

تأثیر حرکات نو زمین ساخت بر شکل حوضه (مطالعه موردی حوضه آبریز رودک)

ابوالقاسم گورابی* - استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

فاطمه کیارستمی - کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۱۴
تائید نهایی: ۱۳۹۸/۰۹/۱۷

چکیده

موقعیت فلات ایران در بین صفات عربی، آفریقا و اوراسیا باعث شده حرکات این صفات تأثیرات زیادی بر پوسته قاره ای فلات گذاشته و در نتیجه محیط ایران را تبدیل به یک محیط ناازام و مخاطره برانگیز به لحاظ تکتونیکی نماید. از این رو توجه به این قبیل مخاطرات دارای اهمیت زیادی است. نکته قابل توجه در این است که می‌توان تأثیر طولانی مدت تکتونیک فعل در مناطق مختلف را قبل از وقوع مخاطره بررسی و به میزان فعالیت تکتونیکی مناطق پی برد. یکی از تأثیرات تکتونیک فعل در مقیاس حوضه‌های زهکشی تأثیر آن بر شکل حوضه می‌باشد؛ به این ترتیب که حوضه‌های متأثر از فعالیت‌های تکتونیکی و جوان به دلیل بالاًمدگی تمایل به کشیدگی دارند و حوضه‌های قادر فعالیت تکتونیکی در نتیجه‌ی فرسایش شکل گرد پیدا می‌کنند. در این پژوهش با استفاده از نمایه‌های نسبت شکل حوضه، عامل شکل و فرم حوضه، ضریب گراویلیوس، نسبت دایره ای و نسبت کشیدگی میزان فعالیت نو زمین ساخت در سطح حوضه آبریز رودک واقع در شمال استان تهران مورد ارزیابی قرار گرفت و صحت این شاخص‌ها در کنار شاخص متداول نسبت شکل حوضه سنجیده شد. نتایج مطالعات بر روی زیرحوضه‌های امامه، گرمابدر، میگون و آهار بیانگر این امر است که با وجود اینکه این شاخص‌ها به جزء شاخص نسبت شکل حوضه تا کنون در بررسی میزان فعالیت تکتونیکی حوضه‌های آبریز مورد استفاده قرار نگرفته‌اند ولی می‌توانند در زمینه شناسایی تأثیر نو زمین ساخت بر شکل حوضه‌ها بر مبنای نظریه تکتونیک فعل حوضه‌های کشیده در کنار سایر شاخص‌های نئوتکتونیکی مورد بررسی قرار گیرند. چنان‌چه این شاخص‌ها کشیدگی زیرحوضه امامه را در مقابل عدم کشیدگی زیرحوضه گرمابدر به خوبی نشان می‌دهند.

واژگان کلیدی: نو زمین ساخت، مخاطرات تکتونیکی، حوضه رودک.

مقدمه

تکتونیک فعال با توجه به میزان فعالیت آن از جمله عواملی است که ریسک زندگی در مناطق تحت تأثیر را افزایش می‌دهد؛ زیرا منبع بسیاری از خطرات طبیعی است و به شکل مستقیم و غیر مستقیم سبب تولید سوانح طبیعی و انسانی می‌گردد. در رابطه با این مسئله باید اذعان داشت که فعالیت‌های تکتونیکی در مناطق خاص به ویژه در مرز صفحات و مناطق دارای سیستم‌های گسلی احتمال وقوع دارند. فلات ایران در محل تلاقی صفحه‌های (عربستان-آفریقا)، هند (هند-استرالیا) و اوراسیا (اروپا-آسیا) واقع شده است. تلاقی این صفحه‌ها باعث شده تا پوسته فلات ایران که در کل ضعیف‌تر از صفحات یاد شده است تغییر شکل پیدا کند و با چین خوردگی و رشته کوه‌هایی چون زاگرس در غرب، البرز در شمال، کوه‌های داغ در شمالشرق، مکران در جنوب شرق و کوه‌هایی در شرق ایران احاطه شود. کوه‌ها و چین خوردگی‌های فلات ایران هنوز به وضعیت پایداری نرسیده اند؛ بنابراین با تداوم حرکات صفحات شاهد فعالیت‌های لرزه‌ای در اغلب نقاط ایران به خصوص نواحی کوهستانی هستیم" (روستایی و جباری: ۱۳۹۰، ۱۰۵). تمامی این عوامل باعث شده خاورمیانه و از جمله ایران محیطی لرزه‌زا و پرخطر باشد به نحوی که حتی امکان وقوع سونامی (در دریای عمان) وجود دارد (جیکز و همکاران^۱، ۲۰۱۴). بنابراین باید اذعان داشت که ایران یکی از مناطقی است که با قرار گیری در مرز صفحات تکتونیکی در مقیاس بالا به لحاظ مخاطرات مرتبط با تکتونیک فعال آسیب پذیر می‌باشد. اما در عین حال مخاطرات مرتبط با فعالیت‌های نو زمین ساخت از آن دسته مخاطراتی نیستند که بدون شواهد قبلی درازمدت در یک منطقه به وقوع بیرونندند؛ تغییراتی که سیستم‌های گسلی بر روی لندرم ها و زمین‌شکل‌ها به وجود می‌آورندن قبل از تداوم حرکات صفحات شاهد شناخت این تأثیرات و ارزیابی آن‌ها در طول زمان از جمله عواملی است که می‌تواند در جهت شناخت میزان فعالیت تکتونیکی یک منطقه و برنامه ریزی برای توسعه و یا غیره مورد استفاده قرار گیرد. از جمله این تأثیرات می‌توان به ایجاد زمین‌شکل‌های آشفته چون مخروط افکنه‌های تقطیع شده یا قرار گیری رسوبات دوره‌های قدیمی تر بر روی رسوبات جدیدتر اشاره کرد. تأثیر دیگر نو زمین ساخت در مقیاس حوضه‌های زهکشی می‌تواند بر روی شکل حوضه‌ها باشد. هر حوضه زهکشی مرزی است که از اتصال خط الرأس کوه‌هایی که آبراهه‌هایی را زهکش می‌کنند و در نهایت یک رود اصلی و یک خروجی مشخص دارند تشکیل می‌شود. بسیاری از حوضه‌ها چند شهر را در خود جای داده اند و بررسی تأثیر فعالیت نو زمین ساخت بر آن‌ها می‌تواند در جهت برنامه ریزی بر روی توسعه سکونتگاه‌های محدوده در جهت کاهش ریسک مخاطرات تکتونیکی با اهمیت باشد. بررسی تأثیر تکتونیک بر روی شکل این حوضه و زیرحوضه‌های آن می‌تواند شواهدی از میزان فعالیت تکتونیکی محدوده مطالعه به دست دهد تا برنامه ریزی‌های بهتری در سطح حوضه صورت پذیرد.

