

شواهد تکتونیک فعال با استفاده از شاخص‌هایی ژئومورفیک در منطقه دشت زرین تا چوبین (حد فاصل گسل زراب و گسل اصلی معکوس زاگرس)، استان چهارمحال و بختیاری

غلامرضا خدادادی^۱ و مریم آهنکوب^{۲*}

۱- کارشناس ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

۲- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، ایران

نویسنده مسئول: m.ahankoub@pnu.ac.ir *

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱

دریافت: ۱۴۰۰/۷/۲۱

چکیده

هدف از این پژوهش ارزیابی فعالیت نوزمین‌ساختی منطقه بین گسل زراب و گسل اصلی معکوس زاگرس با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک می‌باشد. در این منطقه دو گسل اصلی معکوس زاگرس و گسل زراب رخنمون دارد. در این راستا از شاخص‌های ژئومورفیک، انتگرال هیپستومتریک (Hi)، شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)، شاخص گرادیان طولی رودخانه (SL)، شاخص سینوسیته جبهه کوهستان (Smf) و شاخص فعالیت نسبی (Iat) استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مقادیر شاخص‌هایی ژئومورفیک و شواهد ژئومورفیکی حاکی از فعالیت نسبی متفاوت در بخش‌های از منطقه است. گسل‌هایی زراب و گسل اصلی معکوس زاگرس رسوبات آبرفتی و مخروط افکنه‌ای همچون رودخانه‌هایی بزرگ نعل اشکنان و دشت زرین در ژئومورفولوژی و تکتونیک منطقه و فعالیت نسبی منطقه نقش بسزایی دارند. رودخانه‌ها و شبکه زهکشی از جمله مهم‌ترین عوارضی هستند که نسبت به تغییرات زمین‌ساختی بسیار حساس می‌باشد. با توجه به نقشه پهنه‌بندی فعالیت نسبی به دست آمده می‌توان گفت منطقه مورد مطالعه دارای فعالیت نسبی متوسط تا بسیار کم است.

واژه‌های کلیدی: زمین‌ساخت، شاخص‌های ژئومورفیک دشت زرین، گسل زراب، گسل زاگرس

پیشگفتار

بر این باورند که با دانستن این ارتباط می‌توان حوادث زمین‌ساختی را از طریق مطالعه اشکال و ناهمواری‌های سطح زمین تفسیر نمود. شاخص‌های ژئومورفیک ابزار مفیدی در ارزیابی نسبی فعالیت‌هایی زمین‌ساختی یک منطقه می‌باشند زیرا از آن‌ها می‌توان نرخ فعالیت زمین‌ساختی یک منطقه را به خوبی بررسی و ارزیابی نمود (هیررا، ۱۹۹۸). به عبارت دیگر شاخص‌هایی ژئومورفیک از ابزارهای مهم برای ارزیابی درجه فعالیت تکتونیک در یک ناحیه ویژه هستند. تمامی شاخص‌هایی ژئومورفیک تحت ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی سنگ‌ها قرار دارند. بنابراین اندازه‌گیری مستقیم و یا غیرمستقیم نشان‌دهنده ویژگی مذکور هستند (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۸). در این منطقه دو گسل زراب و گسل اصلی معکوس زاگرس رخنمون دارد. گسل اصلی معکوس زاگرس یک تغییر اساسی را در تاریخ رسوبگذاری، جغرافیایی دیرینه، ریخت زمین‌ساخت و فعالیت لرزه‌ای در دو سمت خود نشان می‌دهد. گسلی معکوس با شیب زیاد است و رخنمون پوسته اقیانوسی در

در علوم زمین واژه تکتونیک به ساختمان‌هایی تغییر شکل یافته و معماری خارجی‌ترین بخش زمین یعنی پوسته زمین و ارزیابی این عوارض و ساخت‌ها در طول زمین‌شناسی دارد (سلیمانی، ۱۳۸۷). ارزیابی ساختمان‌ها و لندفرم‌هایی زمین در طول تاریخ پیدایش آنها موضوع دانش تکتونیک ژئومورفولوژی می‌باشد (استنلی و همکاران، ۲۰۰۰). مورفوتکتونیک یا ریخت‌زمین‌شناختی^۱ به معنای دانش مطالعه اشکال و سیمای ایجاد شده در سطح زمین بر اثر فرآیندهایی تکتونیک (دورنکمپ، ۱۹۸۶) ریخت‌زمین‌ساخت را به دو روش تقسیم‌بندی کرده است: بخش اول آن به فعالیت‌های ساختاری پوسته زمین می‌پردازد که در طی ایزوستازی در کواترنر رخ می‌دهد. بخش دوم آن به نئوتکتونیک می‌پردازد که فرآیندهایی ایزوستازی پس از پلیستوسن را در بر می‌گیرد. (موریساوا و هاگ، ۱۹۸۵) ریخت زمین‌ساخت علم مشخص کننده رابطه بین زمین‌ساخت و عوارض سطحی زمین است. آن‌ها

¹ Tectonic Geomorphology

صفحه ایران سبب تشکیل و تحول ناهمواری زاگرس در راستای شمال غرب - جنوب شرق شده است. به علت وجود رورانگی‌ها، گسل‌ها و حرکات زمین‌ساختی فعال در پهنه برخوردی در منطقه زاگرس، بخش داخلی زاگرس را کمربند رانده یا زاگرس مرتفع می‌نامند (محجل و فرگوسن، ۲۰۱۴). کمربند زاگرس مرتفع باریکه‌ای از کمربند رانندگی زاگرس در جنوب باختر ایران است که عرض آن ۸۰ کیلومتر می‌رسد مرز شمالی این پهنه یک گسل معکوس بزرگ است که آن را گسل معکوس زاگرس نامیده‌اند. مرز جنوبی زاگرس مرتفع یک گسل رانندگی بزرگ است که گسل اصلی زاگرس مرتفع نام دارد (بربریان، ۱۹۹۵).

