Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 5, Issue 1, 2013, Pages 31-40

نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۵، شماره ۱، ۱۳۹۲، صفحات ۴۰-۳۱

بررسی تاثیر ویژگی‌های توپوگرافی و خاک بر گسترش آبکندهای جبهه‌ای در کاربری کشاورزی، مطالعه موردی: استان ایلام

بنفشه یثربی، دانشجوی دکتری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس
مجید صوفی[۱]، استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس
سید خلاق میرنیا، دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت‌مدرس
جهانگرد محمدی، دانشیار، دانشکده پدولوژی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۲/۱۵

چکیده

فرسایش آبکندی یک رخساره فرسایشی پر رسوب است که سهم عمده‌ای در تخریب اراضی دارد. در منطقه مورد مطالعه به‌دلیل توسعه فرسایش آبکندی در اراضی کشاورزی، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر ویژگی‌های توپوگرافیک شامل شیب-مساحت و عوامل خاکی بر گسترش آبکندهای جبهه‌ای در حوزه آبخیز سیکان واقع در استان ایلام انجام شد. به این منظور تعداد ۴۶ آبکند جبهه‌ای انتخاب و خصوصیات مورفومتریک مانند شیب و مساحت بالادست آبکند در محل‌های اولیه و فعلی به‌وسیله دستگاه موقعیت‌یاب جهانی و شیب‌سنج سانتو برداشت شد. دو نمونه خاک ترکیبی از حوضه بالادست، کف و دیواره‌های آبکند برداشت شد. سپس با استفاده از ماتریس هم‌بستگی و رگرسیون دو متغیره به‌بررسی عوامل موثر پرداخته شد. در بررسی وابستگی عوامل مورفومتریک آبکندها نتایج ماتریس هم‌بستگی نشان داد که با افزایش میزان شیب بالادست بر ارتفاع بالاکند افزوده می‌شود و در نتیجه آبکندهایی با حجم بالاتر تشکیل می‌شوند. همچنین، نتایج حاکی از آن است که شاخص مساحت بالادست به‌مساحت آغازین آبکندها می‌تواند به‌عنوان شاخص مناسبی جهت تعیین مرحله توسعه آبکندهای جبهه‌ای استفاده شود و رابطه معکوسی با شاخص عرض/عمق، طول و حجم آبکندها دارد. رابطه شیب-مساحت در منطقه مورد مطالعه منفی بوده و با افزایش مساحت، مقدار شیب کاهش می‌یابد، مقدار نرخ کاهش برابر با ۰/۳۱ می‌باشد و می‌توان عامل تشکیل بالاکند در منطقه مورد مطالعه را رواناب هورتونی دانست. آستانه توپوگرافی آبکندها در منطقه مورد مطالعه، حدود ۰/۰۴ می‌باشد و مقدار آستانه متوسط آغاز آبکندها در شیب ۱۰ درصد حدود ۰/۰۵ هکتار که با کاهش شیب به حدود دو درصد، تا دو هکتار افزایش می‌یابد و آستانه بحرانی در شیب دو درصد حدود ۰/۰۷ هکتار می‌باشد. بررسی عوامل خاکی نشان می‌دهد که افزایش مقدار ماده آلی خاک تنها عاملی است که می‌تواند باعث افزایش مقدار آستانه تشکیل آبکندها شود و سایر عوامل خاکی نظیر بافت سبک خاک و افزایش شوری باعث افزایش حجم آبکند و در نتیجه افزایش میزان تولید رسوب می‌شود. نتایج رگرسیون‌های دو متغیره نشان می‌دهد که حجم آبکندها در سطح معنی‌دار یک درصد عاملی وابسته به عمل تعریض می‌باشد و عرض بالا به‌تنهایی ۸۵ درصد از تغییرات حجم را تبیین می‌کند.

واژه‌های کلیدی: آستانه توپوگرافی، تخریب اراضی، حوزه آبخیز سیکان، خصوصیات مورفومتریک، عوامل خاکی

مقدمه

خاک بستر حیات و تولید غذا است و در نتیجه فرسایش خاک، زندگی انسان با خطر مواجه می‌شود. فرسایش آبکندی یکی از انواع فرسایش آبی است که با حضور آن پتانسیل اراضی کشاورزی و مرتعی کاهش یافته و بیابان‌زایی به‌دنبال آن آغاز می‌شود، به‌طوری‌که می‌توان فرسایش آبکندی را از عوامل کلیدی بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک برشمرد (Avni، ۲۰۰۵). تغییر الگوی کشاورزی، بالا بردن هزینه‌های کارگری و همچنین، تاثیر بر آب‌شناسی

[۱] نویسنده مسئول: soufi@farsagres.ir

حوضه و تخلیه رطوبت خاک از طریق تشدید زهکشی مشکلات دیگری هستند که به‌وسیله آبکندها در اراضی کشاورزی ایجاد می‌شود و در نهایت می‌توان گفت امنیت غذایی را به‌خطر می‌اندازد (Valentin، ۲۰۰۵).

فرسایش آبکندی یک پدیده آستانه‌ای است و آستانه‌های متفاوتی نظیر بارش، کاربری، خاک، هیدرولیک و توپوگرافی می‌توان تعیین نمود (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳). Sidouchuck (۲۰۰۵) گسترش آبکند را طی دو مرحله معرفی می‌کند، مرحله اول آغازین می‌باشد که حدود پنج درصد از عمر آبکند را شامل می‌شود، اما بیش از ۹۰ درصد از طول، ۶۰ درصد از مساحت و ۳۵ درصد از حجم آن شکل می‌گیرد و در پایان این مرحله ابعاد آن نزدیک به ابعاد حداکثر و پایدار آن می‌باشد. در باقی عمر وضعیت مرفولوژیکی آبکند تقریبا ثابت می‌باشد و کف‌کنی متوقف شده و گسترش به‌صورت عرضی است. Montgomery و Dietrich (۱۹۹۴) آغاز تشکیل کانال را حاصل عمل سطح مولد رواناب و شیب آن می‌دانند. Patton و Schumm (۱۹۷۵) برای اولین‌بار مفهوم آستانه توپوگرافیک آبکندها را مطرح نمودند. این رابطه به‌صورت عمومی $S = aA^{-b}$ بیان می‌شود که در آن، S تندی شیب (متر بر متر)، A مساحت حوزه زهکشی آبکند (هکتار)، a یک ضریب است که با لیتولوژی، خاک، اقلیم و پوشش گیاهی در ارتباط بوده و b مبین فرآیند غالب در شروع و توسعه آبکند می‌باشد. در این رابطه A جانشین حجم و S جانشین سرعت رواناب است که حجم رواناب به‌صورت توانی با سطح حوضه افزایش می‌یابد (Svoray و Markovitch، ۲۰۰۹). به‌بیان Moore و همکاران (۱۹۸۸) شیب و مساحت عوامل جایگزین قدرت فرسایندگی رواناب هستند و هنگامی که شیب در مقابل مساحت در یک دستگاه مختصات لگاریتمی رسم شود، خط برازش یافته بر نقاط می‌تواند بیانگر آستانه متوسط تشکیل‌دهنده بالاکند در منطقه باشد و اگر خطی موازی با آستانه متوسط بر پایین‌ترین نقاط کشیده شود، نشان‌دهنده آستانه بحرانی تشکیل بالاکند می‌باشد.

