقسیم شد و در هر مقطع پارامترهایی از قبیل عرض بالا، عرض پایین و عمق آبکند اندازه‌گیری شد. که با محاسبه مقاطع عرضی و بدست آوردن احجام جزئی در مسیر هر آبکند، در نهایت حجم کل آبکند (میزان خاک از دست رفته) محاسبه گردید.

در بالای پیشانی هر آبکند درصد پوشش گیاهی، لاشبرگ، خاک لخت، شن و سنگ‌ریزه از طریق پلات اندازه‌گیری محاسبه گردید. نمونه خاک سطحی و تحتانی از بالای پیشانی و دو کناره آبکند جهت اندازه‌گیری مواردی مانند بافت خاک، هدایت الکتریکی، اسیدیته، سدیم، کلسیم، پتاسیم و منیزیم تهیه شد. ابتدا طول آبکند بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ حاصل از عکس هوایی سال ۱۳۷۲ اندازه‌گیری شد و به عنوان طول آبکند در سال ۱۳۷۲ لحاظ گردید و در مرحله میدانی طول همان آبکند در عرصه اندازه‌گیری و به عنوان طول ۱۳۹۱ آبکند در نظر گرفته شد و از طریق تفاضل طول آبکند در سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۹۱، میزان پیشروی طولی آبکند برای منطقه تحقیق مدنظر قرار گرفت.

نقشه کاربری اراضی جدید از روی تصویر سنجنده ETM+ ماهواره Landsat (سال ۲۰۱۲) تعیین شد و مساحت هر نوع کاربری نیز مشخص گردید. در هیچ کدام از حوزه‌های آبخیز مورد بررسی ایستگاه هواشناسی موجود نمی‌باشد، و مناطق مورد بررسی درست مابین چهار ایستگاه سینوپتیک شوشتر، رامهرمز، مسجد سلیمان و اهواز قرار دارند. بنابراین مقادیر داده‌های بارش این ایستگاه‌ها از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۴ میلادی تهیه گردید و میانگین دراز مدت بارش چهار ایستگاه برابر با تقریباً ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد که برای حوزه‌های آبخیز شریف و هدام در نظر گرفته شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS انجام شد و برای ارزیابی اثر متغیرهای مختلف حوزه آبخیز و آبکند بر روی پیشروی آبکند، گروه‌بندی آبکندها به روش آنالیز خوشه‌ای (روش k-mean) صورت گرفت.

جدول ۱- میزان پیشرفت طول آبکندها (۱۳۹۱-۱۳۷۲)

Table 1- Amount of gullies longitodina progression (1993-2012)

حوزه آبخیز هدام Haddam Watershed		حوزه آبخیز شریف Sharif Watershed	
پیشروی آبکند (متر) Gully Development(m)	شماره آبکند Gully No.	پیشروی آبکند (متر) Gully Development(m)	شماره آبکند Gully No
60.0	A8	63.9	A1
28.0	A10	28.8	A2
31.6	A11	61.5	A3
24.5	A12	32.0	A4
68.8	A15	42.0	A5
54.8	A16	45.0	A6
78.8	A17	50.0	A7
46.7	A18	82.0	B1
52.5	B1	43.6	B2
3.8	B2	108.1	B3
23.1	B4	10.1	B4
27.5	B5	58.5	B9
26.9	B8	47.8	B10
25.2	B9	42.3	B11
23.9	B10	21.9	B12
38.4	میانگین Average	49.2	میانگین Average
78.8	بیشینه Maximum	108.1	بیشینه Maximum
3.8	کمینه Minimum	10.1	کمینه Minimum
20.7	انحراف معیار Standard Deviation	24.1	انحراف معیار Standard Deviation



شکل ۴- تصویری از آبکندهای حوزه آبخیز هدام و شریف
Figure 4- Image of gullies in Haddam and Sharif watersheds

بنابراین بهترین تعداد خوشه‌ها دو تا سه مورد خواهد بود. لازم به ذکر است که تنها متغیرهای مستقل جهت خوشه‌بندی استفاده شده‌اند. آبکندهای مورد بررسی در حوزه آبخیز هدام در دو خوشه و

رابطه (۱) $(N/2)^{1/2}$ = تعداد خوشه‌ها
که در آن N تعداد گالی‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به این که در هر دو حوزه‌ی آبخیز هدام و شریف تعداد آبکندها ۱۵ مورد است

نشان می‌دهد.

حوزه آبخیز شریف در سه خوشه همگن قرار گرفتند. جدول (۲) تعداد خوشه‌ها، شماره خوشه و فاصله هر آبکند از مرکز خوشه متناظر را

جدول ۲- خوشه‌بندی آبکندها در حوزه های آبخیز هدام و شریف
Table 2- Gullies clustering in Haddam and Sharif watersheds

Haddam Watershed حوزه آبخیز هدام				Sharif Watershed حوزه آبخیز شریف			
خوشه ۱ Cluster 1		خوشه ۲ Cluster 2		خوشه ۱ Cluster 1		خوشه ۳ Cluster 3	
شماره ه	فاصله از مرکز خوشه ۱ Distance from cluster1	شماره ه	فاصله از مرکز خوشه ۲ Distance from cluster 2	شماره ه	فاصله از مرکز خوشه ۱ Distance from cluster 1	شماره ه	فاصله از مرکز خوشه ۳ Distance from cluster 3
Gully No.	Distance from cluster1	Gully No.	Distance from cluster 2	Gully No.	Distance from cluster 1	Gully No.	Distance from cluster 3
A10	89.6	A8	357.2	A7	253.8	A2	746.4
A11	107.4	A12	622.4	B1	428.3	A6	746.4
A15	355.3	B2	853.3	B2	190.7		
A16	124.8	B5	304.7	B3	654.7		
A17	196.2	B8	844.9	B4	205.9		
A18	148.2	B9	327.1	B9	495.1		
B1	173.6	B12		B12	450.8		
B4	321.0						
B9	316.3						
B10	168.9						

مساحت بالای نقطه اولیه رابطه قوی‌ای با پیشروی آبکندها دارد. مواردی در جداول (۳ و ۴) که هیچ مقدار همبستگی و سطح معنی‌داری برای متغیرها ارائه نشده است، نشان دهنده این است که متغیر برای همه آبکندها برابر بوده است.