شهرستان کوه‌رنگ در کمربند زاگرس مرتفع قرار دارد، و این قسمت کمربند زاگرس مرتفع، یک کمربند رورانده باریک با راستای شمال غرب - جنوب شرق بین گسل اصلی زاگرس در شمال شرق و زون گسل و زون گسل خورده زاگرس مرتفع قرار دارد (محجل و همکاران، ۲۰۰۳). شهرستان کوه‌رنگ در کمربند زاگرس بالاترین میزان فرازش در زاگرس را داشته است و به شدت توسط گسل‌های معکوس متعدد بریده شده است و به سوی جنوب غربی سفره‌ی رانندگی را به وجود آورده است، وجود رانندگی‌های متعدد، سنگ‌های دگرگونی، افیولیت‌ها و رادیولاریت‌ها از مشخصات بارز این بخش از زاگرس است (میلیارز، ۲۰۰۱). علی‌رغم این که شهرستان کوه‌رنگ به طور جزئی در واحد سنندج - سیرجان قرار گرفته از نظر ساختاری تحت تاثیر زاگرس می‌باشد. رژیم غالب گسلی در ناحیه، سیستم فشاری است که به دو صورت گسل‌های رانندگی و گسل‌های معکوس با شیب زیاد ظاهر شده‌اند. علاوه بر این تعدادی گسل فرعی با ساز و کار عادی و راستالغز نیز رخنمون دارند (بربریان، ۱۹۹۵). در زاگرس مرتفع جنبش گسل‌های لرزه‌زا در ژرفا (۱۰ بیش از کیلومتر) به وسیله لایه‌های دارند و گسل‌های مدفون همگی حاکی از ناهمخوانی کامل بین لرزه‌خیزی و سیمای زمین‌ساختی در تصویر پذیر پوشش رسوبی فانروزوئیک زاگرس (مانند سازندهای هرمز، دالان، دشتک، انیدریت اداپا، گوتنیا و هیث، کشکان، ساچون، کهر و گچساران) جذب می‌شوند، و در نتیجه گسلش روی زمین رخ می‌دهند (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱). منطقه مورد مطالعه در بین گسل اصلی زاگرس و گسل زراب که هر با روند شمال غرب - جنوب شرق می‌باشند، قرار دارد. بیشترین ارتفاع

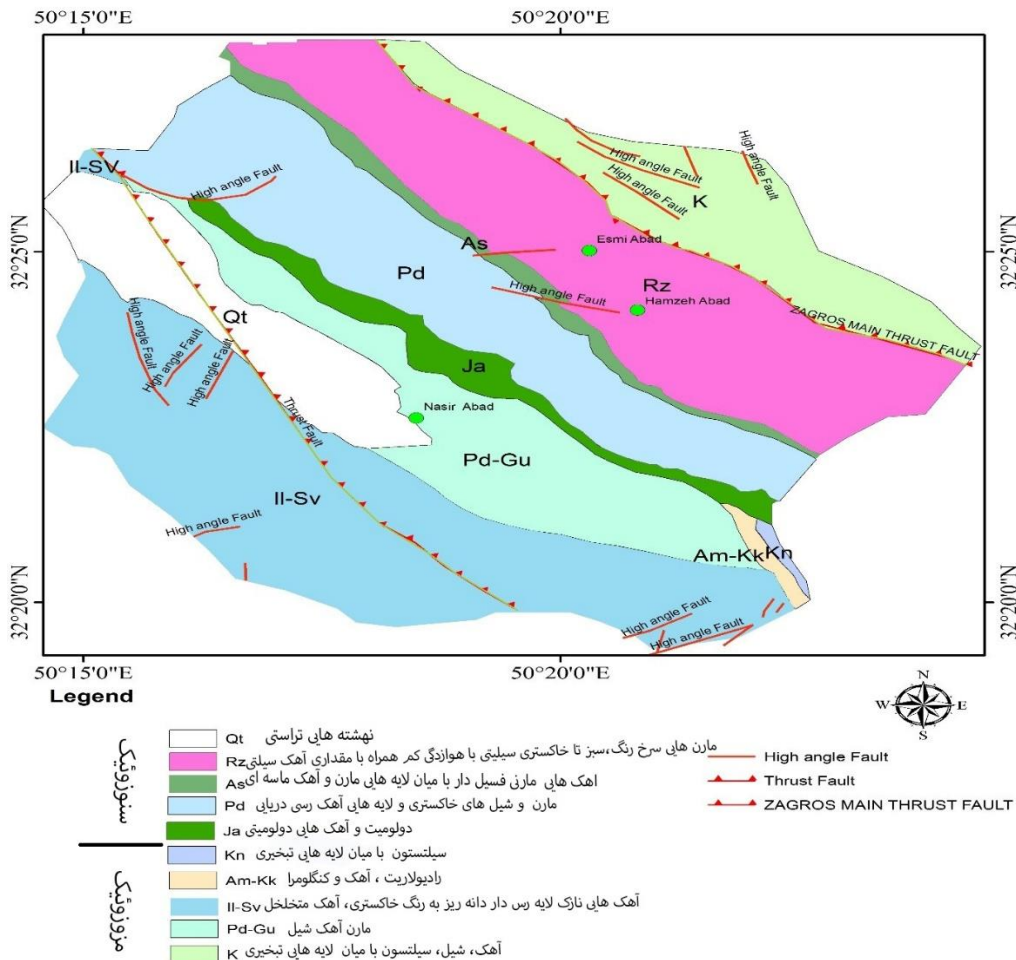
نواحی نیریز، کرمانشاه و تاروس ترکیه در امتداد این گسل حاکی از آن است که گسل زاگرس مرز برخورد قاره - قاره حاشیه فعال ورق ایران مرکزی در شمال خاور و حاشیه غیرفعال ورق آفریقایی - عربی در جنوب باختر می‌باشد. (بربریان، ۱۹۹۵). گسل زاگرس اثر چشمگیری در لرزه‌خیزی ایران دارد و در حال حاضر، به ویژه بخش شمال باختری آن و یا گسل‌های منطبق بر این پهنه شکستگی، فعالیت جوان داشته و لرزه‌خیزی تاریخی و ثبت شده دارند. راستای گسل زاگرس از مرز ترکیه تا خاور حاجی‌آباد بندرعباس، شمال باختری - جنوب خاوری (N130E) است (آقانباتی، ۱۳۷۹). گسل زراب یک گسل تراستی با شیب صفحه گسلی به سمت شمال خاوری می‌باشد. جابه‌جایی این گسل موجب شکل‌گیری پلژه لاغرک و فروافتادگی دشت زرین شده است. طول این گسل در حدود ۳۰ کیلومتر بوده و از جمله گسل‌هایی مهم و بزرگ منطقه می‌باشد. چشمه‌هایی موجود در دشت زرین در کنتاکت گسلی بین آهک‌های کرتاسه زیرین و مارن‌های کرتاسه بالایی به وجود آمده‌اند (مهندسیین مشاور پدیدآب، ۱۳۸۸). در منطقه مورد مطالعه داویدیان و همکاران (۱۳۹۲) ارزیابی ویژگی‌های مورفوتکتونیک رودخانه زاینده‌رود در شمال شرقی استان چهارمحال و بختیاری، تحلیلی بر آنومالی‌های مورفوتکتونیک و ارتباط آن با تغییر ساختارهایی تکتونیک پهنه زاگرس مرتفع و کمربند سنندج - سیرجان انجام داده‌اند. ولی در منطقه مورد مطالعه تاکنون مطالعه مورفوتکتونیک انجام نشده است. بنابراین هدف از این مطالعه خواهد بود تکتونیک فعال با استفاده از شاخص‌هایی ژئومورفیک در منطقه دشت زرین تا چوبین (حد فاصل گسل زراب و گسل اصلی معکوس زاگرس)، استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد.

