

ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساخت در حوضه‌های آبخیز غرب استان گیلان

رفعت شه‌ماری* - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آستارا، آستارا، ایران.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۱۱ تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۰۶/۲۱

چکیده

در تحلیل مفهوم نو زمین‌ساخت مناطق سطح زمین، بیشترین تمرکز بر مطالعه فرآیندهای پویا و اثرگذار بر شکل‌دهی یا تغییر شکل لندفرم‌ها و پدیده‌های زمین می‌باشد. از این رو، اشکال ژئومورفولوژیکی در برابر فعالیت‌های زمین‌ساختی بسیار حساس بوده و در اثر این حرکات تغییر می‌کنند. هدف از این پژوهش بررسی وضعیت نو زمین‌ساخت با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی همچون تحلیل نقش عوامل تکتونیکی در شکل‌گیری و تحول مورفولوژی محدودده تحقیق می‌باشد. برای ارزیابی و تحلیل فعالیت‌های نو زمین‌ساختی در هر یک از این حوضه‌ها از طریق شاخص‌های ژئومورفولوژیکی از جمله: شاخص شکل حوضه (Bs)، شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (Af) شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T)، شاخص منحنی هیپسومتریک (Hc)، شاخص پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، شاخص پیچ و خم رود (S)، شاخص گرادیان طولی رودخانه (SL) استفاده شده است. نتایج به دست آمده طی چندین مرحله کار میدانی و ارزیابی شاخص‌های ژئومورفولوژیکی، نشان دهنده وجود حرکات نو زمین‌ساخت فعال در حوضه‌ها به صورت فراخاست و عملکرد سیستم گسلی می‌باشد و نشانه این است که همه حوضه‌های مورد مطالعه دارای فعالیت شدید نو زمین‌ساختی می‌باشد و فقط از نظر شاخص Af در وضعیت غیرفعال قرار دارند.

واژگان کلیدی: نوزمین‌ساخت، شاخص‌های ژئومورفولوژیکی، استان گیلان، کوهپایه‌های تالش.

مقدمه

عوامل زمین‌ساختی، نقش اساسی و مهمی را در پیدایش اشکال سطح زمین برعهده دارند. بر این اساس، در سال‌های اخیر، عوامل زمین‌ساختی به گونه‌ای چشم‌گیر به عنوان یکی از ابزارهای عمده و اساسی در تشخیص چگونگی تحول لندفرم‌های مناطق مطرح گردیده است. از مهمترین عوارض ژئومورفولوژیکی که در مطالعات تکتونیکی کاربرد دارند، می‌توان به پرتگاه‌ها، دشت‌های آبرفتی و آبراهه‌ها در کمربندهای چین خورده اشاره کرد که با استفاده از تغییرات روند و نوع شکل آبراهه‌ها می‌توان نتوتکتونیک منطقه را بررسی کرد.

ارزیابی ساختمان‌ها و لندفرم‌های زمین در طول تاریخ پیدایش آنها موضوع دانش تکتونیک ژئومورفولوژی می‌باشد (استانلی و همکاران، ۲۰۰۰). تشکیل مخروطه افکنه‌ها در جبهه‌های کوهستان مناطق آب و هوایی خشک و نیمه خشک از بارزترین نمونه‌های اشکال ژئومورفولوژیکی است (خیام و همکاران، ۱۳۸۲). در این راستا، رشته کوه البرز در حاشیه جنوبی حوضه کاسپین جنوبی، با عرض ۱۰۰ کیلومتر و طول ۲۰۰۰ کیلومتر از قفقاز کوچک در شمال باختر تا رشته کوه‌های پاروپامیسوز در شمال افغانستان در خاور گسترده است و زمین‌ساخت فعالی را نشان می‌دهد (بربریان و یتس، ۲۰۰۱: ۱). شناسایی مناطق فعال زمین‌ساختی اهمیت فراوانی دارد، زیرا در این گونه بررسی‌ها زمین‌ساخت فعال بیانگر حرکات جوان‌ترین دوره زمانی یعنی کواترنر و بخصوص دوره هولوسن و زمان حال می‌باشد (سلیمانی، ۱۳۷۸: ۱). تکتونیک فعال به مطالعه فرآیندهای پویا و مؤثر در شکل‌دهی و چشم‌اندازهای موجود در آن می‌پردازد. در سال‌های اخیر تکتونیک ژئومورفولوژی به‌طور چشمگیر، یکی از ابزارهای عمده و اساسی و مؤثر در تشخیص شکل‌های تکتونیکی فعال و تهیه نقشه‌های خطر لرزه‌ای و همچنین درک و فهم تاریخچه چشم‌اندازهای کنونی سطح زمین بوده است (کلر و همکاران، ۲۰۰۲).

در طول سال‌های اخیر، پژوهشگران متعددی درباره الگوی آبراهه‌ها و نقش زمین‌ساخت در شکل‌گیری آبراهه‌ها، مطالعاتی انجام داده‌اند که از آن جمله می‌توان به بارنت و شوم (۱۹۸۳)، آدامز (۱۹۸۰) و اوچی (۱۹۷۵) اشاره کرد. چیچ و همکاران (۲۰۰۶، ۲۴۸) با مطالعه تأثیر تکتونیک فعال به وسیله تحلیل الگوی زهکش در جلگه ساحلی تایوان دریافتند حرکات تراست‌ها بر اثر حرکات نتوتکتونیک، باعث شکل‌گیری حرکات موجی رودخانه شده و حرکات غیرعادی موجی رودخانه، نتیجه تکتونیک فعال است (کرمی، ۱۳۸۸: ۱۳۳). به منظور بررسی میزان دگرریختی ایجاد شده حاصل از فعالیت‌های زمین‌ساختی، از شاخص‌های پیکرشناسی زمین می‌توان استفاده کرد. بال و مک فادن (۱۹۷۷)، آزر و همکاران (۲۰۰۲)، کلر و پینتر (۲۰۰۲)، سیلوا و همکاران (۲۰۰۳) مولین و همکاران (۲۰۰۴)، همدونی و همکاران (۲۰۰۷)، بول و مک فادن (۱۹۷۷)، با استفاده از شاخص نسبت پهنا به عمق یا برای شناسایی عامل فرسایش استفاده از Vf ارتفاع دره کرده‌اند و تأثیر تکتونیک را از طریق نیمرخ عرضی دره‌ها مورد بررسی قرار داده‌اند. تحقیقات آنها در شمال و جنوب گسل گارلوک انجام شد. مطالعات آنها در منطقه به سه رده‌بندی مهم منجر گردید. مطالعات منگس (۱۹۸۷) روی جبهه کوهستانی شمال نیومکزیکو از درجه فعالیت‌های تکتونیک و نقش گسل‌های اصلی در مشخصات سطوح مثلثی (مساحت، شیب و قاعده) حکایت داشته است.

استفاده از شاخص‌های مورفومتریکی در تشخیص حرکات فعال و جوان، در جهان سابقه چندانی نداشته به دهه ۱۹۶۰ برمی‌گردد. در ایران سابقه اینگونه مطالعات به بیش از یک دهه نمی‌رسد و می‌توان آن را علمی جدید در ایران به شمار آورد. در ایران حبیب‌اللهیان و رامشت (۱۳۹۰) برای بخش علیای زاینده رود، خیام و مختاری، (۱۳۸۲) در دامنه شمالی میشو داغ، مددی و همکاران، (۱۳۸۳) در دامنه شمال غربی تالش، وحدتی دانشمندی و همکاران، (۱۳۸۵) برای سپیدرود و دشت گیلان، گورابی و نوحه گر، (۱۳۸۶) برای حوضه آبریز درکه، یمانی و همکاران، (۱۳۸۷) در دامنه‌های کرکس، کرمی، (۱۳۸۸) برای حوضه آبریز اوجان چای، بیاتی خطیبی، (۱۳۸۸) برای حوضه آبریز قرنقوچای و غیره برای مشخص کردن فعالیت‌های نو زمین‌ساختی از این شاخص‌ها استفاده کرده‌اند. یمانی و همکاران (۱۳۸۹، ۶۷) در بررسی نقش تأثیر نو زمین‌ساخت در مورفولوژی آبراهه‌های حوضه چله با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک دریافتند منطقه از لحاظ نو زمین‌ساخت فعال است و تأثیر این فعالیت بر الگوی شبکه زهکش و مورفولوژی بستر رودخانه چله است. بسیاری از اشکال