در سطح جهان و ایران پژوهشگران زیادی به مطالعه حرکات نو زمین ساخت و شواهد ناشی از آن پرداخته اند که به اختصار به معرفی برخی از این پژوهشگران می‌پردازیم. کوانگزوکیویچ^۲ (۲۰۰۱) اقدام به مطالعه تکتونیک فعال رودخانه یلو در شمال ویتنام با استفاده از شاخصهای مورفومتریک نمودند، تحلیل‌های مورفوتوئنیک بر رویانینگ سل نشان داد که گسل رودخانه یرو توانایی ایجاد زلزله‌های قدرتمند در آینده را دارد. چن و همکاران^۳ (۲۰۰۳) با استفاده از شاخص‌های مورفو تکتونیکی گرادیان طولی رودخانه و منحنی هیپسومتری به مطالعه تکتونیک فعال دامنه‌های غربی تایوان پرداختند و ۵ منطقه‌ی مورفو تکتونیک را در دامنه‌های غربی این منطقه شناسایی کردند که هر منطقه توسط یک سری روند گسلی محدود شده است؛ به طوریکه ویژگی‌های مورفو تکتونیک و سبک تغییر شکل در هر منطقه متفاوت است. تالبوت و همکاران^۴ (۲۰۰۶) در جهت بررسی فعالیت‌های تکتونیک فعال رشته کوه زاگرس به بررسی و تحلیل نتایج سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS) برای ۳۵ ایستگاه در محدوده رشته کوه زاگرس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که حرکت‌های

