Archive of SID

بررسی فعالیت‌های نو زمین‌ساخت حوضه آبخیز کرج از طریق شاخص‌های ژئومورفیک

مجتبی یمانی*
استاد ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
شهناز علیزاده
کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۱۹

چکیده
شبکه‌های زهکشی به شکل‌های مختلف نسبت به وقوع تغییرات در بستر جریان عکس‌العمل نشان می‌دهند. منطقه مورد مطالعه در استان البرز و در بالا دست مهرشهر کرج واقع‌شده است. به دلیل قرارگیری حوضه مورد مطالعه بر روی گسل‌های لرزه‌خیز و همچنین وجود شهرهای بزرگ و پرجمعیت در این ناحیه، مطالعه وضعیت فعالیت‌های تکتونیکی در این منطقه را ضروری می‌کند. در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از شاخص‌های AF، SL، S، BR، P، T، Smf و Hi، نو زمین‌ساخت و اثر آن بر دره‌ها و مسیر رودخانه‌ها بررسی شود. تکنیک کار به روش تحلیلی – مقایسه‌ای است. برای تجزیه‌وتحلیل، نرم‌افزارهای WMS و Arc GIS به کار گرفته شدند. برای بررسی دقیق‌تر، حوضه موردمطالعه به چهار زیر حوضه رجایی شهر، کمال شهر، الهیه و چهاردانگه تقسیم شده است. نتایج پژوهش حاکی از فعال بودن تکتونیک در بخش‌های مختلف حوضه هست و همچنین در زیر حوضه غربی منطقه (زیر حوضه چهاردانگه) که از نظر پنج شاخص ژئومورفیک دارای فعالیت کم تکتونیکی بوده است نشان از تعادل نسبی و گذر از مرحله بلوغ فرسایشی در این قسمت از حوضه است.

واژگان کلیدی: نئوتکتونیک، شاخص‌های ژئومورفیک، حوضه کرج.

مقدمه

واکنش سامانه‌های رودخانه‌ای به فعالیت‌های زمین‌ساختی، تغییرات آب و هوایی و تغییرات کاربری زمین، یکی از بخش‌های فعال در گستره مطالعه‌های زمین‌ریخت‌شناسی است. دلیل این امر، در وهله اول، تمایل پژوهشگران به توسعه نظریه‌های کمی در مورد فرایندها و انواع واکنش‌های رودخانه‌ای در مقابل عوامل بالا و در وهله دوم، امکان بازسازی شرایط حاکم در گذشته از راه بررسی ریخت‌شناسی رودخانه‌های امروزی است (پایوران[2]، ۲۰۰۳). رویداد فعالیت‌های زمین‌ساختی دریک ناحیه که موجب بالاآمدگی، فرونشینی ویا جابه‌جایی (افقی یا قائم) در طول گسل‌ها

*نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۱۹۷۶۸۲ E-mail: myamani@ut.ac.ir

[2] Snyder

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود (والاک[۱]، ۱۹۶۷) آثاری محسوس بر سیستم‌های رودخانه‌ای دارد (شوم[۲]، ۱۹۷۷ و مختاری، ۱۳۷۶). به‌طوری‌که در پی آن تغییراتی در شیب کف دره‌ها ایجاد شده و در نتیجه ویژگی‌های هندسی رودخانه‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند (شوم، ۱۹۷۷ و اسکول[۳] همکاران، ۲۰۰۳). اثر این فعالیت‌ها بر روی رودخانه‌ها، به‌صورت تغییر در نوع شبکه رودخانه‌ای و عمل انباشت یا کاوش رودخانه نیز ظاهر می‌شود (گارسیا[۴]، ۲۰۰۳ و هاروی[۵]، ۲۰۰۳). کند بودن عمل کاوش رودخانه نسبت به بالاآمدگی یک ناحیه، از هم پاشیدن شبکه آبراهه‌ای موجود (هاروی و همکاران، ۱۹۸۷) و سرعت زیاد آن، گسترش حوضه و تشدید فرسایش در رأس آبراهه‌ها (استوکز[۶]، ۲۰۰۳) را به دنبال خواهد داشت. در واقع می‌توان گفت بین حرکت‌های زمین‌ساختی و تغییرات سامانه رودخانه‌ای، نوعی تعامل وجود دارد و واکنش سامانه‌های رودخانه‌ای به فعالیت‌های زمین‌ساختی، به‌شدت و نوع این فعالیت‌ها واندازهٔ نسبی رودخانه وابسته است (گوشن[۷]، ۲۰۰۱). شبکه‌های زهکشی به اشکال مختلف نسبت به وقوع تغییرات در بستر جریان عکس‌العمل نشان می‌دهند. تشکیل پادگانه‌های رودخانه‌ای، تغییر نیمرخ طولی و مقطع عرضی، برش بستر و همچنین جابه‌جایی‌های جانبی در مسیر جریان رودخانه‌ها، از جمله این واکنش‌ها محسوب می‌شوند که عمدتاً ناشی از تکتونیک بوده است. با استفاده از شاخص‌هایی مانند گرادیان طولی رودخانه[۸]، عدم تقارن حوضه زهکشی[۹]، پیچ‌وخم پیشانی کوهستان[۱۰]، انتگرال هیپسومتریک[۱۱]، انشعاب پذیری[۱۲]، ضریب سینوسیته[۱۳] و تراکم شبکه زهکشی[۱۴] می‌توان اطلاعات بسیار مهمی را درباره فعالیت‌های نئوتکتونیکی به دست آورد. از این نظر، در بررسی‌های تکتونیک منطقه‌ای، به‌کارگیری و توجه به نتایج حاصل از به‌کارگیری آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است .نتایج حاصل از شاخص‌های ژئومورفیک به‌خصوص در مواردی که تحلیل‌ها بر روی مسیر جریان رودخانه‌ها متمرکز شده است، ابزار مهمی برای ارزیابی درجه فعالیت‌های تکتونیکی و تشخیص مناطق با دگرشکلی تکتونیکی به شمار می‌روند .اندازه‌گیری‌های کمی امکان مقایسه و ارزیابی لند فرم‌ها را تسهیل نموده و با محاسبه الگوها و شاخص‌های ژئومورفیک، می‌توان میزان فعالیت تکتونیک یک منطقه را ارزیابی و به تشخیص توصیفی از محدوده اقدام کرد. به دلیل قرارگیری حوضه مورد مطالعه بر روی گسل‌های لرزه‌خیز اصلی و رو رانده و همچنین وجود شهرهای بزرگ و پر جمعیت در این ناحیه، مطالعه وضعیت فعالیت‌های تکتونیکی در این منطقه را ضروری می‌کند. اهمیت گسل‌ها و عملکرد آن‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری آبراهه‌ها، پرتگاه‌ها، دامنه‌ها و از همه مهم‌تر قطع یا امتداد واحدهای سنگی داشته است. برای تشخیص فعالیت‌های نئوتکتونیکی در