Morgan (۲۰۰۵) بیان می‌دارد که آبکندها زمانی تشکیل می‌شوند که $SA^b > t$ باشد و t همان مقدار آستانه است. در پژوهش‌های متفاوت، مقادیر مختلفی برای t ارایه شده است، از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های Vandekerckhove و همکاران (۲۰۰۰a) اشاره نمود که برای مناطق مطالعه شده در اسپانیا و پرتغال در اقلیم مدیترانه‌ای، دامنه‌ای بین ۰/۰۷ تا ۰/۲۸ ارایه می‌دهند که آستانه‌های پایین‌تر مربوط به اراضی کشاورزی می‌باشد. در مطالعات Morgan و Mngomezulu (۲۰۰۳) مقدار آستانه در دو حوضه مطالعه شده در Swaziland با اقلیم نیمه‌مرطوب گرم دامنه‌ای بین ۰/۱۳ تا ۰/۳ اعلام شده است و در مطالعات دیگر Vandekerckhove و همکاران (۱۹۹۸ و ۲۰۰۰a) در اراضی کشاورزی اسپانیا و پرتغال با اقلیم مدیترانه‌ای مقدار آستانه متوسط در شیب ۱۰ درصد حدود یک هکتار و مقدار آستانه توپوگرافی (t) در مناطق فوق را ۰/۱ تا ۰/۳ برآورد نموده‌اند. آن‌ها دلیل تفاوت در مقادیر آستانه را مدیریت اراضی کشاورزی و به‌خصوص جهت شخم عنوان می‌نمایند. رابطه شیب-مساحت می‌تواند نمایان‌گر فرآیند تشکیل آبکند نیز باشد. اگر شیب-مساحت ارتباطی معکوس داشته باشند، نشان‌دهنده فرآیندی نظیر رواناب سطحی در گسترش آبکند و اگر توان مثبت باشد، به این معناست که مساحت و شیب به یکدیگر وابسته نیستند و می‌توان نتیجه گرفت که فرآیندی نظیر رواناب زیرسطحی و یا حرکت توده‌ای در تشکیل آن نقش داشته است.

در پژوهش‌های Montgomery و Dietrich (۱۹۹۴) مدل مفهومی ارایه شد که فرآیندهای تشکیل‌دهنده کانال را عاملی وابسته به‌شیب بیان می‌کند. در این مدل تشکیل کانال با فرآیند حرکت توده‌ای در شیب‌های بالاتر و فرآیند رواناب سطحی در شیب‌های پایین‌تر رخ می‌دهد. تشکیل بالاکند با رواناب زیرسطحی در منطقه‌ای است که از نظر شیب و مساحت انتظار تشکیل کانال وجود ندارد اما به‌دلیل تخریب، کانال با رواناب زیرسطحی تشکیل می‌شود. بنابراین با تغییر شیب باید انتظار تغییر فرآیند در تشکیل بالاکند هم وجود داشته باشد.

نتایج مطالعات Vandekerckhove و همکاران (۲۰۰۰b) نشان داد که در مناطق مورد مطالعه اگر مقدار b کمتر از ۰/۲ باشد، فرآیند غالب در تشکیل کانال رواناب زیرسطحی و حرکت توده‌ای است که وابستگی کمتری بین شیب و مساحت بالادست وجود دارد و اگر مقدار آن بیشتر باشد، بین ۰/۳ تا ۰/۷ (به‌طور متوسط ۰/۵) نشان‌دهنده فرآیندی مانند رواناب هورتونی است که شیب و مساحت به یکدیگر وابستگی بیشتری دارند. اما توضیح این نکته نیز ضروری است که آغاز فرسایش آبکندی به‌تنهایی تحت تاثیر رابطه $S-A$ نیست چرا که در بسیاری از مواقع این رابطه بسیار ضعیف است و این آستانه تحت تاثیر خاک، پوشش گیاهی، اقلیم و کاربری دچار تغییر می‌شود و تشکیل آبکند نیز وابسته به این عناصر می‌باشد (Kakembo و همکاران، ۲۰۰۹). به‌طور مثال Vandekerckhove و همکاران (۲۰۰۰b) نقش بافت‌های سبک خاک را در ایجاد آبکندهای جبهه‌ای بسیار موثر می‌دانند و همچنین، بسیاری از خصوصیات هندسی آبکندها را مرتبط با عوامل خاکی بیان می‌نمایند.

مطالعه حاضر در تلاش است تا ضمن در نظر گرفتن فرآیندی که باعث تشکیل و توسعه آبکندها شده است، به بررسی خصوصیات توپوگرافی و همچنین، عوامل خاکی کنترل‌کننده آبکندهای جبهه‌ای بپردازد. در منطقه مورد مطالعه به‌دلیل این‌که زمین‌های کشاورزی بر تراس‌های اطراف رودخانه سیمره واقع شده‌اند، آبکندهای تشکیل شده بیشتر از نوع جبهه‌ای بوده و در نتیجه پیشروی بالاکندها به‌سمت بالادست، سطح موثر کشت کاهش یافته است (شکل ۱). براساس تعریف، آبکندهای جبهه‌ای بر اثر ریزش آب از بلندی در لبه تراس‌ها و یا در حاشیه رودخانه‌ها تشکیل می‌شوند (Poesen و همکاران، ۲۰۰۳). با توجه به ارزش زمین‌های کشاورزی و همچنین، وابستگی آبخیزنشینان به مزارع کوچک خود که در حقیقت می‌توان گفت مساله فرسایش خاک در منطقه مورد مطالعه تنها مساله تولید رسوب و آلودگی اکوسیستم آبی نیست، بلکه مسایل اقتصادی و اجتماعی در منطقه مورد مطالعه نقش بیشتری داشته و ارزش مطالعه بر فرسایش آبکندی و عوامل کنترل‌کننده آن به‌منظور مدیریت موثرتر بر فرسایش ارزش پژوهش در این خصوص را دو چندان می‌نماید.