(ب) حوزه آبخیز شریف

جدول (۴) رابطه پیشروی آبکندها و سایر خصوصیات آبکند و حوضه در آبخیز شریف را نشان می‌دهد. مقادیر همبستگی و سطح معنی‌داری در این جدول ارائه شده است. در خوشه یک رابطه معنی‌داری بین پیشرفت طول آبکند با شیب و مساحت بالای پیشانی دیده می‌شود. در خوشه دو رابطه معنی‌داری بین پیشرفت طول آبکند با متغیرهای هدایت الکتریکی، سدیم و شن در قسمت پیشانی برقرار است. همانطور که در قسمت آنالیز خوشه‌ای ذکر شده آبخیز شریف به سه خوشه تقسیم شد. نتایج همبستگی خوشه سوم به دلیل اینکه تنها دو آبکند را شامل می‌شد (که رفتاری متفاوت از مابقی خوشه‌ها و آبکندها را داشتند) ارائه نشده است، چرا که با توجه به تعداد کم آبکندها نتایج آماری صحیح نمی‌باشد.

جدول (۵) نتایج تجزیه شیمیایی برخی پارامترهای خاک در مناطق آبکندهای حوزه‌های آبخیز هدام و شریف را نشان می‌دهد. این اعداد نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی ۶ نمونه خاک در هر آبکند (۹۰ نمونه خاک در هر حوزه آبخیز) است.

همبستگی بین پیشرفت طول آبکند و خصوصیات حوزه آبخیز و آبکند

رابطه پیشروی آبکندها (تفاضل طول آبکند بین سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۹۱) با ویژگی‌های آبخیز، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، درصد پوشش گیاهی، سنگ‌ریزه، خاک لخت، لاشبرگ، شیب و مساحت در بالای پیشانی آبکندها در هر خوشه به طور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت:

(الف) حوزه آبخیز هدام: جدول (۳) رابطه پیشروی آبکندها و سایر خصوصیات آبکند و حوضه در آبخیز هدام را نشان می‌دهد. مقادیر همبستگی و سطح معنی‌داری در این جدول ارائه شده است. در مواردی که سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ باشد متغیر مورد نظر با پیشروی آبکند به احتمال ۹۵٪ رابطه همبستگی معنی‌دار دارد.

در خوشه یک پیشرفت طول آبکند دارای رابطه مثبت معنی‌داری با مساحت بالای پیشانی، مساحت بالای نقطه اولیه، درصد خاک لخت و دارای رابطه منفی معنی‌دار با درصد پوشش گیاهی دارد. بدین معنی که هر چه مساحت بالای پیشانی، مساحت بالای نقطه اولیه و درصد خاک لخت بیشتر شود پیشرفت طولی آبکند بیشتر خواهد شد. برعکس هرچه درصد پوشش گیاهی بیشتر شود پیشرفت طولی آبکند کمتر می‌شود.

همچنین در خوشه دو این رابطه قوی علاوه بر مساحت بالای نقطه اولیه با متغیرهای سیلت و شن در قسمت پیشانی برقرار است. بنابراین می‌توان گفت که در آبخیز هدام و در خوشه‌های متفاوت

جدول ۳- رابطه پیشروی آبکندها با سایر خصوصیات آبکند در حوزه آبخیز هدام
Table 3- Gullies progression relationship with other gully properties in Haddam Watershed

