

هورتن، خراسان جنوبی.

ارزیابی شاخص‌های ریخت‌سنجی و زمین‌ریخت‌سنجی حوزه آبخیز شارقنج بیرجند

رضا چمنی^۱، حمیدرضا مرادی رکابدار کلانی^۲، سمیه زارع^۱ و محمد طاوسی^۱
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷

چکیده

فرآیندهای زمین‌ساختی فعال در حوزه‌های آبخیز باعث تشکیل پدیده‌های مختلف از قبیل مخروط افکنه‌ها، تراس‌ها و گسل‌ها می‌گردد و مسبب بروز تغییرات مختلف در ریخت‌سنجی حوضه‌ها می‌باشد. پژوهش حاضر با هدف شناخت ویژگی‌های مورفولوژیک حوزه آبخیز شارقنج بیرجند صورت گرفته است. برای انجام این پژوهش از مدل رقومی ارتفاع ۳۰ متر، نقشه زمین‌شناسی (۱:۲۵۰۰۰)، نقشه توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰)، نرم افزار GIS10.8، EXCEL، بازدیدهای میدانی، شاخص‌های رتبه‌بندی هورتن، ضریب شکل حوضه، نسبت شکل، ضریب فشردگی، شاخص تراکم سطحی آبراهه، انشعاب‌پذیری، انتگرال هیپسومتری، نسبت ناهمواری، ضریب ناهمواری، شیب زمین، برجستگی نسبی، درجه میان‌بری مانداری و گرادیان طولی رودخانه استفاده شد. نتایج نشان داد بر اساس رتبه‌بندی هورتن بالاترین رتبه آبراهه حوضه شش می‌باشد. همچنین ضریب شکل، نسبت شکل و ضریب فشردگی حوضه به ترتیب ۰/۲، ۲/۴ و ۲/۰۲ محاسبه گردید. شاخص‌های انتگرال هیپسومتری، نسبت و ضریب ناهمواری، شیب زمین به درجه و برجستگی نسبی نیز به ترتیب ۰/۵، ۰/۶۲، ۶۰۹، ۲۵ و ۴۲۸ به دست آمد. براین اساس حوضه به لحاظ شکل، کشیده و از پستی و بلندی‌های جوان برخوردار است. به لحاظ فعالیت‌های نئو در منطقه، شاخص LAT ۴/۲۵، برآورد گردید و حوضه در گروه چهار این تقسیم‌بندی واقع شده و از شدت فعالیت نئوتکتونیک کمی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: تکتونیک، پیکربندی، شاخص‌های رتبه‌بندی

۱- دانشجویان دکتری، علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس تهران
۲- استاد گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس تهران
hrmoradi@modares.ac.ir

مقدمه

فرآیندهای زمین‌ساختی فعال پدیده‌های مختلفی از جمله مخروط افکنه‌ها، تراس‌ها، گسل‌ها و سایر چشم‌اندازهای طبیعی را در آبخیزهای مختلف تشکیل می‌دهند و تغییر سطح اساس این عارضه‌ها بروز تغییرات مختلف در مورفولوژی آبخیزها را در پی دارند [۲۴]. ریخت‌سنجی آبخیزها از مهم‌ترین ساختارها بیان شده که متأثر از فرآیندهای زمین‌ساختی و عوامل دینامیکی بوده و یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی فعالیت‌های فرآیندهای زمین‌ساختی در حوزه آبخیز می‌باشد [۹]. ریخت‌سنجی در واقع ارزیابی و تحلیل کمی از ویژگی‌های ژئومورفیک لندفرم‌های یک منطقه [۲۳] و بررسی ویژگی‌های فرآیندهای زمین‌ساختی با استفاده از پارامترهای مورفومتریک مانند گرادیان بستر رودخانه، درجه ناهمواری، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن، نسبت انشعاب، درجه و تعداد رتبه‌های شاخه‌های رودخانه، درجه و نسبت تقعر رودخانه، نیمرخ‌های نرمال شده و سایر پارامترهای فیزیوگرافیک آبخیز می‌باشد [۳، ۵ و ۲۲]. اندازه‌گیری شاخص‌های ژئومورفولوژی و کمی نمودن تغییرات شکل سرزمین و سامانه‌های رودخانه‌ای در آبخیز باعث ارزیابی دقیق و تعیین نقش تکتونیک در آبخیز می‌گردد [۱۶، ۲۰ و ۳۴] و با ارزیابی‌های مختلف ریخت‌سنجی آبخیز سیمای گذشته آبخیزها تعیین می‌گردد [۳۱]. برای تعیین شاخص‌های فرآیندهای زمین‌ساختی فعال در آبخیزها از دو روش لرزه‌نگاری و شاخص‌های ریخت‌سنجی استفاده می‌شود. شاخص‌های ریخت‌سنجی به دلیل کم هزینه بودن، دسترسی آسان و محاسبه آسان‌تر، بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرند [۹].

مطالعات در مورد فرآیندهای زمین‌ساختی فعال و استفاده از شاخص‌های ریخت‌سنجی در مناطق فعال زمین‌ساختی، ابزارهای ارزشمندی برای ارزیابی فعالیت فرآیندهای زمین‌ساختی، شناسایی مناطق دارای تغییرات سریع فرآیندهای زمین‌ساختی و تکامل چشم‌انداز مناطق مختلف آبخیزها را ارائه می‌دهد [۱۹ و ۲۷]. از این‌رو، توجه به تغییرات و نتایج حاصل از آن‌ها در بررسی‌های فرآیندهای زمین‌ساختی منطقه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۳۶]. مطالعات متعددی همچون یمانی و همکاران [۳۵] با تشخیص فعالیت‌های نئوتکتونیک در حوضه آبریز قرقنچای با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و مورفوتکتونیک نتایج نشان

