

## 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      تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۰۹/۱۷

### چکیده

موقعیت فلات ایران در بین صفحات عربی، آفریقا و اوراسیا باعث شده حرکات این صفحات تأثیرات زیادی بر پوسته قاره ای فلات گذاشته و در نتیجه محیط ایران را تبدیل به یک محیط ناآرام 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 می توان تأثیر طولانی مدت تکتونیک فعال در مناطق مختلف را قبل از وقوع مخاطره بررسی و به میزان فعالیت تکتونیکی مناطق پی برد. یکی از تأثیرات تکتونیک فعال در مقیاس حوضه های زهکشی تأثیر آن بر شکل حوضه می باشد؛ به این ترتیب که حوضه های متأثر از فعالیت های تکتونیکی و جوان به دلیل بالآمدگی تمایل به کشیدگی دارند و حوضه های فاقد فعالیت تکتونیکی در نتیجه ی فرسایش شکل گرد پیدا می کنند. در این پژوهش با استفاده از نمایه های 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 شاخص ها در کنار شاخص متداول نسبت شکل حوضه سنجیده شد. نتایج مطالعات بر روی زیرحوضه های امامه، گرمابدر، میگون و آهار بیانگر این امر است که با وجود اینکه این شاخص ها به جزء شاخص نسبت شکل حوضه تا کنون در بررسی میزان فعالیت تکتونیکی حوضه های آبریز مورد استفاده قرار نگرفته اند ولی می توانند در زمینه شناسایی تأثیر نو زمین ساخت بر شکل حوضه ها بر مبنای نظریه تکتونیک فعال حوضه های کشیده در کنار سایر شاخص های نئوتکتونیکی مورد بررسی قرار گیرند. چنان چه این شاخص ها کشیدگی زیرحوضه امامه را در مقابل عدم کشیدگی زیرحوضه گرمابدر به خوبی نشان می دهند.

واژگان کلیدی: نوزمین 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-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، کپه داغ در شمالشرق، مکران در جنوب شرق و کوههایی در شرق ایران احاطه شود. کوهها و چین خوردگی‌های فلات ایران هنوز به وضعیت پایداری نرسیده‌اند؛ بنابراین با تداوم حرکات صفحات شاهد فعالیت‌های لرزه‌ای در اغلب نقاط ایران به خصوص نواحی کوهستانی هستیم<sup>۱</sup> (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 (جنیکز و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۴). بنابراین باید اذعان داشت که ایران یکی از مناطقی است که با قرارگیری در مرز صفحات تکتونیکی در مقیاس بالا به لحاظ مخاطرات مرتبط با تکتونیک فعال آسیب‌پذیر 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 بپیوندند؛ تغییراتی که سیستم‌های گسلی بر روی لندفرم‌ها و زمین‌شکل‌ها به وجود می‌آورند قابل بررسی و مشاهده می‌باشد. شناخت این تأثیرات و ارزیابی آن‌ها در طول زمان از جمله عواملی است که می‌تواند در جهت شناخت میزان فعالیت تکتونیکی یک منطقه و برنامه‌ریزی برای توسعه و یا غیره مورد استفاده قرار گیرد. از جمله این تأثیرات می‌توان به ایجاد زمین‌شکل‌های آشفته چون مخروط افکنه‌های تقطیع شده یا قرارگیری رسوبات دوره‌های قدیمی‌تر بر روی رسوبات جدیدتر اشاره کرد. تأثیر دیگر نوزمین 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 داده‌اند و بررسی تأثیر فعالیت نو زمین ساخت بر آن‌ها می‌تواند در جهت برنامه‌ریزی 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 مورد مطالعه به دست دهد تا برنامه‌ریزی‌های بهتری در سطح حوضه صورت پذیرد. در سطح جهان و ایران پژوهشگران زیادی به مطالعه حرکات نوزمین ساخت و شواهد ناشی از آن پرداخته‌اند که به اختصار به معرفی برخی از این پژوهشگران می‌پردازیم. کوآنگوزوکیویچ<sup>۳</sup> (۲۰۰۱) اقدام به مطالعه تکتونیک فعال رودخانه یلو در شمال ویتنام با استفاده از شاخصهای مورفومتریک نمودند، تحلیل‌های مورفوتونیک بر رویاینگ سل نشان داد که گسل رودخانه یرو توانایی ایجاد زلزله‌های قدرتمند در آینده را دارد. چن و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۳) با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی گرادیان طولی رودخانه و منحنی هیپسومتری به مطالعه تکتونیک فعال دامنه‌های غربی تایوان پرداختند و ۵ منطقه‌ی مورفوتکتونیک را در دامنه‌های غربی این منطقه شناسایی کردند که هر منطقه توسط یک سری روند گسلی محدود شده است؛ به طوریکه ویژگی‌های مورفوتکتونیک و سبک تغییر شکل در هر منطقه متفاوت است. تالبوت و همکاران<sup>۴</sup> (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 &amp; Zuchiewics