1- Wallace
2- Schumm
3- school
4- Garcia
5- harvey
6- Stokes
7- Guccione
8- Stream Length-gradient index (SL)
9- Drainage Basin Asymmetry (Asymmetric Factor)
10- Mountain front sinuosity (Smf)
11- Hypsometric Integral (Hi)
12- Bifurcation ratio(Br)
13- Sinuosity(S)
14- Drainage Density(P)

www.SID.ir

Archive of SID

حوضه‌های آبخیز با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و مورفومتریک، پژوهش‌های انجام شده که در این میان دلکالو[1] و همکاران (۱۹۹۸) مطالعه‌ای از ماسیف اوزلیره در مراکش داشته‌اند که با استفاده از چندین شاخص کمی و مشاهدات میدانی معلوم کردند که این توده تحت تأثیر بالا آیی ناشی از فعالیت‌های زمین‌ساختی از تغییرپذیری زیادی برخوردار است. کرزیسکوویچ[2] و همکاران (۲۰۰۰) تشکیل پادگانه‌های یخچالی رود نیساکودزکای، لهستان و لاتروبس و آلسورانسی رسوب‌گذاری در قسمت‌های جنوب‌غربی رودخانه آمازون را ناشی از فعالیت‌های نئوتکتونیک ارزیابی نمودند. روس جی[3] و همکاران (۲۰۰۲) باسن سنجی رسوب‌های، تکامل رودخانه نورفولک انگلستان را در دوره اخیر زمین‌شناسی و در ارتباط با فعالیت‌های نئوتکتونیک بررسی نمودند. فورتس و همکاران (۲۰۰۵) تکامل آبراهه‌های فرعی بالادست رودخانه پرانا در برزیل را ناشی از تکتونیک فعال دانستند. چیچ[4] و همکاران (۲۰۰۶) بامطالعه تأثیر دگرشکلی فعال به‌وسیله تحلیل الگوی زهکش در جلگه ساحلی تایوان دریافتندکه حرکت‌های تراست تا براثر حرکت‌های نئوتکتونیک باعث شکل‌گیری حرکت‌های موجی رودخانه شده است و حرکات غیرعادی موجی رودخانه نتیجه تکتونیک فعال است. پتروسکی[5] و تیمار[6] (۲۰۰۹) با تجزیه‌وتحلیل شاخص (S)، نقش گسلش را در تکامل و شکل‌گیری کانال رودخانه کو روس واقع در مرز رومانی و مجارستان مؤثر دانستند. ده بزرگی همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک ناحیه سروستان در بخش زاگرس مرکزی را مطالعه کرده‌اند و این ناحیه را به چهار منطقه به لحاظ فعالیت‌های نو زمین‌ساختی به‌صورت بسیار فعال، فعال و نسبتاً فعال با فعالیت بسیار پایین طبقه‌بندی نموده‌اند صفر آنوپ[7] و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از تجزیه‌وتحلیل ژئومورفومتریک و محاسبه‌ی شاخص‌های ژئومورفیک نشان دادند که زمین‌ساخت فعال از عوامل مهم حاکم بر چشم‌انداز دره اسپیتی در شمال‌غرب هیمالیا است و تغییرات توپوگرافی آن در ارتباط با زمین‌ساخت فعال و نقش سایر عوامل مؤثر است. گیکونیا[8] و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک AF، Smf، VF، Hi، Hc، SL ، فعالیت‌های زمین‌ساختی مؤثر بر تغییر شکل آبراهه‌ها و دامنه‌های سیرا در جنوب‌شرق اسپانیا را مربوط به دو منطقه‌ی گسلی، گسل معکوس از خطالرأس به سمت شمال و شرق و دیگری گسل نرمال از خطالرأس به‌طرف جنوب می‌دانند. در مورد تأثیر بالا آیی تکتونیکی ابرین، پنسولیا ویوینا[9] و همکاران (۲۰۱۳) مطالعه کرده‌اند و پیدایش شکاف‌ها در سازندهای سخت و شکل‌گیری تراس در کنار دره‌های رودخانه مؤنو در نتیجه‌ی فرو رفتن رودخانه در بستر آبرفت‌ها را با استفاده از عکس‌های هوایی و کارهای ژئومورفومتری در غالب نقشه‌ها به‌خوبی نشان داده‌اند. برای اولین بار زائولاین[10] و همکاران (۲۰۱۳) با بهره‌مندی از داده‌های پیمایشی استاندارد شده

1- Delcaillau
2- Krzyszkowski
3- Rose
4- Chich
5- Petrovszki
6- Timár
7- Anoop
8- Giaconia
9- Viveena
10- Zhou Lina

www.SID.ir

Archive of SID

سنجش‌ازدور LIDAR باقدرت تفکیک ۰/۲۵ تا ۱۰ متر موفق به شناسایی تشخیص گسل‌های جدید، گسل‌های فعال، دیگر عارض‌های ژئومورفیک شدند و قدرت تفکیکی ۰/۵ متر را بهترین قدرت تفکیکی این سنجنده‌ها در شناسایی عوارض ژئومورفولوژی عنوان کرده‌اند. همچنین، لاتروبس[1]، شارما[2] و راجامانی[3] (۲۰۰۰)، اسکورل[4] و ولدکمپ[5] (۲۰۰۳) و سریواسترا[6] و میسرا[7] (۲۰۰۸) پژوهش‌های ارزشمندی در این رابطه به انجام رسانیدند. از میان دیگر پژوهشگران، کرمی و همکاران (۱۳۸۳)، مختاری (۱۳۸۴)، گورابی و همکاران (۱۳۸۶)، وحدتی (۱۳۸۶)، مفاخریان (۱۳۸۶)، مقصودی و همکاران (۱۳۸۷)، یمانی و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک به بررسی اثر فعالیت‌های تکتونیکی بر مورفولوژی سامانه رودخانه‌ای پرداختند و این شاخص‌ها را ابزاری مفید در این زمینه ارزیابی نمودند. پوکرمانی و همکاران (۱۳۸۲) در پژوهشی جابه‌جایی و قطع‌شدگی آبراهه‌ها را از پدیده‌های ژئومورفولوژیکی گسل تبریز دانسته‌اند. رجایی و همکاران (۱۳۸۳) در مطالعه نقش تکتونیک در تحول ژئومورفولوژیکی پای کوه‌های شمالی کوه بزقوش، دریافتندکه آبراهه‌های رتبه پایین با روند گسل‌های منطقه همبستگی دارند. در مطالعه‌ای که راد فرو همکاران (۱۳۸۴) در مورد مورفوتکتونیک گسل کوه‌بنان در ایران مرکزی انجام دادند، جابه‌جایی عرضی، ارتفاعی، کج شدگی رودخانه‌ها، آبراهه‌ها و پادگانه‌های رودخانه‌ای را از لند فرم‌های ثانویه فعالیت گسل کوهبنان دانسته‌اند. نگهبان و همکاران (۱۳۸۴) در مطالعه آبراهه‌های دو طرف گسل نصرت‌آباد، دریافتند که گسل مذکور با مکانیسم امتدادی راست‌گرد و مؤلفه فشاری و صفحه گسلی با شیب خاوری با میانگین ۸۰–۷۰ درجه باعث بالاآمدگی در خاور گسل و کنترل توزیع آبراهه‌ها در دو سمت آن شده است. روستایی و نیری (۱۳۹۰) در مورد فعالیت‌های نو زمین‌ساختی به تجزیه‌وتحلیل نیمرخ طولی رودخانه‌ی مهاباد با بهره‌مندی از شاخص‌های ژئومورفومیک پرداختند و بالاآمدگی بخش جنوبی و جنوب‌غرب در ارتباط با گسل فعال پیرانشهر و زون خرد شده زاگرس را بررسی نموده‌اند. در این پژوهش اتی سعی شده تا میزان فعالیت‌های تکتونیکی منطقه از طریق شاخص‌های ژئومورفیک و مورفولوژی رودخانه‌ها موردبررسی قرار گیرد تا وضعیت نواحی مختلف حوضه از نظر فعالیت تکتونیکی مشخص شود.

