

تکتونیک فعال در منطقه‌ی اقلید،

کاربرد مدل رقومی سرزمینی (DTM) در مورفوتکتونیک

رامین ارفعیا

گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، rarfania@googlemail.com

دریافت: ۸۹/۲/۲۰؛ دریافت اصلاح شده: ۸۹/۵/۱۰؛ پذیرش: ۸۹/۶/۳۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۰/۴/۳۰

چکیده

به منظور تحلیل فعالیت تکتونیکی منطقه اقلید در حد فاصل شمال شرق گسل آباده تا جنوب غرب گسل اصلی زاگرس، با استفاده از داده‌های مدل رقومی سرزمینی و بررسی‌های مورفوتکتونیکی، شاخصه‌ی پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان و نسبت‌های زمین‌ریختی دره‌ها تعیین گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، در غالب موارد شاخصه‌ی پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان، نشان دهنده‌ی تکتونیک فعال و نیمه فعال در این منطقه می‌باشد. حداقل فعالیت تکتونیکی در شمال شرق گسل آباده و حداکثر فعالیت تکتونیکی در شمال شرق گسل اصلی زاگرس، در حوالی گسل اقلید قابل مشاهده است. فعالیت تکتونیکی در جنوب غرب گسل اصلی زاگرس در حد متوسط ارزیابی می‌شود. مقادیر محاسبه شده برای نسبت‌های زمین‌ریختی دره نیز در غالب موارد نشان دهنده‌ی تکتونیک فعال در این منطقه می‌باشد. بر اساس این نسبت‌ها، حداقل فعالیت تکتونیکی در منطقه‌ی شمال شرقی گسل آباده، حداکثر فعالیت تکتونیکی در حوالی گسل اقلید و در منطقه‌ی گسل اصلی زاگرس نیز با فعالیت متوسط قابل تشخیص می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مورفوتکتونیک، مدل رقومی سرزمینی، تکتونیک فعال، گسل اقلید.

۱- مقدمه

موجود در سطح زمین همانند دفتر ثبت وقایع گذشته از توان بالایی برای بازگویی حرکات تکتونیکی برخوردار می‌باشند. کاربرد شاخصه‌های زمین‌ریختی در سال‌های اخیر به دلیل سهولت در محاسبه و خطای کم در تشخیص مناطق فعال رواج بیشتری یافته است. بعضی از این شاخصه‌ها، همچون شاخصه پیچ و خم جبهه‌ی کوهستانی در حد فاصل مناطق هموار و نواحی کوهستانی کاربرد دارد. پاره‌ای دیگر مانند نسبت پهنا به عمق یا ارتفاع دره، نسبت پهنای کف دره به عمق یا ارتفاع دره برای کانال‌های اصلی قابل استفاده می‌باشند. در این مطالعه از شاخصه‌ی ساده‌ی پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان، نسبت پهنای کف دره به عمق آن، نسبت عرض دره به عمق آن و نسبت مساحت دره در مقطع عرضی به مساحت نیم‌دایره با شعاع دامنه‌ی کوتاه‌تر آن استفاده گردیده و تقسیم‌بندی فعالیت تکتونیکی در منطقه‌ی مورد مطالعه صورت پذیرفته است.

ماهیت پویای فرآیندهای تکتونیکی، لزوم اندازه‌گیری آن‌ها را در مقیاس زمانی متفاوت موجب می‌شود. ریخت‌سنجی (morphometry) چشم‌اندازهای ایجاد شده در کمربندهای کوهزایی، روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری و ثبت میزان تحرک‌پذیری آن‌ها ایجاد نموده است. ریخت‌سنجی، اندازه‌گیری کمی شکل چشم‌اندازهای روی زمین می‌باشد که می‌تواند در غالب متغیرهای ساده‌ای چون اندازه، ارتفاع (بیشترین، کمترین و متوسط) و شیب اندازه‌گیری شود (Bull 1991). این اندازه‌گیری‌ها شرایطی را فراهم می‌آورند تا زمین‌ریخت‌شناسان به مقایسه چشم‌اندازهای مناطق مختلف پرداخته و شاخصه‌های زمین‌ریختی را (Geomorphic indexes) در اختیار داشته باشند، تا با آن‌ها برای توصیف و شناسایی وضعیت مناطق با تکتونیک فعال اقدام نمایند (Keller et al. 1996). چشم‌اندازهای

عنوان مرز میان جبهه‌های کوهستانی فعال تکتونیک و جبهه‌های کوهستانی غیرفعال عنوان نموده‌اند. در مناطق کوهستانی بسیار فعال V_f بین ۰/۵۰ تا ۰/۰۵ متغیر می‌باشد (Bull 2007).

۱۳-۲- نسبت عرض دره به ارتفاع دره

این نسبت (V) توسط رابطه (۳) محاسبه می‌شود (Bull 2007):

$$V = \frac{2V_w}{(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})} \quad (3)$$

V_w : عرض دره

نسبت V برای تشخیص بالآمدگی‌ها در بازه‌ی زمانی بلندمدت و برای لیتولوژی‌های متنوع و اقلیم‌های متفاوت، مفید می‌باشد. همچنین از این شاخصه می‌توان جهت تشخیص مناطق تکتونیک فعال از غیرفعال استفاده نمود ولی در ارزیابی مناطق دارای فعالیت تکتونیک متوسط مناسب نمی‌باشد (Wolman & Gerson 1978). مقادیر کمتر از ۶ این شاخصه نشان‌دهنده‌ی مناطق در حال بالآمدن می‌باشد. در مناطق غیرفعال از نظر بالآمدگی، مقدار متوسط این شاخصه معمولاً بالاتر از ۷ است (Bull 2007).

۱۴-۲- شاخصه‌ی v شکل دره‌ها یا نسبت V_c

از شاخصه‌های دیگر مربوط به شکل دره‌ها می‌توان به نسبت V_c اشاره نمود که دارای حساسیت متوسطی به بالآمدگی تکتونیک نسبت به نسبت‌های V_f و V می‌باشد (Mayer 1986). شاخصه‌ی فوق از رابطه (۴) محاسبه می‌گردد (Bull 2007):

$$V_c = \frac{A_v}{A_c} \quad (4)$$

A_v : مساحت دره در مقطع عرضی (m^2)

A_c : مساحت نیم‌دایره به شعاع H (m^2)

H : حداکثر ارتفاع دامنه‌ی کوتاه‌تر دره (m)

هرچه مقدار عددی V_c به عدد یک نزدیک‌تر باشد شکل دره به حالت V نزدیک‌تر است و این مطلب بیانگر تعادل میان فرسایش دره و عامل ایجاد کننده‌ی آن (بالآمدگی تکتونیک) می‌باشد. هرچه دره عرض‌تر و عمق آن کمتر باشد مقدار V_c بزرگ‌تر می‌شود که نشانگر غلبه فرآیندهای فرسایش بر فرایندهای تکتونیک می‌باشد. هرچه مقدار عددی V_c کوچک‌تر باشد بیانگر وجود دره‌ای عمیق و باریک می‌باشد لذا به این نسبت، شاخصه‌ی مورفولوژی دره نیز می‌گویند. البته توجه

۱-۲- معرفی شاخصه‌های مورد استفاده جهت بررسی فعالیت تکتونیک منطقه

۱-۱- شاخصه‌ی پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان

شاخصه‌ی پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان از توان بالایی برای شناسایی مناطق تکتونیک برخوردار می‌باشد (Keller & Pinter, 2002). این شاخصه از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد (Bull 2007):

$$J = \frac{L_j}{L_s} \quad (1)$$

L_j : خط مستقیمی میان دو نقطه در محل عوض شدن شیب (کونیک کوهستان)

L_s : طول جبهه کوهستان در پای کوه (جایی که شیب عوض می‌شود و یا شیب می‌شکند).

J : شاخصه‌ی پیچ‌وخم پیشانی کوهستان

شاخصه‌ی پیچ‌وخم جبهه کوهستان، توازن میان نیروی فرسایش را که سعی در ایجاد فرسایش سطوح کوهستانی دارد و نیروی تکتونیک که باعث ایجاد جبهه‌ای صاف در طول گسل می‌شود را نشان می‌دهد. نرخ‌های مختلف بالآمدگی، محدوده‌های متفاوت مقادیر پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان را موجب می‌شوند. شاخصه‌ی پیچ‌وخم جبهه‌های کوهستان با فعالیت بالا معمولاً کمتر از ۱/۵، جبهه‌های کوهستانی با فعالیت متوسط بین ۱/۵ تا ۳ و جبهه‌های غیرفعال مقادیر بیش از ۳ را نشان می‌دهند (Bull 2007).