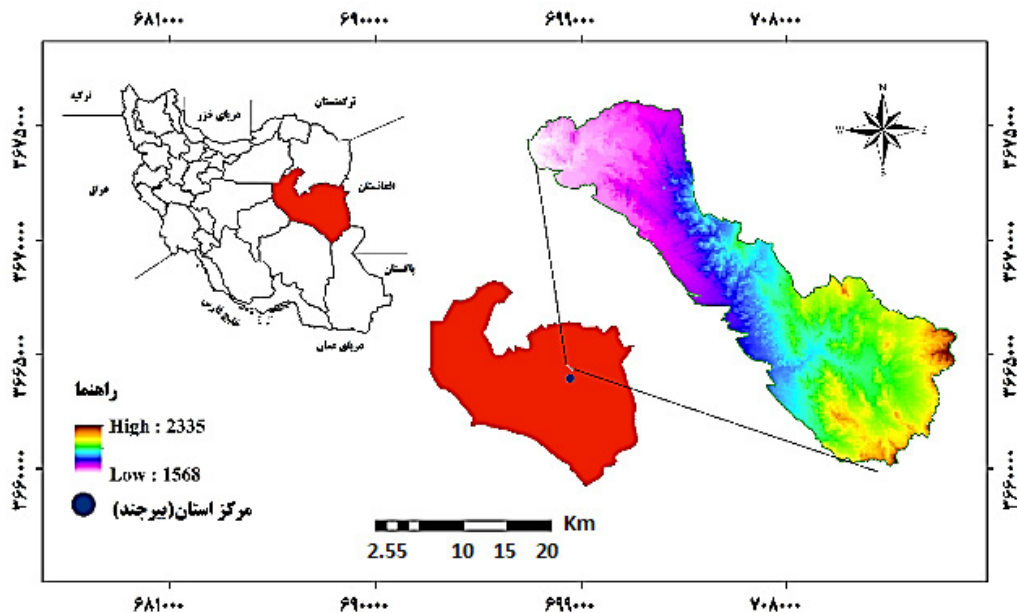
دادند توپوگرافی و اشکال ژئومورفیک با دره‌ها و بالاآمدگی‌ها در بخش‌های جنوبی و میانی آبخیز مرتبط هستند و ناشی از فعالیت فرایندهای زمین‌ساختی در منطقه می‌باشد. یمانی و علمی‌زاده [۳۶] با بررسی نوزمین ساخت ریخت‌شناسی شبکه زهکشی حوزه آبخیز نجی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و موفومتريک شامل S, P, AF, Br, Vf, SL, Hi و S_{mf} نشان دادند که منطقه مورد مطالعه به شدت تحت تأثیر فعالیت‌های نئوتکتونیک می‌باشد ولی میزان اثرگذاری در تمامی زیرحوضه‌ها یکسان نبوده؛ به‌طوری‌که در قسمت‌های شمالی تأثیر این فعالیت‌ها بیش‌تر است. خبازی و شهبازی [۱۸] نیز با بررسی و تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک در منطقه خشک پلايای اردستان با استفاده از شاخص‌های شکل حوضه، نسبت سطح به حجم، تراکم سطحی آبراهه، انشعاب‌پذیری، انتگرال هیسومتری و سینوزیته جبهه کوهستان نشان دادند که بخش‌های شمال‌غرب و جنوب‌غرب منطقه به لحاظ فرایندهای زمین‌ساختی بسیار فعال‌تر از قسمت‌های شرقی و مرکزی این آبخیز است. عابدیان و همکاران [۲] با تحلیل فعالیت‌های فرایندهای زمین‌ساختی در حوضه گنجی دره‌سی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک نشان دادند که این آبخیز به لحاظ سیکل فرسایشی جوان و فعال بوده و تغییرات شاخص Vf برابر $1/5$ و ایجاد گسل‌ها در سنگ‌های مقاوم سبب اختلاف ارتفاع قابل توجهی در نیم‌رخ طولی رودخانه گنجی دره‌سی و تغییرات قابل توجه شاخص SL شده و آبخیز دارای شاخص سینوسی (S_{mf}) برابر $1/3$ و هم‌چنین شاخص Bs بزرگ‌تر از ۴ نشانگر فعالیت فرایندهای زمین‌ساختی بالا در منطقه می‌باشد. یمانی و علیزاده [۳۴] با بررسی فعالیت‌های نوزمین ساخت آبخیز کرج با استفاده از شاخص‌های $S, SL, AF, S_{mf}, T, P, BR$ و Hi در چهار زیر آبخیز دریافتند که فرایندهای زمین‌ساختی در بخش‌های مختلف حوضه فعال بوده و در زیر آبخیزهای غربی منطقه که از نظر پنج شاخص ژئومورفیک دارای فعالیت کم فرایندهای زمین‌ساختی بوده است. در حوضه آبریز دالکی نیز دزفولی و ایلان‌لو [۹] با ارزیابی فعالیت‌های فرایندهای زمین‌ساختی، با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک نشان دادند که شکل حوضه نیمه‌کشیده و نیمه‌مقارن است. هم‌چنین بی‌نظمی‌های زیاد موجود در نیم‌رخ طولی رودخانه ناشی از ساختارهای گسلی متعدد بوده و در نهایت حوضه به لحاظ فرایندهای زمین‌ساختی نیمه‌فعال می‌باشد. حاجی کریمی و همکاران [۱۳] با ارزیابی فرایندهای زمین‌ساختی فعال در حوزه آبخیز گرگان‌رود در دامنه شرقی تالش نشان دادند که این آبخیز تحت تأثیر فعالیت‌های نئوتکتونیک زیادی قرار دارد. شفيعی و همکاران [۲۹] زمین‌ساخت فعال در شمال حوزه آبخیز دشت بیرجند را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند منطقه در درجه فعال فعالیت‌های فرایندهای زمین‌ساختی قرار دارد. در لهستان نیز بوچک و گومیک [۶] برای توصیف فعالیت فرایندهای زمین‌ساختی در حوضه تاترا، از شش شاخص ژئومورفیک شامل شاخص جریان سازنده (SL)، ضریب عدم تقارن (AF)، نسبت شکل حوضه (BS)،

انتگرال هیسومتری (HI)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع (Vf) و ضریب سینوسی شدن، برای ۷۸ حوضه زهکشی استفاده کردند که مقادیر شاخص LAT ، فعالیت فرایندهای زمین‌ساختی بالایی را در امتداد گسل و در قسمت شمالی نشان داد. هم‌چنین توزیع مقادیر HI و Vf با گسترش یخچال‌های طبیعی مرتبط می‌باشند و به‌نظر می‌رسد مقادیر برخی از شاخص‌های ژئومورفیک، مانند Vf و HI ، با تغییر شکل یخچال‌های طبیعی در طول پلیستوسن همراه است. ولکانو و همکاران [۳۲] برای ارزیابی فعالیت نسبی فرایندهای زمین‌ساختی ۱۸۹ آبخیز در قسمت شمالی جزیره اوویا و بررسی سهم فرایندهای نئوتکتونیک در توسعه چشم‌انداز رودخانه‌ای از شاخص‌های مورفومتريک شامل شیب حوضه زهکشی، انتگرال هیسومتری، ضریب عدم تقارن استفاده کردند. در مطالعه‌ای دیگر سجادی و همکاران [۲۵] با استخراج شبکه زهکشی و تجزیه و تحلیل مورفومتريک در آبخیز قروه - دهگلان در ایران با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری چند متغیره و تکنیک‌های مکانی انجام دادند که چهار مجموعه از شبکه‌های زهکشی از تصاویر ماهواره‌ای (لندست ۷ و ۸) طی یک دوره ۱۷ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۷) برای نظارت بر رفتار شبکه جریان استخراج و نوزده شاخص مورفومتريک محاسبه شد. نتایج نشان داد که منطقه مورد مطالعه در درجه اول توسط حوادث متوسط زلزله تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در نهایت متأثر از یک مکانیسم گسل پیچیده می‌باشد. در این پژوهش نیز سعی شده است با توجه به سی‌خیز بودن حوضه و کاربری باغی در حاشیه رودخانه اصلی، شاخص‌های ریخت‌سنجی و زمین‌ریخت‌شناسی حوزه آبخیز شارنچ مورد محاسبه قرار گیرد و حوضه به لحاظ تغییرات فرایندهای زمین‌ساختی مؤثر بر سیل‌خیزی و فرسایش مورد ارزیابی و سنجش قرار گیرد.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز شارنچ (شکل ۱) با مساحتی بالغ بر ۹۴۸۷/۷ هکتار در بخش شمالی شهرستان بیرجند قرار دارد و فاصله تقریبی منطقه تا شهر بیرجند حدود ۲۸ کیلومتر است. حداکثر ارتفاع منطقه ۲۳۳۵ متر، حداقل ارتفاع ۱۵۶۸ متر می‌باشد. شیب متوسط منطقه ۲۳/۸۵ درصد و بارندگی منطقه نیز با توجه به فرمول گرادیان بارندگی $210/2$ میلی‌متر محاسبه شده است. منطقه مورد مطالعه دارای آبراهه‌های فراوانی می‌باشد که هرز آب را از ارتفاعات جنوب، جنوب‌شرقی و شرق منطقه به سمت خروجی منطقه که در بخش شمال‌غربی آن قرار دارد هدایت می‌نماید (شکل ۱). به لحاظ پوشش گیاهی، بخش اعظم منطقه از مراتع تشکیل شده است. هم‌چنین فرسایش از شدت متوسطی در حوضه برخوردار است. حوزه آبخیز شارنچ به دلیل برخورداری از شیب زیاد، بارش شدید بهاره و قرارگیری روستاها و اراضی زراعی در حریم رودخانه از سیل‌خیزی زیادی برخوردار است. کاربری اراضی، شدت فرسایش‌پذیری و تشکیلات زمین‌شناسی حوضه در شکل ۲ نشان داده شده است [۷].