¹- Jenikes et al

²- Cuong & Zuchiewics

³- Chen

⁴- Talbot

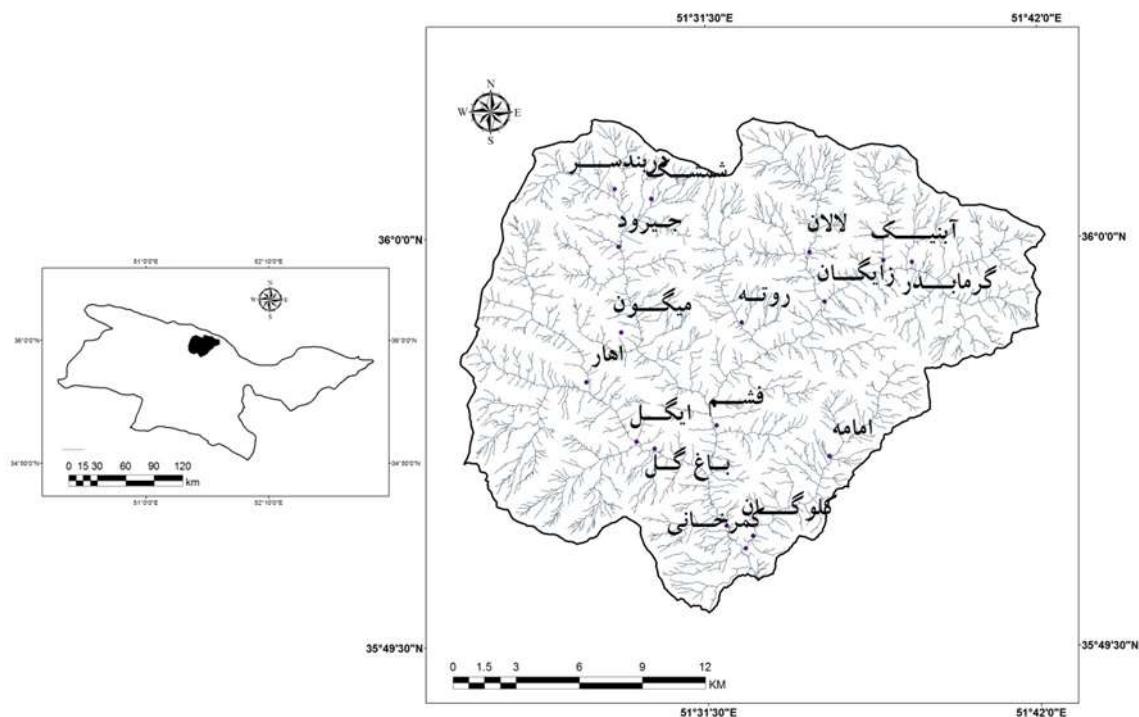
تکتونیکی فعال در جنوب شرقی زاگرس در طول دو منطقه اصلی لرزو ای و جبهه‌ی کوهستان و حرکت‌های تکتونیک فعال در شمال غربی در طول گسل جبهه کوهستان رخ می‌دهد. وینست و همکاران^۱ (۲۰۱۰) به مطالعه تکتونیک فعال سیرانوادا با استفاده از شاخص‌های SMF, VF, و منحنی هیپسومتری پرداختند و به این نتیجه رسیدند که منطقه از نظر تکتونیکی منطقه‌ای فعال به شمار می‌رود و جبهه کوه‌های غربی و جنوبی از نظر تکتونیکی فعال می‌باشند؛ در حالیکه جبهه‌ی شمالی کوه به لحاظ تکتونیکی غیر فعال می‌باشد. ده بزرگی و همکاران^۲ (۲۰۱۰) با استفاده از شاخص‌های تکتونیکی به مطالعه تکتونیک فعال ناحیه‌ی سروستان در زاگرس مرکزی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که منطقه به لحاظ تکتونیکی به ۴ کلاس یا طبقه بسیار فعال، فعال، نیمه فعال و با فعالیت کم تقسیم می‌شود و در واقع تکتونیک فعال منطقه عامل اصلی کنترل کننده توسعه و تکامل لندرم‌های منطقه است. ایفوهمکاران^۳ (۲۰۱۱) به مطالعه تکتونیک فعال حوضه آبریزگون در شمالغرب ترکیه و لندرم‌های ناشی از تکتونیک فعال کوه‌های هندوکش پرداختند. عامر محمود و گلوئون^۴ (۲۰۱۲) با استفاده از شاخصهای مورفومتریک به مطالعه تکتونیک فعال کوه‌های هندوکش پرداختند و منطقه را از نظر تکتونیکی به ۴ کلاس خیلی فعال، فعال، نیمه فعال، فعالیت کم تقسیم نمودند؛ طبق مطالعات آنها ۳۸٪ منطقه جزء طبقه خیلی فعال و ۲۵٪، ۱۹٪ و ۱۸٪ منطقه نیز به ترتیب جزء کلاسهای فعال، نیمه فعال و فعالیت کم بوده‌اند. سربازیو خدایاری^۵ (۲۰۱۳) با بررسی تکتونیک فعال حوضه آبریز کندوله در شمال کرمانشاه با استفاده از همین شاخصها به این نتیجه رسیدند که زیرحوضه شمالی حوضه آبریز کندوله از نظر تکتونیکی فعال بوده ولی زیرحوضه جنوبی آن دارای وضعیت نیمه فعال می‌باشد. مددی، رضائی مقدم و رجائی^۶ (۱۳۸۳) با استفاده از همین شاخص‌ها به مطالعه‌ی نئوتکتونیک دامنه‌های شمال غربی تالش (باغروdag) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که منطقه از لحاظ تکتونیکی فعال می‌باشد؛ اما در بخش‌های جنوب شرقی این نیروها دارای شدت بیشتری نسبت به ارتفاعات جنوب اردبیل و ارتفاعات شمال شرقی منطقه است. رجبی، روسنایی و مقیم^۷ (۱۳۸۵) با استفاده از بحث‌های نظری و مطالعات کمی (شاخص‌های SMF, VF) به تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیکی در دامنه‌های جنوبی ارتفاعات آلا DAG در شمال شرقی ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که منطقه به لحاظ تکتونیکی فعال می‌باشد و فعالیت‌های تکتونیکی در قسمت‌های مرکزی بیشتر از مناطق غربی و شرقی است. گورابی و نوحه گر^۸ (۱۳۸۶) با استفاده از اندازه‌گیری‌های کمی به مطالعه تکتونیک فعال حوضه در که پرداختند و این حوضه را به عنوان یک منطقه فعال از نظر تکتونیکی معرفی نمودند. ارجمنیا^۹ (۱۳۸۹) با استفاده از شاخصهای مورفوتکتونیک به تحلیل تکتونیک منطقه اقلید حدفاصل شمال‌شرق گسل آباده و جنوب‌غرب گسل اصلی زاگرس پرداخت و به این نتیجه دست یافت که حداقل فعالیت تکتونیکی در شمال‌شرق گسل آباده و حداقل فعالیت تکتونیکی در حوالی گسل اقلید و سپس در منطقه اصلی زاگرس و سپس جنوب‌غرب آن قابل مشاهده است. مقصودی و عمام الدین^{۱۰} (۱۳۹۰) با استفاده از شاخصهای مذکور اقدام به بررسی شواهد مورفوتکتونیکی گسل درونه در محدوده یحوضه آبریز ششطراز و مخروط افکنه پایین دست آن کرده و وجود تکتونیک فعال در منطقه را گزارش دادند. جباری، ثروتی و حسین‌زاده^{۱۱} (۱۳۹۱) با استفاده از شاخصهای مورفوتکتونیک حوضه آبریز حصارک را مورد مطالعه قرارداده و به وجود ماهیت تکتونیک فعال منطقه پی برند. یمانی، کامرانی و باقری^{۱۲} (۱۳۹۲) با استفاده از شاخصهای مورفوتکتونیک وجود حرکات نوزمین‌ساختی فعال را در حوضه آبریز چله واقع در زاگرس شمال‌غربی گزارش دادند. حوضه آبریز رودک نیز در دامنه‌های البرز مرکزی قرار گرفته و گسل‌های ریشه دار البرز مرکزی چون مشا-شم و شمال تهران از آن می‌گذرند و طبیعتاً بر روی مورفلوژی آن تأثیر می‌گذارند و شهرها و روستاهای زیادی را نیز در خود جای داده است. هدف از این پژوهش بررسی میزان حرکات فعال نو زمین ساخت در سطح حوضه رودک و اعتبارسنجی شاخص‌های مبتنی بر شکل حوضه در نشان دادن فرم ظاهری حوضه‌ها به صورت مستدل می‌باشد.

