



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و پنجم، پاییز ۱۳۹۹

صص ۷۷-۵۷

DOI: <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2020.66963.0>

مقاله پژوهشی

## ارزیابی تکتونیک فعال در حوضه‌های حبله‌رود و کردان بر اساس شاخص‌های ژئومورفیک

مهران مقصودی<sup>۱</sup> - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، نویسنده مسئول

منصور جعفریگلو - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

رضا جعفری - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱۴ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۸/۸ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۹/۱۹

### چکیده

مطالعه تکتونیک فعال به لحاظ ارزیابی زمین‌لرزه در نقاط مختلف اهمیت دارد. این حرکات تأثیرات زیادی بر کره زمین دارد و هر کدام از این تأثیرات به نحوی در پیرامون ما قابل مشاهده هستند. هدف این پژوهش تحلیل و مقایسه فعالیت‌های تکتونیک حوضه‌های حبله‌رود و کردان است. در این تحقیق علاوه بر روش‌های میدانی از تصاویر DEM 10m، تصاویر ماهواره‌ای Landsat و همچنین از نرم‌افزارهای Arc GIS، Global Mapper 13 جهت ترسیم نقشه‌ها و تحلیل آن‌ها استفاده گردید. شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش، شاخص ضریب مخروط گرایشی FCI، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن Vf، شکل حوضه زهکشی Bs، سینوزیته جبهه کوهستان Smf، تقارن توپوگرافی معکوس حوضه T، تقارن حوضه زهکشی یا قرینگی حوضه Af، سینوزیته یا پیچ و خم کانال رودخانه S و درنهایت شاخص IAT یا نسبت فعالیت‌های تکتونیک است. IAT شاخصی است که می‌توان بر اساس آن نتیجه کلی فعالیت تکتونیک را با میانگین‌گیری از شاخص‌های ذکر شده، در یک منطقه تکتونیک اندازه گرفت. مقدار این شاخص برای حوضه حبله‌رود و کردان محاسبه شد. نتایج حاصل از این شاخص نشان می‌دهد که حوضه کردان در کلاس ۱ و حوضه حبله‌رود در کلاس ۲ قرار دارد. طبق طبقه‌بندی از شاخص IAT می‌توان گفت که هر دو منطقه از نظر تکتونیک فعال هستند ولی میزان فعالیت‌های تکتونیک در حوضه کردان نسبت به حوضه حبله‌رود بیشتر است.

**کلیدواژه‌ها:** تکتونیک فعال، شاخص‌های ژئومورفیک، حوضه حبله‌رود و کردان.

## ۱. مقدمه

سطح زمین متشکل از عارضه‌ها و اشکال مختلفی است که این اشکال دائماً در حال تغییر و تحول می‌باشند. در تغییر و تحول شکل زمین دو دسته عوامل بیرونی و درونی نقش دارند. عوامل درونی سبب شکل‌گیری ساختار اولیه و عوامل بیرونی سبب فرسایش، تغییر شکل و تخریب این اشکال می‌گردد که تحت تأثیر این فعالیت‌ها اشکال گوناگون ژئومورفولوژیکی به وجود می‌آیند (روستایی و همکاران، ۱۳۸۸). خیام و همکاران (۱۳۸۲)، به ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیک بر مورفولوژی مخروط‌افکنه‌های دامنه شمالی میشو داغ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های تکتونیک از طریق به وجود آوردن مخروط‌افکنه‌های چند بخشی و تودرتو (تلسکوپی) مهم‌ترین نقش را در پراکندگی، تکامل و مورفولوژی این منطقه ایفا کرده است. پورکرمانی و همکاران (۱۳۸۲)، پدیده‌های ژئومورفولوژیکی گسل تبریز را مورد مطالعه قرار داده و عامل ایجاد پدیده‌های موجود از قبیل اختلاف و ایجاد پرتگاه گسلی، دره گسلی، چشمه‌های گسلی و... را گسل تبریز می‌دانند. مختاری و همکاران (۱۳۸۶)، اشکال مختلف مخروط‌افکنه‌ای در اطراف توده کوهستانی میشو داغ را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های تکتونیک در کنترل سازوکارهای مؤثر در مورفولوژی و مورفومتری سیستم‌های مخروط‌افکنه‌ای منطقه، نقشی دوگانه را ایفا می‌کنند. همچنین تحقیقات ارزشمندی توسط واکر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۰)، سونگ و چن<sup>۲</sup> (۲۰۰۸)، کاسنر و گلوکن<sup>۳</sup> (۲۰۰۹)، بول<sup>۴</sup> (۲۰۰۹)، کلر و پینتر<sup>۵</sup> (۲۰۰۱)، دلایکو<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۶) انجام گرفته است.

مقصودی (۱۳۸۷)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نرم‌افزارهای رایانه‌ای و بازدید میدانی به بررسی عوامل مؤثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه جاجرود پرداخت و به این نتیجه رسید که تحول این مخروط‌افکنه حاصل عملکرد عوامل طبیعی شامل تغییرات آب‌وهوایی، حرکات تکتونیک و تغییر سطح اساس (در درازمدت) و عوامل انسانی (در کوتاه‌مدت) بوده است. حاجی‌آبادی و همکاران (۱۳۸۷) ارتباط ناپایداری سطوح مخروط‌افکنه‌ای و عوامل انسانی در دامنه‌های جنوبی بینالود را با استفاده از روش تحلیلی مبتنی بر مقایسه تطبیقی مطالعه کرده و به بررسی ناپایداری سطوح مخروط‌افکنه بوژان و مقایسه کاربری زمین و واحدهای مسکونی طی دو دهه گذشته پرداخته و در نهایت اثرات ناشی از ناپایداری سطوح مخروط‌افکنه‌ای را بررسی نمودند. مقصودی و کامرانی (۱۳۸۷) با بررسی ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها، به این نتیجه رسیدند که تکتونیک عامل تغییر مسیر ناگهانی در دوره‌های مختلف می‌باشد. روستایی و همکاران (۱۳۸۸)، در پژوهشی نقش فعالیت‌های تکتونیک در

1 Walker

2 Singh, T and Jain

3 Kasner, A. Gloaguen

4 Bull

5 Keller. E.A. Pinter

6 Delcaillau

شکل‌گیری و گسترش مخروط‌افکنه‌های دامنه‌های جنوبی آلاداغ را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که فعالیت‌های تکتونیکي موجب جایگزینی، شکل‌گیری و گسترش مخروط‌افکنه‌ها شده، همچنین سبب تکه‌تکه شدن و محدود شدن این اشکال شده است. مقصودی و عمادالدین (۱۳۹۰)، تحلیل شواهد مورفوتکتونیکي گسل درونه در محدوده حوضه آبریز شش‌طراز و مخروط‌افکنه پایین دست آن را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که عامل تکتونیک تأثیر بسزایی در حوضه آبریز مورد مطالعه دارد و حوضه مورد مطالعه از نظر تکتونیکي فعال است. شایان و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی تحت عنوان بررسی نقش نوزمین ساخت، عوامل مورفوکلیماتیک و آنتروپوژنیک در پیدایش و تحول مخروط‌افکنه‌ها (مطالعه موردی: مخروط‌افکنه گرمسار) به این نتیجه رسیدند که وسعت حوضه آبریز حبله رود و فعال بودن وضعیت نوزمین ساختی نقش بسیار مهمی را در شکل‌گیری مخروط‌افکنه گرمسار ایفا کرده و می‌کنند. سستی و کم مقاومت بودن سنگ‌های حوضه نیز موجب می‌شود تا فرآیند هوازگی با سرعت بیشتری صورت گیرد و باعث افزایش رسوب می‌شود. در تحقیق دیگر از مقصودی و همکاران (۱۳۹۰)، راندگی گیلانغرب با استفاده از شاخص‌ها و شواهد ژئومورفولوژیک مورد بررسی قرار گرفت، نتایج تحقیق نشان می‌دهد که راندگی گیلانغرب در دوره پلیو-کواترنر فعال بوده و با توجه به وقوع زلزله در امتداد آن، این گسل در عهد حاضر (هولوسن) نیز فعال می‌باشد. مددی و فرجی منفرد (۱۳۹۳) در تحقیق مطالعه عوامل مؤثر در شکل‌گیری مخروط‌افکنه‌های گوزل‌دره و کرفس و بررسی فعالیت‌های تکتونیکي در دامنه‌های جنوبی خرقان (همدان) به این نتیجه رسیدند که در شکل‌گیری مخروط‌افکنه‌های منطقه عامل تکتونیک به عنوان عامل اصلی و سایر عوامل مثل اقلیم، لیتولوژی و غیره در رده بعدی قرار دارند.