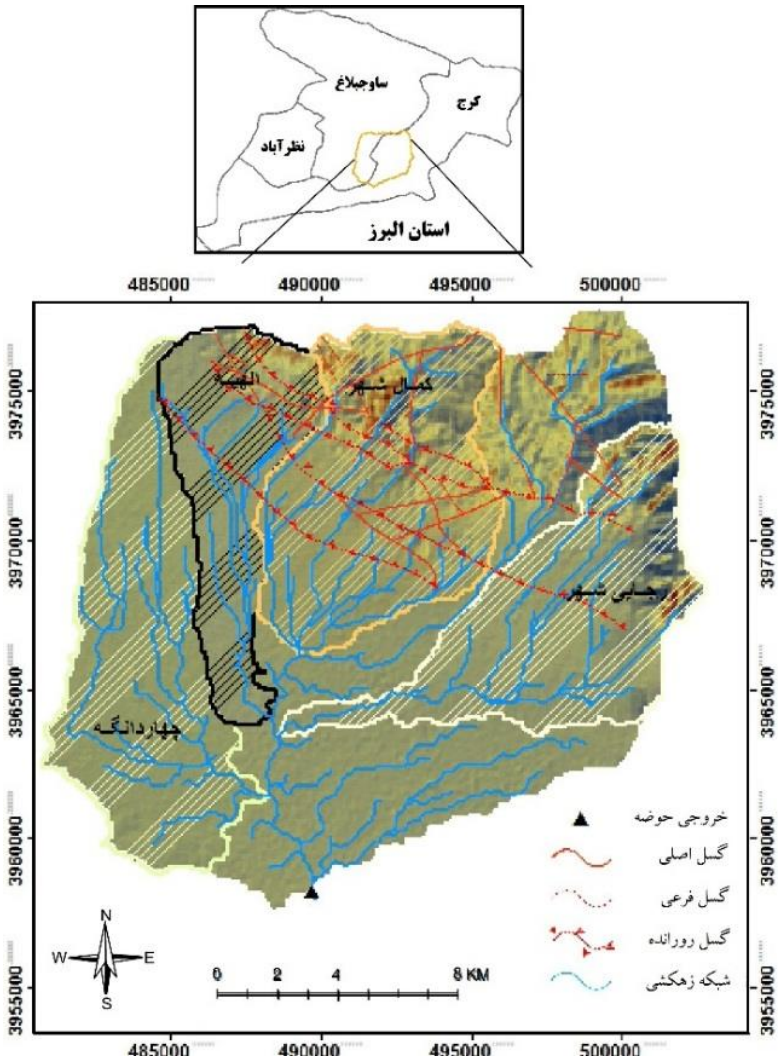
منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه در استان البرز و بخش غربی شهر کرج در بالادست مهرشهر واقع‌شده است که به چهار زیر حوضه رجایی شهر، کمال شهر، الهیه و چهاردانگه تقسیم شده است (شکل ۱). متوسط ارتفاع حوضه ۱۴۳۱ متر، پایین‌ترین نقطه ارتفاعی آن ۱۲۲۰ متر در خروجی حوضه و بالاترین نقطه ارتفاعی در شمال‌شرقی حوضه با ۲۴۱۴ متر ارتفاع از سطح دریا است و ۳۲۶ کیلومترمربع مساحت دارد. شکل حوضه از نوع درختی و رودخانه اصلی آن ۲۷/۷ کیلومتر طول دارد.

1- Latrubesse
2- Sharma
3- Rajamani
4- Schoorl
5- Veldkamp
6- Srivastava
7- Misra

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: منطقه موردمطالعه

داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش با استفاده از شاخص‌های AF، SL، S، BR، P، T، Smf و Hi، نو زمین‌ساخت و اثر آن بر دره‌ها و مسیر رودخانه‌ها بررسی شده است. برای این منظور ابتدا حوضه‌ها و زیر حوضه‌ها و شبکه‌های زهکشی توسط نرم‌افزار WMS استخراج و برای تحلیل و بررسی به نرم‌افزار Arc GIS منتقل شدند و با استفاده از لایه‌هایی مانند مدل رقومی ارتفاع (DEM) و گسل‌ها و ...، تحلیل شدند. پارامترهای مربوط به شاخص‌ها نیز از طریق همین نرم‌افزارها به دست آمد و سپس با توجه به مقادیر شاخص‌های تکتونیکی به‌دست‌آمده، میزان فعالیت تکتونیک نسبی منطقه موردمطالعه ارزیابی و مورد تحلیل قرار گرفت. برای بررسی دقیق‌تر و مقایسه نتایج حاصل از به‌کارگیری شاخص‌های مورفوتکتونیکی، حوضه کرج در بالادست مهرشهر به چهار زیر حوضه تقسیم شده است (شکل ۱). تکنیک کار به روش تحلیلی – مقایسه‌ای است که با استفاده از تکنیک‌های ژئومورفولوژی به تجزیه‌وتحلیل نئوتکتونیک در حوضه کرج پرداخته می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها

شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (AF)؛

شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی تغییرات انحراف عمودی مسیر آبراهه را نشان می‌دهد (همدونی[1]، ۲۰۰۸). این معادله بدین‌صورت بیان می‌شود:

$$AF = 100(\frac{Ar}{At})$$

AF= عامل عدم تقارن حوضه Ar= مساحت سمت راست حوضه در سمت راست آبراهه اصلی At= مساحت کل حوضه؛

این شاخص برای تشخیص وجود کج شدگی در حوضه‌های زهکشی براثر فعالیت‌های تکتونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مناطق دارای شرایط تکتونیکی فعال به دلیل تأثیرات توپوگرافی حاصل از فرایش در یک‌سو و به‌تبع آن ایجاد فرونشست در سوی دیگر، طول آبراهه‌های فرعی در منطقه یا اطراف بالا آمده بیشتر از همین طول در سمت مقابل خواهد بود (سلیمانی، ۱۳۷۷). برای رودخانه‌های در حال تعادل که تداوم جریان در حالت ثباتی وجود دارد، AF برابر ۵۰ است که این خود بیانگر وجود تقارن زهکش‌های فرعی نسبت به آبراهه‌های اصلی و در نتیجه، فقدان کج شدگی براثر بالا آمدگی خواهد بود. مقادیر بیشتر از ۵۰ بیانگر عمل بالاآمدگی در ساحل راست و کمتر از ۵۰ بیانگر بالاآمدگی در ساحل چپ آبراهه اصلی است (شکل ۲). مقادیر AF برای حوضه موردمطالعه در جدول ۱ آمده است. با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده در حوضه موردمطالعه فعالیت نو زمین‌ساختی در منطقه وجود دارد به‌طوری‌که در کل حوضه بالاآمدگی ساحل چپ و فرونشست در ساحل راست حوضه است و در زیر حوضه‌ها بالاآمدگی در ساحل راست رودخانه وجود دارد. در بین زیر حوضه‌ها، حوضه کمال شهر دارای فعال‌ترین نو زمین‌ساخت هست.

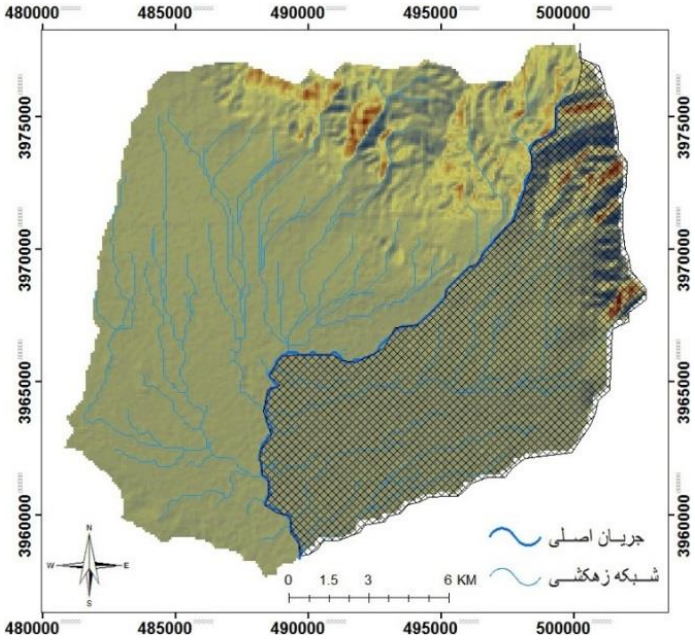
جدول ۱: مقادیر شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی

زیر حوضه	Ar(km^2)	At(km^2)	AF	وضعیت زمین‌ساخت
چهاردانگه	۴۰	۶۵	۶۱	فعال
الهیه	۲۵	۳۹	۶۳	فعال
کمال شهر	۴۶	۶۴	۷۱	فعال
رجایی شهر	۳۷	۶۰	۶۱	فعال
کل حوضه	**۱۱۷**	**۳۲۶**	**۳۵**	**فعال**

1- Hamdouni

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲: عدم تقارن حوضه زهکشی کرج (بالادست مهرشهر)

شاخص گرادیان طولی رودخانه (SL)

شاخص SL یک روش عملی برای اندازه‌گیری تغییرات ناگهانی شیب در مسیر طولی بستر رودخانه است. زیرا جریان آب نسبت به تغییرات به وقوع پیوسته در شیب بستر حساسیت نشان می‌دهد (ترونی[1]، ۲۰۰۸).

