

تحلیل وضعیت فرسایش پذیری زیرحوضه‌های واحد مورفوتکتونیک زاگرس در زمینه‌ی خصوصیات مورفومتری

غلام‌حسن جعفری*: دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان

کژال غفوری: کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۱۱)

چکیده

از آغاز شکل‌گیری زمین، همواره ۲۵۰ه میلیون ساله‌ها با آن همراه بوده‌است و در آینده نیز این پدیده‌ی مخرب، همچنان لندفرم‌های زمین را تغییر خواهد داد. هدف این مقاله، بررسی مورفومتری حوضه‌های آبریز در واحد مورفوتکتونیک زاگرس با استفاده از قاعده‌ی هورتن در زمینه‌ی وضعیت فرسایش است. برای این منظور، ابتدا کل واحد ژئومورفیک زاگرس به یازده حوضه‌ی آبی تقسیم و این حوضه‌ها در ۲۷۱ زیرحوضه استخراج شد. در گام بعدی، رتبه‌بندی آبراهه‌ها به روش هورتن و استرالر صورت گرفت. سپس با استفاده از خصوصیات مورفومتری و روابط تجربی، وضعیت فرسایش‌پذیری زیرحوضه‌ها بررسی شد. ویژگی‌های مورفومتری نیز به سه دسته‌ی پارامتر شکلی، خطی و توپوگرافیک تقسیم شد. برای به دست آوردن طبقات فرسایش، پس از محاسبه‌ی پارامترها از همه‌ی عوامل برای محاسبه‌ی فرسایش میانگین گرفته و طبقه‌بندی آنها انجام شد. نتایج نشان داد هر چه مقدار میانگین کل پارامترهای مورفومتری کمتر باشد، شرایط برای فرسایش‌پذیری منطقه مساعدتر و وضعیت بحرانی‌تر است. طبقه‌بندی نشان می‌دهد که مساحت و طول آبراهه در فرسایش تأثیرگذار بوده‌است. در واحد مورفوتکتونیک زاگرس نیز طول جریان خشکی ارتباط مستقیمی با فرسایش دارد؛ افزایش تعداد آبراهه و طول آن در حوضه آبخیز بیانگر افزایش فرسایش است. واژگان کلیدی: فرسایش، مورفومتری، واحد مورفوتکتونیک زاگرس.

۱- مقدمه

فرسایش، مخاطره‌ای طبیعی است که از آغاز شکل‌گیری زمین همواره با آن همراه بوده، ولی طی قرون اخیر به دلیل افزایش جمعیت، محدودیت منابع، توسعه‌ی صنعت و افزایش دخالت انسان در اکوسیستم‌های طبیعی، روندی صعودی یافته‌است (Ghodsipour, 1395). این پدیده‌ی مخرب پیوسته در حال وقوع است و در آینده نیز همچنان ادامه خواهد داشت. فرسایش به فرآیندی گفته می‌شود که طی آن ذرات خاک از هم جدا و به وسیله‌ی یک عامل انتقال‌دهنده مانند آب، یخ، باد و نیروی سنگین به مکان دیگری حمل می‌شود (Hosseinzade and Esmaili, 1394 & Mousavi, 1396). رودخانه‌ها با فرسایش بستر خود، بار رسوبی را برای تنظیم نیمرخ بستر افزایش می‌دهند و میزان آن، به جنس بستر و عوامل مؤثر در سرعت رودخانه بستگی دارد (Majnonian, 1999). امروزه کمتر منطقه‌ای را در سطح زمین می‌توان یافت که در معرض تخریب فرسایش قرار نگرفته باشد (Makhdom Farkhondeh, 1391). همواره این

انتظار وجود داشته که با به کارگیری روش‌های پیشرفته‌ی کشاورزی، تولید محصولات افزایش یابد، ولی این افزایش متأسفانه با کاهش حاصلخیزی خاک در اثر فرسایش همراه بوده است (Hudson, 1394). امروزه حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش، از ضروری‌ترین اقدامات زیر بنایی هر کشور است (Wollny, 1938). رخساره‌های منفصل زمین‌شناسی، فقدان سیمان بین ذرات و ریزدانه‌های خاک، از عمده عوامل مؤثر در تولید فرسایش و رسوب و جریان‌های واریزه‌ای به شمار می‌آید و در آبراهه‌ها به ایجاد فرسایش کناری، افزایش میزان رسوب و کاهش پایداری خاکدانه و سازندها منجر می‌شود (Martin and Saha, 2007).

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های ژئومتری (هندسی) رودخانه، از اصطلاح مورفومتری یا شکل‌سنجی رودخانه‌ای استفاده می‌شود. در واقع مورفومتری، تحلیل‌های کمی از ویژگی‌های ژئومورفیک لندفرم‌های یک منطقه است (Bayati, 1388). تحلیل مورفومتری، یکی از روش‌های مؤثر برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها است که می‌تواند بیانگر وضعیت شبکه زهکشی حوضه باشد (Mousavi et al, 1396). مطالعه‌ی مورفومتری با ارزیابی کل شبکه زهکشی و بررسی چندین ویژگی رودخانه انجام می‌شود (Maghsoudi et al, 1390). اولین و ساده‌ترین عنصر آبراهه‌ای در یک مطالعه‌ی سیستمی، ویژگی‌های خطی سیستم آبراهه‌ها است. در این‌گونه مطالعات با در نظر گرفتن آبراهه‌ها به‌عنوان خطوط، تجزیه و تحلیل کانال‌ها در یک سطر و ستون انجام می‌شود. یک شبکه‌ی کامل آبراهه‌ای را می‌توان با تقسیمات فرعی، به کانال‌های طولی مجزا تقسیم و با توجه به اهمیت هر یک، رتبه‌ی آنها را به کمک اعداد متوالی تعیین کرد (Moghimani and Mahmoodi, 1383).

با توجه به اهمیت فرسایش، در خارج و داخل ایران تحقیقات فراوانی انجام شده است. Thakkar and Dhiman (۲۰۰۷) با استفاده از آنالیزهای مورفومتری و فنون سنجش از دور و GIS، به اولویت‌بندی حوضه آبخیز Mohr هندوستان از نظر فرسایش‌پذیری پرداختند. Raj and Azeez (۲۰۱۲)، از تجزیه و تحلیل مورفومتری سیستم رودخانه‌ی براتاپوزا در جنوب هند دریافتند که رودخانه‌ی اصلی با رتبه‌ی هفتم توسط چندین جریان پایین‌تر تشکیل شده که یک الگوی جریان دندریتی را ایجاد کرده است. زمین‌شناسی حوضه، شیب و الگوهای بارندگی، ویژگی‌های مورفومتری حوضه را تعیین می‌کند. جنبه‌های خطی حوضه از جمله نسبت طول جریان و نسبت انشعاب نیز کشیدگی حوضه را نشان می‌دهد. Oruonye و همکاران (۲۰۱۶)، به مطالعه‌ی پارامترهای مورفومتری حوضه زهکشی رودخانه لامورده به تأثیرات آب‌وهوایی و آبخیزداری فرآیندهای ژئومورفیک پرداختند و با استفاده از شاخص‌های مورفومتری و پارامترهای شکل حوضه نشان دادند حوضه‌ای که پهنای بیشتر و طولانی‌تری داشته باشد، فرسایش‌پذیری بیشتری دارد. Farhan و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از مورفومتری، تکنیک‌های سنجش از دور و GIS، به اولویت‌بندی حوضه آبریز رودخانه‌ی زرقا در شمال اردن پرداختند. نتایج نشان داد که اولویت‌بندی حوضه‌های آبریز بر مبنای تحلیل مورفومتری، سازگارتر و برای تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی حفاظت در مقایسه با رویکرد PCA، بهتر است. زیرحوضه‌های طبقه‌بندی شده در اولویت‌های بالا، به شدت تحت تأثیر فرسایش قرار می‌گیرند. Choudhari و همکاران (۲۰۱۸) به شناسایی پارامترهای ریخت‌سنجی حوضه آبخیز حوضه رودخانه‌ی مولا، منطقه‌ی پونا در ایالت ماهاراشترای هند و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از مرتبه‌ی اول تا ششم پرداختند. سپس حوضه‌ی با کمترین مقدار پارامتر، به‌عنوان رتبه‌ی اول در نظر گرفته شد و از نظر اتخاذ تدابیر حفاظتی اولویت بالایی داشت. Hembram و همکاران (۲۰۱۹) با