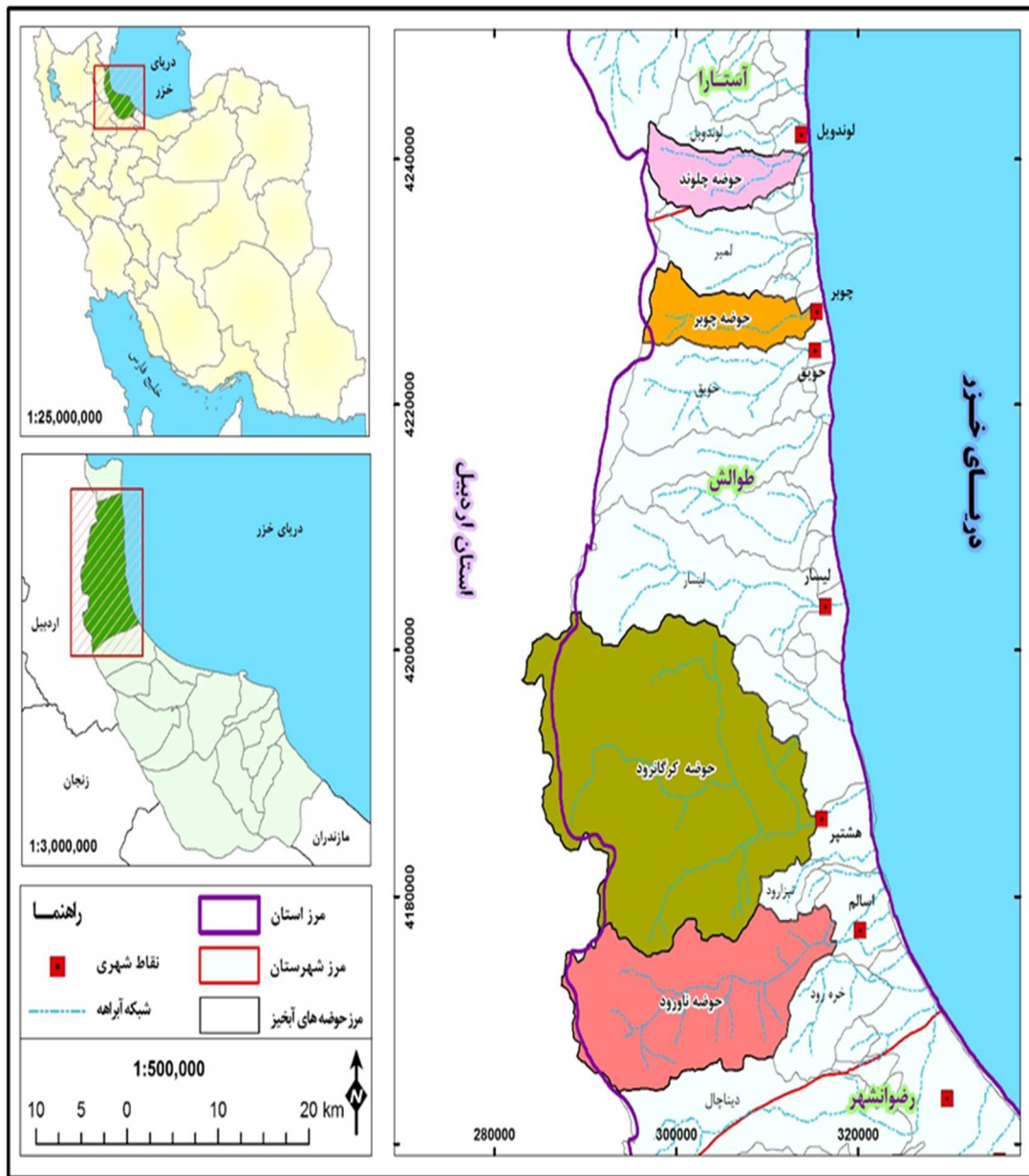
ژئومورفولوژیکی در برابر حرکات زمین‌ساختی فعال بسیار حساس می‌باشند و همزمان با آن تغییر می‌کنند. در راستای موضوع تحقیق و همچنین تکوین و مکان‌گزینی مناطق پایدار و امن جهت فعالیت‌های عمرانی، شناسایی مناطق فعال تکتونیکی و گسل‌های فعال دارای اهمیت زیادی است. با توجه به کمبود شدید اطلاعات لرزه‌نگاری دستگاهی و تاریخی در مناطق مختلف کشورمان و همچنین دوره بازگشت طولانی بسیاری از زمین‌لرزه‌های بزرگ، استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی در شناسایی مناطق مختلف ضروری می‌نماید. هدف از این پژوهش مشخص نمودن وضعیت فعالیت‌های نو زمین‌ساختی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی در غرب استان گیلان به ویژه دامنه‌های شرقی ارتفاعات تالش که مشرف به جلگه گیلان است می‌باشد. و همچنین تاثیر این تغییرات بر برنامه ریزی‌های آمایش سرزمین و مدیریت محیطی در محدوده تحقیق می‌باشد.

۲. منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در دامنه‌های شرقی سلسله جبال البرز (رشته کوه‌های تالش) مشرف به جلگه گیلان واقع گردیده است. و از سمت شمال به رودخانه آستاراچای مرز آبی ایران و آذربایجان و از جنوب به حوضه آبخیز سفارود و از غرب به خطالراس کوه‌های تالش و شرق به دریای خزر متصل گردیده است. مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۶ دقیقه و ۳۹ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۵۴ دقیقه و ۲۴ ثانیه طول شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه و ۴۵ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۱۸ دقیقه و ۲۴ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. سرتاسر محدوده تحقیق کوهستانی و در بخش پایین دست جلگه ای می‌باشند. برخی از بلندترین نقاط ارتفاعی استان در محدوده تحقیق وجود دارد. قله بغروداغ با ارتفاع ۳۴۵۰ متر به عنوان بلندترین قله استان گیلان در حوضه کرگانرود قرار دارد. همچنین قله‌های تیلار با ارتفاع ۲۶۲۰ متر، هفته خونی با ارتفاع ۲۴۷۲ متر در حوضه ناورود اسالم قرار دارند. شکل شماره (۱)

به علت تعدد حوضه‌های آبخیز (حدود ۲۰ حوضه) در غرب استان گیلان، و همچنین ویژگی‌های طبیعی تقریباً مشابه هم، سعی شده تا در این تحقیق از بین حوضه‌های مختلف در سطح منطقه، فقط ۴ حوضه به اسامی «چلونند»، «چوبر»، «کرگانرود» و «ناورود» می‌باشد که در زیر موقعیت نسبی هر یک از آنها معرفی شده است: شکل شماره (۱)

حوضه آبخیز چلونند در بخش انتهایی شهرستان تالش، در دامنه‌های شرقی سلسله جبال البرز (رشته کوه‌های تالش) واقع گردیده است. از لحاظ زمین‌ساخت، رسوبات عهد حاضر ونهشته‌های دریایی (قدیمی) عهد پلیوستوسن در سواحل گسترش دارند و مناطق پایکوهی از رسوبات دوران دوم (کرتاسه زیرین) شامل سنگ‌های آهک، آتشفشانی، سنگ‌های ماسه‌ای و سیلیتی و نواحی کوهستانی و ارتفاعات بالادست از سنگ‌های پالئوژن و توف‌های اسیدی و کنگلومرای پلیژنتیک ساخته شده است. **دومین حوضه آبخیز چوبر** با مساحت حدود ۷/۷۸ کیلومترمربع، در بخش انتهایی شهرستان تالش، در دامنه‌های شرقی سلسله جبال البرز (رشته کوه‌های تالش) واقع گردیده و از سمت شمال به حوضه آبخیز لمیر، از جنوب به حوضه‌های آبخیز حویق، از غرب به خطالراس ارتفاعات تالش به قله خلیج یوردی (۲۲۳۵ متر) و از شرق به دریای خزرمتصل گردیده است. عموماً دارای شیب تند در قسمتهای بالادست می‌باشد و در قسمت‌های میانه حوضه به دلیل وجود تاقدیس یعنی یالهای تاقدیس دارای شیب زیاد و قسمت میانی تاقدیس شیب کمی دارد و بالاخره قسمت پایین دست حوضه دارای شیب کم می‌باشد. **سومین حوضه آبخیز کرگانرود** یکی از بزرگترین حوضه‌های آبخیز در غرب استان گیلان که از ارتفاعات بالای ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متری تالش سرچشمه گرفته و پس از طی حدود ۴۳ کیلومتر با جریان غربی - شرقی به دریای خزر می‌ریزد. این رودخانه دارای ۳ سرشاخه اصلی آق اولر، وزنه سر و رزه می‌باشد که در روستاهای کیشون بن (کیش دیبی) و ماشین خانه به هم می‌پیوندند. **چهارمین حوضه آبخیز ناورود اسالم** با مساحت حدود ۳۰۷ کیلومترمربع (تا دریا)، از سمت شمال به حوضه آبخیز کرگانرود، از جنوب به حوضه‌های آبخیز خاله سرا و دیناچال، از غرب به حوضه آبخیز آرپاچای و از شرق به دریای خزر متصل گردیده است. کوه‌های حجاب، سطله خونی، اسبه ریسه، هفته خونی و بوغروداغ از جمله مهمترین قله این حوضه می‌باشند.