¹-Vicente²-Efe³-Amer mahmood & Gloauen

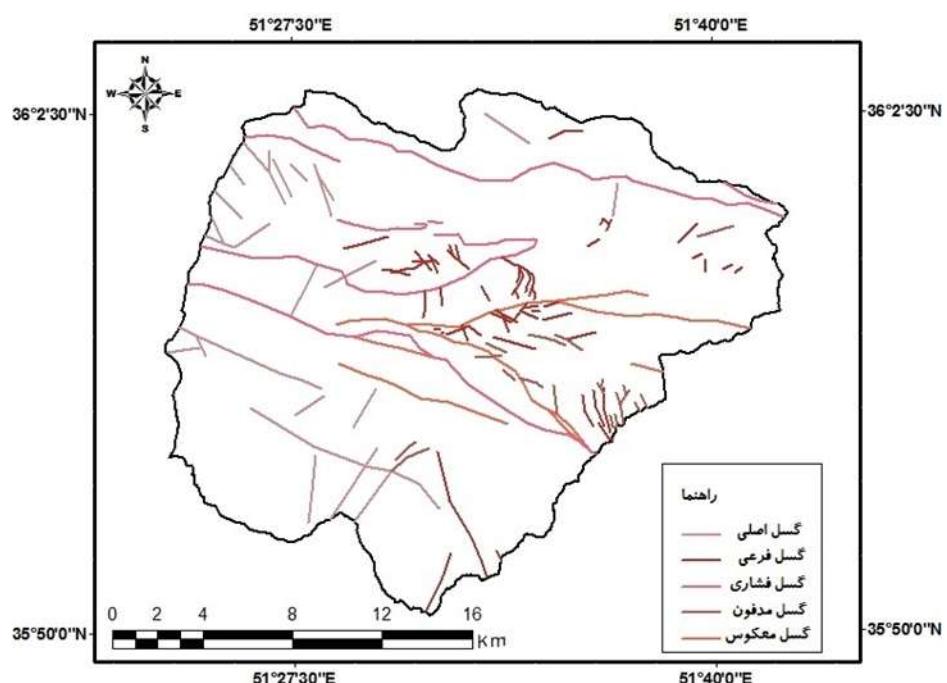
باشد. اینکه آیا شاخص‌های مبتنی بر شکل حوضه می‌توانند به شکل علمی در رابطه با فرم حوضه‌ها اطلاعاتی را در اختیار پژوهشگران قرار دهند و فرضیه تکتونیک فعال حوضه‌های کشیده به دلیل بالاًمدگی و عدم فعالیت حوضه‌های گرد به دلیل فرسایش را تأیید نمایند. در این پژوهش شش شاخص مبتنی بر شکل حوضه‌ها مورد استفاده قرار گرفته که یکی از آن‌ها تحت عنوان نسبت شکل حوضه در پژوهش‌های زیادی مورد استفاده بوده ولی پنج شاخص دیگر در مسائل مربوط به تکتونیک فعال و کشیدگی و عدم کشیدگی حوضه‌ها مورد استفاده قرار نگرفته‌اند که صحت سنجدی این شاخص‌ها در نشان دادن ویژگی‌های ظاهری حوضه در این پژوهش مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودک با مساحت ۴۱۷/۵ کیلومتر مربع به لحاظ تقسیمات سیاسی جزء استان تهران و در محدوده فرمانداری شهرستان شمیرانات می‌باشد. شهر رودبار قصران و دهستان‌های اطراف آن مانند لالان، زایگان، آهار، امامه و غیره در محدوده‌ی این حوضه آبریز قرار دارند. از نظر تقسیمات زمین‌شناسی این حوضه آبریز در ارتفاعات جنوبی البرز مرکزی قرار دارد و بخش اعظم آن را توف‌های سبز ضخیم و شیل توف دار سازند کرج در برگرفته است. همچنین به لحاظ هیدرولوژیکی این حوضه یکی از زیرحوضه‌های حوضه آبریز جاجrud می‌باشد که شاخه‌ی شرقی رودخانه‌ی جاجrud در آن جریان دارد. "این رود از ارتفاعات کلون بستک سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از دربندر، شمشک، میگون و فشم با شاخه‌ی دیگری که ازبه هم پیوستن شاخه‌های فرعی آب نیکا، لالان و روتنه به وجود آمده، متصل گردیده و به نام جاجrud خوانده می‌شود. رود آهار از سمت جنوب و امامه از سمت شمال به آن متصل شده و رود به سمت مشرق جریان می‌یابد" (آراء، ۱۳۹۱). وجود گسل‌های متعدد منطقه مانند گسل رانده تا معکوس با مؤلف امتداد لغز چپگرد مشا-فشم و گسل نردنی - پلکانی شمال تهران و چند گسل فرعی دیگر مانند گسل لشگرک، گرمابد و تلو ویژگی‌های خاصی را به این حوضه داده است که از جمله آن‌های می‌توان به "جدایی قطعات سنگی بزرگ و کوچک از دیواره‌های پرشیب دامنه‌ها، دره‌های عمیق و ارتفاعات بلند، شکنندگی سنگ‌ها در اثر دخالت سیستم‌های گسلی و تأثیر گذاری شان بر الگوهای آبراهه‌ای، نبودهای رسوبی بر روی برخی از برجستگی‌های قدیمی در فاصله‌های بسیار کوتاه جانبی، تغییرات شدید رخساره‌ها و ضخامت سازنده‌ها در ساخته‌های قلیل و یا قطع شدگی آن‌ها اشاره کرد" (آراء، ۱۳۹۱). نمونه این آثار تخریبی در سنگ‌ها در محدوده راه‌های ارتباطی موجود در سطح حوضه قابل رویت است که در برخی مکان‌ها برای کاهش احتمال خطر ریزش جاده‌ای، سازه‌های ژئوتکستیلی در سطح دامنه‌ها ایجاد شده است به نحوی که بتواند تا حدودی مانع از ریزش سنگ‌های خرد شده و متلاشی شده گردد. همچنین وجود چشمه‌های متعدد در منطقه، تأثیر مثبت فعالیت‌های تکتونیکی در سطح حوضه را نشان می‌دهد. تغییرات ارتفاعی بسیار زیاد در سطح حوضه نیز می‌تواند در اثر وجود سیستم‌های گسلی اصلی و فرعی باشد. آنچه اهمیت مطالعه بر روی گسل‌های این منطقه را بیشتر می‌کند؛ علاوه بر شواهد فعلی، زلزله‌های ثبت شده در طول تاریخ در حوالی این منطقه می‌باشد که اغلب با مقیاس بزرگی سبب ایجاد خسارت در محدوده مورد مطالعه و حوالی آن گشته‌اند از جمله این وقایع ثبت شده می‌توان به زمین‌لرزه ۱۲۰۹ شمسی دماوند و شمیرانات با بزرگی تخمینی ۷،۱، پس لرزه‌ی ۱۷ فروردین ۱۲۰۹ شمسی دماوند - شمیرانات با شدت رو مرکزی، زمینلرزه‌ی ۱۳ شهریور ۱۳۲۶ لواسانات و زمین‌لرزه‌ی ۲ آذرماه ۱۳۳۴ خورشیدی مشا با بزرگی ۴ (کره‌ای، کیانی، ۱۳۸۳: ۴۹)، اشاره کرد.