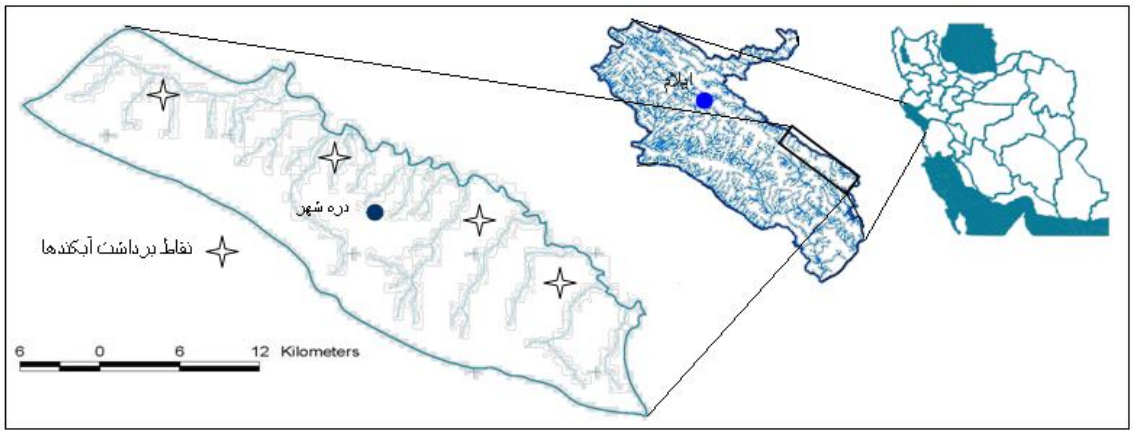
شکل ۱- آبکند جبهه‌ای و مکان‌های تجمع رواناب در اراضی کشاورزی

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: حوزه آبخیز سیکان در شمال استان ایلام قرار گرفته است و مساحت آن ۶۷۰۰۰ هکتار می‌باشد. حوضه مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی، به‌طول "۱۵ ´۰۳ °۳۳ تا "۳۸ ´۱۴ °۳۳ و به‌عرض "۴۸ ′۲۷ °۴۷ تا "۵۵ ´۵۵ °۴۶ واقع شده است. میزان بارش متوسط سالانه آن در ایستگاه سینوپتیک دره شهر حدود ۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد. این حوضه از نظر اقلیمی در تقسیم‌بندی آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌خشک معتدل است که برابر با اقلیم مدیترانه‌ای در تقسیم‌بندی کوپن می‌باشد (Waterbalance report of Ilam، ۲۰۰۰). موقعیت حوضه در کشور و همچنین، محل‌های برداشت آبکندها در شکل ۲ آورده شده است.

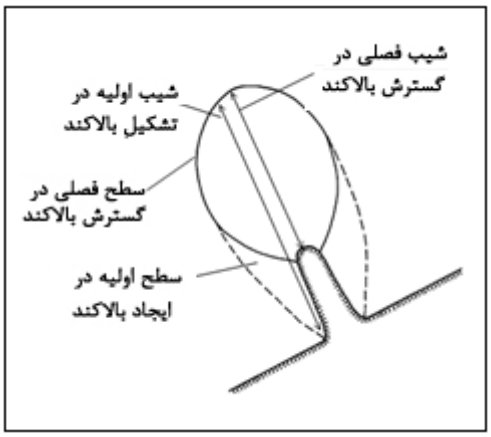
از نظر زمین‌شناسی حوضه فوق دارای سازندهای حساس و فرسایش‌پذیر می‌باشد. بخش اعظم آبکندها بر رسوبات دریاچه‌ای عهد حاضر واقع شده‌اند. زمانی‌که زمین‌لغزش بزرگ سیمره رخ می‌دهد، بر رودخانه سیمره دریاچه لغزشی تشکیل می‌شود که رسوبات به‌جا مانده از این رودخانه حاصل فرسایش مارن‌ها و سازندهای فرسایش‌پذیر بالادست حوضه می‌باشد (Roberts و Evans، ۲۰۰۸). در قسمت‌های دیگر حوضه نیز اراضی زراعی بر مارن‌های دوران سوم سازندهای گروه فارس قرار دارند و بالای خط کنیک نیز واحد کوهستان با سازند آسماری با پوشش بلوط و بنه وجود دارد (Water Regional Corporation،

۲۰۰۰). دشت‌ها و تپه ماهورهای منطقه مورد مطالعه دارای کاربری مرتعی و دارای پوشش یک‌ساله بسیار تنک و ضعیف می‌باشند که بر آن‌ها دامداری سنتی با چرای آزاد دیده می‌شود که در نتیجه فشار بیش از حد دام، میکروتراس‌ها بر دامنه‌ها به‌خوبی دیده می‌شوند. در اراضی کشاورزی با مدیریت سنتی شامل شخم در جهت شیب و همچنین، آبیاری غرقابی و در نهایت با آتش‌زدن کاه و کلش به‌جا مانده زمین‌ها بسیار ضعیف و آسیب‌پذیر می‌باشند و با متمرکز شدن رواناب‌ها در شیارهای به‌جا مانده از شخم در جهت شیب (شکل ۱) رخساره‌های فرسایش آبی متمرکز در سطح اراضی کشاورزی دیده می‌شوند.



