

کاربرد شاخصهای ریخت سنجی در تعیین میزان فعالیت گسلها

مورد نمونه: گسل شمالی میشو

نویسنده: دکتر داود مختاری*

The Use of Morphometric Indices for Tectonic Activities Assessment Case study: Northern Misho Fault (Northwest of Iran)

By: Dr. D. Mokhtari*

چکیده

در نواحی زمین ساختی فعال، ویژگیهای سامانه‌های رودخانه‌ای و شکلهای توپوگرافی، امکان برآوردی کمی از روابط بین فعالیتهای زمین ساختی و فرآیندهای سطح زمین و مدل بندی تکامل چشم انداز فراهم می‌آورند. در این تحقیق، مسائل زمین ریخت شناسی زمین ساختی مناطق واقع در مسیر گسل شمالی میشو در دامنه شمالی میشوداغ آذربایجان (شمال باختری ایران) مورد مطالعه قرار گرفته است. در ارزیابی آثار فعالیت گسل در ریخت شناسی دامنه شمالی میشو داغ، عمده توجه به کمیتهای توپوگرافی (SL ، Fmf ، Vf ، Fd و Eu)، الگوهای شبکه‌های زهکشی (AF و BS) و نیمرخهای طولی رودخانه‌ها معطوف شده است. داده‌های حاصل از تحلیل‌های توپوگرافی، بررسی سامانه‌های رودخانه‌ای منطقه و شواهد زمین ریخت شناختی حاصل از مشاهدات میدانی، نشان می‌دهند که دست کم در اواخر پلیستوسن و هولوسن، حرکات اریب لغز با مؤلفه افقی راستگرد گسل بیشتر از حرکات بالآآمدگی، و فعالیت گسل در میشو باختری بیشتر از میشو خاوری بوده است. بررسی نیمرخهای طولی آبراهه‌ها نشان می‌دهد که چشم انداز فعلی دامنه شمالی میشو، علاوه بر خود گسل شمالی میشو، نتیجه عملکرد شاخه‌های فرعی این گسل، بویژه در میشو خاوری است به گونه‌ای که شاخصهایی مانند Vf نیز از آن متأثر شده‌اند. در حال حاضر، دامنه شمالی میشوداغ در حال تطبیق تدریجی خود با شرایط زمین ساختی فعالی است که چشم انداز کلی آن را تحت تأثیر قرار داده است.

کلیدواژه‌ها: زمین ریخت شناسی زمین ساختی، شاخصهای ریخت سنجی، فعالیت گسلها، گسل شمالی میشو، میشوداغ، شمال باختر ایران

Abstract

In active tectonic regions, topographic features represent ways to quantitatively characterize the interactions between tectonics and surface processes, providing a basis for modeling landscape evolution. This study examines the tectonic geomorphology of Northern Misho Fault (Northwest of Iran), focusing on the general topographic metrics (SL ، Fmf ، Vf ، Fd and Eu), drainage patterns (AF and BS), and river longitudinal profiles. The drainage pattern, topographic analysis and geomorphic properties express the tectonic influence on streams, competing to integrate the northern slope of Misho-Dagh drainage. As a result, oblique and right lateral movements of the northern Misho fault are more than uplift movements, at least in the Late Pleistocene and Holocene. This movement in the western Misho is more than that in eastern Misho. Longitudinal profiles of rivers indicate that present landscape of study area, in addition to the northern Misho fault effects, influenced by secondary faults especially in the eastern Misho, so that the morphometric indices such as Vf has been affected by this secondary faults, too. The northern slope of Misho-Dagh represents a landscape adjusting itself to the modern active tectonic setting.

Keywords: Tectonic geomorphology, Morphometric indices, Faults activity, Northern Misho fault, Misho-Dagh, Northwest of Iran

مقدمه

جنوبی میشو بالا آمده است (اسدیان و همکاران، ۱۳۷۳). گسل شمالی میشو، مرز جداکننده واحد های توپوگرافی و زمین شناسی دامنه شمالی

توده کوهستانی میشوداغ در شمال باختری ایران واقع شده و از نظر زمین ساختی به صورت یک فرازمین (هورست) بین گسلهای شمالی و

نظر اهمیت در رتبه بعد از ابزارهای اندازه‌گیری دقیق قرار دارند Keller & Pinter, 1996). مهم‌ترین این شاخصها، کمیت‌های توپوگرافی (SL)، (Eu و Fd، Fmf، Vf، Smf) و ویژگی‌های شبکه‌های زهکشی (AF) و (Bs) هستند که در این مقاله به بررسی هریک از آنها پرداخته می‌شود. البته لازم به ذکر است که تأثیر فعالیتهای زمین‌ساختی در دیگر بخشهای سامانه‌های رودخانه‌ای از جمله ریخت‌شناسی مخروط افکنه‌ها و پادگانه‌ها نیز مؤثر است که به طور خلاصه به آن نیز اشاره خواهد شد.