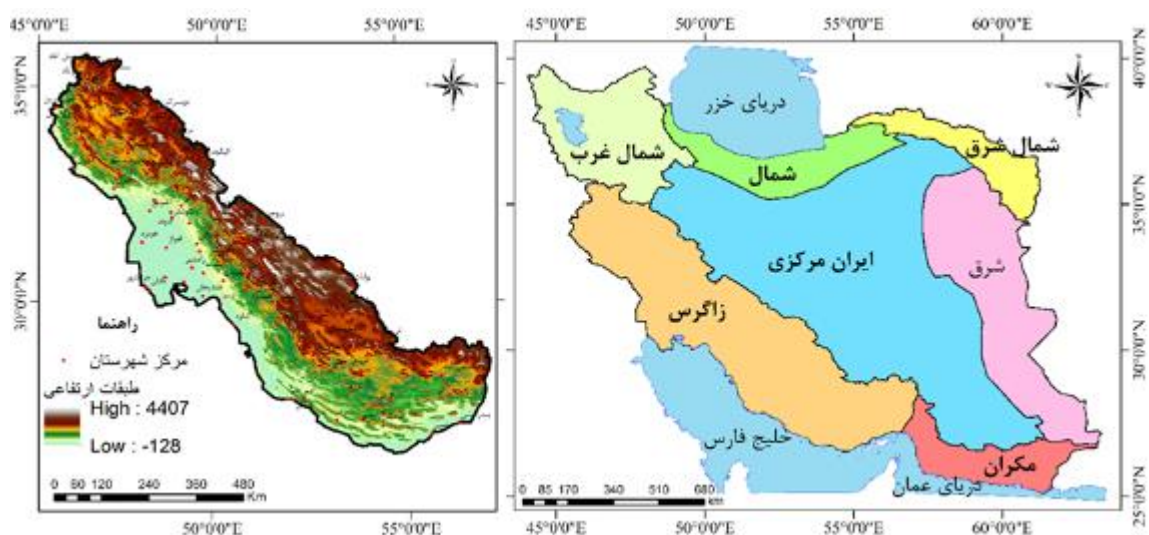
استفاده از ۱۵ پارامتر مورفومتریکی و ۱۳ پارامتر ژئولوژیکی، خطر فرسایش فضایی خاک را به منظور بررسی عملکرد و سازگاری روش پیش‌بینی خطر فرسایش خاک (SSER) مدل‌سازی کردند. منحنی میزان موفقیت و پیش‌بینی نشان می‌دهد که هنگام در نظر گرفتن پارامترهای مورفومتریکی، AUC به ترتیب ۰/۷۷۵ و ۰/۷۲۹ است؛ در حالی که در مورد پارامترهای ژئو محیطی، به ترتیب ۰/۸۹۲ و ۰/۸۷۸ است. این امر، سازگاری بهتر پارامترهای ژئو محیطی را در زمینه‌ی منطقه‌بندی خطر فرسایش فضایی در سناریوی حاضر نشان می‌دهد. Hembram و همکاران (۲۰۲۰) برای بررسی ماهیت فرسایش در مقیاس زیرحوضه، چهارده ویژگی ریخت‌سنجی را که ارتباط زیادی با فرایندهای فرسایش دارد، در نظر گرفتند و حوضه‌های آبخیز را با استفاده از فرایند سلسله مراتبی تحلیلی مبتنی بر استنتاج فازی و فاکتور ترکیب (CF)، در اولویت قرار دادند. نتایج نشان داد که شاخص‌های ریخت‌سنجی در ارزیابی اولویت فرسایش‌پذیری در مقیاس زیرحوضه کارایی خوبی دارد.

Amani and Najafi Nejad (۱۳۹۳) با استفاده از آنالیز مورفومتری، فنون سنجش از دور و GIS، به اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز لندر واقع در شرق استان گلستان پرداختند. در آنالیز مورفومتری، پارامترهایی از قبیل طول آبراهه، نسبت انشعاب، تراکم زهکشی، ضریب شکل حوضه، ضریب گرد شدگی حوضه و ضریب فشردگی بررسی شد. در نهایت، اولویت‌بندی هر یک از زیرحوضه‌ها براساس ویژگی‌های مورفومتری و شاخص رسوب صورت گرفت. نتایج نشان داد که زیرحوضه‌ی A5 وضعیت بحرانی‌تری دارد و نسبت به دیگر زیرحوضه‌ها، نیازمند مدیریت بیشتر است. Dadashzadeh و همکاران (۱۳۹۳)، به بررسی کیاس فرسایشی و تحولات پیش‌بینی‌نشده‌ی چاله اردبیل پرداختند و نتیجه گرفتند که محتمل‌ترین مکان برای وقوع چنین پدیده‌ای در حوالی کوه خان‌بلاغی است. Mokhtari (۱۳۹۴) در بررسی اثر سیستم‌های شکل‌زا بر مورفولوژی حوضه‌های آبریز ایران، وجود روابط آلومتریکی بین دو مؤلفه‌ی طول رود اصلی و مساحت حوضه را در سیستم‌های شکل‌زا تأیید کرد. Mokarami و همکاران (۱۳۹۶) با آنالیز مورفومتری و فنون سیستم اطلاعات جغرافیایی، به بررسی یکی از زیرحوضه‌های آبخیز رودخانه‌ی ارومیه (نازلوچای) پرداختند. مطالعات لندفرم در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داد که به کمک ویژگی‌های مورفومتری، می‌توان میزان حساسیت لندفرم‌ها به فرسایش را در منطقه مشخص کرد؛ افزایش تعداد آبراهه‌ها و طول آنها در حوضه آبخیز، نشان‌دهنده‌ی افزایش فرسایش است. Taghavi moghaddam و همکاران (۱۳۹۷)، مؤلفه‌های کمی ۱۷ حوضه آبریز در شمال شرق کشور را محاسبه کردند. با برآورد دبی سالیانه، رسوب هر ایستگاه با روش‌های چندمتغیره تعیین و به کمک آن، میزان رسوب سالیانه‌ی حوضه‌ها (تن در سال در هر کیلومتر مربع) محاسبه شد. محاسبات حاکی است میزان رسوب سالیانه در حوضه‌های پژوهش، به‌طور کامل متأثر از عوامل مورفومتری نیست و مؤلفه‌هایی مانند شدت و مدت بارش، نوع خاک، کاربری اراضی و پوشش گیاهی نیز باید در برآورد میزان رسوب سالیانه‌ی حوضه‌ها لحاظ شود تا نتایج دقیق‌تری از آن به دست آید. Bahrami و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی همبستگی شاخص‌های مورفومتری شبکه زهکشی در میزان رسوب سالانه پرداختند و نتیجه گرفتند که روش Ciccacci و همکاران (۱۹۸۷)، روش مناسبی برای برآورد میزان رسوب سالانه در حوضه‌های تحقیق نیست و عوامل دیگری مانند میزان بارش سالانه، شدت بارش، وضعیت خاک و کاربری اراضی در میزان رسوب سالیانه این حوضه‌ها تأثیر بیشتری دارد.