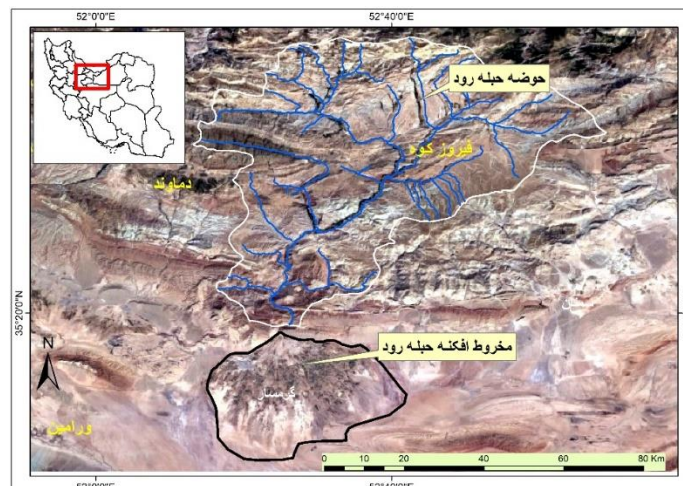
گورابی و پاریزی (۱۳۹۴)، در بررسی شواهد ژئومورفیک گسل دهشیر به این نتیجه رسیدند که گسل دهشیر با جهش تجمعی ۲۰۰ متری در طی کواترنر و نرخ لغزش تقریبی ۱۱/ در سال سبب افت سطح اساس شبکه زهکشی دامنه‌های جنوب غرب شیرکوه از اوایل کواترنر تاکنون شده و در نتیجه تسریع قهقرایی و کاوش تراورتنی و پیدایش تپه‌شاه‌ها و پیش‌تپه‌ها در این ناحیه شده است. حسین‌زاده و اعظم‌مابقی (۱۳۹۶) در تحقیق تجزیه و تحلیل تکتونیک - ژئومورفولوژی حوضه رودخانه درونگر به این نتیجه رسیدند که حوضه مربوطه از لحاظ نئوتکتونیک درجه فعال قرار دارد و بر اساس شاخص JAT، این حوضه جزء مناطق فعال از نظر تکتونیکي به حساب می‌آید. ایلانلو و دزفولی کلونی (۱۳۹۷) در تحقیق ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکي در حوضه آبریز دالکی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک به این نتیجه رسیدند که در حوضه دالکی بریدگی نسبتاً زیاد جبهه کوهستانی موجب سینوسی زیاد آن شده است و شکل حوضه نیمه کشیده و از نظر تقارن توپوگرافی نیمه متقارن است و در کل مجموع داده‌ها و شواهد زمینی در حوضه آبریز دالکی نیمه فعال بودن آن را از نظر دینامیک نیروهای درونی زمین نشان می‌دهد. نگهبان و درتاج (۱۳۹۸) در تحقیق ارزیابی تکتونیک فعال حوضه رودخانه سیروان با استفاده از شاخص‌های

ژئومورفیک به این نتیجه رسیدند که در بین زیرحوضه‌های مطالعاتی، زیرحوضه شویسه با میانگین کلاس ۲ دارای وضعیت فعال‌تری نسبت به سایر زیرحوضه‌ها است. به‌طور کلی می‌توان گفت که محیط‌زیست و طبیعت اطراف ما مملو از اشکال و لندفرم‌هایی است که توسط عوامل درونی (تکتونیک) و یا عوامی بیرونی و دینامیکی شکل گرفته‌اند و یا محصول‌های عملکرد هر دو هستند. آگاهی از مسائل و مشکلات مربوط به شکل‌گیری و تداوم مخروط‌افکنه‌ها به دلیل ارتباط داشتن آن با عمران و سازندگی و فعالیت‌های انسانی می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد. مخروط‌افکنه و حوضه‌های منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر عوامل و فرآیندهایی مختلفی دچار تغییر و تحول شده‌اند. هدف از این پژوهش تحلیل و مقایسه فعالیت‌های تکتونیک در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

## ۲. منطقه مورد مطالعه

### ۲.۱. حوضه و مخروط‌افکنه حبله‌رود

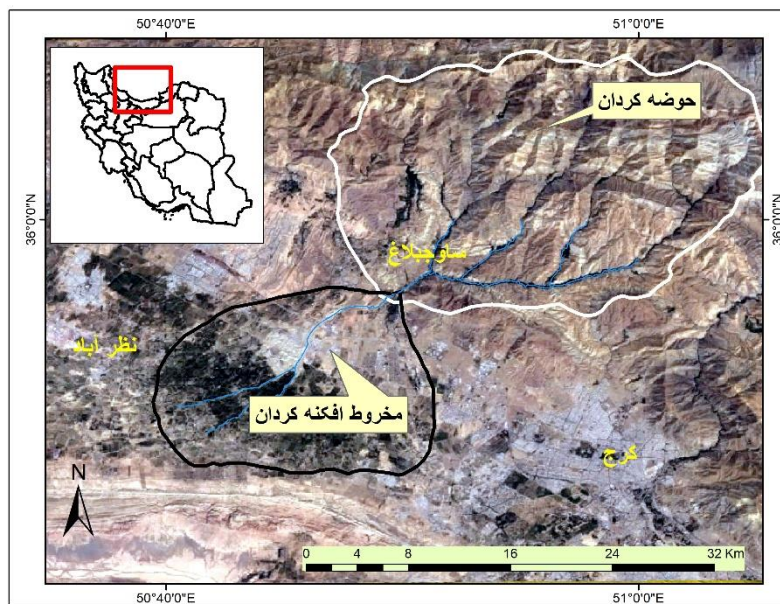
این حوضه در حاشیه جنوبی رشته‌کوه البرز قرار دارد و از لحاظ تقسیمات کشوری در غرب استان سمنان واقع شده است. از طرف غرب به شهرستان‌های دماوند، ورامین و پاکدشت، از طرف جنوب غربی به استان قم و از طرف شرق به استان سمنان محدود است. رودخانه حبله رود در خروج از کوهستان مخروط‌افکنه گرمسار یا حبله رود را تشکیل می‌دهد (شکل ۱). در این مخروط‌افکنه پست‌ترین نقطه با ارتفاع ۷۴۴ متر و بلندترین نقطه با ارتفاع ۹۹۶ متر می‌باشد. حوضه آبخیز این مخروط‌افکنه حدود ۳۲۴۱ کیلومترمربع مساحت دارد و در خارج استان سمنان واقع شده یعنی از نظر تقسیمات کشوری در استان تهران و شهرستان‌های فیروزکوه و دماوند می‌باشد. کمترین ارتفاع ۱۰۰۰ متر و بیش‌ترین ارتفاع در حوضه ۴۰۳۰ متر می‌باشد.



شکل ۱- محدوده حوضه آبریز و مخروط افکنه حبله رود

## ۲.۲. حوضه و مخروط افکنه کردان

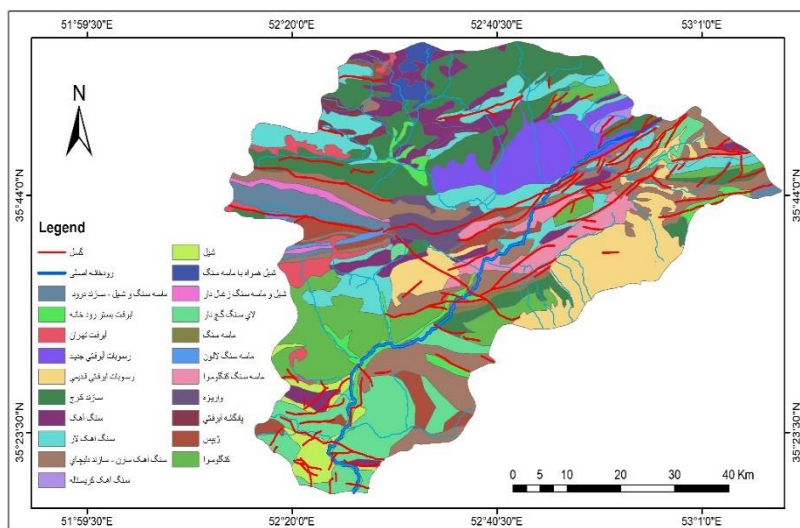
این حوضه نیز در حاشیه جنوبی رشته‌کوه البرز قرار دارد؛ و از لحاظ تقسیمات کشوری در استان البرز واقع شده است. رودخانه کردان باعث ایجاد مخروط افکنه کردان با مساحت حدود ۲۱۱ کیلومتر شده است. پست‌ترین نقطه با ارتفاع ۱۱۷۵ متر و بالاترین ارتفاع مخروط افکنه ۱۴۵۵ متر است. مساحت حوضه آبخیز کردان نیز حدود ۴۴۲ کیلومترمربع کمترین ارتفاع ۱۴۲۰ متر و بیش‌ترین ارتفاع در حوضه ۴۰۶۰ متر می‌باشد.