شکل ۱: موقعیت حوضه آبریز رودک در شمال استان تهران.



شکل ۲: موقعیت گسل های موجود در محدوده حوضه آبریز رودک



شکل ۳: سنگ‌های شکسته بر روی دامنه‌های فعال و سازه‌های محافظتی ژئوتکستالی (مکان جاده شمشک به تهران در محدوده حوضه آبریز).

مواد و روشها

به منظور بررسی تأثیر نو زمین ساخت بر شکل حوضه و صحت سنگی شاخص‌های مرتبط با آن در ابتدا در قالب پژوهش‌های کتابخانه‌ای اقدام به بررسی میزان تأثیر پذیری حوضه از فرآیندهای تکتونیکی شد که با توجه به وجود گسل‌های متعدد در منطقه که در منابع مختلف به آن اشاره شده؛ این تأثیرپذیری قطعی است. همچنین نوع و موقعیت گسل‌های موجود در حوضه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شرق تهران فشم و محدوده حوضه آبریز جاگرد استخراج گشت. سپس در جهت بررسی بیشتر به منظور یافتن شواهد تکتونیک فعال در منطقه چون شکستگی‌ها، گسل خوردگی‌ها، جدایی قطعات سنگی از دیواره پرشیب تپه‌ها، چشمه‌ها و غیره مطالعات میدانی در سطح حوضه به عمل آمد. در مرحله بعد و پس از اطمینان یافتن از وجود شواهد تکتونیک فعال در محدوده مورد بررسی، با استفاده از تصویر ماهواره‌ای کارتوسی با قدرت تفکیک ۲,۵ متر، مرزحدودی حوضه کوهستانی رودک مشخص و سپس از طریق نرم افزارهای Arcgis 10.0 و wms 9.1 و نقشه مدل ارتفاع رقومی DEM تفکیک ۱۰ متر منطقه اقدام به استخراج حوضه‌ها و زیرحوضه‌های محدوده مورد مطالعه و استخراج شبکه آبراهه‌های آن شد. در مرحله بعد با استفاده از شاخص‌های شکل حوضه و نظریه‌ی تکتونیک فعال حوضه‌های کشیده در مقابل تکتونیک غیرفعال حوضه‌های گرد شده؛ میزان فعالیت‌های نو زمین ساختی در هر یک از زیرحوضه‌های حوضه آبریز رودک و صحت سنگی این شاخص‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه به معرفی این شاخص‌ها خواهیم پرداخت:

شاخص شکل حوضه^۱:

$$BS = BL/BW$$

رابطه ۱

در این رابطه BS عبارت است از شاخص شکل حوضه و BL عبارت است از طول حوضه از بالاترین خط تقسیم آب تا خروجی حوضه و BW عبارت است از عرض حوضه در عریض ترین قسمت مقادیر بالای این شاخص بیانگر تکتونیک فعال و کشیدگی حوضه و مقادیر پایین آن بیانگر کاهش فعالیت‌های تکتونیکی حوضه و دایره‌ای شکل بودن آن است.

¹-Basin Shape Ratio

عامل شکل حوضه^۱: این شاخص نیز بیانگر کشیدگی و یا پهن شدگی شکل حوضه به صورت دایره است؛ فرمول این شاخص در رابطه شماره ۲ به این شکل آورده شده است.

$$SF = \frac{L^2}{A}$$

رابطه ۲:

در این رابطه SF برابر است با عامل شکل حوضه و L^2 عبارت است از محدود طول حوضه به کیلومتر و A عبارت است از مساحت حوضه به کیلومتر مربع(علیزاده، ۱۳۹۰). مقادیر بالای این شاخص بیانگر کشیدگی و مقادیر پایین آن بیانگر گردشگی حوضه است. اگر مقدار این شاخص عدد یک باشد یعنی حوضه کاملاً مربعی شکل است.

عامل فرم حوضه^۲: این شاخص دقیقاً عکس شاخص عامل شکل حوضه می باشد و بر عکس شاخص قبلی مقادیر بالای شاخص فرم حوضه بیانگر حوضه های گرد و مقادیر پایین آن بیانگر حوضه های کشیده است.

$$FF = \frac{A}{L^2}$$

رابطه ۳

ضریب فشردگی حوضه^۳: ضریب فشردگی که به نام ضریب گراویلیوس نیز شناخته می شود عبارت است از نسبت محیط حوضه به محیط دایره ای فرضی که مساحت آن برابر مساحت حوضه باشد(علیزاده، ۱۳۹۰).

$$C = 0.28P/\sqrt{A}$$

رابطه ۴

در این رابطه C عبارت است از ضریب فشردگی و P عبارت است از محیط حوضه و A مساحت آن می باشد. اگر حوضه دایره ای کامل باشد مقدار این ضریب برابر ۱ است و هرچه مقدار این ضریب بزرگتر شود بیانگر انحراف شکل آن از حالت دایره ای است.

نسبت دایره ای^۴: نسبت دایره ای حوضه عبارت است از نسبت مساحت حوضه به مساحت دایره ای که محیط آن مساوی محیط حوضه باشد(علیزاده، ۱۳۹۰).

$$R_c = \frac{1}{C^2}$$

رابطه ۵

در این رابطه R_e عبارت است از نسبت دایره ای و C^2 عبارت است از محدود ضریب فشردگی حوضه؛ هر چه قدر عدد به دست آمده کمتر از یک باشد حوضه کشیده تر است و بالعکس.

