

## برآورد میزان فرسایش آبکندی و توسعه آن‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور

شیلا عبداللهی<sup>۱</sup>، حبیب نظرنژاد<sup>۲\*</sup>، میرحسن میریعقوبزاده<sup>۳</sup>، سعید نجفی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۲۹

### چکیده

فرسایش آبکندی به‌عنوان یکی از مخرب‌ترین نوع فرسایش آبی عامل مهمی در تغییرات زمین‌ریخت در حوزه‌های آبخیز است. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات مورفولوژیکی و گسترش آبکندها طی بازه‌های زمانی ۱۳۳۴ تا ۱۳۹۴ صورت گرفت، به‌طوری که ویژگی‌های مورفولوژیکی ۲۲ آبکند با استفاده از عکس‌های هوایی، تصویر ماهواره‌ای IRS و ثبت به‌وسیله GPS در دو مقطع زمانی ۱۳۳۴-۱۳۸۷ و ۱۳۸۷-۱۳۹۴ استخراج شدند. نتایج نشان داد سطح تحت فرسایش مستقیم آبکندی در سه سال مورد بررسی ۱۳۳۴، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۴ به ترتیب برابر با ۲/۹، ۴ و ۷/۴ هکتار بوده است. به‌طور کلی از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۹۴ آبکندها از نظر تعداد و سایر ویژگی‌های ریخت‌شناسی، روند رو به رشدی را داشته‌اند. همچنین با توجه به اندازه‌گیری‌های حاصل از ابعاد آبکندها و رشد و گسترش آن‌ها، آبکندهای واقع در تشکیلات مارنی حوزه آبخیز چه از نظر ابعاد و ویژگی‌های مورد بررسی و چه از نظر رشد و گسترش طی مقاطع زمانی مورد بررسی، دارای بزرگی و شدت بیشتری هستند، به‌طوری که میانگین مقدار رشد طولی آبکندهای واقع در تشکیلات غیرمارنی و مارنی به ترتیب برابر با ۰/۳ و ۲/۱۵ برای مقطع زمانی ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۷ و همچنین ۰/۹۶ و ۱۱/۲۳ برای مقطع زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ برحسب متر در سال به دست آمد.

**واژه‌های کلیدی:** تغییرات مورفولوژیکی، حوزه آبخیز ایده‌لو، فرسایش آبکندی.

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه ارومیه

۲. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

۳. دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، نویسنده مسئول / h.nazarnejad@urmia.ac.ir

## مقدمه

فرسایش خاک و همچنین رسوب گذاری تحت تأثیر فرایندهای طبیعی قرار دارند، اما این فرایندها بر اثر دخالت انسان از طریق جنگل تراشی، چرای بیش از حد مراتع و عملیات زراعی و خارج از توان زمین، حالت تشدید می‌گیرند. بر همین اساس، در کشوری چون ایران با توجه به نظام بارشی مدیترانه‌ای و فرسایندهای زیاد آن، وجود سازندهای حساس به فرسایش، پوشش گیاهی تنک در بسیاری از مناطق کشور به‌عنوان عوامل طبیعی مؤثر بر فرسایش خاک در تعامل با عامل دخالت انسانی، سبب وضعیت فرسایشی شدید در کشور شده است (عرب‌خدری، ۲۰۱۴؛ صادقی و نجفی، ۲۰۱۴). فرسایش آبکندی یکی از مخرب‌ترین نوع فرسایش آبی است که با رشد و گسترش آن، حجم قابل توجهی از خاک از دسترس خارج می‌شود. این نوع از فرسایش، یک جریان پیچیده زمین‌ریخت و تغییردهنده سیمای سرزمین و تخریب‌کننده محیط‌زیست است (رحمتی و همکاران، ۲۰۱۷). یکی از دلایل مهم درباره سرعت شکل‌گیری و گسترش فرسایش آبکندی، تغییر وضعیت رفتار فرسایش در طول زمان است (پوئن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). توسعه آبکندها در اثر ترکیبی از عوامل گوناگون از جمله جریان‌های پخش شده بر روی کناره‌ها، فرسایش ناشی از برگشت آب از کناره‌ها و جریان آب در طول آبکندها است. در برخی استان‌ها مانند استان هرمزگان، بوشهر، فارس، خراسان، زنجان و سمنان بسیاری از اراضی زراعی توسط این نوع از فرسایش در معرض تهدید جدی قرار دارد (احمدی، ۲۰۱۱). هرچند روش‌های سازه‌ای و بیولوژیکی برای مبارزه با این نوع از فرسایش به کار می‌روند، برای مبارزه مؤثر با آن، باید فرایند رشد و گسترش ابعاد آبکندها شناخته شود (شایان و همکاران، ۲۰۱۲). مطالعات گسترده‌ای در خصوص شناسایی مناطق آبکندی و روند گسترش آبکندها صورت گرفته است، به طوری که بررسی مراحل آغاز و گسترش و تکامل آبکندها با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای برای تعیین ارتباط گسترش بین اجزای مختلف آبکندها مانند طول و حجم و رشد متوسط آن مورد توجه

بوده است (بورکارد و کوستاسچوک<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵؛ بتس و دروز<sup>۳</sup>، ۱۹۹۹).