۲-۲- نسبت پهنای کف دره به عمق دره

این نسبت (V_f) بر اساس رابطه (۲) محاسبه می‌شود (Bull 2009):

$$V_f = \frac{V_{fw}}{\left[\frac{(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})}{2} \right]} \quad (2)$$

V_{fw} : پهنای کف دره

E_{ld} , E_{rd} : ارتفاع دامنه‌ی سمت چپ و راست دره از کف دره

E_{sc} : ارتفاع کف دره از سطح آب‌های آزاد

مقادیر کم این نسبت منعکس‌کننده‌ی دره‌های عمیق با جریان‌هایی است که معمولاً قدرت برش آن‌ها بسیار زیاد بوده و نشانگر بالآمدگی در طول مدت کم می‌باشد. حالت این دره‌ها بیشتر V شکل است. بالآمدگی کند باعث می‌شود که جریان، فرصت پهن نمودن بستر دره را در طول زمان در اختیار داشته باشد. V_f یکی از نسبت‌های بسیار مفید در شناسایی مناطق فعال می‌باشد و به‌ویژه به فعالیت‌های تکتونیک اواخر کوتاه‌تر بسیار حساس است (Bull 2007). بال و مک فادن (Bull & McFadden 1977) مقدار عددی $V_f = 0/99$ را به

به جنس مواد دره نیز از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. معمولاً دره‌های متشکل از مواد سخت می‌توانند عمق بیشتری داشته باشند و بیشتر حالت V شکل پیدا کرده اما مواد نرم می‌توانند مقطع عرضی دره را به صورت U درآورند. از طرفی هرچه قدر زمان ایجاد دره طولانی‌تر باشد، میزان شیب‌های طرفین دره نیز کمتر خواهد بود.

۳- روش بررسی شافصه‌های تکتونیک جنب‌ا در منطقه‌ی اقلید

بر اساس تجربیات فرانکل و پازاگلیا (Frankel & Pazzaglia) (2006, 2005) در مورد بررسی‌های مورفوتکتونیک به‌وسیله‌ی الگوهای ارتفاعی رقومی جهت بررسی‌های مورفوتکتونیک منطقه‌ی اقلید از دقیق‌ترین داده‌های مدل رقومی سرزمینی (Digital Terrain Model, DTM) سازمان نقشه‌برداری ایران بر مبنای نقشه‌های ارتفاعی (توپوگرافی) در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و داده‌های ارتفاعی رادار SRTM با دقت ارتفاعی بهتر از ۶ متر استفاده شده است. همچنین جهت آماده‌سازی این داده‌های رقومی، از امکانات نرم‌افزار Arc GIS 9.3 استفاده شده است. بر این اساس، در این بخش به بررسی کمی شاخصه‌های زمین‌ریختی معرفی شده پرداخته شده است.

۴- بررسی شافصه‌های تکتونیک جنب‌ا در منطقه‌ی اقلید

۴-۱- مقادیر بدست آمده برای شافصه‌ی پیچ و خم جنبه

کوهستان

در بیشتر موارد، شاخصه‌ی پیچ‌وخم جنبه‌ی کوهستان در منطقه‌ی مورد مطالعه، نشان دهنده‌ی تکتونیک فعال و نیمه‌فعال در این منطقه می‌باشد. حداقل فعالیت تکتونیک در شمال‌شرق گسل‌آباد مشاهده می‌شود. حداکثر فعالیت تکتونیک در شمال‌شرق گسل اصلی زاگرس، در حوالی گسل اقلید قابل مشاهده است و فعالیت تکتونیک در منطقه‌ی گسل اصلی زاگرس و جنوب غرب آن کمی کاهش می‌یابد (تصویر ۷). بررسی‌های انجام شده بر روی متوسط مقادیر پیچ‌وخم جنبه‌ی کوهستان در منطقه‌ی مورد مطالعه نیز نتیجه‌گیری فوق را به خوبی تأیید می‌نماید (تصویر ۸).

۴-۲- مقادیر بدست آمده برای نسبت‌های زمین‌ریختی دره‌ها

مقایسه‌ی نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی دره‌ها و نسبت‌های زمین‌ریختی محاسبه شده‌ی آن‌ها به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر محاسبه شده برای "نسبت پهنای کف دره به عمق دره" (V_f) و متوسط این مقادیر (تصویرهای ۹ و ۱۰)، در غالب موارد نشان‌دهنده‌ی تکتونیک فعال در این منطقه می‌باشد.

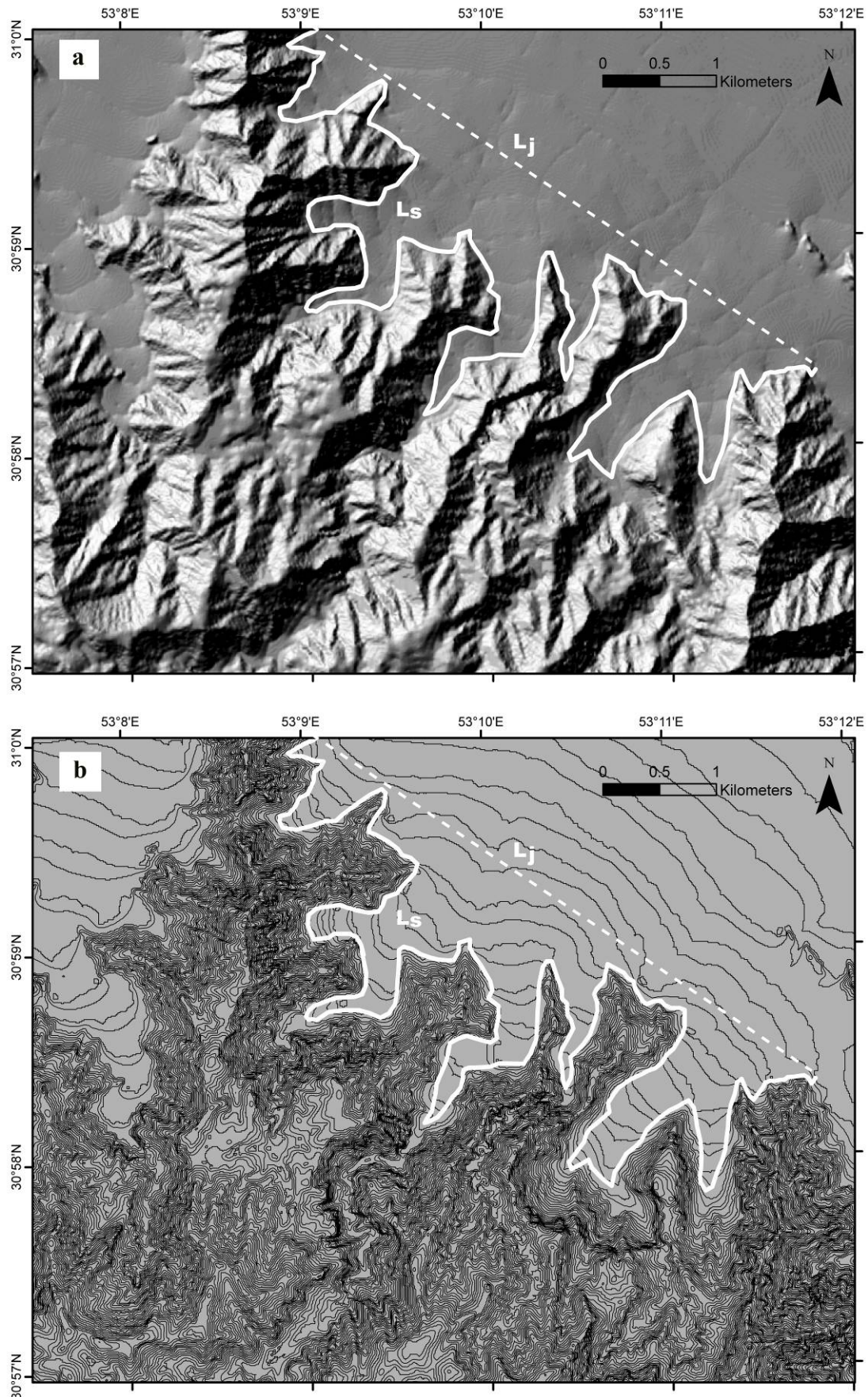
بر اساس این شاخصه حداقل فعالیت تکتونیک در منطقه‌ی شمال‌شرقی گسل‌آباد دیده می‌شود.