شکل ۱: موقعیت حوضه‌های مورد مطالعه در شمال غرب استان گیلان (ماخذ: نویسندگان)

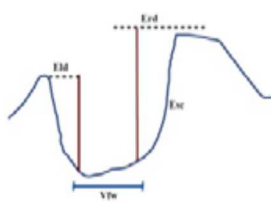
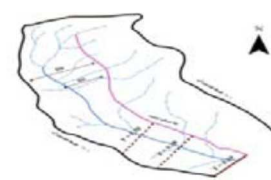
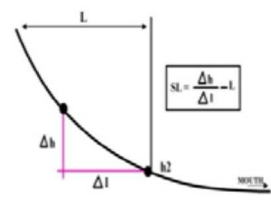
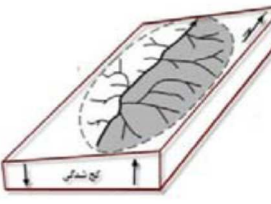
۳. داده‌ها و روش‌ها

آنچه که بیشترین سهم را در انجام این پژوهش به خود اختصاص داده بازدید میدانی و مشاهده پدیده‌ها و لندفرم‌های سطح زمین از نزدیک است. برای شناسایی دقیق و مطالعه منطقه و انجام انواع نقشه‌ها و عکس‌ها و تصاویر ماهواره‌ای زیر استفاده شده است: نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ و همچنین عکس هوایی و تصاویر ماهواره‌ای جهت شناسایی و بررسی پدیده‌های سطح زمین استفاده شده است. بدین منظور با استفاده از DEM استخراج شده از تصاویری ماهواره‌ای ASTER با دقت ارتفاعی ۳۰ متر و همچنین تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست، اقدام به تهیه نقشه‌های پایه و ایجاد بانک اطلاعات مکانی در محیط GIS گرفته است برای تحلیل و ارزیابی وضعیت نو زمین‌ساختی محدوده مورد مطالعه از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی زیر استفاده شده است.

روش‌ها و تکنیک‌های مورد استفاده

یکی از روش‌های مهم و ضروری جهت بررسی و شناخت مناطق فعال از غیرفعال، استفاده از روش شاخص‌ها و شواهد ژئومورفولوژی (Iat) می‌باشد. برای تشخیص فعالیت‌های نئوتکتونیک در این پژوهش از دو روش تطبیقی - تحلیلی و میدانی استفاده گردید. در شروع کار با تکیه بر ساختمان زمین، حوضه مورد مطالعه به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم شد و سپس به کمک نرم‌افزار ArcGIS کار تطبیق و تفسیر نقشه‌های توپوگرافی، هیدروگرافی، گسل و زمین‌شناسی و عکس‌های هوایی حوضه با نقشه اشکال ژئومورفولوژی انجام و در ادامه به کمک نرم‌افزار SPSS نتایج تجزیه و تحلیل شد. در ادامه، برای ارزیابی کمی فعالیت‌های نئوتکتونیک از شاخص‌های عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، شاخص شکل حوضه (BS)، شاخص تقارن توپوگرافی معکوس (T)، شاخص منحنی هیپسومتری حوضه (HC)، شاخص پیچ و خم رود (S) و شاخص شیب طولی رودخانه (SL) استفاده گردید که در ادامه به ارزیابی هر یک از این شاخص‌ها در حوضه‌های مورد مطالعه پژوهش حاضر پرداخته شده است (جدول ۱).

جدول ۱: شاخص‌های مورد استفاده برای ارزیابی تکتونیک فعال در منطقه

معنی داری	روش اندازه گیری	تعریف اجزای معادله	شاخص‌های کمی
فعال = $Vf < 1$ نیمه فعال = $1 < Vf < 2$ غیرفعال = $Vf > 2$		$Vfe =$ عرض کف دره $Eld =$ ارتفاع کف دره از سمت چپ $Erd =$ ارتفاع کف دره از سمت راست $Esc =$ ارتفاع کف دره	نسبت پهنای دره با ارتفاع آن $Vf = 2vfw / (Eid - Esc) + (Erd - Esc)$
مقدار عددی این شاخص در حوضه‌های متقارن برابر صفر است و هرچه به عدد یک نزدیک‌تر شود، تقارن حوضه کاهش می‌یابد.		$Da =$ فاصله خط میانی حوضه زهکشی تا کمربند فعال مماندر $Dd =$ فاصله خط میانی حوضه و خط تقسیم آب	تقارن توپوگرافی $T = Da / Dd$
مقادیر بالای بی نظمی، کلاس ۱ فعالیت‌های تکتونیک است و میزان کم آنومالی در نیمرخ طولی رودخانه، کلاس ۲ حرکات تکتونیک را نشان می‌دهد.		$H^* =$ اختلاف ارتفاع قطعه مورد نظر $L^* =$ طول شاخه مورد نظر $L =$ مجموع طول آبراهه از مرکز نقطه‌ای که شاخص محاسبه می‌شود تا مرتفع‌ترین نقطه آبراهه در بالادست	گرادیان طولی رودخانه $SL = (H^* / L^*) L$
اگر مقادیر عددی این شاخص در حدود ۵۰ باشد، بیانگر وجود تقارن زهکشهای فرعی نسبت به آبراهه اصلی و در نتیجه عدم وجود کج شدگی بر اثر فرایش خواهد بود.		$Af =$ شاخص عدم تقارن $Ar =$ مساحت حوضه آبریز در سمت راست آبراهه اصلی $At =$ مساحت کل حوضه	عدم تقارن آبراهه‌ها $Af = 100 (Ar / At)$

۴. یافته‌های تحقیق

در راستای موضوع و اهداف تحقیق، جهت تعیین و مشخص نمودن مناطق پایدار از ناپایدار و همچنین فعال و غیرفعال از همدیگر روش‌ها و ابزارهای مختلفی وجود دارد. از بین انواع روش‌های معمول و متداول برای تحلیل حوضه‌های رودخانه‌ای و دیگر مناطق سطح کره زمین، روش هفت گانه شاخص‌های ژئومورفولوژی به جهت سهولت دسترسی به نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در پژوهش حاضر نیز برای ارزیابی و تحلیل فعالیت‌های نو زمین ساختی هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه از طریق شاخص‌های ژئومورفولوژی اقدام شد.

۴-۱. شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)

اگر مقدار عددی این شاخص در حدود ۵۰ باشد، بیانگر وجود تقارن در دو سمت آبراهه اصلی و در نتیجه عدم فعالیت نو زمین ساختی است. در صورتی که حوضه آبریز تحت تأثیر این نیروها قرار داشته باشد ممکن است که مقدار عددی به دست آمده کمتر یا بیشتر از ۵۰ باشد. اگر میزان این شاخص بزرگتر از ۵۰ باشد بیانگر فرازش در سمت غرب آبراهه اصلی است و اگر میزان شاخص کوچکتر از ۵۰ باشد بیانگر فرازش در سمت شرق آبراهه اصلی است. با کم کردن مقدار شاخص Af از عدد ۵۰، وضع فعالیت تکتونیکی حوضه را می‌توان در یکی از سه سطوح بسیار فعال، فعالیت متوسط و غیرفعال به دست آورد (جدول ۲).

رابطه (۱)

$$Af = 100 (Ar / At)$$

در این رابطه: Af = عدم تقارن، Ar = مساحت بخش غربی حوضه نسبت به رود اصلی و At = مساحت کل حوضه است.

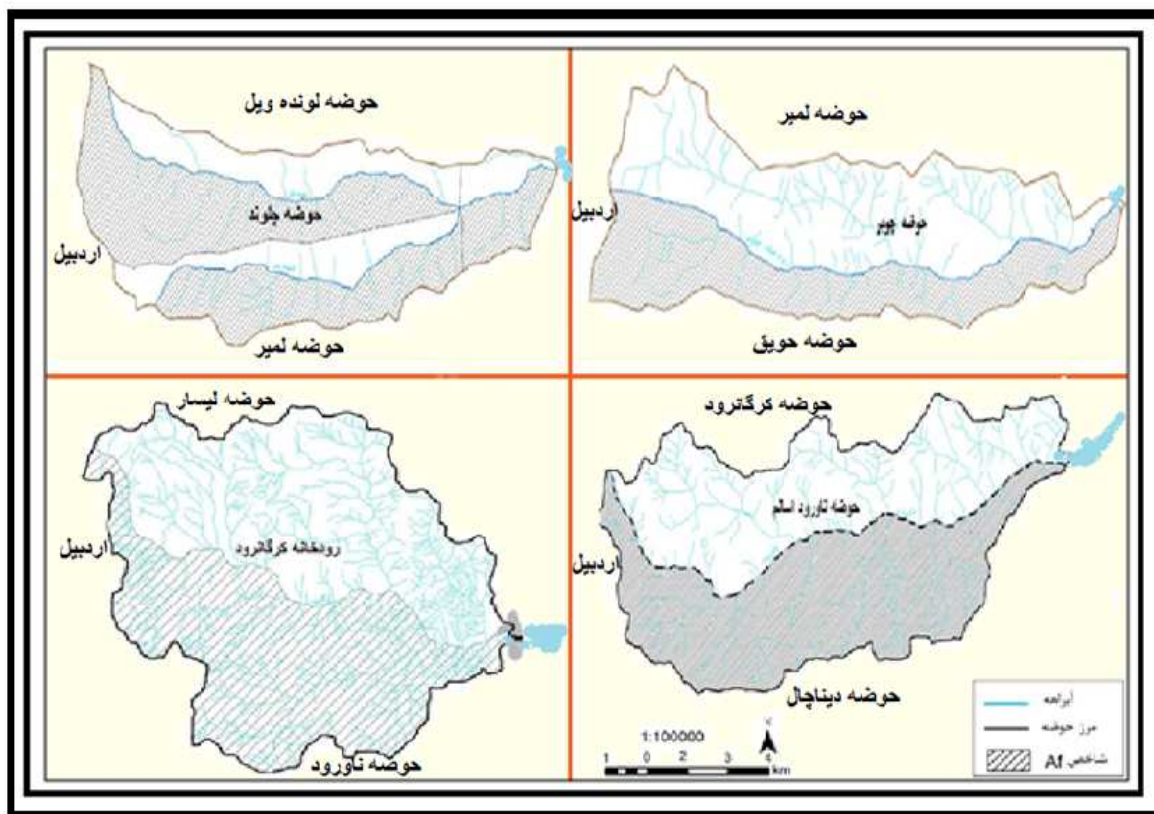
جدول ۲: تقسیم‌بندی فعالیت تکتونیکی مناطق بر اساس میزان Af