با توجه به اینکه کشور ما در روی کمربند لرزه خیز آلپ- هیمالیا واقع شده است، و حدود ۱۵ درصد زلزله‌های جهان در این کمربند اتفاق می‌افتد (Monroe & Wicander, 2001) و با عنایت به وقوع زمین‌لرزه‌های ویرانگر مانند زلزله‌های بم و شمال ایران، امید است یافته‌های تحقیق حاضر، در شناسایی پهنه‌های لرزه زمین‌ساختی فعال‌تر این بخش از کشور، مورد استفاده محققان قرار گیرد.

جایگاه مطالعات زمین ریخت‌شناسی در ارزیابی فعالیت‌های

زمین‌ساختی

مطالعه فعالیت‌های زمین‌ساختی بر اساس اصول زمین‌ریختی، بسته به نوع اطلاعات مورد نظر و میزان دقت آن، در دو سطح انجام می‌گیرد (Keller & Rockwell, 1984): ۱- شناسایی وضعیت منطقه مورد مطالعه از راه گسترش شاخصهای مرتبط با مقاومت سنگها، تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های زمین‌ساختی و ۲- طراحی مدل‌های بسیار دقیق که بتوانند روابط موجود بین شکل‌های زمین، فرایندهای زمین‌ریختی و مواد تشکیل دهنده زمین را در طول زمان تحلیل کنند. بنابراین، شاخصهای زمین‌ریختی یکی از ابزارهای کارآمد در عرصه مطالعات زمین‌ریخت‌شناسی زمین‌ساختی هستند (Keller and Rockwell, 1984; Hesterberg et al., 1995; Ramirez-Harrera, 1998; Wisniewski and Pazzaglia, 2002; Chen et al., 2003 و مختاری، ۱۳۸۰).

از سوی دیگر، با توجه به دسترسی سریع و آسان به شاخصهای کمی ریخت‌سنجی، از راه نقشه‌های توپوگرافی، عکسهای هوایی و ماهواره‌ای و یا بازدیدهای میدانی، امکان ایجاد ارتباطی منطقی بین پی سنگ و شکل‌های سطح زمین از یک طرف و اثر عوامل زمین‌ساختی و آب و هوایی از طرف دیگر فراهم می‌آید.

شاخصهای زمین‌ریختی مورد استفاده در مطالعات زمین‌ریخت‌شناسی زمین‌ساختی، عمدتاً شامل شاخصهای مرتبط با فرایندهای انباشتی و کاوشی حاکم در سامانه‌های رودخانه‌ای هستند (Keller & Rockwell, 1984). زیرا الگوی توسعه و تکامل

میشود است، بدین ترتیب که در میشو باختری واحدهای دشت (حوضه رسوبی کواترنری) و کوهستان (رسوبات نئوژن)، و در میشو خاوری واحدهای کوهستان مرتفع (رسوبات پالئوژن) و فلات (رسوبات نئوژن) را از هم جدا کرده است، لذا جبهه کوهستانی امتدادگسل شمالی میشو، در میشو باختری به دشت مرند و در میشو خاوری به واحد توپوگرافی فلات مشرف است. ویژگی‌های سنگ‌شناختی دو بخش اصلی دامنه شمالی میشو نیز در امتداد جبهه کوهستانی دارای ویژگی‌های متفاوتی بوده و عناصر سازنده جبهه کوهستانی در میشو خاوری عمدتاً از سنگهای مقاوم هستند. در حالی که، در میشو باختری عناصر سازنده جبهه کوهستانی عمدتاً رسوبات میوسن، با مقاومت کمتر می‌باشند (شکل ۱).

تغییراتی که در زمین ریخت‌شناسی دامنه شمالی میشوداغ و بویژه جبهه کوهستانی آن، در بخشهای مختلف (خاوری و باختری) و در امتداد گسل شمالی میشو دیده می‌شود، زمینه خوبی برای ارزیابی میزان فعالیت زمین‌ساختی در دو بخش آن، از طریق ریخت‌سنجی شکل‌های زمین‌ریختی مرتبط با این گونه فعالیتها، فراهم آورده است. شکل‌های توپوگرافی در ارزیابی کمی اثرات متقابل زمین‌ساخت و فرآیندهای سطح زمین در نواحی فعال زمین‌ساختی، جایگاه ویژه‌ای دارند و استفاده از آنها می‌تواند زمینه مدل‌بندی تکامل چشم‌انداز، در منطقه مورد نظر را فراهم کند (Molin et al., 2002).