شکل ۲- موقعیت حوزه آبخیز سیکان و مناطق مورد برداشت

روش پژوهش: تعداد ۴۶ آبکند جبهه‌ای در اراضی کشاورزی حوزه آبخیز سیکان در استان ایلام با استفاده از بررسی‌های اولیه تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و همچنین، پیمایش در عرصه در سال ۹۰ انتخاب شدند. برای برداشت خصوصیات مورفومتریک آبکندها از اندازه‌گیری مستقیم در عرصه استفاده شد و با استفاده از یک دستگاه موقعیت‌یاب جهانی دستی معمولی گارمین با دقت سه متر مساحت بالادست بالاکند در محل اولیه تشکیل و همچنین، مساحت بالادست بالاکند در زمان عملیات میدانی برداشت شد (Valentin و همکاران، ۲۰۰۵). سطح ابتدایی در بالادست خروجی آبکندها به‌عنوان سطح لازم برای تشکیل آبکند به‌عنوان مساحت آغازین و سطح واقع در بالادست بالاکند در سال ۹۰ به‌عنوان مساحت لازم برای گسترش آبکند و پیشروی طولی بالاکند در نظر گرفته شد. در نرم‌افزار اتوکد با استفاده از نقاط برداشت شده مساحت بالادست بالاکندها در زمان تشکیل و همچنین، در سال ۱۳۹۰ محاسبه و به‌وسیله شیب‌سنج سونتو شیب‌های بالادست بالاکند و مکان شکل‌گیری اولیه آن برداشت شدند (شکل ۳).



شکل ۳- موقعیت برداشت خصوصیات توپوگرافیکی

سایر خصوصیات آبکند نظیر عمق، طول، ارتفاع پیشانی، عرض بالا و پایین به‌وسیله متر در سه مقطع با فاصله‌های تقریبا برابر اندازه‌گیری شد. حجم آبکند از مجموع سطح مقاطع عرضی در فاصله بین مقاطع به‌دست آمد و در نهایت از مشخصات برداشت شده شاخص‌های عرض به‌عمق، عرض به‌طول محاسبه شدند. از نسبت سطح فعلی بالادست بالاکند به‌سطح اولیه در تشکیل بالاکند به‌عنوان شاخصی برای میزان گسترش آبکند استفاده شد، هر چه میزان این شاخص به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده گسترش کمتر

آبکند در مرحله جوانی بوده و اگر این شاخص کوچک‌تر باشد، نشان‌دهنده گسترش بیشتر آبکند است (Vandekerckhove و همکاران، ۲۰۰۰a).

از هر آبکند حداقل یک نمونه خاک ترکیبی از خاک سطحی حوضه بالادست آبکند و یک نمونه هم از دیواره‌های آبکند برای آزمایش خاک زیرسطحی با تازه کردن سطح دیواره برداشت شد. در آزمایشگاه پس از تیمارهای اولیه، از نمونه‌ها عصاره گل اشباع تهیه شد و از آن برای سنجش میزان اسیدیته، هدایت الکتریکی، اندازه‌گیری میزان سدیم با دستگاه فلیم فتومتر و همچنین، مقدار کلسیم و منیزیم محلول به‌روش حجمی استفاده شد (Zarrinkafsh، ۱۹۹۵). آهک کل و فعال نمونه‌ها از روش حجمی و گرانولومتری نمونه‌ها با روش دانسیمتری انجام پذیرفت و سپس با استفاده از سیستم طبقه‌بندی وزارت کشاورزی آمریکا، بافت خاک آن‌ها مشخص شد (Zarrinkafsh، ۱۹۹۵). میزان کربن آلی نمونه‌های خاک سطحی نیز با روش واکلی-بلک محاسبه و از کلیه داده‌ها بانک اطلاعاتی تشکیل داده شد و با استفاده از نرم‌افزار SPSS ماتریس هم‌بستگی با استفاده از خصوصیات مورفومتریک و همچنین، خصوصیات خاکی تشکیل شد و عواملی که از نظر آماری دارای تاثیر معنادار بودند، برای بررسی بیشتر انتخاب شدند. توجه پژوهش بر عوامل موثر بر حجم و آستانه آبکندهای جبهه‌ای بود، لذا از رگرسیون‌های دو متغیره برای ارائه رابطه بین عوامل استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی خصوصیات مورفومتریک آبکندها:

آبکندهای منتخب در منطقه مورد مطالعه به‌طور متوسط دارای نه متر طول و ۳/۵ متر عرض می‌باشند و حجم آن‌ها به‌طور متوسط ۷۷ مترمکعب است (جدول ۱). در عرصه مورد مطالعه بالاکندها در دامنه وسیع شیب دو تا ۲۵ درصد و دامنه مساحتی ۷۷ تا ۱۹۵۰ مترمربع تشکیل یافته‌اند که نشان می‌دهد، شیب و مساحت تنها عوامل موثر در تشکیل و توسعه آبکندها نمی‌باشند (Kakembo و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به شاخص مساحت گسترش به مساحت آغازین که در آبکندهای مورد مطالعه به‌طور متوسط ۰/۷۸ می‌باشد، می‌توان گفت آبکندهای مورد مطالعه جوان هستند و توسعه زیادی نداشته‌اند. عرض بالای آبکندها به‌طور متوسط حدود چهار برابر عرض پایین است که نشان‌دهنده مقطع عرضی Vشکل و جوانی آبکندها و یا غیرهمگن بودن جنس بستر آن‌ها می‌باشد.

به‌منظور بررسی وجود ارتباط معنی‌دار بین خصوصیات ریختی آبکندها ماتریس هم‌بستگی بین آن‌ها تشکیل شد و عواملی که دارای ارتباط معنی‌دار با یکدیگر هستند، در جدول ۲ آورده شده‌اند. طبق این جدول، مساحت آغازین و شیب اولیه تشکیل بالاکند دارای رابطه معنی‌دار در سطح یک درصد می‌باشند. شیب بالادست بالاکند و ارتفاع آن نیز دارای ارتباط معنی‌دار در سطح یک درصد می‌باشند. طبق مطالعات قبلی شیب جایگزین سرعت رواناب است، بنابراین، با افزایش شیب سرعت رواناب نیز افزایش می‌یابد و ریزش از ارتفاع بالاکند با سرعت بیشتر، باعث کنش بیشتر و گود شدن محل ریزش و در نتیجه افزایش ارتفاع پیشانی آبکند را به‌دنبال خواهد داشت. همچنین، نتایج مطالعات Vandekerckhove و همکاران (۲۰۰۰a) رابطه بین مساحت بالادست با ارتفاع بالاکند را نشان می‌دهد.