با توجه به اهمیت بررسی ویژگی‌های مورفومتری در مطالعات حوضه آبخیز و بررسی میزان فرسایش پذیری حوضه آبخیز در این مطالعه، هدف بررسی ویژگی‌های مورفومتری حوضه آبخیز، ارتباط ویژگی‌های مورفومتری با نوع لندفرم و در نهایت پیش‌بینی میزان فرسایش از طریق لندفرم‌ها است. تعیین زیرحوضه‌های دارای شرایط بحرانی، به منظور کنترل انواع فرسایش‌های موجود در منطقه، همچنین تسریع و کاهش هزینه‌ها در اجرای پروژه‌های آبخیزداری و کنترلی است.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

کوه‌های زاگرس به صورت نواری چین‌خورده، قسمتی از رشته کوه آلپ - هیمالیا است که با وسعتی حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع در جهت شمال غربی - جنوب شرقی از شرق گسل آناتولی تا خط‌واره‌ی عمان در بخش جنوبی ایران گسترده شده است. این بخش، محصول پیچیده‌ای از جدایی ایران از سرزمین گندوانا است (Arian and Hashemi, 2008). این واحد مورفوتکتونیک از ۴۴ تا ۵۸ درجه طول شرقی و ۲۶ تا ۳۷ درجه عرض شمالی امتداد دارد (Alaei Taleghani, 2013). به دلیل عرض جغرافیایی متغیر در این توده‌ی کوهستانی، ناحیه‌های متفاوت دمایی و بارشی در آن دیده می‌شود. اقلیم این ناحیه به شدت متأثر از عامل ارتفاع است و افزایش ارتفاع، کاهش دما و تغییر در وضعیت بارش را در پی دارد (Ghasemifar and Naserpoor, 2014). از نظر هیدرولوژیکی، واحد زاگرس شامل حوضه‌های حله، جراحی و زهره، کل مهران، کرخه، کارون، طشتک بختگان، مرزی غرب، مند و قسمتی از ابرقو - سیرجان و بندرعباس سدیچ و یک زیرحوضه از گاوخونی و هامون جازموریان است (شکل ۱).

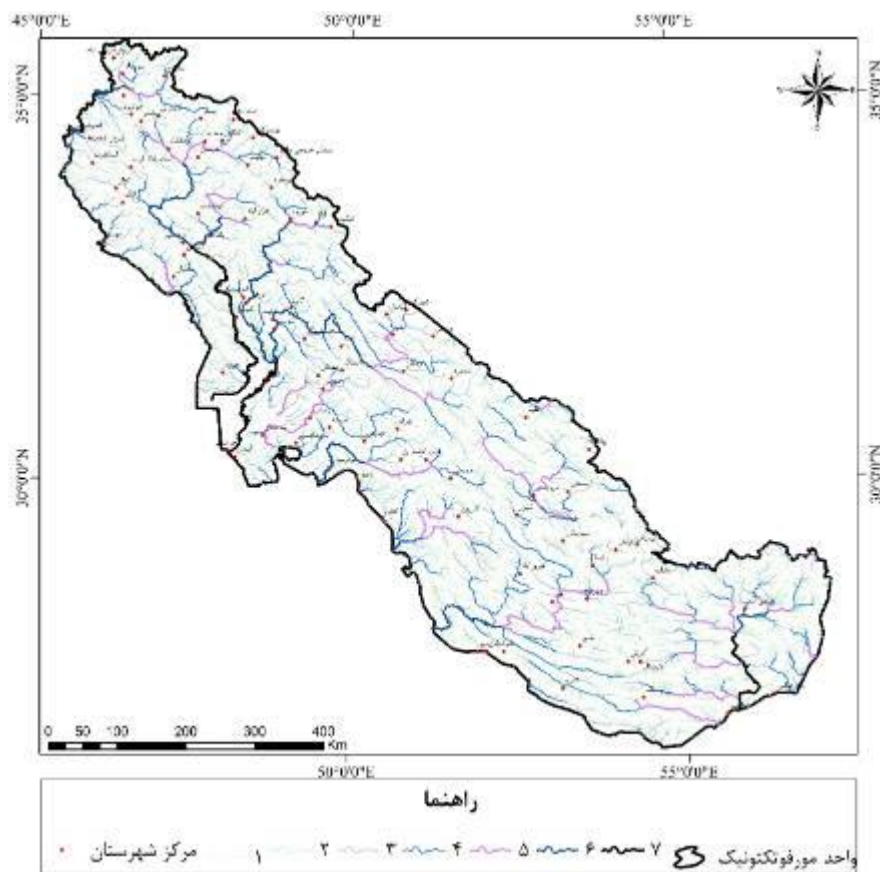


شکل ۱: موقعیت واحد مورفوتکتونیک زاگرس

۳- مواد و روش

برای بررسی بعد فرکتال واحد مورفوتکتونیک زاگرس در غالب زیرحوضه‌ها، ابتدا لایه‌ی رودخانه‌های اصلی و آبراهه‌ها از ۳۰*۳۰ DEM مستخرج از ماهواره‌ی SRTM تهیه شد. در نرم‌افزار Arc GIS 10.3، کل واحد ژئومورفیک ابتدا به یازده حوضه‌ی آبی تقسیم شد: حله، جراحی و زهره، کل مهران، کرخه، کارون، طشتک بختگان، مرزی غرب، مند، ابرقو - سیرجان، بندرعباس سدیچ، گاوخونی و هامون جازموریان. سپس این حوضه‌ها در ۲۷۳ زیرحوضه استخراج

شد؛ البته در هر یک از حوضه‌های آبی گاوخونی و هامون جازموریان نیز یک زیرحوضه در محدوده‌ی زاگرس واقع شده‌است که لایه‌های موردنیاز برای تحلیل، از آنها استخراج شد. با توجه به اینکه بررسی و تجزیه تحلیل ویژگی‌های رودخانه نیازمند رتبه‌بندی آبراهه‌ها است در گام بعدی، رتبه‌بندی آنها به روش هورتن و استرالر انجام شد (شکل ۲). در سیستم هورتن، تمام شعبه‌هایی که از خط‌الرأس‌ها به شاخه‌ی زیرین متصل می‌شوند، به‌عنوان آبراهه‌ی رتبه اول شناخته می‌شود؛ به‌عبارت دیگر، ابتدای هر آبراهه به‌عنوان شاخه‌ی رتبه اول تعیین می‌شود. هرگاه دو شاخه‌ی رتبه اول به یکدیگر متصل شوند، یک شاخه‌ی رتبه دوم تشکیل می‌شود؛ بدین‌صورت، در محل اتصال هر دو شاخه‌ی رتبه اول آبراهه‌ی رتبه دومی ایجاد می‌شود و به سمت پایین تا نقطه‌ای توسعه می‌یابد که در آنجا به آبراهه‌ی رتبه دوم دیگری متصل شود و در نتیجه، شاخه‌ی رتبه سوم و همین‌طور چهارم پدید می‌آید. در صورتی که یک شاخه‌ی رتبه اول به آبراهه‌ی رتبه دوم وارد شود، هیچ تغییری در رتبه‌بندی شاخه‌های رتبه دوم حاصل نمی‌شود؛ پس این احتمال وجود دارد که یک آبراهه‌ی رتبه اول به یک شاخه‌ی رتبه دوم یا سوم وصل شود و هیچ افزایش رتبه‌ای در نقطه‌ی اتصال پدید نیاید. افزایش رتبه در شاخه‌های رود فقط زمانی شکل می‌گیرد که دو شاخه‌ی رود با رتبه‌ای برابر به یکدیگر بپیوندند. در کل سیستم رتبه‌بندی، شاخه‌ی اصلی هر سیستم آبراهه‌ای بالاترین رتبه را دارد (Elmizadeh et al, 2014) (شکل ۲).



شکل ۲: رتبه‌بندی آبراهه‌های واحد مورفوتکتونیک زاگرس

برای به دست آوردن فرسایش از قاعده‌ی هورتن، فاکتورهای جدول ۱ محاسبه شد.

