دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال پانزدهم، شماره‌ی ۴۹
بهار ۱۳۹۴، صفحات ۲۸۸-۲۵۹

ابوالقاسم امیراحمدی[۱]
مجید ابراهیمی[۲]

# تأثیر تکتونیک فعال بر مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی در مرز ساختاری البرز جنوبی

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۱

## چکیده

مطالعه فرم‌ها و چشم اندازهای قابل اندازه‌گیری به‌وجود آمده به‌وسیله فعالیت‌های تکتونیکی موضوع علم تکتونیک ژئومورفولوژی است. مخروط‌افکنه‌ها از جمله‌ی این اشکال ژئومورفولوژیکی هستند که فعالیت‌های تکتونیکی در کنار تغییرات آب و هوایی مهم‌ترین عامل کنترل کننده‌ی آن‌ها می‌باشد.به دلیل فعال بودن تکتونیک البرز، لندفرم‌های کواترنری در این محدوده تا اندازه زیادی تحت تأثیر گسل‌های اصلی و فعال منطقه قرار دارند. هدف از این پژوهش بررسی نقش عوامل تکتونیکی در شکل‌گیری و تحول مورفولوژی مخروط‌افکنه‌های جاجرود، حبله رود و ایوانکی می‌باشد. در این پژوهش نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) به عنوان داده‌های اصلی تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند. سپس با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک که شامل؛ شاخص سینوسی جبهه کوهستان (Smf)، شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، عامل عدم تقارن حوضه (Af)، گرادیان طولی رودخانه (SL)، عامل تقارن توپوگرافی (T) و شاخص ضریب مخروط‌گرایی (FCI) وضعیت منطقه از نظر میزان فعالیت‌های تکتونیکی مورد ارزیابی قرار گرفت. از ترکیب این شاخص‌ها با یکدیگر رابطه

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری. E-mail: amirahmadi1388@gmail.com
۲- دانشجوی دکترای جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشگاه حکیم سبزواری. E-mail: majid_ebrahimi2@yahoo.com

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

شاخص فعالیت‌های تکتونیکی (Iat) به‌دست آمد. نتایج بررسی نشان داد که طبق مقادیر شاخص فعالیت‌های تکتونیکی (Iat) منطقه از لحاظ فعالیت‌های تکتونیکی فعال می‌باشد. به‌طوری‌که مخروط‌افکنه حبله‌رود در کلاس فعالیت‌های تکتونیکی زیاد و مخروط‌افکنه‌های جاجرود و ایوانکی در کلاس فعالیت‌های تکتونیکی متوسط قرار دارند. داده‌های ثبت شده زلزله طی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۲ میلادی در منطقه نیز نشان از فعالیت بالای تکتونیک در محدوده‌ی مورد مطالعه دارد. داده‌های موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران بیش‌ترین زمین‌لرزه را در حوالی گسل گرمسار، به‌ویژه قسمت‌های غربی آن ثبت کرده است و این‌گونه به‌نظر می‌رسد که نسبت به بخش شرقی خود فعالیت بیش‌تری دارد.

**کلید واژه‌ها:** مورفولوژی، مخروط‌افکنه‌ها، تکتونیک فعال، شاخص‌های ژئومورفیک، البرز جنوبی.

**مقدمه**

در سال‌های اخیر ژئومورفولوژی تکتونیکی به طور 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 چشم اندازهای کنونی سطح زمین بوده است (بوربانک و آندرسون[3]،۲۰۰۱: ۷؛ کلر و پینتر[4]، ۲۰۰۲: ۱). ارزیابی ساختمان‌ها و لندفرم‌های زمین در طول تاریخ پیدایش آن‌ها، موضوع دانش ژئومورفولوژی تکتونیکی می‌باشد (استانلی[5] و همکاران، ۲۰۰۰: ۲). مخروط‌افکنه‌ها اغلب در پلیوکواترنر ایجاد شده و بیانگر نکات جالبی در مورد روند عملکرد و تاریخچه تحولات تکتونیکی می‌باشد. به‌ویژه با توجه به مشخصات آن از نظر مطالعه لرزه‌خیزی نواحی مختلف ایران بسیار با ارزش است (عباسی نژاد، ۱۳۷۵: ۳۸). برخی از شاخص‌های ژئومورفیک، به عنوان ابزارهای اساسی برای تشخیص تغییر شکل‌های سریع تکتونیکی تجربه و آزمون شده و به طور وسیع مورد استفاده قرار گرفته‌اند، آن گاه نتایج حاصل در طرح‌های تحقیقاتی جهت کسب اطلاعاتی جامع و کامل درباره تکتونیک فعال مورد استفاده قرار گرفته‌اند. شاخص‌های ژئومورفیک به‌طور خاص برای مطالعات تکتونیک فعال استفاده می‌شوند (بوربانک و آندرسون، ۲۰۰۱: ۱۷؛ ایوانیس[6] و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۱۳).

3- Burbank and Anderson
4- Keller and Pinter
5- Stanley
6- Ioannis

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

در محدوده‌ی مورد مطالعه گسل‌های متعددی وجود دارد که نقش اساسی در فعالیت‌های تکتونیکی منطقه دارند که از جمله آن می‌توان به گسل ایوانکی با ساز و کار فشاری و روند شمال‌غرب–جنوب‌شرق در بالای مخروط‌افکنه ایوانکی، گسل پارچین با روند شمال‌غربی–جنوب‌شرقی در محل خروجی رودخانه جاجرود به دشت ورامین، گسل کهریزک با سازوکار راندگی در شمال‌غرب دشت ورامین و گسل گرمسار با راستای شمال‌شرقی–جنوب‌غربی و در ازای بیش از ۱۰۰ کیلومتر در بخش شمال‌شرقی گرمسار اشاره کرد. گسل گرمسار که گسلی رورانده مربوط به کواترنر است، در قسمت شمالی مخروط افکنه، مرز روشنی میان سازندهای شمالی و آبرفت‌های دشت را تشکیل می‌دهد. گسل گرمسار بسیار فعال بوده و محققین زمین لرزه‌های اخیر گرمسار را ناشی از فعالیت گسل گرمسار دانسته‌اند (بونت[۷] و همکاران، ۲۰۰۱: ۷۳).

با توجه به وجود حرکات تکتونیکی فعال در دوران پلیو–کواترنر و ادامه این حرکات در عهد حاضر(هولوسن)، در البرز و منطقه مورد مطالعه، مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها در مرز ساختاری البرز جنوبی می‌تواند راهنمای خوبی برای شناسایی این حرکات باشند. به‌همین لحاظ، ارزیابی و بررسی فرآیندهای تکنونیکی فعال و اثرات ناشی از آن هم‌چون زمین لرزه‌ها برای بسیاری از فعالیت‌های بشری همچون طراحی و احداث شهرها، نیروگاهها، سدها، تاسیسات صنعتی و ... از اهمیت بالایی برخودار می‌باشد تا به‌واسطه آن بتوان خطرات و خسارات ناشی از این‌گونه فرآیندهای فعال را به حداقل ممکن رساند. از آن جا که اندازه‌گیری‌های کیفی جوابگوی ارزیابی این فعالیت‌ها نخواهد بود، کمی نمودن رفتار حرکات تکتونیک ضروری به نظر می‌رسد. لذا از طریق مطالعات تکتونیک فعال می‌توان محل احتمالی وقایع آینده را پیش‌بینی کرد و نتایج حاصل از این مطالعات را در راستای شناخت مخاطرات طبیعی، برنامه‌ریزی کاربری زمین و مدیریت مناطق مسکونی به‌کار برد.

استفاده از شاخص‌های مورفومتریک در تشخیص حرکات فعال و جوان، در ایران و جهان سابقه‌ی چندانی نداشته و سابقه آن در جهان به دهه‌ی ۱۹۶۰ بر می‌گردد. هاروی[۸] و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی نقش تغییرات اقلیمی سطح اساس در تقطیع مخروط‌افکنه‌ها را مورد توجه قرار داده و بریده شدن قاعده مخروط‌افکنه‌ها را ناشی از پایین رفتن سطح اساس و فعالیت‌های نئوتکتونیکی ذکر می‌کند. ویسراس[۹] و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر بالا راندگی و فرونشست بر تحول مخروط‌افکنه‌ها را مورد مطالعه قرار داده است. ریتر[۱۰] و همکاران (۲۰۰۰) به نقش غالب تغییرات اقلیمی در تحول مخروط‌افکنه‌ها پرداخته است. در این پژوهش تأثیر تکتونیک، تغییرات سطح اساس و سنگ‌شناسی حوضه در

7- Bunte
8- Harvey
9-Viseras
10- Ritter

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

تحول مخروط‌افکنه‌ها ناچیز دانسته شده است. همدونی و همکاران[11] (۲۰۰۸) با استفاده از شاخص‌های گرادیان طولی رودخانه (SL)، انتگرال هیپسومتری (Hi)، شاخص پهنای دره به ارتفاع آن (Vf)، شاخص‌سینوسی جبهه کوهستان (Smf) و شیب حوضه (S)، چهار کلاس فعالیت‌تکتونیکی (Iat) شامل فعالیت‌کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد را برای جنوب غرب سیرا[12] در جنوب اسپانیا تعریف کردند. ده‌بزرگی و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک ناحیه سروستان در بخش زاگرس مرکزی را مطالعه و این ناحیه را به چهار کلاس به لحاظ فعالیت‌تکتونیکی طبقه‌بندی نمودند. مطالعات فیگورا[13] و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از شاخص‌های سینوزیته جبهه‌ی کوهستان (Smf)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf) و انتگرال هیپسومتری (Hi) در جنوب سیرا نودا در کالیفرنیای آمریکا نشان داد که فعالیت‌تکتونیک در جنوب منطقه مذکور در حوالی گسل کرن ویورکورج[14] بیش‌تر است. برای اولین بار زائولاین[15] و همکاران (۲۰۱۳) با بهره‌مندی از داده‌های پیمایشی استاندارد شده سنجش از دور LIDAR با قدرت تفکیک ۰/۲۵ تا ۱۰ متر موفق به شناسایی و تشخیص مناطق فعال نو زمین ساختی شدند. در خصوص استفاده از شاخص‌های مورفومتریک در ایران می‌توان به موارد چند اشاره کرد: رامشت و همکاران (۱۳۸۸)، تأثیرات تکتونیک جنبا را بر مورفولوژیک مخروط‌افکنه‌ی درختنگان در منطقه‌ی شهداد کرمان بررسی نمودند. فعالیت‌های تکتونیکی با تأثیرگذاری در محل استقرار مخروط‌افکنه، افزایش رسوب‌دهی، افزایش شیب و در نتیجه افزایش توان حمل و مقدار رسوب رودخانه‌ای درختنگان، نقش خود را در تحول و تکامل امروزی آن ایفا کرده است. با استناد به ارزیابی روش‌های متعدد تکتونیک جنبا، این منطقه جزو مناطق فعال تکتونیکی قلمداد می‌شود. روستایی و نیری (۱۳۹۰) در مورد فعالیت‌های تکتونیک فعال به تجزیه و تحلیل نیمرخ طولی رودخانه مهاباد با بهره‌مندی از شاخص‌های ژئومورفولوژیک پرداختند و بالا آمدگی بخش جنوبی و جنوب غرب در ارتباط با گسل فعال پیرانشهر و زون خرد شده زاگرس را بررسی نموده‌اند. سیف و خسروی (۱۳۸۹)، تکنوتیک‌های فعال را در قلمرو تراست منطقه فارسان، مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج شاخص‌های متفاوت تبدیل به شاخص (Iat) شده‌اند و نقشه‌ی پهنه‌بندی تکنوتیکی حوضه‌ی فارسان در چهار کلاس بسیار فعال، فعال، نیمه فعال و غیر فعال ترسیم گردیده است. عابدینی و شبرنگ (۱۳۹۳) به ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌ی آبخیز مشکین‌چای از طریق شاخص‌های ژئومورفولوژی پرداختند. نتایج نشان داد که کل حوضه مورد مطالعه از لحاظ فعالیت‌های تکتونیکی فعال است. کرمی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به مطالعه تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیکی دامنه شمالی رشته‌کوه

11- Hamdoni et al
12- Sierra
13- Figueroa
14- Kern river gorge
15- Zhou lina

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

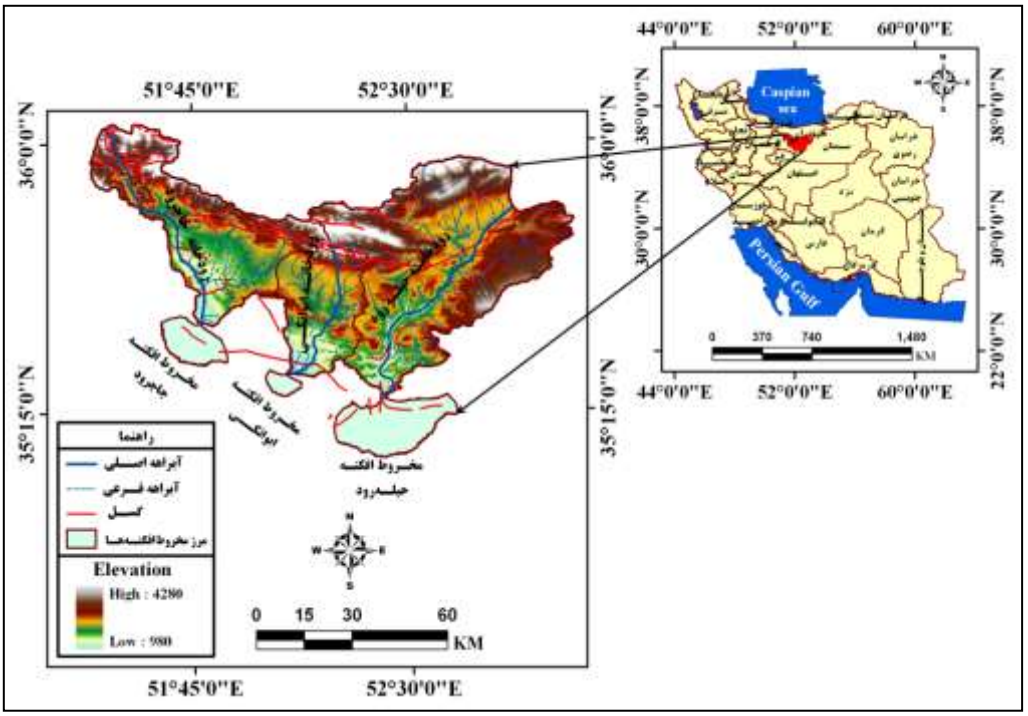
بزقوش با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژیکی پرداختند و با استفاده از شواهد مورفوتکتونیکی تـأثیر تکتونیـک بـر منطقه مورد مطالعه را اثبات کردند.