بر طبق نتایج ماتریس هم‌بستگی هر چه ارتفاع بالاکند بیشتر باشد، به‌نظر می‌رسد، عمق، عرض بالا و طول آبکند نیز بیشتر خواهد بود. بنابراین بالاکند با ارتفاع بیشتر می‌تواند آبکندی با حجم بالاتر ایجاد نماید، زیرا ریزش آب از ارتفاع بیشتر باعث کنش پای دیواره و ریزش توده‌های بزرگ کناری و تعریض آبکند خواهد شد که رابطه مثبت معنی‌دار در سطح یک درصد بین حجم آبکندها و ارتفاع پیشانی، خود تاییدکننده این نتیجه می‌باشد.

جدول ۳، روابط رگرسیونی دو متغیره حجم آبکند با عمق، طول و عرض بالا را نشان می‌دهد. این ارتباط نشان می‌دهد که اگر به‌طور مثال عرض بالا دو برابر شود، حجم آبکند پنج برابر می‌شود؛ این در حالی است که اگر طول آبکند دو برابر شود، میزان حجم آن تنها ۳/۸ برابر می‌شود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که حجم آبکند در زمان عریض شدن با سرعت بیشتری نسبت به‌زمانی که دارای رشد طولی است، افزایش می‌یابد و نقش فرآیند عریض شدن نسبت به کف‌کنی

در تغییر حجم آبکند بیشتر است. بنابراین، عرض بالای آبکند می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای پایش تغییر حجم آبکند و میزان رسوب تولیدی استفاده شود (Vandekerckhove و همکاران، ۲۰۰۰a).

جدول ۱- خلاصه پارامترهای اندازه‌گیری شده آبکندها

ردیف	عامل	واحد	میانگین	حداکثر	حداقل
۱	مساحت آغاز	متر مربع	۱۹۵۶/۴۰	۱۹۵۶۸/۱۵	۷۷
۲	مساحت گسترش	متر مربع	۱۸۰۸/۰۵	۱۸۷۸۸	۳۹
۳	شیب گسترش	درصد	۷/۴۰	۲۵	۲
۴	شیب آغازین	درصد	۱۳/۴۲	۲۲	۲
۵	ارتفاع پیشانی	متر	۰/۹۰	۴/۶۷	۰/۲۰
۶	طول	متر	۸/۹۳	۲۶	۰/۳۴
۷	عرض متوسط بالایی	متر	۳/۴۱	۱۱	۰/۹۰
۸	عرض متوسط پایین	متر	۰/۸۶	۴	۰/۲۰
۹	عمق	متر	۱/۷۵	۷	۰/۴۰
۱۰	حجم	متر مکعب	۷۷/۳۲	۱۰۹۲	۰/۳۲
۱۱	عرض/ طول	-	۰/۵۵	۴/۷۰	۰/۱۳
۱۲	عرض/عمق	-	۲/۲۷	۷/۶۰	۰/۷۷
۱۳	مساحت گسترش / مساحت اولیه	-	۰/۸۷	۰/۹۹	۰/۶۴
۱۴	اسیدیته	-	۷/۳۰	۷/۵۶	۷
۱۵	هدایت الکتریکی	دسی زیمنس بر متر	۰/۳۱۳	۱/۹۹۴	۰/۱۴۴
۱۶	سدیم	میلی گرم / لیتر	۰/۵۵	۲/۷۰	۰/۱۷۲
۱۷	ماده آلی	درصد	۱/۳۷	۲/۹۵	۰/۳۳
۱۸	آهک کل	درصد	۴۲/۹۰	۶۳	۲۸
۱۹	آهک فعال	درصد	۱۲/۸۱	۲۴/۸۰	۴/۱۶
۲۰	سیلت	درصد	۳۸/۶۷	۹۱/۴۰	۱۰
۲۱	رس	درصد	۱۹/۵۵	۳۴/۶۰	۵
۲۲	ماسه	درصد	۴۱/۷۸	۷۵/۴۰	۸

جدول ۲- ماتریس هم‌بستگی عوامل مورفومتریک آبکندها

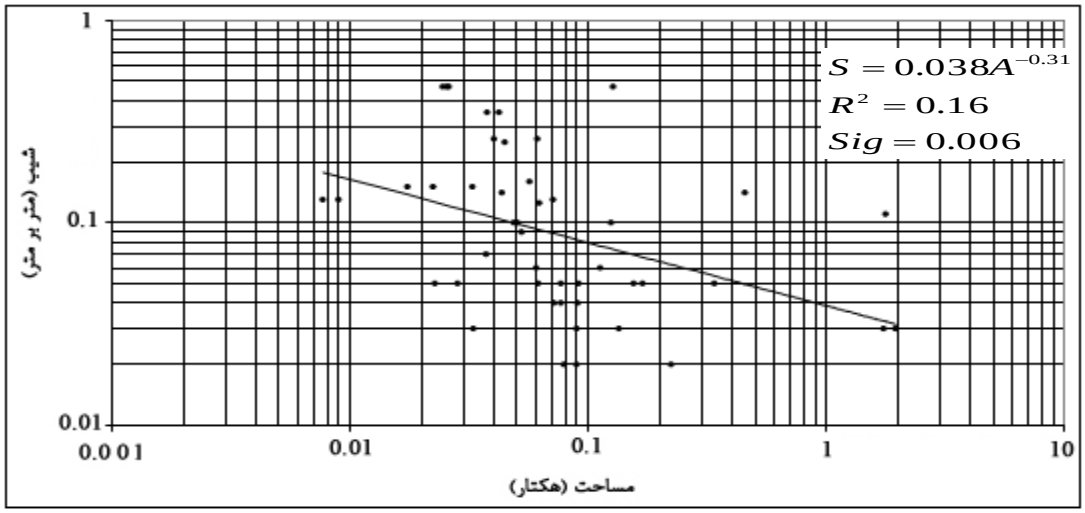
ردیف		شیب اولیه	ارتفاع بالاکند	حجم آبکند	عرض/عمق	طول
۱	مساحت آغازین	-۰/۵۷**				
۲	شیب گسترش		۰/۴۵۷**			
۳	عمق		۰/۷۶۸**	۰/۸۲۲**		۰/۴۸۷**
۴	عرض بالا		۰/۳۹۵*	۰/۸۷۸**		۰/۶۵۳**
۵	طول		۰/۳۳۵*	۰/۸۱۷**		
۶	حجم		۰/۴۶۸**			
۷	مساحت گسترش/ مساحت اولیه			-۰/۵۲۵**	-۰/۴۰۵*	-۰/۷۱**

آخرین عامل ریخت‌شناسی مورد بررسی در آبکندهای جبهه‌ای شاخص نسبت مساحت گسترش به‌مساحت اولیه تشکیل بالاکند می‌باشد که با حجم، طول و شاخص عرض به‌عمق دارای ارتباط معکوس معنی‌دار می‌باشد. Heede (۱۹۷۰) کمتر بودن شاخص عرض به‌عمق آبکندها را نشان‌دهنده جوانی و کمتر بودن شاخص نسبت مساحت گسترش به‌مساحت اولیه را نشان‌دهنده پیری آبکند می‌داند.