خوشه ۲ Cluster 2			خوشه ۱ Cluster 1		
معنی‌داری Significant Level	همبستگی پیرسون Pearson Corelation	متغیر Variable	معنی‌داری Significant Level	همبستگی پیرسون Pearson Corelation	متغیر Variable
	1	پیشرفت طول Length progress		1	پیشرفت طول Length progress
0.87	-0.10	شیب بالای پیشانی (درصد) Slope of headcut upstream%	0.97	0.01	شیب بالای پیشانی (درصد) Slope of headcut upstream%
0.21	0.68	شیب نقطه اولیه (درصد) Slope of initiate point%	0.66	-0.16	شیب نقطه اولیه (درصد) Slope of initiate point%
0.69	0.25	مساحت بالای پیشانی (مترمربع) Upstream area of headcut (m ²)	0.05	0.63	مساحت بالای پیشانی (مترمربع) Upstream area of headcut (m ²)
0.04	0.90	مساحت بالای نقطه اولیه (مترمربع) Upstream area of initiate point(m ²)	0.00	0.81	مساحت بالای نقطه اولیه (مترمربع) Upstream area of initiate point(m ²)
	0	پوشش گیاهی Vegetation Cover	0.00	-0.77	پوشش گیاهی Vegetation Cover
	0	خاک لخت Bare Soil	0.00	0.77	خاک لخت Bare Soil
	0	لاشبرگ Litter		0	لاشبرگ Litter
	0	سنگ‌ریزه Gravel		0	سنگ‌ریزه Gravel
0.64	-0.29	رس (G) Clay (G)	0.45	-0.27	رس (G) Clay (G)
0.25	0.63	سیلت (G) Silt (G)	0.14	0.50	سیلت (G) Silt (G)
0.33	-0.56	شن (G) Sand (G)	0.19	0.45	شن (G) Sand (G)
0.43	-0.47	منیزیم (G) Mg (G)	0.47	0.26	منیزیم (G) Mg (G)
0.31	-0.57	کلسیم (G) Ca (G)	0.36	-0.33	کلسیم (G) Ca (G)
0.32	-0.57	سدیم (G) Na (G)	0.87	0.06	سدیم (G) Na (G)
0.78	0.18	اسیدیته (G) pH (G)	0.59	0.20	اسیدیته (G) pH (G)
0.23	0.66	هدایت الکتریکی (G) EC (G)	0.47	0.26	هدایت الکتریکی (G) EC (G)
0.42	-0.47	Clay (H)	0.79	0.09	Clay (H)
0.01	0.97	Silt (H)	0.92	0.03	Silt (H)
0.04	0.98	Sand (H)	0.99	0.00	Sand (H)
0.16	-0.73	Mg (H)	0.81	-0.08	Mg (H)
0.28	-0.60	Ca (H)	0.81	-0.08	Ca (H)
0.36	-0.53	Na (H)	0.65	0.17	Na (H)
0.69	0.25	Ph (H)	0.93	-0.03	Ph (H)
0.30	-0.59	EC (H)	0.65	0.16	EC (H)

(H): پیشانی آبکند و (G): در طول آبکند

مدل‌سازی پیشروی آبکند

در این قسمت سعی شد در هر خوشه پیشروی آبکند مدل‌سازی شود. بطوری که در آن پیشروی آبکند به عنوان متغیر وابسته (Y) و سایر عوامل مانند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، درصد پوشش گیاهی، درصد سنگ‌ریزه و ... به عنوان متغیر مستقل (X1 تا X24) می‌باشند. برای این منظور از روش‌های رگرسیون چندگانه (گام به گام) جهت به دست آوردن روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته استفاده شد.

الف) حوزه آبخیز هدام

معادله نهایی پیشروی آبکند برای کل آبکندهای هدام حاکی از آن است که میزان پیشرفت آبکندهای این حوضه تنها تابعی از پوشش گیاهی و میزان منیزیم است. علی‌رغم این که مقدار ضریب تبیین اصلاح شده ۶۰ درصد است ولی با توجه به نتایج همبستگی بالای پوشش گیاهی با گسترش طولی آبکندها که برابر ۰/۷۷- است حاکی از تأثیر زیاد و معکوس پوشش گیاهی در گسترش طولی آبکندهای منطقه هدام می‌باشد. یعنی با افزایش پوشش گیاهی شاهد کاهش گسترش آبکندها خواهیم بود. با این وجود معادلات رگرسیونی

یک منطقه هدام دارند (جدول ۶).
در خوشه دو این آبخیز، میزان پیشرفت در آبکندهای این منطقه تابع دو متغیر درصد سیلت پیشانی آبکند (X18) و مقدار اسیدیته پیشانی آبکند (X23) است. تأثیر درصد سیلت برابر با $۱ = ۰/۹۶$ و اثر اسیدیته برابر با $۲ = ۰/۲۳$ است که این ضریب استاندارد پائین حاکی از تأثیر ناچیز اسیدیته در گسترش طولی آبکندهای خوشه دو بوده و قابل اغماض می‌باشد.

برای خوشه‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد: معادله نهایی برای پیشرفت آبکندهای هدام در خوشه یک نشان می‌دهد که میزان پیشرفت در آبکندهای این منطقه تابع سه متغیر مساحت بالای نقطه اولیه (X4)، درصد خاک لخت (X6) و شیب نقطه اولیه (X2) است. بیش‌ترین تأثیر سه عامل ذکر شده مربوط به مساحت بالای نقطه اولیه با $۱ = ۰/۵۸$ و کمترین آن مربوط به شیب نقطه اولیه با $۳ = ۰/۳۲$ است. این سه عامل با ضریب تبیین اصلاح شده ۹۰ درصد در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌دار بر پیشرفت آبکندهای خوشه

جدول ۴- رابطه پیشروی آبکندها با سایر خصوصیات آبکند در حوزه آبخیز شریف
Table 4- Gullies progression relationship with other gully properties in Sharif watershed