جعفری گرزین و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی مدل‌هایی برای پیش‌بینی رشد حجم آبکندها در حوزه آبخیز سرخ‌آباد مازندران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که رشد آبکندها تقریباً در همه موارد با افزایش طول و ارتفاع آبکندها افزایش می‌یابد. ثروتی و همکاران (۲۰۰۸)، با به‌کارگیری فن سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به بررسی تشکیل و گسترش آبکندها در حوزه آبخیز عرب قره‌حاجی در استان گلستان پرداختند. بر اساس نتایج، گسترش آبکندها تابعی از میانگین دمای سالانه هوا، شیب، سازند زمین‌شناسی، کاربری اراضی و نوع خاک است. عوض‌زاده توکلی (۲۰۰۴) عوامل مؤثر در گسترش طولی آبکندها را در استان بوشهر مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که بین مساحت حوزه آبخیز بالادست آبکندها، فاصله هدکت و ارتفاع هدکت با گسترش طولی آبکندها، ارتباط معنی‌داری وجود دارد. یثربی و همکاران (۲۰۱۳) در بخشی از شهرستان دره‌شهر ایلام با پایش ۱۸ آبکندها در سه دسته خطی، جبهه‌ای و پنجه‌ای، به بررسی عوامل توپوگرافی مؤثر بر آغاز فرسایش آبکندها پرداختند که مبین نقش مؤثر رواناب سطحی در تشکیل آبکندهای خطی با سطح آستانه بحرانی ۶ هکتاری برای آغاز فرسایش بود. نجفی و صادقی (۲۰۱۳) با بررسی شدت انواع فرسایش سطحی، شیاری و آبکندها در حوزه آبخیز ایده‌لو، شدت فرسایش آبکندها و گسترش آن در واحد سنگ‌شناسی مارن را نسبت به سایر واحدهای سنگ‌شناسی بیشتر ارزیابی کردند. ثروتی و همکاران (۲۰۱۴)، در تحقیقی درخصوص آستانه‌های ژئومورفولوژیکی آبکندها در حوزه آبخیز کچیک در شمال شرق استان گلستان، مشخصات کمی و کیفی ۳۵ آبکندها نمونه را تهیه کردند و پس از بررسی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های پایه، در محیط GIS برای ۹ عامل ژئومورفولوژی مؤثر در آبکندها، نقشه تولید کردند و سهم میزان هر آبکندها از هر عامل ژئومورفولوژی را از نقشه‌های تولیدی به دست آوردند. نتایج نشان داد همه عوامل ژئومورفولوژی به میزان دامنه اثرگذاری آن‌ها در شکل‌گیری و گسترش آبکندها در منطقه

2. Burkard and Kostaschuk  
3. Betts and DeRose

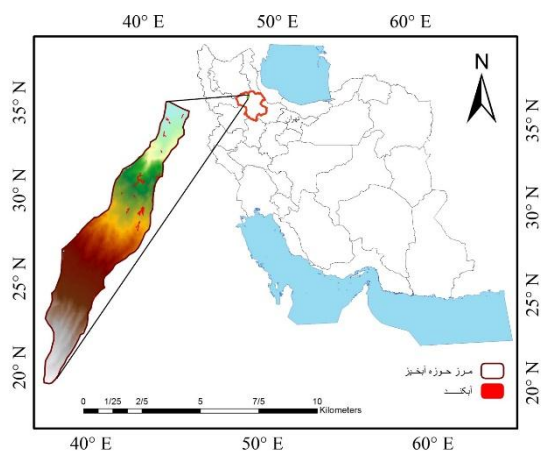
1. Poesen

منطقه و اهمیت بررسی روند گسترش آبکندهای موجود انجام شد. در این تحقیق، با توجه به اهمیت فرسایش آبکندی به‌عنوان مخرب‌ترین فرایند تخریب خاک در کشور، سعی شده تا برای اولین بار آبکندهای موجود در منطقه ایده‌لو، در ۳ دوره زمانی متفاوت شناسایی شوند تا برای مدیریت صحیح درخصوص پیشگیری و کنترل آن‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

## مواد و روش

### منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز ایده‌لو با مساحتی حدود ۲۰۰۰ هکتار، یکی از زیرحوزه‌های آبخیز رودخانه زنجان رود است (شکل ۱). این حوضه در ۵۵ کیلومتری شمال غرب شهر زنجان بین طول شرقی ۴۱° و ۴۸° و عرض شمالی ۵۷' و ۳۶' در مسیر جاده زنجان-میانه قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه از نظر سازند زمین‌شناسی، مربوط به رسوبات مارنی دوره میوسن می‌باشد که باعث بالا بودن شدت فرسایش در منطقه است. فرسایش خاک منطقه بیشتر از نوع سطحی، شیاری و انحلالی منجر به آبکند است. در سطوح شیب‌دار عاری از پوشش گیاهی، فرسایش سطحی بسیار شدیدتر است و فرسایش انحلالی منجر به آبکند در شیب‌های ملایم‌تر بر اثر نفوذ رواناب‌ها اتفاق می‌افتد (صادقی و نجفی، ۲۰۱۴). قابل ذکر است که در دهه ۱۳۶۰، عملیات اصلاحی آبخیزداری از قبیل ۳۸۰ مورد توریسنگ، سنگ‌چین، سد سبک فلزی و نهال‌کاری در منطقه به‌منظور پیشگیری و کاهش گسترش آبکند صورت گرفته است.



شکل (۱): موقعیت حوزه آبخیز ایده‌لو در استان زنجان، ایران  
Figure (1): Location of Idelo Watershed in Zanjan Province, Iran