این شاخص با استفاده از معادله زیر به دست می‌آید:

$$SL = (\frac{\Delta H}{\Delta Lr}) \times LSC$$

SL =شاخص شیب طولی رودخانه ΔH=اختلاف ارتفاع؛

ΔLr= طول افقی رودخانه از سرچشمه تا خروجی Lsc= طول آبراهه؛

شاخص SL یک روش مفید برای پی بردن به نحوه‌ی عملکرد و جابجایی ناشی از نیروهای زمین‌ساخت است (چن[2]، ۲۰۰۳).

پارامترهای مورد نظر از طریق نرم‌افزارهای WMS و Arc GIS اندازه‌گیری و میانگین کل SL در هر زیر حوضه به دست آمد. آستانه‌های این شاخص در سه کلاس طبقه‌بندی می‌گردد مقادیر ۵۰۰ <SL زمین‌ساخت فعال، ۵۰۰> ۳۰۰SL> با فعالیت متوسط و ۳۰۰>SL مناطق غیرفعال است (ده بزرگی، ۲۰۱۰). شاخص SL به تغییرات شیب رودخانه بسیار حساس است. این حساسیت برآورد میزان روابط موجود بین فعالیت‌های تکتونیکی، مقاومت سنگ و توپوگرافی را امکان‌پذیر می‌سازد. این شاخص در مناطقی که بستر رودخانه در سنگ‌های سخت قرار دارد افزایش می‌یابد.

1-Troiani
2- Chen

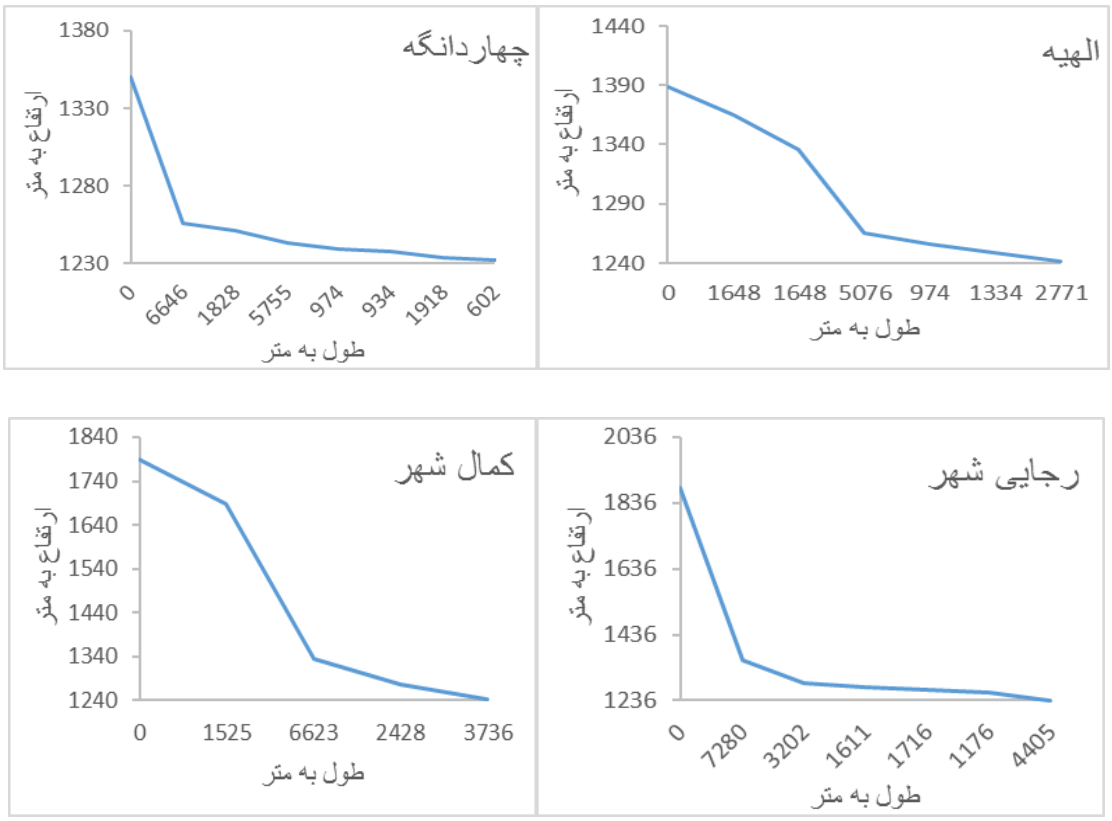
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: مقادیر شاخص SL در حوضه کرج (بالادست مهرشهر)

زیر حوضه	$\Delta H\ (m)$	$\Delta Lr\ (m)$	*LSC (m)*	*SL*	وضعیت زمین‌ساخت
چهاردانگه	۲۴۳	۱۵۶۹۰	۱۸۶۹۰	۲۸۹	نسبتاً فعال
الهیه	۷۸۵	۱۳۱۰۰	۱۳۴۵۰	۸۰۶	فعال
کمال شهر	۷۵۷	۱۲۳۱۰	۱۴۳۱۰	۸۸۰	فعال
رجایی شهر	۱۱۷۸	۱۶۶۴۰	۱۹۳۷۰	۱۳۷۱	فعال
کل حوضه	**۱۱۹٤**	**۲۲۰۸۰**	**۲۷۷۰۰**	**۱٤۹۷**	**فعال**

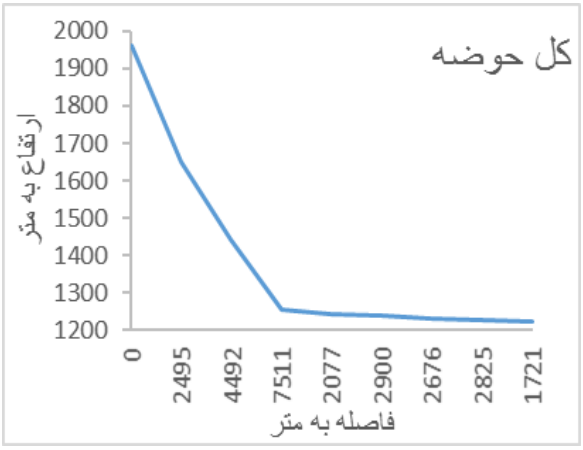
مقدار SL حاکی از بالاآمدگی و فعالیت‌های شدید نئوتکتونیکی در منطقه است. با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده، تمام زیر حوضه‌ها از نظر زمین‌ساختی فعال می‌باشند و شدیدترین فعالیت‌ها مربوط به زیر حوضه رجایی شهر است.