جایگاه ساختاری زاگرس و منطقه مورد مطالعه

کوه‌زاد زاگرس از سه کمربند تشکیل شده است: ۱. کمربند چین‌خورده و رانده زاگرس که شامل کمربند چین‌خورده ساده خارجی و کمربند زاگرس مرتفع است ۲. کمربند زمین‌درز زاگرس که شامل ورقه‌های رانده رادیولاریت، آهک بیستون و افیولیت است. ۳. پهنه سنندج - سیرجان که شامل سنگ‌های دگرگون شده می‌باشد (محجل و فرگوسن، ۲۰۱۴). فروانش به سمت شمال شرقی نتوتتیس به زیر پلاتفرم ایرانی و رانده‌شدن صفحه عربی بر روی

چشمه‌های فراوانی از زمین می‌جوشند، که همگی چشمه‌هایی خطی می‌باشند که نشان از نقش فعالیت گسل‌های در تکتونیک منطقه دارد. منطقه مورد مطالعه در جنوب باختری کشور و در باختر استان چهارمحال و بختیاری، در قسمت مرکزی شهرستان کوهرنگ می‌باشد (شکل ۱). در این منطقه مخروط‌افکنه‌های بزرگی در کوهپایه زرآب دیده می‌شود. سازندهایی زمین‌شناسی در منطقه از جوان‌ترین به قدیمی‌ترین سازند به ترتیب کواترنری، رازک، آسماری، پابده، پابده، گوری، ایلام، سروک، گرو و فراقان می‌باشند. گسل زرآب با روند شمال غرب - جنوب شرق از کوهپایه زرآب و دشت زرین عبور کرده و باعث تغییرات و انحراف آبراهه در منطقه شده است. بهترین راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه جاده اصلی آسفالتی شهرکرد به شهرستان کوهرنگ می‌باشد که از منطقه مورد مطالعه عبور می‌نماید (شکل ۱).

قله‌های زرآب با ارتفاع ۳۵۷۰ متر دارا می‌باشند که سازند ایلام- سروک به سن کرتاسه می‌باشند. دشت زرین در بین گسل‌های لاغرک، گسل زرآب، گسل کوهرنگ، گسل دهنو، گسل اصلی زاگرس قرار دارد که عملکرد همین گسل‌ها باعث کشیدگی و افتادگی دشت زرین شده است. دو رودخانه بزرگ از این منطقه سرچشمه می‌گیرند از جمله این رودخانه‌ها بزرگ نعل اشکنان و دشت زرین می‌باشد که به حوضه آبریز سد زاینده رود منتهی می‌شوند. رودخانه‌های موجود باعث فرسایش و کم ارتفاع شدن منطقه نیز شده است. شکستگی‌های فراوانی در ارتفاعات زرآب دیده می‌شوند، گسل‌های بزرگ، گسل معکوس زاگرس و گسل زرآب، گسل نعل‌اشکنان می‌باشند، گسل زرآب باعث به وجود آمدن قله‌هایی زرآب شده است که به صورت‌های زنجیره‌ای دیده می‌شوند. قله‌هایی چوبین نیز به صورت زنجیره‌ای در شمال شرقی شهرک میهه، گردو علیا دیده می‌شوند. در منطقه مورد مطالعه بیشتر



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی واحدهای ساختمانی کمر بند کوهزایی زاگرس (شبانیان و همکاران، ۲۰۱۸)، نقشه منطقه مورد مطالعه اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ باباجیدر، شرکت ملی نفت، مدیریت اکتشاف.

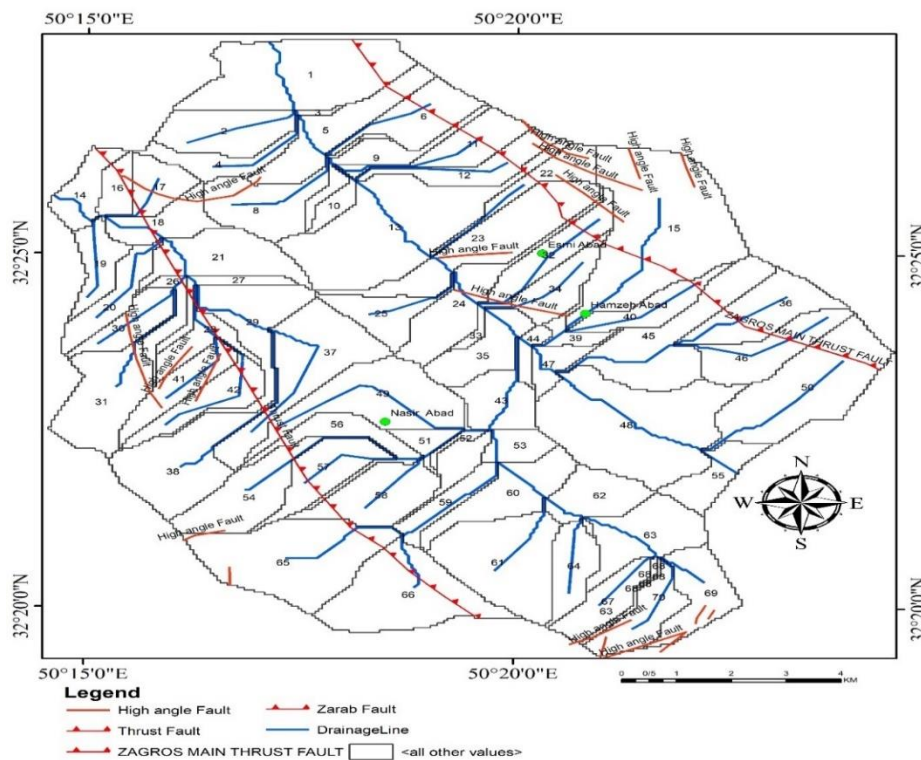
مواد و روش‌ها

کلاس ۲: $0.5 > Hi \geq 0.4$ بیانگر توپوگرافی بالغ و مقادیر عددی کم و کلاس ۳: $0.4 > Hi$ بیانگر توپوگرافی پیر می‌باشد. منحنی هیپسومتریک توزیع ارتفاعات در راستای عمود بر یک ناحیه از زمین مثلا حوضه زهکشی را توصیف می‌کند. این منحنی با پیاده نمودن نسبت ارتفاع کل حوضه (ارتفاع نسبی) در مقابل نسبت مساحت کل حوضه ترسیم می‌گردد. منحنی‌های هیپسومتریک یک حوضه زهکشی به عنوان ابزاری جهت دست یافتن به مراحل توسعه ژئومورفیک ناشی از فرآیندهای هم‌زمان زمین‌ساخت و برهنه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند (شوتبر و همکاران، ۲۰۰۷). در منطقه مورد مطالعه ۱۲ حوضه آن در کلاس ۱ دارای فعالیت نوزمین‌ساختی فعال، ۱۰ حوضه آن دارای فعالیت نوزمین‌ساختی متوسط و ۴۸ حوضه آن دارای فعالیت نوزمین‌ساختی کم می‌باشند (شکل ۴). بیشترین توپوگرافی و ارتفاع مربوط به قله‌های زرآب و چوبین ارتفاعات بین دشت زرین و نعل اشکنان می‌باشند. این ارتفاعات متأثر از گسل‌های منطقه نیز می‌باشند ارتفاع پلکانی در منطقه مورد مطالعه که از ارتفاع کم تا ارتفاعات چوبین می‌باشند. صحرائی دشت زرین دارای فعالیت کم شاخص می‌باشد. در بین ارتفاعات رودخانه نعل اشکنان نیز در جریان می‌باشد (شکل ۳).