خوشه ۲ Cluster 2			خوشه ۱ Cluster 1		
سطح معنی‌داری Significant Level	همبستگی پیرسون Pearson Corelation	متغیر Variable	سطح معنی‌داری Significant Level	همبستگی پیرسون Pearson Corelation	متغیر Variable
	1	پیشرفت طول Length progress		1	پیشرفت طول Length progress
0.60	0.27	شیب بالای پیشانی (درصد) Slope of headcut upstream%	0.05	-0.74	شیب بالای پیشانی (درصد) Slope of headcut upstream%
0.64	-0.24	شیب نقطه اولیه (درصد) Slope of initiate point%	0.34	0.43	شیب نقطه اولیه (درصد) Slope of initiate point%
0.17	0.64	مساحت بالای پیشانی (مترمربع) Upstream area of headcut (m ²)	0.02	0.83	مساحت بالای پیشانی (مترمربع) Upstream area of headcut (m ²)
0.70	0.20	مساحت بالای نقطه اولیه (مترمربع) Upstream area of initiate point(m ²)	0.09	0.69	مساحت بالای نقطه اولیه (مترمربع) Upstream area of initiate point(m ²)
0.16	-0.64	پوشش گیاهی Vegetation Cover	0.89	0.07	پوشش گیاهی Vegetation Cover
0.10	0.72	خاک لخت Bare Soil	0.89	0.06	خاک لخت Bare Soil
0.09	-0.74	لاشبرگ Litter	0.89	0.06	لاشبرگ Litter
	0	سنگ‌ریزه Gravel		0	سنگ‌ریزه Gravel
0.42	0.41	رس (G) Clay (G)	0.67	0.20	رس (G) Clay (G)
0.15	0.66	سیلت (G) Silt (G)	0.83	0.10	سیلت (G) Silt (G)
0.39	0.44	شن (G) Sand (G)	0.69	-0.18	شن (G) Sand (G)
0.95	0.04	منیزیم (G) Mg (G)	0.49	-0.32	منیزیم (G) Mg (G)
0.97	0.02	کلسیم (G) Ca (G)	0.63	0.22	کلسیم (G) Ca (G)
0.66	0.23	سدیم (G) Na (G)	0.78	0.13	سدیم (G) Na (G)
0.61	0.27	اسیدیته (G) pH (G)	0.46	0.33	اسیدیته (G) pH (G)
0.78	0.15	هدایت الکتریکی (G) EC (G)	0.74	-0.15	هدایت الکتریکی (G) EC (G)
0.16	0.65	Clay (H)	0.57	-0.26	Clay (H)
0.08	0.76	Silt (H)	0.77	0.13	Silt (H)
0.05	-0.81	Sand (H)	0.89	0.06	Sand (H)
0.42	0.41	Mg (H)	0.21	-0.54	Mg (H)
0.17	0.64	Ca (H)	0.68	-0.19	Ca (H)
0.01	0.92	Na (H)	0.60	-0.24	Na (H)
0.12	0.70	Ph (H)	0.46	0.33	Ph (H)
0.02	0.89	EC (H)	0.45	0.34	EC (H)

(H): پیشانی آبکند و (G): در طول آبکند

جدول ۵- نتایج تجزیه شیمیایی خاک در آبکندهای حوزه آبخیز هدام و شریف

Table 5- The results of chemical analysis of the soil in gullies of Haddam and Sharif watersheds

شماره	سند	سیلت	رس	منیزیم	کلسیم	سدیم	اسیدیته	هدایت الکتریکی	پارامتر	حوزه آبخیز
Sand%	Silt%	Clay%	Mg(meq l ⁻¹)	Ca(meq l ⁻¹)	Na(meq l ⁻¹)	pH	EC(dS m ⁻¹)	Parameter		Watershed
53.5	30.5	16	31.4	50.8	165.3	7.4	25.8	میانگین		حوزه آبخیز هدام Haddam Watershed
								Average		
86	46	34	255	218	1950	8.2	174	بیشینه		
								Maximum		
26	6	6	1.6	2	3.6	6.9	1.1	کمینه		
								Minimum		
6.8	10	14.7	45.2	48.4	293.8	0.3	36.7	انحراف معیار		
								Standard Deviation		
43.9	39.1	17	36.6	36.7	61.1	7.4	12.8	میانگین		حوزه آبخیز شریف Sharif Watershed
								Average		
67	50	30	320	317	435	8.5	84	بیشینه		
								Maximum		
28	13	8	1.4	1.6	3.6	6.8	1.2	کمینه		
								Minimum		
4.8	6.6	8.4	43.2	53.2	99.1	0.4	16.9	انحراف معیار		
								Standard Deviation		

یک به ازاء هر واحد X6 (خاک لخت) مقدار ۰/۵۴، و در خوشه دو به ازاء هر واحد X18 (درصد سیلت پیشانی آبکند) مقدار ۰/۹۶ به میزان Y (طول آبکند) اضافه می‌شود.

با توجه به عامل درصد سیلت پیشانی آبکند با ضریب تبیین اصلاح شده ۹۹ درصد در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌دار بر پیشرفت آبکندهای خوشه دو منطقه هدام دارد (جدول ۶). با توجه به ضرایب استاندارد و معادلات خطی جدول (۶) مشخص می‌گردد که در خوشه

جدول ۶- معادله نهایی پیشروی آبکند (روش رگرسیون گام به گام) در حوزه آبخیز هدام

Table 6- Final equation of gully progression (stepwise regression) in Haddam Watershed

سطح معنی‌داری	ضریب تبیین اصلاح شده	ضرایب استاندارد			معادله	آبکند
		Standard Coefficients				
Significant Level	Adjusted R ²	β_1	β_2	β_3	Equation	Gully
1%	0.60	-	0.43	0.71	Y = -36.3 X5 -13 X20 +51.7	کل آبکندها Total Gullies
1%	0.90	-0.32	0.54	0.58	Y = 0.02 X4 + 25 X6 -13 X2 -2429	خوشه یک Cluster 1
1%	0.99	-	0.23	0.96	Y = 2.7 X18 + 44 X23 - 205	خوشه دو Cluster 2

X2=شیب نقطه اولیه، X4=مساحت بالای نقطه اولیه، X5=پوشش گیاهی، X6=خاک لخت، X18= Silt, X20= Mg, X23= pH

عامل با ضریب تبیین اصلاح شده ۹۰ درصد در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌دار بر پیشرفت آبکندهای خوشه یک منطقه شریف دارد (جدول ۷).