شکل ۱: موقعیت و تغییرات ارتفاعی حوزه آبخیز شارقنج

زمین‌شناسی منطقه

شکل ۲ و جدول ۱ وضعیت تشکیلات زمین‌شناسی حوزه نشان داده شده است. محدوده مطالعاتی به لحاظ زمین‌شناسی ایران، بخشی از شرق ایران و بلوک لوت است. سیمای کنونی و گسترش واحدهای زمین‌شناسی همگی در نتیجه برخورد بلوک لوت، هلمند^۱ در سنومانین- پالئوسن^۲ است. به بیش‌ترین گسترش رخنمون‌های سنگی حوزه متعلق به واحد آتشفشانی OMa به سن الیگومیوسن بالایی می‌باشد و وسعت آن در محدوده مورد مطالعه حدود ۳۶۴/۴ هکتار می‌باشد. رسوبات آبرفتی دوران چهارم از گسترش چندانی برخوردار نبوده و عمدتاً به صورت پادگانه‌های آبرفتی قدیم (Qt1) در منطقه شمال شرقی حوزه و پادگانه‌های آبرفتی جوان و نهشته‌های رودخانه‌ای در قسمت میانی و جنوبی حوزه دیده می‌شوند. به لحاظ زمین‌شناسی ساختمانی و وضعیت **فرآیندهای زمین‌ساختی**، منطقه مورد مطالعه در یک زون گسله از گسل‌های راستا لغز و نرمال قرار دارد. گسل‌ها دارای دو روند غالب شمال غرب - جنوب شرق و شمال شرق - جنوب غرب هستند. به نظر می‌رسد گسل‌های شمال غربی - جنوب شرقی با عمق زیاد خود منجر به ولکانیسم آکالن شده‌اند. این گسل‌ها در اثر عملکرد کلی رژیم **فرآیندهای زمین‌ساختی** حاکم بر منطقه اثر گذاشته‌اند. منطقه مطالعاتی و پیرامون آن در زمان الیگومیوسن مورد هجوم فعالیت‌های آتشفشانی قرار گرفته است. از نظر نفوذپذیری نسبی، واحدهای لیتولوژیکی حوزه اکثراً دارای نفوذپذیری متوسطی هستند و تحت تأثیر **فرآیندهای زمین‌ساختی** منطقه تراوایی در آن‌ها دیده می‌شود [۱۱]. در شکل ۳ نمایی از **فرآیندهای زمین‌ساختی** حوزه به عنوان

نمونه نشان داده شده است.

شاخص‌ها و داده‌های مورد استفاده

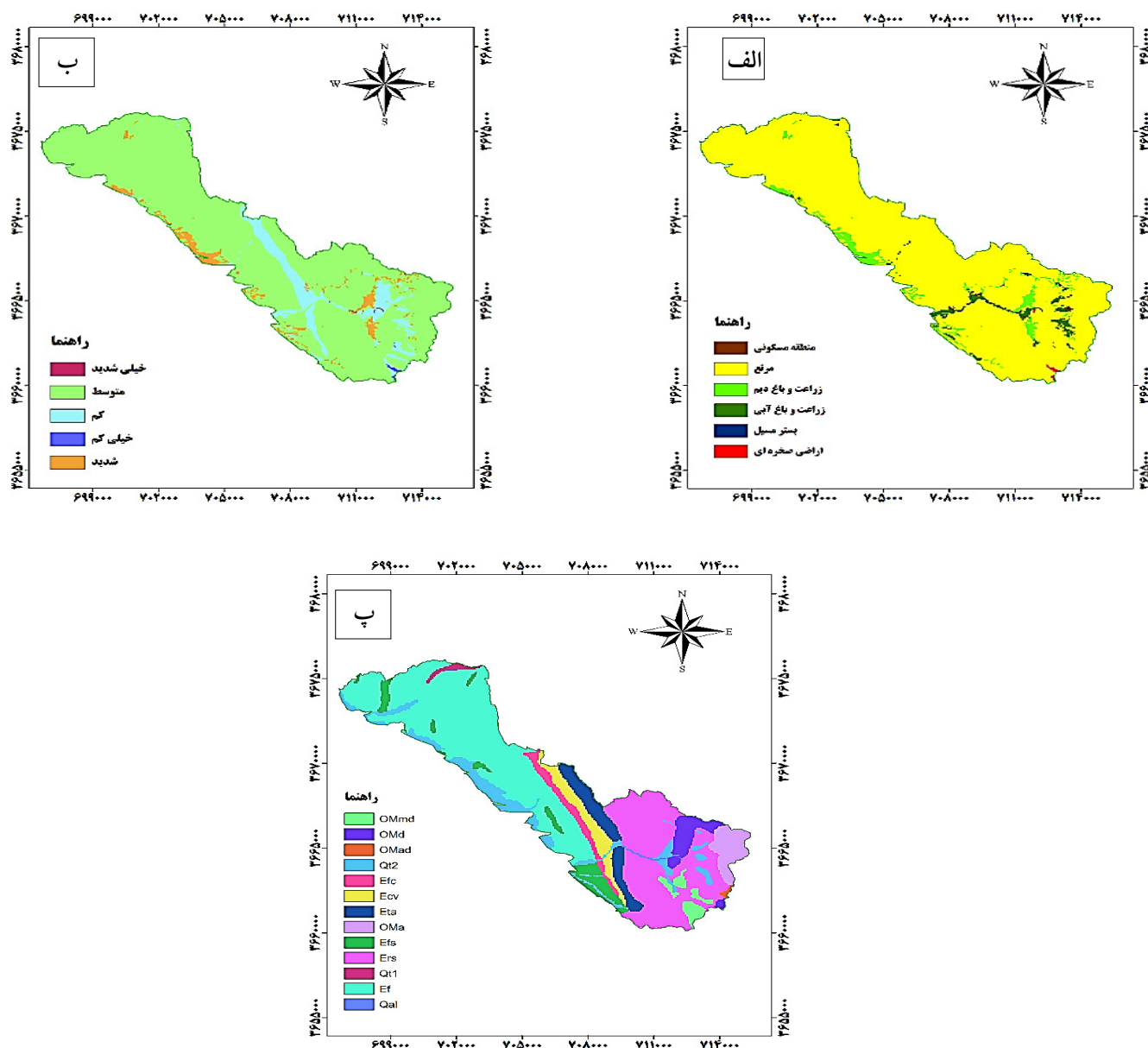
در این پژوهش به منظور تعیین شرایط **فرآیندهای زمین‌ساختی** و شاخص‌های ریخت‌سنجی منطقه، از شاخص‌های آبراهه، طول آبراهه‌ها، نسبت تعداد آبراهه‌ها، نسبت طول آبراهه‌ها، شاخص هیپسومتری، انتگرال هیپسومتری، تراکم آبراهه‌ها، شاخص انشعاب‌پذیری، شاخص شکل حوضه، درجه مئاندری شدن، فراوانی شاخه‌رود، شاخص گرادیان طولی، نسبت ناهمواری، ضریب ناهمواری یا هندسی، ضریب فشردگی و نسبت کشیدگی استفاده شده است [۲، ۱۸ و ۳۶]. برای محاسبه شاخص‌های زمین‌ریخت‌سنجی و ریخت‌سنجی، نقشه‌هایی با مقیاس‌های متفاوت مورد نیاز است. برای محاسبه برخی از شاخص‌ها می‌توان از نقشه‌هایی با مقیاس کوچک‌تر استفاده کرد اما برای برخی از پارامترها هم نیاز به نقشه‌هایی با دقت بیش‌تر می‌باشد. در این پژوهش از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ و مدل ارتفاع رقومی ۳۰ متر استفاده شده است. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه از جمله GIS، شاخص‌های مورد نظر استخراج و مقایسه گردید. پارامترهای مورد استفاده و روش‌های محاسبه آن‌ها به شرح زیر می‌باشد:

ضریب شکل حوضه

این شاخص شکل حوضه را نشان می‌دهد و هرچه نسبت آن بیش‌تر باشد نشان‌دهنده دبی بالای اوج سیلاب است. مقدار این شاخص در حوضه‌های گرد یا مربعی شکل برابر ۱ و در حوضه‌های کشیده کوچک‌تر از ۱ به دست می‌آید [۳۵]. این شاخص از رابطه ۱ محاسبه می‌گردد:

$$FF = A/L^2 \quad (1)$$

1- Helmand
2- Cenomanian-Paleocene



شکل ۲: کاربری اراضی (الف)، شدت فرسایش (ب) و فرایندهای زمین ساختی (پ) حوزه آبخیز شارقنچ (مطالعات حوزه آبخیز)



شکل ۳: نمایی از پادگانه‌های آبرفتی قدیم (الف)، پادگانه‌های آبرفتی جوان (ب) و سنگهای پلوتونیک نفوذی OM^{md} (ج)

جدول ۱: واحدهای زمین‌شناسی حوزه آبخیز شارقنج

دوران	دوره	واحد زمین‌شناسی	لیتولوژی	مساحت (هکتار)	در صد گسترش
کواترنر		Qal	نهشته‌های رودخانه‌ای و بستر مسیل	۱/۲۴	۰/۲۵
		Qt2	پادگانه‌های آبرفتی جدید	۵/۷۸	۸/۲۴
		Qt1	پادگانه‌های آبرفتی قدیمی	۳/۶۳	۰/۶۷
الیگومیوسن		OM ^{md}	سنگ‌های پلوتونیک نفوذی (داسیت)	۹/۲۰	۲/۲۱
		OM ^a	آندزیت	۴/۳۶	۳/۸۴
		OM ^{ad}	آندزیت - داسیت	۳/۱۷	۰/۱۸
		OM ^d	داسیت	۳/۳۲۱	۳/۳۹
سنوزوئیک		E ^{fc}	میکروکنگلومرا- ماسه سنگ	۲/۲۶۵	۲/۸۰
		E ^{fs}	ماسه سنگ آهکی کرم تا قهوه‌ای روشن	۰/۴۳۲	۴/۵۶
		E ^f	تناوبی از شیل و ماسه سنگ	۳/۳۷	۳۹/۲۸
		E ^{rs}	ماسه سنگ - کنگلومرا- آرژیلیت	۷/۲۳	۲۴/۷۳
		E ^{ta}	ماسه سنگ - شیل - مارن - توف	۴/۵۲	۵/۴۸
		E ^{cv}	آگلومرا	۴/۴۱	۴/۳۶

نسبت شکل حوزه

شکل حوزه به‌طور معمول در مناطق با فرایندهای زمین‌ساختی فعال به صورت کشیده می‌باشد ولی با توقف بالا آمادگی و عدم حرکات فرایندهای زمین‌ساختی، شکل حوزه به دایره تمایل پیدا می‌کند. در حوزه‌هایی که نسبت شکل حوزه بیش‌تر از ۴ باشد فرایندهای زمین‌ساختی فعال است، اگر شاخص بین ۳-۴ باشد منطقه در کلاس ۲ و چنانچه این نسبت کمتر از ۳ باشد حوزه دایره‌ای شکل است [۱۵، ۲۶ و ۳۵]. نسبت شکل حوزه از رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

$$BS = Bi/BW \quad (2)$$

که در آن: BS نسبت شکل حوزه، Bi طول حوزه، فاصله بین بالاترین نقطه تا نقطه خروجی و Bw عرض پهن‌ترین قسمت حوزه می‌باشد.

ضریب فشردگی حوزه

ضریب فشردگی به نسبتی از محیط حوزه به محیط دایره‌ای فرضی که مساحت آن برابر مساحت حوزه باشد، گفته می‌شود. حال چنانچه حوزه دایره‌ای کامل باشد این ضریب برابر یک و برای حوزه‌های کشیده حدود ۱/۵ تا ۱/۲ است [۱۰] این شاخص از محاسبه مساحت و محیط حوزه از طریق رابطه ۳ به‌دست می‌آید.

$$y = 0.28 \left(\frac{P}{A^{0.5}} \right) \quad (3)$$

شاخص تراکم سطحی آبراه‌ها

این شاخص از نسبت طول آبراه‌ها به مساحت حوزه به‌دست می‌آید و شاخصی مناسب جهت ارزیابی و شناسایی شاخص‌های ریخت‌سنجی می‌باشد. هرچه ضریب تراکم سطحی آبراهه بیش‌تر باشد، بیان‌گر تکنیک فعال و حساسیت زیاد سازندها و تشکیلات زمین‌شناسی موجود در حوزه است، [۳۶]. این شاخص از رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{\sum Li}{A} \quad (4)$$

در رابطه ۴: P شاخص تراکم سطحی، $\sum Li$ طول آبراهه‌های حوزه و A مساحت حوزه می‌باشد.

شاخص انشعاب‌پذیری

این شاخص به‌طور معمول در مناطقی با فرایندهای زمین‌ساختی فعال عدد بزرگ‌تری را به خود اختصاص خواهد داد. این شاخص از نسبت بین یک آبراهه به آبراهه مرتبه بعدی خود به‌دست خواهد آمد. این مرتبه بین رتبه‌های مختلف متغیر می‌باشد ولی به‌طور کلی از روند ثابتی پیروی می‌کند. نسبت انشعاب پایین از خصوصیات حوزه‌هایی است که آشفستگی‌های ساختاری کمتری دارند و الگوی زهکشی در آنها طبیعی است. این شاخص از رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

$$Br = \left(\frac{N1}{N2} + \dots + \frac{N_{n-1}}{N_n} \right) * (1/(N-1)) \quad (5)$$

که در آن: N1 تعداد آبراهه رتبه ۱، N2 تعداد آبراهه رتبه ۲ و Nn تعداد آبراهه رتبه n می‌باشد [۱].

شاخص انتگرال هیسومتری

مقدار این شاخص بین ۰ تا ۰/۵ متغیر بوده و مقادیر بزرگ این شاخص نشان‌دهنده بیش‌تر بودن توپوگرافی حوزه نسبت به ارتفاع میانگین حوزه می‌باشد. برای محاسبه این شاخص از رابطه ۶ استفاده شده است.

$$Hi = \frac{Hmax - Hmean}{Hmax - Hmin} \quad (6)$$

که در آن: Hmax، Hmean و Hmin به ترتیب ارتفاع متوسط، ارتفاع حداکثر و ارتفاع حداقل حوزه می‌باشد، [۳۲].