جدول ۱: فاکتورهای فرسایش

مرجع	توضیحات	رابطه	پارامترها	
(1945. Horton)	مساحت سطح حوضه به کیلومتر مربع	-	(A) ^۱	پارامترهای پایه
(1945. Horton)	محیط حوضه به کیلومتر	-	(P) ^۲	
(1945. Horton)	رتبه‌بندی سلسله مراتبی	-	(U) ^۳	
(2014. Alizadeh)	تعداد آبراهه‌های تمامی رتبه‌ها، BR: نسبت انشعاب آبراهه‌های حوضه، k: بالاترین رده آبراهه‌های حوضه، u: رده مورد نظر، Nu: تعداد کل آبراهه‌های رده مورد نظر	$Nu = (BR)^{k-u}$	(Nu) ^۴	
(Ratnam و همکاران، 2005)	طول حوضه به کیلومتر	$L_b = 1.321 \times A^{0.568}$	(Lb) ^۵	
(1945. Horton)	طول جریان به کیلومتر	-	(Lu) ^۶	
(Ratnam و همکاران، 2005)	Lu: طول کل آبراهه‌ها، Nu: تعداد کل آبراهه‌ها، LS: میانگین طول آبراهه	$L_s = L_u / N_u$	(Lsm) ^۷	
(1956. Schumm)	تعداد آبراهه‌های یک رده (Nu) به تعداد آبراهه‌های رده بعدی (Nu+1)، Br: نسبت انشعاب	$B_r = N_u / N_{u+1} + 1$	(Br) ^۸	
(1945. Horton)	میانگین نسبت‌های انشعاب تمامی رده‌ها	-	(Rbm) ^۹	
(1945. Horton)	Lu: مجموع طول کلیه آبراهه‌ها برحسب کیلومتر، A: مساحت حوضه به کیلومتر مربع،	$Dd = \frac{\sum Lu}{A}$	(Dd) ^{۱۰}	
(Naitam و همکاران، 2016)	Nu: تعداد کل رتبه‌های آبراهه، A: مساحت، Fu: فراوانی آبراهه	$F_u = N_u / A$	(Fu) ^{۱۱}	
(Naitam و همکاران، 2016)	Rt: درصد بافت زهکشی، P: محیط	$R_t = N_u / P$	(Rt) ^{۱۲}	
(1945. Horton)	Dd: تراکم زهکشی، Lo: طول جریان خشکی	$L_o = 1/2Dd$	(Lo) ^{۱۳}	

¹ Basin Area (A)

² Basin perimeter (P)

³ Stream order (U)

⁴ Number of Streams (Nu)

⁵ Basin length (Lb)

⁶ Stream Length (Lu)

⁷ Mean stream length (Lsm)

⁸ Bifurcation ratio (Rb)

⁹ Mean bifurcation ratio (Rbm)

¹⁰ Drainage density (Dd)

¹¹ Stream frequency (Fu)

¹² Texture Ratio (T)

¹³ Length of Overland Flow (Lo)

(1945 Horton)	Fu: فراوانی آبراهه (تعداد کل رتبه‌های آبراهه) Dd: تراکم زهکشی، If: عدد نفوذ	$If = F_u \times D_d$	(If) ^۱	پارامترهای شکلی
(2009 Perasad)	مساحت حوضه، Lu: مجموع طول آبراهه‌ها، C: ثابت نگهداشت آبراهه	$C = \frac{A}{\sum Lu}$	(C) ^۲	
(1945 Horton)	Lb: طول آبراهه به کیلومتر، A: مساحت حوضه، Rf: فاکتور فرم	$R_f = A/L_b^2$	(Rf) ^۳	
(Yasmin و همکاران، 2013)	Lb: طول آبراهه به کیلومتر، A: مساحت حوضه، Bs: فاکتور شکل	$B_s = L_b^2/A$	(Bs) ^۴	
(1956 Schumm)	A: مساحت حوضه به کیلومتر مربع، Lb: طول حوضه به کیلومتر، Re: نسبت کشیدگی	$R_e = 1.128 \sqrt{A/L_b}$	(Re) ^۵	
(1945 Horton)	P: محیط حوضه، A: مساحت حوضه، Cc: نسبت فشردگی	$Cc = P/2\sqrt{\pi A}$	(Cc) ^۶	
(Yasmin و همکاران، 2013)	$\pi = 3.14$: مساحت حوضه، P: محیط به کیلومتر، Rc: نسبت گردی	$R_c = 4 \times \pi \times A/p^2$	(Rc) ^۷	
(Moore و همکاران، 1991)	Dd: تراکم زهکشی، Bh: ناهمواری حوضه به متر، Rn: عدد ناهمواری	$R_n = D_d \times (B_h/1000)$	(Rn) ^۸	
(1945 Horton)	h: حداکثر ارتفاع به متر، h1: حداقل ارتفاع به متر، Bh: ناهمواری حوضه	$B_h = h - h_1$	(Bh) ^۹	
(1956 Schumm)	Bh: ناهمواری حوضه، Lb: طول حوضه به کیلومتر، Rh: نسبت ناهمواری	$R_h = B_h/L_b$	(Rh) ^{۱۰}	
(1994 Nautiyal)	ΔH : اختلاف ارتفاع حوضه، A: مساحت حوضه، Sm: شیب	$sm = \frac{\Delta H}{\sqrt{A}} \times 100$	(S) ^{۱۱}	پارامترهای توپوگرافیک

مطالعه‌ی پارامترهای مورفومتری، وضعیت حوضه و میزان مساعد بودن شرایط برای فرسایش پذیری و تعیین شدت فرسایش در منطقه را بیان می‌کند (Mousavi, et.al., 2017). در پژوهش حاضر، ویژگی‌های مورفومتری به سه دسته‌ی پارامتر شکلی، خطی و توپوگرافیک تقسیم شد. پارامترهای شکلی نسبت معکوسی با فرسایش دارد و به بیشترین مقدار، بالاترین رتبه و به پایین‌ترین مقدار، کمترین رتبه تعلق می‌گیرد. این دسته شامل پارامترهای نسبت کشیدگی (Re)، فشردگی (Cc)، گردی (Rc)، فاکتور شکل حوضه (Bs) و فاکتور فرم (Rf) است. همچنین پارامترهای خطی و

¹ Infiltration number (If)

² constant of channel maintenance (C)

³ Form Factor (Rf)

⁴ Shape Factor (Bs)

⁵ Elongation Ratio (Re)

⁶ Compactness Coefficient (Cc)

⁷ Circularity Ratio (Rc)

⁸ Ruggedness number (Rn)

⁹ Basin relief (Bh)

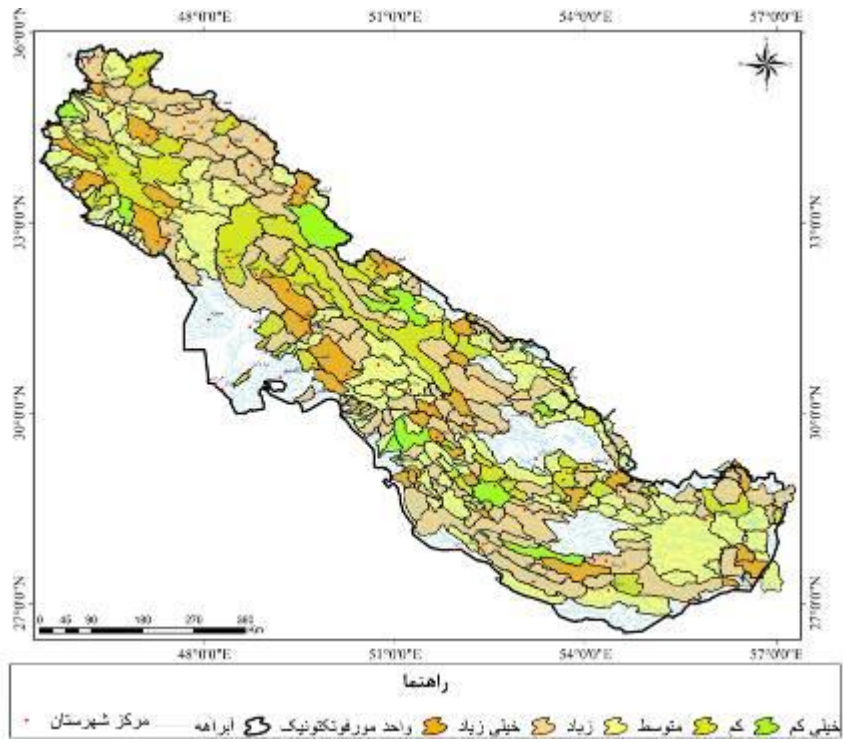
¹⁰ Relief ratio (Rh)