در خوشه دو این آبخیز، میزان پیشرفت در آبکندهای این منطقه تابع دو متغیر مساحت بالای نقطه اولیه (X4) و میزان سدیم پیشانی آبکند (X22) است. تأثیر مساحت بالای نقطه اولیه برابر با ۰/۳۶ = ۱ و اثر سدیم برابر با ۰/۹۸ = ۲ است. این دو عامل با ضریب تبیین اصلاح شده ۹۹ درصد، در سطح ۱ درصد خطا تأثیر معنی‌داری بر پیشرفت آبکندهای خوشه دو منطقه هدام دارند (جدول ۷). با توجه به

(ب) حوزه آبخیز شریف

معادله نهایی پیشروی آبکند برای کل آبکندهای شریف حاکی از آن است که میزان پیشرفت تابعی از هیچ کدام از متغیرهای ورودی نیست. به عبارتی هیچ کدام از متغیرها موفق به ایجاد معادله رگرسیونی نشده‌اند. بنابراین معادلات رگرسیونی برای خوشه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. معادله نهایی برای پیشرفت آبکندهای شریف در خوشه یک نشان می‌دهد که میزان پیشرفت در آبکندهای این منطقه تابع مساحت بالای پیشانی (X3) است. اثر عامل ذکر شده با پیشرفت طول آبکند برابر با ۰/۸۳ = ۱ است. این

به ازاء هر واحد X4 (مساحت بالای نقطه اولیه) مقدار ۰/۳۶ واحد به میزان Y (طول آبکند) اضافه می‌شود.

ضرایب استاندارد و معادلات خطی جدول (۷) مشخص می‌گردد که در خوشه یک به ازاء هر واحد X3 (مساحت بالای پیشانی) مقدار ۰/۸۳ و در خوشه دو به ازاء هر واحد X22 (سدیم) مقدار ۰/۹۸ و هم‌چنین

جدول ۷- معادله نهایی پیشروی آبکند (روش رگرسیون گام به گام) در حوزه آبخیز شریف

Table 7- Final equation of gully progression (stepwise regression) in Sharif Watershed

سطح معنی‌داری Significant level	ضریب تبیین اصلاح شده Adjusted R ²	ضرایب استاندارد Standard Coefficients		معادله Equation	آبکند Gully
		β	β		
-	-	-	-	هیچ متغیری وارد معادله رگرسیون نشده است	کل آبکندها Total Gullies
1%	0.63	-	0.83	$Y = 0.2 X3 + 23$	خوشه یک Cluster 1
1%	0.96	0.36	0.98	$Y = 0.08 X22 + 0.002 X4 + 22$	خوشه دو Cluster 2

X3=پیشانی، X22=Na، مساحت بالای نقطه اولیه=X4، مساحت بالای پیشانی=X3

با شخم عمیق صورت گرفته و با توجه به همبستگی بالای سیلت و شن ریز با پیشروی طولی آبکند و با برهم خوردگی خاک از طریق عملیات خاک‌ورزی منطقه را مستعد فرسایش آبکندی نموده و انتظار گسترش آن را داریم. علاوه بر موارد ذکر شده دانه‌بندی ذرات خاک در آبکندهای حوزه آبخیز هدام نشان می‌دهد که درصد متوسط رس، سیلت و شن به ترتیب معادل ۱۸/۲، ۳۴/۸، ۴۶/۸ و ۱۴/۸، ۲۸/۸، ۵۶/۸ در قسمت پیشانی و در طول آبکند بوده است. میزان متوسط رس منطقه آبکندی با مقدار ۱۸/۷ و ۱۶/۲ درصد (به ترتیب در پیشانی و در طول آبکند) است که در محدوده اعلام شده توسط ایوانس (۶)، بین ۹ تا ۳۰ درصد برای خاک‌های فرسایش‌پذیر قرار دارد. با توجه به اینکه متوسط مقدار EC برابر با ۲۱/۳ و ۳۵ دسی‌زیمنس در متر برای آبکند و پیشانی متغیر می‌باشد، یکی دیگر از عوامل ناپایداری خاک و ایجاد فرسایش در حوزه آبخیز هدام شوری بالاست که علاوه بر شوری بالا مقدار سدیم خاک نیز بر اساس نتایج جدول (۴) بالاست و این خصوصیات معرف خاک‌های شور و سدیمی است که به دلیل میزان سدیم بالا خاک دیسپرس شده و با کوچک‌ترین میزان روانابی مستعد فرسایش است.

در حوزه آبخیز شریف برعکس حوزه آبخیز هدام بیش از ۸۰ درصد مناطق را مرتع تشکیل می‌دهد که آبکندها در این اراضی قرار دارند، به علاوه اندازه‌گیری سطح آبخیز بالای آبکندها نشان دهنده وضعیت خیلی فقیر پوشش در منطقه است. دانه‌بندی ذرات خاک در آبکندهای حوزه آبخیز شریف نیز نشان می‌دهد که درصد متوسط رس، سیلت و شن به ترتیب معادل ۱۸/۷، ۳۹/۸، ۴۱/۴۶ و ۱۶/۲، ۳۸/۷، ۴۵/۲ در قسمت پیشانی و در طول آبکند بوده است. طبق نظر ریشر و نگندانک (۲۱) که فرسایش پذیرترین خاک‌ها را با ۴۰ تا ۶۰ درصد سیلت می‌داند، متوسط سیلت در سطح پیشانی و آبکندهای این