شکل ۲- محدوده حوضه آبریز و مخروط افکنه کردان

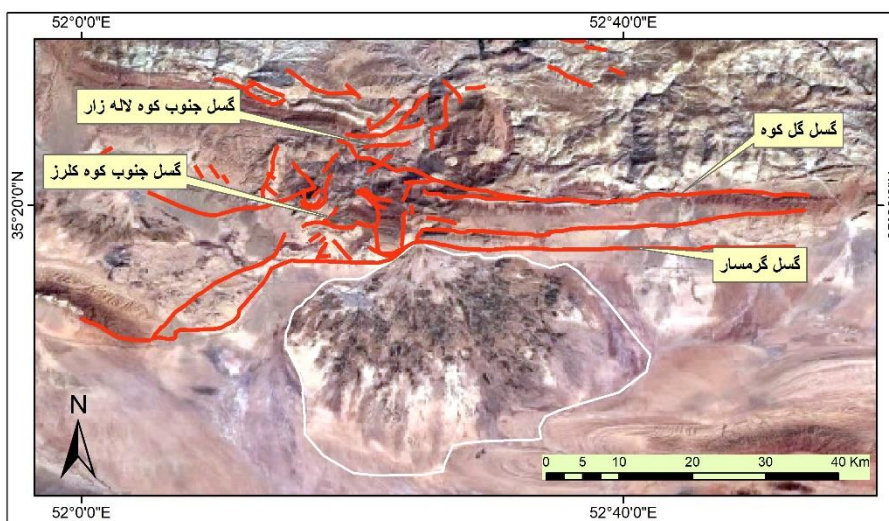
## ۳.۲. زمین‌شناسی حوضه حبله رود

نتایج حرکات کوهزایی در رشته‌کوه البرز موجب گسل خوردگی‌ها، رو راندگی‌های ملایم و مرتفع شدن البرز گردیده است. سازندهای ائوسن، الیگوسن، الیگومیوسن، میوسن، پلیوسن و پلیوستوسن که با نام‌های سازند کرج، قرمز فوقانی، قم، قرمز زیرین، هزار دره و آبرفت‌های قدیمی و عهد حاضر شناخته می‌شوند، در حوضه حبله رود گسترش دارند (شکل ۳). در این منطقه گسل‌های زیادی وجود دارد از جمله گسل گرمسار که در رأس مخروط افکنه گرمسار قرار دارد. این گسل در بخش خاوری مرز بین سازند آبرفتی هزار دره و آبرفت‌های دشت را می‌سازد و در زیر مخروط افکنه‌های حاصل از فرسایش هزار دره پنهان است. گسل جنوب کوه کلرز که درازای این گسل ۱۱ کیلومتر و راستای آن خاور- باختری است. این گسل موجب راندگی سنگ‌های کربناته سازند قم بر روی سازند قرمز زیرین شده است. سایر گسل‌های منطقه هر کدام باعث تغییراتی در منطقه مورد مطالعه شده است (شکل ۴).



شکل ۱- نقشه زمین شناسی حوضه حبله رود

منبع: نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی



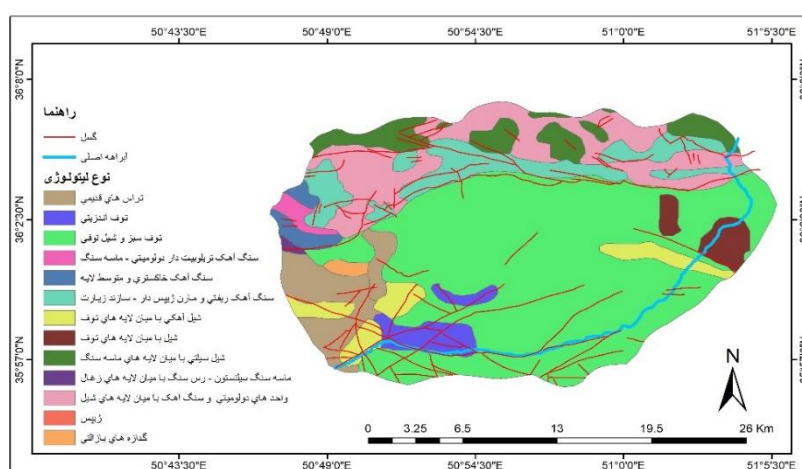
شکل ۲- نقشه موقعیت های گسل اطراف مخروط افکنه حبله رود

منبع: نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی

## ۲.۴ زمین شناسی حوضه کردان

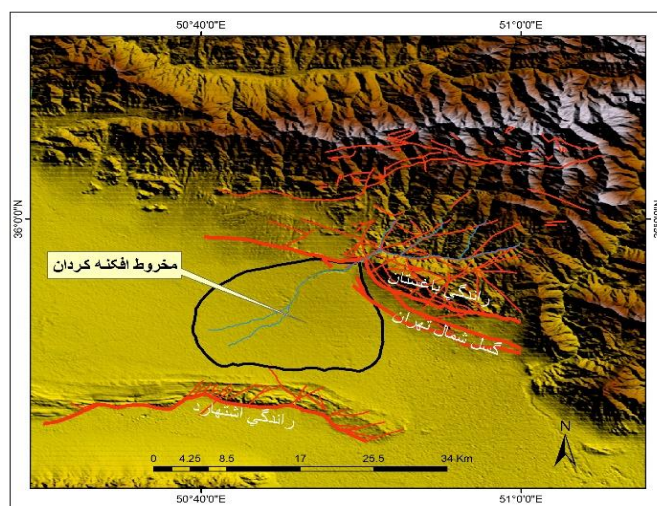
از لحاظ تقسیمات زمین شناسی این حوضه همانند حوضه حبله رود جزو البرز مرکزی می باشد. رسوبات کربونیفر میانی و فوقانی در این زون (البرز مرکزی) دیده نمی شود که دلیل آن پیشروی و پسروی هایی بوده که در طول این دوره بر منطقه حاکم بوده است. رسوبات کامبرین- اردوئیسین و سیلورین منطقه دیده نمی شود. رسوبات دونین، پرمین، تریاس، ژوراسیک، کرتاسه و پالیوژن در منطقه موجود می باشد که شامل سازند روته، سازند الیکا، سازند

شمشک، سازند دلیچای، آهک لار، سازند تیزکوه و سازند کرج می‌شود (شکل ۵). در نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کرج که حوضه و مخروط‌افکنه کردان را شامل می‌شود گسل‌های زیادی وجود دارد. مهم‌ترین گسل‌ها در منطقه از جمله راندگی شمال تهران که اثر این گسل در نهشته‌های آبرفتی کنگلومرای تراکم نیافته با میان لایه‌های سیلت و رس، پادگانه‌های آبرفتی و مخروط‌افکنه‌های جوان دیده می‌شود. همچنین راندگی باغستان دومین گسل منطقه می‌باشد. این راندگی ادامه گسل وردیج- پورکان در ورقه تهران است. این راندگی به صورت خمیده در مرز رسوب‌های سازند کرج و نهشته‌های آبرفتی به صورت دیواره بارزی دیده می‌شود (شکل ۶).



شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی حوضه کردان

منبع: نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی



شکل ۶- نقشه موقعیت‌های گسل اطراف مخروط افکنه کردان

منبع: نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی

## ۳. مواد و روش‌ها

روش کلی در تحقیق حاضر روش تحلیلی - مقایسه‌ای است. پس از بررسی میدانی مقدماتی و استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ / ۱ منطقه مورد مطالعه، نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰۰ گرسار، تصاویر ماهواره‌ای DEM 10m, Landsat استفاده گردید. از نرم‌افزارهای Arc GIS، Global Mapper 13 جهت ترسیم نقشه‌ها و تحلیل آن‌ها استفاده گردید. نقشه‌های توپوگرافی رقومی شده ۱:۲۵۰۰۰ به عنوان نقشه پایه مورد استفاده قرار گرفت و سپس سایر اطلاعات جهت شناخت مناطق مورد مطالعه وارد نرم‌افزار GIS گردید. در مرحله بعد با توجه به هدف تحقیق برای برآورد میزان فعالیت‌های تکتونیک در دو منطقه مورد مطالعه از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی که شامل شاخص ضریب مخروط گرایی FCI، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن Vf، شکل حوضه زهکشی Bs، سینوزیته جبهه کوهستان Smf، تقارن توپوگرافی معکوس حوضه T، تقارن حوضه زهکشی یا قرینگی حوضه Af، سینوزیته یا پیچ و خم کانال رودخانه S و درنهایت شاخص IAT یا نسبت فعالیت‌های تکتونیک می‌باشد، استفاده گردید. پس از محاسبه شاخص‌های مورفوتکتونیک، حوضه‌های مورد مطالعه با استفاده از شاخص Iat نیز مورد ارزیابی قرار گرفت و نهایت وضعیت تکتونیک حوضه‌ها مشخص شد.

## ۳.۱. شاخص ضریب مخروط گرایی (FCI)

بر اساس شکل مخروط افکنه می‌توان نوع فعالیت تکتونیک را در مجاورت جبهه کوهستانی تشخیص داد. از آنجاکه مخروط افکنه‌ها شکل مخروطی دارند، منحنی‌های میزان روی مخروط افکنه‌های ساده تقریباً حالت قوس مانند پیدا کرده و بخشی از یک دایره را تشکیل می‌دهند. اولین بار موکرچی ۱ (۱۹۷۶) شاخص شکل مخروطی را بیان کرد، بر این اساس مخروط افکنه‌ای که شکل آن به مخروط ایده‌آل نزدیک‌تر باشد ضریب مخروطی بالاتری دارد و هر چه مخروط افکنه به مخروط ایده‌آل نزدیک یا شبیه آن نباشد، یا به صورت کشیده باشد شاخص مخروطی پایینی دارد. این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$FCI = \frac{AIF}{ATF}$$

AIF: مساحت مخروط ایده‌آل؛ ATF: مساحت واقعی مخروط افکنه می‌باشد. همچنین برای محاسبه AIF نیز

از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$AIF = \pi r^2 \times DFA \div 360$$

در این رابطه:

$\pi$ : برابر با ۳/۱۴؛  $r^2$ : شعاع مخروط افکنه DFA: زاویه بین دو حاشیه مخروط افکنه در رأس آن محاسبه می‌گردد. این شاخص در منطقه مورد مطالعه محاسبه گردید. همان‌طور که مشاهده می‌کنید در هر دو مخروط افکنه



مقادیر به دست آمده کم‌تر از ۱ را نشان می‌دهد. در این مورد می‌توان گفت که هر دو منطقه تحت تأثیر تکنیک قرار دارد (جدول ۱).