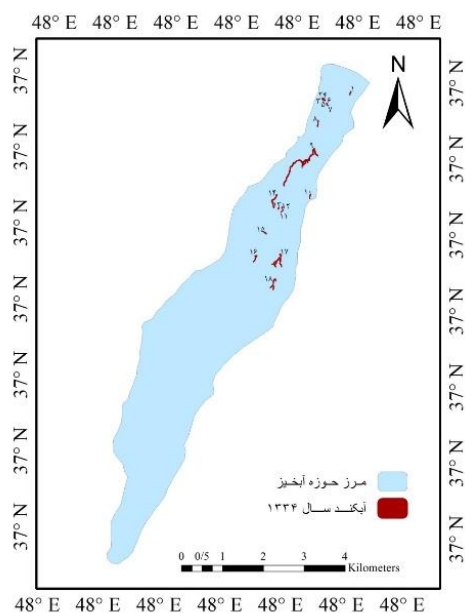
مشارکت دارند. برگونز و ریس<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) با بررسی ویژگی‌های ۹۰ آبکند، به بررسی عوامل کنترل‌کننده اندازه و موقعیت مکانی آبکندها پرداختند. نتایج بررسی ایشان نشان داد که بریدگی‌های اولیه منتج از شبکه زهکشی و سطح مشارکت بالادست آبکند از عوامل اصلی پیدایش و توسعه آبکندها هستند. رحمتی و همکاران (۲۰۱۷) در ارزیابی اثر عوامل مختلف زمین محیطی در فرسایش آبکندی حوزه آبخیز کشکن-پلدختر، مناطق مرکزی و غربی آبخیز مورد مطالعه را به دلیل اثر متقابل عوامل سنگ‌شناسی کواترنری، کاربری اراضی کشاورزی و بافت خاک لومی‌شنی، حساس‌ترین مناطق نسبت به فرسایش آبکندی تشخیص دادند. ذیحی و همکاران (۲۰۱۸) در حوزه آبخیز ولشت استان مازندران با بررسی ۱۰۹ آبکند، به مدل‌سازی مکانی و تعیین نقشه حساسیت به فرسایش آبکندی پرداختند و ارتفاع از سطح دریا و کاربری اراضی را از عوامل اصلی در ایجاد فرسایش آبکندی تشخیص دادند. یکی از مشکلات موجود در ارائه روش‌های مختلف برای کنترل آبکندها مربوط به شناخت علل ایجاد یا گسترش آن‌هاست. با توجه به تأکید بسیاری از محققان در شناخت فرایندهای ایجاد و گسترش آبکند و عدم انجام این مهم در شرایط مختلف آبخیزهای دنیا، در بحث کنترل آبکندها، شرایط بالقوه‌ای برای نوآوری‌های پژوهشی وجود دارد. اکثر محققان داخلی و خارجی عواملی نظیر تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، کاربری نادرست اراضی، تخریب پوشش گیاهی و چرای مفرط دام، تغییرات اقلیمی و وضعیت زمین‌شناسی و دخالت انسان در عرضه‌های طبیعی را از مهم‌ترین علل ایجاد و گسترش آبکند می‌دانند (سلیمان‌پور و همکاران، ۲۰۱۳). بر همین اساس، بررسی سوابق تحقیقاتی داخل و خارج از کشور، دلالت بر محوریت مطالعات انجام‌شده در این زمینه و همچنین ضرورت انجام مطالعاتی درخصوص روند گسترش آبکندهای طبیعی داشته است. هدف از این پژوهش، بررسی تغییرات مورفولوژیکی آبکندها و روند گسترش آن‌ها با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در سه دوره زمانی است. این پژوهش در حوزه آبخیز ایده‌لو از زیرحوزه‌های آبخیز بزرگ سفیدرود استان زنجان، به‌علت وجود فرسایش آبکندی در

## روش انجام مطالعه

پایین دست حوزه آبخیز، شش آبکند برای به دست آوردن ابعاد آبکندها به ویژه عمق مربوط در چهار مقطع مورد نقشه برداری قرار گرفتند. اطلاعات به دست آمده از عملیات نقشه برداری وارد محیط نرم افزار AutoCAD 2014 شد و در ادامه، عملیات پردازش به کمک GIS صورت گرفت. در این پژوهش، عمق آبکندها در محدوده نقشه برداری در چهار مقطع شامل یک مقطع ابتدایی، دو مقطع میانی و یک مقطع انتهایی اندازه گیری شدند. برای مقایسه پارامترهای مساحت، طول، شعاع هدکت و عرض بالای آبکندها در سه مقطع زمانی مورد بررسی، از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه و دانکن، برای بررسی تغییرات ویژگی های مذکور در نرم افزار SPSS استفاده شد (زارع چاهوکی و بی همتا، ۲۰۱۶).

## نتایج

شکل های (۲) تا (۴) و جدول (۱) به ترتیب موقعیت مکانی و نتایج رشد و گسترش آبکندها با استناد به بررسی های صورت گرفته از تفسیر عکس های هوایی، تصویر ماهواره ای و داده برداری های میدانی را نشان می دهند.

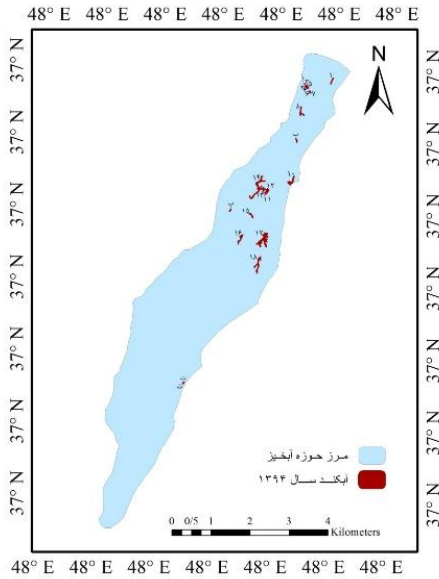


شکل (۲): موقعیت آبکندهای حوزه آبخیز ایده لو در سال ۱۳۳۴،

استان زنجان

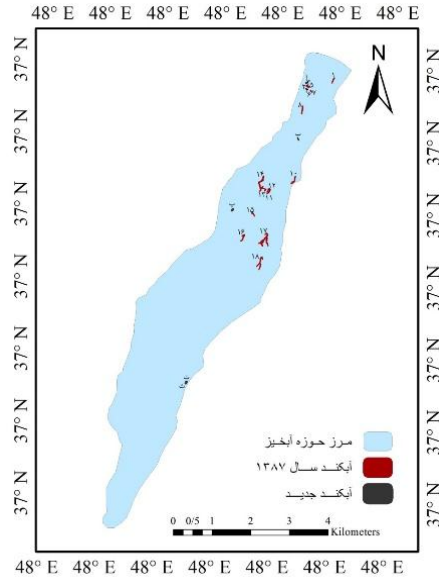
Figure (2): Location of gullies in Idelo Watershed in 1955, Zanjan Province, Iran