هدف از این پژوهش بررسی نقش تکتونیک در شکل‌گیری و تحول مخروط‌افکنه‌های حبله‌رود، جاجرود و ایـوانکی در مرز ساختاری البرز جنوبی و اثبات وجود حرکات تکتونیکی در دوران کواترنر و ادامه آن‌هـا در زمـان حاضـر در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. آگاهی از شرایط نئوتکتونیکی منطقه می‌تواند نقش مهمی در مکان‌گزینی و مدیریت بهتر طرح‌ها و پروژه‌های گوناگون محیطی ایفا کند و تا حدود زیادی از خسارات جانی و مالی زمـین لرزهـا کاسـته و در کاهش خسارات ناشی از بلایای طبیعی دیگر نظیر حرکات دامنه‌ای، مؤثر واقع شود.

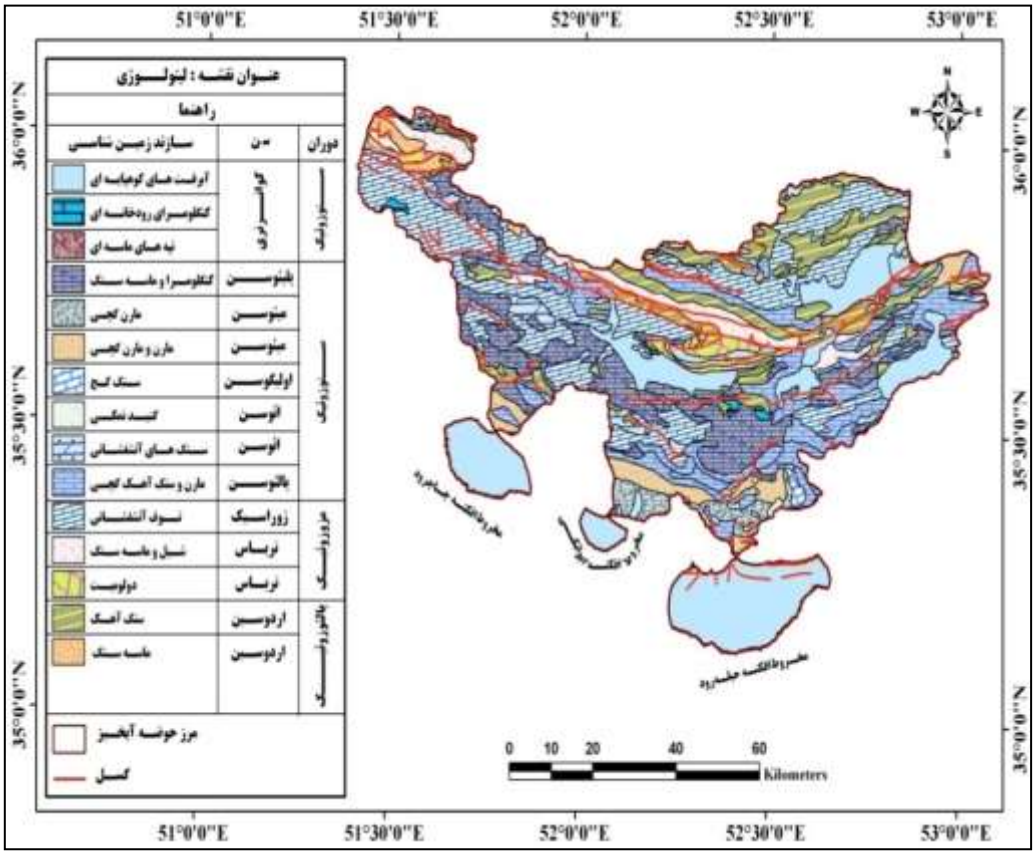
**منطقه مورد مطالعه**

منطقه مورد مطالعه در یال جنوبی البرز مرکـزی و از نظـر مختصـات جغرافیـایی، در بـین ۷ ۸ °۳۵ تـا ۳۰ ۲ °۳۶ عرض شمالی و ۳۰ ۲۶ °۵۱ تا ۱۰ ۵ °۵۳ طول شرقی قرار دارد. اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پسـت‌ترین نقـاط، برابر با ٤۲۸۰ متر در خط الرأس حوضه جاجرود و ۹۸۰ متر در اراضی جنوب گرمسار دیده می‌شـود. ایـن محـدوده مسـاحتی بـالغ بـر ۸٤۷/۲ کیلومترمربـع را در بـر می‌گیـرد (شـکل a.۱). جـاده تهـران–مشـهد از نزدیکـی رأس مخروط‌افکنه‌های جاجرود، حبله‌رود و ایوانکی و هم‌چنین خط راه آهن تهران به گرمسار نیز تقریباً به موازات همـین جاده عبور می‌کند. از آن جا که منطقه مورد مطالعه، در بخش خمیده البرز قرار دارد، ساختارهای زمین‌شناسـی ماننـد، چین خوردگی و گسلش به وفور در آن دیده می‌شود. بخش زیادی از رسوبات منطقه، مربـوط بـه دوره سـنوزوئیک است. ساختار این گسترده از قدیم به جدید شامل سازند زیارت (پالئوسن)، کند، کـرج (ائوسـن)، سـرخ پـایین، قـم (الیگوسن)، سرخ بالا (میوسن)، هزاردره (پلیو–پلیوستوسن)، کهریزک و آبرفت‌های کـواترنری اسـت کـه از دیـدگاه سنگ‌شناسی، به طور عمده متشکل از مارن، شیل، سنگ آهک، نمک، گچ، سنگ ماسه، کنگلومرا، توف و نهشـته‌های آبرفتی است (شکل b.۱). در محدوده‌ی مورد مطالعه گسل‌های متعددی وجود دارد که نقش اساسـی در فعالیت‌هـای تکتونیکی منطقه دارند که از جمله آن می‌توان به گسل ایوانکی با ساز و کار فشاری و روند شمال‌غرب–جنوب‌شـرق در بالای مخروط‌افکنه ایوانکی، گسل پارچین با روند شمال‌غربی–جنوب‌شرقی در محل خروجی رودخانه جـاجرود به دشت ورامین، گسل کهریزک با سـازوکار رانـدگی در شـمال‌غرب دشـت ورامـین و گسـل گرمسـار بـا راسـتای شمال‌شرقی–جنوب‌غربی و درازای بیش از ۱۰۰ کیلومتر در بخش شمال‌شرقی گرمسار اشاره کرد (شکل b.۱).

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




شکل ۱.a: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه




شکل ۱.b: نقشه زمین‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

## مواد و روش‌ها

**الف)** مواد: برای شناسایی دقیق و مطالعه منطقه و انجام محاسبات از منابع و اطلاعات زیر استفاده گردید:

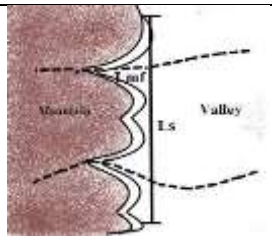
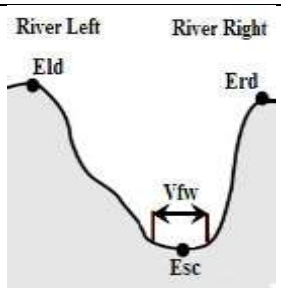
– نقشه توپوگرافی با مقیاس ۲۵۰۰۰۰: ۱ شامل: ورامین، فشم، گرمسار، دماوند، کهن‌آباد، فیروزآباد و نقشه‌هایی با مقیاس ۵۰۰۰۰: ۱ شامل: بام، لوسان بزرگ، لشکرک، شرق تهران، سراب رود، ایستگاه کویر، شبگلده، ریشه، دماوند، کهن آباد، برسک، ارجمند، فیروزه، سبزداران.

– نقشه زمین‌شناسی منطقه با مقیاس ۲۵۰۰۰۰: ۱، ۱۰۰۰۰۰: ۱ شامل: تهران، دماوند، فشم، گرمسار ورامین.

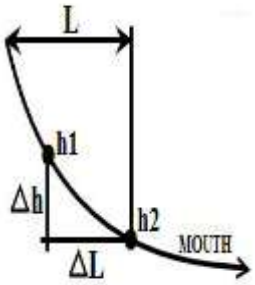
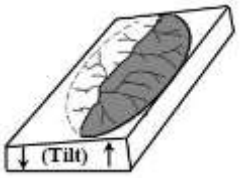
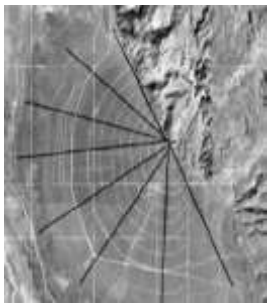
– تصاویر ماهواره‌ای(TM) لندست پنج با مشخصات فریم ۳۵– ۱٦٤.

**ب)** روش‌ها: پس از تعیین حوضه‌ها شاخص‌های ژئومورفیک که شامل؛ شاخص سینوسی جبهه کوهستان (Smf)، شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، عامل عدم تقارن حوضه (Af)، گرادیان طولی رودخانه (Sl)، عامل تقارن توپوگرافی (T)، شاخص ضریب مخروط گرایی (FCI) و شاخص فعالیت‌های تکتونیکی (Iat) بودند مطابق جدول (۱) محاسبه شدند.

**جدول ۱– شاخص‌های ارزیابی شده در منطقه مورد مطالعه**

| شاخص‌ها | فرمول | تعریف اجزای معادله | روش اندازهگیری | منبع |
|---|---|---|---|---|
| سینوزیته جبهه کوهستان | Smf=Lmf/Ls | Lmf: طول جبهه کوهستان در محل تلاقی پایکوه و کوهستان<br>Ls: طول خط مستقیم جبهه کوهستان |  | Bull and McFadden, 1977 |
| نسبت پهنای دره به ارتفاع آن | $Vf=2vfw/(E_{ld}-E_{sc})+(E_{rd}-E_{sc})$ | Vfw: عرض کف دره<br>Eld: ارتفاع کف دره از سمت چپ<br>Erd: ارتفاع کف دره از سمت راست<br>Esc: ارتفاع کف دره |  | Bull, 1984 |
| تقارن توپوگرافی عرضی | T=Da/Dd | Da: فاصله خط میانی حوضه زهکشی تا کمربند فعال مئاندری<br>Dd: فاصله خط میانی حوضه و خط تقسیم آب |  | Cox, 1994 |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| گرادیان طولی رودخانه | $Sl = (\Delta H / \Delta L)L$ | $\Delta H$: اختلاف ارتفاع قطعه موردنظر<br>$\Delta L$: طول شاخه مورد نظر<br>L:مجموع طول آبراهه از مرکز نقطه‌ای که شاخص محاسبه می‌شود تا مرتفع‌ترین نقطه‌ی آبراهه در بالادست |  | Hack, 1973 |
| عدم تقارن آبراهه‌ها | Af=100(Ar/At) | Af:شاخص عدم تقارن<br>Ar:مساحت حوضه آبریز در سمت راست آبراهه اصلی<br>At:مساحت کل حوضه |  | Kellerand Pinter, 1996 |
| ضریب مخروط‌گرایی | FCI=AIF/ATF | ATF:مساحت مخروط ایده‌آل که از فرمول $\pi r^2 \times dfA/360$ محاسبه می‌شود، dfA زاویه رأس مخروط و $r^2$ شعاع مخروط‌افکنه<br>ATF: مساحت واقعی مخروط‌افکنه |  | Mukerji, 1976 |
| ارزیابی تکتونیکی | Iat=S/N | S:مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده<br>N: تعداد شاخص‌های محاسبه شده | ---------- | Hamdounietal.,2008 |

**یافته‌ها و بحث**

شاخص سینوسی(سینوزیته) یا پیچ و خم جبهه کوهستان، از جمله شاخص‌های ژئومورفیک برای ارزیابی تکتونیک فعال می‌باشد. این شاخص تعادل بین نیروهای فرسایشی و نیروهای تکتونیکی را نشان می‌دهد (سیلوا[16] و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۰۷). در این روش با اندازه‌گیری پیچ و خم‌های ایجاد شده توسط آبراهه‌ها در جبهه‌ی کوهستان و تقسیم آن بر طول افقی در راستای گسل و جبهه کوهستان، می‌توان وضعیت یک منطقه را از نظر فعال بودن تکتونیکی مشخص نمود. شاخص مربوط به صورت رابطه‌ی ذیل بیان می‌گردد (کلر و پینتر، ۱۹۹۶: ۱۳۸).