شکل ۳: نیمرخ طولی رودخانه اصلی زیر حوضه‌های کرج (بالادست مهرشهر)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤: نیمرخ طولی رودخانه کرج (بالادست مهرشهر)

شاخص پیچ‌وخم رودخانه اصلی (S)

ضریب سینوسیته شاخص دیگری است که برای بررسی تغییرات بستر رودخانه و فعالیت‌های نئوتکتونیک استفاده می‌شود. تغییرات سینوسیته در یک سامانه رودخانه‌ای به‌طور معمول ناشی از افزایش و فرونشست‌هایی است که در بستر رودخانه روی می‌دهد، حتی مقادیر اندک دگرشکلی می‌تواند سینوسیته یک رودخانه را تغییر دهد (زامولی[1] و همکاران، ۲۰۰۹). هر دگرشکلی زمین‌ساختی که نشیب دره رودخانه را تغییر دهد، سینوسیته رود هم‌تراز آن و برای حفظ تعادل نشیب کانال تغییر می‌کند. متناسب با تغییرات تکتونیکی که به تغییر شیب دره رودخانه منجر می‌شود، برای حفظ تعادل شیب رودخانه، پیچ‌وخم رودخانه نیز جابه‌جا می‌شود. این شاخص از نسبت طول کانال به فاصله مستقیم همان مسیر به دست می‌آید:

$$S = \frac{La}{Ls}$$

S = ضریب سینوسیته La = طول رودخانه Ls = طول مستقیم دره

هرگاه مقدار این پارامتر به یک نزدیک باشد، بیانگر زون فعال از نظر تکتونیکی است. افزایش در مقدار آن (S≥۱) بیانگر کاهش در فعالیت تکتونیکی منطقه و حاکی از نزدیک شدن رودخانه به حالت تعادلی است. با بررسی‌های انجام گرفته میزان سینوسیته رودخانه از ۱/۰۵ در زیر حوضه الهیه تا ۱/۱ در زیر حوضه چهاردانگه متغیر است (جدول ۳). با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده فوق می‌توان نتیجه گرفت که منطقه موردمطالعه از نظر تکتونیکی فعال بوده و به حالت تعادل نرسیده و این مسئله در مناطق شمالی حوضه مشهودتر است؛ همچنین نیروهای درونی و زمین‌ساختی در تحول مورفولوژی منطقه نقش بسزایی دارند.

1- Zámolyi

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: شاخص S رودخانه در زیر حوضه‌های کرج (بالادست مهرشهر)

زیر حوضه	La(km)	Ls(km)	S	وضعیت زمین‌ساخت
چهاردانگه	۱۸/۶	۱۶/۹	۱/۱	فعال
الهیه	۱۳/۴	۱۲/۷	۱/۰۵	فعال
کمال شهر	۱۴/۳	۱۳/۴	۱/۰۶	فعال
رجایی شهر	۱۹/۳	۱۸	۱/۰۷	فعال
کل حوضه	**۲۷/۷**	**۲٦**	**۱/۰٦**	**فعال**

انشعاب پذیری (Br)

شاخص انشعاب پذیری، به نسبت تعداد قطعه‌های یک رده به تعداد قطعه‌های مرتبه بالاتر گفته می‌شود. این نسبت به علت تغییرهای تصادفی در هندسه حوضه آبریز دقیقاً از مرتبه‌ای به مرتبه دیگر یکسان نخواهد بود، اما تمایل دارد در تمام سری‌ها ثابت باشد. نسبت انشعاب پایین از ویژگی‌های حوضه‌هایی است که آشفتگی‌های ساختاری در آن‌ها کمتر است و الگوی زهکشی در آن‌ها، نرمال (زرگر زاده و همکاران، ۱۳۸۶). حوضه‌های دارای نسبت انشعاب بالا از لحاظ فعالیت‌های تکتونیکی فعال‌اند و این امر باعث افزایش آبراهه‌های رتبه پایین می‌گردد. نسبت انشعاب برای هر رده از آبراهه از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$BR = \frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_3} + \frac{n_3}{n_4} + \cdots + \frac{n_i - 1}{n_i}) \frac{1}{i-1}$$

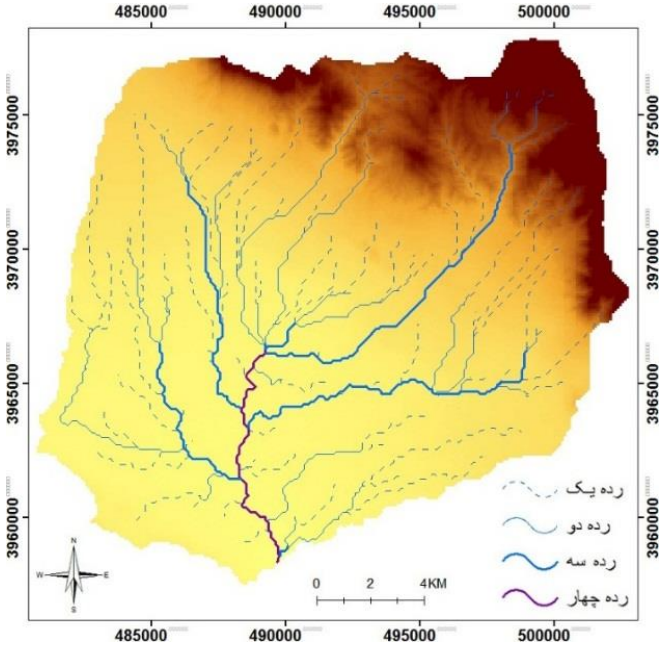
نسبت انشعاب کل حوضه و زیر حوضه‌های چهارگانه نشان از نسبت انشعاب بالا در رده‌های پایین دارد که بیانگر عدم تکامل شبکه زهکشی و فعال بودن ساختارهای حوضه است، زیرا آبراهه‌های رتبه پایین بیشتر تحت تأثیر گسل‌ها قرار می‌گیرند و اکثر آبراهه‌های موجود در زون‌های گسلی، جوان و دارای رتبه‌های پایین‌اند و این نشان‌دهنده تأثیرپذیری نسبت انشعاب از ساختارهای زمین‌ساختی در هر منطقه است. در بین زیر حوضه‌ها، زیر حوضه رجایی شهر بیشترین و زیر حوضه کمال شهر کمترین فعالیت زمین‌ساختی را نسبت به هم دارند.

جدول ٤: شاخص BR در زیر حوضه‌های کرج (بالادست مهرشهر)

زیر حوضه	n_1	n_2	n_3	n_4	BR	وضعیت زمین‌ساخت
چهاردانگه	۱۹	۴	۱	۰	۴/۳	فعال
الهیه	۱۲	۳	۱	۰	۳/۵	فعال
کمال شهر	۱۹	۵	۲	۱	۲/۷	نسبتاً فعال
رجایی شهر	۱۹	۶	۱	۰	۴/۵	فعال
کل حوضه	**۹۳**	**۲٤**	**٦**	**۱**	**٤/٦**	**فعال**

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: رده‌بندی شبکه زهکشی حوضه موردمطالعه به روش استرالر

شاخص تراکم سطحی آبراهه‌ها (P)

این عامل از تقسیم طول شبکه هیدرو گرافی حوضه (شامل شبکه‌های اصلی و فرعی) به مساحت حوضه به دست می‌آید و شاخص مفیدی برای ارزیابی و شناسایی نئوتکتونیک در حوضه‌های زهکشی به شمار می‌آید. در این شاخص هرچه ضریب تراکم بیشتر باشد، بیانگر تکتونیک فعال و حساسیت زیاد سازندها و تشکیلات زمین‌شناسی موجود در حوضه است. همچنین، نشان از جوان بودن نرسیدن به مرحله تعادل حوضه زهکشی دارد. این شاخص از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{\sum L_i}{A}$$

P = تراکم زهکشی L_i = طول آبراهه‌ها A = مساحت حوضه؛

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برای زیر حوضه‌های مختلف، زیر حوضه رجایی شهر فعالیت تکتونیکی بیشتری دارد (جدول ۵).