3- Chen

4- Talbot

تکتونیکی فعال در جنوب شرقی زاگرس در طول دو منطقه اصلی لرزه ای و جبهه ی کوهستان و حرکت های تکتونیکی فعال در شمال غربی در طول گسل جبهه کوهستان رخ می دهد. وینست و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) به مطالعه تکتونیکی فعال سیرانوادا با استفاده از شاخص های  $SMF, VF$  و منحنی هیپسومتری پرداختند و به این نتیجه رسیدند که منطقه از نظر تکتونیکی منطقه ای فعال به شمار می رود و جبهه کوه های غربی و جنوبی از نظر تکتونیکی فعال می باشند؛ درحالیکه جبهه ی شمالی کوه به لحاظ تکتونیکی غیر فعال می باشد. ده بزرگی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) با استفاده از شاخص های تکتونیکی به مطالعه تکتونیکی فعال ناحیه ی 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 می شود و در واقع تکتونیکی فعال منطقه عامل اصلی کنترل کننده توسعه و تکامل لندفرم های منطقه است. ایفوهمکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۱) به مطالعه تکتونیکی فعال حوضه آبریز گون در شمالغرب ترکیه و لندفرمهای ناشی از تکتونیکی فعال منطقه پرداختند. عامر محمود و گلوئون<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) با استفاده از شاخصهای مورفومتریکی به مطالعه تکتونیکی 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 بوده اند. سرباز یوخدایاری<sup>۳</sup> (۲۰۱۳) با بررسی تکتونیکی 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 می باشد. مددی، رضائی مقدم و رجائی (۱۳۸۳) با استفاده از همین شاخص ها به مطالعه ی نئوتکتونیکی دامنه های شمال غربی تالش (باغروداغ) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که منطقه از لحاظ تکتونیکی فعال می باشد؛ اما در بخش های جنوب شرقی این نیروها دارای شدت بیشتری نسبت به ارتفاعات جنوب اردبیل و ارتفاعات شمال شرقی منطقه است. رجبی، روستایی و مقیم (۱۳۸۵) با استفاده از بحث های نظری و مطالعات کمی (شاخص های  $SMF, VF$ ) به تحلیل فعالیت های نئوتکتونیکی در دامنه های جنوبی ارتفاعات آلاداغ در شمال شرقی ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که منطقه به لحاظ تکتونیکی فعال می باشد و فعالیت های تکتونیکی در قسمت های مرکزی بیشتر از مناطق غربی و شرقی است. گورابی و نوحه گر (۱۳۸۶) با استفاده از اندازه گیری های کمی به مطالعه تکتونیکی فعال حوضه در که پرداختند و این حوضه را به عنوان یک منطقه فعال از نظر تکتونیکی معرفی نمودند. ارفعیانیا<sup>۳</sup> (۱۳۸۹) با استفاده از شاخصهای مورفوتکتونیکی به تحلیل تکتونیکی منطقه اقلید حدفاصل شمالشرق گسل آباده وجنوبغرب گسل اصلی زاگرس پرداخت و به این نتیجه دست یافت که حداقل فعالیت تکتونیکی در شمالشرق گسل آباده و حداکثر فعالیت تکتونیکی در حوالی گسل اقلید و سپس در منطقه اصلی زاگرس و سپس جنوبغرب آن قابل مشاهده است. مقصودی و عمادالدین (۱۳۹۰) با استفاده از شاخصهای مذکور اقدام به بررسی شواهد مورفوتکتونیکی گسل درونه در محدوده یحوضه آبریز ششطرز و مخروط افکنه پایین دست آن کرده و وجود تکتونیکی فعال در منطقه را گزارش دادند. جباری، ثروتی و حسین زاده (۱۳۹۱) با استفاده از شاخصهای مورفوتکتونیکی حوضه آبریز حصارک را مورد مطالعه قرار داده و به وجود ماهیت تکتونیکی فعال منطقه پی بردند. یمانی، کامرانی و باقری (۱۳۹۲) با استفاده از شاخصهای مورفوتکتونیکی وجود حرکات نوزمینساختی فعال را در حوضه آبریز چله واقع در زاگرس شمالغربی گزارش دادند. حوضه آبریز رودک نیز در دامنه های البرز مرکزی قرار گرفته و گسل های ریشه دار البرز مرکزی چون مشا-فشم و شمال تهران از آن می گذرند و طبیعتاً بر روی مورفولوژی آن تأثیر می گذارند و شهر ها 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 شاخص های مبتنی بر شکل حوضه در نشان دادن فرم ظاهری حوضه ها به صورت مستدل می