16- Silva et al

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

Smf =Lms/Ls

Smf: شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان؛ Lmf: طول جبهه کوهستان در محل تلاقی پایکوه و کوهستان؛ Ls: طول خط مستقیم جبهه کوهستان می‌باشد. شاخص(Smf) برای جبهه‌های کوهستانی هر منطقه برحسب میزان فعالیت‌های تکتونیکی آن منطقه، متغیر است. چنان‌چه این مقدار به عدد یک نزدیک‌تر شود، منطقه دارای حرکات تکتونیکی فعال است و جبهه‌های کوهستان دارای نرخ فرسایش[17]می‌باشند. در کوهستان‌های که مقدار (Smf) بیش از عدد ۱/۵ باشد، با یک جبهه‌ی کوهستانی به شدت فرسایش یافته مواجه هستیم. جدول (۲) میزان فعالیت‌های تکتونیکی مناطق را بر اساس شاخص (Smf) نشان می‌دهند.

**جدول ۲- تقسیم‌بندی فعالیت‌های تکتونیکی مناطق بر اساس میزان شاخص (Smf)**

| مناطق | بسیار فعال | با فعالیت متوسط | غیر فعال |
|---|---|---|---|
| میزان *Smf* | *Smf*<1/1 | 1/1<*Smf*<1/5 | *Smf*>1/5 |

ماخذ: همدونی و همکاران، ۲۰۰۸

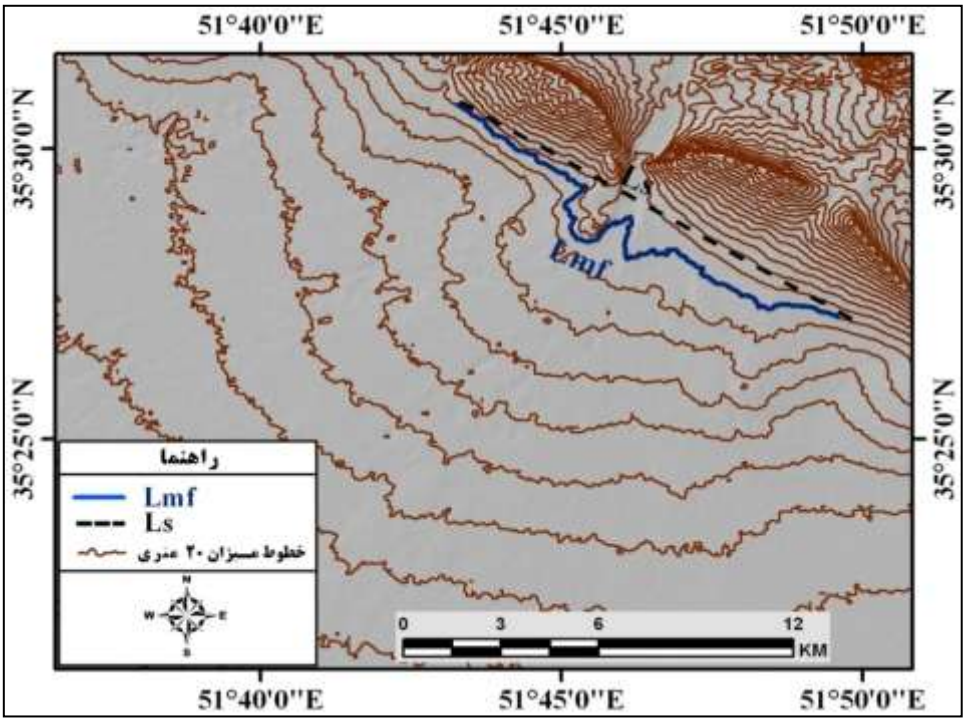
برای محاسبه میزان این شاخص در منطقه مورد مطالعه، بر روی نقشه‌ی توپوگرافی، مقاطعی مشخص گردید (شکل۲) و سپس با استفاده از رابطه ذکر شده، میزان سینوزیته جبهه کوهستان محاسبه شد. شاخص به‌دست آمده و پارامترهای مربوط به آن در جدول شماره (۳) آمده است.

**جدول ۳- شاخص (Smf) و پارامترهای آن در جبهه کوهستانی منطقه مورد مطالعه**

| مکان مقطع | Lmf(m) | Ls(m) | Smf | ارتفاع خط منحنی میزان (m) |
|---|---|---|---|---|
| شمال مخروط افکنه جاجرود | ۲۱۲٤۹/۵ | ۱٤۷۸۲/۵ | ۱/٤ | ۱۱٤۰ |
| شمال مخروط‌افکنه ایوانکی | ۲۰۲۲۸/۱۹ | ۱٦۰٦٦/۷ | ۱/۲ | ۱۱۲۰ |
| شمال مخروط‌افکنه حبله‌رود | ۱۵۵۱٦/۳ | ۱۳۷۸۷/۵ | ۱/۱ | ۹۸۰ |

17- Uplift

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




**شکل ۲: چگونگی اندازه‌گیری شاخص‌سینوسی جبهه کوهستان(smf) در مخروط‌افکنه جاجرود**

طبق جدول شماره (٤) مشاهده می‌شود که، مقادیر به‌دست آمده از شاخص (Smf)، طبق کلاس‌بندی همدونی و همکارانش در کلاس۲، یعنی مناطقی با فعالیت متوسط قرار می‌گیرند. بنابراین بر اساس این شاخص، منطقه مورد بررسی دارای فرسایش می‌باشد.

- شاخص پهنای دره به ارتفاع آن[۱۸](Vf)

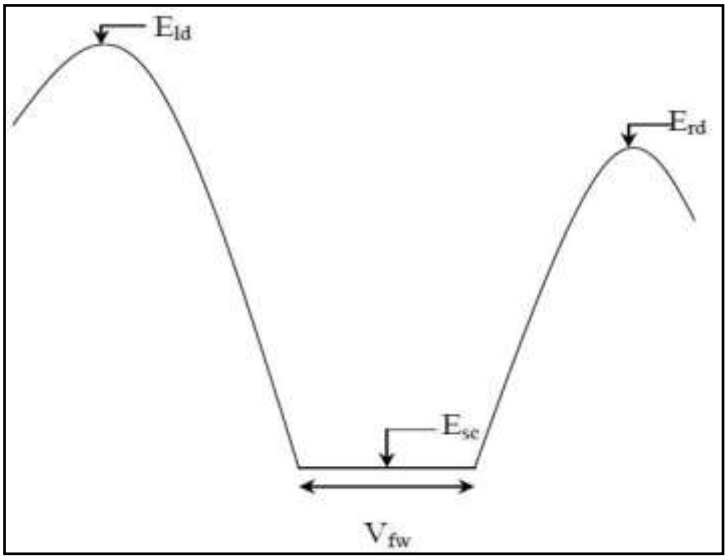
شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن، دره‌های (V) شکلی را که در پاسخ به بالاآمدگی، پایین دست خود را حفر می‌کنند، از دره‌های (U) شکلی که در اثر ثبات سطح اساس و آرامش تکتونیکی، فرسایش کناری در آن‌ها برتری دارد را متمایز می‌سازد (گارسیا- تورتاسا[۱۹] و همکاران، ۳۷۸:۲۰۰۸). شاخص(Vf) به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود (کلر و پینتر، ۱۹۹٦:۱٤۰).

$$Vf=2vfw/(E_{ld}-E_{sc})+(E_{rd}-E_{sc})$$

Vf: نسبت پهنای دره به عمق آن؛ Vfw: عرض بستر دره؛ Esc: ارتفاع کف دره؛ Eld: ارتفاع خط مستقیم آب در سمت چپ دره؛ Erd: ارتفاع خط تقسیم آب در سمت راست دره می باشد (شکل ۳).

18- Valley Floor width to height
19- Garcia-tortosa et al

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




**شکل۳: تصویر شماتیک از پارامترهای لازم برای محاسبه شاخص(Vf)**

شاخص (Vf) را معمولا در فاصله معینی از جبهه کوهستان، به سمت بالا دست رودخانه اندازه‌گیری می‌کنند (بـول و مک‌فادن، ۱۹۷۷: ۱۷۸). با محاسبه شاخص (Vf) برای قسمت‌های نزدیک‌تر دره به جبهه کوهستان، می‌توان در مـورد فعال یا غیر فعال بودن جبهه کوهستان قضاوت نمود. دره‌های با بستر پهن دارای مقادیر عددی زیاد و دره‌های عمیـق و (V) شکل، مقادیر کم‌تری را نشان می‌دهند. در واقع تشکیل دره‌های (V) شکل در پاسخ به حرکات قـائم و جـوان است. در جدول (٤) میزان فعالیت‌های تکتونیکی مناطق بر اساس شاخص (Vf) ارائه شده است.

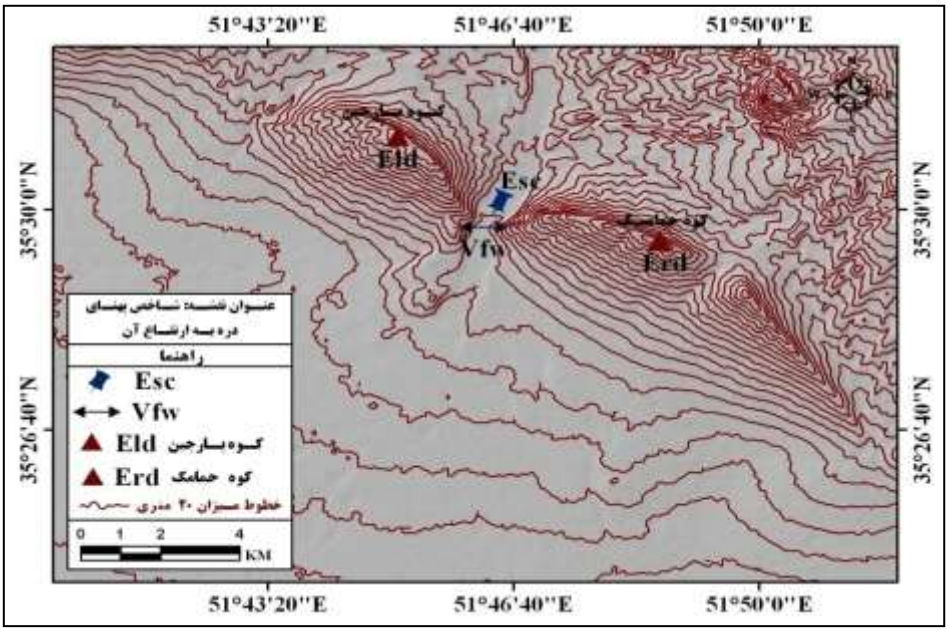
**جدول ٤- تقسیم‌بندی فعالیت‌های تکتونیکی مناطق بر اساس میزان شاخص (Vf)**

| مناطق | بسیار فعال | با فعالیت متوسط | غیر فعال |
|---|---|---|---|
| میزان*Vf* | *Vf*< 0/5 | 0/5 <*Vf*<1 | *Vf*>1 |

**جدول ٥- میزان شاخص (Vf)و پارامترهای آن در منطقه مورد مطالعه**

| مکان مقطع | Vfm(m) | Esc(m) | Eld | Erd(m) | Vf |
|---|---|---|---|---|---|
| بین کوه حمامک و کوه پارچین | ٥٥١ | ١١٤٠ | ١٣٨٠ | ١٤٢٠ | ١/٩ |
| بین کوه ایوانکی و کوه کلوت درک | ٦٠٠/٢ | ١١٢٠ | ١٤٦٠ | ١٣٨٠ | ٢ |
| بین کوه سولک و کوه کلرز | ٢٢٦/١٥ | ١٠٠٠ | ١١٨٠ | ١٢٨٠ | ٠/٩ |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




**شکل ٤: چگونگی اندازه‌گیری شاخص پهنای دره به ارتفاع آن (Vf) در مخروط‌افکنه جاجرود**

طبق جدول (۵) مقادیر به‌دست آمده از شاخص (Vf) در منطقه مورد مطالعه را، می‌توان به این صورت تحلیل نمود. جبهه کوهستانی در شمال مخروط‌افکنه حبله‌رود (بین کوه سولک و کوه کلرز) جزو کلاس ۲ یعنی مناطقی با فعالیت متوسط، که مشخصه مناطقی است که دره‌های (V) شکل دارند و رودخانه‌ها به‌طور فعال بستر خود را حفر می‌کنند بنابراین این دره‌ها در پاسخ به حرکات قائم و جوان ایجاد شده‌اند. و جبهه‌های کوهستانی در شمال مخروط افکنه‌های جاجرود (بین کوه حمامک و کوه پارچین) و ایوانکی (بین کوه ایوانکی و کوه کلوت‌درک) به کلاس ۳ این دسته‌بندی یعنی مناطق غیرفعال تعلق دارند که نشان دهنده‌ی آرامش نسبی تکتونیک و نزدیک شدن رودخانه به سطح اساس خود است که معرف دره‌های عریض (U) شکل هستند.

- شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها در حوضه آبریز[۲۰] (Af)

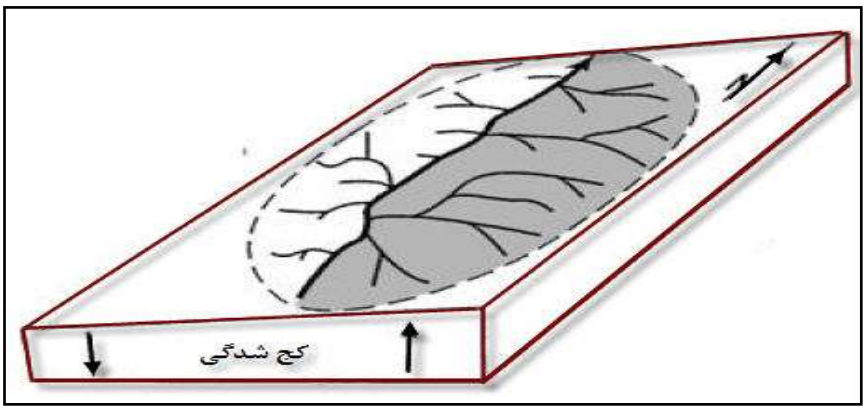
شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی، کج‌شدگی جانبی حوضه را نسبت به مسیر رودخانه اصلی، در اثر نیروهای تکتونیکی نشان می‌دهد (گوارنری و پیروتا[۲۱]، ۲۰۰۸:۲٦۵). در مناطق دارای تکتونیک فعال، به دلیل ظاهر شدن أثر این حرکات بر توپوگرافی محل، در یک سوی منطقه بالاآمدگی و در سوی دیگر فرونشست ایجاد می‌گردد. بنابراین طول آبراهه‌های فرعی در سوی فرسایش یافته بیش از طول آبراهه‌های منطقه فرونشست خواهد بود (مولین و همکاران، ۲۰۰٤). شاخص (Af) به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

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

20- Drainage Asymmetry Factor
21- Guarnieri and Pirrotta

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

Af: شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی؛ Ar: مساحت حوضه در سمت راست آبراهه اصلی در جهت پایین رود؛ At: مساحت کل حوضه زهکشی می‌باشد (شکل ۵). هرگاه مقادیر عددی این شاخص در حدود ۵۰ باشد، بیانگر وجود تقارن زهکش‌های فرعی نسبت به آبراهه اصلی و در نتیجه عدم وجود کج‌شدگی بر اثر فرسایش خواهد بود. مقادیر عددی بیش‌تر از ۵۰ نشان‌دهنده عملکرد فرسایش در ساحل سمت راست و مقدار کم‌تر از۵۰، فرسایش را در ساحل سمت چپ نمایش می‌دهد. مساحت حوضه در بر گیرنده‌ی زهکش‌های فرعی در سمت راست و مساحت کل حوضه‌های زهکشی طبق شکل شماره (۷) محاسبه گردید. در جدول شماره (٦) تقسیم‌بندی مناطق، براساس شاخص(Af) آمده است. نتایج بررسی این شاخص در منطقه مورد مطالعه به شرح جدول شماره (۷) است.




**شکل ۵: بلوک دیاگرام یک حوضه زهکشی متاثر ازحرکات فرسایشی**

**جدول ٦- تقسیم‌بندی فعالیت‌های تکتونیکی مناطق بر اساس میزان شاخص (Af)**

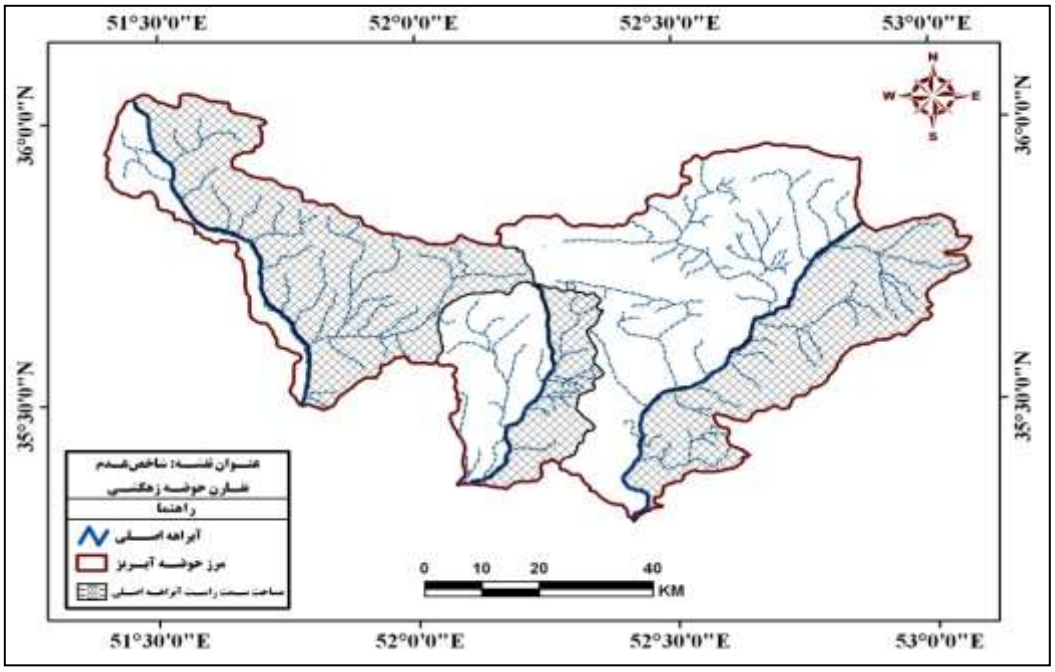
| مناطق | بسیار فعال | با فعالیت متوسط | غیرفعال |
|---|---|---|---|
| میزانAf | Af-50>15 | 7<Af-50<15 | Af-50<7 |

ماخذ : همدونی و همکاران، ۲۰۰۸

**جدول ۷- میزان شاخص (Af) و پارامترهای آن در منطقه مورد مطالعه**

| مکان مقطع | At($km^2$) | Ar($km^2$) | Af | Af-50 |
|---|---|---|---|---|
| حوضه آبریز جاجرود | ۱۷٦۸/۹ | ۱٤۷٤/۳۲ | ۸۳/۳ | ۳۳/۳ |
| حوضه آبریز ایوانکی | ۸۸٦/٤ | ۳٦۳/۳۲ | ٤۰/۹ | ۹/۱ |
| حوضه آبریز حبله رود | ۳۰۸۸/۸ | ۱۱۱۵/۵ | ۳٦/۱ | ۱۳/۹ |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




**شکل ٦: نقشه موقعیت اندازه‌گیری شاخص عدم تقارن آبراهه اصلی در حوضه‌های مورد مطالعه**

از نتایج به‌دست آمده این طور استنباط می‌شود که در حوضه آبریز جاجرود فرسایش در ساحل سمت راست ادامه دارد، در حالی که در حوضه‌های حبله‌رود و ایوانکی فرسایش در ساحل سمت چپ در جریان است. هم‌چنین بر اساس کلاس‌بندی ارائه شده توسط همدونی و همکارانش، حوضه جاجرود در کلاس ۱ که بیانگر مناطق فعال هستند، قرار می‌گیرد و حوضه‌های حبله‌رود و ایوانکی جزو مناطق با فعالیت متوسط معرفی می‌شوند.

- شاخص گرادیان طولی رودخانه[۲۲] (SL)

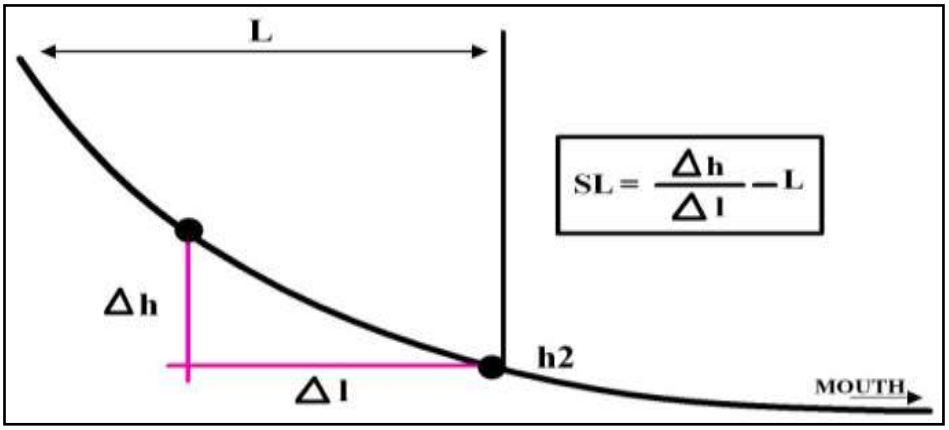
شاخص شیب طولی رودخانه به تغییرات شیب آبراهه حساس است و می‌تواند هرگونه بی‌نظمی را که در اثر فعالیت‌های تکتونیکی یا مقاومت سنگ در شیب طولی آبراهه ایجاد شده است، نشان دهد (رامیرز- هررا[۲۳]، ۱۹۹۸: ۳۲۳). این شاخص به صورت رابطه زیر بیان می‌شود:

$$Sl = (\Delta H / \Delta L)L$$

$Sl$: شاخص گرادیان طولی رودخانه؛ $\Delta H / \Delta L$: شیب آبراهه یا گرادیان یک قطعه؛ $\Delta H$: اختلاف ارتفاع قطعه مورد نظر؛ $\Delta L$: طول شاخه مورد نظر؛ L: مجموع طول آبراهه از نقطه‌ای که شاخص محاسبه می‌شود تا مرتفع‌ترین نقطه‌ی آبراهه در بالادست می‌باشد (شکل ۷) (گارسیا-تورتاسا و همکاران[۲۴]، ۲۰۰۸: ۳۸۰؛ ده‌بزرگی و همکاان، ۲۰۱۰: ۵).

22- Stream Length Gradient Index
23- Ramirez-Herra
24- Garcia-Tortosa et al

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




**شکل ۷: تصویر شماتیک پارامترهای لازم جهت محاسبه شاخص (SL)**

مقادیر زیاد (SL) در سنگ‌های دارای مقاومت کم و یا در سنگ‌های از لحاظ مقاومت یکسان، می‌تواند بیانگر حرکات تکتونیکی فعال و جوان باشد. برای محاسبه شاخص (SL) در رودخانه‌های اصلی جاجرود، ایوانکی و حبله‌رود با استفاده از مدل ارتفاع رقومی مقاطعی با اختلاف ارتفاع ۱۰۰ متر طبق مشخص گردید که با توجه به ارتفاع هرحوضه، تعداد ۱۶ مقطع در حوضه جاجرود ۲۶ مقطع در حوضه ایوانکی و ۱۰ مقطع در حوضه حبله‌رود برای بررسی این شاخص در نظر گرفته شدند و مقدار متوسط این شاخص برای هر ۳ حوضه محاسبه گردید. نتایج طبقه‌بندی در جداول (۹، ۱۰ و ۱۱) نشان داده شده است. در جدول (۸) میزان فعالیت‌های تکتونیکی مناطق بر اساس شاخص (SL) ارائه شده است.

**جدول ۸- تقسیم‌بندی فعالیت‌های تکتونیکی مناطق بر اساس میزان شاخص (SL)**

| مناطق | بسیار فعال | با فعالیت متوسط | غیر فعال |
|---|---|---|---|
| میزان SL | *SL*>500 | 300< *SL*<500 | *SL*<300 |

ماخذ: ده‌بزرگی و همکاران، ۲۰۱۰

**جدول ۹- پارامترهای لازم برای محاسبه شاخص (SL) و وضعیت تکتونیکی آن‌ها در حوضه جاجرود**

| منحنی میزان | $\Delta H(m)$ | $\Delta L(m)$ | $\Delta H/\Delta L$ | L(m) | SL | وضعیت تکتونیکی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۱۴۰-۱۲۴۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰۸۵ | ۰/۰۰۹ | ٦٧٦٠٠ | ٦٠٩/٨٣ | بسیار فعال |
| ۱۲۴۰-۱۳۴۰ | ۱۰۰ | ۱۰۲۰۰ | ۰/۰۰۹ | ٥٧٧٠٠ | ٥٦٥/٦٨ | بسیار فعال |
| ۱۳۴۰-۱۴۴۰ | ۱۰۰ | ۸۸۰۰ | ۰/۰۱۱ | ٤٩٠١٠ | ٥٥٦/٩٣ | بسیار فعال |
| ۱۴۴۰-۱۵۴۰ | ۱۰۰ | ٥٣٠٠ | ۰/۰۱۸ | ٤١٥٠٠ | ٧٨٣/٠١ | بسیار فعال |
| ۱۵۴۰-۱۶۴۰ | ۱۰۰ | ۸٥۰۰ | ۰/۰۱۱ | ٣٥١٠٠ | ٤١٢/٩٤ | با فعالیت متوسط |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۶۴۰-۱۷۴۰ | ۱۰۰ | ۶۱۰۰ | ۰/۰۱۶ | ۲۷۸۰۰ | ۴۵۵/۷۳ | با فعالیت متوسط |
| ۱۷۴۰-۱۸۴۰ | ۱۰۰ | ۵۰۱۰ | ۰/۰۱۹ | ۲۱۸۰۰ | ۴۳۵/۱۲ | با فعالیت متوسط |
| ۱۸۴۰-۱۹۴۰ | ۱۰۰ | ۴۶۰۰ | ۰/۰۲۱ | ۱۷۰۷۰ | ۳۷۱/۰۸ | با فعالیت متوسط |
| ۱۹۴۰-۲۰۴۰ | ۱۰۰ | ۲۹۰۰ | ۰/۰۳۴ | ۱۳۵۰۰ | ۴۶۵/۵۱ | با فعالیت متوسط |
| ۲۰۴۰-۲۱۴۰ | ۱۰۰ | ۳۰۹۰ | ۰/۰۳۲ | ۱۰۴۰۰ | ۳۳۶/۵۶ | با فعالیت متوسط |
| ۲۱۴۰-۲۲۴۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰۰ | ۰/۰۹ | ۸۲۰۰ | ۷۴۵/۴۵ | بسیار فعال |
| ۲۲۴۰-۲۳۴۰ | ۱۰۰ | ۱۶۰۰ | ۰/۰۶ | ۶۸۰۰ | ۴۲۵ | با فعالیت متوسط |
| ۲۳۴۰-۲۴۴۰ | ۱۰۰ | ۱۸۰۰ | ۰/۰۵ | ۵۲۰۰ | ۲۸۸/۸۸ | غیر فعال |
| ۲۴۴۰-۲۵۴۰ | ۱۰۰ | ۱۴۰۰ | ۰/۰۷ | ۳۴۰۰ | ۲۴۲/۸۵ | غیر فعال |
| ۲۵۴۰-۲۶۴۰ | ۱۰۰ | ۱۲۰۰ | ۰/۰۸ | ۲۰۰۰ | ۱۶۶/۶۶ | غیر فعال |
| ۲۶۴۰-۲۷۴۰ | ۱۰۰ | ۸۰۰ | ۰/۱۲ | ۴۰۰ | ۵۰ | غیر فعال |