نسبت کشیدگی^۵: نسبت کشیدگی برابر است با نسبت قطر دایره فرضی هم مساحت حوضه به طول حوضه (علیزاده، ۱۳۹۰).

$$R_e = (A/0.786)^{0.5} * \frac{1}{l_m}$$

رابطه ۶

که در این رابطه R_e عبارت است از نسبت کشیدگی و A عبارت است مساحت حوضه و l_m طول حوضه در جهت موازی طولانی ترین آبراهه حوضه می باشد. هرچه مقدار این شاخص به صفر نزدیکتر باشد حوضه کشیده تر است و مقادیر بالای این شاخص بیانگر گردشگی حوضه می باشد.

¹-Shape Factor

²-Form Factor

^۳-Compactness

^۴- Circular Ratio

^۵-Elongation Ratio



شکل ۴: وجود آثار سیستم های گسلی در منطقه که تأثیر پذیری سطح حوضه را از عوامل تکتونیکی نشان می دهد(مکان جاده اوشان به تهران در محدوده حوضه مورد بررسی).^۱

یافته ها و بحث نظریه تکتونیک فعال مرتبط با شکل حوضه

حوضه های زهکشی فعال و جوان به علت بالا آمدگی حاصل از تکتونیک فعال مایل هستند که به موازات جبهه کوهستان دراز و کشیده شوند؛ در حالیکه به دنبال تکامل توپوگرافیکی منطقه و کاهش فعالیت های تکتونیکی و در نتیجه کاهش نرخ فرایش^۱، شکل حوضه از کشیده به دایره تبدیل می شود(بول و مک فادن^۲، ۱۹۷۷). علت این تغییر شکل به این دلیل است که عرض حوضه های زهکشی فعال تکتونیکی در نزدیکی جبهه کوه بسیار باریک است و این امر باعث افزایش سرعت رودخانه و حرکت فرسایشی عمودی^۳ آن می شود که با عمیق تر شدن کanal جریان یا دره و از بین بردن مواد بستر جریان یا کف دره همراه است. در حالیکه کاهش فعالیت های تکتونیکی و کاهش بالا آمدگی منجر به عریض تر شدن حوضه به موازات جبهه کوهستان و کاهش سرعت آب و فرسایش عمودی و حمل مواد توسط آن می شود که منجر به دایره ای شکل شدن حوضه می گردد(Mahmood and Gloaguen^۴، ۲۰۱۳).

زیرحوضه های حوضه آبریز رودک

مطابق با شکل ۲ حوضه آبریز رودک از چهار زیرحوضه تشکیل شده که به محض دیدن آن ها می توان به این نکته پی برد که زیرحوضه امامه از سه حوضه دیگر کشیده تر و حوضه گرمابدر نسبت به سایر حوضه ها شکل گرددتر و دایره ای شکلی دارد. حوضه های میگون و آهار نیز به لحاظ شکل ظاهری تقریباً در یک راستا قرار دارند؛ بنابراین باید نسبت این شاخص ها در حوضه امامه بیانگر کشیدگی و در حوضه گرمابدر بیانگر گردشگی آن حوضه ها باشد.

^۱-Uplift

^۲. Bull and Mcfadden

^۳-Down Cutting

^۴. Mahmod and Gloaguen



شکل ۵: زیرحوضه های حوضه آبریز رودک به ترتیب از راست پایین به چپ امامه، گرمابدر، میگون و آهار

جدول ۱: ویژگی های فیزیکی زیرحوضه های مورد مطالعه

نام حوضه	مساحت بر حسب کیلومتر مربع	محیط بر حسب کیلومتر	طول بر حسب کیلومتر
میگون	۷۹/۸	۴۳	۱۸
آهار	۹۶/۶	۴۸/۱	۱۸/۹
گرمابدر	۱۶۱/۸	۵۰	۲۰/۴
امامه	۳۷/۷	۳۱/۷	۱۴/۷

محاسبه شاخص های مبتنی بر شکل حوضه

پس از محاسبه و بررسی شاخص های مذکور در هریک از زیرحوضه ها، می توان صحت آن ها را تأیید نمود. زیرا همانطور که در جدول ۲ نیز قابل روئیت است؛ بیشترین مقادیر شاخص های نسبت شکل حوضه، عامل شکل حوضه و ضریب فشردگی برای حوضه امامه و کمترین میزان شاخص های نسبت دایره ای و نسبت کشیدگی و عامل فرم حوضه نیز متعلق به این حوضه هستند که همه این مقادیر بیانگر صحت این شاخص ها در نشان دادن کشیدگی حوضه امامه می باشند. مشاهده شکل ظاهری حوضه نیز این مسئله را تأیید کرد . بنابراین مطابق با نظریه تکتونیک فعال حوضه های کشیده، حوضه امامه نسبت به حوضه های دیگر بیشتر تحت تأثیر فعالیت های نو زمین ساخت قرار دارد. در حالیکه عکس همین حالت در زیرحوضه گرمابدر قابل مشاهده است؛ که بیانگر گردشگی و شکل پخ حوضه می باشد. این مسئله با توجه به شکل حوضه گرمابدر نیز تأیید می شود. در رابطه با دو زیرحوضه آهار و میگون، مقادیر محاسبه شده؛ نسبت مساوی را نشان می دهند به این شکل که بر مبنای سه شاخص عامل فرم حوضه، عامل شکل حوضه و نسبت کشیدگی، حوضه میگون کشیده تر است؛ در حالیکه در سه شاخص نسبت شکل حوضه، ضریب فشردگی و نسبت دایره ای، حوضه آهار کشیده تر نشان داده شده است. علت این امر می تواند شباهت ظاهری این دو حوضه باشد به این شکل که هر دو حوضه شکل تقریباً مشابهی دارند و نه مانند حوضه امامه کشیده با عرض کم هستند و نه مانند حوضه گرمابدر به صورت پخ شده و کوتاه در آمده اند و از دید شاخص ها با پارامترهای مختلف متفاوت می باشند. بنابراین در رابطه با این نمایه ها شباهت شکل ظاهری حوضه ها عامل محدود کننده برای مقایسه حوضه های مشابه به وسیله این شاخص ها است. ولی در مورد