بسیار فعال	فعالیت متوسط	غیر فعال
Af-50 > 15	7 < Af-50 < 15	Af-50 < 7

بر اساس محاسبات انجام شده شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه (جدول ۳)، فعالیت نئوتکتونیک حوضه چلوند در طبقه فعال قرار گرفت اما در حوضه‌های چوبر، کرگانرود و ناورود وضعیت نئوتکتونیک، غیرفعال بود که نشان‌دهنده عدم فعالیت نو زمین ساختی است. شکل شماره (۲)

جدول ۳: شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی در حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه	زیر حوضه	Ar (کیلومتر مربع)	At (کیلومتر مربع)	شاخص Af	نشانه‌گر فرازش	فعالیت نئوتکتونیک Af-50
چلوند	زیرحوضه اول	۲۵,۴۹	۴۰,۵۷	۶۲,۸۲	غرب آبراهه اصلی	فعالیت متوسط ۱۲,۸۲
	زیرحوضه دوم	۲۰,۳۴	۲۹,۹۹	۶۷,۸۲	غرب آبراهه اصلی	بسیار فعال ۱۷,۸۲
چوبر	-	۳۰,۹۶	۷۸,۰۸	۳۹,۶۵	شرق آبراهه اصلی	غیرفعال - ۱۰,۳۵
کرگانرود	-	۲۹۰	۵۹۰	۴۹,۱۵	تقارن در دو سمت آبراهه اصلی	غیرفعال - ۰,۸۵
ناورود	-	۱۴۸,۲۶	۲۸۶,۵۵	۵۱,۷۳	غرب آبراهه اصلی	غیرفعال ۱,۷۳



شکل ۳: اندازه‌گیری شاخص عدم تقارن در حوضه‌های مورد مطالعه

۴-۲. شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T)

ناهمواری و پستی و بلندی از جمله پارامترهای مؤثر و تأثیرپذیر از فرآیندهای تکتونیکی در هر منطقه می‌باشد. با این وجود ارزیابی و بررسی وضعیت توپوگرافی حوضه با استفاده از شاخص تقارن توپوگرافی می‌تواند در تعیین وضعیت نئوتکتونیک و فعال یا غیرفعال بودن منطقه اثرگذار باشد. در حوضه‌های کاملاً متقارن مقدار عددی این شاخص صفر می‌باشد. اما با کاهش تقارن حوضه، میزان شاخص افزایش یافته و به عدد یک نزدیک می‌شود. مقادیر عددی نزدیک به یک بیانگر افزایش در حوضه و در نتیجه نو زمین ساخت فعال است. جهت محاسبه دقیق این روش تعداد ۴ مقطع از خط میانی حوضه تا نوار مئاندر و نیز مرز حوضه‌های مورد مطالعه مشخص گردید و سپس میانگین آن‌ها به دست آمد که نتایج آن در جدول (۴) و شکل (۳) آورده شده است.

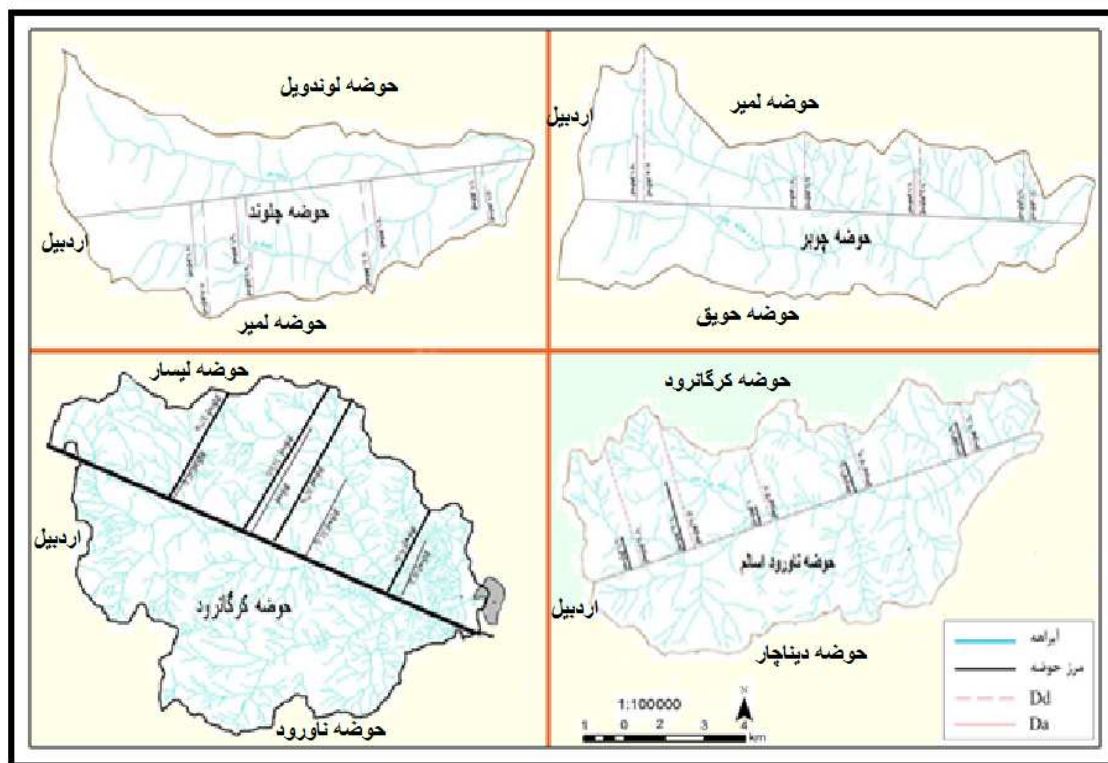
رابطه (۲)

$$T = Da / Dd$$

در این رابطه: T = شاخص تقارن توپوگرافی عرضی، Da = فاصله نوار مئاندری فعال از خط میانی حوضه آبی و Dd = فاصله خط میانی حوضه آبی از خط مرز حوضه است.

جدول ۴: مقادیر شاخص تقارن توپوگرافی در حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه	مسیر	Da (Km)	Dd (Km)	T	حوضه	مسیر	Da (Km)	Dd (Km)	T
چلوندا	۱	۱,۲	۱,۶	۰,۰۷	کرگانرود	۱	۴,۳	۹,۲	۰,۴۶
	۲	۱,۸	۳,۲	۰,۵۶		۲	۶,۷	۱۲,۵۲	۰,۵۳
	۳	۱,۹	۲,۹	۰,۶۵		۳	۴,۶	۷,۳	۰,۶۳
	۴	۱,۸	۳,۳	۰,۵۴		۴	۹,۳	۱۲,۷۹	۰,۷۲
	میانگین	-	-	۰,۴۵		میانگین	-	-	۰,۵۸
چوبر	۱	۰,۸	۱,۹	۰,۴۲	ناورود	۱	۱,۹	۲,۸	۰,۶۷
	۲	۱,۲	۲,۱	۰,۵۷		۲	۱,۸	۳,۹	۰,۴۶
	۳	۰,۹	۲,۲	۰,۴۰		۳	۱	۴,۳	۰,۲۳
	۴	۱,۸	۴,۴	۰,۴۰		۴	۳,۹	۷,۶	۰,۵۱
	میانگین	-	-	۰,۴۴		میانگین	۱,۷	۶,۸	۰,۲۵



شکل ۳: بررسی شاخص تقارن توپوگرافی حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه

۴-۳. شاخص شکل حوضه (BS)

شکل هر منطقه رابطه مستقیم با عوامل درونی و بیرونی حاکم بر آن منطقه دارد. در این راستا می‌توان نتیجه گرفت که، فرم‌ها نتیجه فرآیندها می‌باشند. مقادیر بالای BS نشان‌دهنده فعال بودن نو زمین ساخت حوضه آبریز است. هر اندازه شکل حوضه به دایره شبیه‌تر باشد مقدار این عدد یک یا نزدیک به یک خواهد بود. نسبت شکل حوضه زهکشی نیز شاخصی است که در ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی به کار می‌رود. معمولاً حوضه‌هایی که از نظر زمین‌ساختی فعال هستند، شکل کشیده دارند. با توقف فعالیت یا غلبه فرآیندهای فرسایشی، شکل حوضه به تدریج در طی زمان دایره‌ای می‌شود و مقدار

شاخص کاهش می‌یابد (شکل ۴). مقدار عددی این شاخص برای هر یک از حوضه آبریز مورد مطالعه در جدول (۵) محاسبه شده است. نتایج محاسبات این شاخص در حوضه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که شکل حوضه‌های چلونند، چوبر و ناورود در حالت کشیده بوده و لذا حرکات نو زمین‌ساختی در آنها فعال است. اما در حوضه کرگانرود به دلیل نزدیکی شکل حوضه به دایره، حرکات نو زمین‌ساختی در آن فعالیت کمی دارد.