¹¹ Slope (S)

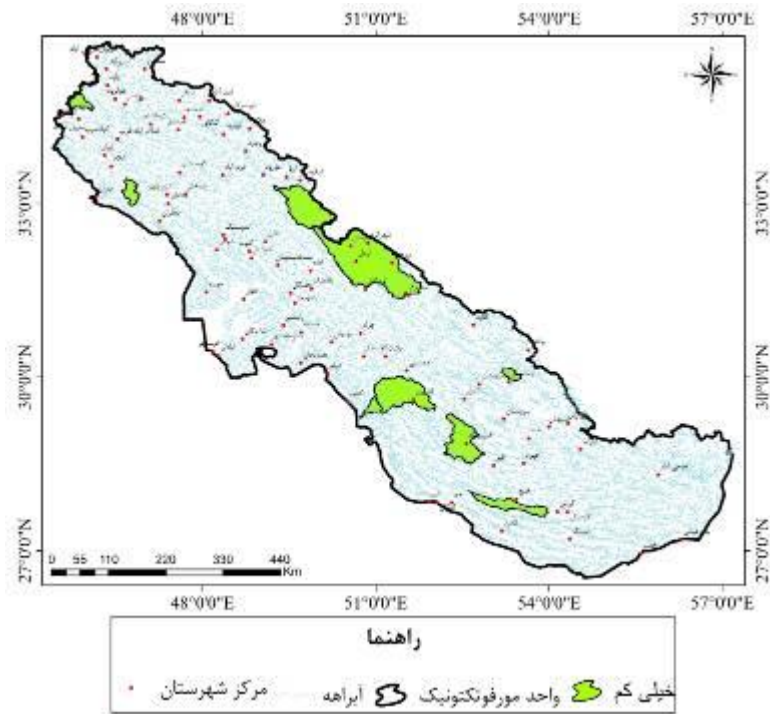
توپوگرافیک، نسبت مستقیمی با فرسایش دارد و به بیشترین مقدار این دسته پارامترها، پایین‌ترین رتبه و به بالاترین رتبه، کمترین مقدار تعلق می‌گیرد. این گروه شامل پارامترهای تراکم زهکشی (Dd)، نسبت انشعاب (Br)، درصد بافت زهکشی (Rt)، طول جریان خشکی (Lo) و فراوانی جریان ثابت نگهداشت آبراهه (C)، عدد نفوذ (If)، عدد ناهمواری (Rn)، ناهمواری حوضه (Bh)، نسبت ناهمواری (Rh) و شیب (Sm) است. در این پژوهش پارامترهای خطی و توپوگرافیک، سیر نزولی و پارامترهای شکلی، سیر صعودی داشته‌است. برای به دست آوردن طبقات فرسایش، پس از محاسبه پارامترهای مورفومتری از همه‌ی عوامل برای محاسبه‌ی فرسایش میانگین گرفته شد، سپس طبقه‌بندی صورت گرفت. با توجه به محاسبات انجام شده، ضرایبی به دست آمد که برای طبقه‌بندی موردنیاز بود. سپس این ضرایب به شرح زیر در پنج گروه، طبقه‌بندی و پاسخ نهایی محاسبات به صورت صعودی مرتب شد. تفاضل بیشترین مقدار از کمترین مقدار نیز به دست آمد و حاصل، بر پنج تقسیم و با کمترین مقدار محاسبات جمع شد. سپس مقدار به دست آمده که کمترین عدد است، کد ۱ گرفت و به همین ترتیب، عدد بعدی با مقدار به دست آمده از (Max - Min/5) جمع شد و به پاسخ به دست آمده و تمامی اعداد کوچک‌تر از آن، کد ۲ اختصاص داده شد. به همین روش تا پنج رده طبقه‌بندی شد؛ کد ۱: خیلی زیاد، کد ۲: زیاد، کد ۳: متوسط، کد ۴: کم و کد ۵: خیلی کم. این داده‌ها در نرم‌افزار Excel محاسبه و به محیط نرم‌افزار Arc GIS وارد شد و نقشه‌های مربوط ترسیم و تجزیه و تحلیل شد. این مراحل برای یکایک زیرحوضه‌ها در سراسر واحد زاگرس اعمال شد.

۴- یافته‌ها (نتایج)

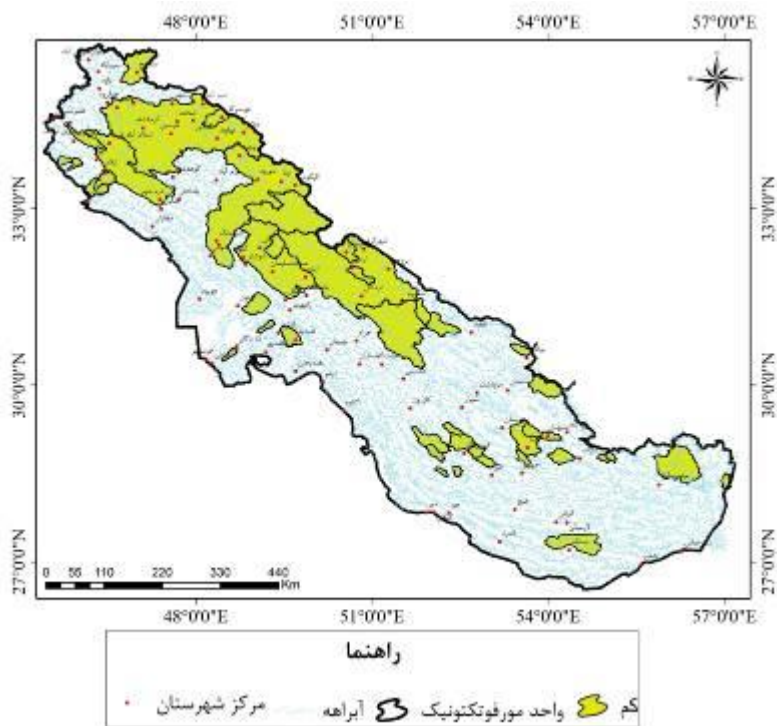
وضعیت فرسایش واحد مورفوتکتونیک زاگرس براساس روابط موجود در جدول ۱، برآورد و در پنج گروه طبقه‌بندی شد. با توجه به شکل ۳ می‌توان گفت که در این واحد فرسایش غالب، زیاد و متوسط است و این نوع فرسایش - که در منطقه‌ی زاگرس اصلی غلبه‌ی بیشتری دارد - در کل واحد پراکنده است و متأثر از عوامل لیتولوژی و تکتونیک و اقلیمی می‌باشد. شکل ۴، فرسایش خیلی کم را نشان می‌دهد؛ این فرسایش در زیرحوضه‌های پایاب واحد زاگرس غلبه دارد. فرسایش کم در بعضی از زیرحوضه‌های سراب و پایاب تمرکز بیشتری دارد (شکل ۵). شکل ۶ که بیانگر فرسایش متوسط است، پراکندگی این نوع فرسایش را در کل حوضه نشان می‌دهد. شکل ۷ نیز پراکندگی فرسایش زیاد را در کل واحد نشان می‌دهد. بسیاری از زیرحوضه‌هایی که فرسایش در آنها متوسط است نسبت به زیرحوضه‌هایی که فرسایش در آنها زیاد است، مساحت بیشتری دارند؛ بدین صورت که با کوچک شدن مساحت زیرحوضه، فرسایش زیاد در آنها غالب شده‌است. فرسایش خیلی زیاد هم در کل واحد پراکنده شده‌است (شکل ۸). در زیرحوضه‌های این وضعیت فرسایشی نیز منطقی حاکم است که در زیرحوضه‌های با فرسایش زیاد وجود داشت و با کوچک شدن زیرحوضه‌ها، فرسایش خیلی زیاد شده‌است.