جدول ۵: شاخص P در زیر حوضه‌های کرج (بالادست مهرشهر)

زیر حوضه	L_i(km)	$A\ (km^2$	P	وضعیت زمین‌ساخت
چهاردانگه	۶۹/۷	۶۵/۱	۲/۹	فعال
الهیه	۴۲/۹	۹۳/۳	۳/۳	فعال
کمال شهر	۷۱/۱	۶۴/۷	۳	فعال
رجایی شهر	۵۸/۸	۶۰/۴	۳/۵	فعال
کل حوضه	**۳۳۳/٦**	**۳۲٦/۲**	**۲/۹**	**فعال**

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص تقارن توپوگرافی معکوس (T)

شاخص تقارن توپوگرافی معکوس یکی از شاخص‌هایی است که جهت بررسی فعالیت‌های نو زمین‌ساختی در مناطق کوهستانی استفاده می‌شود. این شاخص از معادله زیر به دست می‌آید:

$$T = \frac{D_a}{D_d}$$

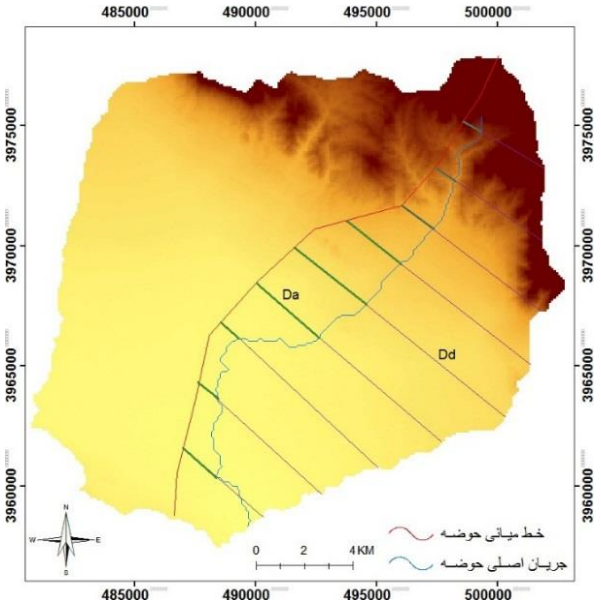
T = عامل تقارن توپوگرافی Da = فاصله بین خط میانی حوضه تا کمربند مئاندر؛

Dd = فاصله بین خط میانی حوضه و خط تقسیم آب.

برای محاسبه شاخص تقارن توپوگرافی معکوس (T) ابتدا خط میانی حوضه زهکشی ترسیم شد سپس پارامترهای Da و Dd تعیین و با استفاده از این معادله برآورد شد. T برداری است با جهت و مقدار ۰ – ۱ که برای حوضه‌های کاملاً متقارن صفر است. با افزایش عدم تقارن، شاخص توپوگرافی T افزایش پیدا می‌کند و درنهایت به ۱ نزدیک می‌شود. با توجه به جدول ۶ حوضه کرج از نظر توپوگرافی نامتقارن و از لحاظ زمین‌ساخت فعال است و بیشترین عدم تقارن توپوگرافی فعالیت زمین‌ساختی مربوط به زیر حوضه چهاردانگه و کمترین آن مربوط به زیر حوضه رجایی شهر است.

جدول ٦: شاخص T زیر حوضه‌های کرج (بالا دست مهرشهر)

زیر حوضه	D_a(km)	D_d(km)	T	وضعیت زمین‌ساخت
چهاردانگه	۱/۳	۲/۲	۰/۶	فعال
الهیه	۰/۶	۱/۴	۰/۴	فعال
کمال شهر	۱/۶	۳/۲	۰/۵	فعال
رجایی شهر	۰/۵	۱/۶	۰/۳	فعال
کل حوضه	**۱/۹**	**۷/۵**	**۰/۲**	**فعال**



شکل ٦: روش محاسبه شاخص T

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص پیچ‌وخم پیشانی کوهستان (Smf)

این شاخص تعادل بین نیروهای فرسایش دهنده و تکتونیکی را منعکس می‌کند. سینوسیته در یک جبهه کوهستانی مستقیم و صاف با یک گسل مرزی فعال دیده می‌شود. اگر نرخ بالاآمدگی کم یا متوقف شود، فرایندهای فرسایش، جبهه کوهستان را با بی‌نظمی بیشتر تخریب خواهند کرد و مقدار شاخص افزایش می‌یابد. هرگاه مقدار این پارامتر با یک برابر باشد، بیانگر زون فعال از نظر تکتونیکی است و افزایش در مقدار آن، بیانگر کاهش در فعالیت تکتونیکی منطقه است. شاخص سینوسی جبهه کوهستان از رابطه زیر به دست می‌آید:

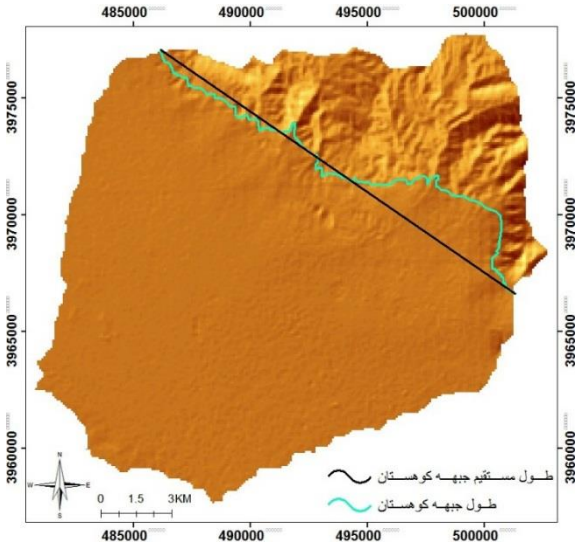
$$Smf = \frac{Lmf}{Ls}$$

Smf = شاخص سینوسی پیشانی کوهستان Lmf = طول جبهه کوهستان در امتداد کوهپایه در محل شکست شیب (خط کنیک) Ls = طول خط مستقیم جبهه کوهستان؛

با استفاده از این شاخص در محدوده‌هایی از منطقه موردمطالعه که مقدار پیچ‌وخم پیشانی کوهستان کمتر را نشان می‌دهند، مناطق فعال تکتونیکی هستند. با توجه به مقادیر میانگین شاخص Smf حوضه موردمطالعه جزو مناطق با فعالیت زیاد تکتونیکی محسوب می‌گردد. در این میان زیر حوضه الهیه با میزان شاخص ۱/۲۳ فعال‌ترین جبهه کوهستانی از نظر تکتونیکی محسوب می‌شود (جدول ۷).

جدول ۷: شاخص Lmf زیر حوضه‌های کرج (بالا دست مهرشهر)

زیر حوضه	Lmf (km)	Ls (km)	Smf	وضعیت زمین‌ساخت
چهاردانگه	-----	-----	-----	-----
الهیه	۶/۱	۵	۱/۲۳	فعال
کمال شهر	۹	۶/۴	۱/۳۷	فعال
رجایی شهر	۶/۲	۵	۱/۲۴	فعال
کل حوضه	**۲۶/۵**	**۱۸/٤**	**۱/٤٤**	**فعال**



شکل ۷: روش محاسبه شاخص Smf

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص انتگرال هیپسومتری (Hi)

تجزیه‌وتحلیل سطوح ارتفاعی از طریق محاسبه انتگرال هیپسومتریک از ساده‌ترین راه‌ها برای شناخت میزان فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌های زهکشی به شمار می‌آید. انتگرال هیپسومتریک حوضه به‌وسیله مساحت زیر منحنی هیپسومتریک مشخص می‌شود. این شاخص از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Hi = \frac{H_{mean} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$$

H_{mean}= ارتفاع متوسط حوضه H_{min}= حداقل ارتفاع حوضه H_{max}= حداکثر ارتفاع حوضه.

مقادیر بالای انتگرال هیپسومتریک (نزدیک ۰/۵) بیانگر توپوگرافی جوان و وجود پستی‌وبلندی زیاد نسبت به میانگین حوضه زهکشی است و با برش‌های عمیق، برجستگی‌های ناهموار، سطوح بالاآمده و بریده شده توسط شبکه زهکشی مشخص می‌شود و هرچِ این رقم به صفر نزدیک باشد، گذر از مرحله بلوغ به پیری را شاهد هستیم که تعادل در فرایندهای ژئومورفیک و برجستگی‌های نسبتاً هموار از ویژگی‌های آن است. ارتباط بین انتگرال هیپسومتریک و درجه بریدگی باعث شده تا از این شاخص به‌عنوان معیاری برای تشخیص چرخه مرحله فرسایشی چشم‌انداز استفاده شود. با توجه به محاسبات صورت گرفته در جدول ۸ قسمت‌های شمالی حوضه (زیر حوضه کمال شهر) فعال‌ترین بخش از نظر فعالیت‌های تکتونیکی است. همچنین، در بخش‌های جنوب‌غربی (زیر حوضه چهاردانگه) شاهد گذر از مرحله بلوغ هستیم و بین فرایندهای ژئومورفیک تعادل نسبی در مقایسه با سایر مناطق برقرار است. شاخص Hi به‌طورکلی بر جوانی حوضه آبخیز کرج (بالادست مهرشهر) دلالت دارد.