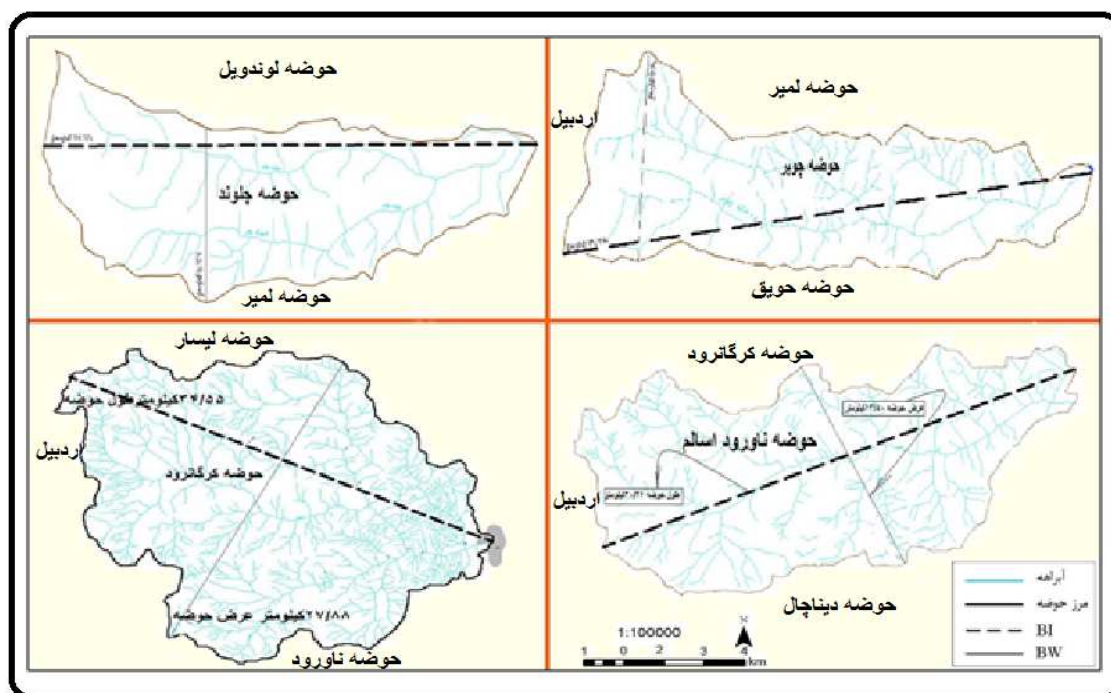
رابطه (۳)

$$BS = BI / BW$$

در این رابطه: BS = شاخص شکل حوضه و نشان‌دهنده فعال بودن نو زمین‌ساخت حوضه آبریز، BI = طول حوضه آبریز تا انتهای این بخش حوضه و BW = عرض حوضه آبریز است.

جدول ۵: ارزیابی وضع فعالیت تکتونیکی حوضه‌های مورد مطالعه بر حسب محاسبه شاخص شکل حوضه

نام حوضه	BI (Km)	BW (Km)	BS	شکل حوضه	وضع فعالیت تکتونیکی
چلونند	۱۷,۲۱	۵,۳	۳,۴۴	کشیده	فعال بودن حرکات نو زمین‌ساختی
چوبر	۱۹,۴۵	۶,۹	۲,۸۱	کشیده	فعال بودن حرکات نو زمین‌ساختی
کرگانرود	۳۴,۵۵	۲۷,۸۸	۱,۲۴	نزدیک به دایره	فعالیت کم حرکات نو زمین‌ساختی
ناورود	۳۰,۳۶	۱۳,۵۰	۲,۲۴	کشیده	فعال بودن حرکات نو زمین‌ساختی



شکل ۴: محاسبه شاخص شکل حوضه در حوضه‌های مورد مطالعه

۴-۴. شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره (VF)

نسبت پهنای دره به ارتفاع آن را معمولاً در فاصله معینی از جبهه کوهستان (معمولاً یک کیلومتر از جبهه کوهستان به طرف بالادست رود) اندازه می‌گیرند (بول و مک فادن، ۱۹۷۷: ۱۲۶). این شاخص معمولاً نشان می‌دهد که آیا رود به حفر بستر خود می‌پردازد و یا اینکه عمدتاً فرسایش به صورت جانبی به طرف ارتفاعات و دامنه‌های حاشیه رود انجام می‌گیرد

برخی از دره‌ها V شکل و بعضی از آنها U شکل هستند و با استفاده از این شاخص می‌توان فهمید که رود در چه وضعیتی می‌باشد. ممکن است که رود در حال حفر بسترش باشد و یا به فرسایش کناری مشغول بوده و اقدام به توسعه بستر خود کند. مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده بالا آمدگی کم نو زمین ساختی می‌باشد. بنابراین رود پهنای بستر خود را فرسایش می‌دهد و بستر خود را تعریض می‌کند. مقادیر کم این شاخص نیز بیانگر دره‌های عمیق همراه با رودهایی است که به طور فعال کف بستر خود را حفر کرده و به طور معمول همراه با بالا آمدگی نو زمین ساختی است. این شاخص بر طبق رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

رابطه (۴)

$$Vf = \frac{2Vfw}{(Eld - Esc) + (Erd - Esc)}$$

در این رابطه: Vf = نسبت کف دره به ارتفاع دره، Vfw = پهنای کف دره، Esc = ارتفاع متوسط کف دره از سطح دریا، Erd = ارتفاع خط‌الراس سمت راست رودخانه، خط تقسیم راست (از سطح دریا)، Eld = ارتفاع خط‌الراس سمت چپ رودخانه، خط تقسیم سمت چپ (از سطح دریا) است.

جدول ۶: میزان فعالیت زمین ساختی با توجه به مقدار Vf

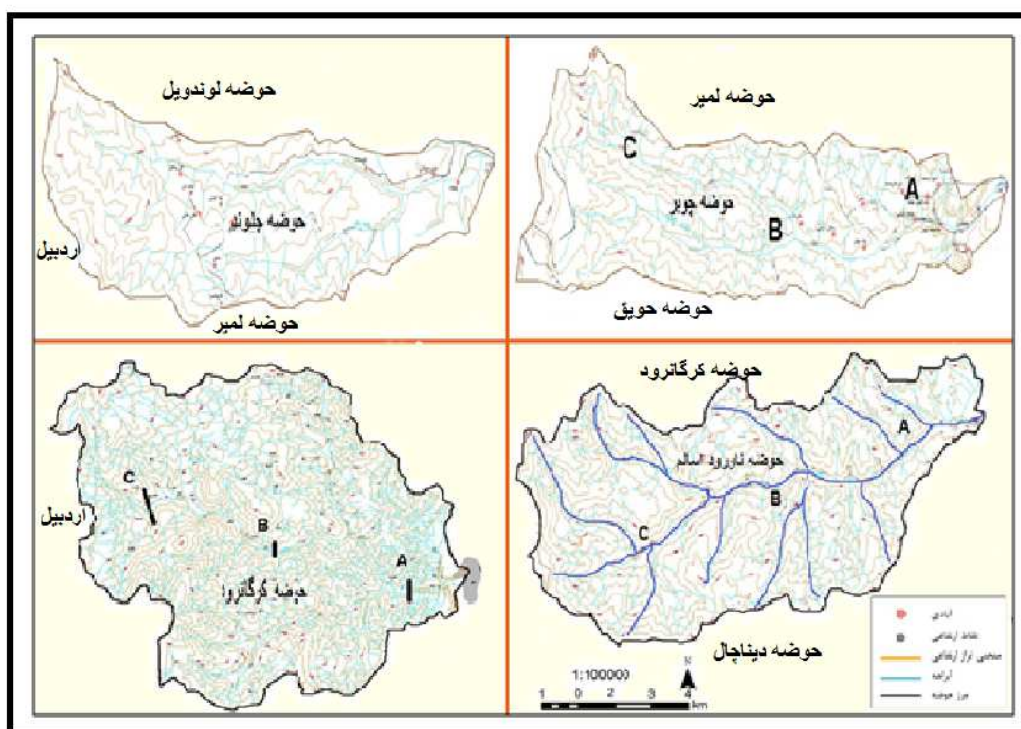
وضعیت تکتونیکی	فعال	نیمه فعال	غیر فعال
مقدار کمی شاخص Vf	کمتر از ۱	بین ۱ تا ۲	بیشتر از ۲

منبع: بول و مک فادن، ۱۹۷۷

شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه در سه نقطه «بالادست حوضه»، «میانه حوضه» و «پایین دست حوضه» محاسبه شده است (جدول ۷).