در این پژوهش به منظور ارزیابی فعالیت نوزمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ شهرکرد، و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ باباحیدر موقعیت منطقه مورد مطالعه مشخص شد. سپس با استفاده از داده‌های این نقشه‌ها که به صورت داده‌های پایه نرم‌افزار GIS، شبکه زهکشی، مدل رقومی ارتفاع (DEM)، منطقه مورد مطالعه به عنوان داده ارتفاعی پایه مورد استفاده قرار گرفت. در مراحل بعدی با استفاده از تکنیک‌های نرم‌افزاری و نوارابزار Archydro، ۷۰ حوضه برای منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد (شکل ۲). سپس با توجه به ویژگی‌های منطقه، شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)، شاخص انتگرال هیپسومتری (Hi)، شاخص گرادیان رودخانه (SL)، شاخص سینوسیته جبهه کوهستان (Smf)، شاخص فعالیت نسبی (Iat)، برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شد و برای نتایج حاصل از هر شاخص نقشه‌ای تعیین شد. شاخص انتگرال هیپسومتری Hi بیانگر توزیع مساحت ارتفاعات متفاوت است (استرالر، ۱۹۵۲) و از رابطه زیر به دست می‌آیند:

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

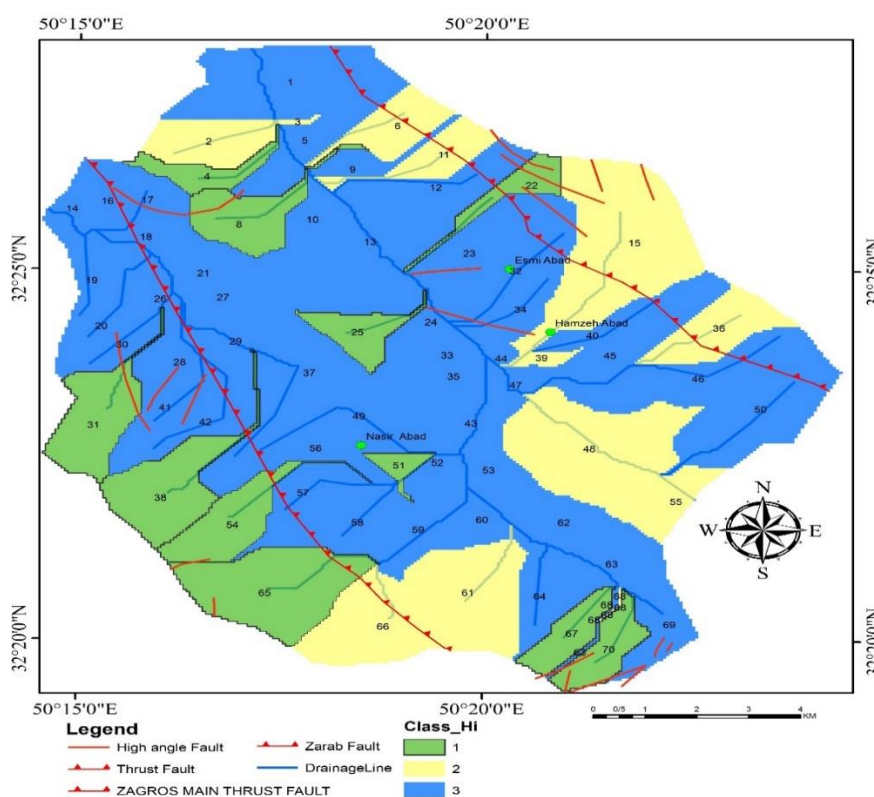
(پیک و ویلسون، ۱۹۷۱؛ مایر، ۱۹۹۰؛ کلیور و پینتر، ۲۰۰۲) که مقادیر کلاس ۱: $Hi > 0.5$ ؛ بیانگر توپوگرافی جوان و



شکل ۲. نقشه حوضه‌بندی، آبراهه‌ها و گسل‌های منطقه مورد مطالعه



شکل ۳. ارتفاعات پلکانی منطقه مورد مطالعه که از نظر شاخص انتگرال هیسومتری H_i دارای فعالیت متفاوت می‌باشند. دید عکس به سمت جنوب شرق.



شکل ۴. نقشه شاخص انتگرال هیسومتری H_i محاسبه شده در منطقه مورد مطالعه

$$Af = Ar/At * 100$$

در این فرمول Af شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی، Ar مساحت حوضه در برگزیده زهکشی‌های فرعی در سمت راست آبراهه اصلی (دید به سمت پایین دست آبراهه) و At مقادیر مساحت کل حوضه در برگزیده زهکشی‌های فرعی سمت چپ و راست آبراهه اصلی می‌باشد. بر اساس محاسبه (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸) این شاخص به سه قسمت تقسیم شده است. کلاس ۱: حوضه نامتقارن، $Af < 35$ و کلاس ۲: حوضه نیمه‌متقارن $35 \leq Af < 43$ و