1-Vicente

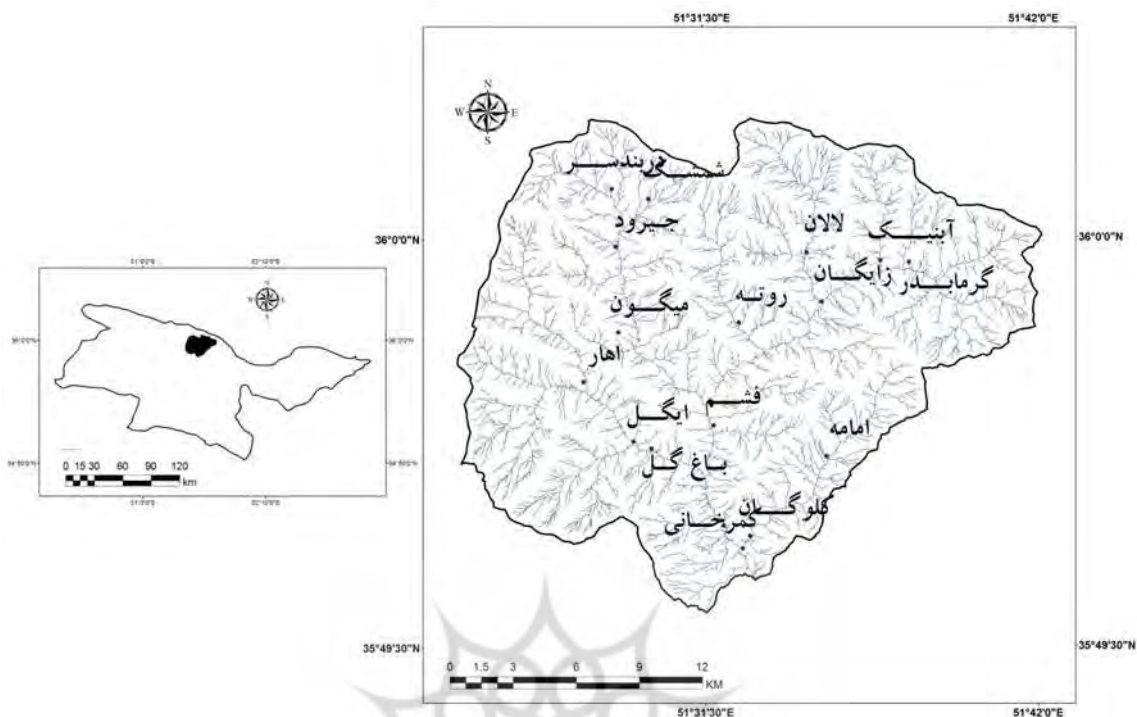
2-Efe

3-Amer mahmood &amp; Gloauen

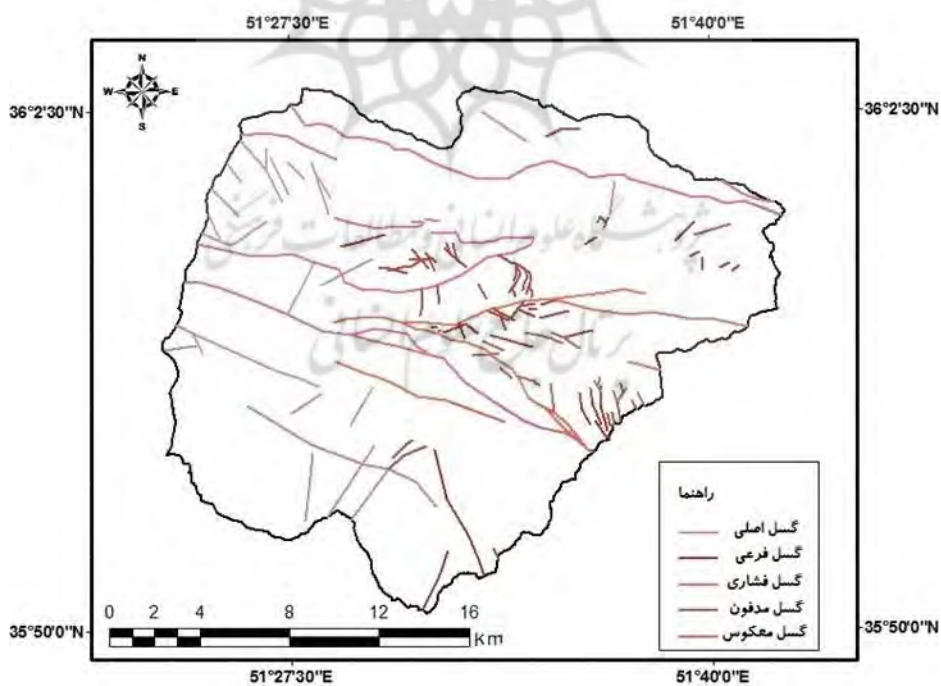
باشد. اینکه آیا شاخص‌های مبتنی بر شکل حوضه می‌توانند به شکل علمی در رابطه با فرم حوضه‌ها اطلاعاتی را در اختیار پژوهشگران قرار دهند و فرضیه تکتونیک فعال حوضه‌های کشیده به دلیل بالآمدگی و عدم فعالیت حوضه‌های گرد به دلیل فرسایش را تأیید نمایند. در این پژوهش شش شاخص مبتنی بر شکل حوضه‌ها مورد استفاده قرار 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 سنجی 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 بر گرفته است. همچنین به لحاظ هیدرولوژیکی این حوضه یکی از زیرحوضه‌های حوضه آبریز جاجرود می‌باشد که شاخه‌ی شرقی رودخانه‌ی جاجرود در آن جریان دارد. " این رود از ارتفاعات کلون بستک سرچشمه می‌گیرد و پس از عبور از دربندسر، شمشک، میگون و فشم با شاخه‌ی دیگری که از به هم پیوستن شاخه‌های فرعی آب نیکا، لالان و روته به وجود آمده، متصل گردیده و به نام جاجرود 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 در منطقه مانند گسل رانده تا معکوس با مؤلف امتداد لغز چپگرد مشا-فشم و گسل نردبانی - پلکانی شمال تهران و چند گسل فرعی دیگر مانند گسل لشگرک، گرمابدر و تلو ویژگی‌های خاصی را به این حوضه داده است که از جمله آن‌ها 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، نبوده‌های رسوبی بر روی برخی از برجستگی‌های قدیمی در فاصله‌های بسیار کوتاه جانبی، تغییرات شدید رخساره‌ها و ضخامت سازندها در ساخت‌های 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 رؤیت است که در برخی مکان‌ها برای کاهش احتمال خطر ریزش جاده‌ای، سازه‌های ژئوتکستالی 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 تکتونیک 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 زمین لرزه ۱۲۰۹ شمسی دماوند و شمیرانات با بزرگی تخمینی ۷٫۱، پس لرزه‌ی ۱۷ فروردین ۱۲۰۹ شمسی دماوند - شمیرانات با شدت رو مرکزی ۸، زمینلرزه‌ی ۱۳ شهریور ۱۳۲۶ لواسانات و زمین لرزه‌ی 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 ژئوتکنستالی (مکان جاده شمشک به تهران در محدوده حوضه آبریز).