جدول ۷: مقادیر اندازه‌گیری شده شاخص Vf در حوضه‌های مورد مطالعه

وضعیت تکتونیکی	مقادیر شاخص Vf در مناطق مختلف حوضه			نام حوضه
	پایین دست حوضه (C)	میانه حوضه (B)	بالادست حوضه (A)	
فعال	۰٫۲۰۵	۰٫۳۷	۰٫۱۰	چلونند
فعال	۰٫۰۶۰	۰٫۰۱۹	۰٫۰۲۱	چوبر
فعال	۰٫۰۲۷	۰٫۰۲۷	۰٫۰۴۵	کرگانرود
فعال	۰٫۰۱۳	۰٫۰۱۴	۰٫۰۲۴	ناورود



شکل ۵: تحلیل شاخص Vf برای نمایش مقادیر اندازه‌گیری شده در هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه

۴-۵. شاخص پیچ و خم رود (S)

متناسب با تغییرات زمین‌ساختی که منجر به تغییر شیب دره رودخانه می‌شود، جهت حفظ تعادل شیب رودخانه، پیچ و خم رودخانه نیز جابجا می‌شود. از نظر چارچوب نظری، در رودخانه‌هایی که تقریباً به حالت تعادل رسیده‌اند، رودخانه جهت حفظ تعادل بین شیب با دبی و رسوبگذاری پیچ می‌خورد. به عبارت دیگر رودخانه‌هایی که دارای پیچ و خم زیاد هستند به حالت تعادل نزدیک شده، در حالی که مستقیم بودن مسیر رودخانه بیشتر حاکی از جوان بودن منطقه و فعالیت نو زمین‌ساختی است. بالا بودن شاخص پیچ و خم رود (S) بیانگر پایداری نسبی نو زمین‌ساختی حوضه است. هرچه مقادیر به دست آمده زیاد باشد، حاکی از نزدیک شدن رود به حالت تعادل بوده و هر اندازه کمتر باشد دلیل فعال بودن نو زمین‌ساخت در حوضه است. برای ارزیابی پیچ و خم آبراهه از رابطه (۵) استفاده می‌گردد. نتایج محاسبه این شاخص برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه در جدول (۸) آورده شده است.

رابطه (۵)

$$S = C / V$$

در این رابطه: S = شاخص پیچ و خم رود، C = طول رود و V = طول دره در خط مستقیم است.

جدول ۸: ارزیابی وضع فعالیت تکتونیکی حوضه‌های مورد مطالعه بر حسب محاسبه شاخص شاخص پیچ و خم رود

نام حوضه	C (km)	V (km)	S	وضع فعالیت نو زمین ساختی حوضه
چلوند	۱۸,۶۹	۱۷,۲۰	۱,۰۸	حوضه از نظر زمین ساخت به حالت تعادل نرسیده و نیروهای درونی زمین ساختی هنوز هم در تحول شکل‌زایی منطقه نقش بسزایی دارند.
چوبر	۱۸,۶۸	۱۸,۱۰	۱,۰۳	حوضه از نظر زمین ساخت به حالت تعادل نرسیده و نیروهای درونی زمین ساختی هنوز هم در تحول شکل‌زایی منطقه نقش بسزایی دارند.
کرگانرود	۴۳,۷۸	۳۴,۲۷	۱,۲۷	حوضه از نظر زمین ساخت به حالت تعادل نرسیده و نیروهای درونی زمین ساختی هنوز هم در تحول شکل‌زایی منطقه نقش بسزایی دارند.
ناورود	۳۴,۶۹	۲۹,۶۵	۱,۱۵۶	حوضه از نظر زمین ساخت به حالت تعادل نرسیده و نیروهای درونی زمین ساختی هنوز هم در تحول شکل‌زایی منطقه نقش بسزایی دارند.

۴-۶. شاخص گرادیان طولی رود (SL)

این شاخص مرتبط با قدرت جریان رود است. نیروی قابل دسترس رود در محدوده مشخص مجرا، متغیر هیدرولوژیکی مهمی می‌باشد. زیرا به توانایی یک رود در فرسایش کف بستر آن و همچنین حمل مواد فرسایشی ارتباط دارد (گورابی و نوحه گر، ۱۳۸۶). این شاخص هر گونه بی نظمی را در نیمرخ طولی رودخانه نشان می‌دهد و از آنجایی که به به تغییرات شیب رودخانه بسیار حساس می‌باشد، بنابراین امکان ارزیابی ارتباط بین فعالیت‌های زمین ساختی با مقاومت سنگ و توپوگرافی را مهیا می‌سازد. هرگونه فراخاست و کج شدگی ناشی از فعالیت گسل‌ها و چین‌های فعال می‌تواند در افزایش گرادیان آبراهه‌ها و در نتیجه به افزایش SL بینجامد. برای ارزیابی شاخص گرادیان طولی رود از رابطه (۶) استفاده می‌گردد. نتایج محاسبه این شاخص برای هر یک از حوضه‌های مورد مطالعه در جدول (۹) آورده شده است.

رابطه (۶)

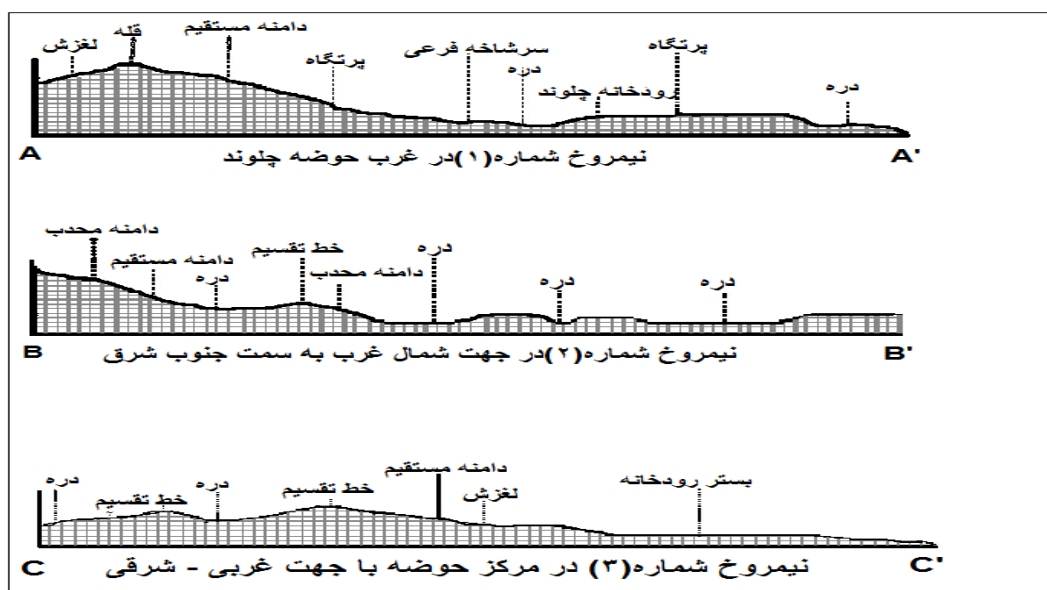
$$SL = \frac{\Delta H}{\Delta L} \times L$$

در این رابطه: SL = شاخص گرادیان رودخانه، ΔH = اختلاف ارتفاع دو نقطه معین، ΔL = فاصله افقی همان دو نقطه و L = طول رود از نقطه مرکزی تا سرچشمه رود است.

