

و پوشش گیاهی کاهش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: آستانه توپوگرافی، عوامل خاکی، فرسایش آبکندی، استان ایلام.

مقدمه

آبکندها به‌عنوان یکی از رخساره‌های جدی تخریب آب و خاک در زمین‌های کشاورزی و مرتع‌ها هستند. با برگزاری چندین کنفرانس بین‌المللی با موضوع فرسایش آبکندی، توجهات جامعه جهانی به آن‌ها جلب و پژوهشگران نیز تلاش نمودند راه حلی ارائه دهند تا عرصه‌های حساس به فرسایش آبکندی شناسایی شوند [۴۴]. با توجه به تغییرات اقلیمی و تغییر در خصوصیات بارش‌ها، فرسایش آبکندی یکی از اشکال مهم فرسایش خاک در سراسر دنیا خواهد بود [۴۸]. طالب بیدختی و همکاران [۴۲] نام آبکند را برای گالی بیان نمودند و آن را نوعی فرسایش خطی تعریف می‌کنند که از طریق ایجاد سر آبکند و گسترش آبراهه‌های کوچک با شکل‌های مختلف و مقطع‌های گوناگون دیده می‌شوند. عمق آبکندها بیش از ۳۰ سانتی‌متر و به سه شکل خطی، جبهه‌ای و پنجه‌ای تقسیم می‌شوند. آبکندها از نظر ظاهری مشابه شیارها و دارای حداقل عرض ۳۰ و حداقل عمق ۵۰ سانتی‌متر می‌باشند اما ایجاد آبکندها بسیار پیچیده‌تر از شیارها بوده و تشکیل آن‌ها حاصل ارتباط بین حجم و سرعت روان‌آب، مقاومت و تنش برشی و هم‌چنین میزان پوشش گیاهی عرصه می‌باشد [۴].

از اثرات منفی آبکندها می‌توان به افزایش آلودگی زیست‌بوم‌های آبی اشاره نمود که با اتصال دامنه به رودخانه، رسوبات مستقیماً وارد آب‌ها می‌گردند. هر چند که مشارکت آبکندها در تولید رسوب در مقیاس حوزه حدود ۳۰ درصد [۳] و در مقیاس پلات هفت درصد [۲۰] عنوان شده است. اما آنچه که نقش این فرسایش را مهم می‌کند کاهش سطح زمین‌های کشاورزی و مراتع، تغییر الگوی کشاورزی، بالا بردن هزینه‌های کارگری، تأثیر بر آب‌شناسی حوضه و تخلیه رطوبت خاک از طریق تشدید زهکشی است [۳۷] که در نتیجه امنیت غذایی را به خطر می‌اندازند. فرسایش خاک در زمین‌های کشاورزی به نسبت مراتع دارای سرعت بیشتری است در حالی‌که تولید خاک هم در اراضی کشاورزی کندتر می‌باشد [۹]. بنابراین مدیریت آبکند نیازمند درک فرایندهای تشکیل‌دهنده آن و شناسایی عرصه‌های حساس به تشکیل آبکند است [۱۴].

بررسی آستانه‌پستی - بلندی و عوامل مؤثر بر ایجاد فرسایش آبکندی در استان ایلام

بنفشه یثربی^۱، مجید صوفی^۲، سید خلاق میرنیا^۳ و جهانگرد محمدی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۷

چکیده

فرسایش آبکندی یکی از شکل‌های مهم فرسایش خاک به ویژه در مناطق نیمه‌خشک جهان است. استان ایلام چهارمین استان در کشور از نظر وسعت پهنه‌های آبکندی است و ۱۳ درصد از سطح آن توسط آبکندها پوشیده شده است. مطالعه حاضر با هدف ارائه آستانه‌های پستی و بلندی (توپوگرافی) آبکندها، شناخت فرآیند غالب در شروع و گسترش آبکندها در دو کاربری مرتعی و کشاورزی و پهنه‌های عمده فرسایش آبکندی استان ایلام متمرکز شده است. در ابتدا مساحت و شیب حوزه ۱۲۰ آبکند در بخش نیمه خشک استان شامل، شیب‌های شروع و گسترش، مساحت شروع و گسترش هم‌چنین ویژگی‌های سطح حوزه آبخیز آبکندها شامل میزان پوشش سطحی و خاک لخت به وسیله پلات‌های یک مترمربعی به همراه نمونه‌های ترکیبی خاک از سطح حوزه آبخیز و دیواره آبکندها برداشت گردید. نتایج نشان داد عدد آستانه توپوگرافی شروع و گسترش آبکندها در کاربری کشاورزی به ترتیب ۰/۲ و ۰/۴ و در کاربری مرتعی به ۰/۱ و ۰/۲ افزایش یافته است. در حقیقت آستانه توپوگرافی تشکیل آبکند در اراضی مرتعی پنج برابر اراضی کشاورزی است. فرآیند غالب در تشکیل و توسعه آبکندها بر اساس رابطه شیب - مساحت و شواهد موجود در عرصه روان‌آب سطحی بوده است. ماده آلی، پوشش گیاهی، میزان سنگریزه و خاک لخت ۳۱ درصد از تغییرات آستانه توپوگرافی را تبیین کردند و ماده آلی بیشترین مشارکت را دارد. فراوانی تشکیل آبکند با میزان سنگریزه و پوشش گیاهی رابطه نمایی و معکوس دارد و میزان تشکیل آبکند با افزایش سنگریزه

۱- نویسنده مسئول و استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان. پست الکترونیک: b.yasrebi@areeo.ac.ir

۲- دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه تربیت مدرس

۴- استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

شیب و مساحت کانال‌ها ارتباط وجود دارد به این معنی که کاهش یکی، دیگری افزایش می‌یابد و این ارتباط می‌تواند نشان‌دهنده فرآیندی باشد که باعث شکل‌دهی کانال‌ها شده است. و بر این اساس به فرآیندهایی مانند روان‌آب سطحی و حرکت‌های توده‌ای در آغاز تشکیل کانال و ارتباط آن‌ها با خصوصیات توپوگرافی اشاره نمودند. تحقیقات مور و همکاران [۲۴] به بررسی نقش خصوصیات توپوگرافی بر توزیع رطوبت درون خاک سطحی اختصاص یافت. آن‌ها با استفاده از دو شاخص ترکیبی شامل مساحت واحد طول خطوط توپوگرافی (A_s) بر شیب و هم‌چنین ضرب A_s در شیب حوضه بالادست کانال‌ها رابطه جدیدی را برای اندازه‌گیری قدرت فرساینده‌گی روان آب متمرکز سطحی^۲ ارائه دادند. توپوگرافی عامل مهمی در نحوه توزیع رطوبت در خاک سطحی در حوضه‌های کوچک می‌باشد [۲] و هم‌چنین ارتباط معنی‌داری بین خصوصیات توپوگرافی و حجم آبکنده‌های تشکیل یافته وجود دارد [۷]. به‌همین دلیل مونت گومری و دیتریخ [۲۱] زمین منظر را بر اساس شیب و در نتیجه مساحت مورد انتظار برای فرآیندهای تشکیل دهنده کانال تقسیم نموده‌اند. بر اساس این مدل قسمت‌هایی از زمین منظر که دارای شیب ملایم‌تری هستند حیطة وقوع فرآیندهای غیر متمرکز می‌باشد و روان آب‌های سطحی کانال ایجاد نمی‌نمایند. اگر هم در بخش مذکور کانالی مشاهده شود نشان‌دهنده عمل روان آب زیر سطحی در اثر تخریب می‌باشد. در شیب‌های تندتر نیز کانال بر اثر عمل روان آب سطحی و حرکت توده‌ای مشاهده می‌گردد. در صورتی که ایجاد کانال بر اساس فرآیندهای حرکت توده‌ای و یا روان آب زیر سطحی باشد رابطه شیب - مساحت غیر معنی‌دار می‌باشد و شیب تغییرات آن (توان b) مثبت و یا خیلی کوچک خواهد بود و اگر فرآیند تشکیل دهنده کانال روان آب سطحی باشد شیب تغییرات رابطه $A-S$ منفی و بین $0/3$ تا $0/7$ و به طور متوسط $0/5$ خواهد بود. واندرکرف و همکاران [۴۷] هم با استفاده از پنج دسته داده مربوط به اسپانیا، یونان و پرتغال به بررسی آستانه توپوگرافی آبکنده‌های تشکیل شده در کاربری کشاورزی، باغات و مراتع پرداختند و مدلی را برای تقسیم‌بندی زمین منظر از نظر فرآیندهای تشکیل دهنده آبکنند ارائه نمودند. در زمین منظرهای تخریب یافته روان آب سطحی و زیر سطحی در یک محدوده از شیب رخ می‌دهد و حرکت‌های توده‌ای در شیب‌های تند فرآیند ایجاد آبکنند بوده است. بر همین مبنا، ایده مطالعات مربوط به خصوصیات توپوگرافی آبکنده‌ها و شرایط آستانه‌ای در تشکیل آبکنده‌ها شکل گرفت و محققین مختلف تلاش نمودند که عوامل مؤثر بر تغییر آستانه و هم‌چنین فرآیندی که باعث تشکیل آبکنده‌ها شده است را نیز مورد مطالعه قرار دهند. در ایران نیز آبکنده‌ها حدود ۱ میلیون هکتار را اشغال نموده‌اند که میزان رسوب تولیدی آن‌ها به طور متوسط ۷۰ تن در هکتار تخمین زده می‌شود [۵۳] و به طور متوسط در ۱۲ استان کشور حجم واحد طول آبکنده‌ها حدود ۲۳ متر مکعب بیان شده است [۱]. با توجه به خشکسالی‌های