جدول ۱- مقادیر محاسبه شده ضریب مخروط گرایی (FCI) در مخروط افکنه حبله رود و کردان

مخروط افکنه	DFA	r <sup>2</sup>	AIF	ATF	FCI
حبله رود	۹۰	۲۵۶	۲۰۰/۹۶	۳۲۵	۰/۶۱
کردان	۸۶	۱۰۰	۷۵/۰۱	۹۰	۰/۸۳

### ۲.۳. شاخص‌های زمین ساخت فعال

شاخص‌های متعددی برای بررسی فعالیت‌های زمین‌ساختی وجود دارد در این قسمت شاخص‌هایی که اثر تکنیک را در مخروط افکنه و داخل حوضه‌های را نشان می‌دهد، مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۲).

جدول ۲- شاخص‌های فعالیت‌های تکنیکی در مناطق مورد مطالعه

منبع	توضیحات	رابطه مربوط به شاخص	شاخص
Keller & Pinter, 2001	$Ar =$ قسمتی از حوضه است که در سمت چپ جریان اصلی قرار دارد، $At =$ مساحت کل حوضه آبریز.	$AF = 100(Ar / At)$	شاخص تقارن حوضه زهکشی
Hamdouni et al 2008	$VF =$ نسبت پهنای دره به ارتفاع آن، $VFW =$ پهنای کف دره بر حسب متر، $EId =$ ارتفاع خط تقسیم آب بین دو دره در سمت چپ دره از سطح دریا بر حسب متر، $Erd =$ ارتفاع خط تقسیم آب بین دو دره در سمت راست دره از سطح دریا بر حسب متر، $Esc =$ ارتفاع کف دره از دریای آزاد.	$VF = 2vfw / [(EId - Esc) + (Erd - Esc)]$	شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن
Keller & pinter 2001	$SL =$ شیب طولی رودخانه $\Delta H =$ اختلاف ارتفاع بین دو نقطه اندازه‌گیری شده $\Delta L =$ طول رودخانه بین دو نقطه انتخاب شده و $L =$ طول رودخانه از وسط منطقه اندازه‌گیری شده تا مرتفع‌ترین نقطه رودخانه است.	$SL = (\frac{\Delta H}{\Delta L}) * L$	شاخص شیب طولی رودخانه
Hamdouni 2008.et al	$Smf =$ شاخص پیچ‌وخم جبهه کوهستان، $Ls =$ طول خط مستقیم جبهه کوهستان، $Lmf =$ طول جبهه کوهستان در امتداد پای کوه (خط کنیک).	$Smf = Lmf / Ls$	شاخص سینوزیته جبهه کوهستان
Keller & pinter 2001	$BL =$ طول حوضه از خط‌الرأس تا نقطه خروجی، $BW =$ عرض حوضه در عریض‌ترین قسمت آن	$BS = BL / BW$	شاخص نسبت شکل حوضه زهکش

منبع	توضیحات	رابطه مربوط به شاخص	شاخص
Radoane & et al, 2003	$Da$ = فاصله خط میانی حوضه زهکشی تا کمر بند فعال منانداری حوضه (مسیر رود اصلی)، $Dd$ = فاصله خط میانی حوضه و خط تقسیم آب می باشد	$T = Da / Dd$	شاخص تقارن توپوگرافی معکوس حوضه
Keller & Pinter, 1996	$S$ = میزان سینوزیته یا پیچ و خم رودخانه اصلی، $C$ = طول رودخانه یا جریان، $V$ = طول دره به خط مستقیم.	$S = C / V$	شاخص سینوزیته یا پیچ و خم کانال رودخانه
Hamdouni 2008 et al	از میانگین شاخص های $S_{mf}$ , $B_s$ , $V_f$ , $A_f$ , $S_L$ به دست می آید.	$Iat = \frac{S}{n}$	شاخص نسبت فعالیت های تکتونیکی

### ۳.۳. شاخص فعالیت تکتونیکی (IAT)

به منظور به دست آوردن دیدی کلی از مقدار فعالیت های تکتونیکی و بررسی تکتونیک فعال بر توسعه و تکامل اشکال حاصل از آن، از شاخصی به نام IAT استفاده می شود که از میانگین شاخص های نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن  $V_f$ ، شکل حوضه زهکشی  $B_s$ ، سینوزیته جبهه کوهستان  $S_{mf}$ ، تقارن توپوگرافی معکوس حوضه  $T$ ، تقارن حوضه زهکشی یا قرینگی حوضه  $A_f$ ، سینوزیته یا پیچ و خم کانال رودخانه  $S$ ، به دست می آید (جدول 3). این شاخص توسط همدونی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۸)، بر اساس مقدار کمی به دست آمد.

جدول ۳- طبقه بندی ارائه شده شاخص IAT توسط همدونی و همکاران (۲۰۰۸)

شاخص ها	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳
Sl	$SL > 500$	$300 \leq SL < 500$	$SL < 300$
S <sub>mf</sub>	$S_{mf} < 1/1$	$S_{mf} = 1/1 - 1/5$	$S_{mf} > 1/5$
V <sub>f</sub>	$V_f < 0.5$	$V_f = 0.5 - 1$	$V_f > 1$
B <sub>s</sub>	$B_s \geq 4$	$3 < B_s < 4$	$B_s \leq 3$
A <sub>f</sub>	$A_f - 50 > 15$	$A_f - 50 = 7 - 15$	$A_f - 50 < 7$
S	$1 - 1/5$	$1/5 - 2$	بیشتر از ۲
T	$1 - 0.66$	$0.33 - 0.66$	$0 - 0.33$

1 Hamdouni

طبق این فرمول شاخص IAT در چهار کلاس ۱، ۲، ۳ و ۴ طبقه‌بندی شده‌اند. در این طبقه‌بندی کلاس ۱ بالاترین فعالیت تکتونیکی، کلاس ۲ با فعالیت تکتونیکی بالا، کلاس ۳ با فعالیت تکتونیکی متوسط و در نهایت کلاس ۴ کمترین فعالیت تکتونیکی را دارا می‌باشد (جدول ۴).

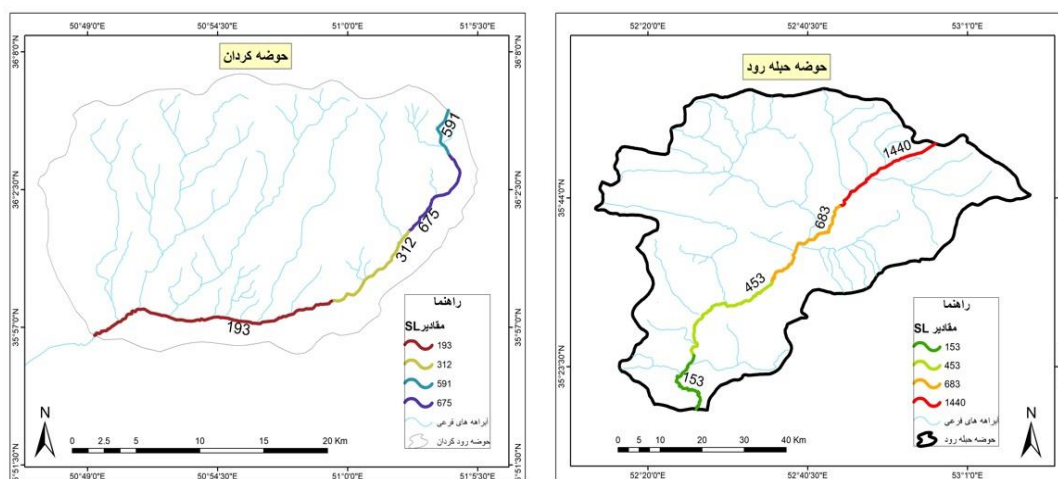
جدول ۴- طبقه‌بندی شاخص IAT (منبع: مینایی، ۱۳۹۰)

IAT	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴
میانگین	۱ - ۱/۵	۱/۵ - ۲	۲ - ۲/۵	> ۲/۵ میانگین

#### ۴. نتایج و بحث

##### ۴.۱. شاخص گرادیان طولی رودخانه‌ها (SL)

پس از محاسبه مقادیر شاخص گرادیان طولی رودخانه‌ها در محدوده مورد مطالعه و منطبق کردن موقعیت گسل‌ها و مرزهای زمین‌شناسی می‌توان علت افزایش و کاهش این شاخص در حوضه آبریز را شناسایی نمود. برای محاسبه مقادیر SL، رود اصلی در هر یک از حوضه‌ها به چند قسمت تقسیم گردید (شکل ۷). این شاخص به تغییرات شیب کانال حساس می‌باشد. همچنین مواردی از قبیل جنس زمین‌شناسی و گسل‌های موجود نیز در میزان SL حوضه دخالت دارد. مقادیر SL به سه دسته تقسیم می‌گردد که مقدار بیشتر از ۵۰۰ دارای تکتونیک فعال، بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ دارای تکتونیک نسبتاً فعال و کمتر از ۳۰۰ دارای تکتونیک غیر فعال می‌باشد (ده بزرگی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۷- محل اندازه‌گیری شاخص SL در حوضه حبله رود و کردان

1 DehBozorgi et al.

پس از بررسی مقدار شاخص SL در حوضه حبله رود و کردان مشخص گردید که هر دو حوضه دارای مقادیر بالای این شاخص می باشد و از لحاظ تکنیک فعال می باشد. یکی از عوامل مقدار زیاد SL، وجود گسل های متعدد و نوع سازندهای منطقه می باشد که باعث تغییرات در مقدار SL گردیده است (جدول ۵).