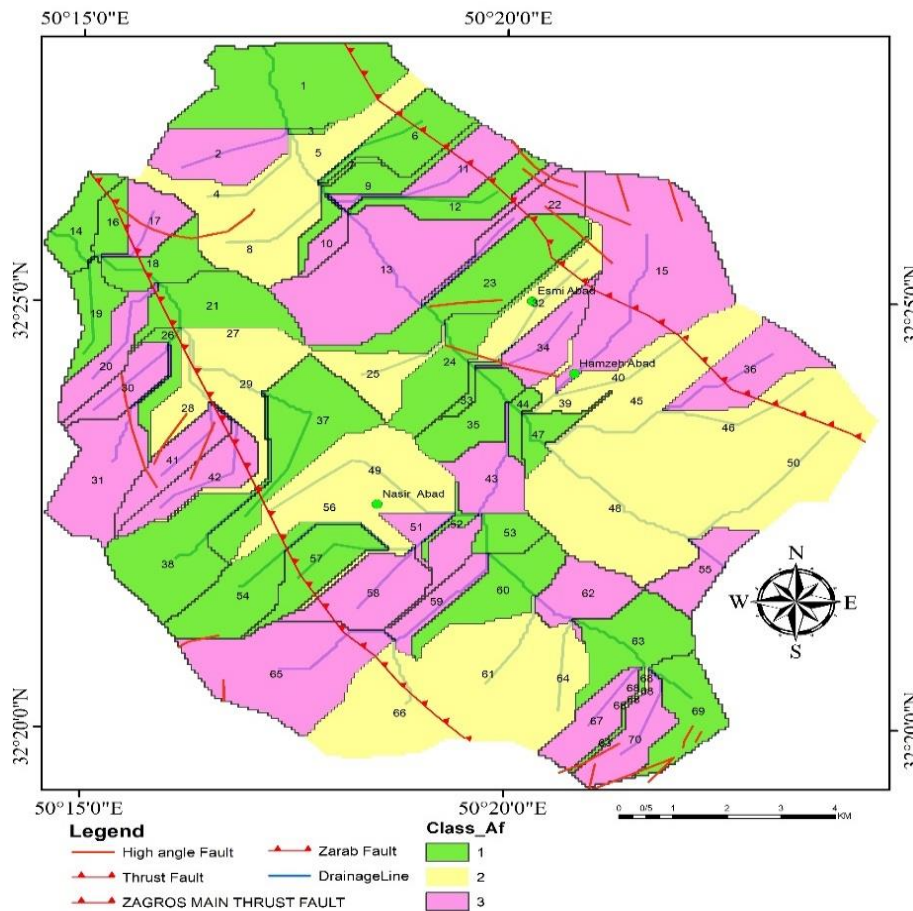
شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی Af (آبراهه) می‌تواند کج‌شدگی ناشی از تکنیک را در مقیاس یک حوضه یک منطقه وسیع را نشان می‌دهد (کلیر و پینتر، ۲۰۰۲). عامل تقارن یا فاکتور عدم تقارن می‌تواند کج‌شدگی زمین‌ساختی حوضه زهکشی را در مقیاس‌های بزرگ نشان دهد. باید توجه داشت که کارایی این شاخص در مواردی است که جهت کج‌شدگی بر مسیر جریان رود اصلی عمود باشد. این شاخص بر اساس روابط زیر محاسبه می‌گردد (کلیر و پینتر، ۱۹۹۶).

حوضه آن در کلاس ۲ قرار گرفته‌اند؛ ۲۵ حوضه آن در کلاس ۳ و دارای فعالیت نوزمین‌ساختی کم، که بیشترین ارتفاع را در منطقه دارند، جنس سنگ‌هایی آن‌ها بیشتر آهکی هستند و کمتر تغییر پیدا می‌کنند (شکل ۶). در تنگه دشت زرین حوضه‌هایی با فعالیت نسبی متفاوت می‌باشند که رودخانه نعل‌اشکنان و رسوبات رودخانه‌ای و مخروط افکنه‌ایی در فعالیت آن‌ها تاثیرگذار می‌باشد (شکل ۵).



شکل ۵. این تصویر نشان‌دهنده مقدار متفاوت فعالیت شاخص Af در تنگه دشت زرین. دید عکس به سمت شمال شرق

کلاس ۳: $57 \leq Af < 65$. حوضه متقارن $43 \leq Af < 57$ می‌باشد. بر اساس محاسبات به عمل آمده در خصوص منطقه مورد مطالعه، تعداد ۲۶ حوضه آن در کلاس ۱ و دارای حوضه‌های نامتقارن و فعال می‌باشند. در اطراف رودخانه‌هایی نعل‌اشکنان، حوضه سد خاکی نصیرآباد، به دلیل مقادیر بالای آب، مخروط‌افکنه‌ها و رسوبات، اکثر حوضه تغییر و تحت تاثیر آب و غسل زراب قرار گرفته است. تعداد ۱۹



شکل ۶. نقشه محاسبه شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی Af در منطقه مورد مطالعه

Smf: سینوسیته جبهه کوهستان، Lmf: طول جبهه کوهستان در محل بین کوهستان و کوهپایه، Ls: طول مستقیم کوهستان می‌باشد. که در آن کلاس ۱: $Smf < 1.1$ جبهه کوهستان بسیار فعال، کلاس ۲: $1.1 \leq Smf < 1.5$ جبهه کوهستانی فعال و کلاس ۳: $Smf \geq 1.5$ جبهه‌های کوهستانی با فعالیت کم یا آرام می‌باشد. جبهه‌های کوهستان که با افزایش فعال همراهند تقریباً شکل مستقیم را بر روی نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی به نمایش می‌گذارند (شکل ۹) و در صورتی که حرکات تکتونیکی کم باشند. فرآیندهای فرسایشی باعث ایجاد جبهه کوهستانی نامنظم و سینوسی شکل می‌شوند. عدد این شاخص در منطقه مورد مطالعه نمایانگر جبهه کوهستانی با فعالیت تکتونیکی بالا به ۱ بسیار نزدیک است و کمتر از ۱.۴ نشان‌دهنده یک جبهه کوهستانی فعال می‌باشند (کلیر و پینتر، ۱۹۹۶) (شکل ۱۰).

در این پژوهش تعداد ۳۴ حوضه آن دارای پیچش کوهستانی بالا می‌باشند، که در ارتفاعات دشت زرین پیچش کوهستان به صورت خطی دیده می‌شود. ۳۶ حوضه آن فعالیت بسیار کم دارند (داده‌ای به دست نیامد) (شکل ۱۰). حوضه‌هایی دور از پیچش کوهستان و زمین‌های مسطحی دشت زرین، و حاشیه‌های رودخانه نعل‌اشکنان می‌باشند. در این منطقه پیچش کوهستانی و فعالی را در دشت زرین قابل مشاهده است که به صورت خطی در منطقه دیده می‌شود. قسمت دوم در راستای گسل اصلی زاگرس ارتفاعات چوبین را که به صورت خطی و فعال دیده می‌شود.

شاخص Iat فعالیت نسبی دال بر ریخت زمین‌ساختی می‌باشد که علاوه بر انعکاس وضعیت زمین‌ساختی منطقه، تحت تاثیر وضعیت آب و هوایی، ساختار مقاومت و جنس سنگ‌های منطقه نیز قرار می‌گیرند. لذا نمی‌توان حد و مرز مشخصی برای شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی جهت ارائه یک طبقه‌بندی دقیق برای فعالیت زمین‌ساختی تعیین نمود (کلیر و پینتر، ۱۹۹۶). طبق تقسیم‌بندی (همدون و همکاران، ۲۰۰۸) به چهار رده تقسیم‌بندی شده که شامل کلاس ۱: $1 \leq Iat < 1.5$ دارای فعالیت نوزمین‌ساختی بسیار بالا، کلاس ۲: $1.5 \leq Iat < 2$ دارای فعالیت نوزمین‌ساختی بالا، کلاس ۳: $2 \leq Iat < 2.5$ دارای فعالیت نوزمین‌ساختی متوسط، کلاس ۴: $2.5 \leq Iat$ دارای فعالیت نوزمین‌ساختی کم می‌باشد. در این پژوهش ۳ حوضه از منطقه مورد مطالعه