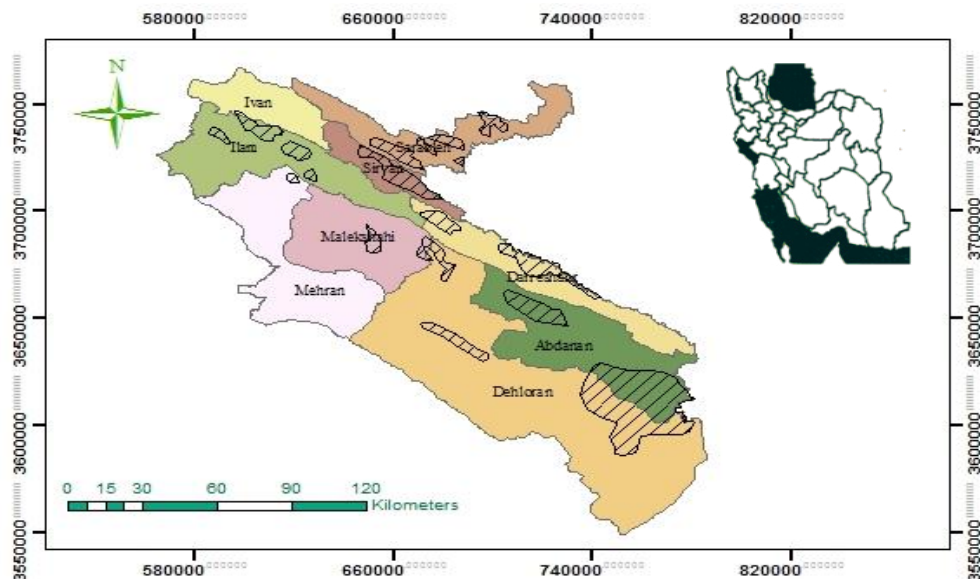
فرسایش آبکندی یک پدیده آستانه‌ای است و زمانی رخ می‌دهد که حداقل‌هایی از نظر قدرت فرساینده‌گی روان آب، بارش، توپوگرافی، خاک و کاربری زمین تأمین گردد [۳۱]. هورتن حداقل نیروی لازم برای تشکیل کانال را بر اساس آستانه هیدرولیکی بیان نمود [۱۲]. در بررسی دو عامل مقاومت و تنش برشی، آستانه هیدرولیکی مطرح می‌گردد. عواملی مانند عمق و شدت بارش، توپوگرافی (درجه شیب، مساحت و شکل شیب)، نوع خاک و کاربری زمین بر تنش برشی مؤثر هستند و عواملی نظیر نوع خاک و کاربری زمین بر مقاومت برشی تأثیر می‌گذارند. محققین در پژوهش‌های مختلف تلاش می‌کنند که در غیاب داده‌ها برای محاسبه این نیروها، مکان تشکیل آبکنده‌ها را به صورت تجربی به آستانه توپوگرافی شیب - مساحت ارتباط دهند [۳۷]. شیب و مساحت ابزار ساده برای شناسایی موقعیت آبکنند در منطقه تمرکز جریان می‌باشند [۱۱]. رابطه آستانه توپوگرافی به صورت $S = aA^b$ می‌باشد S تندی شیب و A مساحت حوزه زهکشی آبکنند است و در این معادله a یک ضریب است که با سنگ‌شناسی، خاک، اقلیم و پوشش گیاهی در ارتباط است و b نیز توانی است که مبین فرآیندهای غالب در فرسایش آبکندی و نمایانگر تنش برشی روان آب است [۸]. در این رابطه A جانشین حجم روان آب و S جانشین سرعت روان آب است و این حجم روان آب به صورت توانی با سطح حوضه افزایش می‌یابد و تفاوت‌ها در a و b ناشی از شرایط حوضه و روش‌های متفاوت جمع‌آوری اطلاعات می‌باشد [۴۱]. در حقیقت اگر نیروهای فرساینده و فرآیندهای وابسته به شیب در توازن باشند اگر کانالی هم تشکیل شود پر می‌شود اما این توازن از طریق تغییر در نیروها با تغییر کاربری و تخریب پوشش گیاهی به هم می‌خورد و توسعه کانال تا جایی ادامه می‌یابد که دوباره این توازن برقرار شود. در شرایطی که اقلیم، کاربری و شیب ثابت باشد حداقل سطح زهکشی یا مساحت بحرانی برای تولید روان آب و آغاز فرسایش آبکندی لازم است. مورگان [۲۶] توان b را شاخص تنش برشی^۱ و a را معرف مساحت^۲ نامید. او هم چنین معتقد است که فرسایش آبکندی آغاز نمی‌شود مگر $a > SA^b$ باشد و a را عدد آستانه (t) نامید که واحد آن (ha^b) می‌باشد. اگر رابطه شیب - مساحت مولد روان آب در یک دستگاه مختصات لگاریتمی رسم شود خطی که بر نقاط برازش داده می‌شود آستانه توپوگرافی متوسط را بیان می‌کند و خطی که بر پایین‌ترین نقاط و موازی با آستانه متوسط رسم شود آستانه توپوگرافی بحرانی را در تشکیل آبکنند بیان می‌نماید.

پاتون و شام [۳۱] با استفاده از دو عامل شیب و مساحت توانستند دو حوضه واجد و فاقد آبکنند را از طریق خصوصیات شیب و مساحت شناسایی نمایند. در نتیجه از خصوصیات توپوگرافی برای شناسایی مکان‌هایی که دارای پتانسیل تشکیل آبکنند بودند، استفاده کردند. تحقیقات مونت گومری و دیتریخ [۲۲] نشان داد که بین

1-Shear stress indicator

2-Area exponent

3-Erosive Power of Concentrated Surface Runoff



شکل ۱ - موقعیت استان ایلام در ایران و عرصه‌های آبکندی استان
 Fig1. Ilam location in Iran and gully zone in Ilam

۴۲۷ میلی‌متر و رژیم زمستانه است که بیشترین بارش در بهمن‌ماه می‌باشد. میانگین دمای سالانه استان در حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد و میزان متوسط تبخیر از سطح تشتک ۲۷۱۷ میلی‌متر می‌باشد که در ۷ سال اخیر میزان دمای استان ۳ درصد و میزان تبخیر نیز ۵/۵ درصد اضافه شده است [۳۸].