**جدول ۱۰- پارامترهای لازم برای محاسبه شاخص (SL) و وضعیت تکتونیکی آن‌ها در حوضه ایوانکی**

| منحنی میزان | $\Delta H(m)$ | $\Delta L(m)$ | $\Delta H/\Delta L$ | L(m) | SL | وضعیت تکتونیکی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۱۰۰-۱۲۰۰ | ۱۰۰ | ۶۵۶۲ | ۰/۰۱۵ | ۴۷۱۲۶ | ۷۱۸/۱۶ | بسیار فعال |
| ۱۲۰۰-۱۳۰۰ | ۱۰۰ | ۶۰۱۸ | ۰/۰۱۶ | ۴۱۵۴۰ | ۶۹۰/۲۶ | بسیار فعال |
| ۱۳۰۰-۱۴۰۰ | ۱۰۰ | ۵۷۰۰ | ۰/۰۱۷ | ۳۴۹۴۰ | ۶۱۲/۹۸ | بسیار فعال |
| ۱۴۰۰-۱۵۰۰ | ۱۰۰ | ۴۳۰۰ | ۰/۰۲۳ | ۳۰۵۹۰ | ۷۱۱/۳۹ | بسیار فعال |
| ۱۵۰۰-۱۶۰۰ | ۱۰۰ | ۳۶۰۰ | ۰/۰۲۷ | ۲۶۸۴۰ | ۷۴۵/۵۵ | بسیار فعال |
| ۱۶۰۰-۱۷۰۰ | ۱۰۰ | ۴۳۰۰ | ۰/۰۲۳ | ۲۲۷۱۰ | ۵۲۸/۱۳ | بسیار فعال |
| ۱۷۰۰-۱۸۰۰ | ۱۰۰ | ۳۸۰۰ | ۰/۰۲۶ | ۱۸۸۰۰ | ۴۹۴/۷۳ | بسیار فعال |
| ۱۸۰۰-۱۹۰۰ | ۱۰۰ | ۲۳۰۰ | ۰/۰۴۳ | ۱۵۵۰۰ | ۶۷۳/۹۱ | بسیار فعال |
| ۱۹۰۰-۲۰۰۰ | ۱۰۰ | ۱۳۰۰ | ۰/۰۷۶ | ۱۳۶۰۰ | ۱۰۴۶/۱۵ | بسیار فعال |
| ۲۰۰۰-۲۱۰۰ | ۱۰۰ | ۳۰۶۰ | ۰/۰۳۲ | ۱۱۴۰۰ | ۳۷۲/۵۴ | با فعالیت متوسط |
| ۲۱۰۰-۲۲۰۰ | ۱۰۰ | ۱۹۰۰ | ۰/۰۵۲ | ۸۹۰۰ | ۴۶۸/۴۲ | با فعالیت متوسط |
| ۲۲۰۰-۲۳۰۰ | ۱۰۰ | ۱۳۰۰ | ۰/۰۷۶ | ۷۴۰۰ | ۵۶۹/۲۳ | بسیار فعال |
| ۲۳۰۰-۲۴۰۰ | ۱۰۰ | ۱۳۰۰ | ۰/۰۷۶ | ۵۹۰۰ | ۴۵۳/۸۴ | با فعالیت متوسط |
| ۱۴۰۰-۲۵۰۰ | ۱۰۰ | ۱۲۰۰ | ۰/۰۸۳ | ۴۶۰۰ | ۳۸۳/۳۳ | با فعالیت متوسط |

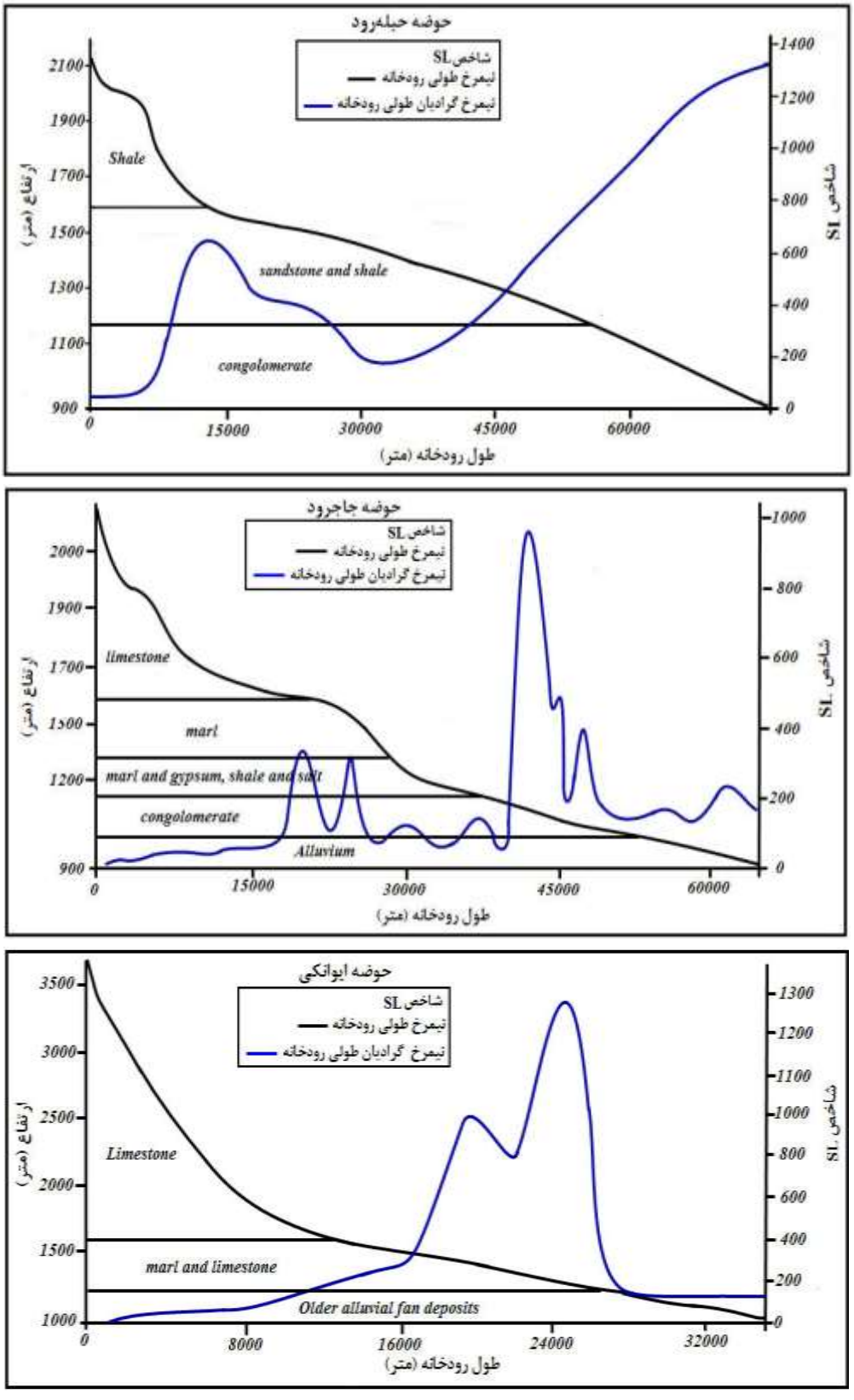
[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲۵۰۰–۲۶۰۰ | ۱۰۰ | ۶۸۰ | ۰/۱۴ | ۳۶۰۰ | ۵۲۹/۴۱ | بسیار فعال |
| ۲۶۰۰–۲۷۰۰ | ۱۰۰ | ۶۲۰ | ۰/۱۶ | ۳۱۰۰ | ۵۰۰ | با فعالیت متوسط |
| ۲۷۰۰–۲۸۰۰ | ۱۰۰ | ۳۴۰ | ۰/۲۹ | ۲۵۰۰ | ۷۳۵/۲۹ | بسیار فعال |
| ۲۸۰۰–۲۹۰۰ | ۱۰۰ | ۳۰۰ | ۰/۳۳ | ۲۲۰۰ | ۷۳۳/۳۳ | بسیار فعال |
| ۲۹۰۰–۳۰۰۰ | ۱۰۰ | ۳۱۰ | ۰/۳۲ | ۱۸۰۰ | ۵۸۰/۶۴ | بسیار فعال |
| ۳۰۰۰–۳۱۰۰ | ۱۰۰ | ۲۶۰ | ۰/۳۸ | ۱۵۸۰ | ۶۰۷/۶۹ | بسیار فعال |
| ۳۱۰۰–۳۲۰۰ | ۱۰۰ | ۲۰۰ | ۰/۵ | ۱۳۵۰ | ۶۷۵ | بسیار فعال |
| ۳۲۰۰–۳۳۰۰ | ۱۰۰ | ۲۲۰ | ۰/۴۵ | ۱۱۱۰ | ۵۰۲/۵ | بسیار فعال |
| ۳۳۰۰–۳۴۰۰ | ۱۰۰ | ۲۲۰ | ۰/۴۵ | ۸۶۰ | ۳۹۰/۹ | با فعالیت متوسط |
| ۳۴۰۰–۳۵۰۰ | ۱۰۰ | ۲۱۰ | ۰/۴۷ | ۶۸۰ | ۳۲۳/۸ | با فعالیت متوسط |
| ۳۵۰۰–۳۶۰۰ | ۱۰۰ | ۲۰۰ | ۰/۵ | ۴۷۰ | ۲۳۵ | غیر فعال |
| ۳۶۰۰–۳۷۰۰ | ۱۰۰ | ۱۷۰ | ۰/۵۸ | ۱۷۰ | ۱۵۸/۸۲ | غیر فعال |

**جدول ۱۱- پارامترهای لازم برای محاسبه شاخص (SL) و وضعیت تکتونیکی آن‌ها در حوضه حبله رود**

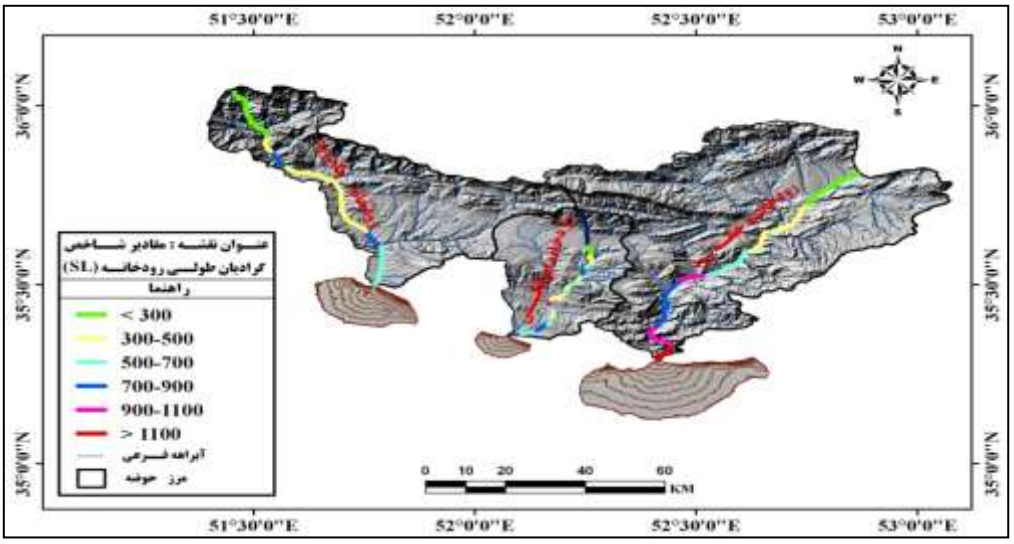
| منحنی میزان | $\Delta H(m)$ | $\Delta L(m)$ | $\Delta H / \Delta L$ | L(m) | SL | وضعیت تکتونیکی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۹۸۰–۱۰۸۰ | ۱۰۰ | ۷۱۵۰ | ۰/۰۱۳ | ۸۱۷۰۰ | ۱۱۴۲/۶۵ | بسیار فعال |
| ۱۰۸۰–۱۱۸۰ | ۱۰۰ | ۸۱۳۰ | ۰/۰۱۲ | ۷۴۷۰۰ | ۹۱۸/۸۱ | بسیار فعال |
| ۱۱۸۰–۱۲۸۰ | ۱۰۰ | ۷۶۰۰ | ۰/۰۱۳ | ۶۶۹۰۰ | ۸۸۰/۲۶ | بسیار فعال |
| ۱۲۸۰–۱۳۸۰ | ۱۰۰ | ۶۶۰۰ | ۰/۰۱۵ | ۵۹۷۰۰ | ۹۰۴/۵۴ | بسیار فعال |
| ۱۳۸۰–۱۴۸۰ | ۱۰۰ | ۸۸۰۰ | ۰/۰۱۱ | ۵۱۴۳۰ | ۵۸۴/۴۳ | بسیار فعال |
| ۱۴۸۰–۱۵۸۰ | ۱۰۰ | ۹۰۹۰ | ۰/۰۱۱ | ۴۴۴۰۰ | ۴۸۸/۴۴ | با فعالیت متوسط |
| ۱۵۸۰–۱۶۸۰ | ۱۰۰ | ۸۴۰۰ | ۰/۰۱۱ | ۳۵۵۰۰ | ۴۲۲/۶۱ | با فعالیت متوسط |
| ۱۶۸۰–۱۷۸۰ | ۱۰۰ | ۸۳۰۰ | ۰/۰۱۲ | ۲۶۳۰۰ | ۳۱۶/۸۶ | با فعالیت متوسط |
| ۱۷۸۰–۱۸۸۰ | ۱۰۰ | ۷۰۲۰ | ۰/۰۱۴ | ۱۹۲۰۰ | ۲۷۳/۵ | غیر فعال |
| ۱۸۸۰–۱۹۸۰ | ۱۰۰ | ۱۰۳۰۰ | ۰/۰۰۹ | ۱۰۴۰۰ | ۱۰۰/۹۷ | غیر فعال |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