در این پژوهش، از سه سری مجزا از داده ها شامل عکس های هوایی، تصاویر ماهواره ای و نقشه برداری استفاده شده است. عکس های هوایی مورد استفاده در این پژوهش مربوط به سال ۱۹۵۵ (۱۳۳۴ شمسی) سازمان جغرافیایی کشور بود که در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ به منظور مشاهده آبکندهای موجود در منطقه و تعیین موقعیت آن ها به کار گرفته شد. برای تفسیر عکس های هوایی و شناسایی آبکندها از ابزار استریوسکپ آینه دار استفاده شد. آبکندهای موجود در منطقه، مشخص و پس از اسکن عکس های هوایی، عملیات پردازش بر روی تصاویر با استفاده از نرم افزار Arc GIS10 صورت گرفت تا در نهایت، تصاویر جهت استخراج آبکندها و ویژگی های هندسی آن ها (مساحت، طول، شعاع هدکت و عرض بالا) با توجه به موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، مورد استفاده قرار گیرند. برای شناسایی آبکندهای دوره دوم و مقایسه پارامترهای مساحت، طول، شعاع هدکت و عرض بالای آبکندها نسبت به دوره اول و تعیین روند گسترش آبکندها از تصویر ماهواره ای IRS-IC و سنجنده Pan سازمان جغرافیایی کشور استفاده شد. تصویر مورد استفاده به ۱۵ آگوست سال ۲۰۰۸ است. تصاویر با استفاده از نرم افزار PCI Geomatica 9.1 مورد تصحیح هندسی قرار گرفتند. در این روش، نقاط کنترل زمینی ۱۵ عدد در نظر گرفته شد. برای تعیین نقاط کنترلی از مکان هایی که کمترین تغییر را داشتند، مانند تقاطع دو جاده یا تقاطع جاده با رودخانه استفاده شد. پس از تصحیحات هندسی، برای بارز کردن مرزها، با به کارگیری فیلتر عبور بالا با کرنل ۵ × ۵، تصویری مناسب با مرزهای مشخص که تفکیک پدیده ها را ممکن می سازد، به دست آمد. در نهایت مرز آبکندها در GIS بر روی تصویر مشخص شد و پارامترهای مساحت، طول، شعاع هدکت و عرض بالای آبکندها استخراج شد. در مرحله بعد برای تشخیص آبکندهای جدید و مشاهده تغییرات صورت گرفته در آبکندهای پیشین، با استفاده از بازدید میدانی و نرم افزار Google earth و GPS وضعیت کنونی آبکندها مورد بررسی و ثبت قرار گرفت. همچنین در بخشی از



شکل (۴): موقعیت آبکندهای حوزه آبخیز ایده‌لو در سال ۱۳۹۴، استان زنجان

Figure (4): Location of gullies in Idelo Watershed in 2016, Zanjan Province, Iran



شکل (۳): موقعیت آبکندهای حوزه آبخیز ایده‌لو در سال ۱۳۸۷، استان زنجان

Figure (3): Location of gullies in Idelo Watershed in 2008, Zanjan Province, Iran

جدول (۱): ابعاد مورد بررسی، رشد و گسترش ابعاد آبکندها طی دو دوره زمانی مورد بررسی در حوزه آبخیز ایده‌لو، استان زنجان

Table (1): Extension and development of morphological characteristics of the gullies during 1955-2016 years in Idelo Watershed, Zanjan Province

سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴																	
شماره آبکند	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹*	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
مساحت (مترمربع)	۲۳۲	۳۵	۱۹	۷	۴۵	۱۱	۱۶	۵۶۵	۹۰۱	۴۰۸	۳۹۹	۱۴۶	۲۷۹۳	۳۳۷	۵۶۵	۳۱۴۴	۱۱۰۴
طول (متر)	۶۶/۸	۱۳/۸	۱/۸	۱/۴	۰/۵	۲/۲	۵/۱	۴۷/۵	۹۳/۳	۷۹/۶	۵۳/۴	۴۱/۴	۵۳/۱	۳۳/۸	۱۴/۹	۲/۸	۸۵/۲
شعاع هدکت (متر)	۲/۱	۲/۸	۲/۱	۰/۸	۶/۱	۳/۷	۶/۱	۳/۴	۱/۸	۳/۳	۱/۷	۲/۳	۴/۹	۲	۲	۱۳/۳	۴/۷
میانگین عرض بالا (متر)	۰/۹	۰/۴	۰/۶	۰/۲	۰/۴	۰/۱	۰/۳	۲/۷	۳	۱/۳	۰/۵	۱/۵	۱/۲	۱/۲	۳/۶	۲	۱/۵
رشد طولی (سال)	۱/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۹	۱/۷	۱/۵	۱	۰/۷۸	۱	۰/۶۳	۰/۲۸	۰/۰۵	۱/۶
سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴																	
شماره آبکند	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹*	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
مساحت (مترمربع)	۳۲۴	۱۶۳	۱۴۵	۳۵	۲۶۷	۱۳۵	۱۳۰	۱۲۳۱	۳۷۳۷	۶۴۴	۴۱۹	۵۳۰	۹۶۴۹	۲۲۶۵	۱۰۳۹۸	۲۴۸۸	۶۸
طول (متر)	۱۸/۸	۱۲/۲	۲۹/۷	۱۰/۶	۱۶	۱۵/۴	۱۰/۳	۲۵/۴	۸۶/۱	۱۷/۲	۳۶/۲	۲۸/۴	۳۵۷/۱	۳۲/۵	۹۷/۱	۶/۲	۴۹/۷
شعاع هدکت (متر)	۱/۱	۷/۸	۹/۹	۲/۸	۷/۷	۵/۵	۴/۶	۵۷/۲	۷۰/۹	۲۱/۴	۲۷/۵	۲۷/۱	۲۷/۵	۳۲/۵	۱۱	۳۸	۶۳/۷
میانگین عرض بالا (متر)	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۱۰	۱۰/۲	۲/۶	۲/۶	۱/۴	۲/۶	۲	۳	۱/۴	۰/۳	۰/۸	۳/۲
رشد طولی (سال)	۲/۶	۱/۷	۴/۲	۱/۵	۲/۲	۲/۲	۱/۴	۳/۶	۱۲/۳	۲/۴	۵/۱	۴	۵۱	۴/۶	۱۳/۸	۰/۸	۷/۱