۳-۱- محاسبه شافصه‌ی پیچ و خم جنبه کوهستان

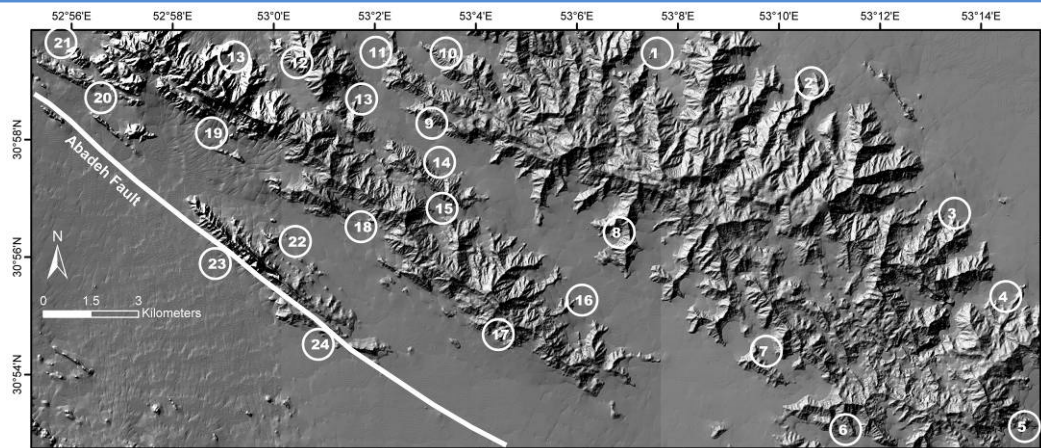
برای محاسبه این شاخصه ابتدا بر اساس داده‌های مدل رقومی سرزمینی (DTM) منطقه، ساخت تصاویر برجسته‌ی سایه روشن (Hill shade) منطقه و همچنین تولید نقشه‌ی توپوگرافی منطقه‌ی مورد مطالعه با فواصل منحنی تراز ۱۰ متر با استفاده از ابزار 3D Analyst نرم‌افزار Arc Map 9.3 انجام گرفت. سپس محاسبات مربوط به شاخصه‌ی پیچ‌وخم جنبه‌ی کوهستان بر روی تصویر برجسته (تصویر ۱a) و نقشه‌ی توپوگرافی (تصویر ۱b) به طور همزمان صورت پذیرفت. در صورت بروز تفاوت میان نتیجه‌ی بدست آمده از تصاویر برجسته‌ی سایه‌روشن و نقشه‌ی توپوگرافی، میانگین آن دو به عنوان نتیجه‌ی نهایی مورد استفاده قرار گرفت. بر این اساس شاخصه‌ی پیچ‌وخم جنبه‌ی کوهستان در ۵۷ منطقه (تصویرهای ۲ تا ۴) از شمال‌شرق به جنوب‌غرب اندازه‌گیری شد. نتایج این اندازه‌گیری‌ها به‌طور خلاصه در تصویر ۵ آورده شده است. لازم به ذکر است که مناطق ۱ تا ۲۲ در شمال‌شرق گسل‌آباد، مناطق ۲۳ تا ۴۳ بین گسل‌آباد و گسل اقلید و مناطق ۴۴ تا ۵۷ در اطراف گسل اصلی زاگرس و جنوب غرب آن قرار گرفته‌اند.

۳-۲- محاسبه نسبت‌های زمین‌ریختی دره‌ها

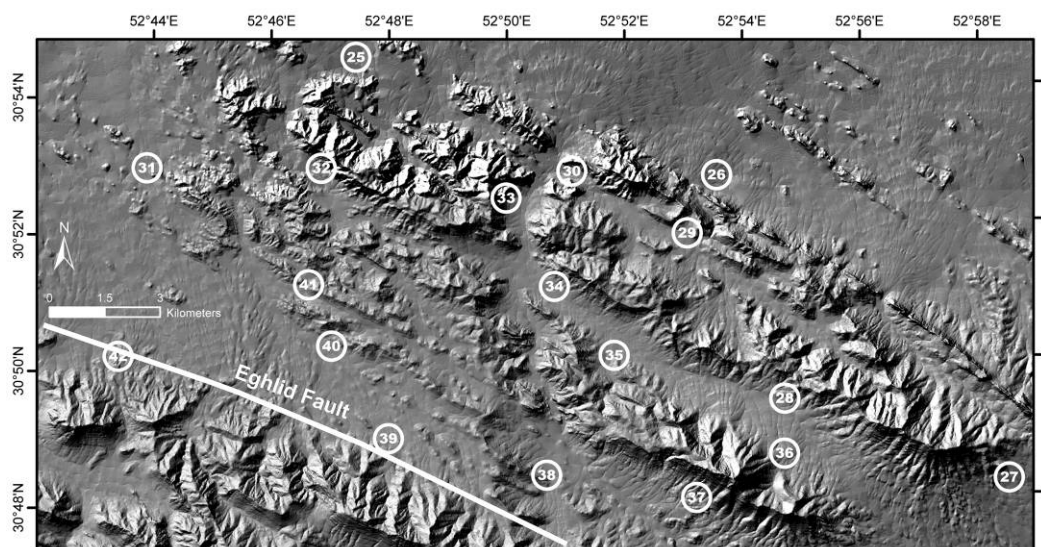
جهت محاسبه رقومی نسبت‌های زمین‌ریختی دره‌ها در منطقه‌ی اقلید،



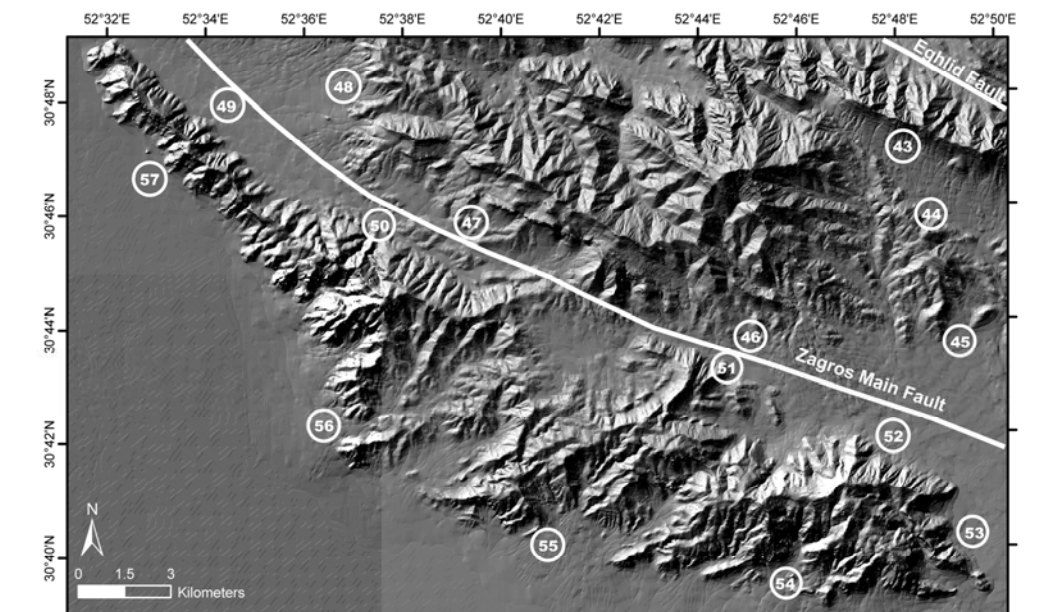
تصویر ۱- چگونگی اندازه‌گیری شاخص‌های پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان در موقعیت ۱. (a) با استفاده از تصویر برجسته‌ی سایه روشن منطقه‌ی اقلید، (b) با استفاده از نقشه‌ی توپوگرافی منطقه‌ی اقلید با فواصل منحنی‌تراز ۱۰ متر