جدول ۳- روابط دو متغیره حجم آبکند با مشخصات مورفومتریک

رابطه	ضریب تبیین	سطح معنی‌داری
$vol = 7.73d^{2.1}$	$R^2 = 70\%$	$sig = 0.000$
$vol = 0.419l^{1.94}$	$R^2 = 82\%$	$sig = 0.000$
$vol = 1.52wu^{2.36}$	$R^2 = 85\%$	$sig = 0.000$

بررسی آستانه‌های توپوگرافی آبکنـدها: جهـت بررسی رابطه بین شیب-مساحت آبکنـدها داده‌هـای شیب-مساحت در یک دستگاه لگاریتمی رسم شـد و مدل در شکل ۴ ارایه شده اسـت. رابطـه ارایـه شـده شیب- مساحت مانند آنچه که در بسیاری از مطالعات گفته شده است، دارای ارتبـاط معکـوس بـا یکـدیگر می‌باشد (Montgomery، ۱۹۹۴؛ Vandekerckhove و همکـاران، ۱۹۹۸؛ Vandekerckhove و همکـاران، ۲۰۰۰ a,b؛ Morgan و Mngomezulu، ۲۰۰۳؛ Poesen و همکـــاران، ۲۰۰۳؛ Nazari Samani و همکـــاران، ۲۰۰۹؛ Yasrebi و همکـــاران، ۲۰۱۰، Soleimanpour و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۴- رابطه شیب–مساحت در آبکندهای حوضه سیکان

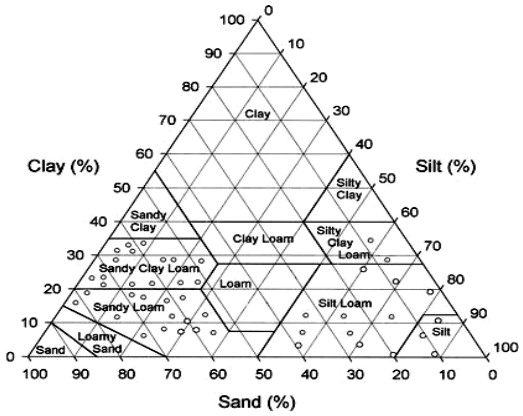
در نتایج به‌دست آمده مساحت تنهـا ۱۶ درصـد از تغییرات شیب را تبیین می‌کند که این مقدار با مقادیر ارائه شده در سایر مطالعـات قابـل مقایسـه مـی‌باشـد (Vandekerckhove و همکـاران، ۲۰۰۰ b؛ Morgan و Mngomezulu، ۲۰۰۳). بـا توجـه بـه‌رابطـه شـیب- مساحت می‌توان گفـت، در زمـین‌هـای کشـاورزی در آستانه‌های بـالاتر از ۰/۰۳ آبکنـد تشـکیل مـی‌شـود و آستانه مساحت متوسط تشـکیل آبکنـد در شـیب ۱۰ درصد، حدود ۰/۰۵ هکتار می‌باشد که با کاهش شـیب به حدود دو درصد، مقـدار سـطح متوسـط مـورد نیـاز جهت تشکیل آبکند به دو هکتار افزایش می‌یابد.

مقـادیر آسـتانه در منطقـه مـورد پـژوهش نشـان می‌دهد که در هـر شـیب حـداقل سـطحی کـه بـرای کنترل رواناب در نظر گرفته می‌شود، باید چقدر باشد. به‌طـور مثـال در اراضـی کشـاورزی کـه در شـیب ۱۰ درصد واقع شده‌اند، به‌طـور متوسـط حـدود دو هکتـار لازم است که رواناب مورد نیاز برای تشـکیل و توسـعه آبکند تولید نماید، مقدار آستانه بحرانـی در شـیب دو درصد به حدود ۰/۰۸ هکتار کاهش می‌یابد.

با مقایسه نتایج مطالعات پیشین کـه در اسـپانیا و پرتغال انجام شده است با بافـت خـاک مشـابه عرصـه مورد مطالعه می‌توان گفـت، مقـادیر آسـتانه مسـاحت لازم برای تشکیل آبکند در منطقه مورد مطالعه بسـیار پایین‌تر است که با لحاظ تفاوت در شـرایط عرصـه‌هـا می‌توان دلیل اصلی را هم‌چنان‌که بیان می‌دارند، سـوء مدیریت اراضی کشـاورزی و شـخم در جهـت شـیب و همچنین، خرد شدن خاکدانه‌ها بـر اثـر شـخم عنـوان نمـــود (Vandekerckhove و همکـــاران، ۱۹۹۸ و b ۲۰۰۰). Valentin و همکاران (۲۰۰۵) نیز شیوه‌هـای غلط کشاورزی را از دلایل اصلی ایجاد و توسعه آبکنـد می‌دانند. مقدار توان رابطه شـیب-مسـاحت در عرصـه مورد مطالعـه برابـر بـا ۰/۳۱ مـی‌باشـد کـه بـا توجـه

به‌مطالعات قبلی، مقادیر بالای ۰/۲ نشان‌دهنده فرآیند رواناب هورتونی در تشکیل بالاکند (Montgomery و Dietrich، ۱۹۹۴؛ Vandekerckhove و همکاران، b ۲۰۰۰؛ Morgan و Mngomezulu، ۲۰۰۳؛ Munoz-Robles و همکاران، ۲۰۱۰) می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه نیز تشکیل شیارها در مساحت بالادست بالاکندها و عدم حضور تونل در دیواره آبکند نشان‌دهنده توسعه در اثر عمل فرآیند رواناب هورتونی است.