جدول ۵- مقادیر SL محاسبه شده در حوضه حبله رود حوضه کردان

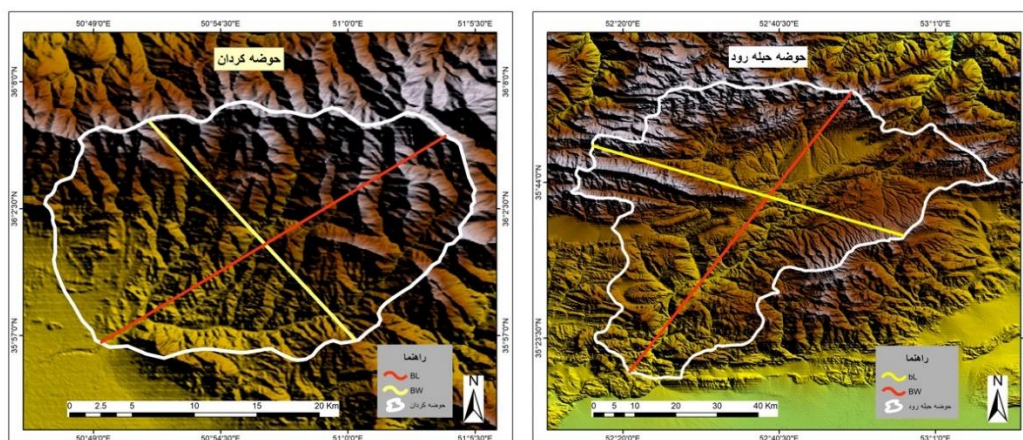
حوضه حبله رود	حوضه کردان
۱۵۳,۲۳	۱۹۳,۰۵
۴۵۳,۲۸	۳۱۲,۵۹
۶۸۳,۶۱	۶۷۵,۸۶
۱۴۴۰,۱۸	۵۹۱,۵۲

#### ۲.۴. شاخص نسبت شکل حوضه زهکشی (Bs)

نسبت شکل حوضه زهکشی نیز شاخصی است که در ارزیابی فعالیت های تکتونیکی به کار می رود. مقدار عدد به دست آمده از شاخص BS در حوضه کردان با مقدار عددی ۱/۳۱ و حوضه حبله رود با مقدار ۱/۲۵ می باشد (جدول ۶). در اینجا این عدد نشان دهنده فعالیت تکتونیکی پایینی در منطقه می باشد البته در این مورد باید به نتایج دیگر شاخص های ژئومورفولوژیکی نیز توجه نمود (شکل ۸).

جدول ۶- مقادیر BS محاسبه شده در حوضه حبله رود حوضه کردان

نام حوضه	BL(m)	BW(m)	BS
حبله رود	۸۱۵۴۴/۹۴	۶۵۱۸۳/۱۱	۱/۲۵
کردان	۲۷۹۴۸/۴۳	۲۱۲۷۳/۵۰	۱/۳۱



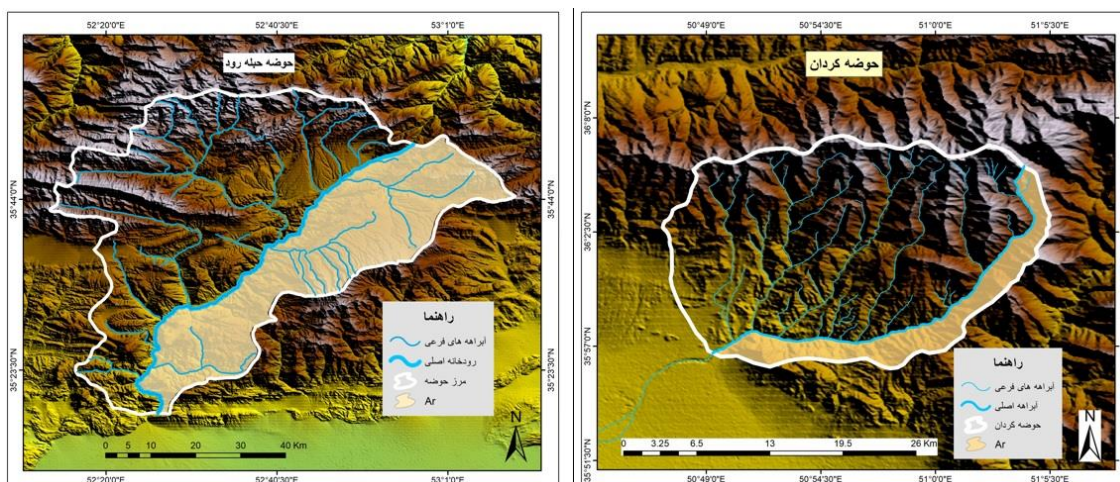
شکل ۸- محل اندازه گیری شاخص BS در حوضه حبله رود و کردان

۴.۳. شاخص تقارن حوضه زهکشی یا شاخص قرینگی حوضه (Af)

مقدار Af در حوضه حبله‌رود برابر ۶۴/۵ محاسبه شده است. پس از تفریق کردن مقدار عددی ۵۰ (با توجه به فرمول ذکر شده)، جواب حاصله ۱۴/۵ به دست آمده که با توجه به طبقه‌بندی ذکر شده منطقه از نظر تکتونیک در گروه فعالیت متوسط تا زیاد قرار دارد. مقدار Af در حوضه کردان نیز ۸۵/۳۸ محاسبه شده است پس از کم کردن مقدار عددی ۵۰، جواب حاصله ۳۵/۳۸ به دست آمده که با توجه به طبقه‌بندی ذکر شده منطقه از نظر تکتونیک در گروه فعالیت زیاد قرار دارد (جدول ۷). همان‌طور که ذکر گردید هر چه مقدار Af از ۵۰ فاصله بگیرد نشانگر فعالیت تکتونیک در منطقه می‌باشد و عمل بالآمدگی در ساحل راست را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌نمایید حوضه کردان نسبت به حوضه حبله‌رود از نظر تکتونیک فعال می‌باشد (شکل ۹).

جدول ۷- مقادیر Af محاسبه شده در حوضه حبله رود و کردان

نام حوضه	Ar کیلومتر مربع	At کیلومتر مربع	Af	Af - 50
حبله رود	۲۰۹۲	۳۲۴۱	۶۴/۵	۱۴/۵
کردان	۳۷۸	۴۴۳	۸۵/۳۸	۳۵/۳۸

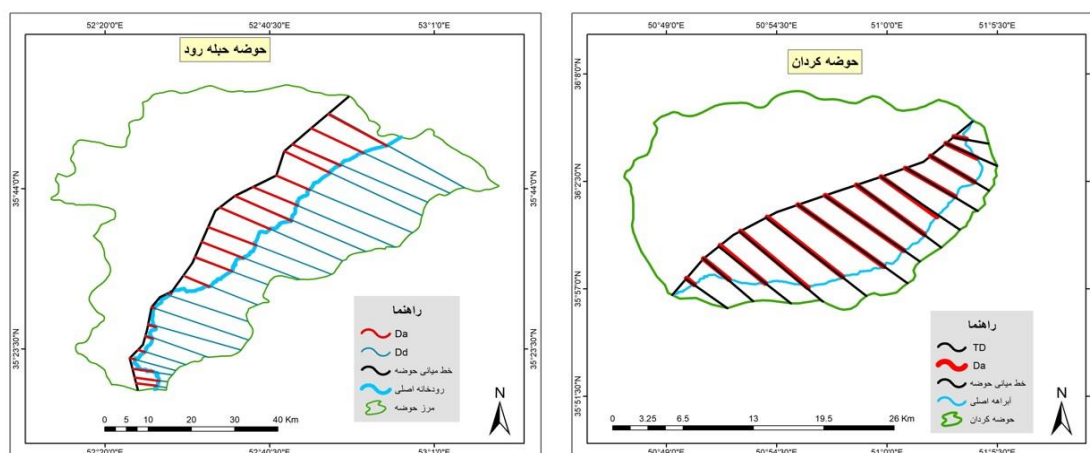


شکل ۹- محل اندازه‌گیری شاخص Af در حوضه حبله رود و کردان

۴.۴. شاخص تقارن توپوگرافی معکوس حوضه (T)

شاخص T در حوضه حبله‌رود، در ۲۱ نقطه و در حوضه کردان، در ۱۳ نقطه محاسبه گردید و سپس میانگین آن‌ها به دست آمد (شکل ۱۰). شاخص به دست آمده برای حوضه حبله‌رود به‌طور متوسط برابر با ۰/۳۴ و برای حوضه کردان به‌طور متوسط برابر با ۰/۷۰ می‌باشد. با توجه به اینکه حرکات تکتونیک فعال، از دلایل ایجاد عدم

تقارن در حوضه‌های آبریز است پس می‌توان نتیجه گرفت که حوضه‌های مورد مطالعه از نظر حرکات تکتونیکی در گروه فعال تا بسیار فعال قرار دارد. همان‌طور که گفته شد هرچه مقدار این شاخص به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان دهنده عدم تقارن بیشتر است و در حوضه‌های کاملاً متقارن  $T=0$  می‌باشد. در این مورد حوضه کردان با مقدار ۰/۷۰ و حوضه حبله‌رود با مقدار ۰/۳۲ نشانگر این است که حوضه کردان از نظر شاخص  $T$  نسبت به حوضه حبله‌رود بیشتر تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی قرار دارد.