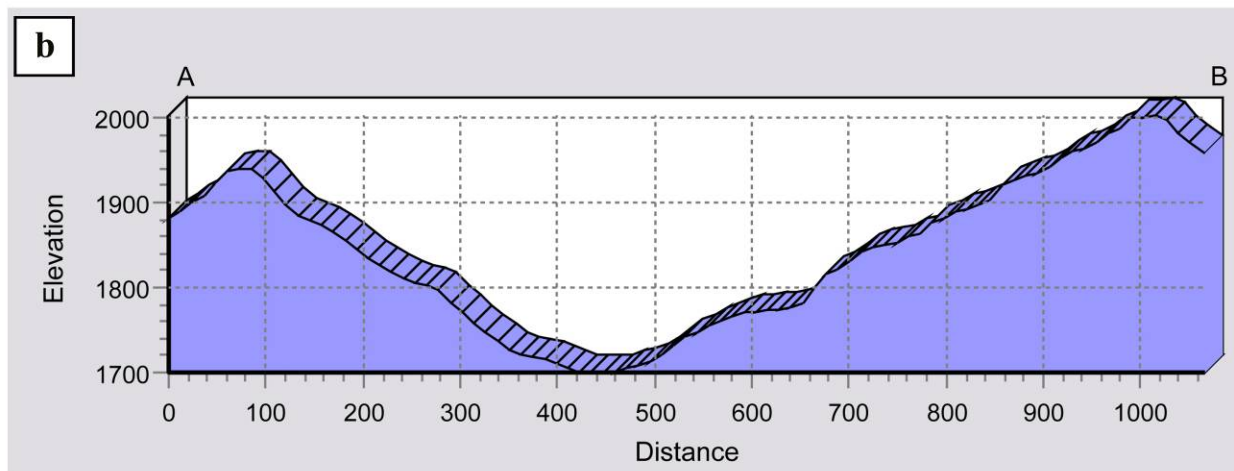
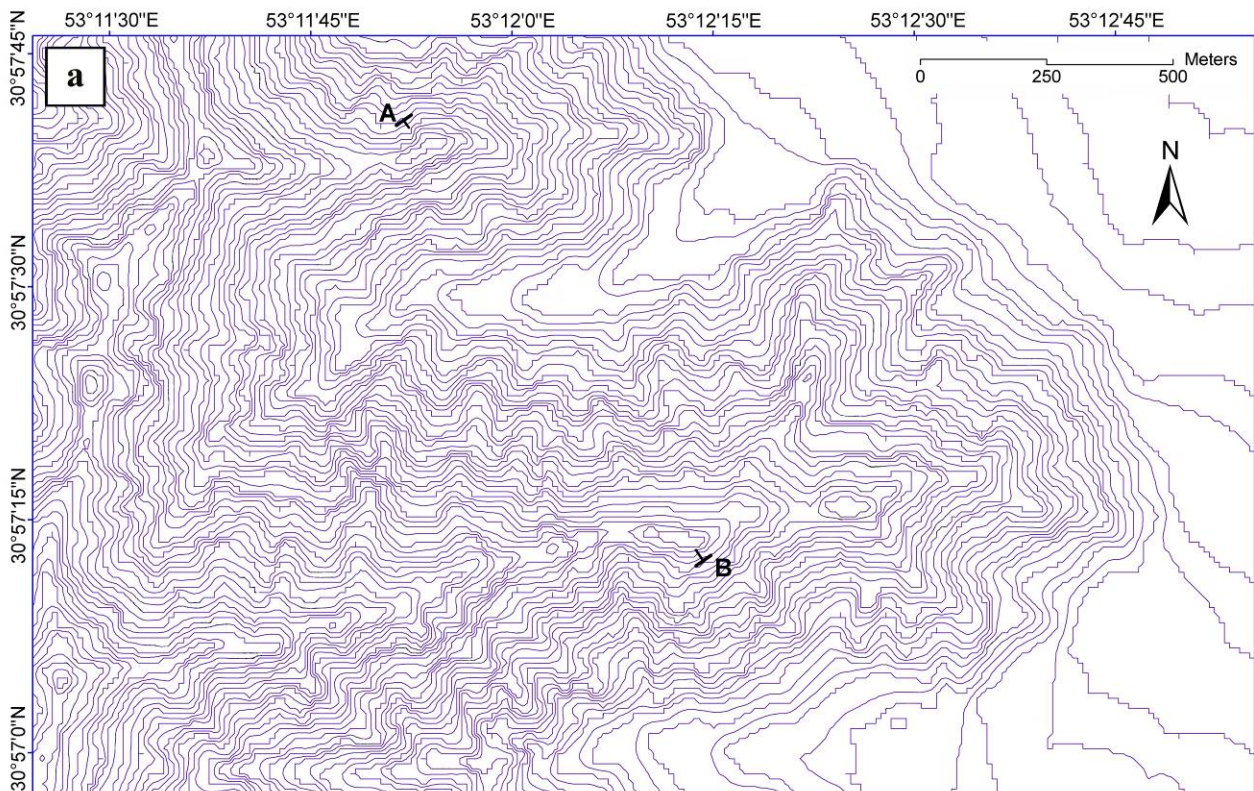
تصویر ۲- موقعیت مناطق مورد اندازه‌گیری شاخصه‌ی پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان از موقعیت ۱ تا ۲۴ (گسل آباده و شمال شرق آن).



تصویر ۳- موقعیت مناطق مورد اندازه‌گیری شاخصه‌ی پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان از موقعیت ۲۵ تا ۴۲ (بین گسل آباده تا گسل اقلید).



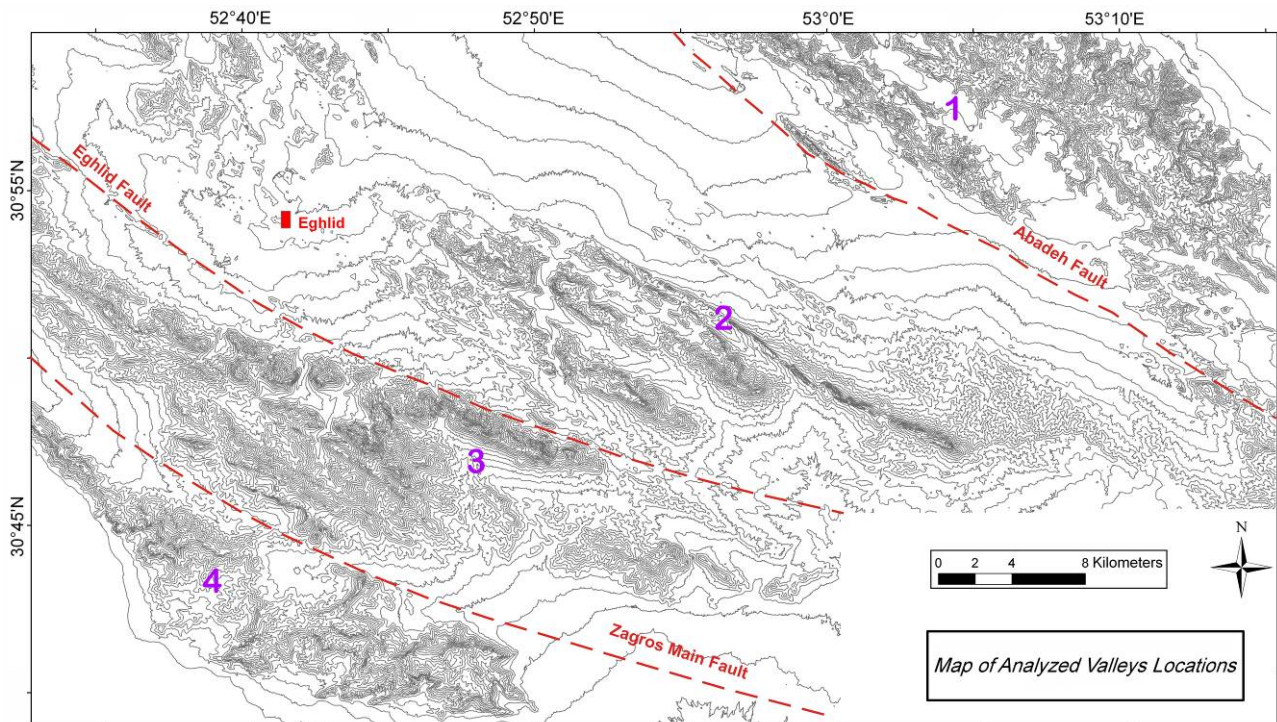
تصویر ۴- موقعیت مناطق مورد اندازه‌گیری شاخصه‌ی پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان از موقعیت ۴۳ تا ۵۷ (بین گسل اقلید تا جنوب‌غرب گسل اصلی زاگرس).



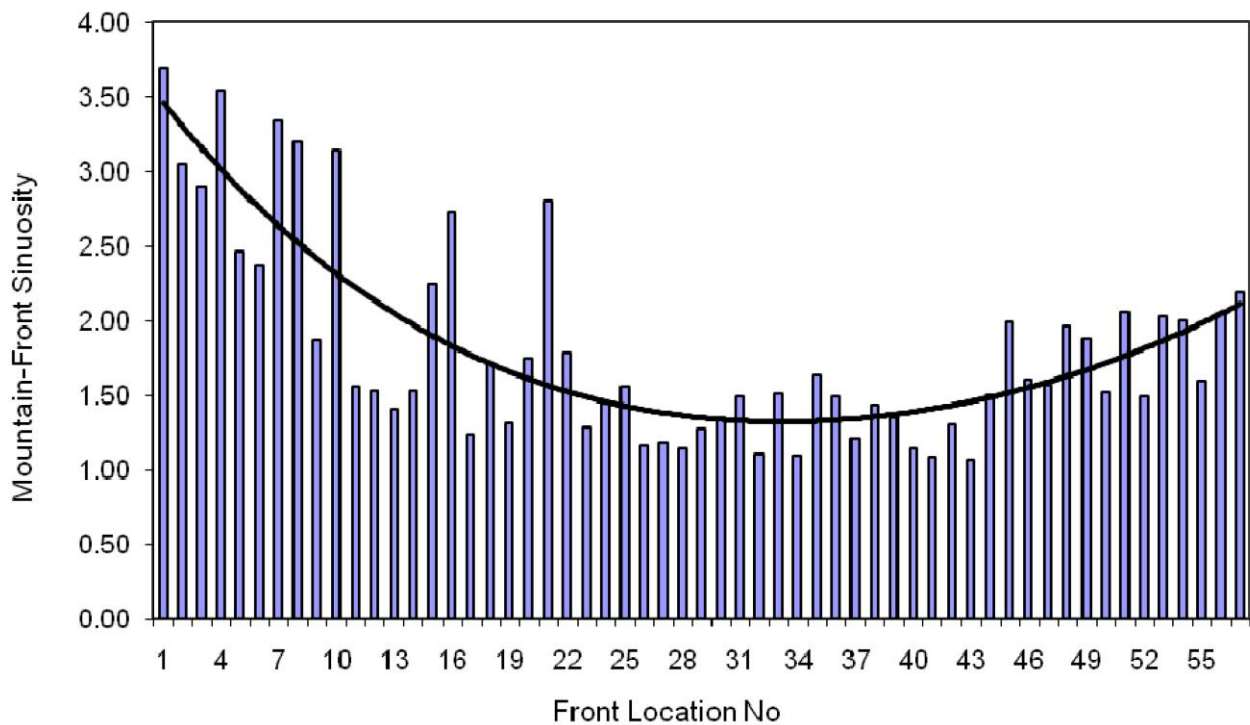
تصویر ۵- چگونگی اندازه‌گیری نسبت‌های زمین‌ریختی دره‌ی شماره‌ی ۱ در منطقه‌ی اقلید. (a) مشخص کردن موقعیت روند نیم‌رخ دره‌ی شماره‌ی ۱. (b) ترسیم پروفیل دره‌ی شماره‌ی ۱ جهت محاسبه‌ی نسبت‌های زمین‌ریختی آن.