شاخص SL گرادیان رودخانه نسبت به تغییرات گرادیان رودخانه حساس است. پس یک روش مفید برای پی بردن به نحوه عملکرد و جابجایی ناشی از نیروهای زمین‌ساخت است (چن و همکاران، ۲۰۰۳). این شاخص ابتدا به وسیله (هاک، ۱۹۷۳) در مطالعه نقش مقاومت سنگ‌ها بر جریان آب در کوه‌های آپالاش در جنوب شرقی آمریکا به صورت رابطه زیر تعریف شده‌است.

$$SI = \Delta H / \Delta L * L$$

در این فرمول SL: شاخص گرادیان رودخانه، $\Delta H / \Delta L$: رود محلی گرادیان و L: طول کل رودخانه می‌باشد. با استفاده از طبقه‌بندی (همدون و همکاران، ۲۰۰۷) شاخص SL به سه کلاس طبقه‌بندی شده است. کلاس ۱: $SL > 500$ دارای حرکات نوزمین‌ساختی شدید، کلاس ۲: $300 > SL > 500$ دارای حرکات نوزمین‌ساختی متوسط و کلاس ۳: $300 > SL$ دارای حرکات نوزمین‌ساختی کم می‌باشد. مقادیر پایین ناهنجاری SL در دره‌های خطی گسل‌های امتدادلغز ممکن است نشان‌دهنده فعالیت تکتونیکی باشد زیرا سنگ‌ها کف دره به خاطر حرکات گسلی و جریان رودخانه خرد می‌شوند (کلیر و پینتر، ۲۰۰۲). مقدار عددی شاخص SL به قدرت رودخانه بستگی دارد. این شاخص نسبت به میزان مقاومت سنگ‌ها حساس است و تفکیک اثرات ناشی از تکتونیک فعال و مقاومت سنگ‌ها مشکل است. بالا بودن مقدار این شاخص نشان‌دهنده مناطق با فعالیت تکتونیکی بالا و قدرت فرسایشی شدید آبراهه و مقدار پایین آن، مناطق با فعالیت کم را نشان می‌دهد. در منطقه مورد مطالعه کلاس ۱ و فعالیت بالایی دیده نشد، ۱ حوضه آن دارای فعالیت نوزمین‌ساختی متوسط، ۳۳ حوضه آن دارای فعالیت نوزمین‌ساختی کم هستند، ۳۶ حوضه آن داده‌ای بدست نیامد یا دارای فعالیت نوزمین‌ساختی بسیار کم هستند (شکل ۸). مقدار عددی شاخص SL در حوضه رودخانه‌های نعل‌اشکنان، دشت زرین به علت فرسایش شدید و حمل شدن رسوبات آبرفتی و مخروط‌افکنه‌ای به شدت کاهش یافته است (شکل ۷). دید عکس به سمت غرب است. تاثیر رسوبات رودخانه‌ای، در مقدار شاخص SL مقدار فعالیت کم تا بسیار کم دارد.

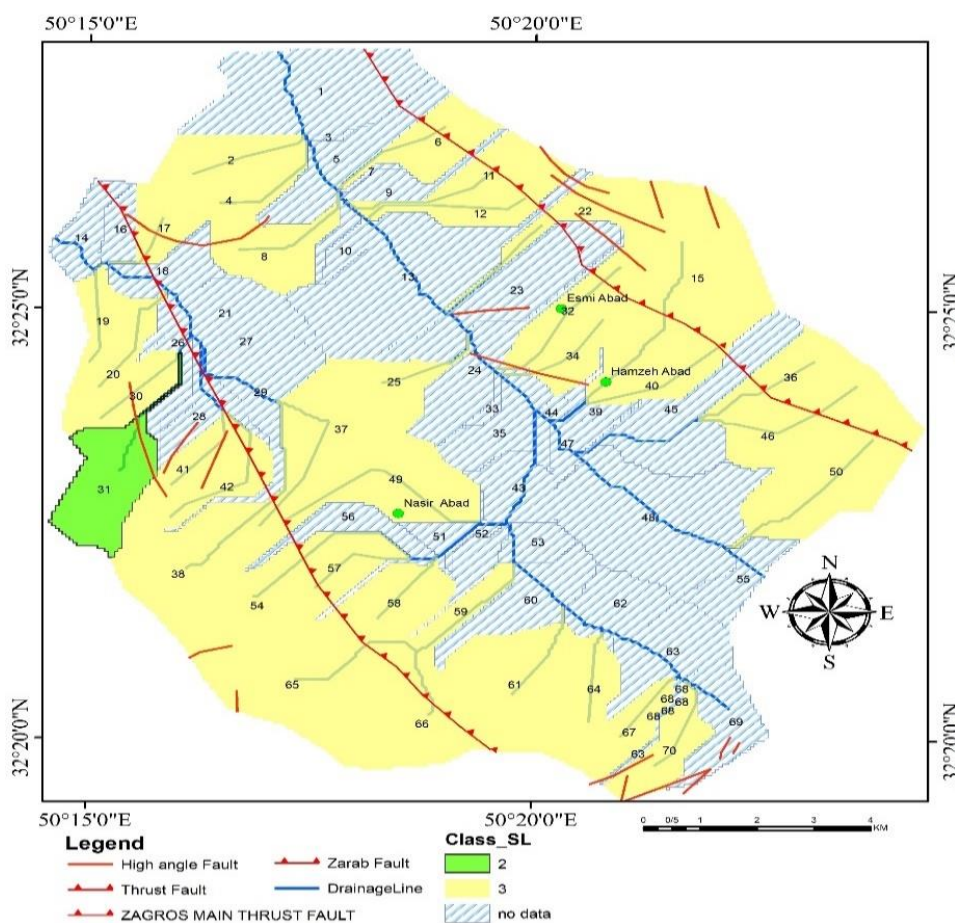
شاخص سینوسیته جبهه (پیشانی) کوهستان Smf (بول و مکفادن، ۱۹۷۷؛ بول، ۱۹۷۸) شاخص سینوسیته جبهه کوهستان را به صورت رابطه زیر معرفی کرده‌اند که از طریق فرمول $Smf = Lmf / Ls$ بدست می‌آید. در این فرمول

آن دارای فعالیت نوزمین‌ساختی بسیار کم هستند (شکل ۱۱). حوضه‌هایی با فعالیت‌های متفاوت در منطقه مورد مطالعه دیده می‌شوند. ولی اکثر حوضه‌هایی منطقه دارای فعالیت متوسط، کم تا بسیار کم نوزمین‌ساختی می‌باشند.