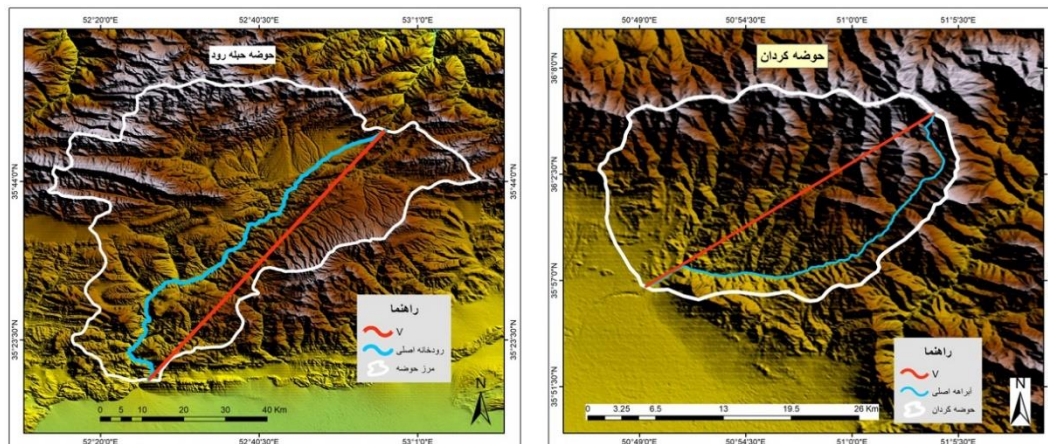
شکل ۴- محل اندازه‌گیری شاخص  $T$  در حوضه حبله‌رود و کردان

#### ۴.۵. شاخص سینوزیته یا پیچ‌وخم کانال رودخانه ( $S$ )

برای ارزیابی پیچ‌وخم رودخانه روشی مشابه به روش پیچ‌وخم جبهه کوهستان ابداع شده تا به وسیله آن، میزان ممانداری بودن رودها را مشخص نمایند که در این مورد از رابطه  $S$  استفاده شد. برای محاسبه مقدار شاخص  $S$  در حوضه حبله‌رود، پس از اندازه‌گیری پارامترهای آن عددی برابر با ۱/۳۱ و برای حوضه کردان ۱/۲۹ محاسبه گردید. مقادیر شاخص  $S$  در حوضه‌های مورد مطالعه (جدول ۸)، نشان دهنده این است که حوضه‌های مورد مطالعه هنوز به حالت تعادل نرسیده است و نیروهای درونی در تغییرات مورفولوژی آن نقش دارند. همچنین مقادیر به دست آمده از هر دو حوضه نیز تقریباً عددهای نزدیک به هم می‌باشد و هر دو حوضه از نظر تکتونیکی در کلاس ۱ و از لحاظ تکتونیکی بسیار فعال قرار دارد (شکل ۱۱).

جدول ۱- مقادیر محاسبه شده شاخص  $S$  در حوضه حبله‌رود و کردان

نام حوضه	$C$ متر	$V$ متر	$S$
حبله رود	۹۹۰۲۳/۷	۷۵۵۱۶/۹۵۸	۱/۳۱
کردان	۳۶۱۰۳/۶	۲۷۹۴۸/۴۳	۱/۲۹



شکل ۱۱- محل اندازه‌گیری شاخص S در حوضه حبله رود و کردان

۶.۴. شاخص نسبت عرض دره‌ها به ارتفاع (Vf)

شاخص دیگری که تأثیر تکتونیک را مورد بررسی قرار می‌دهد شاخص Vf می‌باشد. برای محاسبه این شاخص در حوضه حبله‌رود و کردان، ۱۳ محل اندازه‌گیری تعیین شد سپس برای تک‌تک محل‌های انتخاب شده مقدار VF محاسبه گردید (شکل ۱۲). مقدار به دست آمده از VF برای حوضه کردان ۰/۵۱ و برای حوضه حبله رود ۰/۷۹ محاسبه گردید (جدول ۹) و (جدول ۱۰). بر اساس طبقه‌بندی ذکر شده در فرمول مربوطه، هر دو منطقه در کلاس ۲ و از لحاظ تکتونیکی متوسط می‌باشد.

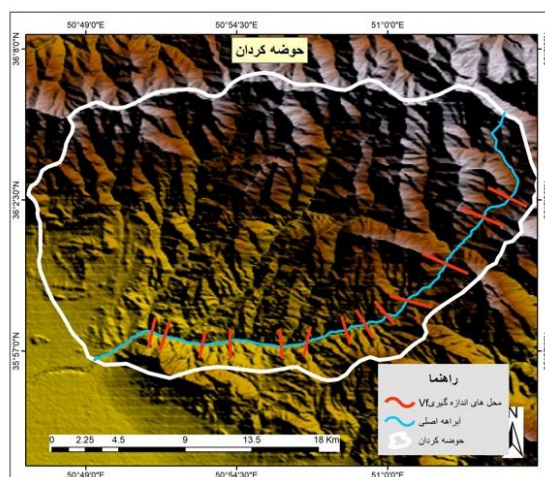
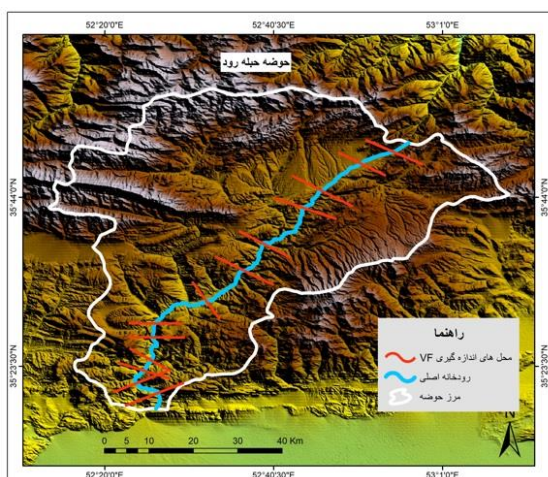
جدول ۹- مقادیر شاخص Vf در حوضه کردان

مقطع	Eld	Esc	Erd	Eld - Esc	Erd - Esc	[(Eld-Esc)+(Erd-Esc)]	Vf
1	۱۶۱۹	۱۴۸۱	۱۶۰۰	۱۳۸	۱۱۹	۲۵۷	۱/۶۰
2	۱۶۲۷	۱۴۸۱	۱۸۷۲	۱۴۶	۳۹۱	۵۳۷	۰/۷۶
3	۱۶۳۵	۱۵۲۲	۱۷۶۱	۱۱۳	۲۳۹	۳۵۲	۰/۸۳
4	۱۶۶۰	۱۵۶۰	۱۷۸۸	۱۰۰	۲۲۸	۳۲۸	۱/۱۶
5	۱۸۳۷	۱۶۲۱	۱۸۲۲	۲۱۶	۲۰۱	۴۱۷	۱
6	۱۹۵۶	۱۶۶۱	۱۸۵۵	۲۹۵	۱۹۴	۴۸۹	۱/۳۳
7	۲۰۰۰	۱۷۲۸	۱۹۳۵	۲۷۲	۲۰۷	۴۷۹	۰/۲۶
8	۱۹۲۰	۱۷۶۳	۲۰۳۴	۱۵۷	۲۷۱	۴۲۸	۰/۳۲
9	۲۱۶۴	۱۸۲۰	۲۱۰۴	۳۴۴	۲۸۴	۶۲۸	۰/۱۱
10	۲۲۰۳	۱۸۹۴	۲۳۷۲	۳۰۹	۴۷۸	۷۸۷	۰/۱۳
11	۲۷۹۵	۲۰۹۵	۲۹۲۵	۷۳۰	۸۶۰	۱۵۹۰	۰/۰۵
12	۳۰۹۵	۲۳۱۴	۳۲۵۰	۷۸۱	۹۳۶	۱۷۱۷	۰/۰۵