جدول ۸: شاخص Hi در زیر حوضه‌های کرج (بالادست مهرشهر)

زیر حوضه	Hmean (m)	Hmin (m)	Hmax (m)	Hi
چهاردانگه	۱۲۷۴	۱۲۲۹	۱۴۷۲	۰/۱۸
الهیه	۱۳۹۸	۱۲۳۵	۲۰۲۰	۰/۲
کمال شهر	۱۵۰۴	۱۲۴۳	۲۰۰۰	۰/۳۴
رجایی شهر	۱۵۰۲	۱۲۳۶	۲۴۱۴	۰/۲۲
کل حوضه	**۱٤۳۱**	**۱۲۲۰**	**۲٤۱٤**	**۰/۱۸**

بحث و نتیجه‌گیری

حوضه آبخیز کرج از لحاظ ساختمانی به بخشی از زون البرز غربی تعلق دارد که ساختمان آن از رسوب‌های آذر – آواری ائوسن ساخته‌شده است و همچنین گسل‌های زیادی چینه‌ای آن را در امتداد طولی شکافته و پستی‌وبلندی‌های جدیدی در آن ایجاد کرده است؛ مانند پژوهش روستایی و نیری در سال ۱۳۹۰ که در مورد فعالیت نو زمین‌ساختی و به تجزیه‌وتحلیل نمیرخ طولی رودخانه مهاباد با بهره‌مندی از شاخص‌های ژئومورفیک پرداختند و بالا آمدگی بخش جنوبی و جنوب غربی را در ارتباط با گسل فعال پیرانشهر و زون خردشده زاگرس دانستند، وجود گسل‌های اصلی و رو رانده در منطقه موردمطالعه نیز حاکی از وجود فعالیت‌های تکتونیکی شدید در منطقه است. حرکات تکتونیکی باعث به وجود آمدن

www.SID.ir

Archive of SID

گسل‌های متعدد در جهات مختلف به خصوص در نواحی شمالی حوضه موردمطالعه شده است. فعالیت‌های گسل‌های منطقه، پیدایش پدیده‌های ژئومورفیک و شکل‌گیری سیمای توپوگرافیکی و شبکه‌های زهکشی فعلی منطقه را به دنبال داشته است. در این منطقه تکتونیک و کوهزایی تأثیر چشمگیری در ایجاد آبراهه‌ها داشته است. به‌طورکلی بر اساس نتایج این پژوهش سیمای توپوگرافیک و ژئومورفیک فعلی منطقه به‌شدت از فعالیت‌های زمین‌ساختی کواترنر متأثر شده و بر اساس شواهد موجود، فعالیت‌های زمین‌ساختی کواترنر مهم‌ترین نقش را در مورفولوژی شبکه آبراهه‌ها داشته‌اند. همچون مطالعه ده بزرگی و همکاران در سال ۲۰۱۰ که با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک ناحیه سروستان در بخش زاگرس مرکزی به مطالعه نو زمین‌ساخت منطقه پرداختند، ناحیه را به چهار منطقه به لحاظ فعالیت‌های نو زمین‌ساختی به‌صورت بسیار فعال، فعال، نسبتاً فعال و با فعالیت بسیار پایین طبقه‌بندی کردند، در این پژوهش نیز برای بررسی بهتر نو زمین‌ساخت، حوضه موردمطالعه به چهار زیر حوضه تقسیم شد و میزان فعالیت تکتونیکی در هر زیر حوضه موردبررسی قرار گرفت که نتایج و ارقام حاصل از به‌کارگیری شاخص‌های مختلف نشان‌دهنده فعال بودن تکتونیک در بخش‌های مختلف حوضه، به‌ویژه در بخش‌های بالادست (زیر حوضه‌های رجایی شهر و کمال شهر) است و همچنین در زیر حوضه غربی منطقه (زیر حوضه چهاردانگه) که از نظر پنج شاخص ژئومورفیک دارای فعالیت کم تکتونیکی نسبت به سایر زیر حوضه‌ها بوده است نشان از تعادل نسبی و گذر از مرحله بلوغ فرسایشی در این قسمت از حوضه است. به‌این‌ترتیب بین حرکات زمین‌ساخت و تغییرات زهکشی نوعی تعامل وجود دارد و واکنش سامانه‌های رودخانه‌ای به‌شدت و نوع این فعالیت‌ها و مورفومتری رودخانه وابسته است. درنهایت، شایان ذکر است که مدیریت پایدار سامانه رودخانه‌ای، بدون توجه به نحوه عملکرد فرایندهای ژئومورفیکی و نیز عدم مطالعه پیامدهای فعالیت‌های تکتونیکی، نمی‌تواند به نتیجه قابل انتظار دست یابد. درک درست تغییرات در مسیر جریان رودخانه‌ها و همچنین برنامه‌ریزی برای سازه‌های رودخانه‌ای مستلزم نگرش سیستمی به حوضه‌های آبخیز و اعتقاد به سوق یافتن کل سیستم به ایجاد برقراری تعادل است که گاه تغییرات طبیعی را برهم می‌زند.

منابع

۱- پور کرمانی، محسن، صدیق، حمید (۱۳۸۲): پدیده‌های ژئومورفولوژیکی حاصل از گسل تبریز، جغرافیا توسعه شماره ۲.

۲- راد فر، شهباز، پور کرمانی، حسن (۱۳۸۴): ریخت زمین‌ساخت گسل کوه بانان، مجله علوم زمین، شماره ۵۸.

۳- روستایی، شهرام؛ هادی نیری (۱۳۹۰): ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی با استفاده از نیمرخ طولی در حوضه آبریز مهاباد، جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشکده علوم انسانی و اجتماعی. دانشگاه تبریز. شماره ۳۶.

۴- زرگر زاده، مرضیه، رنگ زن، کاظم، چرمچی، عباس، آبشیرینی، احسان (۱۳۸۶): مطالعه تکتونیک فعال منطقه زاگرس با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و پارامترهای مورفومتریک در محیط GIS و دورسنجی، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور.

www.SID.ir

Archive of SID

۵- سلیمانی، شهریار (۱۳۷۷): رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیکی فعال و جوان (با نگرشی بر مقدمات دیرینه‌شناسی)، انتشارات موسسه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، چاپ اول، تهران.
۶- کرمی، فریبا و عبدالحمید رجایی اصل (۱۳۸۳): نقش زمین‌ساخت در تحول زمین‌ریخت‌شناسی پایکوهای شمالی کوه بزقوش، علوم زمین، شماره ۱۱، صص ۶۸ – ۷۷.
۷- گورابی، ابوالقاسم، نوحه‌گر، احمد (۱۳۸۶): شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۹، صص ۱۷۷ – ۱۹۶.
۸- مختاری، د (۱۳۷۶): تحلیل برخی از مسائل مورفودینامیک دامنهٔ شمالی میشو و دشت سیلابی کشکسرای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
۹- مختاری کشکی، داوود (۱۳۸۴): نقش نو زمین‌ساخت در تکامل سامانه‌های رودخانه‌ای در کواترنر (مطالعه موردی رودخانه‌های دامنه‌های شمالی میشو)، علوم زمین، ۱۵، صص ۶۴ – ۷۷.
۱۰- مختاری، د (۱۳۸۱): الف -عوامل مؤثر در گسترش و تکامل مخروط افکنه‌های آواترنری در دامنه شمالی میشو داغ (آذربایجان- ایران) و ارزیابی توان‌های محیطی آن، پایان‌نامه دور دکتری دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
۱۱- مفاخریان، سید علی، پور کرمانی، محسن (۱۳۸۶): اثرات تکتونیک پویا در منطقه خرم‌آباد، علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۷، صص ۸۱ – ۹۰.
۱۲- مقصودی، مهران، کامرانی، حمید (۱۳۸۷): ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه تجن، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۹، صص ۳۷ – ۵۵.
۱۳- نگهبان، مهدی، خطیب، محمدمهدی (۱۳۸۴): بررسی تکتونیک فعال به روش تراکم سنجی آبراهه‌ها در اطراف گسل نصرت‌آباد (خاور ایران)، بیست و دومین همایش زمین‌شناسی، سازمان زمین‌شناسی کشور.
۱۴- وحدتی، دانشمند و همکاران (۱۳۸۶): نو زمین‌ساخت سپیدرود و دشت گیلان، علوم زمین، ۱۷، صص ۱۲ – ۲۵.
۱۵- یمانی، مجتبی، مقیمی، ابراهیم، تقیان، علیرضا (۱۳۸۷): ارزیابی تأثیرات نو زمین‌ساخت فعال در دامنه‌های کرکس با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی، تحقیقات جغرافیایی، ۲۳، صص ۱۱۷ – ۱۳۶.