جدول ۹: ارزیابی وضع فعالیت تکتونیکی حوضه‌های مورد مطالعه بر حسب محاسبه شاخص شاخص گرادیان طولی رود

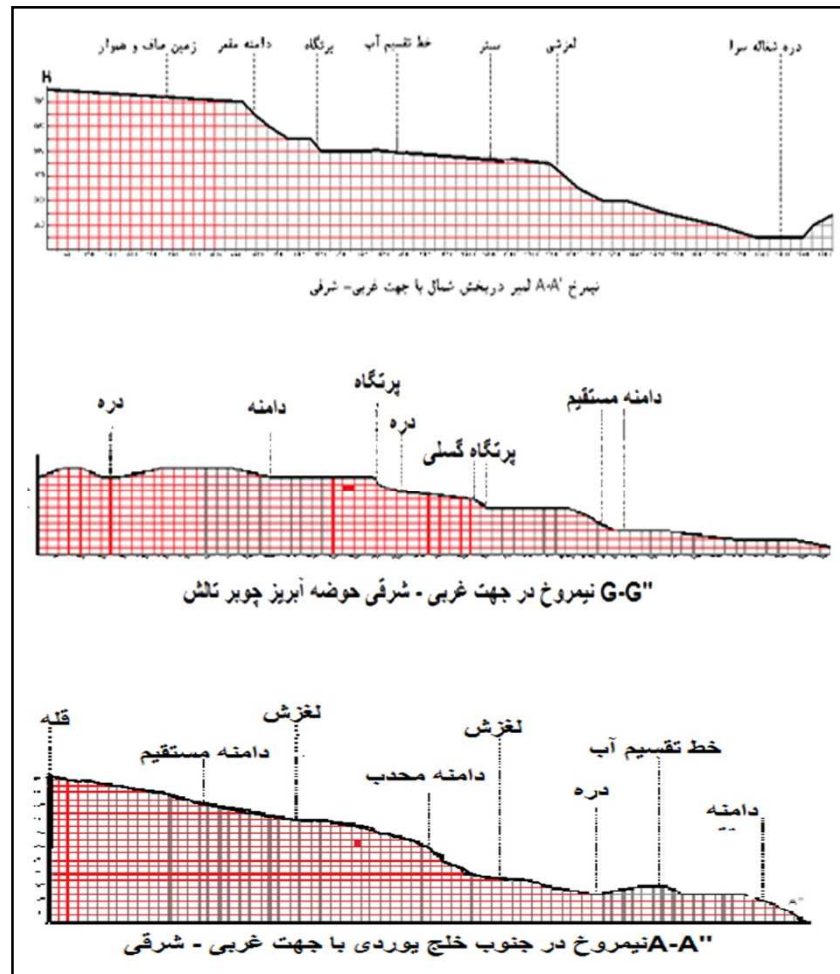
نام حوضه	ΔH (m)	ΔL (km)	L (km)	SL	وضع فعالیت نو زمین ساختی حوضه
چلوند	۱۲۰۰	۱۱,۳	۱۸,۶۹	۱۹,۸۴	فعال
چوبر	۱۲۰۰	۱۰,۵۸	۱۸,۶۸	۲۱,۱۸	فعال
کرگانرود	۳۰۰۰	۲۹,۲۱	۴۳,۷۸	۴۴,۹۶	فعال
ناورود	۱۰۰۰	۱۸۰,۵۱	۳۴,۶۹	۱۸,۷۳	فعال

• **نیمرخ‌های حوضه چلوند:** با توجه به شکل (۶) می‌توان دریافت شیب طولی رودخانه یکسانی نیست و با توجه به نقشه لیتولوژی و توپوگرافی و همچنین مسیر عبور گسل‌ها می‌توان به راحتی ارتباط معنی‌داری بین شرایط لیتولوژیکی و عملکرد گسل‌های حوضه پیدا نمود. بررسی‌ها وجود ارتباط میان افزایش و کاهش شاخص SL و میزان مقاومت سنگ‌ها و عملکرد گسل‌ها را به خوبی ثابت کرده است. به طوری که در نقاط پایین دست حوضه به علت وجود سازندهای سست و کم مقاوم، شیب طولی رودخانه ملایم و کم می‌باشد. این در حالی است که در نقاط بالادست (ارتفاع بالای ۲۰۰۰ متر) به علت گسترش سازندهای سخت و مقاوم، شیب شدید و نسبت به نقاط پایین دست بسیار تند می‌باشد.



شکل ۶: نمایش نیمرخ‌ها در سطح حوضه چلون

• **نیمرخ‌های حوضه چوبیر:** با توجه به این نیمرخ‌ها ملاحظه می‌شود که تغییرات زیادی در طول آن دیده می‌شود که اکثراً ناشی از حضور و دخالت عملکرد گسل‌های زیادی است که در این نقاط بر رودخانه چوبیر اثر گذاشته‌اند. نیمرخ A-A' در شمال حوضه چوبیر در جهت غربی - شرقی رسم شده است. با مشاهده پدیده‌ها و شواهد ژئومورفولوژی در سطح دامنه‌ها به راحتی می‌توان به تأثیر گسترش و پراکندگی گسل‌های اصلی (گسل آستارا - تالش و همچنین گسل نئور) و فرعی، بر شکل‌زایی پدیده‌ها پی برد. با توجه به شکل (۷) می‌توان دریافت شیب طولی رودخانه یکسان نیست و با توجه به نقشه لیتولوژی و توپوگرافی و همچنین مسیر عبور گسل‌ها می‌توان به راحتی ارتباط معنی داری بین شرایط لیتولوژیکی و عملکرد گسل‌های حوضه پیدا نمود. بررسی‌ها وجود ارتباط میان افزایش و کاهش شاخص SL و میزان مقاومت سنگ‌ها و عملکرد گسل‌ها را به خوبی ثابت کرده است. به طوری که در نقاط پایین دست حوضه به علت وجود سازندهای سست و کم مقاوم، شیب طولی رودخانه ملایم و کم می‌باشد. و این در حالی است که در نقاط بالا دست (ارتفاع بالای ۲۰۰۰ متر) به علت گسترش سازندهای سخت و مقاوم، شیب شدید و نسبت به نقاط پایین دست بسیار تند می‌باشد (شکل ۷).



شکل ۷: نمایش نیمرخ‌ها در سطح حوضه چوبر

• **نیمرخ حوضه کرگانرود:** برای ارزیابی شاخص گرادیان طولی رود در حوضه آبریز کرگانرود با استفاده از مدل رقومی ارتفاع نیمرخ طولی رود تهیه و منحنی‌های ۱۰۰ متری از آن ترسیم شد. مقدار این شاخص در فاصله‌های ۱۰۰ متری محاسبه گردید. با توجه به نتایج حاصل از محاسبات، این شاخص برای حوضه کرگانرود ۴۴/۹۶ می‌باشد (شکل ۶). با توجه به این شکل می‌توان دریافت شیب طولی رودخانه یکسانی نیست و در قسمت‌های مختلف آن با تغییراتی همراه است. با توجه به نقشه لیتولوژی و توپوگرافی و همچنین مسیر عبور گسل‌ها می‌توان به راحتی ارتباط معنی داری بین شرایط لیتولوژیکی و عملکرد گسل‌های حوضه پیدا نمود. بررسی‌ها وجود ارتباط میان افزایش و کاهش شاخص SL و میزان مقاومت سنگ‌ها و عملکرد گسل‌ها را به خوبی ثابت کرده است. به طوری که در نقاط پایین دست حوضه به علت وجود سازندهای سست و کم مقاوم، شیب طولی رودخانه ملایم و کم می‌باشد. و این در حالی است که در نقاط بالادست (ارتفاع بالای ۲۰۰۰ متر) به علت گسترش سازندهای سخت و مقاوم، شیب شدید و نسبت به نقاط پایین دست بسیار تند می‌باشد.



شکل ۸: نیمروخ طولی حوضه رودخانه کرگانرود

• **نیمروخ حوضه ناورود:** با توجه به شکل (۹) می‌توان دریافت شیب طولی رودخانه یکسانی نیست و در قسمت‌های مختلف آن با تغییراتی همراه است. با توجه به نقشه لیتولوژی و توپوگرافی و همچنین مسیر عبور گسل‌ها می‌توان به راحتی ارتباط معنی داری بین شرایط لیتولوژیکی و عملکرد گسل‌های حوضه پیدا نمود. بررسی‌ها وجود ارتباط میان افزایش و کاهش شاخص SL و میزان مقاومت سنگ‌ها و عملکرد گسل‌ها را به خوبی ثابت کرده است. به طوری که در نقاط پایین دست حوضه به علت وجود سازندهای سست و کم مقاوم، شیب طولی رودخانه ملایم و کم می‌باشد. و این در حالی است که در نقاط بالا دست (ارتفاع بالای ۲۰۰۰ متر) به علت گسترش سازندهای سخت و مقاوم، شیب شدید و نسبت به نقاط پایین دست بسیار تند می‌باشد.



شکل ۹: نیمروخ طولی حوضه رودخانه ناورود اسالم تالش

۵. نتیجه گیری

هدف این مقاله بررسی وضعیت فعالیت‌های زمین‌ساختی در ۴ حوضه آبخیز چلونند، چوبر، کرگانرود و ناورود واقع در شمال غرب استان گیلان بوده است. شاخص‌های زمین ریختی، روش مفید و قابل اطمینانی را برای بررسی میزان فعالیت زمین‌ساختی فراهم می‌آورند. هنگامیکه در یک منطقه ویژه به منظور بررسی و تجزیه و تحلیل فعالیت‌های زمین‌ساختی چندین شاخص ریخت زمین‌ساخت باهم مورد استفاده قرار گیرند، نسبت به به کارگیری تنها یک شاخص، نتایج منطقی، مستدل و معنادارتری را نشان خواهد داد. به همین دلیل برای دستیابی به نتایج مطلوب و مطمئن به منظور بررسی وضعیت زمین‌ساخت حوضه چلونند از هفت شاخص ریخت زمین‌ساختی مختلف (VF, AF, SL, HC, T, BS, S) استفاده گردید. نتایج به دست آمده در منطقه مورد مطالعه نشانگر این است که سیمای کلی حوضه تا حد زیادی ناشی از فعالیت‌های زمین‌ساختی منطقه و به ویژه عملکرد گسل‌های متعددی است که در محدوده مورد نظر فعالیت داشته‌اند. بر این اساس خلاصه نتایج به دست آمده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی فوق برای ۴ حوضه آبخیز تالش به شرح زیر است (جدول ۱۰).