شکل ۸: نیمرخ وگرادیان طولی رودخانه‌های حبله‌رود، جاجرود و ایوانکی

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




**شکل ۹: نقشه موقعیت مقاطع در حوضه‌های مورد مطالعه جهت محاسبه شاخص (SL)**

با توجه به جدول (۹) ملاحظه می‌شود که متوسط مقدار این شاخص در حوضه‌های ایوانکی (۵۵۵/۴۲) و حبله‌رود (۶۰۳/۳۰) بیش‌تر است و لذا این حوضه‌ها در کلاس ۱ فعالیت‌های تکتونیکی قرار می‌گیرند و حوضه جاجرود با متوسط (۴۳۱/۳۸) به کلاس ۲ یعنی مناطق با فعالیت متوسط تعلق دارد. این در حالی است که حوضه‌های جاجرود، حبله‌رود و ایوانکی به‌علت قرارگیری در زون البرز مرکزی پوشیده از سنگ‌های مقاوم می‌باشند. از سوی دیگر این رودخانه‌ها، دارای طول زیادی هستند در نتیجه می‌توان علت بالابودن مقادیر این شاخص را به فعالیت‌های تکتونیکی حوضه نسبت داد.

- شاخص تقارن توپوگرافی عرضی[۲۵](T)

شاخص دیگری که می‌توان برای ارزیابی نامتقارن بودن حوضه و متعاقب آن، در بررسی حرکات تکتونیکی فعال از آن سود جست، شاخص تقارن توپوگرافی عرضی می‌باشد. این شاخص به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود (کلر و پینتر، ۱۹۹۶: ۱۲۷).

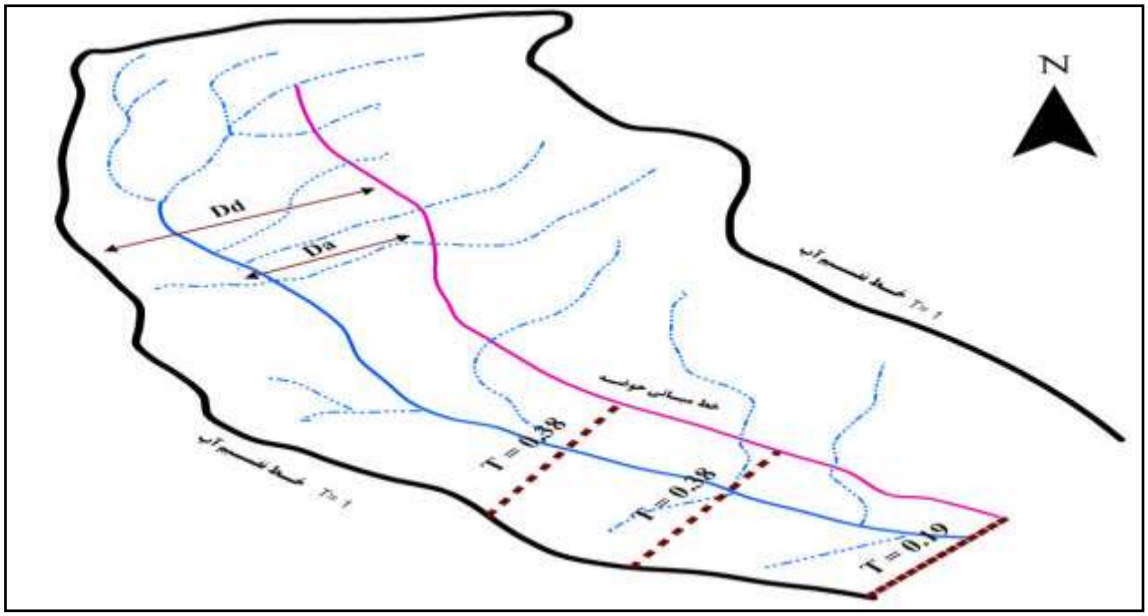
$$T=Da/Dd$$

Da: فاصله خط میانی حوضه زهکشی تا کمربند فعال مئاندری؛ Dd: فاصله خط میانی حوضه و خط تقسیم آب می‌باشد. مقدار عددی این شاخص در حوضه‌های متقارن برابر با صفر است و هرچه به عدد یک نزدیک‌تر شود، تقارن حوضه کاهش می‌یابد. فرض بر این است که شیب طبقات بر مهاجرت کانال اصلی رودخانه تأثیر ناچیزی دارد، در این صورت مهاجرت ناحیه‌ای کانال رودها دلیلی بر کج‌شدگی زمین بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی می‌باشد.

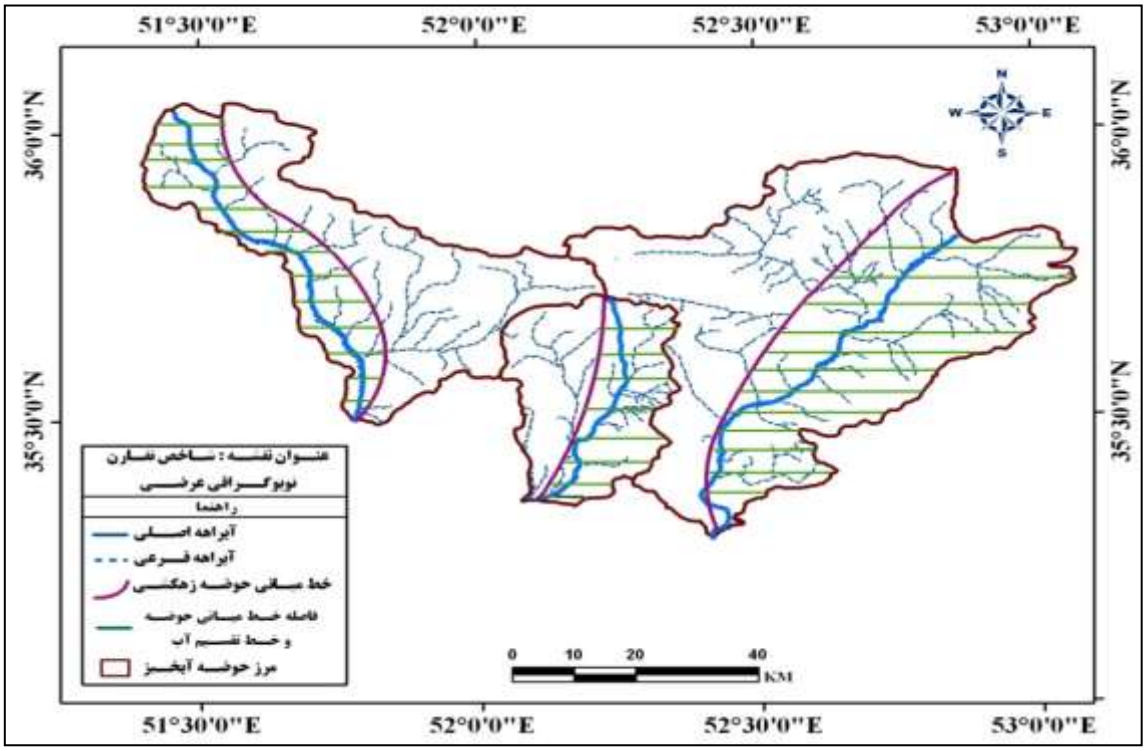
25-Transverse Topographic Symmetry Factor

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

بنابراین (T) بیانگر یک بردار با جهت و مقدار ۱-۰ می‌باشد (کلر و پینتر، ۱۹۹۶: ۱۲۷). در شکل(۱۰) مقادیر(T) محاسبه شده برای بخش‌های مختلف دره‌ها نشان داده شده است.




**شکل ۱۰: تصویر شماتیک پارامترهای لازم جهت محاسبه شاخص(T)**




**شکل ۱۱: نقشه موقعیت مقاطع جهت محاسبه شاخص(T) در حوضه‌های مورد مطالعه**

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

برای برآورد پارامترهای موردنیاز شاخص (T) در منطقه مورد مطالعه، مقادیر(Da) و (Dd) برای هر سه حوضه در فواصل ۵ کیلومتری اندازه‌گیری شد. بنابراین با توجه به وسعت حوضه‌های مورد مطالعه، در حوضه‌ی جاجرود ۱۳ مقطع، در حوضه حبله‌رود ۱۲ و در حوضه ایوانکی ۸ مقطع، بررسی شد (شکل ۱۱).

در جداول (۱۳،۱۲ و ١٤) مقادیر عددی شاخص (T) به‌همراه سایر پارامترهای لازم برای منطقه مورد مطالعه آمده است. مقادیر عددی شاخص (T) در هر سه حوضه، نشان‌دهنده نامتقارن بودن این حوضه‌ها بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی است، اما میزان این نامتقارنی در هر حوضه متفاوت می‌باشد. مقادیر این شاخص در حوضه جاجرود تقریباً نزدیک به یک بوده و میانگین مقطع‌های ذکر شده، برابر با ۰/٦۲ می‌باشد و لذا در این حوضه تقارن توپوگرافی وجود دارد. میزان شاخص (T) در حوضه‌های حبله‌رود و ایوانکی، نشان‌دهنده عدم تقارن نسبی این حوضه‌ها می‌باشد. میانگین این شاخص در حوضه حبله‌رود ۰/۲۲ و در حوضه ایوانکی ۰/۱۸ است و از لحاظ تکتونیک فعال می‌باشند.

**جدول ۱۲- مقاطع اندازه‌گیری شده شاخص(T) در حوضه جاجرود**

| شماره مقطع | Da(m) | Dd(m) | T |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۰۵۸/۸ | ٤٦۱۸/٤ | ۰/٤٤ |
| ۲ | ۳٦۷۲/۵ | ۵۲۸٦/۱ | ۰/٦۹ |
| ۳ | ٦۱۷٦/٤ | ۱۰۲۳۸/۵ | ۰/٦۰ |
| ٤ | ۹۳٤۸/۳ | ۱۳۵۷۷/٦ | ۰/٦۸ |
| ۵ | ۹۸٤۸/۹ | ۱۲۷٤۲/٤ | ۰/۷۷ |
| ٦ | ۷۱۲۲/٤ | ۱۰۳٤۹/۷ | ۰/٦۸ |
| ۷ | ۵٦۷۵/٦ | ۸٤۵۷/۸ | ۰/٦۷ |
| ۸ | ۱۱۸۵۲/۱ | ۱۳۹۱۱ | ۰/۸۵ |
| ۹ | ۱۰۷۳۹/۳ | ۱۵٤۱۳/۵ | ۰/٦۹ |
| ۱۰ | ۹٦۲٦/٤ | ۲۰۲۵٤/۵ | ۰/٤۷ |
| ۱۱ | ۷۰٦٦/۷ | ۱۸۳٦۲/۵ | ۰/۳۸ |
| ۱۲ | ۸٦۸۰/٤ | ۱۵۸۵۸/۵ | ۰/۵٤ |
| ۱۳ | ۷۹۰۱/٤ | ۱۲۷۹۸/۱ | ۰/٦۱ |
| میانگین | ۷٦۷٤/۵ | ۱۲٤۵۱/٤ | ۰/٦۲ |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