### مواد و روشها

به منظور بررسی تأثیر نو زمین ساخت بر شکل حوضه و صحت سنجی 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 جاجرود استخراج گشت. سپس در جهت بررسی بیشتر به منظور یافتن شواهد تکتونیکی 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 تکتونیکی فعال در محدوده مورد بررسی، با استفاده از تصویر ماهواره‌ای کارتوست با قدرت تفکیک ۲٫۵ متر، مرز محدودی 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 تکتونیکی فعال حوضه‌های کشیده در مقابل تکتونیکی غیرفعال حوضه‌های گرد شده؛ میزان فعالیت‌های نو زمین ساختی در هر یک از زیرحوضه‌های حوضه آبریز رودک و صحت سنجی این شاخص‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه به معرفی این شاخص‌ها خواهیم پرداخت:

$$BS = BL/BW$$

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 عریض‌ترین قسمت مقادیر بالای این شاخص بیانگر تکتونیکی فعال و کشیدگی حوضه و مقادیر پایین آن بیانگر کاهش فعالیت‌های تکتونیکی حوضه و دایره‌ای شکل بودن آن است.

عامل شکل حوضه<sup>۱</sup>: 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.

$$SF=I^2/A \quad \text{رابطه ۲:}$$

در این رابطه SF برابر است با عامل شکل حوضه و L<sup>2</sup> عبارت است از مجذور 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 گردشگری حوضه است. اگر مقدار این شاخص عدد یک باشد یعنی حوضه کاملاً مربعی شکل است.

عامل فرم حوضه<sup>۲</sup>: این شاخص دقیقاً عکس شاخص عامل شکل حوضه می باشد و برعکس شاخص قبلی مقادیر بالای شاخص فرم حوضه بیانگر حوضه های گرد و مقادیر پایین آن بیانگر حوضه های کشیده است.

$$FF=A/I^2 \quad \text{رابطه ۳}$$

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

$$C = 0.28P/\sqrt{A} \quad \text{رابطه ۴}$$

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

$$R_c=1/C^2 \quad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه R<sub>c</sub> عبارت است از نسبت دایره ای و C<sup>2</sup> عبارت است از مجذور ضریب فشردگی حوضه؛ هر چه قدر عدد به دست آمده کمتر از یک باشد حوضه کشیده تر است و بالعکس.

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

$$R_e=(A/0.786)^{0.5} * 1/l_m \quad \text{رابطه ۶}$$

که در این رابطه R<sub>e</sub> عبارت است از نسبت کشیدگی و A عبارت است مساحت حوضه و L<sub>m</sub> 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 گردشگری حوضه می باشد.

<sup>1</sup>-Shape Factor

<sup>2</sup>-Form Factor

<sup>۳</sup>-Compactness

<sup>4</sup>- Circular Ratio

<sup>5</sup>-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).

## 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<sup>۱</sup>، شکل حوضه از کشیده به دایره تبدیل می شود (بول و مک فادن<sup>۲</sup>، 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<sup>۳</sup> آن می شود که با عمیق تر شدن کانال 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 (محمود و گلوگوئن<sup>۴</sup>، ۲۰۱۳).