جدول ۲: تعداد آبراهه‌ها و دیگر شاخص‌های مرتبط حوضه شارفنج به روش هورتن

رتبه آبراهه	تعداد آبراهه	طول آبراهه (km)	مساحت آبراهه (km)	محیط آبراهه	نسبت آبراهه‌ها	نسبت طول‌ها	نسبت مساحت‌ها	نسبت محیط‌ها
۱	۶۳۴۶	۱۲۱۶	۶۳/۹۹	۸۰۷/۰۴	۳/۲	۳/۱	۳/۸	۱/۳
۲	۱۹۸۰	۳۸۳/۲	۱۶/۶۲	۵۹۹/۸۲	۲/۵	۲/۵	۲/۲	۲/۶
۳	۷۸۰	۱۵۳/۱	۷/۵۲	۲۲۳/۷۵	۱/۸	۱/۸	۱/۸	۱/۸
۴	۴۲۲	۸۲/۶	۴/۰۵	۱۲۴/۲۸	۲/۳	۲/۴	۲/۳	۲/۴
۵	۱۷۸	۳۴/۲۵	۱/۷	۵۱/۴۴	۱/۲	۱/۲	۳/۹	۲
۶	۸۲	۱۶/۰۴	۰/۴۳	۲۴/۹۸	-	-	-	-

شاخص نسبت ناهمواری

برای محاسبه این شاخص از رابطه ۷ استفاده شده است. در این رابطه از ارتفاع بیشینه حوضه و محیط حوضه استفاده شده است.

$$y = (100 - Hmax)/(5.25 * P) \quad (7)$$

ضریب ناهمواری

برای محاسبه این شاخص از رابطه ۸ استفاده شده است. در این رابطه P شاخص تراکم سطحی آبراهه و D درجه زمین می‌باشد.

$$y = 767P/D \quad (8)$$

شیب زمین به درجه

برای محاسبه این شاخص از رابطه ۹ استفاده شده است. در این رابطه P شاخص تراکم سطحی آبراهه و M نسبت ناهمواری می‌باشد.

$$D = 2.M.P \quad (9)$$

برجستگی نسبی (Bh)

این عامل نقش مهمی در توسعه شبکه آبراهه و زهکشی آب‌های سطحی و زیرزمینی و توسعه اشکال فرسایش و سطحی دارد و میزان بالای این شاخص نشان‌دهنده شدت جریان، نفوذ کم و رواناب سطحی زیاد است. این عامل از اختلاف بین حداکثر و حداقل ارتفاع حوزه به دست می‌آید [۱]. که در رابطه ۱۰ نشان داده شده است:

$$Bh = Hmax - Hmin \quad (10)$$

درجه میانبری مئاندری^۱

این شاخص بین ۱- ۰/۵ قرار دارد و هرچه به سمت ۱ میل کند نشان‌دهنده تمایل مئاندر به بسته شدن و ایجاد جریان با خط مستقیم دارد. این شاخص از رابطه ۱۱ محاسبه می‌شود.

$$e = \frac{S}{(S+L)} \quad (11)$$

که در آن: S و L به ترتیب طول مستقیم رودخانه و طول رودخانه می‌باشد.

شاخص گرادیان طول رودخانه (SL^۲)

این شاخص تحت تأثیر قدرت دینامیکی رودخانه قرار دارد و به تغییرات شیب رودخانه حساس می‌باشد. این شاخص در مناطقی با بستر سنگی در رودخانه و همچنین در مناطق فعال فرایندهای زمین‌ساختی میزان این شاخص افزایش می‌یابد. بر طبق

تقسیمات همدونی، حوضه‌ها به سه رده تقسیم‌بندی می‌شوند. در رده اول شاخص بیش‌تر از ۵۰۰، در رده دوم شاخص بین ۳۰۰-۵۰۰ و در رده سوم شاخص کم‌تر از ۳۰۰ می‌باشد [۳۰]. این شاخص از رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود:

$$SL = \left(\frac{\Delta H}{\Delta Lr} \right) * LSC \quad (12)$$

که در آن: SL شاخص شیب طولی رودخانه، ΔH اختلاف ارتفاع، ΔLr فاصله افقی بین دو نقطه و LSC طول رودخانه از نقطه مرکزی قسمت اندازه‌گیری شده تا مرتفع‌ترین نقطه رودخانه می‌باشد.

شاخص LAT^۳

این شاخص به وسیله میانگین شاخص‌های ریخت‌شناسی حوضه به دست می‌آید (S/n) و به ۴ کلاس تقسیم‌بندی می‌گردد، [۳۵].

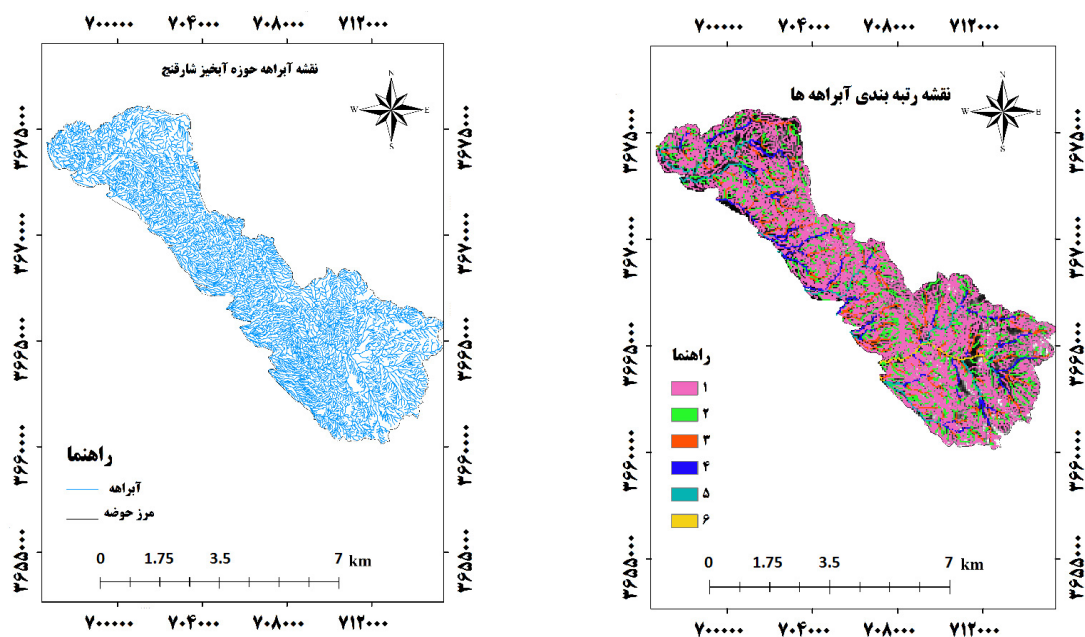
بحث و یافته‌ها

برای تعیین تعداد آبراهه‌های حوضه از روش هورتن استفاده شده است [۱۴]. سپس طول، مساحت و محیط هر رتبه، محیط حوضه، طول بزرگ‌ترین آبراهه نیز تعیین گردید. نتایج حاصله در جدول ۲ و شکل ۴ ارائه شده است. زمین‌ریخت‌سنجی کمی ویژگی‌های چشم‌انداز خاص را تجزیه و تحلیل و روابط پارامترهای ژئومورفولوژیکی را نشان می‌دهد. شاخص‌های ریخت‌سنجی یا زمین‌ریخت‌سنجی یک گردشی کمی برای تفسیر تکامل چشم‌انداز در شرایط آب و هوایی و ارزیابی مداخله تکتونیکی در تکامل مناظر طبیعی است.