- **حوضه آبخیز چلونند:** به طور کلی، مقادیر به دست آمده برای شاخص‌های زمین ریختی و طبقه‌بندی میزان آنها حاکی از وجود حرکات نو زمین ساخت فعال در حوضه به صورت فراخاست و عملکرد سیستم گسلی می‌باشد و نشانه این است که حوضه آبخیز چلونند دارای فعالیت شدید نو زمین ساختی می‌باشد.
- **حوضه آبخیز چوبر:** به طور کلی، مقادیر به دست آمده برای شاخص‌های زمین ریختی و طبقه‌بندی میزان آنها حاکی از وجود حرکات نو زمین ساخت فعال در حوضه به صورت فراخاست و عملکرد سیستم گسلی می‌باشد و نشانه این است که حوضه آبخیز چوبر اسالم فعالیت شدید نو زمین ساختی می‌باشد.
- **حوضه آبخیز کرگانرود:** محدوده تحقیق به واسطه عبور گسل سراسری آستارا - تالش در پایین دست حوضه و همچنین گسل نئور در بخش بالادست آن، خود به خود جزء مناطق فعال تکتونیکی شمال غرب گیلان به حساب می‌آیند. چون شاخص‌های ژئومورفولوژیکی در ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی بسیار با اهمیت می‌باشند، چرا که با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان مناطقی که در گذشته فعالیت‌های سریع یا کند تکتونیکی را تجربه کرده‌اند به راحتی شناسایی کرد. در این راستا از بین شاخص ژئومورفولوژی مورد استفاده در این تحقیق فقط یک مورد بر غیر فعال بودن حوضه تأیید می‌کند و بقیه تماماً بر فعال بودن حوضه تأکید دارند.

حوضه آبخیز ناورود: مقادیر به دست آمده برای شاخص‌های زمین ریختی و طبقه‌بندی میزان آنها حاکی از وجود حرکات نو زمین ساخت فعال در حوضه به صورت فراخاست و عملکرد سیستم گسلی می‌باشد و نشانه این است که حوضه آبخیز ناورود اسالم فعالیت شدید نو زمین ساختی می‌باشد

جدول ۱۰: نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های ژئومورفیک تکتونیک فعال در حوضه‌های مورد مطالعه

شاخص‌های ۷ گانه ژئومورفولوژیکی							توصیف	نام حوضه
SL	S	HC	T	Bs	Vf	Af		
۱۹/۸۴	۱/۰۸	-	۰/۴۵	۳/۲۴	۰/۰۲۷	۶۲/۸۲	کمی	چلونند
فعال	فعال	مرحله جوانی	فعال	فعال	فعال	غیر فعال	کیفی	
۲۱/۱۸	۱/۰۳	-	۰/۴۴	۲/۸۱	۰/۲۱	۳۹/۶۵	کمی	چوبر
فعال	فعال	مرحله جوانی	فعال	فعال	فعال	غیر فعال	کیفی	
۴۴/۹۶	۱/۲۷	-	۰/۵۸	۱/۲۴	۰/۲۷	۴۹/۱۵	کمی	کرگانرود
فعال	فعال	مرحله جوانی	فعال	فعال	فعال	غیر فعال	کیفی	
۱۸/۷۳	۱/۱۶	-	۰/۴۲	۲/۲۴	۰/۰۰۱۷	۵۱/۷۳	کمی	ناورود
فعال	فعال	مرحله جوانی	فعال	فعال	فعال	غیر فعال	کیفی	

منابع و مأخذ

- بیاتی، مریم (۱۳۸۸)، تحلیل اثرات نئوتکتونیک در نیمروخ طولی رودخانه‌های حوضه قرنقوچای واقع در دامنه‌های شرقی سهند، مجله فضای جغرافیایی اهر، سال نهم، شماره ۲۷
- خیام، مقصود و مختاری، داود (۱۳۸۲)، ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیک بر اساس مرفولوژی مخروط افکنه ها. (مورد نمونه: مخروط افکنه‌های دامنه شمالی میشو داغ)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۴
- رامشت، محمدحسین و حبیب‌اللهیان، محمود (۱۳۹۰)، کاربرد شاخص‌های ارزیابی تکتونیک جنبا در برآورد وضعیت تکتونیک بخش علیای زاینده رود، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۶، صص ۱۱۲
- رامشت، محمدحسین و سیف، عبدالله (۱۳۸۸)، تأثیرات تکتونیک جنبا را بر مورفولوژیک مخروط افکنه درختگان در منطقه شهداد کرمان، جغرافیا و توسعه شماره ۱۶، صص ۳۰-۴۸
- رامشت، محمدحسین؛ عبدالله سیف؛ سمیه سادات شاه زیدی و مزگان انتظاری (۱۳۸۱)، تأثیر تکتونیک جنبا بر مورفولوژی مخروط افکنه درختگان در منطقه شهداد کرمان، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور (۱۳۶۱)، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ ناورود
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۶۸)، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تالش
- سلیمانی، ش (۱۳۷۸) رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیک فعال و جوان با نگرشی بر مقدمات دیرینه لرزه‌شناسی «مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی مهندسی زلزله، چاپ اول
- صفاری، ا. و منصوری، ر (۱۳۹۲)، ارزیابی نسبی فعالیت‌های زمین‌ساختی بخش علیای حوضه آبخیز کنگیر (ایوان غرب) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک»، مجله جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، شماره ۷
- کرمی، فریبا (۱۳۸۸)، ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیک با استفاده از تحلیل‌های شکل‌سنجی (مورد نمونه: حوضه اوجان چای، شمال شرقی کوهستان سهند)، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۰، شماره ۳
- گورابی، ابوالقاسم و احمد نوحه‌گر (۱۳۸۶)، شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰
- مددی، ع، رضایی مقدم، م. ح، رجایی، ع. ا (۱۳۸۳)، تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیک با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی در دامنه‌های شمال‌غربی تالش (باغرو داغ)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۸: ۱۳۸ - ۱۲۳
- وحدتی داشمند، بهارک؛ قاسمی، محمدرضا؛ قرشی، منوچهر و حقی‌پور، نگار (۱۳۸۵)، نو زمین‌ساخت سپیدرود و دشت گیلان، فصلنامه علوم زمین، سال هفدهم، شماره ۶۵
- یمانی، مجتبی؛ مقیمی، ابراهیم و تقیان، علیرضا (۱۳۸۷)، ارزیابی تاثیرات نو زمین‌ساخت فعال در دامنه‌های کرکس با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره مقاله ۷۲
- یمانی، مجتبی؛ باقری، سجاد و جعفری اقدم، مریم (۱۳۸۹)، تأثیر نوزمین ساخت در مورفولوژی آبراهه‌های حوضه چله (زاگرس غربی)، مجله جغرافیایی، ش ۱
- Azor, A., Keller, E.A., Yeats, R.S., (2002), "Geomorphic indicators of active fold growth: South Mountain-Oak Ridge Ventura basin, southern California", *Geological Society of America Bulletin* 114, 745-753.
- Berberian, M., Yeatz, R. S., (2001), "Contribution of archeological data to studies of earthquake history in the Iranian Plateau", *Journal of Structural Geology* 23, 563-584.
- 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.*

- Hamdouni, R.E., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller E.A., (2007), "Assessment of Relative Active Tectonic, South West Border of the Sierra Nevada (Southern Spain)", *Geomorphology*, 96, 150-173.
- Keller, E.A., Pinter, N., (2002), "Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape. Prentice Hall", New Jersey.
- Menges, C. M (1987), *Temporal and spatial segmentation of the Pliocene-Quaternary fault rupture along the western Sangre de Cristo mountain front, northern New Mexico: U.S. Geological Survey Open-File Report 87-673*
- Molin, P., Pazzaglia, F.J., Dramis, F., (2004), "Geomorphic expression of active tectonics in a rapidly deforming forearc, sila massif, Calabria, southern Italy", *American Journal of Science* 304, 559–589.
- Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C., Bardajm, T., (2003), "Fault generated mountain fronts in Southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and earthquake activity", *Gemorphology* 250, 203–226.
- Stanley A. Schumm, Jean F. document & John M. Holbrook (2000), *Active Tectonics and Alluvial Rivers. Cambridge university press*-Yang J.C (1985). *Geomorphology (in Chinese). High Education press. Beijing. PP: 320*wallace, R.E. 1977. *Profiles and Ages of Young Fault Scarps, North Central Nevada. Geological Society of America Bulletin.* 202.
- Yang.J Li, Y. 1997: *Response of river Terraces to Holocene climatic changes in Hex corridor, China. George. Sci.* 248- 252.