(تصویرهای ۱۳، ۱۴) نیز حداکثر فعالیت تکتونیکی در حوالی گسل اقلید و سپس در منطقه‌ی گسل اصلی زاگرس و جنوب غرب آن را نشان می‌دهد. در ارزیابی نتایج بدست آمده از این دو نسبت، تفاوت مهمی در فعالیت تکتونیکی میان مناطق شمال‌شرق گسل‌آباد و جنوب غرب این گسل مشاهده نمی‌شود که با توجه به حساسیت متوسط و پایین این دو شاخصه، قابل توجیه است.

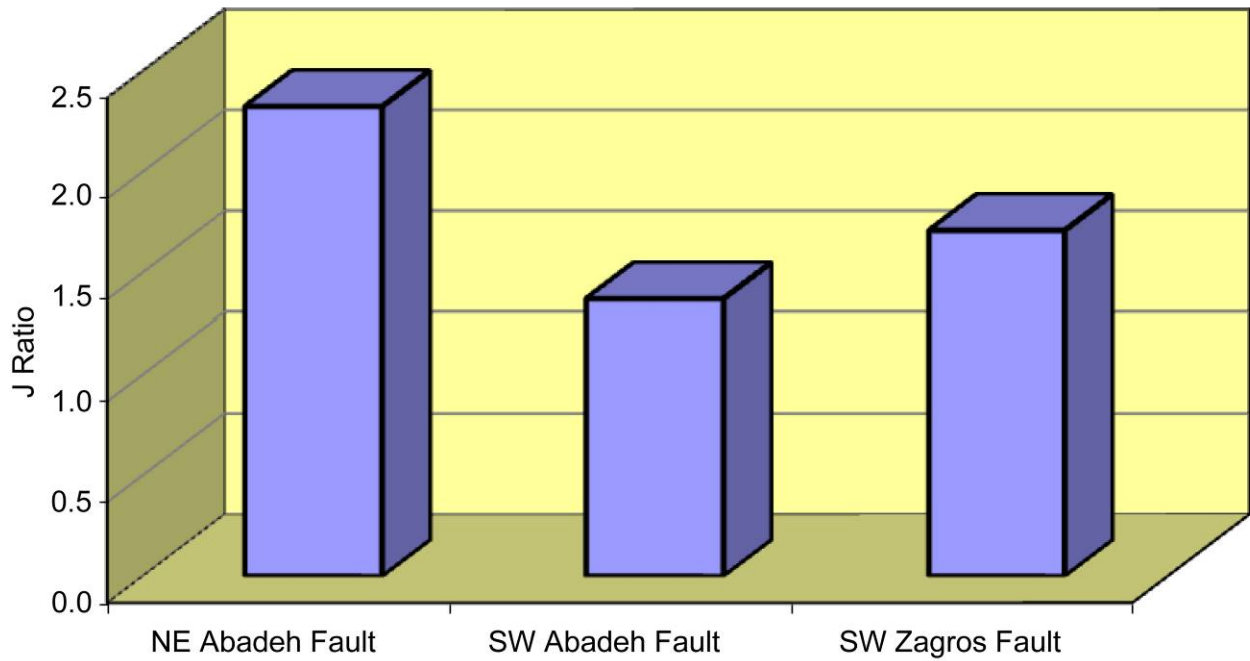
حداکثر فعالیت تکتونیکی در حوالی گسل اقلید و سپس در منطقه‌ی گسل اصلی زاگرس و جنوب غرب آن قابل مشاهده است. نتایج بدست آمده از این شاخصه به خوبی تفاوت را در فعالیت تکتونیکی چهار منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد که با توجه به حساسیت بالای این شاخصه، قابل انتظار می‌باشد. نتایج بدست آمده از نسبت عرض دره به عمق دره (تصویرهای ۱۱، ۱۲) و شاخصه‌ی ۷ شکل دره‌ها



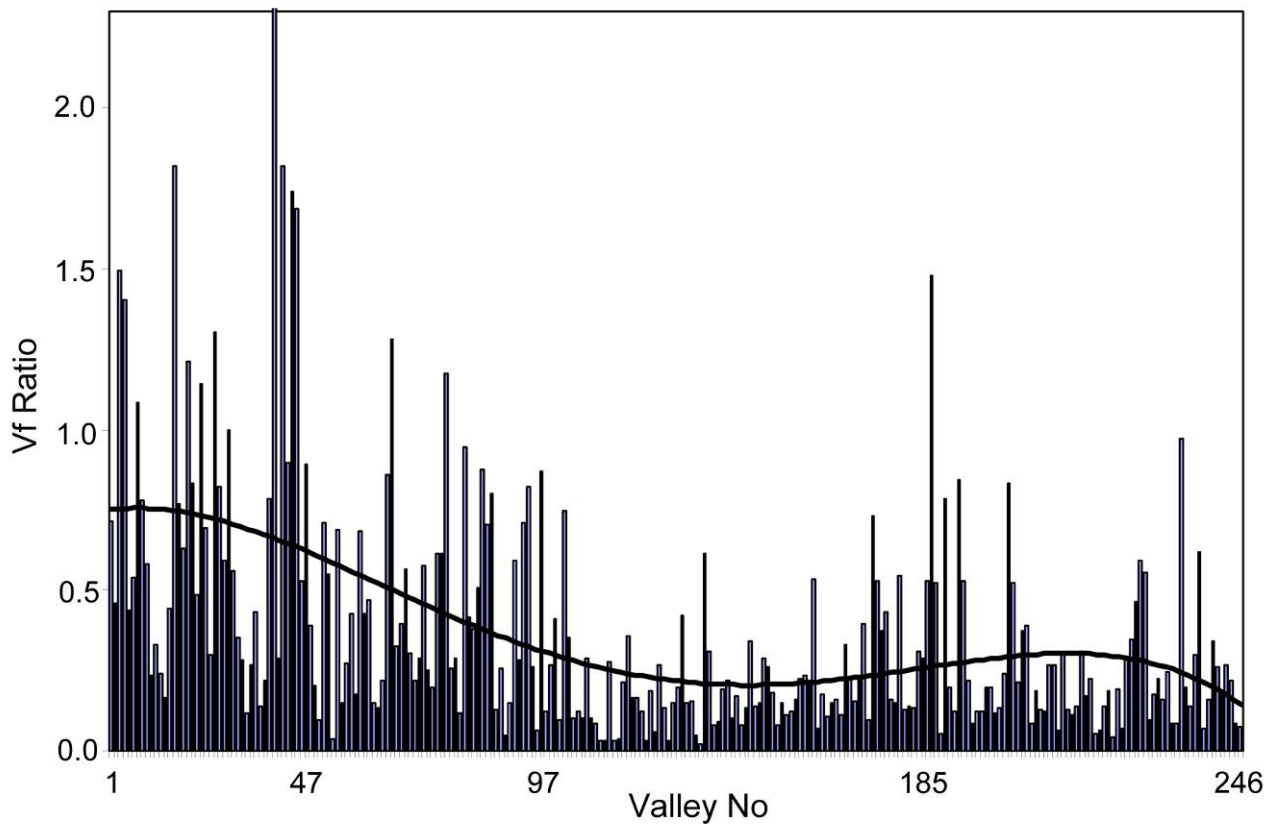
تصویر ۶- موقعیت زیرمناطق بررسی شده در منطقه‌ی اقلید جهت ارزیابی میزان فعالیت تکتونیکی محدوده‌ی مورد مطالعه بر اساس شاخصه‌های زمین ریختی دره‌ها (۱- زیرمنطقه‌ی شمال شرق گسل آباده، ۲- زیرمنطقه‌ی جنوب غرب گسل آباده، ۳- زیرمنطقه‌ی گسل اقلید، ۴- زیرمنطقه‌ی گسل اصلی زاگرس و جنوب غرب آن)