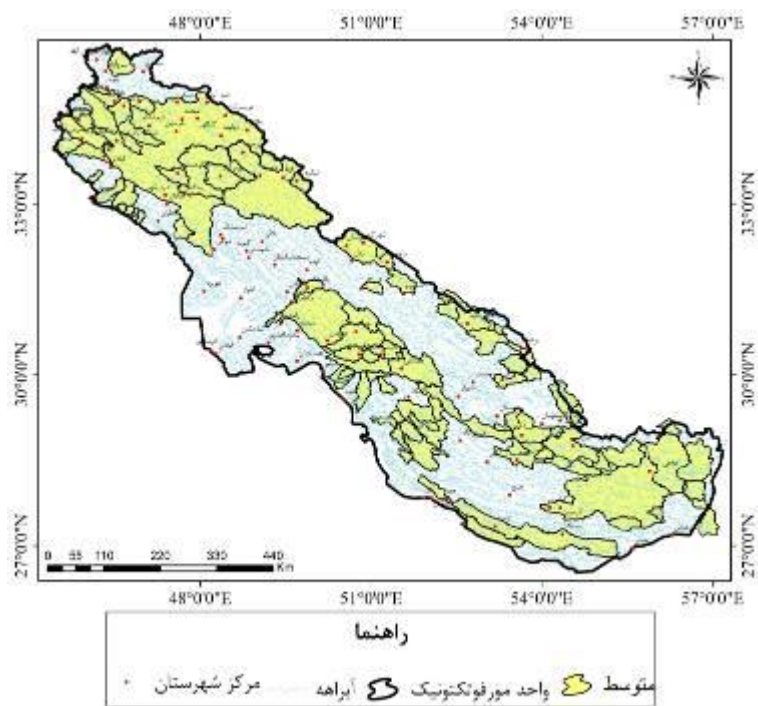
شکل ۳: طبقه‌بندی فرسایش در واحد مورفوتکتونیک زاگرس



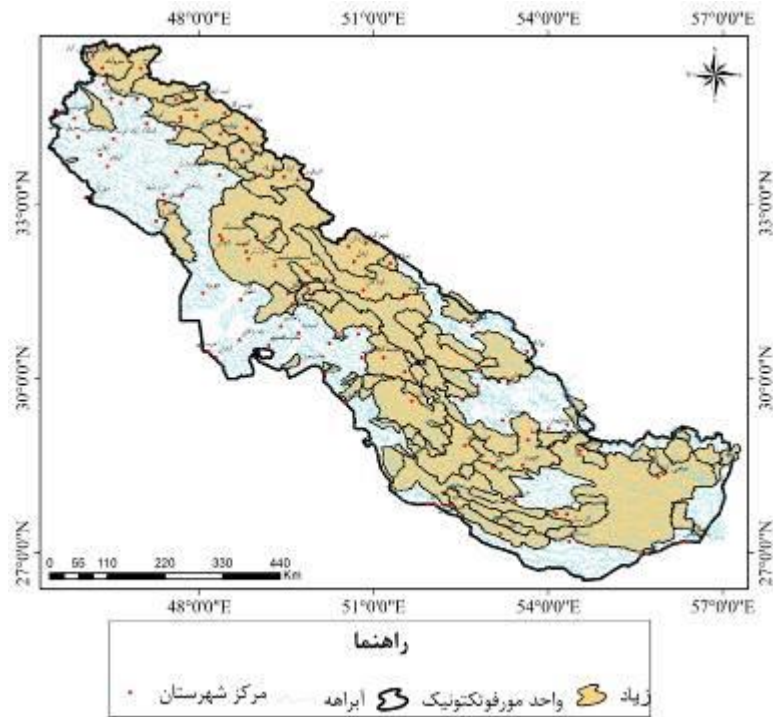
شکل ۴: فرسایش خیلی کم در واحد مورفوتکتونیک زاگرس



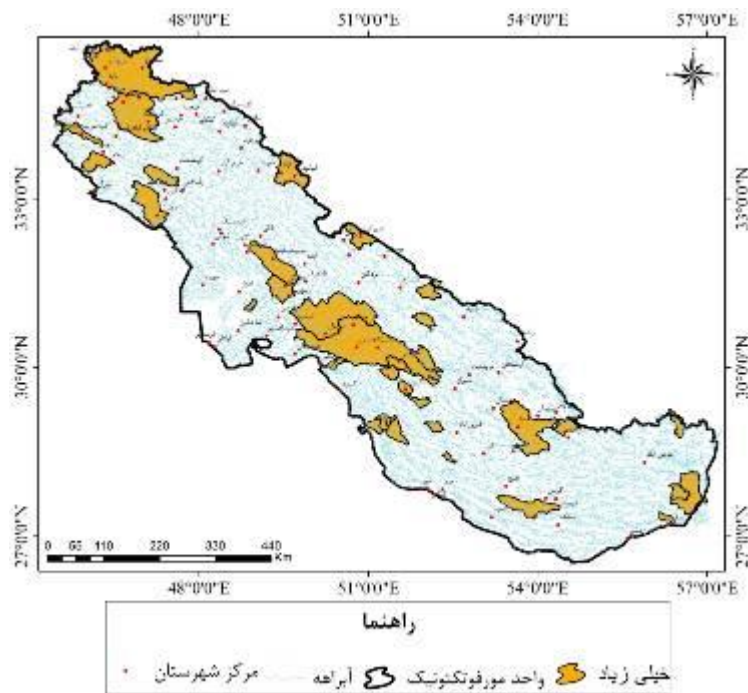
شکل ۵: فرسایش کم در واحد مورفوتکتونیک زاگرس



شکل ۶: فرسایش متوسط در واحد مورفوتکتونیک زاگرس



شکل ۷: فرسایش زیاد در واحد مورفوتکتونیک زاگرس



شکل ۸: فرسایش خیلی زیاد در واحد مورفوتکتونیک زاگرس

۵- بحث و نتیجه گیری

براساس تجزیه و تحلیل مورفومتری و رتبه‌بندی پارامترهای مختلف مورفومتری، وضعیت فرسایش پذیری زیرحوضه‌های واحد مورفوتکتونیک زاگرس، برای حفاظت و مدیریت منابع در پنج رده‌ی خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم طبقه‌بندی شد. نتایج نشان داد هر چه مقدار میانگین کل پارامترهایی مورفومتری مانند نسبت کشیدگی