بررسی نقش عوامل خاکی: آبکندهای مورد بررسی، فراوانی بیشتری در خاک‌هایی با بافت شنی‌لومی و سیلتی‌لومی با متوسط ماسه و سیلت به‌ترتیب ۴۲ و ۳۸ درصد دارند. در بسیاری از مطالعات نیز به تشکیل آبکندها در خاک‌های محتوی ماسه و سیلت بالا (بافت سبک) اشاره شده است (Vandekerckhove و همکاران، a ۲۰۰۰ و Poesen و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج بافت خاک نمونه‌های برداشت شده در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- نتایج بافت خاک نمونه‌ها به‌روش USDA

جدول ۴، ارتباط عوامل خاکی موثر بر خصوصیات مورفومتریک آبکندها را نشان می‌دهد.

جدول ۴- ضرایب هم‌بستگی و سطح معنی‌داری عوامل خاکی موثر بر خصوصیات مورفومتریک آبکندها

	ماده آلی	ماسه	سیلت	رس	هدایت الکتریکی
مساحت بالادست آغازین	۰/۳۴*				
طول	-۰/۳۹۳*	۰/۷۴**	۰/۶۲۵**		۰/۵۰۴**
عرض بالا		۰/۴۰۳*	۰/۴۰۸*		۰/۴۱۴*
عمق		۰/۵۴۷**		-۰/۵۰۹**	۰/۳۵۸*
حجم آبکند		۰/۶۳*	۰/۶۶۱*		۰/۴۷**
عرض / عمق	-۰/۵۸۳**	۰/۴۲۰*			
مساحت گسترش به مساحت آغازین		۰/۳۶*			
ارتفاع پیشانی		۰/۴۸۶**	۰/۵۸۶**	-۰/۴۳*	

** سطح معنی‌داری یک درصد، * سطح معنی‌داری پنج درصد

طبق نتایج افزایش ماده آلی در خاک سطحی ارتباط مستقیم معنی‌دار با مساحت تشکیل‌دهنده بالاکند دارد. بنابراین، با افزایش میزان ماده آلی حجم رواناب بیشتری برای تشکیل بالاکند نیاز است و از سوی دیگر با افزایش ماده آلی آبکندها، گسترش طولی و عرضی کمتری خواهند داشت. Rafahi (۲۰۰۳) بیان می‌دارد که مواد آلی باعث پایداری خاک‌دانه‌ها و افزایش مقاومت برشی می‌شود. بر اساس معنی‌دار بودن ضرایب هم‌بستگی افزایش محتوی ماسه و سیلت یا به بیان دیگر با سبک شدن بافت خاک آبکندهایی با حجم بیشتر تشکیل می‌گردند بنابراین انتظار می‌رود که در خاک‌هایی که بافت سبکی دارند آبکندها به سادگی گسترش یابند. ذرات سیلت و ماسه را به نسبت رس فرسایش پذیرتر هستند و رابطه منفی ارتفاع پیشانی و عمق آبکندها با محتوی رس نیز موید همین مساله می‌باشد (Rafahi، ۲۰۰۳). هدایت الکتریکی با حجم آبکند دارای ارتباط مستقیم معنی‌دار در سطح یک درصد می‌باشد که این ارتباط بسیار منطقی است، چرا که با افزایش شوری و املاح، ساختمان خاک مقاومت کمتری در برابر عوامل فرساینده دارد (Shahrivar و همکاران، ۲۰۱۲؛ Nazari Samani، ۲۰۰۹).

این پژوهش به بررسی تاثیر عوامل توپوگرافی و خاکی بر تشکیل و توسعه آبکندهای جبهه‌ای در اراضی کشاورزی حوزه آبخیز سیکان در استان ایلام پرداخته است و در پایان نتایج زیر به‌دست آمد.

- بررسی روابط مورفومتریک آبکندها نشان داد که افزایش حجم آبکند عاملی وابسته به عمل تعریض است و افزایش عرض بالا با سرعت بیشتری حجم آبکند را افزایش می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در هنگام کنترل آبکندها تنها نمی‌توان به کنترل بالاکند بسنده نمود، چرا که ریزش دیواره‌ها و افزایش عرض بالای آبکندهاست که تولید رسوب را افزایش می‌دهد.
- شاخص مساحت توسعه/مساحت اولیه تشکیل بالاکند می‌تواند در آبکندهای جبهه‌ای به‌عنوان شاخصی برای پایش توسعه آبکندها مورد استفاده قرار گیرد.
- شیب و مساحت آبکندها در حوضه مورد مطالعه دارای ارتباطی منفی است که نشان‌دهنده فرآیند رواناب سطحی در ایجاد و توسعه آبکندهای منطقه می‌باشد. بررسی آستانه‌های وقوع فرسایش آبکندی نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه آبکندها در آستانه‌های پایینی تشکیل شده‌اند و بخش اعظم حوضه با توجه به مشابه بودن شرایط می‌تواند حساس به تشکیل آبکند باشد. بنابراین، با اصلاح روش‌های مدیریت اراضی کشاورزی و روش‌های خاک‌ورزی می‌توان تشکیل آبکندها را کنترل نمود.
- بررسی عوامل خاکی نشان می‌دهد که بافت‌های سبک، حساس به فرسایش آبکندی می‌باشند و افزایش مواد آلی باعث می‌شود که در این خاک‌ها بالاکندها برای تشکیل به‌حجم رواناب بیشتر و مساحت بیشتری نیاز داشته باشند.