بر اساس طبقه‌بندی دومارتن اصلاح شده، استان ایلام دارای سه منطقه اقلیمی نیمه خشک، خشک و نیمه مرطوب است که به ترتیب حدود ۵۸، ۳۱ و ۱۱ درصد از سطح استان را اشغال می‌کند [۴۹].

از نظر زمین‌شناسی استان ایلام در زون زاگرس چین خورده واقع شده است و سازندهای گروه بنگستان، گرو، گچساران و آغاچاری به ترتیب حدود ۱۲، ۲۶، ۱۷ و ۲۲ درصد و نهشته‌های کواترنر نیز ۲۳ درصد از سطح استان را به خود اختصاص داده‌اند و بیشترین پراکنش آبکندها بر سازند آغاچاری مشاهده می‌شود. عمده کاربری زمین استان شامل جنگل و مرتع می‌باشد. حدود ۶۴۰ هزار هکتار از اراضی استان دارای پوشش جنگلی می‌باشد. از نظر تشکیل آبکند حدود ۹۰ درصد از آبکندهای استان در کاربری مرتع، کشاورزی و حریم شهرها می‌باشند و تنها حدود ۱۰ درصد از آن‌ها در اراضی با پوشش جنگلی تشکیل شده‌اند.

روش پژوهش

با توجه به تمرکز و پراکنش پهنه‌های آبکندی در بخش نیمه خشک استان، از بین آبکندهای تشکیل شده در اراضی کشاورزی و مرتعی تعداد ۱۲۰ آبکند (۴۸ آبکند در کاربری کشاورزی و ۷۲ آبکند در اراضی مرتعی) انتخاب گردید. سعی شد که تعداد آبکندهای انتخاب شده از تمامی پهنه‌های موجود در بخش نیمه خشک استان باشند و به طور کامل آن را پوشش دهند و با توجه به

مکرر، ایجاد آبکند یک روند رو به رشد بوده و سطوح وسیع‌تری را به خود اختصاص داده است. در ایران هم مطالعات مختلفی بر آستانه توپوگرافی انجام گرفته است که می‌توان به مطالعات یثربی و همکاران [۵۲]، سلیمانپور و همکاران [۳۹]، یثربی و همکاران [۵۱] و نظری سامانی و همکاران [۲۸] در بوشهر اشاره نمود.

با توجه به مطالعات صورت گرفته حدود ۱۳ درصد از مساحت استان ایلام در اشغال آبکندها می‌باشد که مقام چهارم را در سطح کشور دارد [۱]. هم‌چنین در استان ایلام به‌منظور کنترل روان‌آب‌های سطحی، پنج سد مخزنی بر رودخانه‌های مختلف استان با صرف هزینه‌های زیاد با عمر مفید حدود ۵۰ سال احداث شده است، که آب آن‌ها به مصرف شرب، صنعت و کشاورزی می‌رسد اما مدیریت حوضه‌های بالادست از نظر تولید رسوب هماهنگ با سدسازی توسعه نیافته است. بر طبق آمار اعلام شده از سد ایلام، فرسایش خاک حدود ۲۲ تن در هکتار در سال برآورد شده است که باعث کاهش عمر مفید سد تا حدود ۳۵ سال شده است [۳۸]. این تحقیق تلاش دارد که با تعیین آستانه توپوگرافی وقوع فرسایش و بررسی فرآیندهای آن در پهنه‌های آبکندی استان ایلام گستره شیبی که آبکندها در آن تشکیل می‌گردند را شناسایی و نیز به بررسی عوامل محیطی مؤثر بر آستانه توپوگرافی بپردازد

مواد و روش‌ها

استان ایلام با وسعتی در حدود ۲ میلیون هکتار در غرب ایران واقع شده است. در شکل ۱ موقعیت استان مذکور در کشور و هم‌چنین عرصه‌های آبکندی نشان داده شده است. منطقه مورد مطالعه بر طبق دوره آماری ۴۰ ساله دارای میانگین بارش سالانه

در مکان‌های مختلف حوزه آبخیز بالادست و کناره‌ها اندازه‌گیری شد و با میانگین‌گیری، میزان متوسط پوشش، سنگریزه و خاک لخت آبکندها بدست آمد.

تحلیل داده‌ها

نقاط برداشت شده حوضه‌ها با دستگاه موقعیت‌یاب مکانی با استفاده از نرم‌افزار MapSource به کامپیوتر منتقل شد و تبدیل به فایل با پسوند DWG گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار AutoCad مساحت‌های شروع و گسترش آبکندها محاسبه و به همراه داده‌های شیب شروع و گسترش آبکندها بانک اطلاعاتی توسط EXCEL تشکیل شد. از طریق رسم نمودارهای جعبه‌ای داده‌های پرت حذف شده و با رسم داده‌های باقیمانده بر نمودار لگاریتمی - لگاریتمی و برازش مدل خطی بر آن‌ها مدل مساحت - شیب آبکندها در دو حالت شروع و گسترش در دو کاربری ارائه شد. با برازش خط بر پایین‌ترین نقاط مساحت - شیب آبکندها آستانه بحرانی تشکیل آبکندها نیز استخراج شد. سپس با استفاده از رسم همه داده‌ها بر یک نمودار مدل مفهومی مساحت - شیب برای منطقه مورد مطالعه ارائه شد. با استفاده از ماتریس همبستگی تشکیل شده در نرم‌افزار SPSS و معنادار بودن ضرایب همبستگی پیرسون عوامل محیطی مؤثر بر آستانه توپوگرافیک استخراج شد و با رگرسیون چند متغیره تغییرات آن‌ها بر یکدیگر بررسی گردید.

نتایج

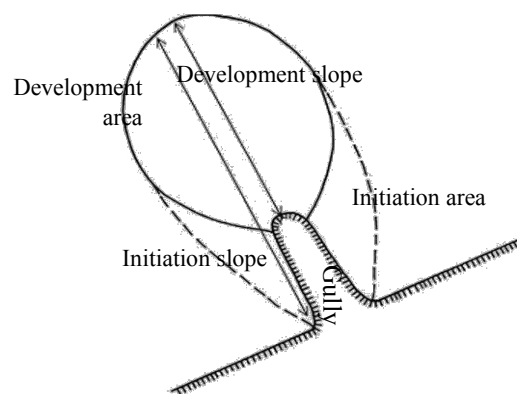
الف: روابط توپوگرافی

ویژگی‌های توپوگرافی آبکندها در دو کاربری کشاورزی و مرتعی در جدول ۱ خلاصه شده است. هم‌چنانکه دیده می‌شود، متوسط شیب اراضی کشاورزی محل تشکیل آبکندهای زراعی در حدود نصف شیب متوسط عرصه‌های مرتعی محل تشکیل آن‌هاست. بنابراین طبیعی است که با کاهش شیب مساحت تولیدکننده روان‌آب در عرصه‌های کشاورزی نیز افزایش یابد.

به‌منظور بررسی آستانه‌های توپوگرافی در کاربری‌های زراعت و مرتعی شیب و مساحت اندازه‌گیری شده آبکندها در دو حالت شروع و گسترش بر نمودارهای لگاریتمی - لگاریتمی رسم شده‌اند که رابطه‌های مساحت - شیب هر دو کاربری در جدول ۲ آورده شده‌اند.