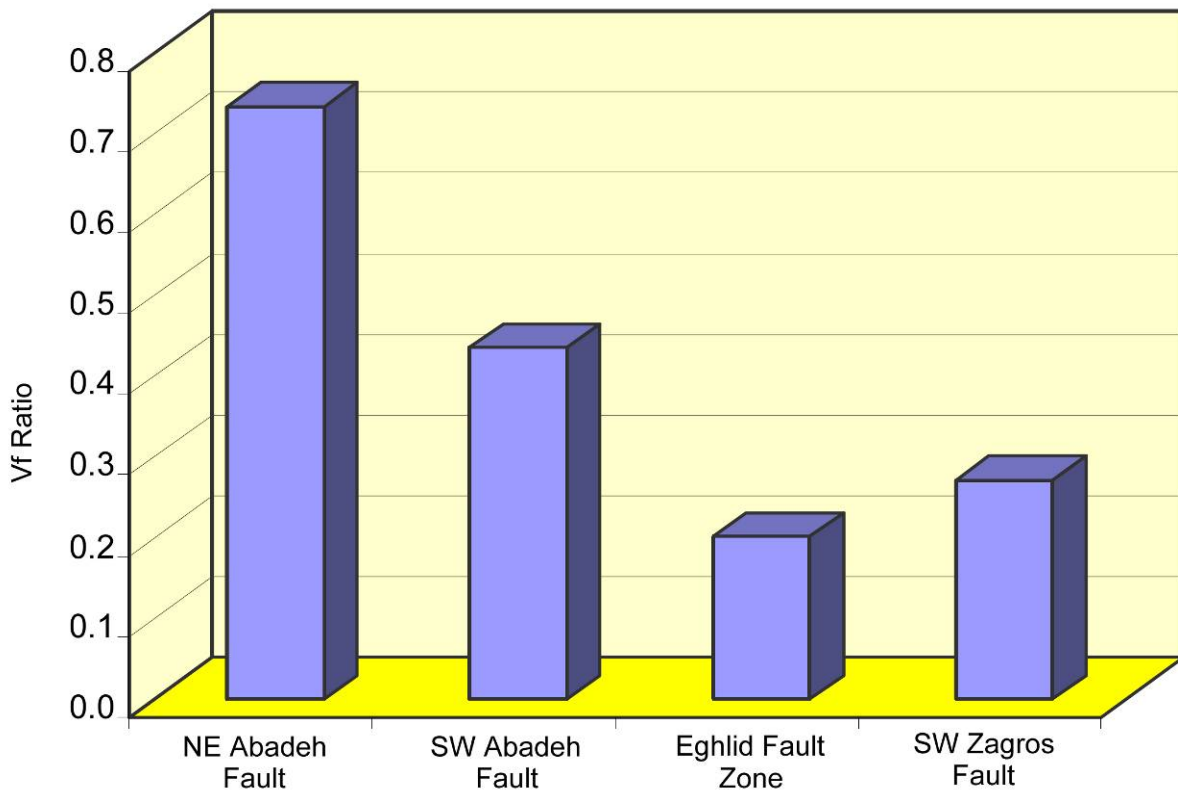
تصویر ۷- مقادیر اندازه‌گیری شده بیخ و خم جبهه‌ی کوهستان (شماره‌ی جبهه ۱ تا ۲۴: گسل آباده و شمال شرق آن، ۲۵ تا ۴۲: بین گسل آباده تا گسل اقلید، ۴۳ تا ۵۷: بین گسل اقلید تا جنوب غرب گسل اصلی زاگرس)



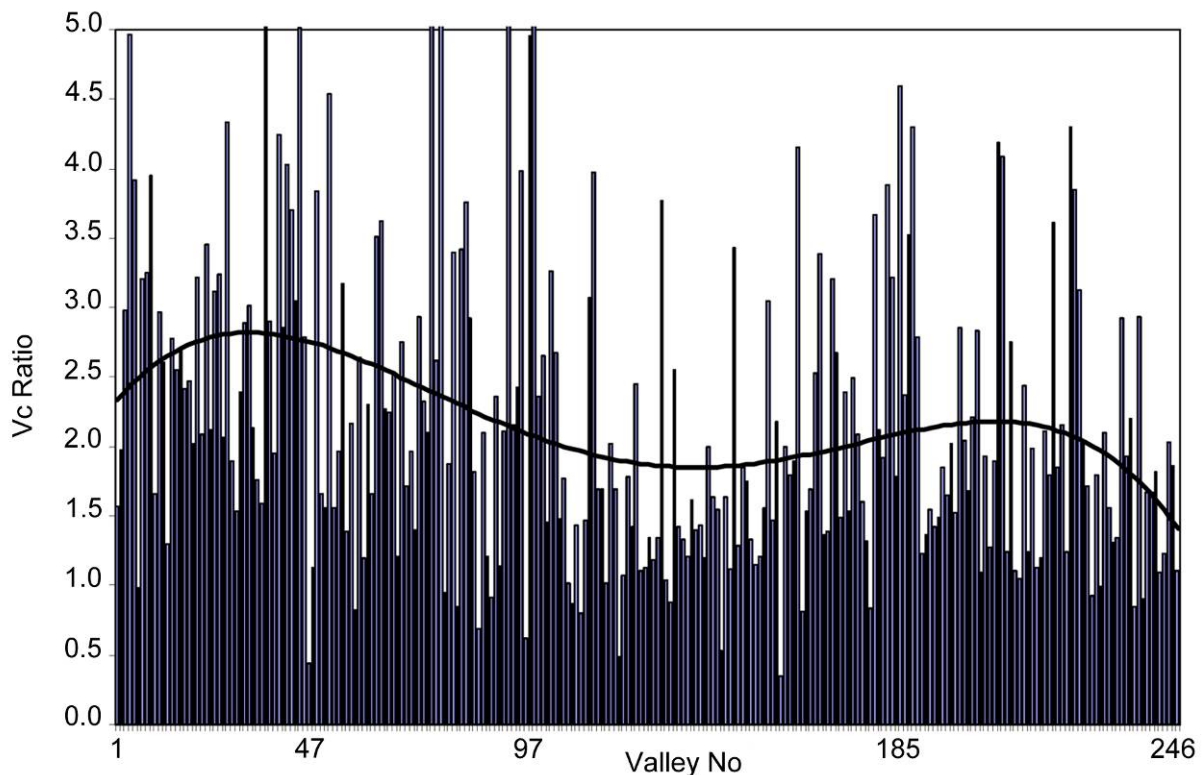
تصویر ۸- متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان در منطقه‌ی اقلید (پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان بین ۱ تا ۱/۵: تکتونیک فعال، ۱/۵ تا ۳: تکتونیک نیمه فعال، بیش از ۳: تکتونیک غیرفعال)



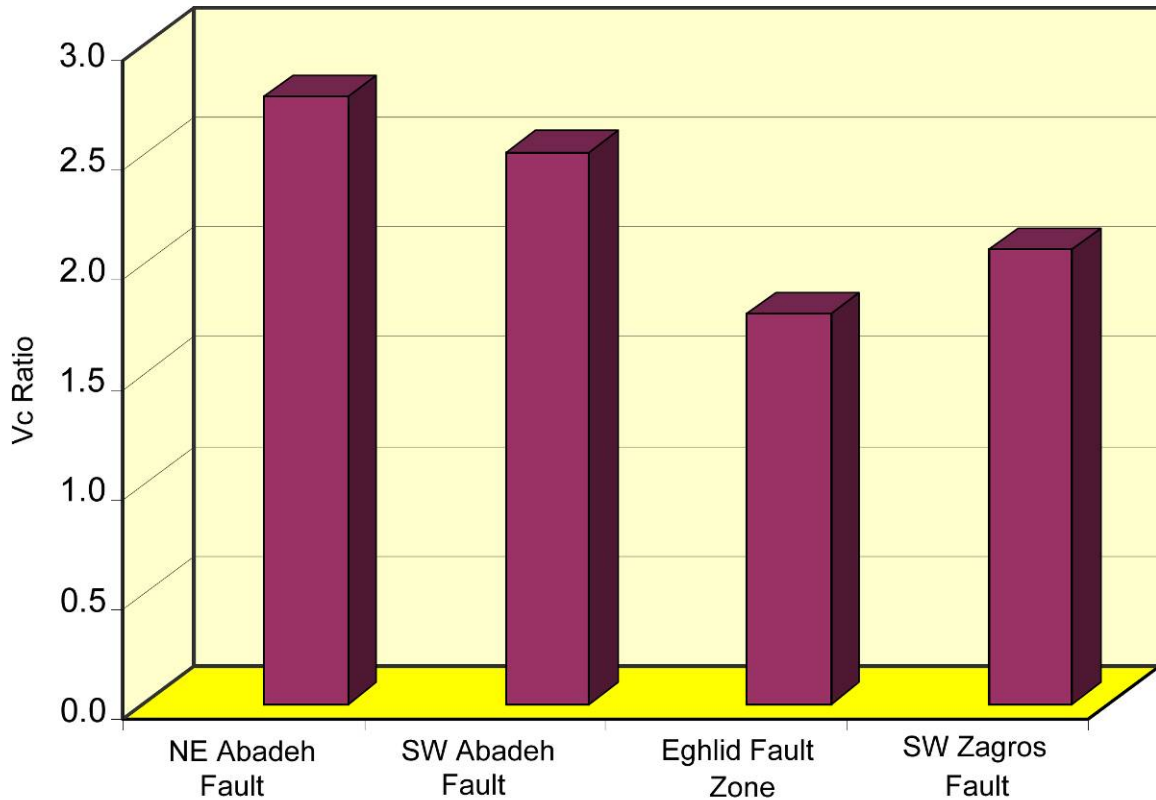
تصویر ۹- مقادیر "نسبت پهنای کف دره به عمق دره" (Vf) دره‌های منطقه‌ی اقلید. نمودار خط روند (منحنی ضخیم) نشان دهنده‌ی تغییرات فعالیت تکتونیکی در منطقه‌ی مورد مطالعه‌است. در این تصویر موقعیت دره‌های شماره‌ی ۱ تا ۴۷: شمال شرق گسل آباده، ۴۸ تا ۹۷: جنوب غرب گسل آباده، ۹۸ تا ۱۸۵: منطقه‌ی گسل اقلید و ۱۸۶ تا ۲۴۶: گسل اصلی زاگرس و جنوب غرب آن می‌باشد.