دارای فعالیت نوزمین‌ساختی بسیار فعال هستند. ۱ حوضه دارای فعالیت بسیار بالایی نوزمین‌ساختی، ۷ حوضه آن دارای فعالیت نوزمین‌ساختی فعال هستند، ۴۴ حوضه آن دارای فعالیت نوزمین‌ساختی متوسط هستند. ۱۸ حوضه



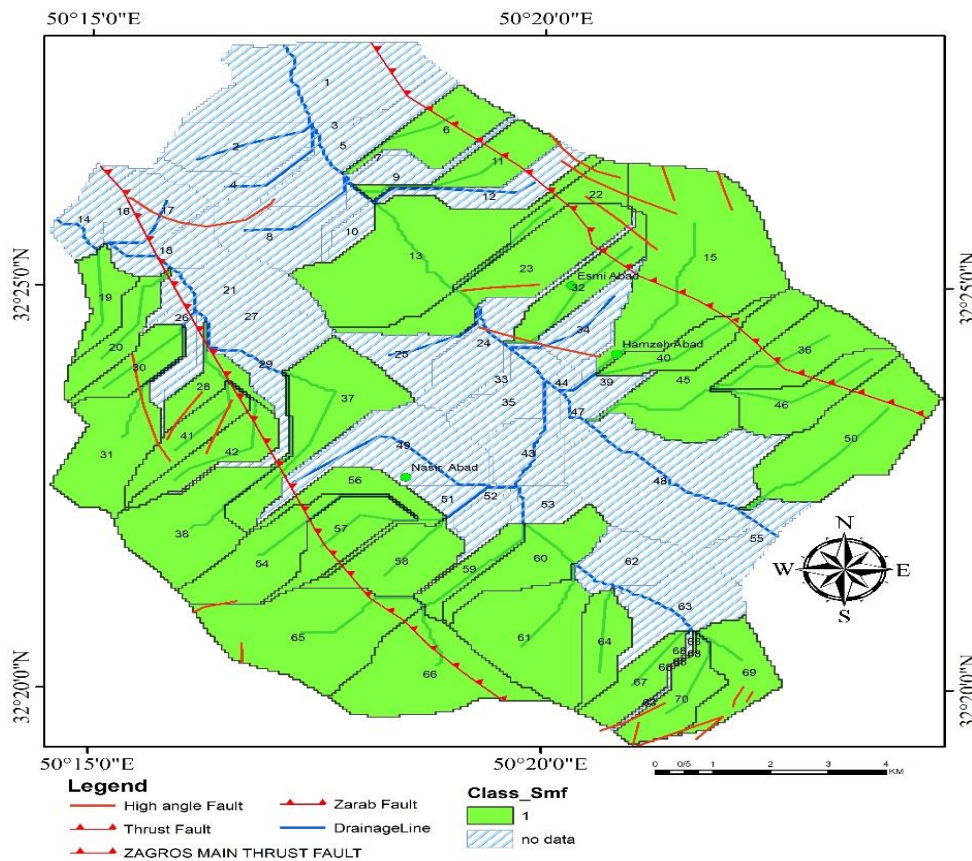
شکل ۷. رسوبات رودخانه‌ای و در ادامه مخروط‌افکنه‌ای در مسیر رودخانه نعل‌اشکنان و در ادامه عملکرد کم تا بسیار کم شاخص SL. دید عکس به سمت جنوب غرب



شکل ۸. نقشه محاسبه شاخص گرادیان رودخانه SL در منطقه مورد مطالعه



شکل ۹. پیش کوهستان فعال در منطقه دشت زرین که نشان فعالیت بالایی شاخص Smf دارد. دید عکس به سمت جنوب غرب.



شکل ۱۰. نقشه شاخص سینوسیته پیشانی کوهستان Smf محاسبه شده در منطقه مورد مطالعه.

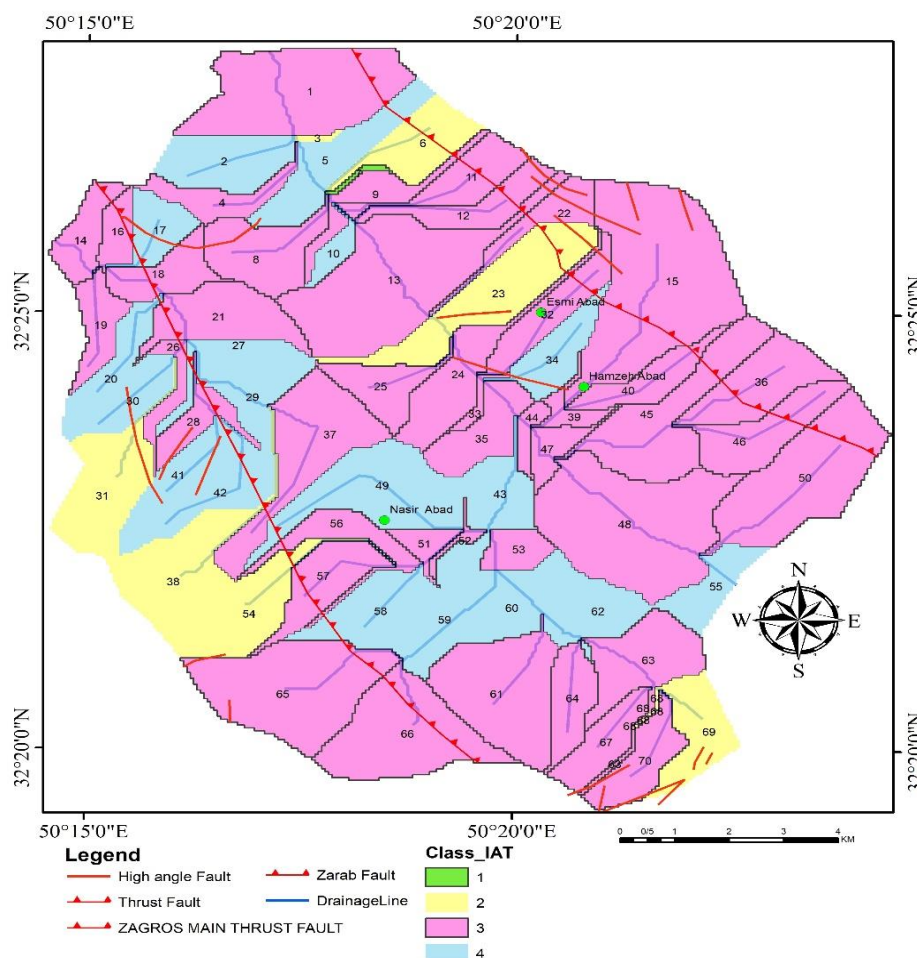
فعال نسبی (Iat) استفاده شد. شاخص سینوسیته جبهه کوهستان فعالیت بالایی را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. این داده‌ها دال بر وجود شواهد نوزمین‌ساختی تکتونیک فعال در دشت زرین و نعل‌اشکنان تحت تاثیر فرآیندهایی از جمله جریان داشتن آب دو رودخانه بزرگ دشت زرین، نعل‌اشکنان و فعالیت گسل‌هایی نظیر گسل

نتیجه‌گیری

برای تعیین فعالیت نوزمین‌ساختی نسبی منطقه بین گسل اصلی معکوس زاگرس و گسل زرآب از شاخص‌هایی ریخت زمین‌ساختی انتگرال هیپستومتری (Hi)، عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)، گردایان - طول رودخانه (SL)، سینوسیته جبهه کوهستان (Smf)، شاخص زمین‌ساخت

در بین گسل‌های زرآب، گسل اصلی زاگرس و در ادامه گسل دهنو با دشت زرین کشیده شده است و در بین ارتفاعات پایین افتاده است. حوضه‌های متفاوت با فعالیت نسبی فعال، نیمه‌فعال و فعالیت کم از نظر مکانی در منطقه پراکنده می‌باشند. بطور کلی منطقه دارای فعالیت متوسط تا کم می‌باشد.