مقطع	Eld	Esc	Erd	Eld - Esc	Erd - Esc	[(Eld-Esc)+(Erd-Esc)]	Vf
13	۲۷۷۲	۲۴۱۵	۳۱۸۲	۳۵۷	۷۶۷	۱۱۲۴	۰/۰۷
							میانگین ۰/۵۱

جدول ۱۰- مقادیر شاخص Vf در حوضه حبله رود

مقطع	2vfw	Eld	Esc	Erd	Eld - Esc	Erd - Esc	[(Eld-Esc)+(Erd-Esc)]	Vf
	۱۶۲	۲۳۱۱	۱۰۷۴	۱۶۸۶	۱۲۳۷	۶۱۲	۱۸۴۹	۰/۰۹
	۳۰۸	۱۶۰۳	۱۱۲۷	۱۴۶۷	۴۷۶	۳۴۰	۸۱۶	۰/۳۸
	۹۳۶	۲۱۵۲	۱۱۷۴	۱۵۷۵	۹۷۸	۴۰۱	۱۳۷۹	۰/۶۸
	۸۰۰	۱۹۳۲	۱۲۱۷	۱۶۵۸	۷۱۵	۴۴۱	۱۱۵۶	۰/۶۹
	۲۰۰	۲۰۶۷	۱۲۸۶	۱۵۵۱	۷۸۱	۲۶۵	۱۰۴۶	۰/۱۹
	۴۷۸	۱۸۳۹	۱۳۲۲	۱۸۹۲	۵۱۷	۵۷۰	۱۰۸۷	۰/۴۴
	۱۲۵۸	۱۷۰۵	۱۴۸۰	۱۷۷۰	۲۲۵	۲۹۰	۵۱۵	۲/۴۴
	۸۶۰	۱۹۰۱	۱۵۹۰	۲۳۱۹	۳۱۱	۷۲۹	۱۰۴۰	۰/۸۳
	۸۰۰	۱۹۷۶	۱۶۷۰	۲۱۱۰	۳۰۶	۴۴۰	۷۴۶	۱/۰۷
	۲۵۲	۲۰۷۰	۱۸۳۰	۲۳۷۲	۲۴۰	۵۴۲	۷۸۲	۰/۳۲
	۳۸۰	۲۰۳۰	۱۹۱۵	۲۱۰۷	۱۱۵	۱۹۲	۳۰۷	۱/۲۴
	۸۶۰	۲۲۳۷	۲۰۵۰	۲۴۷۰	۱۸۷	۴۲۰	۶۰۷	۱/۴۲
	۴۰۰	۲۴۰۰	۲۰۶۰	۲۴۵۰	۳۴۰	۳۹۰	۷۳۰	۰/۵۵
							میانگین ۰/۷۹	



شکل ۱۲- محل اندازه گیری شاخص Vf در حوضه حبله رود و کردان

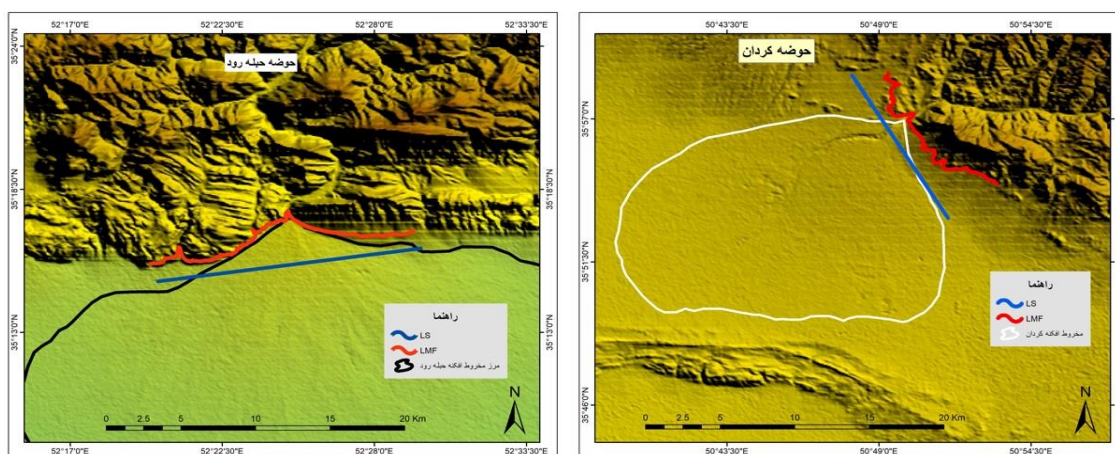


#### ۴.۷. شاخص پیچ‌وخم جبهه کوهستان (Smf)

این شاخص به نام شاخص سینوسی جبهه کوهستان معروف می‌باشد. اندازه‌گیری پیچ‌وخم جبهه کوهستان نیز روشی کمی است که می‌توان به کمک آن فعالیت‌های جدید تکتونیک را در یک منطقه ارزیابی کرد. شاخص Smf برای حوضه حبله‌رود و کردان محاسبه گردید، میزان این شاخص در حوضه حبله‌رود برابر با ۱/۵۰ و برای حوضه کردان برابر با ۱/۲۱ می‌باشد (جدول ۱۱). با توجه به طبقه‌بندی که قبلاً ذکر گردید می‌توان گفت که هر دو حوضه در یک کلاس قرار گرفته است و از نظر تکتونیک در گروه فعال قرار دارد (شکل ۱۳). طبقه‌بندی دیگری را که بول<sup>۱</sup> و مک فادن (۱۹۷۷) انجام داده‌اند. بر اساس این طبقه‌بندی مقادیر بین ۱ تا ۱/۶ در گروه بسیار فعال تکتونیک، مقادیر بین ۱/۶ تا ۱/۸ با فعالیت متوسط تکتونیک و مقادیر ۱/۸ تا ۵ مناطق غیر فعال تکتونیک می‌باشد. با توجه به این طبقه‌بندی حوضه‌های کردان و حبله رود در گروه بسیار فعال تکتونیک قرار می‌گیرد.

جدول ۱۱- مقادیر محاسبه شده شاخص Smf در حوضه حبله رود و کردان

نام حوضه	Lmf	Ls	Smf
حبله رود	۲۲۲۹۹ متر	۱۴۷۸۲ متر	۱/۵۰
کردان	۱۴۲۸۳ متر	۱۱۷۵۲ متر	۱/۲۱



شکل ۱۳- محل اندازه‌گیری شاخص Smf در حوضه حبله رود و کردان

#### ۴.۸. شاخص نسبت فعالیت‌های تکتونیک (IAT)

بر اساس نکات گفته شده مناطق مورد مطالعه از نظر شاخص IAT نیز مورد ارزیابی قرار داده شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که حوضه حبله‌رود در کلاس ۲ و حوضه کردان در کلاس ۱ قرار دارد (جدول ۱۲). بر

اساس طبقه‌بندی اشاره شده در روش تحقیق در مورد شاخص IAT، در کلاس ۱ میزان فعالیت‌های نوزمینساختی بالاترین فعالیت تکتونیکی را شامل می‌شود پس حوضه کردان از لحاظ فعالیت تکتونیکی دارای بالاترین فعالیت می‌باشد و حوضه حبله‌رود که در کلاس ۲ قرار دارد در کلاس فعالیت تکتونیکی بالا قرار می‌گیرد.

جدول ۱۲- مقادیر شاخص Iat در منطقه مورد مطالعه

IAT	S/n	S	Af	Bs	Vf	Smf	SI	T	نام حوضه
کلاس ۲	۱/۷۱	۱	۲	۱	۲	۲	۲	۲	حوضه حبله رود
کلاس ۱	۱/۳	۱	۱	۱	۲	۲	۱	۱	حوضه کردان

##### ۵. نتیجه‌گیری

واحد مورفوتکتونیکی البرز یک طاق‌دیس مرکب است که از آذربایجان تا خراسان کشیده شده است. شکل کنونی البرز حاصل آخرین فاز کوهزایی آلپی است که نشان‌دهنده جوان بودن کوه‌های البرز و ادامه فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه است. اینکه کدام بخش از البرز از نظر تکتونیکی فعال‌تر است همواره سؤالی بوده که توسط متخصصان مطرح شده است و نیاز به مطالعه بیشتر این سیستم کوهستانی را نشان می‌دهد. شاخص‌های مورفوتکتونیکی از جمله روش‌هایی هستند که در سال‌های اخیر برای تعیین میزان فعالیت تکتونیکی مناطق مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. اگرچه استفاده تنها از این شاخص‌ها برای رسیدن به نتایج قاطع و متقن کافی نیست اما می‌تواند در کنار شواهد مورفوتکتونیکی برای تفسیر و تحلیل میزان فعالیت تکتونیکی یک محل مورد استفاده قرار گیرد. به همین دلیل در این مطالعه تأکید بر استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی بوده تا بتوان خطوط کلی فعالیت‌های تکتونیکی دو حوضه را به نمایش گذاشت. در واقع در این مطالعه به توجه به اهداف تحقیق برای بررسی فعالیت‌های تکتونیکی دو حوضه کردان و حبله رود از شاخص‌های ژئومورفولوژیک استفاده شد. نتایج به دست آمده از این شاخص‌ها حاکی از آن است که مناطق مورد مطالعه از نظر تکتونیکی فعال می‌باشد. مقادیر شاخص Vf در منطقه حبله‌رود ۰/۷۹ و در منطقه کردان ۰/۵۱ محاسبه شده است. بر اساس طبقه‌بندی ذکر شده در فرمول مربوطه، هر دو منطقه در کلاس ۲ و از لحاظ تکتونیکی متوسط می‌باشد. بر اساس شاخص Smf حوضه حبله‌رود برابر با ۱/۵۰ و برای حوضه کردان برابر با ۱/۲۱ محاسبه شده است با توجه به طبقه‌بندی این شاخص اعداد بین ۱ تا ۱/۶ مناطق بسیار فعال از نظر تکتونیک می‌باشد پس مناطق مورد مطالعه از نظر این شاخص نیز فعال شناخته شده است. همچنین مقادیر به دست آمده از شاخص S در هر دو حوضه نیز تقریباً عددهای نزدیک به هم می‌باشد و هر دو حوضه از نظر تکتونیکی در کلاس ۱ و از لحاظ تکتونیکی بسیار فعال قرار دارد. محاسبه شاخص T در حوضه کردان با مقدار ۰/۷۰ و حوضه حبله‌رود با مقدار ۰/۳۲ نشانگر این است که حوضه کردان از نظر شاخص T نسبت به حوضه حبله‌رود بیشتر تحت تأثیر فعالیت‌های