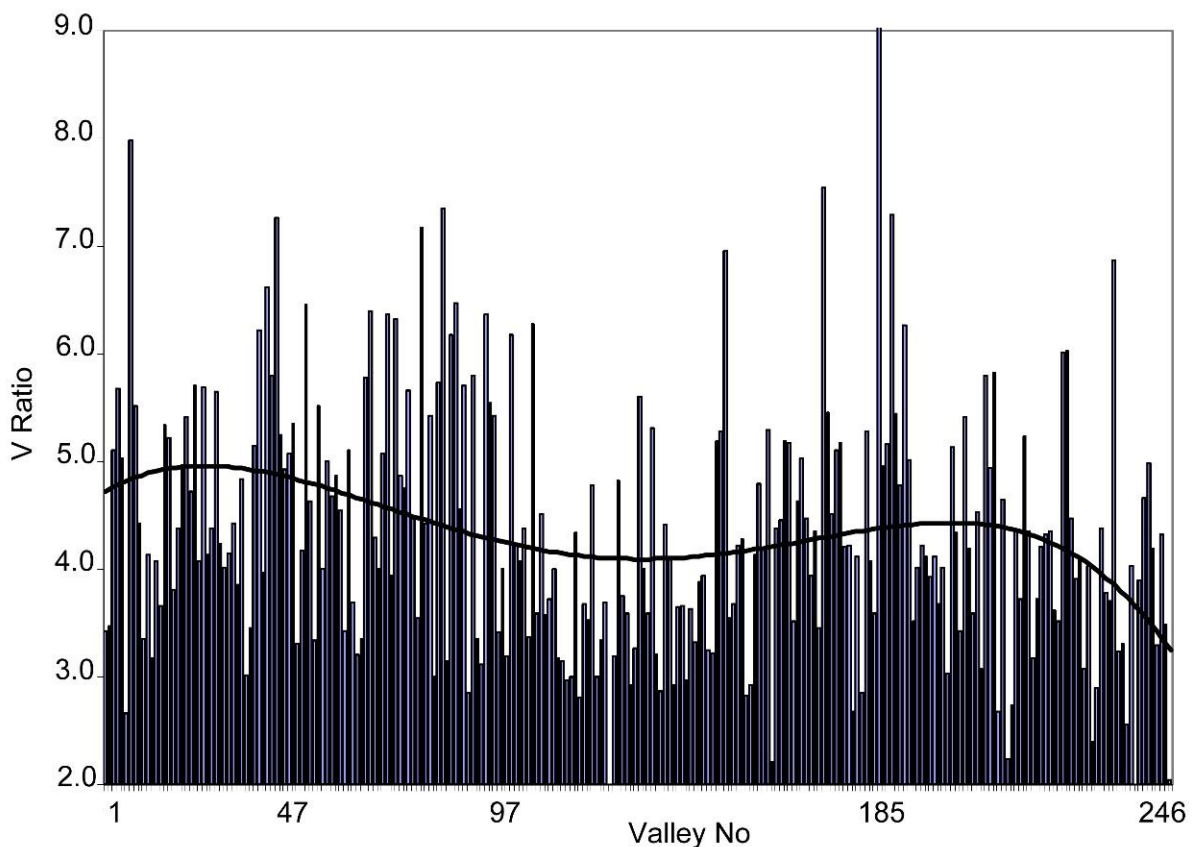
تصویر ۱۰- متوسط مقادیر محاسبه شده برای "نسبت پهنا‌ی کف دره به عمق دره" (V_f) دره‌های منطقه‌ی اقلید که نشان دهنده‌ی حداکثر فعالیت تکتونیک‌ی در نزدیکی گسل اقلید و حداقل فعالیت تکتونیک‌ی در شمال شرق گسل آباده می‌باشد.



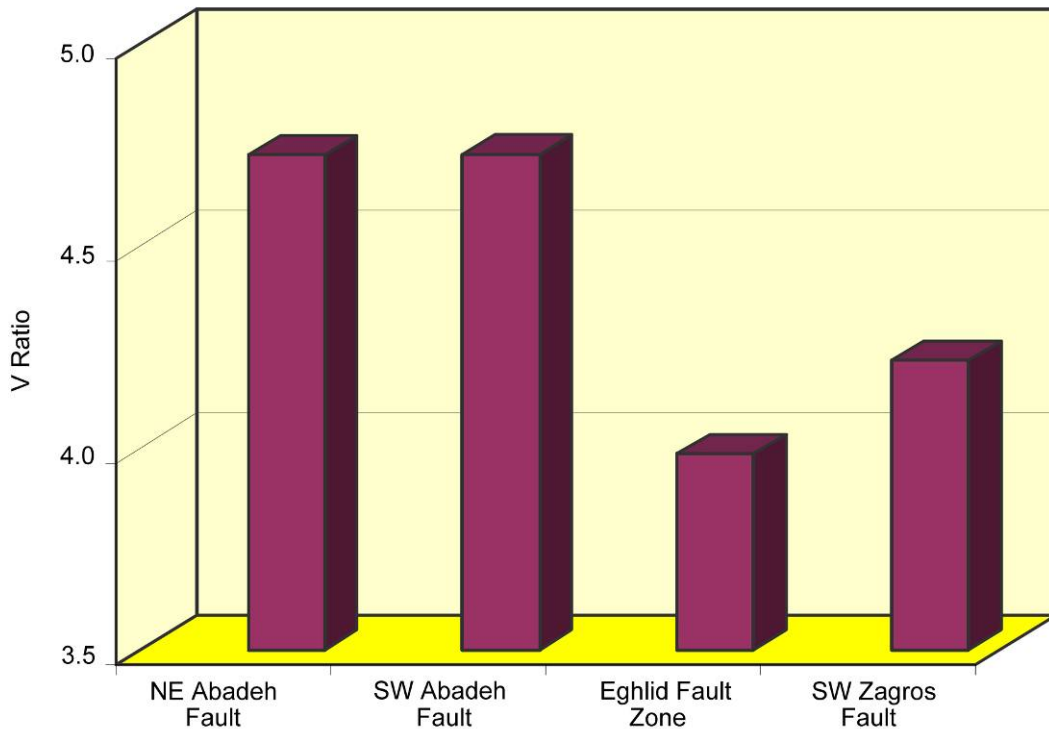
تصویر ۱۱- مقادیر محاسبه شده برای شاخصه‌ی "v شکلی دره‌ها" (V_c) در منطقه‌ی اقلید. نمودار خط روند (منحنی ضخیم) نشان دهنده‌ی تغییرات فعالیت تکتونیک‌ی در منطقه‌ی مورد مطالعه است. در این تصویر موقعیت دره‌های شماره‌ی ۱ تا ۴۷: شمال شرق گسل آباده، ۴۸ تا ۹۷: جنوب غرب گسل آباده، ۹۸ تا ۱۸۵: منطقه‌ی گسل اقلید و ۱۸۶ تا ۲۴۶: گسل اصلی زاگرس و جنوب غرب آن می‌باشد.



تصویر ۱۲- متوسط شاخصه‌ی "V" شکلی دره‌ها " که نشان دهنده‌ی حداکثر فعالیت تکتونیکی در نزدیکی گسل اقلید می‌باشد.



تصویر ۱۳- مقادیر محاسبه شده برای "نسبت عرض دره به عمق دره" (V) در منطقه‌ی اقلید. نمودار خط روند (منحنی ضخیم) نشان دهنده‌ی تغییرات فعالیت تکتونیکی در منطقه‌ی مورد مطالعه است. در این تصویر موقعیت دره‌های شماره‌ی ۱ تا ۴۷: شمال شرق گسل آباده، ۴۸ تا ۹۷: جنوب غرب گسل آباده، ۹۸ تا ۱۸۵: منطقه‌ی گسل اقلید و ۱۸۶ تا ۲۴۶: گسل اصلی زاگرس و جنوب غرب آن می‌باشد.