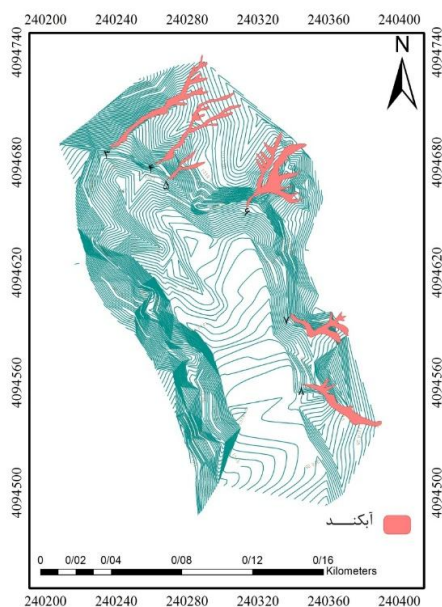
\* با توجه به تبدیل و پیوستن آبکند شماره ۹ به آبراهه اصلی حوضه، از محاسبات جدول حذف شد. آبکندهای جدیدی که در دوره زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ شکل گرفته‌اند.

کشاورزی در مناطق بالادست طبق جدول (۱)، گسترش آبکندها تشدید و تشکیل آن‌ها نیز به بخش‌های بالادست آبخیز کشیده شده است (شکل ۴) و به‌طور کلی از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۹۴ آبکندها از نظر تعداد و سایر ویژگی‌های ریخت‌شناسی، روند رو به رشدی را داشته‌اند، به‌طوری که

همان‌طور که از پراکنش مکانی آبکندها در شکل‌های (۲) تا (۴) مشخص است تجمع آبکندها بیشتر در مناطق پایین‌دست و به‌ویژه مناطق میانی آبخیز است که می‌تواند به‌ترتیب به‌دلیل کاربری کشاورزی و تشکیلات مارنی بخش‌های ذکر شده باشد. با گذشت زمان و تشدید عملیات

شکل (۵) و جدول (۲) نتایج نقشه برداری از ۶ آبکند در پایین دست آبخیز را نشان می دهد. این آبکندها که بر اساس معیار طول و سطح (احمدی، ۲۰۱۱)، جزو آبکندهای کوچک طبقه بندی می شوند اما با توجه به حجم خاک فرسایش یافته در هر آبکند و عدم تبعیت افزایش آن از افزایش سطح آبکند، می توان ویژگی طول و عمق آبکندها را حداقل در بخش رسوبات رودخانه ای جدید (نجفی و صادقی، ۲۰۱۳) مهم تر از ویژگی سطح دانست و طبقه بندی آبکندهای حوزه آبخیز ایده لو را بر اساس ویژگی های طول و عمق مناسب تر دانست.

تعداد پنج آبکند جدید بین سال های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ تشخیص داده شد که در جدول (۱) نیز ارائه شده است و سطح تحت فرسایش مستقیم آبکندی نیز در سه سال مورد بررسی ۱۳۳۴، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۴ به ترتیب برابر با ۲/۹، ۴ و ۷/۴ هکتار بوده است. به طور کلی با توجه به جدول (۱) می توان اظهار داشت که گسترش آبکندها در دوره زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ سرعت و وسعت بیشتری داشته است. با توجه به پارامترهای به دست آمده از آبکندها، بزرگ بودن ابعاد آبکند شماره ۹ قابل توجه بود و با توجه به گسترش شدید و تبدیل و پیوستن آن به آبراهه اصلی آبخیز و تلفیق احتمالی آن با فرسایش کنار آبراهه ای از محاسبات جدول (۱) کنار گذاشته شد.



شکل (۵): نقشه برداری خصوصیات مورفولوژیکی شش آبکند در حوزه آبخیز ایده لو، استان زنجان

Figure (5): Mapping of morphological characteristics of 6 gullies in Idelo Watershed, Zanjan Province, Iran

جدول (۲): مشخصات مورفولوژیکی و حجم خاک فرسایش یافته شش آبکند نقشه برداری شده در حوزه آبخیز ایده لو

Table (2): Morphological characteristics and volume of soil loss in six mapped gullies in Idelo Watershed