### زیر حوضه های حوضه آبریز رودک

مطابق با شکل ۲ حوضه آبریز رودک از چهار زیر حوضه تشکیل شده که به محض دیدن آن ها می توان به این نکته پی برد که زیر حوضه امامه از سه حوضه دیگر کشیده تر و حوضه گرمابدر نسبت به سایر حوضه ها شکل گردتر 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 گردشگری آن حوضه ها باشد.

<sup>۱</sup>-Uplift

<sup>۲</sup>. Bull and Mcfadden

<sup>۳</sup>-Down Cutting

<sup>۴</sup>. Mahmood 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 رؤیت 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 گردشگری 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

حوضه‌هایی که شکل ظاهری متفاوتی دارند این شاخص‌ها ابزارهای بسیار مناسبی برای اثبات ادعای کشیدگی و فعالیت و یا پخ شدگی و عدم فعالیت حوضه‌ها محسوب می‌شوند. به صورت کلی مطالعات صورت گرفته بر روی این چهار حوضه قابلیت بالای این شاخص‌ها را در شناخت شکل حوضه‌ها به خوبی نشان می‌دهد. البته مقادیر این شاخص‌ها برای هر چهار زیرحوضه نشانگر وجود تکتونیک فعال در منطقه است ولی مقدار فعالیت در زیرحوضه امامه به حداکثر می‌رسد و در حالیکه میزان این فعالیت‌ها در حوضه گرمابدر در مقایسه با سه زیرحوضه دیگر در حداقل است. اکثر مطالعات صورت گرفته توسط پژوهشگران نشان دهنده مقبولیت این نظریه در شناخت فعالیت‌های نو زمین ساخت در مناطق مختلف است و اکثر محققین از شاخص متداول نسبت شکل حوضه برای سنجش کشیدگی و گردش‌دگی حوضه در نتیجه فعال بودن و یا عدم فعالیت منطقه بهره می‌برند. این پژوهش نشان می‌دهد که سایر شاخص‌های معرفی شده نیز با وجود آنکه تا به حال در شناخت تکتونیک فعال حوضه‌ها مورد استفاده قرار نگرفته‌اند ولی می‌توانند به خوبی تأثیر تکتونیک بر شکل حوضه‌ها و کشیدگی و عدم کشیدگی‌شان را آشکار سازند.

جدول ۲: نتایج محاسبه شاخص‌های شکل حوضه برای زیرحوضه‌های 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 | ۱/۳۰ | ۰/۵۹ | ۰/۷۰ |
| میگون   | ۱/۸ | ۴   | ۰/۲۴ | ۱/۳۴ | ۰/۵۵ | ۰/۵۵ |
| آهار    | ۲/۱ | ۳/۷ | ۰/۲۷ | ۱/۳۷ | ۰/۵۳ | ۰/۵۸ |

### نتیجه‌گیری

وجود شواهد و آثار متعدد چون سنگ‌های شکسته بر روی دیواره‌های پرشیب، نبوده‌های رسوبی، چشمه‌ها و دشت‌های تکتونیکی چون آهار و امامه، وجود آثار و شکستگی‌های ناشی از گسلش در قطعات سنگی، همراه با گسل‌های شناخته شده و ریشه دار البرز مرکزی در منطقه و بسیاری دیگر وجود تکتونیک فعال در محدوده حوضه آبریز رودک را تأیید می‌نماید. مسلماً این حرکات نوزمین ساخت بر روی فرم و شکل ظاهری حوضه‌ها تأثیر می‌گذارند که به دنبال این مسئله نظریه تکتونیک فعال حوضه‌های کشیده مطرح می‌شود. مطالعه و بررسی شاخص‌های مبتنی بر شکل حوضه در کنار مشاهده بصری زیرحوضه‌های محدوده مورد نظر بیانگر این امر است که این نمایه‌ها از صحت و دقت مطلوبی برای نشان دادن تأثیر تکتونیک بر حوضه‌های آبریز برخوردارند. مقادیر محاسبه شده برای حوضه‌های گرمابدر و امامه و مقایسه آن با شکل ظاهری حوضه‌ها این مسئله را به خوبی تأیید می‌نماید. اما از طرف دیگر در رابطه با حوضه‌هایی که شکل ظاهری آن‌ها تقریباً در یک راستا قرار دارد این شاخص‌ها با وجود اینکه اطلاعات خوبی در اختیار قرار می‌دهند اما به طور نسبی به لحاظ مقایسه دو حوضه همسان، جوابگوی مطالعات می‌باشند. در مورد این حوضه‌های تقریباً همسان به لحاظ شکل ظاهری می‌توان علاوه بر استفاده از این شاخص‌ها از سایر نمایه‌های نشان دهنده نرخ فعالیت‌های نو زمین ساخت استفاده نمود. مانند حوضه‌های آهار و میگون در این پژوهش که چون به لحاظ شکل ظاهری ویژگی‌های تقریباً یکسانی داشتند؛ شاخص‌های مورد استفاده به طور نسبی جوابگو بوده‌اند. به این ترتیب که در برخی شاخص‌ها معیار کشیدگی بیشتر برای زیرحوضه میگون و در برخی دیگر کشیدگی بیشتر برای حوضه آهار نشان داده شده بود و به صورت کلی همه نمایه‌ها برای هر دو حوضه بیانگر کشیدگی و تأثیر نو زمین ساخت بر روی آن‌ها است. بنابراین بیشترین کارایی