(Re)، نسبت فشردگی (Cc)، نسبت گردی (Rc)، فاکتور شکل حوضه (Bs) و فرم (Rf)، پارامترهای خطی و توپوگرافیک مثل تراکم زهکشی (Dd)، نسبت انشعاب (Br)، درصد بافت زهکشی (Rt)، طول جریان خشکی (Lo)، فراوانی جریان ثابت نگهداشت آبراهه (C)، عدد نفوذ (If)، عدد ناهمواری (Rn)، ناهمواری حوضه (Bh)، نسبت ناهمواری (Rh) و شیب (Sm) در زیرحوضه‌های زاگرس کمتر باشد، شرایط فرسایش‌پذیری منطقه مساعدتر و وضعیت بحرانی‌تر شده‌است. این مطلب که فرسایش‌پذیری زیرحوضه‌ها با پارامترهای مورفومتریکی زیرحوضه‌ها نسبت مستقیم دارد و با بیشتر شدن مقدار عددی این دسته پارامترها، فرسایش‌پذیری حوضه کمتر می‌شود و بالعکس یا اینکه فرسایش‌پذیری زیرحوضه‌ها با پارامترهای شکلی و خطی رابطه‌ی مستقیم دارد، در زیرحوضه‌های واحد زاگرس صادق نیست. تجزیه و تحلیل داده‌های طبقه‌بندی شده نشان داد که مساحت و طول آبراهه در فرسایش تأثیرگذار است. نفوذپذیری و ناهمواری نیز بر فرسایش این واحد تأثیر داشته‌است. یکی از فاکتورهایی که در واحد مورفوتکتونیک زاگرس بررسی شد، طول جریان خشکی (Lo) است که ارتباط مستقیمی با فرسایش دارد. تجزیه و تحلیل مورفومتریکی شبکه زهکشی حوضه‌ی دندریتیکی را نشان می‌دهد (که بیانگر بافت همگن در الگوی کنترل و فقدان ساختاری است). تغییر در شیب و توپوگرافی ممکن است ناشی از تغییر در نسبت طول جریان باشد. لیتولوژی و تکتونیک و اقلیم منطقه، تأثیر به‌سزایی در فرسایش‌پذیری این واحد داشته‌است. همچنین افزایش تعداد آبراهه و طول آن در زیرحوضه‌های این واحد بیانگر افزایش فرسایش است؛ حوضه‌هایی که رتبه‌ی بسیار بالایی دارند، اکثراً دارای ارتفاع بالا، شیب بالا و توپوگرافی دره عمیق است که ساختار قوی در زهکشی را نشان می‌دهد و به این ترتیب، بیشتر در معرض حرکات دامنه‌ای شدید قرار می‌گیرد. در این مقاله فرسایش‌پذیری تعداد زیادی از زیرحوضه‌ها در وسعت‌های متغیر بررسی شد و در مجموع، می‌توان گفت که هر چند در مطالعات در مقیاس کوچک و ثابت، تحلیل فرسایش‌پذیری زیرحوضه‌ها را با اقلیم و لیتولوژی مرتبط می‌دانند؛ ولی از مطالعه‌ی پارامترهای مورفومتری و خطی در مقیاس مکانی وسیع‌تری همچون زاگرس و در زیرحوضه‌هایی با وسعت متغیر می‌توان چنین نتیجه گرفت که وسعت نیز از جمله عواملی است که در فرسایش‌پذیری زیرحوضه‌ها باید قابل توجه قرار گیرد. در بسیاری از زیرحوضه‌ها با افزایش وسعت، وضعیت فرسایش از زیاد به متوسط تغییر یافته‌است و با کوچک شدن مساحت زیرحوضه، وضعیت فرسایش زیاد غالب شده‌است؛ به عبارتی، تغییر مساحت حوضه آبریز نیز باید به پارامترهایی اضافه شود که Hembram و همکاران (۲۰۲۰)، Mokhtari (۱۳۹۴)، Mokarami و همکاران (۱۳۹۶) و Taghavimoghaddam و همکاران (۱۳۹۷) در فرسایش‌پذیری حوضه‌های آبریز مدنظر قرار داده‌اند. زیرحوضه‌هایی که از نظر فرسایشی در طبقه‌ی خیلی زیاد و زیاد قرار دارند، نسبت به سایر طبقه‌ها برای شروع اقدامات حفاظت از خاک و آب در این واحد مورفوتکتونیک در اولویت هستند.

منابع

1. Alaei Taleghani, M., 2013. Geomorphology of Iran, Qoms Publications, p 404. (In Persian).
2. Alizadeh, A., 2014. Principles of Applied Hydrology, Publish Imam Reza International University, p 941. (In Persian).
3. Amani, M., & A. Najafi Nejad., (2014). Prioritization of sub-basins using morphometric analysis, remote sensing techniques and GIS, Lahandar watershed, Golestan province. *Journal of Watershed Management*. 5(9), 1-15. (In Persian).
4. Arian, M., & S. A. Hashemi., (2008). Zagros tectonic seismic zoning. *Journal of Basic Sciences of Islamic Azad University*. 18(69), 63-76. (In Persian).

5. Bahrami, S.; Taghavi Moghadam, E.; & M. Zanganeh Asadi, 2019. Evaluation of the impact of drainage network morphometry of The rate of sediment suspended yield (Case study: 15 basins in the North East of Iran), *Geographical-space*, 19(66), 139-163. (In Persian).
6. Bayati Khatibi, M., 2009. Detection of neotectonic activities in Qarnaguchay catchment using geomorphic and morphotectonic indices, *Journal of Geographical Space Research*, PP 23-50. (In Persian).
7. Choudhari, P. P.; Nigam, G. K.; Singh, S. K.; & S. Thakur, 2018. Morphometric based prioritization of watershed for groundwater potential of Mula river basin, Maharashtra, India, *Geology, Ecology, and Landscapes*, 2(4), 256-267.
8. Dadashzadeh, Z.; Goli Mokhtari, L.; & H. Ara, 2014. Erosion chias and unforeseen developments of Ardabil hole, *Geography and environmental planning*, 25(55), 231-242. (In Persian).
9. Elmi Zadeh, H.; Mah Peykar, O.; & M. Sadatmand, 2014. Investigation of fractal theory in river geomorphology (Case study: Zarrineh River), *Quantitative geomorphological research*, 3(2), 130-141. (In Persian).
10. Farhan, Y.; Anbar, A.; Al-Shaikh, N.; & R. Moussa, 2017. Prioritization of semi-arid agricultural watershed using morphometric and principal component analysis, remote sensing, and GIS techniques, the Zerqa River watershed, Northern Jordan, *Agricultural Sciences*, 8(01), 113-148.
11. Ghahremani, Sh., & M. R. Servati, (2008). Study of geomorphology and erosion in Alamut river basin. *Land Geography Quarterly*. 5(17), 45-62. (In Persian).
12. Ghasemifar, E., & S. Naserpoor., (2014), Zoning climate Zagros region. *Scientific-Research Quarterli of Geographical data Sepehr*. 23(89), 54-60. (In Persian).
13. Ghodsipour, H., 2016. Analytic Hierarchy Process (AHP), Amir Kabir University of Technology Publications, p 222. (In Persian).
14. Hembram, T. K., & S. Saha., (2020), Prioritization of sub-watersheds for soil erosion based on morphometric attributes using fuzzy AHP and compound factor in Jainti River basin, Jharkhand, Eastern India. *Environment, Development and Sustainability*. 22(2), 1241-1268.
15. Hembram, T. K.; Paul, G. C.; & S. Saha, 2019. Comparative Analysis between Morphometry and Geo-Environmental Factor Based Soil Erosion Risk Assessment Using Weight of Evidence Model: A Study on Jainti River Basin, Eastern India, *Environmental Processes*, 6(4), 883-913.
16. Horton, R. E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydro physical approach to quantitative morphology, *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.
17. Hosseinzade, M. M., & R. Esmaili., (2015). River geomorphology, concepts, shapes and processes. Shahid Beheshti University Press. P 338. (In Persian).
18. Hudson, N., 2015. Soil protection. Translator: Hossein Ghadiri, Shahid Chamran University of Ahvaz Publications, P 488. (In Persian).
19. Maghsoudi, M.; Jafari Aqdam, M.; Bagheri Seyed Shokri, S.; & M. Minaie, 2011. Investigation of active tectonics of Kafr Afar watershed using geomorphic indices and geomorphological evidences, *Geography and development*, 25(9), 111- 136. (In Persian).
20. Majnonian, H., 1999. River protection Biophysical characteristics, habitat values and exploitation criteria, Green Circle Publications, p 128.
21. Makhdom Farkhondeh, M., 2012, The foundation of land management, University of Tehran Press, p 300. (In Persian).
22. Martin, D., & S. K. Saha., (2007). Integrated approach of using RS and GIS to study watershed prioritization and productivity. *Journal of the Indian society of Remote Sensing*. 35(1), 10 pp.