ارتباط بین مساحت و شیب در هر دو کاربری برای شروع و گسترش توانی است اما ضریب تبیین روابط نشان می‌دهد که در کاربری کشاورزی و مرتعی شیب و مساحت به ترتیب ۲۵ و ۱۵ درصد از مکان تشکیل آبکندها را تبیین می‌کنند. رابطه توانی آستانه توپوگرافی و پایین بودن ضریب تبیین این رابطه در مطالعات مختلف نظیر مونز - رابلز و همکاران [۲۷]، مورگان و منگومزولو [۲۶]، واندرکرف و همکاران [۴۶] و نظری سامانی و همکاران [۲۸] نیز بیان شده است که تأییدی است بر این مسأله که مدل‌های ژئومورفولوژیکی با وجود سادگی، شرایط خاک، بارش، کاربری زمین

وسعت پهنه‌های آبکندهی تعداد آبکندهای انتخابی نیز تغییر می‌نمود. روش‌های متعددی مانند استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و یا استفاده از مدل رقومی ارتفاعی و یا حضور در عرصه می‌تواند برای برداشت داده‌ها انتخاب شود. واندل و همکاران [۴۵] معتقد هستند که کار در عرصه از دقت بالاتری برخوردار است چرا که شیب در عرصه معمولاً تندتر از شیبی است که در نقشه و یا مدل رقومی ارتفاعی برداشت می‌شود. هم‌چنین مرزهای حوزه‌های آبخیز در عرصه بهتر تشخیص داده می‌شوند. با توجه به دلایل فوق‌الذکر در این مطالعه از بررسی صحرائی آبکندها استفاده شد. به‌منظور برداشت خصوصیات توپوگرافی آبکندها در عرصه‌های منتخب از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (Garmin etrex 30) با دقت ۳ متر برای برداشت مساحت بالادست آبکندها در زمان تشکیل و هم‌چنین در حال حاضر استفاده گردید (شکل ۲) [۴۶].



شکل ۲ - شیب و مساحت اندازه‌گیری شده در آبکندها

Fig 2. Measured area and slope in gullies

بدین منظور برای محاسبه مساحت آبکندها از دستگاه جی‌پی‌اس و برای محاسبه شیب آن‌ها از یک دستگاه شیب‌سنج سانتو استفاده گردید. یک نمونه خاک ترکیبی از خاک سطحی حوزه آبخیز بالادست و هم‌چنین کناره‌های آبکندها از سطح تا عمق ۱۵ سانتی‌متری به روش سیستماتیک و با الگوی شبکه‌ای برداشت گردید [۳۲]. برای آبکندهایی با سطح زهکش در حدود ۱ هکتار، تعداد نمونه‌های خاک تا سه عدد افزایش می‌یافت و دو نمونه ترکیبی دیگر نیز از دیواره‌های آبکندها با تازه کردن سطح خاک برداشت شد. در مجموع از آبکندهای مورد مطالعه ۲۶۰ نمونه خاک با وزن نیم کیلوگرم برداشته شد که از آن‌ها برای بررسی بافت، مواد آلی، آهک کل و فعال، هدایت الکتریکی، اسیدیته، سدیم، منیزیم و کلسیم خاک در آزمایشگاه استفاده شد. جهت بررسی وضعیت پوشش گیاهی حوضه‌های مولد روان‌آب آبکندهای واقع در زمین‌های مرتعی، با استفاده از پلات یک مترمربعی میزان پوشش سطحی در حوزه‌های مولد روان‌آب شامل درصد پوشش گیاهی، درصد سنگریزه و میزان خاک لخت تخمین زده شد. در مجموع ۹۵ پلات به روش تصادفی و

جدول ۱ - مشخصات توپوگرافی آبکندها
Table 1. Topographic characteristics of gullies

مرتع Rangeland			کشاورزی Agriculture			عوامل Factors
کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	کمینه Min	بیشینه Max	میانگین Mean	
0.16	1.00	0.13	0.009	1.00	0.16	مساحت شروع (هکتار) Initiation area (ha)
0.01	0.86	0.11	0.007	0.95	0.15	مساحت گسترش (هکتار) Development area (ha)
0.02	0.55	0.22	0.02	0.20	0.13	شیب شروع (متر بر متر) Initiation slope (m/m)
0.03	0.60	0.23	0.02	0.25	0.07	شیب گسترش (متر بر متر) Development slope (m/m)

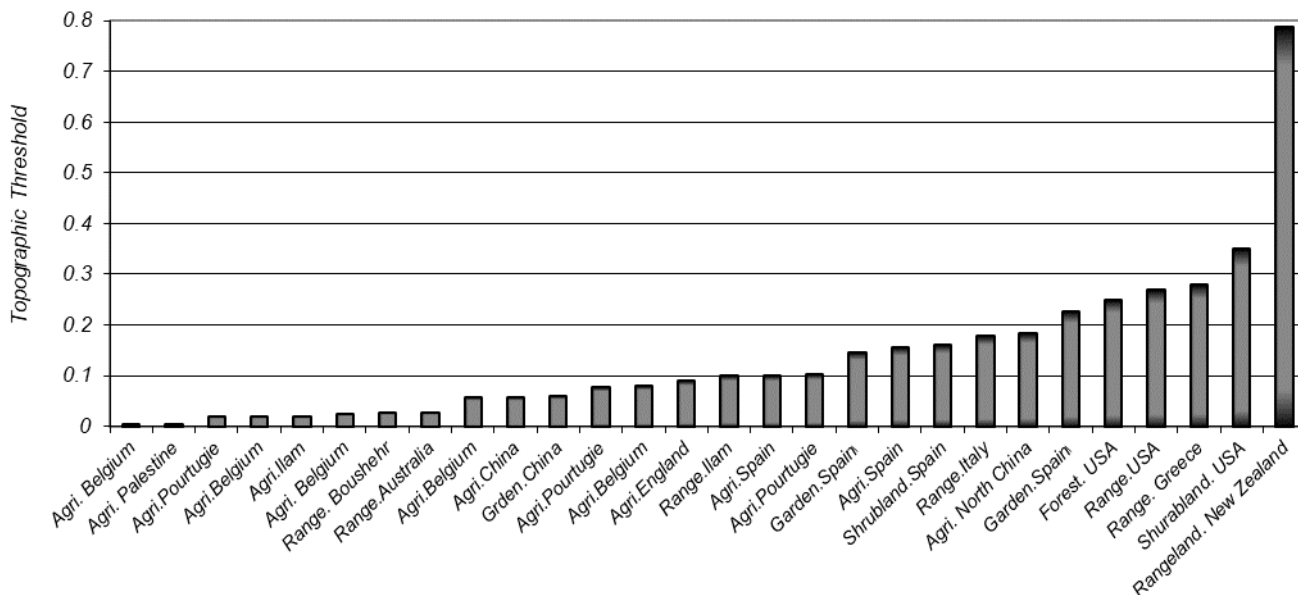
جدول ۲ - مدل‌های شیب - مساحت در منطقه مورد مطالعه

Table 2. Area - Slope relationship in study area

سطح معنی داری Significant level	ضریب تبیین (%) R ² (%)	b	a	مرحله stage	کاربری Land use
0.14	4	-0.12	0.04	گسترش Development	کشاورزی Agriculture n=48
0.02	25	-0.46	0.02	شروع Initiation	
0.013	97	-0.73	0.003	بحرانی Critical	
0.18	3	0.07	0.2	گسترش Development	مرتع Rangeland n=72
0.05	15	-0.20	0.1	شروع Initiation	
0.90	6	-0.24	0.058	بحرانی Critical	

۰/۰۲ هکتار آغاز شده و با کاهش شیب به ۱۰ درصد مساحت مولد روان آب هم به ۱ هکتار افزایش می‌یابد. بر اساس رابطه ارائه شده توسط مورگان [۲۶]، فرسایش آبکندهی آغاز نمی‌شود مگر این‌که $SA^b > a$ باشد (a عدد آستانه (t) و واحد آن (ha^b) است. در این مطالعه مقدار عدد آستانه توپوگرافی (t) در اراضی کشاورزی ۰/۰۲ هکتار ۰/۴۶ و در مراتع ۰/۱ هکتار ۰/۲۰ می‌باشد. با توجه به عدد آستانه توپوگرافی می‌توان گفت که آستانه تشکیل آبکندها در مراتع ۵ برابر اراضی کشاورزی است که با نتایج مطالعات واندرکف و همکاران [۴۶]، واندرکف و همکاران [۴۷]، مارتینز - کازاسنوواس و همکاران [۱۸] و کاکمبو و همکاران [۱۳] مبنی بر پایین‌تر بودن آستانه توپوگرافی در اراضی کشاورزی مطابقت دارد. مقایسه تطبیقی عدد آستانه توپوگرافی در مطالعه حاضر با سایر مطالعات انجام شده