تکتونیک قرار دارد. از لحاظ شاخص Af نیز حوضه کردن با مقدار ۸۵/۳۸ نسبت به حوضه حبله‌رود از نظر تکتونیک در گروه فعالیت زیاد قرار دارد. همچنین مقدار شاخص SL در حوضه حبله رود و کردن نشان می‌دهد که هر دو حوضه دارای مقادیر بالای این شاخص می‌باشد و از لحاظ تکتونیک فعال می‌باشد. شاخص نهایی، شاخص IAT است که می‌توان بر اساس این شاخص نتیجه کلی فعالیت تکتونیک در یک منطقه را محاسبه نمود. شاخص IAT در چهار کلاس ۱، ۲، ۳ و ۴ طبقه‌بندی شده‌اند. مقدار این شاخص برای منطقه حبله‌رود و کردن محاسبه شد. نتایج حاصل از این شاخص نشان می‌دهد که حوضه کردن در کلاس ۱ و حوضه حبله‌رود در کلاس ۲ قرار دارد. طبق طبقه‌بندی که از شاخص IAT ذکر گردید، می‌توان نتیجه گرفت که فعالیت نوزمینساختی در منطقه کردن نسبت به منطقه حبله‌رود بیشتر می‌باشد. اگرچه این یک نتیجه‌گیری کلی از مطالعه حاضر است اما لزوم توجه به شواهد مورفوتکتونیک را بیشتر مشخص می‌سازد. همچنین این مطالعه نشان می‌دهد که لازم است چنین مطالعاتی در تمام حوضه‌های جنوبی البرز باید انجام شود و با یکدیگر مورد مقایسه قرار گیرد. مطالعاتی که حاصل به‌کارگیری شاخص‌های مورفوتکتونیک و بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی با استفاده از روش‌های نوین باشد.

#### کتابنامه

- اعظم مابقی، سعیده؛ حسین زاده، سید رضا؛ ۱۳۹۶. تجزیه و تحلیل تکتونیک - ژئومورفولوژی حوضه رودخانه درونگر. *جغرافیا و توسعه*. شماره ۴۹. صص ۱۸۸-۱۶۳
- ایلانلو، مریم؛ دزفولی کلونی، زهرا؛ ۱۳۹۷. ارزیابی فعالیت‌های تکتونیک در حوضه آبریز دالکی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک. *فصل‌نامه جغرافیای طبیعی*. شماره ۴۱. سال یازدهم. صص ۱۴۰-۱۲۳
- پورکرمانی، محسن، صدیق، حمید؛ ۱۳۸۲. پدیده‌های ژئومورفولوژیکی گسل تبریز. *جغرافیا و توسعه*. پاییز صفحات ۳۷-۴۴
- روستایی، شهرام؛ رجبی، معصومه؛ زمردیان، محمدجعفر؛ مقامی مقیم، غلامرضا؛ ۱۳۸۸. نقش فعالیت‌های تکتونیک در شکل‌گیری و گسترش مخروط‌افکنه‌های دامنه‌های جنوبی آلاداغ. *جغرافیا و توسعه*. شماره ۱۳. صفحات ۱۳۷-۱۵۶.
- شایان، سیاوش؛ شریفی کیا، محمد؛ زارع، غلامرضا؛ ۱۳۹۰. بررسی نقش نوزمین ساخت، عوامل مورفوکلیماتیک و آنتروپوژنیک در پیدایش و تحول مخروط‌افکنه‌ها (مطالعه موردی: مخروط‌افکنه گرمسار). *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*. شماره دوم. صص ۳۷-۴۴
- گورابی، ابوالقاسم و اسماعیل پاریزی؛ ۱۳۹۴. بررسی شواهد ژئومورفیک گسل دهشیر. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال چهارم. شماره ۲. صص ۵۹-۴۵

مختاری، داوود؛ کرمی، فریبا؛ بیاتی خطیبی، مریم؛ ۱۳۸۶. اشکال مختلف مخروط افکنه‌ای در اطراف توده کوهستانی میشو داغ (شمال غرب ایران) با تأکید بر نقش فعالیت‌های تکتونیکی کواترنر در ایجاد آن‌ها. نشریه مدرس علوم انسانی. دوره ۱۱. شماره ۵۳. صص ۲۹۲-۲۵۷

مددی، عقیل؛ فرجی منفرد، ابوالفضل؛ ۱۳۹۳. مطالعه عوامل مؤثر در شکل‌گیری مخروط افکنه‌های گوزل دره و کرفس و بررسی فعالیت‌های تکتونیکی در دامنه‌های جنوبی خرقان (همدان). جغرافیا و توسعه. شماره ۳۷. صص ۲۰۶-۱۹۵

مقصودی، مهران؛ ۱۳۸۷. بررسی عوامل مؤثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط‌های افکنه، مطالعه موردی: مخروط افکنه جاجرود. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۵. صفحات ۷۳-۹۲

مقصودی، مهران؛ باقری، سجاد؛ داوودی، محمود؛ ۱۳۹۰. راندگی گیلانغرب با استفاده از شاخص‌ها و شواهد ژئومورفولوژیک. جغرافیا و توسعه. شماره ۲۱. صفحات ۱۵۸-۱۳۷

مقصودی، مهران؛ عمادالدین، سمیه؛ ۱۳۹۰. تحلیل شواهد مورفوتکتونیکی گسل درونه در محدوده حوضه آبریز شش‌تراز و مخروط افکنه پایین دست آن. جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. شماره شانزدهم. صص ۱۲۳-۱۰۸

مقصودی، مهران؛ کامرانی دلیر، حمید؛ ۱۳۸۷. ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها مطالعه موردی رودخانه تجن. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۶. صص ۵۵-۳۷

نگهبان، سعید؛ درتاج، دیانا؛ ۱۳۹۸. ارزیابی تکتونیک فعال حوضه رودخانه سیروان با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک. هیدروژئومورفولوژی. شماره ۱۹. سال پنجم. صص ۲۰۹-۱۸۷

Bull, W.B. & McFadden, L., 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In: Dohring, D.O, (ed.), Geomorphology in arid regions publ. In geomorphology, state university of New York, pp.115- 138.

Bull, WB., 2009. Tectonically Active Landscapes. Willy-Blackwell, Oxford. 326pp.

Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A.A., Motamedi, H. & Hosseiniasl, A., 2010. Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran. Geomorphology, No.121, Vol. (3-4), pp.329-341.

Delcaillau, B., Carozza, J.M., & Laville, E., 2006 Recent Fold Growth and Drainage Development: The January and Chandigarh Anticlines In The Siwalik Foothills, Northwest India. Geomorphology 76, 241-256.

Hamdouni, R.EI., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., & Keller, E.A., 2008. Assessment of relative tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain). Geomorphology. 96.

Kasner, A., Gloaguen, R., 2009. "Neotectonic information from drainage basin geometry in the Tajik depression", IGARSS 2009 conference, PP:II-353- II-356

Keller, E.A., Pinter, N., 1996. Active Tectonic, Prentice Hill, upper saddle River Nj, p 33.

Keller, E.A. Pinter, N., 2001. Active Tectonics, Earthquakes, Uplift and Landscape (2nd Edition), New Jersey, Prentice Hall, 362 pages.

Radoane, M., radoane, N., & dumitriu, d., 2003. Geomorphological evolution of longitudinal river profile in the carpatians. geomorphology. Vol. 50: 293-306.

- Singh, T., Jain, V., 2008. Tectonic Constraints On Watershed Development On Frontal Ridges: Mohr and Ridge, NW Himalaya, India. *Geomorphology*, 102,231-141.
- Walker, R. T., Talebian, M., Saiffori, S., Sloan, R.A., Rasheedi, A., MacBean, N., & Ghassemi, A., 2010. Active faulting earthquakes, and restraining bend development near Kerman city in southeastern Iran, *Journal of Structural Geology*, Volume 32. PP: 1046-1060.