شماره آبکند	مساحت (متر مربع)	طول (متر)	شعاع هدکث (متر)	عرض بالا (متر) در چهار مقطع				عرض پایین (متر) در چهار مقطع				عمق (متر) چهار مقطع	حجم مواد فرسایش یافته (تن)			
				۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴					
۳	۲۵۲	۷۳/۵	۱۵/۱	۲	۳/۲	۳/۸	۲/۵	۱	۰/۸	۰/۷	۰/۹	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۲/۵	۴۳۳/۷
۴	۱۹۱	۵۹	۱۵/۵	۱/۷	۱/۵	۲	۱/۸	۰/۸	۰/۶	۰/۹	۰/۷	۱	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۲۹۶/۶
۵	۵۱	۲۴/۴	۷/۶	۱/۸	۲/۴	۲/۲	۱/۶	۰/۹	۰/۸	۱	۰/۸	۱/۲	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۵۰/۰
۶	۳۸۴	۴۷/۸	۲۲/۲	۲/۶	۲/۵	۲/۹	۲/۱	۰/۸	۱	۱/۲	۱	۰/۲	۰/۲	۱/۲	۰/۵	۲۷۲/۲
۷	۱۶۷	۳۴/۶	۱۲/۱	۱/۶	۲/۷	۲/۵	۲	۰/۸	۱	۰/۹	۰/۷	۰/۲	۰/۵	۰/۲	۰/۵	۷۹/۰
۸	۱۹۲	۵۰/۱	۹/۷	۲/۲	۳/۳	۵/۲	۲/۵	۰/۸	۱/۵	۲	۱/۴	۱/۵	۱/۲	۰/۵	۱	۲۷۲/۲

\* مقطع ۱: پایین دست، مقطع ۲: میانی پایین، مقطع ۳: میانی بالا و مقطع ۴: بالادست

دانکن نشان داد که اختلاف معنی‌دار در خصوص مساحت آبکندها مربوط به سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۹۴ است. قابل ذکر است که نتایج استفاده از آزمون دانکن در مورد طول، شعاع هدکت و عرض بالای آبکندها نیز مشابه با نتایج مربوط به مساحت بود. به همین دلیل برای جلوگیری از تکرار از ارائه نمودارهای مربوط به آن‌ها خودداری شد.

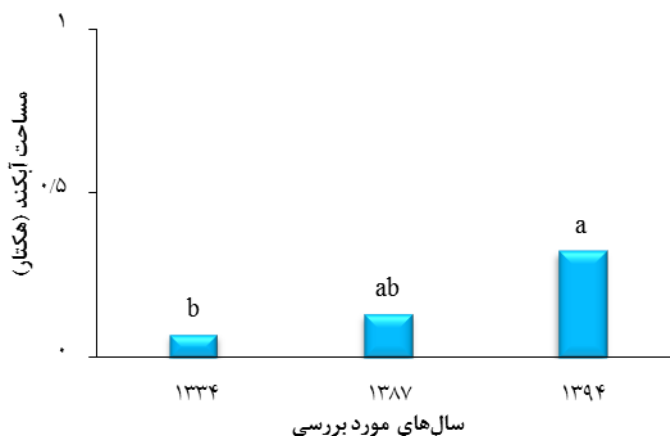
مقایسه ویژگی‌های ریخت‌شناسی آبکندها در سه مقطع زمانی نتایج مربوط به تجزیه واریانس در جدول (۳) ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود در سه مقطع زمانی مورد نظر، آبکندهای مورد بررسی در ویژگی‌های مساحت، طول، شعاع هدکت و عرض در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشتند. بر همین اساس مطابق با شکل (۶)، آزمون

جدول (۳): نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه ویژگی‌های ریخت‌شناسی خندق‌ها برای سه مقطع زمانی

Table 3. Results of One-Way ANOVA test for morphological characteristics of the gullies in three study years

منابع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
تیمار	۵۹۶۷۷۰۲۱	۲	۲۹۸۳۸۵۱۰		
مساحت					
خطا	۵۵۹۹۷۳۹۲۸	۴۸	۱۱۶۶۶۱۲۳	۲	۰/۰۴۸
کل	۶۱۹۶۵۰۹۴۹	۵۰			
تیمار	۶۲۸۰۰	۲	۳۱۴۰۰		
طول					
خطا	۲۲۸۷۳۵۸	۴۸	۲۴۶۶۱	۱*	۰/۰۰۰
کل	۱۲۴۶۵۵۸	۵۰			
تیمار	۱۵۰۰	۲	۷۵۰		
شعاع هدکت					
خطا	۶۴۳۲	۴۸	۱۳۴	۵*	۰/۰۰۷
کل	۷۹۳۳	۵۰			
تیمار	۵۲	۲	۲۶		
عرض بالا					
خطا	۲۴۶	۴۸	۵	۵*	۰/۰۱۰
کل	۲۹۹	۵۰	-		

\*: معنی‌داری در سطح ۵ درصد



شکل (۶): نتایج حاصل از آزمون دانکن در مورد سطح تحت پوشش آبکندها در حوزه آبخیز ایدلو، استان زنجان

Figure 6. Results of Duncan test for occupied area of the gullies in Idelo Watershed, Zanzan Province

آبکندهای شماره ۹ تا ۱۸ به جز آبکند شماره ۱۷ در تشکیلات مارنی واقع شده‌اند. همچنین با توجه به اندازه‌گیری‌های حاصل از ابعاد آبکندها و رشد و گسترش

### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج، بیشترین تمرکز آبکندها در بخش‌های پایین دست آبخیز است با این توضیح که در این بخش نیز