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است حوضه به ۶ رتبه آبراهه تقسیم‌بندی و سایر پارامترهای مورد نظر محاسبه گردید. شکل حوضه از مهم‌ترین شاخص‌هایی می‌باشد که پارامترهای هیدرولوژی حوضه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همچنین نشان‌دهنده وضعیت فرایندهای زمین‌ساختی در منطقه است. برای این منظور ضریب شکل حوضه (FF)، نسبت شکل حوضه (BS) و ضریب فشردگی یا گراولوس حوضه محاسبه گردید. با توجه به روابط ۱، ۲ و ۳ این شاخص‌ها به ترتیب ۰/۲، ۲/۴ و ۲/۰۲ به دست آمدند. بر اساس شاخص‌های ضریب شکل و ضریب فشردگی، حوضه شکل کشیده داشته است که به درستی بیان‌گر وضعیت حوضه می‌باشد. اما در تقسیم‌بندی نسبت شکل، حوضه در رده دایره‌ای شکل قرار

1- Sealing Degree

2- Stream Length Gradient Index



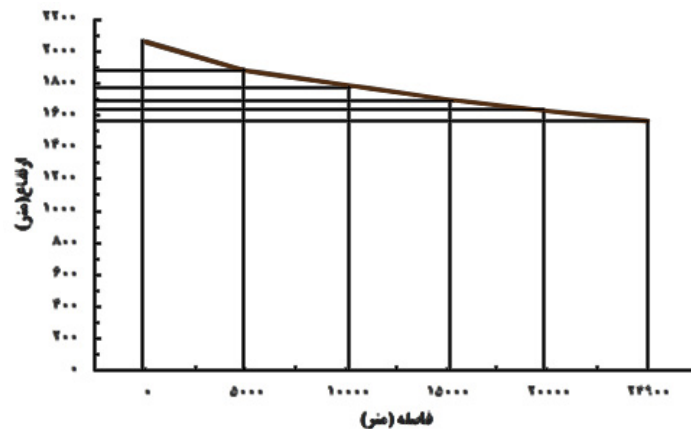
شکل ۴: آبراهه و رتبه‌بندی آبراهه‌های حوزه آبخیز شارقنج



شکل ۵: نمایی از تغییرات آبراهه اصلی حوزه آبخیز شارقنج

توپوگرافی از دیگر عواملی است که نشان‌دهنده تغییرات فرایندهای زمین‌ساختی و فعال یا غیر فعال بودن فرسایش می‌باشد. برای بررسی وضعیت توپوگرافی و جوان یا پیر بودن توپوگرافی حوضه از شاخص‌های انتگرال هیپسومتری، نسبت و ضریب ناهمواری، شیب زمین به درجه و برجستگی نسبی استفاده شد. این شاخص‌ها به ترتیب ۰/۵، ۰/۶۲، ۶۰۹، ۲۵ و ۴۲۸ به‌دست آمده است. هر چه مقدار عددی این شاخص‌ها بزرگ‌تر باشد حاکی از جوان بودن توپوگرافی منطقه و وجود پستی و بلندی‌های زیاد است [۱۷]. لذا حوضه به لحاظ تغییرات توپوگرافی جوان و دارای بریدگی‌ها و پرتگاه‌های متعدد است. تغییرات توپوگرافی، شیب، مقاومت سنگ‌ها و امثال آن رودخانه و شکل رودخانه را مورد دست‌خوش قرار می‌دهند [۲۰] که شاخص گردان طول رودخانه، میزان تأثیرگذاری این عوامل را بر پروفیل رودخانه نشان می‌دهد [۳۷]. هرچه میزان سنگی‌شدگی بستر بیش‌تر باشد، مقدار عددی این شاخص افزایش می‌یابد. در جدول ۴ و شکل ۶ میزان تغییرات این شاخص در بازه‌های متفاوت رودخانه ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده

گرفته که این حالت می‌تواند ناشی از پهن‌شدگی قسمت سراب حوضه باشد. آبراهه‌ها مسیرهای جریان هستند که حرکت آب را بر روی سطح ناهموار زمین میسر می‌سازند و تحت تأثیر خواص زمین‌ریخت‌شناسی و توپوگرافی منطقه قرار دارند. نسبت انشعاب برای حوضه‌های آبخیز با ساختارهای زمین‌شناسی مختلف، متغیر است. پایین بودن نسبت انشعاب نشان‌دهنده تغییرات ساختاری کم‌تر و وجود الگوی زهکشی طبیعی در آن‌هاست [۱۷]. ضریب شاخص تراکم سطحی آبراهه در حوضه شارقنج عدد ۱۹/۹۸ را نشان می‌دهد که بیان‌کننده تغییرات زمین‌شناسی و وجود حرکات فرایندهای زمین‌ساختی در حوضه است. شاخص انشعاب‌پذیری نسبت آبراهه‌های حوضه را نشان می‌دهد و مقدار بالای آن نیز نشان‌دهنده تغییرات فرایندهای زمین‌ساختی و آشفستگی ساختاری زمین‌شناسی حوضه می‌باشد. این شاخص برای منطقه مورد مطالعه ۲/۴۱ به‌دست آمد که حاکی از تغییرات فرایندهای زمین‌ساختی در منطقه است. شکل ۵ نیز فعال بودن آبراهه اصلی در برخی نقاط حوضه را نشان می‌دهد.



شکل ۶: شاخص گرادیان طولی آبراهه حوزه آبخیز شارقنج

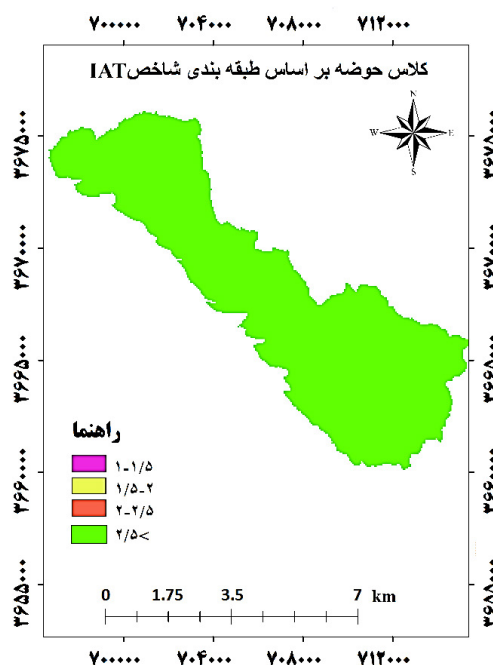
شرایط زمین‌شناسی، تغییرات اقلیمی و غیره، نتایج متفاوتی گرفته‌اند که می‌توان به مطالعات کرم و صابری [۱۷] در حوزه آبخیز شمال تهران، رجبی و همکاران [۲۴] در حوزه آبخیز کوه کرکس، مقصودی و همکاران [۲۱] در حوزه آبخیز مارون، سمندر و روستایی [۲۶]، حوزه آبخیز اسکوچای، یمانی و علیزاده [۳۴] در حوزه آبخیز کرج و بهرامی و همکاران [۴] در شمال شرق کشور، گرابی و کیارستمی [۱۲] در حوزه آبخیز رودک، شفیع و همکاران [۲۹] در حوزه آبخیز دشت بیرجند و یعقوب‌نژاد و همکاران [۳۳] با ارزیابی وضعیت مورفولوژیکی رودخانه طالقان در بازه زمانی ۲۰۱۶ - ۲۰۰۶ اشاره کرد. با محاسبات و آنالیزهای انجام شده و همچنین بازدیدهای میدانی از حوزه آبخیز مورد مطالعه مشخص گردید حوزه به لحاظ توپوگرافی جوان بوده و وجود دره‌ها و دامنه‌های پرشیب در منطقه و همچنین آثار فرسایش تأییدی بر این نتایج است.