و مدیریت را نادیده می‌گیرند، بنابراین تخمین دقیقی از مکان تشکیل آبکندها ارائه نمی‌کنند که در مطالعات داگوپتی و همکاران [۶] هم به آن اشاره شده است. مریت و همکاران [۱۹] شاخص‌هایی مانند کاربری و شاخص هیدرولوژیک (میزان رطوبت خاک و قدرت فرسایندهی روان‌آب) را در شناسایی مکان تشکیل آبکنده مؤثرتر از شیب می‌دانند و ماکانزو ایموانگانا و همکاران [۱۶] شاخص طول جاده در حوزه آبخیز آبکنده را عاملی مؤثر در تغییر آستانه بیان می‌کنند. بر اساس روابط ارائه شده در منطقه مورد مطالعه، آبکندها در کاربری کشاورزی به طور متوسط در شیب ۱۰ درصد و با مساحتی حدود ۰/۰۲ هکتار تشکیل می‌گردند که این مقدار با کاهش شیب به حدود ۲ درصد، به بیش از یک هکتار افزایش می‌یابد. در اراضی مرتعی آبکندها در شیب حدود ۱۲ درصد و با مساحتی در حدود



شکل ۳- اعداد آستانه توپوگرافی در کاربری‌ها و مطالعات مختلف

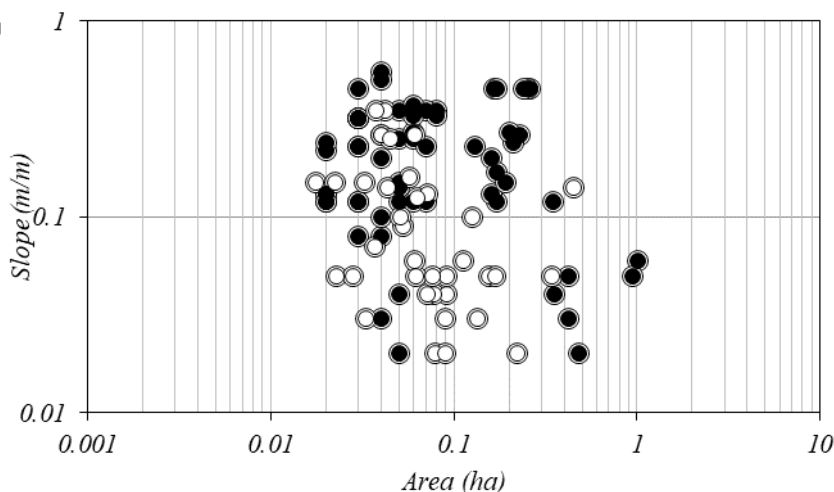
Fig3. Topographic threshold in various land uses and studies

ب: فرآیندهای شکل دهنده آبکند

توان b که نشان دهنده فرآیند شروع و گسترش آبکندها می‌باشد. در اراضی کشاورزی در دامنه بین ۰/۱۲ تا ۰/۷۳ و در اراضی مرتعی هم در دامنه ۰/۲۱ تا ۰/۲۴ قرار می‌گیرد. علیرغم این که در منطقه شواهد روان آب سطحی به خوبی دیده می‌شود اما توان b در دامنه‌ای که در مطالعات مختلف به آن اشاره شده است قرار نمی‌گیرد که با نتایج مطالعات مورگان و منگومزولو [۲۵] مطابقت دارد. واندا و همکاران [۴۵] معتقد هستند که توان b تحت تأثیر بارش، خصوصیات خاک، کاربری، پوشش گیاهی می‌باشد. بر اساس نتایج مورگان و منگومزولو [۲۵]، وانداکرف و همکاران [۴۷] توان b در فرآیندهای روان آب سطحی بالاتر از ۰/۲ و برای فرآیندهایی غیر از آن زیر ۰/۲ می‌باشد. مساحت و شیب هم‌چنین می‌تواند نشان‌دهنده قدرت فرسایندهی جریان روان آب متمرکز (A.S) باشند. در منطقه مورد مطالعه دامنه فرسایندهی روان آب متمرکز بین ۹ تا ۶۳۵ و در کاربری مرتعی بین ۱۰ تا ۱۱۷۰ متر قرار می‌گیرد. آبکندها بر اساس دیگر شاخص ترکیبی توپوگرافی که توسط دیتریخ و مونت گومری [۲۱] (A.S²) ارائه شده است در کاربری کشاورزی بین ۸ تا ۸۸/۹۲ و در مرتعی بین ۱۲ تا ۵۲۶/۵ مترمربع قرار می‌گیرند. در منطقه مورد مطالعه دیتریخ و مونت گومری [۲۱] این شاخص بین ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ مترمربع گزارش شده است و در مطالعه واو و چنگ [۵۰] در زمین‌های کشاورزی بین ۴۱ تا ۸۱۴ مترمربع و در مطالعه‌ای دیگر توسط چنگ و همکاران [۵] این شاخص بین ۴/۷۴ و ۸۹۲/۶ مترمربع گزارش شده است. نتایج فوق با نتایج مونتگومری و دیتریخ [۲۲] مبنی بر عدم تغییر شاخص ترکیبی ارائه شده در کاربری‌ها و شرایط محیطی متفاوت هم‌خوانی ندارد. به طور کلی مدلی که بتواند شرایط تشکیل آبکند را از نظر شیب و مساحت در منطقه مورد مطالعه نشان دهد در شکل ۴ ارائه شده است.

در مناطق دیگر در شکل ۳ نشان داده شده است.

با توجه به اعداد آستانه توپوگرافی مشاهده می‌شود که وقوع آبکند در کاربری مرتعی استان ایلام تقریباً برابر با عدد آستانه اراضی کشاورزی اسپانیا می‌باشد. بر اساس اعداد آستانه در مناطق مختلف هم‌چنان که در شکل ۳ هم مشاهده می‌شود به نظر می‌رسد که آستانه تشکیل آبکند به ترتیب در جنگل‌ها، مراتع، باغات و اراضی کشاورزی سیر نزولی داشته باشد که این نتیجه هم توسط توری و پوزن [۴۳] تایید شده است. آن‌ها با بررسی داده‌های مختلف در سراسر جهان بیشترین عدد آستانه توپوگرافی را برای کاربری جنگل و سپس مرتعی عنوان می‌کنند و تأثیر اقلیم و سنگریزه در خاک سطحی را بر آستانه توپوگرافی بسیار مشهود می‌دانند و بر حسب نتایج گوور [۱۰] اندازه کانال هم در عدد آستانه توپوگرافی مؤثر است و فرسایش شیاری دارای عدد آستانه کمتری نسبت به آبکندی می‌باشد. بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق آستانه متوسط گسترش آبکندها در اراضی کشاورزی در شیب ۸ درصد برابر با ۰/۰۱ هکتار است که با کاهش شیب به پنج درصد مساحت لازم برای گسترش آبکندها به دو هکتار افزایش می‌یابد. در اراضی مرتعی رابطه مساحت - شیب آستانه گسترش توپوگرافی آبکندها معنادار نیست. آستانه بحرانی به این معنی است که آبکند زیر این آستانه تشکیل نمی‌شود. آستانه بحرانی تشکیل کانال در اراضی کشاورزی در شیب ۸ درصد برابر با ۰/۰۰۳ هکتار و در اراضی مرتعی عدد آستانه توپوگرافی بحرانی در شیب پنج درصد برابر با ۰/۰۵۸ هکتار و در اراضی مرتعی به این که عدد آستانه بحرانی بسیار پایین است. می‌توان گفت همه جای حوضه در خطر تشکیل آبکند است که دلیل آن می‌تواند تخریب و افزایش حساسیت منطقه باشد که با نتایج هانکوک و ایوانس [۱۱] هم‌خوانی دارد.