حوضه هایی که شکل ظاهری متفاوتی دارند این شاخص ها بسیار مناسبی برای اثبات ادعای کشیدگی و فعالیت و یا پختگی و عدم فعالیت حوضه ها محسوب می شوند. به صورت کلی مطالعات صورت گرفته بر روی این چهار حوضه قابلیت بالای این شاخص ها را در شناخت شکل حوضه ها به خوبی نشان می دهد. البته مقادیر این شاخص ها برای هر چهار زیرحوضه نشانگر وجود تکتونیک فعال در منطقه است ولی مقدار فعالیت در زیرحوضه امامه به حداقل می رسد و در حالیکه میزان این فعالیت ها در حوضه گرمابدر مقایسه با سه زیرحوضه دیگر در حداقل است. اکثر مطالعات صورت گرفته توسط پژوهشگران نشان دهنده مقبولیت این نظریه در شناخت فعالیت های نو زمین ساخت در مناطق مختلف است و اکثر محققین از شاخص متدالو نسبت شکل حوضه برای سنجش کشیدگی و گردشگی حوضه در نتیجه فعال بودن و یا عدم فعالیت منطقه بهره می برند. این پژوهش نشان می دهد که سایر شاخص های معرفی شده نیز با وجود آنکه تا به حال در شناخت تکتونیک فعال حوضه ها مورد استفاده قرار نگرفته اند ولی می توانند به خوبی تأثیر تکتونیک بر شکل حوضه ها و کشیدگی و عدم کشیدگی شان را آشکار سازند.

جدول ۲: نتایج محاسبه شاخص های شکل حوضه برای زیرحوضه های مورد مطالعه.

زیرحوضه	BS	SF	FF	C	C2	Re
امامه	۳/۱	۵/۸	۰/۱۷	۱/۴۴	۰/۵۲	۰/۴۶
گرمابدر	۱/۲	۲/۵	۰/۳۸	۱/۰۳۰	۰/۵۹	۰/۷۰
میگون	۱/۸	۴	۰/۲۴	۱/۰۳۴	۰/۵۵	۰/۰۵۵
آهار	۲/۱	۳/۷	۰/۲۷	۱/۰۳۷	۰/۵۳	۰/۰۵۸

نتیجه گیری

وجود شواهد و آثار متعدد چون سنگ های شکسته بر روی دیواره های پرشیب، نبودهای رسوبی، چشممه ها و دشت های تکتونیکی چون آهار و امامه، وجود آثار و شکستگی های ناشی از گسلش در قطعات سنگی، همراه با گسل های شناخته شده و ریشه دار البرز مرکزی در منطقه و بسیاری دیگر وجود تکتونیک فعال در محدوده حوضه آبریز رودک را تأیید می نماید. مسلماً این حرکات نوزمین ساخت بر روی فرم و شکل ظاهری حوضه ها تأثیر می گذارند که به دنبال این مسئله نظریه تکتونیک فعال حوضه های کشیده مطرح می شود. مطالعه و بررسی شاخص های مبتنی بر شکل حوضه در کنار مشاهده بصری زیرحوضه های محدوده مورد نظر بیانگر این امر است که این نمایه ها از صحت و دقیق مطلوبی برای نشان دادن تأثیر تکتونیک بر حوضه های آبریز برخوردارند. مقادیر محاسبه شده برای حوضه های گرمابدر و امامه و مقایسه آن با شکل ظاهری حوضه ها این مسئله را به خوبی تأیید می نماید. اما از طرف دیگر در رابطه با حوضه هایی که شکل ظاهری آن ها تقریباً در یک راستا قرار دارد این شاخص ها با وجود اینکه اطلاعات خوبی در اختیار قرار می دهند اما به طور نسبی به لحاظ مقایسه دو حوضه همسان، جوابگوی مطالعات می باشند. در مورد این حوضه های تقریباً همسان به لحاظ شکل ظاهری می توان علاوه بر استفاده از این شاخص ها از سایر نمایه های نشان دهنده نرخ فعالیت های نو زمین ساخت استفاده نمود. مانند حوضه های آهار و میگون در این پژوهش که چون به لحاظ شکل ظاهری ویژگی های تقریباً یکسانی داشتند؛ شاخص های مورد استفاده به طور نسبی جوابگو بوده اند. به این ترتیب که در برخی شاخص ها معیار کشیدگی بیشتر برای زیرحوضه میگون و در برخی دیگر کشیدگی بیشتر برای حوضه آهار نشان داده شده بود و به صورت کلی همه نمایه ها برای هر دو حوضه بیانگر کشیدگی و تأثیر نو زمین ساخت بر روی آن ها است. بنابراین بیشترین کارایی