نتیجه‌گیری

حوزه مورد مطالعه با شیب متوسط ۲۳/۸۵ درصد، بارندگی‌های فراوان، شدت فرسایش متوسط، شیب زیاد و بارش شدید بهار، از سیل‌خیزی زیادی برخوردار است. این حوزه از لحاظ زمین‌شناسی ساختمانی و وضعیت فرآیندهای زمین‌ساختی، در یک زون گسله از گسل‌های راستا لغز و نرمال واقع شده است. در حوزه‌های با فرآیندهای زمین‌ساختی فعال مقدار ضریب شکل نسبت به حوزه‌های دارای فعالیت فرآیندهای زمین‌ساختی پایین، کم‌تر و هرچه این مقدار کم‌تر باشد، حوزه کشیده‌تر می‌باشد. نتایج نشان داد بر اساس شاخص‌های ضریب شکل و ضریب فشردگی، شکل حوزه کشیده می‌باشد که به‌درستی بیان‌گر وضعیت حوزه می‌باشد. در حوزه‌های کشیده، نسبت انشعاب‌پذیری بیشتر است و هرچه حوزه گردتر باشد این نسبت کاهش می‌یابد و هم‌چنین حوزه‌هایی که در مناطق فعال واقع شده‌اند دارای نسبت انشعاب بیش‌تری می‌باشند. ضریب شاخص تراکم سطحی آبراهه و همچنین شاخص انشعاب‌پذیری نسبت آبراهه‌های حوزه در حوزه مورد مطالعه نشانگر تغییرات زمین‌شناسی و وجود حرکات تکتونیک در حوزه‌ها

می‌گردد این شاخص مقداری بین ۹۳-۱۵۳ را در بازه‌های مختلف به خود اختصاص داده است.

برای تعیین طبقه شاخص شدت فعالیت فرآیندهای زمین‌ساختی حوزه از شاخص‌های ضریب شکل حوزه، نسبت شکل حوزه، ضریب فشردگی، انشعاب‌پذیری، انتگرال هیپسومتری، نسبت ناهمواری، شیب زمین به درجه و درجه مئاندري برای محاسبه آن استفاده گردید [۳۵]. این شاخص برای حوزه شارقنج ۴/۲۵ به‌دست آمده است که در کلاس ۴ قرار گرفته و فعالیت نفوختونیک در حوزه کم می‌باشد (شکل ۷).



شکل ۷: کلاس حوزه بر اساس شاخص طبقه بندی IAT

مطالعات متعددی نقش و تأثیر تغییرات ریخت‌سنجی را در حوزه‌های مختلف مورد بررسی و آنالیز قرار داده‌اند و بر حسب

of tectonic activity using morphometric indices: case study of the Tatra Mts. (Western Carpathians, Poland). *Environmental Earth Sciences*, 79: 1-13.

7. Compiled Report. 2011. Watershed Management Studies of Sharqang Watershed. General Department of Natural Resources and Watershed Management of South Khorasan. (In Persian).

8. Dapoza, R.T., Moreiras, S., Euillades, P., Balbarani, S. 2019. Geomorphologic index validation by DINSAR technique in the Andean orogenic front (32° - 33° S), *Quaternary International*, 512(1): 35-44.

9. Dezfuli-Clone, Z., Ilanloo, Z. 2018. Evaluation of tectonic activities in Dalaki catchment using geomorphic indicators. *Quarterly Journal of Natural Geography*. Volume 11(41): 140-123 (In Persian).

10. Fattahi, M.H., Talebzadeh, Z. 2017. The relationship between compaction coefficient of the catchment and its fractal properties. *Iran Water Resources Research* Volume 13, Number 1: 203-191 (In Persian).

11. Geological Report. 2011. Watershed Management Studies of Sharqang Watershed. General Department of Natural Resources and Watershed Management of South Khorasan. (In Persian).

12. Gorabi, A., Kiarostami, F. 2020. The effect of new tectonic movements on the shape of the basin (Case study of Rudak catchment). *Quantitative Geomorphological Research*. 9(1): 12-1 (In Persian).

13. Haji Karimi, Z., Shayan, S., Khoshraftar, R. 2020. Active tectonic evaluation of Gorganrood watershed in the eastern slope of Talesh (Baghrodagh) using geomorphic indicators. *Quantitative geomorphological research*. 9(1): 236-2017 (In Persian).

14. Horton, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am.* 56: 75-270.

15. Jamalabadi, J., Zanganeh Asadi, M.A., Fatehi, Z., Robat-Sarposhi, M. 2018. Investigation of the effect of tectonics on quantitative characteristics of drainage network (Case study:

می باشد. همچنین حوضه به لحاظ تغییرات توپوگرافی جوان می باشد و دارای بریدگی ها و پرتگاه های متعدد است. در نهایت برای تعیین طبقه شاخص شدت فعالیت فرآیندهای زمین ساختی حوضه از شاخص های متعددی استفاده شد که عدد این شاخص برای حوضه شارقنج نشان دهنده این بود که این حوضه در کلاس ۴ قرار دارد و فعالیت فرآیندهای زمین ساختی در حوضه کم می باشد. طبق پژوهش حاضر و با محاسبات و تجزیه و تحلیل های انجام شده و همچنین بازدیدهای میدانی از حوزه آبخیز، مشخص شد که حوضه به لحاظ توپوگرافی جوان بوده و دارای دره ها و دامنه های پرسیب و آثار فرسایشی می باشد. لذا پیشنهاد می گردد برای جلوگیری از تشدید فرسایش و بروز سیلاب های مخرب، قبل از انجام هرگونه اقدام اجرایی، مطالعات و بررسی های لازم صورت پذیرد.

منابع

1. Abdideh, M., Qureshi, M., Rangzan, K., Ain, M. 2011. Relative Evaluation of Active Construction Land Using Morphometric Analysis, Case Study Water Basin Dez River, South Western Iran. *Journal of Earth Sciences*. 20(80): 46-33 (In Persian).

2. Abedini, M., Fathi, M.H., Beheshti Javid, A. 2015. Analysis of neotectonic activities of "Gechi Darhosi" catchment using geomorphic indicators, *Quarterly. Journal of Geographical Space*. 15(52): 249-223 (In Persian).

3. Azañón, J. M., Pérez-Peña, J.V., Giaconia, F., Booth-Rea, G., Martínez-Martínez, J.M., Rodríguez Peces, M.J. 2012. Active tectonics in the central and eastern Betic Cordillera through morphotectonic analysis: The case of Sierra Nevada and Sierra Alhamilla. *Journal of Iberian Geology*, 38: 225-238.

4. Bahrami, Sh., Zanganeh Asadi, M.A., Taqviyamoghaddam, A. 2019. Evaluation of the morphometric effect of drainage network on sedimentation rate and erosion of catchments (Case study: 15 basins in Northeast of Iran). *Scientific Quarterly of Geographical Space*. 19(9): 163-139 (In Persian).