میانگین مقدار رشد طولی آبکندها در بخش غیرمارنی با ۰/۹۶ متر در سال نشان می‌دهد که رقم ۱۱/۲۳ برای بخش مارنی نمی‌تواند ناشی از خطای در تفاوت در روش‌های اندازه‌گیری باشد. بر همین اساس، گسترش با شدت کمتر آبکندها در مقطع زمانی ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۷ را شاید به‌نوعی بتوان به قرار داشتن آبکندها در مراحل آغازین، کشاورزی کم‌شدت به‌ویژه تا دهه ۷۰ و اجرای عملیات حفاظتی از قبیل سازه‌های توری‌سنگی و سنگ‌چین نسبت داد، به‌طوری که صادقی و همکاران (۲۰۱۳) و صادقی و همکاران (۲۰۱۷) نیز سهم تولید رسوب از فرسایش آبکندی در انتهای حوزه آبخیز ایده‌لو را ناچیز گزارش دادند. از سویی با توجه به فعال بودن پدیده فرسایشی انحلالی و تونلی شدن در حوزه آبخیز که با بررسی‌های میدانی صورت گرفته نیز به‌وضوح در سطح آبخیز قابل مشاهده است (عبدی و همکاران، ۲۰۰۹). یکی از دلایل گسترش شدید آبکندهای مورد بررسی در مقطع زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ را می‌توان به ریزش بخش‌های تونلی‌شده آبکندها و آشکار شدن بخش‌های پنهانی آبکندها نسبت داد. هرچند برای نتیجه‌گیری و اظهارنظر قاطع، این امر نیازمند بررسی و مطالعات بیشتری است.

همچنین با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه درباره خصوصیات ریخت‌شناسی و حجم خاک فرسایش‌یافته متناسب با آن، توصیه می‌شود برای طبقه‌بندی و اجرای اقدامات احتمالی، ویژگی‌های متناسب با حجم خاک فرسایش‌یافته بیشتر مدنظر قرار گیرند.

آن‌ها، آبکندهای واقع در تشکیلات مارنی حوزه آبخیز چه از نظر ابعاد ویژگی‌های مورد بررسی و چه از نظر رشد و گسترش طی مقاطع زمانی مورد بررسی، دارای بزرگی و شدت بیشتری هستند، به‌طوری که میانگین مقدار رشد طولی آبکندهای واقع در تشکیلات غیرمارنی و مارنی، به‌ترتیب برابر با ۰/۳ و ۲/۱۵ برای مقطع زمانی ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۷ و همچنین ۰/۹۶ و ۱۱/۲۳ برای مقطع زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ برحسب متر در سال به دست آمد. این نتایج را می‌توان مطابق با نتایج عابدینی (۲۰۰۵)، به‌ویژه نجفی و صادقی (۲۰۱۳) و صادقی و همکاران (۲۰۱۷) دانست که بیشترین سهم فرسایش (آبکندی، شیاری و سطحی) در منطقه مورد مطالعه را مربوط به تشکیلات مارنی دانستند. نکته حائز اهمیت دیگر درباره این نتایج، زیاد و شدید بودن گسترش آبکندها در ویژگی‌های ریخت‌شناسی مورد بررسی به‌ویژه در بخش تشکیلات مارنی در مقطع زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۴ نسبت به مقطع زمانی ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۷ می‌باشد که نمونه‌ای از آن میانگین رشد طولی سالانه برای بخش مارنی و غیرمارنی حوزه آبخیز است که قبلاً مورد ذکر قرار گرفت. هرچند بخشی از این تفاوت‌ها را می‌توان به سه روش متفاوت به کار برده‌شده در برآورد ابعاد آبکندها نسبت داد، اما گذشته از آنکه با توجه به داده‌های در دسترس و نبود روش‌های جایگزین پذیرش بخشی از خطا اجتناب‌ناپذیر است، باید توجه داشت که مضاف بر ابعاد بزرگ آبکندهای بخش مارنی که امکان خطای اندازه‌گیری را به حداقل کاهش می‌دهد،

#### منابع

1. Abedini, M., 2005. An investigation of gully erosion at South West highland of Hadishahr (North west of East Azerbaijan) through new methods and techniques. *Geography and development*, 3(6), 113-134. (In Persian)
2. Abdi, P., Abdi, A., Ghoddousi, J., Aghajanluo, F., 2009. Classification of effective factors in gully erosion in marls of Ghamish Abad Sub-catchment in Zanjan. *Agricultural Research and Natural Resource Center of Zanjan*, 102 pages (in Persian)
3. Ahmadi, H., 2011. Applied geomorphology. University of Tehran. 714 P. (In Persian)
4. Arabkhedri, M. 2014. A review of factors effecting on water erosion in Iran. *Land management*, 2(1), 17-26. (In Persian)
5. Avazzadeh Tavakkoli, F., 2004. The estimation of longitudinal extension of gully using the model (Case study: Bushehr Province). M.Sc. thesis. Tehran University, 111 P. (In Persian)
6. Bergones, R., Reis, E., 2016. Controlling factors of the size and location of large gully systems: A regression-based exploration using reconstructed. *Catena*, 147, 621-631.