رفتار آبکندها در برابر نحوه گسترش و میزان رشد آن تحت تأثیر عوامل محیطی متفاوت است. در تحقیق جاری تحلیل آماری داده‌های موجود نشان داد که مهم‌ترین عوامل در گسترش آبکندها، ویژگی‌های آبخیز واقع در بالادست پیشانی آبکند (گستره و شیب آبخیز) و هم‌چنین ریزدانه بودن تشکیلات سازند زمین‌شناسی (سیلت) و بالا بودن شوری خاک می‌باشند، که این عوامل در کنار فقر پوشش گیاهی و وجود اراضی کشاورزی بستر بسیار مناسبی برای پیشروی طولی آبکندها ایجاد کرده‌اند. هم‌چنین میانگین رشد طولی آبکندها در طی یک دوره ۲۰ ساله در حوزه آبخیز شریف حدود ۴۹/۲ متر، مقدار بیشینه پیشرفت طولی حدود ۱۰۸/۱ متر و مقدار کمینه آن برابر ۱۰/۱ متر در این دوره بوده است. در حوزه آبخیز هدام میانگین رشد طولی آبکندها در طی این دوره حدود ۳۸/۴ متر، مقدار بیشینه پیشرفت طولی حدود ۷۸/۸ متر و مقدار کمینه آن برابر ۳/۸ متر بوده است. یکی از دلایل افزایش پیشروی طولی آبکندها در حوزه آبخیز شریف نسبت به حوزه آبخیز هدام با توجه به برتری نسبی شیب منطقه نسبت به حوزه آبخیز هدام، رواناب در مسیری خاص متمرکز شده و آبکند به صورت خطی و در یک مسیر مشخص گسترش داشته است در حالی که در حوزه آبخیز هدام به دلیل ناپایداری بیش از حد خاک (شور و سدیمی) و شیب خیلی کم منطقه، رواناب در مسیرهای متفاوت و چندگانه منشعب شده و آبکندهای درهم تنیده و چندجهته با پلان عمومی پنجه‌ای مرکب و منشعب را شکل داده است. تصاویر ارائه شده در شکل شماره (۴) خود گویای این مطلب است.

در حوزه آبخیز هدام بیش از ۸۰٪ حوضه دارای کاربری اراضی زراعی می‌باشد. در این منطقه با توجه به وجود اراضی زراعی آبی در مناطق آبکندی، استعداد تبدیل باران به جریان سطحی وجود دارد. از طرفی کشت و زرع در حوزه آبخیز هدام هنوز به صورت سنتی همراه

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که رشد متوسط طولی آبکندها در حوضه‌ی مرتعی با مقدار $2/46$ متر در سال بیشتر از حوضه‌ی کشاورزی با مقدار $1/92$ متر در سال بوده است. همچنین تحلیل آماری داده‌های موجود نشان داد که مهم‌ترین عوامل در گسترش آبکندهای حوزه آبخیز هدام، با کاربری کشاورزی ویژگی‌های آبخیز واقع در بالادست پیشانی آبکند (گستره و شیب آبکند)، ریزدانه بودن تشکیلات سازند زمین‌شناسی (سیلت)، درصد خاک لخت، بالا بودن شوری خاک و میزان سدیم بالایی‌باشند، که این عوامل در کنار فقر پوشش گیاهی بستر بسیار مناسبی برای پیشروی طولی آبکندها ایجاد کرده‌اند بطوری‌که در طی یک دوره ۲۰ ساله حداقل $3/8$ و حداکثر $78/8$ متر رشد طولی داشته‌اند. در حوزه آبخیز شریف نیز با کاربری مرتعی بطور کلی مساحت بالادست پیشانی و نقطه اولیه آبکند و هم‌چنین میزان سدیم باعث گسترش طولی آبکندها به میزان حداقل $10/1$ و حداکثر $108/1$ متر شده است.

سیاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی تحت عنوان بررسی عوامل مؤثر بر گسترش آبکندهای استان خوزستان بوده که منابع مالی آن توسط مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان تأمین گردیده است بدین وسیله نویسندگان این مقاله مراتب قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

منطقه نزدیک به ۴۰ درصد است که دارای فرسایش شدید آبکندی است. میزان متوسط رس منطقه آبکندی برابر با مقدار $18/7$ و $16/2$ درصد (به ترتیب در پیشانی و در طول آبکند) در محدوده اعلام شده توسط ایوانس (۶)، بین ۹ تا ۳۰ درصد برای خاک‌های فرسایش‌پذیر قرار دارد.

به دلیل ناچیز بودن شیب در بالای پیشانی آبکندهای این منطقه، رواناب سطحی ایجاد شده دارای سرعت زیادی نیست، بلکه به دلیل فقدان پوشش گیاهی در آبخیز آبکندها و نفوذپذیری ناچیز خاک به دلیل فراوانی سیلت و شوری بالا در پروفیل خاک خطر گسترش آبکندها افزایش می‌یابد. مقایسه نتایج این پژوهش با مطالعات پیشین می‌تواند در تایید باشد، به نحوی که شیب کم منطبق بر یافته‌های احمدی (۳) در تایید این موضوع بوده که آبکند در شیب‌های کم ایجاد می‌شود. در این پژوهش شیب نقطه اولیه و بالای پیشانی در تمامی آبکندها کمتر از ۵٪ است که با پیشرفت طولی آبکند همبستگی معنی‌دار دارند و از طرفی بدلیل نبود فقر پوشش گیاهی شرایط برای رشد طولی آبکندها فراهم شده است.