5. Bayati-Khatibi, M. 2009. Detection of neotectonic activities in Qarnaguchay catchment area using geomorphic and morphotectonic indicators. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Space*. 9(25): 50-23 (In Persian).

6. Buczek, K. and Górník, M. 2020. Evaluation

positive and negative (interpretive) methodology in geomorphological hazards (Case: Zoning of rockfall hazards in Rudbar-Rostam freeway Abad). Quantitative Geomorphological Research. 9(1): 66-52 (In Persian).

24. Rajabi, M. and Khosravi, S. 2015. Evaluation of tectonic movements in the northeastern slope of Mount Karkas using geomorphic indices. Quarterly Journal of Natural Geography. 8(27): 12-1 (In Persian).

25. Sajadi, P., Singh, A., Mukherjee, S., Sang, Y.F., Chapi, K., Salari, M. 2020. Drainage network extraction and morphometric analysis in an Iranian basin using integrating factor analysis and geospatial techniques. Geocarto International. 1: 1-30.

26. Samandar, N., Roustaie, Sh. 2016. Investigation of active tectonics of Esco Chay basin using geomorphic indicators and geomorphological evidence. Journal of Environmental Hazards. 5(9): 76-55 (In Persian).

27. Sarp, G. and Düzgün, S. 2012. Spatial analysis of morphometric indices: the case of Bolu pull-apart basin, western section of North Anatolian Fault System, Turkey. Geodinamica Acta. 25(1): 86-95.

28. Sarp, G., Toprak, V., Duzgun, S. 2013. Activity level of tectonic basins, Western Section of the North Anatolian Fault Zone. Turkey. International Geology Review. 55: 350-366.

29. Shafiee, A., Abbasi, Z., Tajbakhsh, S.M., Mousavi, S.M., Memarian, H. 2020. Investigation of active tectonics in the northern watershed of Birjand plain using morphometric factors. Research Quantitative Geomorphology. 9(1): 133-117 (In Persian).

30. Sharifi, M., Zare, F., Taherinejad, K. 2017. Evaluation of neotectonic activities using geomorphic indices (Case study: Kazab-Yazd catchment). Journal of Natural Environmental Hazards. 6(11): 32-15 (In Persian).

31. Sharma, S., Sarma J.N. 2013. Drainage analysis in a part of the Brahmaputra Valley in Sivasagar District, Assam, India, to detect the role of nontectonic activity. J Ind Soc Rem Sens. 41(4): 895-904.

32. Valkanou, K., Karymbalis, E., Papanastassiou,

Bar, Baqieh and Qala basins Field on the southern slope of Binalood mountain range). Quantitative Geomorphological Research. 4(4): 103-87 (In Persian).

16. Kar, G. Kumar, A., and Singh, R. 2009. Spatial distribution of soil hydro-physical properties and morphometric analysis of a rainfed watershed as a tool for sustainable land use planning. Agricultural Water Management. 96(1):1449-1459.

17. Karam, A. and Saberi, M. 2015. Calculation of fractal dimension in drainage basins and its relationship with some geomorphological characteristics of the basin (Case study of the North Tehran catchment). Quantitative Geomorphology Research. 4(3): 167-153 (In Persian).

18. Khabazi, M., and Shahbazi, M. 2015. Study and analysis of geomorphic indicators and its relationship with active morphotectonics in arid areas (Ardestan Playa). Journal of Geography and Regional Development. 13(2): 25 (In Persian).

19. Maavi, M. and Elmizadeh, H. 2020. Analysis of the form and pattern of the drainage network of Ramhormoz Basin using the Aria class model. Quantitative Geomorphological Research. 9(1):183-172 (In Persian).

20. Maghsoudi, M., Jafari Aghdam, M., Bagheri Seyed Lashkari, S., Minaei, M. 2011. Investigation of active tectonics of Kafravar watershed using geomorphic features and geomorphological evidence. Geography and Development. 25(1): 111 -136 (In Persian).a

21. Maghsoudi, M., Zamanzadeh, S.M., Yamani, M., Hajizadeh, A. 2017. Investigation of active tectonics of Maroon catchment using geomorphic indices. Quantitative Geomorphology Research, 6(3): 59-37 (In Persian).b

22. Mahala, A. 2020. The significance of morphometric analysis to understand the hydrological and morphological characteristics in two different morpho-climatic settings. Applied Water Science. 10-33.

23. Neghaban, S., Jahan Tighumand, S., Rahimi Harabadi, S. 2020. Explaining the position of

36. Yamani, M., Elmizadeh, H. 2014. Impact of new tectonics on the morphology of the drainage network of Nachi watershed using geomorphic and morphometric indices. *Geographical Research Quarterly*. 29(1): 112 (In Persian).
37. Zovoili, E., Konstantinidi, E., & Koukouvelas, I. K. (2004). Tectonic geomorphology of escarpments: The cases of kompotades and v&a anchialos faults. *Bulletin of the Geological Society of Greece*. 36(4): 1716-1725
- D., Soldati, M., Chalkias, C., Gaki-Papanastassiou, K. 2020. Morphometric Analysis for the Assessment of Relative Tectonic Activity in Evia Island, Greece. *Geosciences*. 10(7): 1-15.
33. Yaghoubnejadadasel, N., Esfandiari Darabad, F., Asghari Saraskanrud, P., Karam, A. 2020. Evaluation of morphological status of Taleghan River in the period 2006 to 2016. *Quantitative Geomorphological Research*, 9(1): 75-68 (In Persian).
34. Yamani, M. and Alizadeh, Sh. 2016. Investigation of New Tectonic Activities in the Karaj Watershed through Geomorphic Indices. *Quarterly Journal of Natural Geography*. 9(13): 18-1 (In Persian).
35. Yamani, M., Amirinejadatork, S., Gholami, F., Nejad Hosseini R. 2018. Investigation of active tectonics in Semnan basin (south of Semnan) using geomorphic indicators. *Exploring the geography of desert areas*. 6(1): 174-149 (In Persian).



Abstract

Evaluation of Morphometric and Geo Morphometric Indices of Sharghonj Watershed in Birjand

R. Chamani¹, H.R. Moradi Rekabdarkalaei^{2*}, S. Zare¹, M. Tavosi¹

Received: 2021/11/11 Accepted: 2022/05/17

Active tectonics in the basins causes the formation of various phenomena such as alluvial fans, terraces, faults and causes various changes in the morphometry of basins. The aim of the present study was to identify the morphological features of Sharghonj watershed in Birjand. Basin shape coefficient, shape ratio, compaction coefficient, canal surface density index, branching, hypsometric integral, unevenness ratio, unevenness coefficient, land slope, relative prominence, meandering intermediate degree and longitudinal river gradient have been used. The results showed that according to the Horton ordering, the highest stream order of the watershed is six. The basin shape coefficient, basin shape ratio and basin compaction coefficient or gravelius were 0.2, 2.4 and 2.02, respectively. Also, hypsometric integral indices, ratio and roughness coefficient, ground slope by degree and relative prominence were calculated as 0.5, 0.62, 609, 25 and 428, respectively. These indicators showed that the basin is elongated in shape and has young elevations. In terms of neotectonic activities in the region, the LAT index for the basin is 4.25 and the basin is placed in group 4 of this division and has a low intensity of neotectonic activity.

Keywords: Horton ranking indicators, Configuration, South khorasan, Tectonics

1. PhD Student, Watershed Science and Engineering, Watershed Management, Noor Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University of Tehran.

2. Professor, Department of Watershed Management, Noor Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University of Tehran. Phone 011-44553101-3, Fax 011-44553499, hrmoradi@modares.ac.ir