معکوس اصلی زاگرس و گسل زرآب می‌باشد. بیشترین ارتفاع را قله‌های زرآب، کوه چوبین و کوه‌های بین دشت زرین و نعل‌اشکنان تشکیل می‌دهند. رسوبات آبرفتی و مخروط‌افکنه‌ای در حاشیه رودخانه‌ها و در تنگه‌های روان آب‌هایی دشت زرین تاثیر بسزایی در ژئومورفولوژی و تکتونیک منطقه دارد. حضور چشمه‌های بزرگ و خطی نیز نشان از فعالیت‌هایی گسلی در منطقه می‌باشد. دشت زرین



شکل ۱۱. نقشه شاخص فعالیت نسبی Iat محاسبه شده در منطقه مورد مطالعه

و مورفوتکتونیک مجله علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، سال نهم، شماره ۲، ص ۲۳-۵۰.
 سلیمانی، شهریار (۱۳۸۷) در شناسایی حرکات تکتونیکی فعال و جوان (با نگرشی بر مقدمات دیرینه لرزه‌شناسی). مجله پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله شماره ۱۱، ص ۷۸-۹۹.
 مهندسین مشاور پدیدآب (۱۳۸۸) طرح انتقال آب از رودخانه نصیرآباد به اراضی دشت زرین، جلد هشتم، ژئوتکتونیک و مصالح قرضه، سازمان آب منطقه‌ای چهارمحال و بختیاری.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از داوران محترم و سردبیر و هیات تحریریه مجله یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

آقاناتی، ع (۱۳۷۹) زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف کشور ۵۸۶ ص.
 بیانی خطیبی، م (۱۳۸۸) تشخیص فعالیت‌هایی نئوتکتونیکی در حوضه آبریز قرنق‌چای با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک

- Morisawa, M., and Hack, J. T (1985) Tectonic Geomorphology: Proceeding of the 15th Annual Binghamton Geomorphology Symposium, September 1984. Allen and Unwin. p, 390.
- Pike, R. J., Wilson, S. E (1971) Elevation-relief ratio, hypsometric integral and geomorphic area-altitude analysis. Geological Society of America Bulletin, 82: 1079-1084.
- Keller, Edward, A., Pinter, Nicholas (1996) Active tectonics; Prentice Hall publisher, New jersey.
- Keller, E. A. Gurrola, L. Tierney, T. E (2002) Geomorphic criteria to determine direction of lateral propagation of reverse faulting and folding. Geology, 27 (6): 515-518.
- Keller, E. A. and Pinter, N (2002) Active Tectonics; Earthquakes, Uplift and Landscape, second ed. Prentice Hall, NJ. P 362.
- Shtober-Zisu, N., Greenbaum, N., Inbar, M., Flexer, A (2007) Morphometric and geomorphic approaches for assessment of tectonic activity, Dead Sea Rift (Israel). Geomorphology, 102: 93-104.
- Strahler, A. N (1952) Hypsometric(area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin, 63: 1117-1114.
- Stanley, A., Schumm, Jean, F., document and John M. Holbrook (2000) Active Tectonic and Alluvial Rivers. Cambridge university press.
- Berberian, M., and King, G. C. P (1981) Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Journal of Earth Sciences, 18(2): 210-265.
- Berberian, M (1995) Master blind thrust fault hidden under Zagros fold: active basement tectonics and surface morphotectonic", Tectonophysics, 241 (3-4):193-195.
- Bull, W. B. and 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, and Binghamton, 115-138.
- Bull, W. B (1978) Geomorphic tectonic classes of the south front of the san Gabriel Mountains, California, U.S. Geol. Survey, Contract Rep.59p.
- Chen, Y. C., Sung., Q., Cheng, K. Y (2003) Along-strike variation of morphotectonic features in the Western Foothills of Taiwan: tectonic implication based on stream-gradient and hypsometric analysis. Geomorphology, 56: 109-137.
- Doornkamp, J. C (1986) Geomorphological approaches to the study of neotectonics. Journal of the geological society, 143(2): 335-342.
- El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller, E. A (2007) Assessment of relative tectonics, southwest border of Sierra Nevada (Southern Spain) Geomorphology, 96: 150-173.
- El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacan, J., Keller, E. A (2008) (Assessment of relative active tectonics, southwest border of Sierra Nevada (southern Spain), Geomorphology, 96: 150-173.
- Hack, J. T (1973) Stream-profile analysis and stream-gradient index, U. S. Geological Survey Journal of Research, 1: 421-429.
- Herrera, M. T (1998) Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt. Earth Surface Processes and Landform, 23: 317-332.
- Mayer, L (1990) Introduction to Quantitative Geomorphology, Prentice Hall.
- Miliarese, G (2001) Geomorphometric mapping of Zagros Ranges at regional scale, computers and Geo Sciences, 27: 775-785
- Mohajjel, M., Fergusson, C. L., Sahandi, M. R (2003) Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan Zone, western Iran: Journal of Asian Earth Sciences, 21: 937-412.
- Mohajjel, M. and Fergusson, C. L (2014) Jurassic to Cenozoic tectonics of the zagros orogen in northwestern Iran. International Geology Review, 56(3): 263-287.

Active tectonic evidence using geomorphic indexes in Dasht e Zarrin to Choobin area (between Zarab fault and Zagros main reverse fault), Chaharmahal and Bakhtiari province

G. H. Khodadadi¹ and M. Ahankoub^{*2}

1-M. Sc., Dept., of Geology, Bu Ali Sina University, Hamadan, Iran

2- Assist. Prof., Dept., of Geology, Payame Noor University, Iran

* m.ahankoub@pnu.ac.ir

Received: 2021/10/13 Accepted: 2022/1/1

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the tectonic activity of the region between Zarab fault and Zagros main reverse fault (using geomorphic indexes). There are two main reverse Zagros faults and Zarab fault in this region. Hypostometric integral index (Hi), asymmetry drainage basin index (Af), Stream length-gradient index (SL), mountain front sinuosity index (S_{mf}) and relative activity tectonic index (I_{at}) were used. The results show that the values of geomorphic indexes and geomorphic evidence indicate different relative activity in some parts of the region. Zarab faults and the main inverse Zagros fault of alluvial and alluvial sediments as well as large rivers of Nal Ashkanan and Dasht e Zarrin play an important role in the geomorphology and tectonics of the region and the relative activity of the region. Rivers and drainage networks are among the most important features that are very sensitive to tectonic change. According to the obtained relative activity zoning map, it can be said that the study area has moderate to very low relative activity.

Keywords: Tectonics, Geomorphic indices, Dasht e Zarin, Zarab fault, Zagros fault