23. Moghimi, E., & F. A. Mahmoodi., (2004). Research method in natural geography (geomorphology). Qoms Publications. P 284. (In Persian).
24. Mokarram, M.; Darvishi, A.; & S. Negahban, 2017. The Relation between Morphometric Characteristics of Watersheds and Erodibility at different altitude levels using Topographic Position Index (TPI) Case Study: Nazloochaei Watershed, *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 26(101), 131-142.
25. Mokhtari, L. G., 2015. Influence of morphogenetic systems on basin shape, *Geography and Environmental planning*, 59(3), 225-238. (In Persian).
26. Moore, I. D.; Grayson, R. B.; & A. R. Ladson, 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications, *Hydrological processes*, 5(1), 3-30.
27. Mousavi, S. M.; Gholamnia, Kh.; Mamashli, M.; & Sh. Rustaei, 2017. Integration of the FSM method and morphometric analysis for ranking sub-basins using RS using RS and GIS techniques, case study :Ozroud basin, *Ecohydrology*, 4 (1), 247-257. (In Persian).
28. Naitam, R. K.; Singh, R. S.; Sharma, R. P.; Verma, T. P.; & S. Arora, 2016. Morphometric analysis of Chana Vada-II watershed in Aravalli hills of southern Rajasthan using geospatial technique, *Principal component analysis of soil properties in assessing erodibility indices in the 277 Northern Brahmaputra plains of Assam*, 15(4), 318-324.
29. Nautiyal, M. D., 1994. Morphometric analysis of a drainage basin using aerial photographs: a case study of Khairkuli Basin, District Dehradun, UP, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 22(4), 251-261.
30. Oruonye, E. D.; Ezekiel, B. B.; Atiku, H. G.; Baba, E.; & N. I. Musa, 2016. Drainage basin morphometric parameters of River Lamurde: Implication for hydrologic and Geomorphicgeomorphic processes, *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 5(2), 1-11.
31. Perasad, G., 2009. Trends and techniques of geomorphology. Translator: Mehran Maghsoudi, Mohammad Taher Khani, Selected Publications, P 272. (In Persian).
32. Raj, P. N., & P. A. Azeez., (2012). Morphometric analysis of a tropical medium river system: a case from Bharathapuzha River southern India. *Open Journal of Modern Hydrology*. 2(04), 91-98.
33. Ratnam, K. N.; Srivastava, Y. K.; Rao, V. V.; Amminedu, E.; & K. S. R. Murthy, 2005. Check dam positioning by prioritization of micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis—remote sensing and GIS perspective, *Journal of the Indian society of remote sensing*, 33(1), 18-30.
34. Schumm, S. A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey, *Geological society of America bulletin*, 67(5), 597-646.
35. Taghavi moghaddam, E.; Bahrami, S.; Zanganeh Asadi, M.; & K. Mokhtari, 2018. Quantitative Analysis of the Basin Components and its Role in the Rate of Annual Sediment Yield (17 Basins in North East Iran) , *Geography and Environmental Planning*, 29(3), 147-172.
36. Thakkar, A. K., & S. D. Dhiman., (2007). Morphometric analysis and prioritization of mini watersheds in Mohr watershed, Gujarat using remote sensing and GIS techniques. *Journal of the Indian society of Remote Sensing*. 35(4), 313-321.
37. Wollny, E., 1938. A pioneer in Soil and Water Conservation research. *Soil sci. Soc. Am. In Proc*, pp. 330-333.
38. Yasmin, B. S.; Polisgowdar, U.; Satish Kumar, M. S.; & K. Ayyangoudar Narayan Rao, 2013. Morphometric analysis of mille watershed of Raichur district using GIS techniques, Department of Soil and water Engineering, College of Agricultural Engineer in University of Agricultural Sciences, Raichur-584 102, India, *Karnataka J. Argic*, 26, pp 92-96.

Erodibility status analysis of sub-basins of Zagros Morphotectonic unit in relation to morphometric characteristics

Gholam Hassan Jafari¹: Associate professor, Geography Department, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan.

Kazhal Qafari: Master of Hydro geomorphology, Geography Department, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan.

Article History (Received: 2020/09/9

Accepted: 2021/03/31)

Extended abstract

1- Introduction

The purpose of this essay is to investigate the morphometry of catchment areas in the Zagros morphotectonic unit using the Horton principle of erosion status. Erosion is a natural phenomenon that has always been associated with the Earth since the formation of it, but over recent centuries it has taken an upward trend because of population growth, resources constraints, industry development and increasing human interference in natural ecosystems (Ghodsipour, 1395: 143). By eroding their bed for adjusting the bed profile, rivers increase their sedimentary load and its amount depends on the type of bed and the factors influencing the river speed (Majnoonian, 1378: 4). Production has always been expected to increase with the use of advanced agricultural methods, but unfortunately, this increase has been accompanied by a decrease in soil fertility due to erosion (Hudson, 1394: 469). The term “river morphometry” can be used to measure the geometric characteristics of a river. In fact, morphometry is a quantitative analysis of the geomorphic characteristics of the landforms of a region (Bayati Khatibi, 1388: 25). Morphometric analysis is one of the effective methods for prioritizing sub-basins, which can indicate the status of the basin drainage network (Mousavi et al., 1396: 250).

2- Methodology

For this purpose, the whole geomorphic unit of Zagros was first divided into eleven water basins. These water basins were then extracted in 271 sub-basins. The next step was to rank the channels using the Horton and Strahler methods. The Horton principle and the other researchers' terms were used to investigate the erosion status of sub-basins. Morphometric characteristics divided into three categories: formal, linear, and topographic parameters. In order to obtain the erosion classes, after calculating the parameters, all the factors for calculating erosion were averaged and classified. According to calculations conducted, the coefficients were obtained that had to be classified and analyzed. The difference between the maximum quantity and the minimum quantity of the coefficients was obtained and the result was divided by five, and then it was summed with the minimum quantity of calculations and the obtained quantity, which was the smallest number, was coded as 1 and similarly, the next number was summed with the quantity obtained from $(Max - Min / 5)$ and the code 2 was assigned to the answer obtained and all the numbers smaller than that. In the same way, up to 5 classes were classified.

3- Results

The result shows an inverse relationship between occurrence of erosion and average quantity of total morphometric parameters. In other words, a lower average quantity of the total morphometric parameters indicates a more prepared condition for erosion; therefore the situation will be more critical and threatening.

The classification shows that many factors have affected erosion, including; the area and length of the channel, permeability and inequality.

In the Zagros morphotectonic unit, the length of the dry stream is also directly related to erosion. Morphometric analysis shows the drainage network of the dendritic basin. A change in slope and topography might be a change in the flow-length ratio. Lithology, tectonics and the climate of that region have had a great impact on the erodibility of this unit. Also, the increase in the number of channels and their length in the drainage basin indicate an increase in erosion. Basins with very high ranking are likely to have high altitude, high slope and

¹ Corresponding Author: jafarihas@znu.ac.ir

deep valley topography, which indicates a strong drainage structure and thus they are more exposed to intense motion of the brae.

4- Discussion & Conclusions

Separate geological facies and lack of cement between particles and soil granules are major factors leading to erosion, sedimentation and debris flows. Moreover, lack of cement between particles and granules in channels can cause lateral erosion, increased amount of sediment and reduced stability of soil aggregate and formations.

The erosion status of the Zagros morphotectonic unit was estimated based on the results and was classified into 5 groups. According to Figure (3), it can be stated that in this unit the erosion status is predominant, high and medium, which has been affected by lithological, tectonic and climatic factors. According to figure (4), very low erosion prevails over the coastal sub-basins of the Zagros unit, while low erosion is more centralized in some springhead and coastal sub-basins. Figure (7) indicates that many sub-basins with moderate erosion have a larger area than sub-basins with high erosion. As the sub-basins area shrinks, high erosion has prevailed. Very high erosion is scattered throughout the unit. In the sub-basins of this erosion status, the same logic prevails as in the sub-basins with high erosion and with the shrinking of the sub-basins, erosion has become too high.

Key Words: Erosion, Morphometry, Zagros Morphotectonic Unit.