شکل ۴ - مدل مساحت - شیب تشکیل آبکندها در منطقه مورد مطالعه

Fig 4. Area -slope model of study area

جدول ۳- ماتریس همبستگی عوامل محیطی و خصوصیات توپوگرافیک آبکندها در کاربری مرتع

Table 3. Correlation Matrix of Environmental effecting factors and topographic characteristics of gullies in rangelands

پوشش گیاهی	سنگریزه	خاک لخت	نسبت جذب سدیم	رس	سیلت	ماسه	آهک فعال	آهک کل	ماده آلی	سدیم	هدایت الکتریکی	اسیدیته	
Vegetation cover	Gravel	Bare Soil	SAR	Clay	Silt	Sand	Active caco3	Total caco3	OM	Na	EC	PH	
0.49**	0.01	-0.41**	0.26	-0.22	-0.1	0.26	-0.42**	-0.21	0.83**	0.4**	0.32*	-0.06	A _i
0.51**	0.02	-0.44**	0.23	-0.13	0.12	0.16	-0.41**	-0.19	0.85**	0.38**	0.32*	-0.12	A _d
-0.08	0.04	0.03	0.18	-0.13	0.2	0.08	-0.09	-0.01	0.01	0.13	-0.08	0.029	S _d
-0.03	0.13	-0.06	0.14	0.23	0.02	-0.2	-0.18	0.14	0.010	0.12	-0.18	-0.20	S _i

جدول ۴ - ماتریس همبستگی عوامل محیطی و خصوصیات توپوگرافیک آبکندها در کاربری کشاورزی

Table 4 Correlation Matrix of Environmental effecting factors and topographic characteristics in Agricultural lands

نسبت جذب سدیم	رس	سیلت	ماسه	آهک فعال	آهک کل	ماده آلی	سدیم	هدایت الکتریکی	اسیدیته	
SAR	Clay	Silt	Sand	Active caco3	Total caco3	OM	Na	EC	PH	
-0.039	0.223	-0.06	-0.1	-0.21	-0.16	0.19	-0.03	-0.03	-0.01	A _i
-0.042	0.239	-0.06	-0.2	-0.17	-0.17	0.20	-0.03	-0.6	-0.02	A _d
0.203	-0.103	-0.103	0.11	0.22	0.22	0.13	0.17	0.01	0.262	S _d
0.018	0.049	0.22	-0.09	0.15	0.15	-0.29	0.012	-0.14	-0.55**	S _i

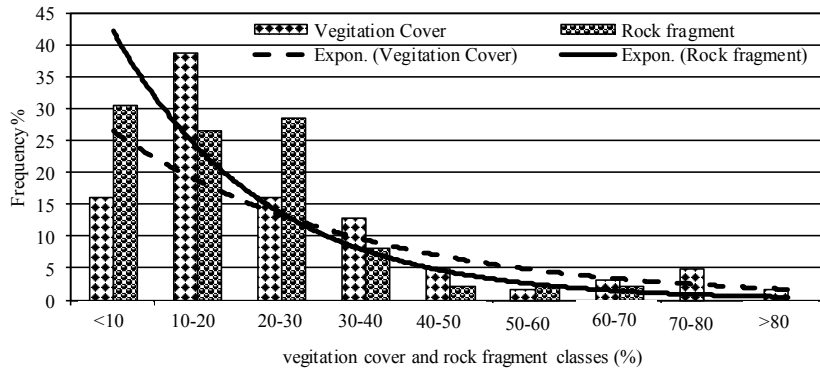
Ai: مساحت آغازین Ad مساحت گسترش Sd: شیب گسترش Si شیب آغازین * معنی داری در سطح ۵ درصد و ** معناداری در سطح ۱ درصد

چرای بیش از حد مراتع قدرت فرسایندهی روان آب افزایش یافته و حتی در شیب‌های متوسط نیز آبکندها تشکیل می‌گردد.

ج: عوامل مؤثر بر تغییر توپوگرافی آبکندها

تشکیل آبکندها در شیب‌های کم نشان‌دهنده تخریب شرایط محیطی است. جهت بررسی تأثیر شرایط محیطی بر آستانه توپوگرافی ماتریس‌های همبستگی تشکیل شد که در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده

بر اساس مدل ارائه شده مشاهده می‌شود که آبکندها از نظر مساحت مورد نیاز جهت تأمین روان آب در دامنه‌ای بین حدود ۰/۰۱ هکتار تا اندکی بیش از یک هکتار تشکیل شده‌اند. آبکندهای اندازه‌گیری شده در دامنه شیبی بین ۲ تا ۶۰ درصد قرار گرفته‌اند که به نظر می‌رسد شیب حدود ۱۰ درصد مرز جداکننده کاربری‌های کشاورزی و مرتعی باشد. ماراگانای و سامنز [۱۷] معتقدند بدلیل



شکل ۵- فراوانی آبکند در طبقات مختلف پوشش گیاهی و سنگریزه
 Fig5. Gully frequency in various class of vegetation cover and gravel

بیشتری در مقایسه با افزایش پوشش گیاهی نشان می‌دهد که با نتایج پوزن و همکاران [۳۴]، پوزن و همکاران [۳۶]، توری و پوزن [۴۳] هم‌خوانی دارد. پوزن و همکاران [۳۶] بیان می‌کنند که میزان تأثیر سنگریزه به مقیاس مطالعه بستگی دارد که در فرسایش شیاری و بین شیاری عامل کاهنده (شیب خط) بین ۰/۰۲ تا ۰/۰۶ است. به دلیل این‌که مطالعه حاضر بر فرسایش آبکنندی انجام شده است عامل کاهنده حدود ۱۰ برابر بیش از میزانی است که آن‌ها اعلام کردند. در اراضی کشاورزی هیچ یک از عوامل خاک سطحی در تغییر آستانه توپوگرافی نقشی نداشته است. در بسیاری از مطالعات مانند سوورای و مارکوویچ [۴۱]، پوزن و همکاران [۳۴]، واندکرف و همکاران [۴۶]، واندکرف و همکاران [۴۷] عنوان می‌کنند که نحوه مدیریت اراضی کشاورزی نقش مهمی در تعیین آستانه توپوگرافی تشکیل آبکند در این اراضی دارد و حتی نقش آن از سایر عوامل هم مهمتر می‌دانند.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این مطالعه بررسی آستانه‌های توپوگرافی آغاز و توسعه فرسایش آبکنندی و هم‌چنین بررسی عوامل مؤثر خاکی بر آن‌ها در دو کاربری کشاورزی و مرتع در بخش نیمه خشک استان ایلام بود. بر اساس نتایج به دست آمده آستانه تشکیل آبکند در اراضی مرتعی پنج برابر بیش از اراضی کشاورزی است و فراوانی آبکندها در مراتع با افزایش میزان سنگریزه در خاک سطحی کاهش می‌یابد و عامل ماده آلی در خاک سطحی بیشترین نقش را در کاهش عدد آستانه توپوگرافی دارد. به نظر می‌رسد تخریب پوشش گیاهی و کم بودن میزان مواد آلی در خاک سطحی باعث پایین بودن عدد آستانه توپوگرافی در کاربری مرتع شده است که می‌توان گفت تقریباً همه جای حوزه در معرض تشکیل آبکند است. دامنه شیب و مساحتی که آبکندها در عرصه مورد مطالعه دیده شده‌اند بین ۰/۰۲ تا ۱ هکتار و شیب ۲ تا ۶۰ درصد است. با این وجود در هر دو کاربری شیب حداکثر ۲۵ درصد از تغییرات سطح تولیدکننده روان‌آب را