منابع مورد استفاده

1. Avni, Y. 2005. Gully incision as a key factor in desertification in an arid environment, the Negev highlands, Israel. Catena, 63: 185-220.
2. Watershed Report of Ilam. 2000. Landscape of Ilam province. Head office of Natural Resources and Watershed Management of Ilam Province (in Persian).
3. Heede, B.H. 1970. Morphology of gullies in the Colorado Rocky Mountains. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology XV, 2: 79–89.
4. Kakembo, V., W.W. Xanga and K. Rowntree. 2009. Topographic thresholds in gully development on the hillslopes of communal areas in Ngqushwa Local Municipality, Eastern Cape, South Africa. Journal of Geomophology, 110: 188-194.
5. Montgomery, D.R. and W.E. Dietrich. 1994. Landscape dissection and drainage area-slope thresholds, in process models and theoretical geomorphology. Edited by M.J. Kirkby, John Wiley and Sons, 221-246.
6. Montgomery, D.R. 1994. Road surface drainage, channel initiation, and slope instability. Journal of Water Resources Research, 30(6): 1925-1932.
7. Moore, I.D., G.J. Burch and D.H. Mackenzie. 1988. Topographic effect on the distribution of surface soil water and the location of ephemeral gullies. Journal of American Society of Agricultural Engineers, 31(4): 1098-1107.
8. Morgan, R.P.C. 2005. Soil erosion and conservation. Third edition, Blackwell publishing, 316 pages.
9. Morgan, R.P.C. and D. Mngomezulu. 2003. Threshold conditions for initiation of valley side gullies in the Middle Veld of Swaziland. Catena, 50: 401- 414.
10. Munoz-Robles, C., N. Reid, P. Frazier, M. Tighe, S.V. Briggs and B. Wilson. 2010. Factors related to gully erosion in woody encroachment in south-eastern Australia. Catena, 83(2-3): 148-157.
11. Nazari Samani, A.A., H. Ahmadi, A.A. Mohammadi, J. Ghoddousi, A. Salajegheh, G. Boggs and R. Pishyar. 2009. Factors controlling gully advancement and models evaluation (Hableh Rood Basin, Iran). Journal of Water Resources Management, 24(8): 1531-1549.
12. Nazari Samani, A.A., H. Ahmadi, M. Jafari, G. Boggs, J. Ghoddousi and A. Malekian. 2009. Geomorphic threshold conditions for gully erosion in southwestern Iran (Boushehr, Samal Watershed). Journal of Asian Earth Sciences, 35: 180-189.
13. Patton, P.C. and S.A. Schumm. 1975. Gully erosion northwestern Colorado: A Threshold Phenomenon. Journal of Geology, 3: 88-90.

14. Poesen. J., J. Nachtergaele, G. Verstraeten and C. Valentin. 2003. Gully erosion and environmental change:importance and research needs. Catena, 50: 91-133.
15. Refahi, H.G. 2003. water erosion and control. Tehran University Press, 551 pages.
16. Roberts, N.J. and S.G. Evans. 2008. Seymareh (seimarreh) landslide, Zagros Mountains, Iran. Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, EGU2008-A-00764.
17. Shahrivar, A., C. Debonsong, J. Shamsoddin, A. Anvar and M. Soufi. 2012. The role of electrical conductvity (EC) and Sodium absorbtion rate (SAR) in gully erosion advancement in semi-arid area of Kohkilooye and Booyerahmad Province. Journal of Research in Agriculture, 8(1): 1-12 (in Persian).
18. Sidouchuck, A. 2005. Stochastic components in the gully erosion modeling. Catena, 63: 299-317.
19. Soleimanpour, S.M., M. Soufi, and H. Ahmadi. 2010. Watershed charectristics effective factors on gully development, Fedagh, Larestan. 6th national Watershed Management Confrence and 4th National Erosion and Sediment Confrence, Nour, Mazandaran (in Persian).
20. Svoray, S. and H. Markovitch. 2009. Catchment scale analysis of the effect of topography, tillage direction and unpaved roads on ephemeral gully incision. Journal of Earth Surface Processes and Landforms, 34: 1970–1984.
21. Valentin. C., J. Poesen and Y. Li. 2005. Gully erosion: impacts, factors an control. Catena, 63: 132–153.
22. Vandekerckhove, L., J. Poesen, D.O. Wijdenes and T. de Figueiredo. 1998. Topographical thresholds for ephemeral gully initiation in intensively cultivated areas of the Mediterranean. Catena, 33: 271-292.
23. Vandekerckhove, L., J. Poesen, D. Oostwoudwijdenes, G. Gyssels, L. Beuselinck and E. De Luna. 2000. Characteristics and controling factors of bank gullies in two semi-arid mediterranean environments. Geomorphology, 33: 37-58.
24. Vandekerckhove, L., J. Poesen, D. Oostwoudwijdenes, J. Nachtergaele, C. Kosamas, M.J. Roxo and T. de Figueiredo. 2000. Thresholds for gully initiation and sedimentation in Mediterranean Europe. Journal of Earth Surface Processes and Landforms, 25: 1201-1220.
25. Water Regional Corporation. 2000. Water balance report of Ilam province (in Persian).
26. Yasrebi, B., F. Nourmohamadi, M. Soufi and S.H.R. Sadeghi. 2010. Initial topographic threshold in Dareshhr, Ilam. 4th Natioanl Erosion and Sediment Confrence, Nour, Mazandaran (in Persian).
27. Zarrinkafsh, M. 1995. Applied pedology. Tehran University Press, 342 pages (in Persian).

Assessment the impact of topographic and soil characteristics on bank gullies advancement in croplands, case study: Ilam province

Banafsheh Yasrebi, PhD Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran
Majid Soufi[1], Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research Center, Fars, Iran
Sayed Khalagh Mirnia, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran
Jahangard Mohamadi, Associate Professor, Faculty of Pedology, Shahrekord University, Iran

Received: 09 February 2013 Accepted: 5 Aprill 2013

Abstract

Gully erosion has an important role in land degradation producing much sediment. Due to development of gully erosion in crop lands of study area, this research deals with assessing the topographic characteristics of bank gullies and assess on effective soil factors controlling gullies advancement in Siekan watershed in Ilam province. For this purpose, 46 bank gullies were selected and morphometric characteristics like initial and advancement contributing area and slope as well were measured. Two compound soil samples were collected from top soil of contributing area and gullies walls then analyzed in the soil lab. Then database formed and effective factors on gullies advancement were recognized by correlation matrix and regression.

Correlation matrix results revealed, the higher slope the higher head-cut and gullies volume. A-S relationship is negative and b is 0.31 that shows gullies formed by hortonian overland flow process. Topographic threshold is 0.04 and mean threshold in 10% slope is 0.05 ha and in 2% slope is 2 ha. Critical threshold in 2% slope is 0.07 ha. Correlation matrix showed that increase in gully advancement slope increases head–cut height and gully volume. The index of area of development/ area of initiation is suitable for gully development stage determination and it has negative relationship with gully length, volume and width/depth index. Increasing in soil organic matter cause an increase in topographical threshold, soil texture and electrical conductivity increase the gully volume. The effect of both topographical parameters and soil material characteristics on total eroded bank gully volume was integrated in multiple regression equations. The models based on all measured parameters explain 85% of the variation in gullies volume.

Key words: Land degradation, Morphometric charactristics, Sikan watershed, Soil factors, Topographic thresholds

[1] Corresponding author: soufi@farsagres.ir