16- Anoop, A. Prasad, S. Basavaiah, N. Brauer, A. Shahzad, F. Deenadayalan, K (2011): Tectonic Versus Climate Influence on Landscape Evolution: A Case Study From The Upper Spite Valley, NW Himalaya, Geomorphology 145-146.
17- Chich, C. Shan Chen, W. Wu, L. Lin. C. (2006): Active Deformation Front Delineated by Drainage Pattern Analysis and Vertical Movement Rates, South Western Coastal Plain Taiwan, Journal of Asian Earth Sciences.
18- Chieh Chen, Y. Sungb, Q. Yu Cheng, K (2003): Along-Strike Variations of Morph Tectonic Features in The Western Foothills of Taiwan: Tectonic Implications Based on Stream-Gradient and Hypsometric Analysis, Geomorphology 56.
19- Deh Bozorgi, M. Pour kermani, M. Arian, M. Matkan, A. A. Motamedi, H. Hosseini Asl, (2010): Quantitative Analysis of Relative Tectonic Activity in The Sarvestan Area, Geomorphology 121.
20- Delcaillau, B. Deffontaines, B. Floissac, L. Angelier, J. Deramond, J. Souquet, P. Chu, H.T. Lee f, J. F (1998): Morphotectonic Evidence From Lateral Propagation of An Active Frontal Fold, Pakuashan Anticline, Foothills of Taiwan,
21- Garcia-Melendez, E. Goy, J. L. Zazo, C. (2003): Neotectonics and Plio-Quaternary landscape Development Within The Eastern Huercal-Overa Basin (Betic Cordilleras, Southeast Spain): Geomorphology 50. p. 111- 133. Geomorphology 24.
22- Giaconia, F. Rea, G.B. Martinez, J. M. M. Azañón, J.M. Peña, J.V.P. Romero, J. P(2012): Geomorphic Evidence of Active Tectonics in The Sierra Alhamilla (eastern Betics, SE Spain),Geomorphology145-146.

www.SID.ir

Archive of SID

23- Guccione, M. J. Mueller, K. Champion, J. Shepherd, S. Carlson, S. D. Odhiambo, B. Tate, A, (2001): Stream Response to Repeated Coseismal Folding, Tiptonville Dome, New Madrid Seismic Zone. Geomorphology, 43, p. 313-349
24- Harvey, A. M. Wells, S. G. (1987): Response of Quaternary Fluvial System to Differential Epiorogenic uplift: Aguas and Feos River Systems, Southern Spain. Geology 15, p.689-693.
25- Harvey, A. M. Foster, G. Hannam, J. Mather, A. E. (2003): The Tabernacle Alluvial Fan and Lake System, Southeast Spain: Applications of Mineral Magnetic and Pedogenic Iron Oxide Analyses Towards Clarifying The Quaternary Sediment Sequences: Geomorphology 50. p. 151-171. Geomorphology 50. p. 203-225.
26- Krzyszkowski, D. Przybylski, B. Badura, J. (2000): The Role of Neotectonics and Glaciation on Terrace Formation Along The Nysa Kodzka River in The Sudeten Mountains (Southwestern Poland), Geomorphology, Volume 33, Issues 3-4, pp149-166.
27- Latrubesse, E. Alceu Rancy. A(2000): Nontectonic Influence on Tropical Rivers of Southwestern Amazon During The Late Quaternary: The Moa and Ipixuna River Basins, Brazil, Quaternary International, Volume 72, Issue 1, pp67-72.
28- Petrovszki, J. Timár. G (2009): Channel Sinuosity of The Körös River System, Hungary/Romania, as Possible Indicator of The Nontectonic Activity, Geomorphology, In Press, Corrected Proof, Available online.
29- Rose, J. & et. al(2002):Early and Early Middle Pleistocene River, Coastal and Nontectonic Processes, Southeast Norfolk, England, Proceedings of The Geologists' Association, Volume 113, Issue 1, pp 47-67.
30- Schoorl, J. M. Veld kamp, A. 2003- Late Cenozoic Landscape Development and Its Tectonic Implications for The Guadalhorce Valley Near Arora (Southern Spain): Geomorphology 50. p. 43-57.
31- Schumm, S. A. (1977): The Fluvial System. Wiley, New York, 338 pp.
32- Schumm, S. A. (1986): Alluvial River Response to Active Tectonics. In: Active Tectonics: Studies in Geophysics. National Academy Press, Washington DC.
33- Sharma, A. Raja Mani, V. (2000): Weathering of Gneissic Rocks in The Upper Reaches of Cauvery River, South India: Implications to Geotectonic of The Region, Chemical Geology, Volume 166, Issues 3-4, Pages 203-223.
34- Snyder, N. P. Whipple, K. X. Tucker, G. E. Merits, D. J. (2003): Channel Response to Tectonic Forcing: Field Analysis of Stream Morphology and Hydrology in The Mendocino Triple Junction Region, Northern California: Geomorphology 53.p.97-127.
35- Srivastava, P. Misra D. K. (2008): Morpho-Sedimentary Records of Active Tectonics at The Kameng River Exit, NE Himalaya, Geomorphology, Volume 96, Issues 1-2, pp. 187-198.
36- Stevens, G. R. (1974): Rugged Landscape, The Geology of Central New Zealand. A. h. and A.W. Reed, Wellington, 286 pp.
37- Stokes, M. Mather, A. E. (2003): Tectonic Origin and Evolution of Transverse Drainage: The Rio Almanza, Betic Cordillera, South East Spain: Geomorphology 50. p. 59-81.
38- Troiani, F. Della Seta, M (2008): The Use of The Stream Length–Gradient Index in Morphotectonic Analysis of Small Catchments: A Case Study From Central Italy, Geomorphology 102.
39- Viveena, W. b, Schoorla, J.M. Veldkampc, A. van Balend, R.T. Desperate, S. Vidal-Romanib, J.R. (2013): Reconstructing The Interacting Effects of Base Level, Climate, and Tectonic Uplift in The Lower Miño River Terrace Record: A Gradient Modelling Evaluation.
40- Wallace, R.E. (1967): Note on Stream Channel Offset By The San Andreas Fault, Southern Coast Range, California. Stanford Univ. Publ. (Geol. Sci.) 11. p. 6-20.
41- Zámolyi, A. Székely, B. Draganits. E, Timár. G (2009): Neo Tectonic Control on River Sinuosity at The Western Margin of the Little Hungarian Plain, Geomorphology, In Press, Corrected Proof, Available Online. Pages1-13

www.SID.ir

Archive of SID

42- Zhou Lina. B, Heitaro Kanedac. B, Sakae Mukoyamad, Norichika Asadad, Tatsuro Chibae, (2013): Detection of Subtle Tectonic–Geomorphic Features in Densely Forested Mountains By Very High-Resolution Airborne Lid AR Survey. Geomorphology, Volume 182.

www.SID.ir