انبر اساس معنی‌دار بودن ضریب همبستگی پیرسون مشاهده می‌شود که ماده آلی، خاک لخت و پوشش گیاهی بر آستانه توپوگرافی تشکیل آبکند تأثیرگذار بوده‌اند. بنابراین آستانه پایین در تشکیل آبکند در اراضی مرتعی را می‌توان به دلیل تخریب پوشش گیاهی، افزایش میزان خاک لخت و کاهش ماده آلی نسبت داد که با نتایج تحقیقات فرانکل و همکاران [۸]، مونوز - رابلز و همکاران [۲۷]، ناپن و پوزن [۱۵]، پارکنر و همکاران [۳۰]، هانکوک و ایوانس [۱۱]، نوگراس و همکاران [۲۹]، واندکرف و همکاران [۴۶] سلیمانپور و همکاران [۳۹] مطابقت دارد. به گفته پوزن و همکاران [۳۶] تشکیل آبکندها در شیب‌های کم نیز نشان‌دهنده تشکیل سله در خاک‌هایی با بافت‌های سبک است که میزان روان‌آب سطحی را افزایش می‌دهند و این خود نشانه تخریب پوشش گیاهی است که تشکیل میکروتراس‌ها بر اراضی مرتعی نشانه چرای بیش از حد مراتع و وجود دام مازاد بر ظرفیت مراتع است. برخی از خصوصیات شیمیایی خاک مانند هدایت الکتریکی، سدیم و آهک فعال در تغییر آستانه توپوگرافی نقش معنادار داشته که می‌توان در این خصوص سه نقش را برای املاح خاک بیان نمود اول این‌که انتظار می‌رود که با افزایش هدایت الکتریکی، روان‌آب زیر سطحی فرآیند فعال در گسترش آبکندها باشد که در این صورت نمی‌توان مساحت آبرسان فعال را برای تعیین آستانه مشخص نمود. نقش دومی که می‌توان برای املاح بیان نمود پراکنده نمودن ذرات و بسته شدن منافذ و در نتیجه سله بستن سطح خاک و افزایش روان‌آب تولیدی است و نقش سوم تأثیر بر استقرار گیاهان است که نقشی غیر مستقیم در تغییر آستانه توپوگرافی می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که شرایط سطح خاک تأثیر عمده‌ای بر تشکیل آبکندها دارد. شکل ۵ نشان می‌دهد که فراوانی تشکیل آبکند در طبقات مختلف پوشش گیاهی و سنگریزه در منطقه مورد مطالعه چگونه است.

کند و طبقات مختلف پوشش و سنگریزه نمایی معکوس می‌باشد. با افزایش میزان سنگریزه در خاک سطحی فراوانی آبکند کاهش

Baselevel Adjustments. *Landform Analysis*, 17, 57-63.

10. Govers, G. 1991. Rill Erosion On Arable Land In Central Belgium: Rates, Control, And Predictability. *Catena*, 18.

11. Hancock, G. R. & Evans, K. 2006. Gully Position, Characteristics And Geomorphic Thresholds In An Undisturbed Catchment In Northern Australia. *Hydrological Processes*, 20, 2935-2951.

12. Horton, R. E. 1945. Erosional Development Of Streams And Drainage Basins: Hydrophysical Approach To Quantitative Morphology. *Bulletin Of The Geological Society Of America*, 56, 275-370.

13. Kakembo, V., Xanga, W. W. & Rowntree, K. 2009. Topographic Thresholds In Gully Development On The Hillslopes Of Communal Areas In Ngqushwa Local Municipality, Eastern Cape, South Africa. *Geomorphology*, 110, 188-194.

14. Kirkby, M. J. & Bracken, L. J. 2009. Gully Processes And Gully Dynamics. *Earth Surface Processes And Landforms*, 34, 1841-1851.

15. Knapen, A. & Poesen, J. 2010. Soil Erosion Resistance Effects On Rill And Gully Initiation Points And Dimensions. *Earth Surface Processes And Landforms*, 35, 217-228.

16. Makanzu Imwangana, F., O. Dewitte, M. Ntombi, and J. Moeyersons. 2014. Topographic and road control of mega-gullies in Kinshasa (DR Congo). *Geomorphology*, 217, 131-139.

17. Mararakanye, N., and P. D. Sumner. 2017. Gully erosion: A comparison of contributing factors in two catchments in South Africa. *Geomorphology*, 288, 99-110.

18. Martinez-Casasnovas, J. A. 2009. Concepcion Ramos, M. & Garcia-Hernandez, D. Effects Of Land-Use Changes In Vegetation Cover And Sidewall Erosion In A Gully Head Of The Penedes Region (Northeast Spain). *Earth Surface Processes And Landforms*, 34, 1927-1937.

19. Mhired, D. A., D. C. Dagnew, T. T. Assefa, S. A. Tilahun, B. F. Zaitchik, and T. S. Steenhuis. 2018. Erosion hotspot identification in the sub-humid Ethiopian highlands. *Ecohydrology & Hydrobiology*.

20. Momm, H., G., R. Wells R, and J. Bennett Sean

تبيين می‌کند و مکان تشکیل آبکندها تنها به عامل شیب وابسته نیست. نتایج این تحقیق برای بهره‌برداران و مدیران اراضی می‌تواند کاربرد داشته باشد که با بهبود پوشش گیاهی در مراتع و کنترل چرا کشاورزان نیز با مدیریت صحیح اراضی از کاهش سطح اراضی جلوگیری نمایند.

منابع:

1. Azami A, Siavashi K, Jafari M, Pirani A. 2008. Morphoclimatic Classification of Ilam province Gullies.; 112p. (in Persian)

2. Bayati Khatibi M, . 2006. Gullies characteristics and Controlling Factors of Gullies Formation Case study: Ahar- Meshkin Shahr. *Geography and Development*; 115-135. (in Persian)

3. Ben Slimane, A., D. Raclot, H. Rebai, Y. Le Bissonnais, O. Planchon, and F. Bouksila. 2018. Combining field monitoring and aerial imagery to evaluate the role of gully erosion in a Mediterranean catchment (Tunisia), *CATENA*, 170, 73-83.

4. Bocco, G. 1991. Gully Erosion: Processes And Models. *Progress In Physical Geography*, 15, 392-406.

5. Cheng, H., Zou, X., Wu, Y., Zhang, C., QiuHong, Z. & Jiang, Z. 2007. Morphology Parameters Of Ephemeral Gully In Characteristics Hillslopes On The Loess Plateau Of China. *Soil & Tillage Research*, 94, 4-14.

6. Daggupati, P., Sheshukov, A. Y. & Douglas-Mankin, K. R. 2014. Evaluating Ephemeral Gullies With A Process-Based Topographic Index Model. *Catena*, 113, 177-186.

7. De Santisteban, L., M, Casali, J., Lopez, J. J., Giraldez, J. V., J., P. & Nachtergaele J. 2005. Exploring The Role Of Topography In Small Channel Erosion. *Earth Surface Processes And Landforms*, 30, 591-599.

8. Frankl, A., Poesen, J., Scholiers, N., Jacob, M., Haile, M., Deckers, J. & Nyssen, J. 2013. Factors Controlling The Morphology And Volume (V)-Length (L) Relations Of Permanent Gullies In The Northern Ethiopian Highlands. *Earth Surface Processes And Landforms*, 38, 1672-1684.