مطالعات زینک و همکاران (۲۹) نیز موید این نکته است که بیش از ۵۰ درصد نواحی آبکندی در محدوده شیب ۴ تا ۷ درصد قرار دارد. درباره بستر محیطی آبکندها، بافت خاک در بیشتر مناطق از نوع لومی و لومی سیلتی است که در مطالعات ثروتی (۲۳) بر نقش این عامل در آبکندهایی به عنوان رسوبات ریزدانه و سست مستعد تأکید شده است.

منابع

- 1- Abedini M. 2005. Research in gully erosion of West Plain Hadishahr southern highlands (North West Azarbaijan) through methods and new techniques. *Geography and Development Iranian Journal*, 3(6):93-113. (in Persian)
- 2- Ahmadi H., and Mohamadi A. 2008. Gully land management and modeling through analysis of impact factors to determine the gully longitudinal growth potential (case study: Hableh Rood basin). 4th national conference on watershed management. Faculty of natural resources. University of Tehran. Karaj. Iran.
- 3- Bayati Khatibi M. 2006. Gully characteristics and factors controlling the gully processes. *Geography and Development Iranian Journal*, 4(7):115-137. (in Persian)
- 4- Bou Kheir R., Wilson J., and Deng Y. 2007. Use of terrain variables for mapping gully erosion susceptibility in Lebanon. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(12): 1770-1782.
- 5- Carey B., Gray J., and Seagrave C. 2001. Gully erosion, The State of Queensland, Department of Natural Resources and Mines.
- 6- Evans R. 1980. Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls: an empirical view point. In Kirkby M.J., Morgan R.P.C., (Eds.). *Soil erosion*. Chichester, Wiley, 109-128.
- 7- Geyik M.P. FAO watershed management field manual gully control. No. 13/2. Translated by Abbasi. 2002. Registered 421/81.
- 8- Gómez Gutiérrez A., Schnabel S., and Lavado Contador F. 2009. Gully erosion, land use and topographical thresholds during the last 60 years in a small rangeland catchment in SW Spain. *Land Degradation & Development*, 20(5):535-550.
- 9- Karimi M., Vali Samani J., and Ghodousi J. 2007. Investigation of effective factors on gully erosion and predicting of longitudinal growth. 10th national Congress on Soil Science. Iran. Karaj. (in Persian)
- 10- Malik Ireneusz. 2007. Dating of small gully formation and establishing erosion rates in old gullies under forest by

- means of anatomical changes in exposed tree roots (Southern Poland).pp:41-82.
- 11- Martínez-Casasnovas J.A., Concepción Ramos M., and García-Hernández D. 2009. Effects of land-use changes in vegetation cover and sidewall erosion in a gully head of the Penedès region (northeast Spain). *Earth Surface Processes and Landforms*, 34 (14):1927–1937.
 - 12- Mehrjerdi Z., Soufi M., and Choupani S. 2007. Investigation of effective factors on gully erosion in Griz region of Hormozgan Province. 10th national Congress on Soil Science. Iran. Karaj. (in Persian)
 - 13- Meyer A., and Martínez-Casasnovas J.A. 1999. Prediction of existing gully erosion in vineyard parcels of the NE Spain: a logistic modelling approach. *Soil and Tillage Research*, 50(3-4):319-331.
 - 14- Moghimi E., and Ghodsi M. 2014. Study the inter put environmental parameters affecting on gully formation and development. *Watershed Management Research(Pajouhesh & Sazandegi)*, 27(2):113-122. (in Persian with English abstract)
 - 15- Morgan P., and Mngomezulu D. 2003. Threshold condition for initiation of valley-side gullies in the middle veldt of Swaziland. *Catena*, 50:401-414.
 - 16- Mortezaei Gh., Ahmadi H., Ghodousi J., Feiznia S., and Jafari M. 2008. Evaluation of the quantitative effects of environmental parameters on occurrence of gully erosion. *Journal of the Iranian Natural Resources*, 60(4): 1211-1223. (in Persian with English abstract)
 - 17- Nachtergaele J., Poesen J., Oostwoud Wijdenes D., and Vandekerckhove L. 2002. Medium-term evolution of a gully developed in a loess-derived soil. *Geomorphology*, 46(3-4):223-239.
 - 18- Nazari Samani A., Ahmadi H., Jafari M., Boggs G., Ghoddousi J., and Malekian A. 2009. Geomorphic threshold conditions for gully erosion in Southwestern Iran (Boushehr-Samal watershed). *Journal of Asian Earth Sciences*, 35(2):180-189.
 - 19- Nazari Samani A., Ahmadi H., Mohammadi A., Ghoddousi J., and Salajegheh A. 2010. Factors controlling gully advancement and models evaluation (Hableh Rood Basin, Iran). *Water Resources Management*, 24(8):1531-1549.
 - 20- Nourmohamadi F. 2006. Alometry and gully sediment yield of Darreh Shahr- Ilam province. Thesis of M.Sc. in watershed management. Tarbiat Moddares University. 74p.
 - 21- Richter G., and Negendank J. 1977. Soil erosion processes and their measurement in the German area of the Moselle River. *Earth Surface Processes* 2: 261-278.
 - 22- Rostamizad Gh., Salajegheh A., Nazari Samani A., and Ghodousi J. 2015. Determination of effective factors on longitudinal growth of gullies and prediction of its development. *Journal of Quantitative Geomorphological Researches*, 4(1):46-58. (in Persian)
 - 23- Servati M., Ghodousi J., and Dadkhah M. 2008. Factors effecting initiation and advancement of gully erosion in loesses. *Pajouhesh & Sazandegi*, 78:20-33. (in Persian with English abstract)
 - 24- Shahini Gh., and Charkhabi A. 2007. The relationship between gully erosion and watershed characteristics and soil in loess hills north of Gorgan. 10th national congers of soil science. Agriculture and natural resources campus. University of Tehran. Karaj. Iran.
 - 25- Soil Science Society of America. 2001. Glossary of soil science terms, Madison, WI, <http://www.soils.org/sssagloss>.
 - 26- Soleimanpour M., Soufi M., and Ahmadi A. 2010. A study on the topographic threshold and effective factors on sediment production and gully development in Neyriz, Fars Province. *Iranian Journal of Natural Resources(Range and Watershed Management)*, 63(1):53-41. (in Persian with English abstract)
 - 27- Verachtert E., Van Den Eeckhaut M., Poesen J., and Deckers J. 2010. Factors controlling the spatial distribution of soil piping erosion on loess-derived soils: A case study from central Belgium. *Geomorphology*, 118(3-4):339-348.
 - 28- Zareh Chahooki M.A. 2010. Data analysis in natural resources researches using SPSS. Tehran University Press. 310 p.
 - 29- Zinck A., Lopez J., Metternich G.I., Shrestha D.P., and Vazquez-Selem L. 2001. Mapping and modelling mass movement and gullies in mountainous areas using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 3(1):44-53.