**جدول ۱۳- مقاطع اندازه‌گیری شده شاخص (T) در حوضه حبله‌رود**

| شماره مقطع | Da(m) | Dd(m) | T |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۵۵۹/٦ | ٥۲۸٦/٤ | ۰/٤۸ |
| ۲ | ۲۲۹/٤ | ۱۸۰۸٤/۳ | ۰/۰۱ |
| ۳ | ۷۲۳/۳ | ۱٦۱۳٦/۸ | ۰/۰٤ |
| ٤ | ۱۱۱/۲ | ۱۲۲٤۱/٦ | ۰/۰۰۹ |
| ٥ | ۱٦۱۳/٦ | ۲۷۳۲۱/۲ | ۰/۰٥ |
| ٦ | ۷٤۰۰/٦ | ۲۸٤۳٤/۱ | ۰/۲٦ |
| ۷ | ۷۷۳٤/٥ | ۲۸۲۱/٥ | ۰/۲۷ |
| ۸ | ۸۹٥۸/٦ | ۳۷۱۱٤/٥ | ۰/۲٤ |
| ۹ | ۱۲۸٥۳/۷ | ۳۷٥٥۹/۷ | ۰/۳٤ |
| ۱۰ | ۱۲۰۷٤/۷ | ۳٥۸۳٤/۸ | ۰/۳۳ |
| ۱۱ | ۱۱۹۰۷/۸ | ۳۹٦۱۸/٥ | ۰/۳۰ |
| ۱۲ | ۱۳۳٥٤/٥ | ۳٦۹٤۷/٦ | ۰/۳٦ |
| میانگین | ٦٦۱۸/٤ | ۲٤۷۸۳/٤ | ۰/۲۲ |

**جدول ١٤- مقاطع اندازه‌گیری شده شاخص (T) در حوضه ایوانکی**

| شماره مقطع | Da(m) | Dd(m) | T |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۲۹٤۲/۱ | ۱۰۹۲۳/٦ | ۰/۲٦ |
| ۲ | ۲۱٥۹/۹ | ۱۳۷۷۱/۹ | ۰/۱٥ |
| ۳ | ۰ | ۱٤٥٥٤/٤ | ۰ |
| ٤ | ۱۰۰۱/٥ | ۹٥۱٥/۱ | ۰/۱۰ |
| ٥ | ۲٤٤۱/٥ | ۱۱۰٤۸/۸ | ۰/۲۲ |
| ٦ | ۳۱۳۰/۱ | ۱۰۸۹۲/۳ | ۰/۲۸ |
| ۷ | ۲۷۸٥/٦ | ۱۰۱۰۹/۸ | ۰/۲۷ |
| ۸ | ۳۰۰٤/۷ | ۱۲٥٥۱/۲ | ۰/۲۳ |
| میانگین | ۲۱۸۳/۱ | ۱۱٦۷۰/۸ | ۰/۱۸ |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

- شاخص ضریب مخروط‌گرایی[۲۶] (FCI)

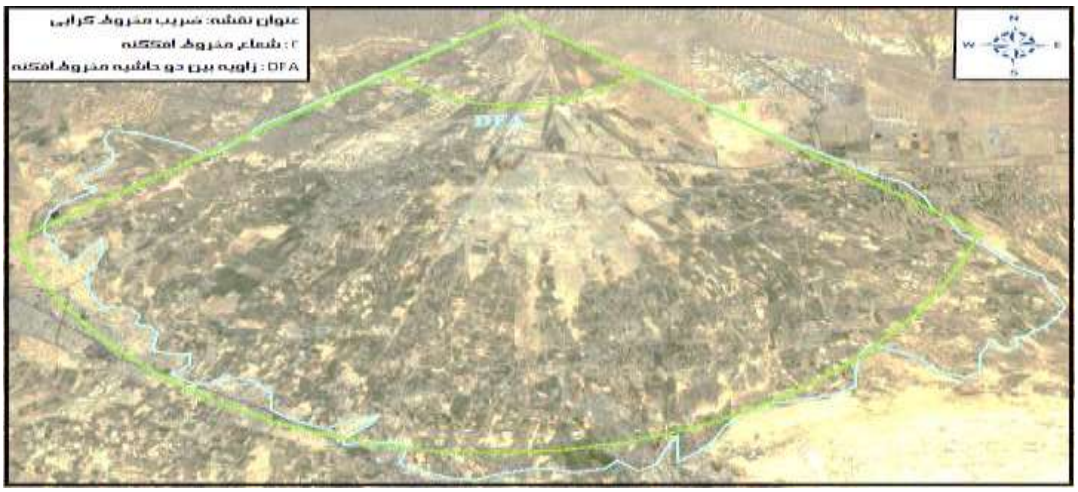
شکل واقعی یک مخروط‌افکنه شباهت زیادی به مخروط دارد. معیار سنجش شکل واقعی یک مخروط‌افکنه، نخستین بار توسط موکرجی[۲۷] در سال ۱۹۷٦ ارائه شد. ضریب مخروط‌گرایی برای یک مخروط‌افکنه مشخص و تیپیک می‌باشد. مخروط‌افکنه‌ای که دارای ضریب مخروط‌گرایی یک باشد، کم‌تر تحت تأثیر عوامل مخرب و محدودکننده قرار گرفته است و به شکل یک مخروط‌واقعی نزدیک‌تر است. هرچه میزان این شاخص از عدد یک کم‌تر باشد نشان‌دهنده‌ی این است که مخروط‌افکنه کم‌تر اجازه رشد و تکامل یافته است که علت این امر فعالیت‌های فرسایشی و یا فعالیت‌های تکتونیکی می‌باشد. این شاخص با استفاده از رابط زیر محاسبه می‌شود (موکرجی، ۱۹۷٦: ۱۹۹).

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

AIF[۲۸]: مساحت مخروط ایده‌آل؛ ATF[۲۹]: مساحت واقعی مخروط‌افکنه است. برای محاسبه‌ی مخروط ایده‌آل نیز رابطه زیر بیان می‌شود:

$$ALF = \pi r^2 \times DFA / 360$$

$\pi$: عدد پی معادل ۳/۱٤؛ $r^2$: شعاع مخروط افکنه؛ DFA: زاویه بین دو حاشیه‌ی مخروط‌افکنه که در محل رأس آن اندازه‌گیری می‌شود. در شکل (۱۲) پارامترهای لازم جهت محاسبه و بررسی این شاخص، در منطقه مورد مطالعه آمده است.




**شکل۱۲: چگونگی اندازه‌گیری شاخص ضریب مخروط‌گرایی (FCI) در مخروط‌افکنه جاجرود**

26- Fan Conicality Index
27- Mukerji
28- Area of Equivalent Ideal Fan
29- Area of Terminal Fan

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

**جدول ۱۵- پارامترهای لازم برای محاسبه ضریب مخروط‌گرایی (FCI)**

| مخروط‌افکنه | $r^2(km)$ | DFA | $AIF(km^2)$ | $ATF(km^2)$ | FCI |
|---|---|---|---|---|---|
| جاجرود | ۲۹٤/۹۸ | ۸۰ | ۲۰۵/۷٤ | ۲۱٦/٦۱ | ۰/۹۵ |
| حبله‌رود | ۲٦۰/٦۷ | ۸۸ | ۲۰۰۰/۰۷ | ۳۱۵/۱۳ | ۰/٦۳ |
| ایوانکی | ٦۹/۲۱ | ٦۷ | ٤۰/٤٤ | ۵۵/۹۷ | ۰/۷۲ |

طبق جدول (۱۵) مشاهده می‌شود که ضرایب مخروط‌گرایی در هر سه مخروط‌افکنه، ارقام کم‌تر از یک را نمایش می‌دهند. پس می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که گسترش مخروط‌افکنه‌های منطقه مورد مطالعه، تحت تأثیر تکتونیک و سایر عوامل فرسایش مانند آب و هوا، دچار تغییر شده و به تکامل واقعی خود نرسیده‌اند.

- شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی[۳۰] (Iat)

شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$Iat = S/N$$

Iat: شاخص فعالیت‌های نسبی تکتونیک؛ S: مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده؛ N: تعداد شاخص‌های محاسبه شده می‌باشد. طبقات مختلف شاخص(Iat) به صورت جدول زیر است (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۷۱).

**جدول ۱٦- طبقه‌بندی شاخص فعالیت‌های تکتونیکی (Iat)**

| فعالیت تکتونیکی شدید | فعالیت تکتونیکی زیاد | فعالیت تکتونیکی متوسط | فعالیت تکتونیکی کم |
|---|---|---|---|
| 1<Iat<1/5 | 1/5<Iat<2 | 2<Iat<2/5 | 2/5>Iat |

برای محاسبه این شاخص، از بین ٦ شاخص محاسبه شده در منطقه مورد مطالعه، تعداد ۵ شاخص که دارای کلاس‌بندی بودند انتخاب گردید. در جدول (۱۷) نتایج ارزیابی شاخص فعالیت‌های تکتونیکی (Iat) قابل مشاهده است.

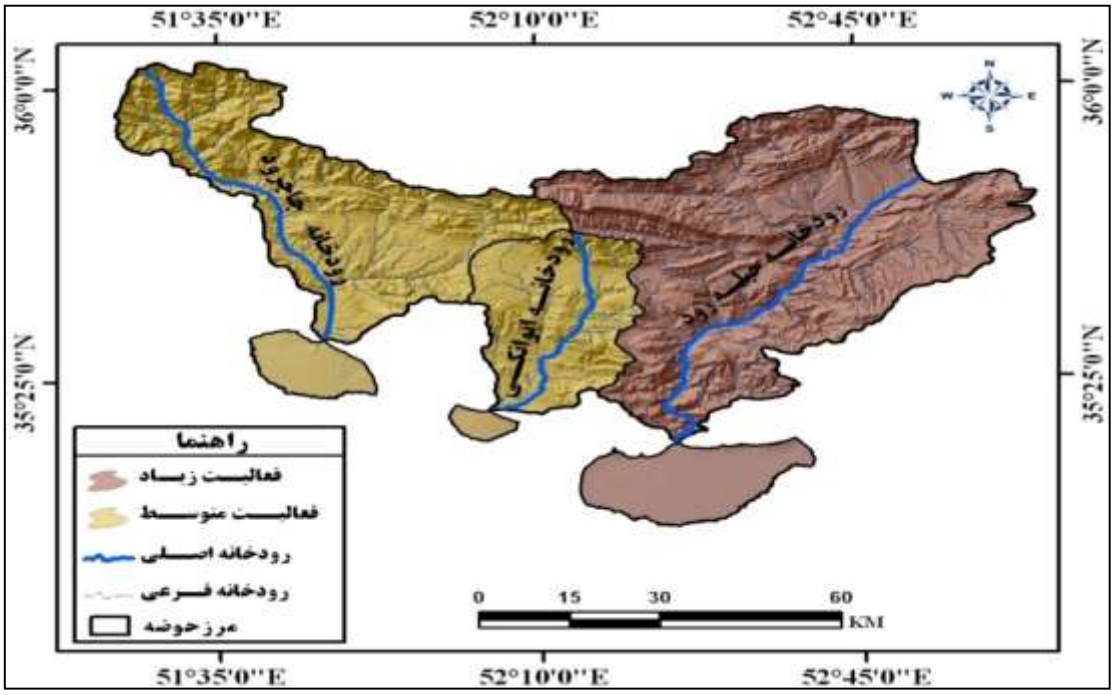
30- Index of Relative Active Tectonic

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

**جدول ۱۷- مقدار شاخص فعالیت‌های تکتونیکی (Iat) در منطقه مورد مطالعه**

| موقعیت | Smf | Vf | Af | T | SL | Iat | کلاس فعالیت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حوضه جاجرود | ۲ | ۳ | ۱ | ۳ | ۲ | ۲/۲ | متوسط |
| حوضه حبله‌رود | ۲ | ۲ | ۳ | ۱ | ۱ | ۱/۸ | زیاد |
| حوضه ایوانکی | ۲ | ۳ | ۳ | ۱ | ۱ | ۲ | متوسط |

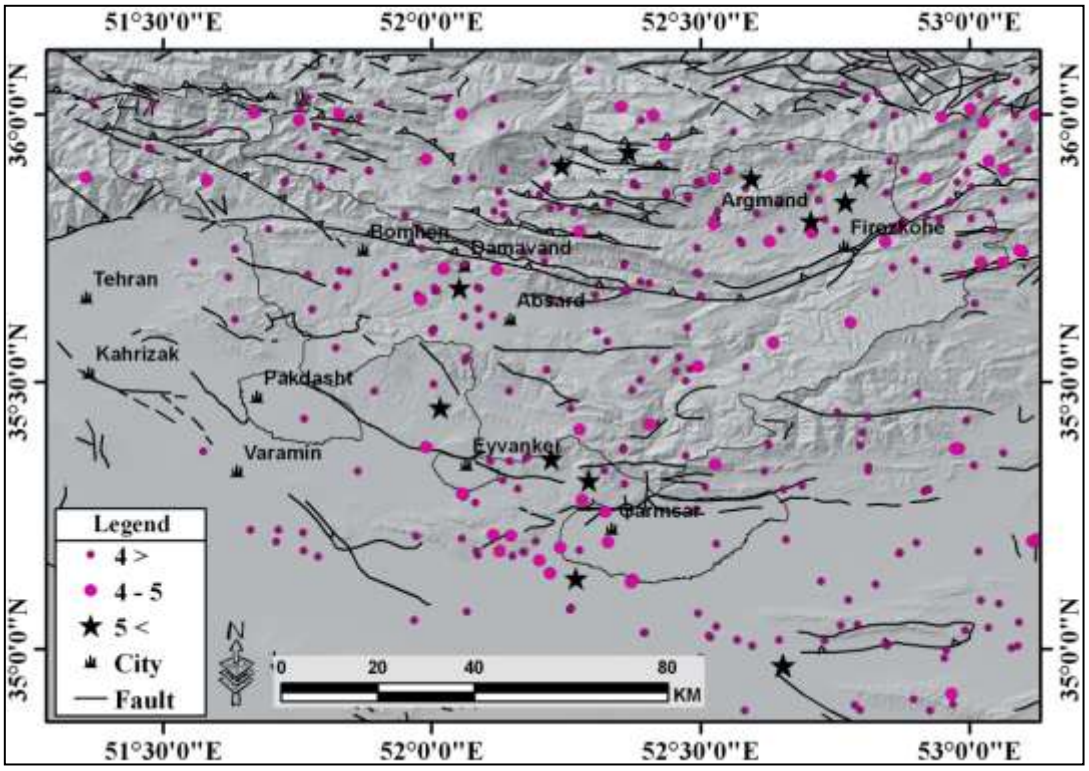
با ارزیابی شاخص مزبور در منطقه مورد مطالعه مشخص شد، در حوضه جاجرود کلاس فعالیت‌های تکتونیکی زیاد و حوضه‌های ایوانکی و حبله‌رود در کلاس فعالیت‌های تکتونیکی متوسط قرار دارند (شکل ۱۳). داده‌های موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران[31] (۲۰۱۲-۱۹۳۷)، نیز بیش‌ترین زمین‌لرزه را در حوالی گسل گرمسار، به‌ویژه قسمت‌های غربی آن ثبت کرده است و این‌گونه به نظر می‌رسد که نسبت به بخش شرقی خود فعالیت بیش‌تری دارد (شکل ١٤).