9. Gordon, L. M., Bennett, S. J. & Wells, R. R. 2011. Evolution Of Rill Networks On Soil Mantled Experimental Landscape Driven By Rainfall And

31. Pennock, D., Yates, T. & Braidek, J. 2008. Soil Sampling Design. In: Carter, M. B. & Gregorich, E. G. (Eds.) Soil Sampling And Methods Of Analysis., Canadian Of Soil Society.
32. Poesen, J., Luna, E. D., Franca A, J. N. & Govers, G. 1999. Concentrated Flow Erosion Rates As Affected By Rock Fragment Cover And Initial Soil Moisture Content. *Catena*, 36, 315–329.
33. Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G. & Valentin, C. 2003. Gully Erosion And Environmental Change: Importance And Research Needs. *Catena*. 50, 91-133.
34. Poesen, J., Torri, D. & Bunte, K. 1994. Effects Of Rock Fragments On Soil Erosion By Water At Different Spatial Scales. *Catena*, 23, 141-166.
35. Poesen, J., Vanwalleghe, T., Vente, J., Knapen, A., Verstraeten, G. & Martinez-Casasnovas, J. A. 2006. Gully Erosion In Europe. In: Poesen, J. & Boardman, J. (Eds.) Soil Erosion In Europe. John Wiley and Sons..
36. Prosser, I. P. & Winchester, S. J. 1996. History And Processes Of Gully Initiation And Development In Eastern Australia. *Zeitschrift Fur Geomorphologie* 105, 91- 105.
37. Regional Water Corporation. 2000. Water balance report of Ilam province [in Persian]
38. Soleimanpour S M, Soufi M, Ahmadi H, Salajegheh A. 2010. Topographic Threshold of Gully Initiation in Bare Land of Fars Province. 8th Watershed Management Science and Engineering Conference, Lorestan University. (in Persian)
39. Soleimanpour, S.M., Soufi, M., and H. Ahmadi. 2010. watershed characteristics effective factors on gully development- Fedagh- Larestan, 6th national watershed management conference and 4th national erosion and sediment conference- Nour-mazandaran. (in Persian)
40. Svoray, S. & Markovitch, H. 2009. Catchment Scale Analysis Of The Effect Of Topography, Tillage Direction And Unpaved Roads On Ephemeral Gully Incision. *Earth Surface Processes And Landforms* 34, 1970–1984.
41. Taleb Bidokhti N, Shahoe S, Behnia A A, Behboudi F, Sadeghi SHR, Malek A, et al. 2003, Soil .2017. Disaggregating soil erosion processes within an evolving experimental landscape, *Earth Surface Processes and Landforms*, 43(2), 543-552.
21. Montgomery, D. R. & Dietrich, W. E. 1988. Where Do Channels Begin? *Nature* 336, 232-234.
- Montgomery, D. R. & Dietrich, W. E. 1992. Channel Initiation And The Problem Of Landscape Scale. *Science*, 255, 826-830.
22. Montgomery, D. R. & Dietrich, W. E. 1994. Landscape Dissection And Drainage Area - Slope Thresholds. In: M.J.Kirkby (Ed.) *Process Models And Theoretical Geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd.
23. Moore, I. D., Burch, G. J. & Mackenzie D.H. 1988. Topographic Effect On The Distribution Of Surface Soil Water And The Location Of Ephemeral Gullies. *American Society Of Agricultural Engineers* 31, 1098-1107.
24. Morgan, R. P. C. & Mngomezulu, D. 2003. Threshold Conditions For Initiation Of Valleyside Gullies In The Middle Veld Of Swaziland. *Catena*, 50, 401-414
25. Morgan, R. P. C. 2005. *Soil Erosion And Conservation*, Blackwell.
26. Munoz-Robles, C., Reid, N., Frazier, P., Tighe, M., Briggs, S. V. & Wilson, B. 2010. Factors Related To Gully Erosion In Woody Encroachment In South Eastern Australia. *Catena*, 83, 148-157.
27. Nazari Samani, A. A., Ahmadi, H., Jafari, M., Boggs, G., Ghoddousi, J. & Malekian. 2009. A. Geomorphic Threshold Conditions For Gully Erosion In Southwestern Iran (Boushehr, Samal Watershed). *Asian Earth Sciences* 35, In Press.
28. Nogueras, P., Burjachs, F., Gallart, F. & Puidefabregas, J. 2003. Recent Gully Erosion In El Cautivo Badlands. *Catena*, 40, 203-215.
29. Parkner, T., Page, M. J., Marutani, T. & Trustrum, N. 2006. Development And Controlling Factors Of Gullies And Gully Complexes, East Coast, New Zealand. *Earth Surface Processes And Landforms*, 31, 187–199.
30. Patton, P. C. & Schumm, S. A. Gully Erosion Northwestern Colorado: A Threshold Phenomenon. *Geology*, 1975.3, 88-90.

47. Vanmaercke, M., et al. 2016. How fast do gully headcuts retreat?, *Earth-Science Reviews*, 154, 336-355

48. Water Resources Research Company, Ilam Maps. 2006. (in Persian)

49. Wu, Y. & Cheng, H. 2005. Monitoring Of Gully Erosion On The Loess Plateau Of China Using A Global Positioning System. *Catena*, 63, 154-166.

50. Yasrebi B, Soufi M, Mirnia S KH, Mohammadi J. 2013. Effect of Topography and soil on Bank Gullies Development in Farma Lands of Ilam Province. *Management and Engineering of Watershed*. 5(1): 31-40.

51. Yasrebi, B, Nourmohamadi, F. Soufi, M. and S.H.R., Sadeghi. Initial topographic threshold in Dareshhr- ilam. 2010. 4th national erosion and sediment conference, Nour-Mazandaran. (in Persian)

52. Yousefi A. 2013. Determination of Environmental and Biological Factors Affecting on Gully Formation in Drylands of Ilam Province, Msc Thesis, Ilam University. 80p. (in Persian)

Erosion and Sedimentation Dictionary. (in Persian).

42 Torri, D., and J. Poesen .2014. A review of topographic threshold conditions for gully head development in different environments, *Earth-Science Reviews*, 130, 73-85.

43. Valentin C, Poesen J, Li, Y. 2005. Gully Erosion: Impacts, Factors An Control. *Catena*, 63, 250-271.

44. Vandaele, K., Poesen, J., Govers, G. & Wesemael, B. V. 1996. Geomorphic Threshold Conditions For Ephemeral Gully Incision. *Geomorphology*, 16, 161-173.

45. Vandekerckhove, L., J., P., Oostwoud Wijdenes, D. & De Figueiredo, T. 1998. Topographical Thresholds For Ephemeral Gully Initiation In Intensively Cultivated Areas Of The Mediterranean. *Catena*, 33, 271-292.

46. Vandekerckhove, L., Poesen, J., Oostwoudwijdenes, D., Nachtergaele, J., Kosamas, C., Roxo, M. J. et al. 2000. Thresholds For Gully Initiation And Sedimentation In Mediterranean Europe. *Earth Surface Processes And Landforms*, 25, 1201-1220.

Topographic Threshold and Effective Factors on Gully Formation in Ilam Province

B.Yasrebi¹, M.Soufi², S.K.Mirnia³ and J.Mohamadi⁴

Received: 08-07-2018 Accepted: 27-01-2019

Abstract

Gully erosion is one of the important forms of soil degradation, especially in semi-arid areas. Gullies are occupying 13 percent of Ilam Province area. This research focused on studying the topographic threshold of gullies, dominant process of gully initiation and development in agricultural and rangeland land uses. Ilam province with 2 million ha area is located in western Iran. Ilam has three climatic zones with 425 mm annual average precipitation. Dominant land use in Ilam is dried forest with 640000 ha area. Topographic characteristics of 120 gullies including initiation and development slopes, initiation and development contributing areas and surface characteristics of gullies contributing area including vegetation, rock fragment and bare soil by 1 m² plot and soil samples from top soil and gullies wall were collected, as well, in semi-arid part of Ilam province. Results show that Initiation and development topographic threshold value in croplands are 0.02 and 0.04 and increase to 0.1 and 0.2 in rangelands. Topographic threshold in rangelands is five times more than croplands. Dominant process in gully initiation and development is surface runoff. Effective factors on gully topographic threshold are organic matter, vegetation cover, rock fragments and bare soil that describe 31 percent of topographic threshold; also, organic matter with beta coefficient of 62 percent has the most contribution in topographic threshold variation. Gully frequency has negative exponential relationship with rock fragment and vegetation cover and decay rate for rock fragment and vegetation cover are 60 and 35 percent, respectively. Topographic thresholds showed that topography has important role in gully formation but environmental characteristics as vegetation cover, rock fragment and land management are more important.

Keywords: *Topographic threshold, Soil, Gully erosion, Ilam Province, Iran*

1. Corresponding Author and Assistant Professor, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Email: b.yasrebi@areeo.ac.ir

2. Associate Professor at Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

3. Associate Professor at Department of Watershed Management Science and Engineering, Tarbiat Modaress Univesity,

4. Professor at Department of Soil Science and Engineering, Shar e Kord Univesity