Determination of Effective Factors in Gullies Development in Modares Watershed of Shushtar

F. Soleimani¹ M. Soufi^{2*} - A. Orsham³

Received: 25-04-2017

Accepted: 05-07-2017

Introduction: Khuzestan province with 4.6 million hectares area has suitable agricultural lands that gully erosion destroyed some parts of them. One of the major basins in which much of its agricultural land threatened by gully erosion is located in Modarres watershed of Shushtar. Gully erosion progression in this basin causing the loss of farmland and thus the farmers are leaving farming and consequently would lead to poverty and migration to urban areas and social consequences. Therefore, presenting a model to determine the factors that impact on gully erosion and erosion hazard zonation for conserving and stability of the land need to research and investigate on gullies of Khuzestan province.

Materials and Methods: Study area is located in Shahid Modares basin that large parts of these farm lands destroyed by gully erosion. The aim of this project is to identify the main factors affecting on linear gully development and modeling them. For this purpose, distribution maps of climate and the gully was determined. Then a Watershed from each climate class with the highest losses was selected. At last Haddam watershed with warm-arid climate and Sharif watershed with warm-semi arid climate were selected. And 15 gullies were selected from each watershed then some parameters studied and measured in these gullies. Finally relationship between the length and volume development of gully with watershed characteristics, Physio-chemical soil properties, the percentage of vegetation cover, pebbles, bare soil, litter, slope and upstream area of head cuts, rainfall and different land use area a 20-year period (1993-2012) were analyzed. Modeling of the gully development was done using multivariate regression.

Results and Discussion: The results showed that in Haddam watershed the gully number A17 had most elongation (78.8 meters) while the gully number B2 had lowest elongation (3.8 meters). In Sharif watershed the gully number B3 had the most elongation (108.1 meters) while the gully number B4 had the lowest elongation (1993-2012). Gully clustering results showed that gullies of Haddam's watershed were in two clusters and gullies of Sharif's watershed in the three clusters. The final equation for the development of Haddams gullies in the cluster one shows the amount of development in these gullies depends on three variables including upstream area of initial point (X4), the percentage of bare soil (X6) and slope of initial point (X2). At cluster two the amount of progress in these gullies depends on silt percent (X18) and PH(X23). The final equation for the development of Sharif's gullies in the cluster one shows the amount of progress in these gullies depends on upstream area of head cut(X3). At cluster two the amount of development depends on two variables upstream area of initial point (X4) and Sodium content (X22). In Haddam's watershed more than 80 percent of land use is covered by rain fed and irrigated land. Unlike Sharif's watershed that more than 80 percent of pasture land form. In addition, measurement of upstream watershed area reflects very poor range condition. In this region, due to the slight slope in gully head cut the surface runoff has not velocity but also due to lack of canopy cover in gullies' watershed and low soil permeability because of silt frequency and high salinity in the soil profile increases the risk of gully development. In this research, slope of head cut upstream and slope of initiates point is less than 5 percent at total gullies that are correlated with development of gully elongation. However, due to poverty and lack of vegetation cover conditions provided for gully linear growth.

Conclusions: Gully erosion is a form of progressive erosion that allocated the largest portion of soil degradation in different climates to itself. Gullies behavior against its spreading and growth is affected by

1- PhD in Watershed Engineering, Researcher at Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ahvaz, Iran

2- Associated Professor of Soil Conservation and Watershed Management Department, Fars Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Fars, Iran (*- Corresponding Author Email: majidsoufi2@gmail.com)

3- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ahvaz, Iran

different environmental factors. In this research, available data analysis in Haddam's watershed showed that the most important factors on the gully development were watershed characteristics on gully headcut (area and slope), the fine geological formation (silt), acidity and high soil salinity. These factors along with poor vegetation cover and agricultural land had created an excellent platform for gully elongation so that over a 20 year period have at least 3.8meter per year and a maximum elongation 78.8 m. In Sharif 's watershed showed that the most important factors on gully development were upstream area of head cut, upstream area of initiate pointed amount of sodium which caused to 10.1 and 108.1 meters minimum and maximum linear development respectively.

Keywords: Cluster analysis, Haddam and Sharif watershed, Gully clustering, Gully erosion