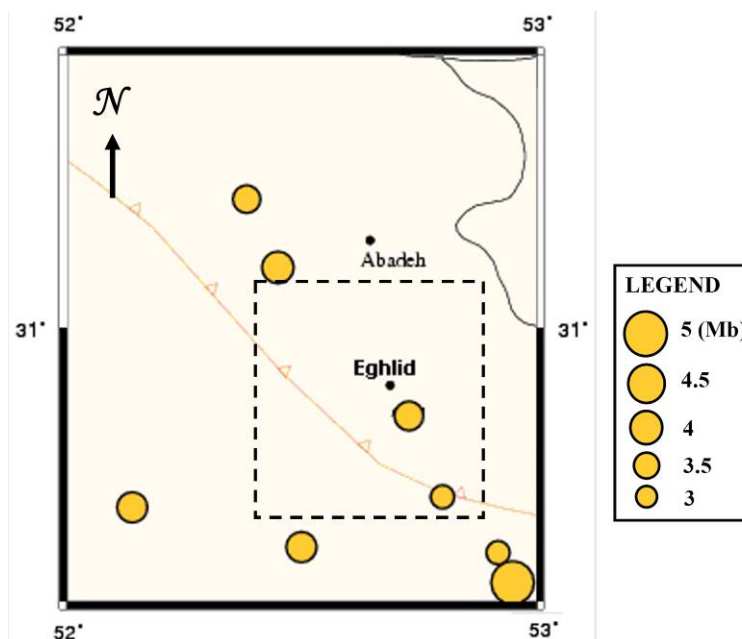


تصویر ۱۴- متوسط "نسبت عرض به عمق دره" که در نزدیکی گسل اقلید و گسل زاگرس حداکثر فعالیت تکتونیکی را نشان می‌دهد.

۵- ارزیابی نتایج بدست آمده بر اساس لرزه فیزی منطقه

وجود گسل‌های اصلی (گسل اصلی زاگرس، گسل اقلید و گسل آباده) وقوع زمین‌لرزه‌های متعددی را متحمل می‌سازد. براساس اطلاعات مربوط به زمین‌لرزه‌های دوره جدید دستگاهی (که پس از استقرار شبکه لرزه‌نگاری استاندارد جهانی ثبت شده‌اند) منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر لرزه‌ای فعال می‌باشد (تصویر ۱۵).

با توجه به شاخصه‌های زمین‌ریختی بدست آمده، می‌توان انتظار داشت که این منطقه از نظر لرزه‌ای فعال باشد. به عبارت دیگر وجود نشانه‌های زمین‌ریختی مبنی بر فعال بودن یک منطقه از نظر تکتونیکی، با وقوع زمین‌لرزه در آن منطقه تأیید می‌گردد. در منطقه‌ی مورد مطالعه



تصویر ۱۵- موقعیت عمومی لرزه‌ای در منطقه‌ی مورد مطالعه (مربع خط چین) از سال ۱۳۴۳ تا ۱۳۸۷ (IIEES 2008, ISC 2008).

مراجع

- Bull, W. B. & McFadden, L. D., 1977**, "Tectonic geomorphology north and south of the Garlock Fault, California", In: *Doehring, D. O. (ed.), Geomorphology in Arid Regions, Proceedings of Eighth Annual Geomorphology Symposium, State University of New York, Binghamton: 115-138.*
- Bull, W. B. 1991**, "Geomorphic responses to climatic change", *Oxford University Press, New York, 326 pp.*
- Bull, W. B., 2007**, "Tectonic Geomorphology of Mountains A New Approach to Paleoseismology", *Blackwell, 316 pp.*
- Bull, W. B., 2009**, "Tectonically Active Landscapes", *Wiley-Blackwell, 325 pp.*
- Frankel, K. L. & Pazzaglia, F. J., 2005**, "Tectonic geomorphology, drainage basin metrics, and active mountain fronts", *Geografi a Fisica e Dinamica Quaternaria, Vol. 28: 7-21.*
- Frankel, K. L. & Pazzaglia, F. J., 2006**, "Mountain fronts, base-level fall, and landscape evolution; insights from the southern Rocky Mountains", In: *Willett, S., Hovius, N., Brandon, M. & Fisher, D. (eds), "Tectonics, climate, and landscape evolution", Geological Society of America Special Paper 398.*
- IIIES, 2008**, "Earthquake Catalogue of Iran", *Seismology Department, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, online resource (<http://www.iiies.ac.ir/iiies/EQsearch, 20/5/2008>).*
- ISC, 2008**, "International Seismological Centre of United Kingdom, Earthquake Bulletin", *online resource (<http://www.isc.ac.uk/search, 20/5/2008>).*
- Keller, E. A., Sanz de Galdeano, C. & Chaco' n, J., 1996**, "Tectonic geomorphology and earthquake hazard of Sierra Nevada, South Spain", In: *Proceedings of the I Conferencia Internacional Sierra Nevada, Granada, Spain: 201-218.*
- Keller, E. A. & Pinter, N., 2002**, "Active Tectonics–Earthquakes, Uplift, and Landscape (2nd edition)", *Prentice Hall, London, 362 pp.*
- Mayer, L., 1986**, "Tectonic geomorphology of escarpments and mountain fronts", In: *Wallace (ed.), Active Tectonics, Studies in Geophysics, National Academy Press, Washington, DC, p.125-135.*
- Wolman, M. G. & Gerson, R., 1978**, "Relative scales of time and effectiveness of climate in watershed geomorphology", *Earth Surface Processes, Vol. 3(2): 189-208.*

براساس شاخصه‌های زمین‌ریختی بدست آمده، منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر فعالیت تکتونیکی به چهار قسمت تقسیم می‌شود که به ترتیب عبارتند از: منطقه‌ی گسل اقلید (فعال‌ترین قسمت)، منطقه‌ی گسل زاگرس و جنوب‌غرب آن، منطقه‌ی جنوب‌غرب گسل آباده و منطقه‌ی شمال‌شرق گسل آباده (پایین‌ترین فعالیت تکتونیکی). براساس داده‌های لرزه‌ای از سال ۱۳۴۳ تا ۱۳۸۷، دو کهلرزه در منطقه‌ی مورد مطالعه ثبت شده است که کانون سطحی یکی در نزدیکی گسل اقلید (با بزرگی ۳/۸ ریشتر) و دیگری در نزدیکی جنوب‌غرب گسل اصلی زاگرس (با بزرگی ۳ ریشتر) واقع شده است (تصویر ۱۵) و نشان‌دهنده‌ی فعالیت تکتونیکی بیشتر در این مناطق می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

شاخصه‌ی پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان و نسبت‌های زمین‌ریختی دره‌ها، به منظور تحلیل فعالیت تکتونیکی منطقه‌ی اقلید در حدفاصل شمال‌شرق گسل آباده تا جنوب‌غرب گسل اصلی زاگرس، مورد بررسی قرار گرفت. شاخصه‌ی پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان در منطقه‌ی مورد مطالعه، نشان‌دهنده‌ی تکتونیک فعال و نیمه‌فعال در این منطقه می‌باشد. حداقل فعالیت تکتونیکی در شمال‌شرق گسل آباده دیده می‌شود. براساس نتایج بدست آمده از این شاخصه، حداکثر فعالیت تکتونیکی در شمال شرق گسل اصلی زاگرس، در حوالی گسل اقلید قابل مشاهده است. اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی شکل دره‌ها و نسبت‌های زمین‌ریختی محاسبه شده‌ی آن‌ها نیز در غالب موارد نشان‌دهنده‌ی تکتونیک فعال در این منطقه می‌باشد. بر این اساس حداقل فعالیت تکتونیکی در منطقه‌ی شمال‌شرقی گسل آباده دیده می‌شود. حداکثر فعالیت تکتونیکی در حوالی گسل اقلید و سپس در منطقه‌ی گسل اصلی زاگرس و جنوب‌غرب آن قابل مشاهده است. نتایج بدست آمده از این شاخصه‌ها به خوبی تفاوت در فعالیت تکتونیکی چهار منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به شاخصه‌های زمین‌ریختی بدست آمده می‌توان انتظار داشت که این منطقه از نظر لرزه‌ای فعال باشد. وقوع دو زمین‌لرزه در محدوده‌ی زمانی بین سال‌های ۱۳۴۳ تا ۱۳۸۷، یکی در نزدیکی گسل اقلید و دیگری در نزدیکی جنوب‌غرب گسل اصلی زاگرس، فعالیت بالای تکتونیکی را در منطقه‌ی مورد مطالعه تأیید می‌نماید.

تشکر و قدردانی

نگارنده مقاله بدین وسیله مراتب قدردانی خود را از دکتر سهراب شهریاری و دکتر محسن پورکرمانی از دانشگاه شهید بهشتی و همچنین دکتر علی‌همدانی از دانشگاه اصفهان ابراز می‌دارد.