آن‌ها برای حوضه‌هایی است که به لحاظ شکل ظاهری (طول، مساحت و محیط) در یک راستا نباشند در این صورت می‌توان به نتایج بسیار مطلوب و روشنی دست یافت مثلاً در مورد حوضه‌هایی مانند امامه و گرمابدر که هم در مقایسه با یک دیگر و هم در مقایسه با ۲ حوضه دیگر شکل متفاوتی داشتند؛ شاخص‌های مبتنی بر شکل حوضه به خوبی نمایشگر ویژگی‌های فیزیکی این دوحوضه و تأثیر نوزمین ساخت بر آن‌ها مبنی بر نظریه کشیدگی حوضه‌های تکتونیکی بودند. در نهایت نمایه‌ها بیانگر وجود تکتونیک فعال در تمام زیرحوضه‌ها می‌باشند ولی بیشترین مقدار برای حوضه امامه و کمترین مقدار در حوضه گرمابدر است. با بررسی‌های انجام شده بر روی زیرحوضه‌های امامه، گرمابدر، آهار و میگون، می‌توان با اطمینان گفت شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش قابلیت به کارگیری در مطالعات تکتونیک فعال مناطق را در کنار سایر شاخص‌هایی که توسط پژوهشگران مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ دارا می‌باشند و می‌توانند اطلاعات مفیدی را در رابطه با نرخ فعالیت تکتونیکی مناطق مبتنی بر نظریه وجود تکتونیک فعال در حوضه‌های کشیده و حاکمیت فرسایش در حوضه‌های دایره‌ای 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 حوضه‌های آبریز بهره می‌برند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد سایر شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش نیز با وجود اینکه تا کنون از منظر فعالیت‌های نو زمین ساخت مورد استفاده قرار نگرفته‌اند؛ مانند شاخص متداول نسبت شکل حوضه به خوبی در رابطه با کشیدگی و دایره‌ای شکل بودن حوضه‌ها اطلاعات به دست می‌دهند. به ویژه اینکه این شاخص‌ها به خوبی تأثیر تکتونیک بر شکل ظاهری حوضه را آشکار می‌سازند و به شیوه علمی و قطعی و نه تنها مبتنی بر مشاهدات تنها، کشیدگی و گردش‌دهی شکل حوضه‌ها را به صورت مدلل نشان می‌دهند.

## منابع

- Alizadeh. A, 2011, *Applied Principles of Hydrology, Thirty-third edition, University of Mashhad Firdausi Publications.*
- Amer Mahmood, Richard Gloauen, 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: Doehring, D.O. (Ed.), Geomorphology in Arid Regions. Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium. State University of New York, Binghamton, pp. 115-138.*
- 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 Hisarak Using 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 Shatatr azand 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.*