**شکل ۱۳: کلاس‌های ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی (Iat)**

31- Institute of Geophysics University of Tehran

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]




**شکل ١٤: پراکندگی زمین لرزه‌های رخ داده در منطقه طی سال‌های ۲۰۱۳- ۱۹۳۷، نشان دهنده‌ی فعال بودن تکتونیک در البرز جنوبی است (اطلاعات لرزه‌شناسی بر اساس داده‌های موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران است).**

## نتیجه‌گیری

پایه‌ی سنگ‌های رسوبی البرز مرکزی، به‌شکل ده‌ها تاقدیس و ناودیس چین خورده‌اند که گسل‌های بزرگ موازی با محور چین‌ها، دیواره‌های عظیم گسلی در آن ایجاد کرده‌اند. بررسی و تحلیل داده‌های GPS در این بخش از ایران میزان کوتاه‌شدگی شمالی-جنوبی آن را ۲ ± ۵ میلی‌متر در سال نشان می‌دهد که نشان از فعالیت بالای نوزمین ساخت در محدوده‌ی مورد مطالعه دارد. که با ارزیابی شاخص‌های مورفومتریک نتایج فوق به‌دست آمد، مقادیر به‌دست آمده از شاخص(Smf) در جبهه کوهستانی مخروط‌افکنه‌های حبله‌رود، ایوانکی و جاجرود در مرز ساختاری البرز جنوبی بر اساس کلاس‌بندی همدونی و همکارانش در کلاس۲، یعنی مناطقی با فعالیت متوسط فعال جای می‌دهد. بنابراین بر اساس این شاخص، منطقه مورد مطالعه دارای فرسایش می‌باشد. از دیگر شاخص‌های ژئومورفیک مورد استفاده در این مطالعه، شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf) است که مخروط‌افکنه حبله‌رود جزو کلاس ۲یعنی مناطقی با فعالیت متوسط و مخروط‌افکنه‌های جاجرود و ایوانکی به کلاس ۳ این دسته‌بندی یعنی مناطق غیر فعال تعلق دارند. سومین شاخصی که در منطقه مورد مطالعه ارزیابی گردید، شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (Af) بود از نتایج به‌دست آمده از این شاخص این گونه استنباط می‌شود که در حوضه

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

جاجرود فرسایش در ساحل سمت راست ادامه دارد، در حالی که در حوضه‌های حبله‌رود و ایوانکی فرسایش در ساحل سمت چپ در جریان است. هم‌چنین بر اساس کلاس‌بندی ارائه شده توسط همدونی و همکارانش، حوضه جاجرود در کلاس ۱ که بیانگر مناطق فعال هستند، قرار می‌گیرد و حوضه‌های حبله‌رود و ایوانکی جزو مناطق غیرفعال معرفی می‌شوند. دیگر شاخص مورد بررسی در این پژوهش شاخص گرادیان طولی رودخانه(SL) است. متوسط مقدار این شاخص در حوضه‌های ایوانکی (۵۵۵/۴۲) و حبله‌رود (۶۰۳/۳۰) بیش‌تر است و لذا این حوضه‌ها در کلاس ۱ فعالیت‌های تکتونیکی قرار می‌گیرند و حوضه جاجرود با متوسط (۴۳۱/۳۸) به کلاس ۲ یعنی مناطق با فعالیت متوسط تعلق دارد. این در حالی است که حوضه‌های جاجرود، حبله‌رود و ایوانکی به‌علت قرارگیری در زون البرز مرکزی پوشیده از سنگ‌های مقاوم می‌باشند. از سوی دیگر این رودخانه‌ها، دارای طول زیادی هستند در نتیجه می‌توان علت بالابودن مقادیر این شاخص را به فعالیت‌های تکتونیکی حوضه نسبت داد. شاخص دیگری که می‌توان برای ارزیابی نامتقارن بودن حوضه و متعاقب آن، در بررسی حرکات زمین‌ساختی فعال از آن سود جست، شاخص تقارن توپوگرافی عرضی(T) می‌باشد. مقادیر این شاخص در حوضه جاجرود تقریباً نزدیک به یک بوده و میانگین مقطع‌های ذکر شده، برابر با ۰/۶۲ می‌باشد و لذا در این حوضه تقارن وجود دارد. میزان شاخص (T) در حوضه‌های حبله‌رود و ایوانکی، نشان‌دهنده عدم تقارن نسبی این حوضه‌ها می‌باشد. میانگین این شاخص در حوضه حبله‌رود ۰/۲۲ و در حوضه ایوانکی ۰/۱۸ است و از لحاظ زمین ساخت فعال می‌باشند. شاخص ضریب مخروط‌گرایی (FCI) از دیگر شاخص‌های مورد بررسی در این تحقیق می‌باشد. ضرایب مخروط‌گرایی در هر سه مخروط‌افکنه، ارقام کم‌تر از یک را نمایش می‌دهند. پس می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که گسترش مخروط‌افکنه‌های منطقه مورد مطالعه، تحت تأثیر تکتونیک و سایر عوامل فرسایش مانند آب و هوا، دچار محدودیت شده و به تکامل واقعی خود نرسیده‌اند. در نهایت با ارزیابی نسبی فعالیت‌های زمین‌ساختی (Iat) در منطقه مورد مطالعه دریافتیم در حوضه حبله‌رود کلاس فعالیت‌زمین‌ساختی زیاد و حوضه‌های ایوانکی و جاجرود در کلاس فعالیت‌های زمین‌ساختی متوسط قرار دارند. در مجموع می‌توان گفت شاخص‌های ژئومورفولوژیکی وجود حرکات نئوتکتونیک را اثبات می‌نماید هر چند میزان آن در هر حوضه دارای اختلافاتی است.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

**منابع**

- رامشت، محمدحسین؛ سیف، عبدالله؛ شاه‌زیدی، سمیه سادات؛ انتظاری، مژگان (۱۳۸۸)، «تأثیر تکتونیک جنبا بر مورفولوژی مخروط افکنه‌ی درختنگان در منطقه‌ی شهداد کرمان»، ***فصلنامه جغرافیا و توسعه***، شماره ١٦، صص ٤٦-٢٩.

- روستایی، شهرام؛ نیری، هادی (۱۳۹۰)، «ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی با استفاده از نیمرخ طولی در حوضه‌ی آبریز مهاباد»، ***جغرافیا و برنامه ریزی***، شماره ٣٦، صص ٦٧-٥٢.

- سیف، عبدالله؛ خسروی، قاسم (۱۳۸۹)، «بررسی تکنونیک فعال در قلمرو تراست زاگرس منطقه فارسان»، ***فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ٧٤، صص ١٤٦-١٢٨.

- عباس‌نژاد، احمد (۱۳۷۵)، «پژوهش‌های ژئومورفولوژی در دشت رفسنجان»، پایان نامه دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

- عابدینی، موسی؛ شبرنگ، شنو (۱۳۹۳) «ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساخت در حوضه‌ی آبخیز مشکین‌چای از طریق شاخص‌های ژئومورفولوژی»، ***فصلنامه جغرافیا و توسعه***، شماره ۳۵ ، صص ٦٦-٤٩.

- کرمی، فریبا؛ رجبی، معصومه؛ عسگری، مریم (۱۳۹۲) «تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیکی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژیکی»، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***، شماره ۲، صص ۱۵۸-۱٤۱.

- مقصودی، مهران؛ باقری، سجاد (۱۳۸۸)، «بررسی نقش تکتونیک در شکل‌گیری و تحول مخروط افکنه‌ها (مطالعه موردی: مخروط افکنه‌های تاقدیس قلاجه)»، ***فصلنامه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای***، شماره ۱۲، صص ۱۲۲-۹۹.

-Bull, W.B., McFadden, L., (1977), "Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault", California, In ***Geomorphology***, Stane University of New York, Binghamton.

-Bunte, K., Abt, S.R., (2001),"Sampling surface and subsurface particle- size distributions in wadable gravel and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics, and stream bed monitoring", ***National System Technology Center***, 12: 42-78.

-Burbank, D.W., Anderson, R.S., (2001), "***Tectonic Geomorphology***", Blackwell Science, London 274 p.

-Cox, R.T., (1994),"Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi embayment", ***Geological Society of America Bulletin***, 106: 571-581.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

-Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A.A., Motamedi, H., Hosseinias, H., (2010),"Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran", ***Geomorphology***, 121:329–341.

-Figueroa, A.M., Knott, J.R., (2010), "Tectonic geomorphology of the southern Sierra Nevada Mountains (California): Evidence for uplift and basin formation", ***Geomorphology***, 123:1-12.

-Garcia-tortosa, F.J., Alfaro, P., Galindo-Zaldivar, J., Gibert, Lopez-Garrido, A.C., Sanz de Galdeano, C., Urena, M., (2008), "Geomorpholgy Evdemce of the Active Baza Fault (Betic Cordillera, South Spain)", ***Geomorphology***, 97: 374-391.

-Guarnieri, P., Pirrotta, C., (2008), "The Response of Drainage Basins to the Late Quaternary Tectonics in the Sicilian Side of the Messina Strait(NE)", ***Geomorphology***, 95: 260-273.

-Hack, J.T., (1973), "Drainage adjustment in the Appalachians", ***Fluvial Geomorphology***, Publications in Geomorphology. State University of New York, Binghamton, New York.

-Hamdouni, R.E., Irigaray, C., Fernadez, T., Chacon, J., Keller, E.A., (2008), "Assessment of Relative Active Tectonic", South West Border of the Sierra Nevada (Southern Spain), ***Geomorpholgy***, 96: 150-173.

- Harvey, A.M., (2002), "The Role of base-level Change in the Dissection of Alluvial fans: Case Studies from Southeast Spain and Nevada", ***Geomorphology***, 45: 67-87.

-Ioannis, M.T., Ioannis, K.K., Pavlides, S., (2006), "Tectonic geomorphology of the easternmost extension of the Gulf Corinth (Beotia cnteral Greece)", ***Tectonophysics***, 453: 211-232**.**

-Kale,V.S., Shejwalkar, N., (2008), "Uplift along the western margin of the Deccan Basalt Province: Is there any geomorphometric evidence?" ***J,Earth Syst. Sci***. 6: 959-971.

-Keller, E.A., Pinter, N., (1996), "***Active Tectonics***", EngleWood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall Inc.

-Keller E.A., Pinter, N., (2002), "***Active Tectonics Earth quakes***", Uplift and Landscape, New Jersey: Prentice Hall, Pub.

-Molin,P., Pazzaglia, F.J., Dramis,F., (2004), "Geomorphic expression of active tectonicsin a rapidly-deforming forearc", Silamassif, Calabria.

-Mukerji, A.B., (1976), "Teminal fans of Inlands Streams in Sutlej –Yamuna Plain, India", ***Zeitschrift for Geomorphology***, 20:190-204.

-Ramirez-Herrera, M.A., (1998),"Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt", ***Earth Surface Processes and Landforms***, 23: 317-332.

-Siva, P.G., Zazo, C., Bardji, T., (2003), "Fault Generated Mountain Fronts in Southest Spain: Geomorphology Assessment of Tectonic and Seismic Activity", ***Geomorphology***, 50: 203-225.

-Stanley, A., Schumm, F., Holbrook, M., (2000), "***Active Tectonics and Alluvial Rivers***", Cambridge University Press combridge.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]

-Viseras, C., Altan, B.N., (2003), "Differential Features af alluvial fans Controlled by Tectonic or Eustatic Accommodation Spce", ***Geomorphology***, 50: 181-202.

- Zhou Lina, B., Heitaro Kanedac, B., Sakae Mukoyamad., N. A., Tatsuro, C., (2013),"Detection of Subtle tectonic–Geomorphic Features in Densely Forested Mountains by very High-Resolution Airborne LiDAR Survey", ***Geomorphology***, 182: 170-293.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31 ]