7. Betts, H. D., DeRose, R. C., 1999. Digital elevation models as a tool for monitoring and measuring gully erosion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 1(2), 91-101.
8. Burkard, M. B., Kostaschuk, R. A., 1995. Initiation and evolution of gullies along the shoreline of Lake Huron. *Geomorphology*, 14(3), 211-219.
9. Jafari Gorzin, B., Domehri, R.A., Safari, m., Ahmadian, S.H., 2007. Introducing some models for predicting gully volume growth (A case study in Sorkh-Abad watershed – Mazandaran province- Iran). *Pajhoohesh Va sazandegi*. 75, 108-117. (In Persian)
10. Najafi, S., Sadeghi, S.H.R., 2013. Estimation of sediment sources through comparing results from soil erosion mapping, fingerprinting and field measurement techniques. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 5 (3): 165-178. (In Persian)
11. Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G., Valentin, C., 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena*, 50(2), 91-133.
12. Rahmati, O., Tahmasebipour, N., Haghizadeh, A., Pourghasemi, H.R., Feizizadeh, B., 2017. Evaluating the influence of geo-environmental factors on gully erosion in a semi-arid region of Iran: An integrated framework. *Science of the Total Environment*, 579, 913-927.
13. Shayan, s., Amiri, sh, Zare, Gh.R., 2012. Gully erosion. *Roshd*. 27(2), 10-15. (In Persian)
14. Sarvati, M.R., Ghoddousi, J., Dadkhah, M., 2008. Factors effecting initiation and advancement of gully erosion in loesses. *Pajouhesh & Sazandegi*, 78, 20-33. (In Persian)
15. Sarvati, M.R., Ghahroudi Tali, M., Golkarami, A., 2014. Geomorphologic thresholds of Gully at Kachik Watershed, North East of Golestan province. *Applied research in geographic research*. 14(32), 231-249. (In Persian)
16. Sadeghi, S.H.R., Najafi, S., 2014. Source ascription for fluvial sediment in watersheds, concepts, methods & technologies. *Jihad Daneshgahi*, 256P. (In Persian)
17. Sadeghi, S.H.R., Najafi, S., Riyahi Bakhtiari, A.R., 2017. Sediment contribution from different geologic formations and land uses in an Iranian small watershed, case study. *International Journal of Sediment Research*, 32, 210-220.
18. Sadeghi, S.H.R., Najafi, S., Riyahi Bakhtiari, A.R., Abdi, P., 2014. Ascribing soil erosion types for sediment yield using composite fingerprinting technique. *Hydrological Sciences Journal*, 59 (9), 1753-1762.
19. Soleimanpour, S.M., Zare, M., Zolfaghari, M., Jokar, L., 2013. Measuring and comparing the valume of gully erosion by field study and using IRS satellite images on Fadagh region of Fars province. *The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources*. Tehran, Iran. . (In Persian)
20. Yasrebi, B., Nourmohammadi, F., Sadeghi, S.H.R., Soufi, M., 2013. Effect of Topographic Factors on Gully Initiation (Case Study: Dareshahr Area-Illam Province). *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 7(21), 53-58.
21. Zabihi, M., Mirchooli, F., Motevalli, A., Khaledi Darvishan, A., Pourghasemi, H.R., Zakeri, M.A., Sadighi, F., 2018. Spatial modelling of gully erosion in Mazandaran Province, northern Iran. *Catena*, 161, 1-13.
22. Zare Chahooki, M.A., Bi Hamtaa, M.A., 2016. *Principles of Statistics in Natural Resources*. University of Tehran. 302 pages (in Persian).

## Estimates of gully erosion and development using GIS and RS

Shila Abdillahi<sup>1</sup>, Habib Nazarnejad<sup>2\*</sup>, Mirhassan Miryaghubzadeh<sup>2</sup>, Saeed Najafi<sup>3</sup>

Received: 19/06/2017

Accepted: 14/01/2018

### Introduction

#### Background and objectives

Gully erosion is one of the destructive forms of soil erosions that may lead to a considerable volume of soil loss. This erosion type in addition to on-site and off-site effects has an important role in land degradation and forming in some watersheds. In this regard, due to gully erosion in some provinces of Iran such as Hormozgan, Bushehr, Fars, Khorasan, Semnan, and Zanjan vast agricultural areas are under threat of gully erosion. There are biological and mechanical methods that are available for controlling this type of erosion. One of the most important issues before designing any biological or mechanical practices is knowledge about morphological characteristics of gullies and process of their development. Therefore, this study was planned to assess morphological changes and development of gullies during 1955-2016 years in Idelo watershed in Zanjan Province, Iran.

#### Materials and Methods

In this study, morphological characteristics of 22 gullies were mapped using aerial photos, IRS satellite imagery, and GPS over two periods (1955-2008 and 2008-2016) of time. Also, in the downstream of the watershed, six gullies were surveyed in the four sections to obtain dimensions of the gullies especially depth. One-Way ANOVA and Duncan test were used to compare characteristics of gullies such as area, length, width, and radius of the head cut in years 1955, 2008, and 2016.

#### Results

The results showed that 77% of the gullies are located in downstream of the watershed especially on the red gypsiferous marl geologic unit, which latter cases are bigger than others. The areas occupied by direct gully erosion were 2.9, 4, and 7.4 hectares in 1955, 2008, and 2016 respectively. Also, the number and dimensions of morphological characteristics of the gullies have been grown during 1955-2016. The results of estimation and measurements of the extension of the gullies showed that gullies located on the red gypsiferous marl geologic unit had the highest rate of extension. Accordingly, the mean values of the length growth of the gullies located in marl and other geological units (i.e., young alluvial deposits and old alluvial clastics) were 2.15 and 0.3 m/year during 1955-2008 and 11.23 and 0.96 m/year during 2008-2016, respectively. The results of surveying of the gullies showed that there is a consistency between the volume of soil loss with depth and length of the gullies.

#### Conclusion

overall, regarding the obtained results, the extension and growth of the morphological characteristics of the gullies in 1955-2008 are more severe than those in 2008-2016 especially in the red gypsiferous marl geologic unit. Accordingly, low levels of extension of the gullies during 1955 until 2008 can be attributed to the initial phase of the gullies, subsistence agriculture especially until 1990 and designed control measures such as gabions and check dams. Furthermore, according to the existing of the calcareous soils of the study area and field evidence, the severe extension of the gullies during 2008 until 2016 can be attributed to piping erosion and consequently appearance of hidden sections of the gullies due to ceiling collapse. However, for a comprehensive understanding and conclusion about this matter, further studies should be conducted.

**Keywords:** Gully area, erosion, Idelo watershed, Morphological change.

1. MSc graduate of watershed Management, Urmia University

2. Assistant Professor, Department of Range and Watershed management, Urmia University

3. Ph.D. Graduate of Watershed Management Science and Engineering, Tarbiat Modarres University

\* Corresponding Author: nazarnejad@urmia.ac.ir