آن ها برای حوضه هایی است که به لحاظ شکل ظاهری (طول، مساحت و محیط) در یک راستا باشند در این صورت می توان به نتایج بسیار مطلوب و روشنی دست یافت مثلاً در مورد حوضه هایی مانند امامه و گرمابد که هم در مقایسه با یک دیگر و هم در مقایسه با ۲ حوضه دیگر شکل متفاوتی داشته؛ شاخص های مبتنی بر شکل حوضه به خوبی نمایشگر ویژگی های فیزیکی این دو حوضه و تأثیر نوزمین ساخت بر آن ها مبنی بر نظریه کشیدگی حوضه های تکتونیکی بودند. در نهایت نمایه ها بیانگر وجود تکتونیک فعال در تمام زیرحوضه ها می باشند ولی بیشترین مقدار برای حوضه امامه و کمترین مقدار در حوضه گرمابد است. با بررسی های انجام شده بر روی زیرحوضه های امامه، گرمابد، آهار و میگون، می توان با اطمینان گفت شاخص های مورد استفاده در این پژوهش قابلیت به کار گیری در مطالعات تکتونیک فعال مناطق را در کنار سایر شاخص هایی که توسط پژوهشگران مورد استفاده قرار می گیرند؛ دارا می باشند و می توانند اطلاعات مفیدی را در رابطه با نرخ فعالیت تکتونیکی مناطق مبتنی بر نظریه وجود تکتونیک فعال در حوضه های کشیده و حاکمیت فرسایش در حوضه های دایره ای در اختیار پژوهشگران قرار دهند. تمام پژوهشگران در زمینه تکتونیک فعال این نظریه را پذیرفته و بیشتر از شاخص نسبت شکل حوضه برای نشان دادن کشیدگی و فعال بودن مناطق مورد مطالعه شان در مقیاس حوضه های آبریز بهره می برند. نتایج پژوهش نشان میدهد سایر شاخص های مورد استفاده در این پژوهش نیز با وجود اینکه تا کنون از منظر فعالیت های نو زمین ساخت مورد نگرفته اند؛ مانند شاخص متداول نسبت شکل حوضه به خوبی در رابطه با کشیدگی و دایره ای شکل بودن حوضه ها اطلاعات به دست می دهند. به ویژه اینکه این شاخص ها به خوبی تأثیر تکتونیک بر شکل ظاهری حوضه را آشکار می سازند و به شیوه علمی و قطعی و نه تنها مبتنی بر مشاهدات تنها، کشیدگی و گردشگی شکل حوضه ها را به صورت مدلل نشان می دهند.

منابع

- Alizadeh. A, 2011, *Applied Principles of Hydrology, Thirty-third edition*, University of Mashhad Firdausi Publications.
- Amer Mahmood, Richard Gloaen, 2012, *Appraisal of Active Tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM Derived Indices and Drainage Analysis*, Geoscience of Frontiers, VOL: 4, NO: 3, PP:407-428.
- Ara.H, Ramesht M, Yamani M, Shayan S,2012, *Assess the accuracy of geomorphologic indicators using data geodynamic(case study Jajrood Basin)*, Geography and Environmental Planning, VOL:23,NO:2,PP:35-52.
- Arfania. R, 2010, *Application of DEMs territory in the Morphotectonic*,Journal of Applied Geology, VOL:6, NO:4,PP:245-256.
- Bull, W.B., McFadden, L.D., 1977. *Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California*. In: Doebring, D.O. (Ed.), *Geomorphology in Arid Regions*. Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium. State University of New York, Binghamton, pp. 115e138.
- Chen Chien yen, Quocheng Sung, kuang yu Cheng, 2003, *Along Strike Variations of Morphotectonic features in the Western foothill of Taiwan, Tectonic Implications Based on Stream Gradient and Hypsometric Analysis*, Geomorphology, VOL: 49, NO: 13, 1-29.
- Cuong N.Q, W.A Zuchiewicz, 2001, *Morphotectonic Properties of the Lo River Fault Near Tam Dao in North Vietnam*, Natural Hazard and Earth System Science, VOL: 1, PP: 15-22.
- Dehbozorgi.M, M.Pourkermani, M.Arian,A.A Matkan, H.Motamedi, A.Hosseini,2010, *Quantitative Analysis of Relative Tectonic Activity in the Sarvestan Area , Central Zagros , Iran*, Geomorphology 03284,pp: 1-13.

- Efe Recep, Abdullah Soykan, Isa curebal, Suleyman Sonmez, 2010, *Reviewing the Geomorphologic and Neotectonic Features of Gonen Basin (NW of Turkey), the 2nd International Geography Symposium GEOMED, VOL:19, NO:6, PP: 716-725.*
- Goorabi.A, Nohegar.A, 2005, *Understanding of catchment geomorphologic evidence of active tectonics, Geographical Research, NO: 60, PP: 177-196.*
- Jabari.N, Servati. M, HosseinZadeh M, 2012, *Active Morphotectonic study catchment HisarakUsing morphometric parameters, Quantitative Geomorphology Research, VOL: 1, NO: 2, PP: 17-34.*
- Jenkins Jennifer and etall , 2014, *Seismicity of the Earth 1900-2010 Middle East and Vicinity, Version 1.1, January 28,2014.*
- Karei.M, Kiani.T, 2004, *Seismicity of the Iranian plateau with Special Reference to Tehran,A report from the Ministry of Industry and Mines and the Geological Survey and Mineral Exploration, Published by Geoscience Earth sciences.*
- Maghsoodi.M, Emaddin.S, 2011, *Evidence Analysis Geomorphological inserting faults in the Basin Shatatratzand its downstream alluvial fan, Geography and Development, NO: 56, PP: 73-92.*
- Rajabi.M, Roostaei. Sh, Moghim. G, 2006, *Analysis Neotectonic activities in the Southern Highlands Aladagh in northeastern Iran, Journal of Geography and Development, VOL: 7, NO:8, PP:177-191.*
- Roostaei.SH, Jabari.I, 2011, *Geomorphology in urban areas, Third Edition, Samt Publications.*
- Talbot.J Christopher, Faramarz Nilfouroshan, Khaled Hessami, 2006, *Active Deformation with in the Zagros Mountain Deduced from GPS Measurements, Journal of the Geological Society of London, VOL: 163, PP: 143-148.*
- Vicente Jose, Antonio Azor, Jose Miguel, Edward Keller, 2010, *Active Tectonics in Sierra Nevada: Insights from Geomorphologic Indices and Drainage Pattern Analysis, Geomorphology, VOL: 119, PP: 74-87.*
- Yamani.M, Kamrani.H, Bagheri.S, 2013, *Morphometry and assessment of geomorphic indicators to determine neotectonic activity in Cheleh Basin, Journal of Geographical Research, VOL: 23, NO: 97, PP: 1-26.*