مبنای نظری تحلیل‌های ریخت‌سنجی، روابطی است که به صورت نسبی بین فرایندهای مؤثر در سطح اساس محلی (بالآمدگی زمین‌ساختی، بریدگی رودخانه‌ای، فرسایش و رسوبگذاری حوضه) و سامانه‌های رودخانه‌ای که از میان جبهه‌های کوهستانی متأثر از عوامل ساختاری می‌گذرند، وجود دارد (Bull & McFadden, 1977). توپوگرافی سطح زمین نیز، نتیجه عملکرد نیروهای درونی و بیرونی در محل سطح تماس است (رجایی، ۱۳۷۳; Cloetingh et al., 2002). لذا، یکی از اهداف این تحقیق، تبیین فرایندهای نوزمین‌ساخت مؤثر در شکل‌گیری چشم‌انداز دامنه شمالی میشوداغ و مخاطرات طبیعی ناشی از این نوع فرایندهاست. برای نیل به این هدف، عمده توجه به مطالعه اثرات متقابل زمین‌ساخت فعال، تکامل توپوگرافی و شکل‌گیری الگوی زهکشی معطوف شده است. بدیهی است که برای وقوع تغییرات حاصل از فعالیت‌های زمین‌ساختی در سطح زمین، هزاران سال وقت لازم است (Chen et al., 2003) و این زمان در مقایسه با عمر انسان بسیار زیاد است. با وجود معرفی ابزار علمی کارآمد، برای اندازه‌گیری این تغییرات بطئی، از سوی دانشمندان علوم زمین، هنوز هم ویژگی‌های سامانه‌های رودخانه‌ای و شکل‌های توپوگرافی، از جمله شاخصهایی هستند که در ارزیابی عملکرد زمین‌ساخت، در مقیاس دهه‌ها و سده‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرند و از

گسل‌ها را از نظر فعالیت به گسل‌های فعال و نفعال تقسیم می‌کنند. در حال حاضر هیچ گونه تعریفی از گسل فعال، که جامعیت جهانی داشته باشد و همچنین اصول و معیارهایی که بتوان بر اساس آن گسل‌های فعال را شناخت و رده بندی کرد، ارائه نشده است. بنابراین چاره‌ای جز بیان نظرات مختلف ارائه شده در منابع گوناگون نیست. در واقع، پاسخ به این سؤال که آیا گسلی فعال است یا نه، کاری بس مشکل است و به همین دلیل تعاریف مختلفی در مورد گسل‌های فعال، بسته به سلیقه افراد و نیز اهداف مورد نظر، ارائه شده است (Dehandschutter's, 2001).

Slemmons & McKinney (1977) پس از بررسی مقاله‌های متعدد در مورد فعالیت گسل‌ها، گسل فعال را گسل‌هایی می‌دانند که در رژیم زمین ساخت لرزه‌ای فعلی حرکاتی داشته و احتمال حرکت آنها در آینده نیز وجود دارد. گروه تحقیقاتی گسل‌های فعال ژاپن (RFAFJ) نیز تعریف مشابهی از گسل‌های فعال ارائه کرده است.

Panizza & Castaldini (1987) گسل‌ها را به دو دسته گسل‌های فعال و گسل‌های مستعد فعالیت تقسیم کرده‌اند. در تعریف این محققان، گسل فعال گسلی است که در آن جابه‌جایی در سنگها و یا تغییراتی در شکلهای زمین ریخت‌شناسی معنی دار مشاهده شود، و گسل مستعد فعالیت، گسلی است که در سنگها و شکلهای زمین ریخت‌شناسی معنی دار جابه‌جایی یا تغییری دیده نمی‌شود. در اینجا منظور از سنگها و یا شکلهای معنی دار، آنهایی هستند که در ارزیابیهای نوزمین ساخت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

تقسیم بندی ارائه شده توسط Keller & Pinter (1996) نیز در نوع خود قابل توجه است (جدول ۱). تازه‌ترین کوشش در مورد فعالیت گسل‌ها بر پایه لرزه‌های دیرینه توسط دانشمندی به نام Machette (2000) انجام شده است و تقسیم بندی خود را در مورد فعالیت گسل‌ها، بر اساس مقیاس زمانی مطلق پایه گذاری کرده است. اگر جابه‌جایی در امتداد گسل در ۱۰۰۰۰ سال گذشته اتفاق افتاده باشد، نام گسل فعال در هولوسن بدان داده می‌شود. گسلی که در ۱۳۰۰۰۰ سال گذشته جابه‌جایی داشته باشد، به گسل فعال در کواترنر بالایی معروف است. و اگر جابه‌جایی مربوط به ۱/۶ میلیون سال گذشته باشد نام گسل فعال در کواترنر به خود می‌گیرد.

گسل فعال بالفعل و گسل فعال بالقوه از جمله اصطلاحات نامأنوسی هستند که در مطالعات مربوط به برآورد خطر زمین لرزه از آن استفاده می‌شود و تفسیرهای مختلفی از طرف سازمانهای مختلف در مورد آنها صورت گرفته است (Dehandschutter's, 2001). تعریف کمیسیون قانون گذاری ایالات متحده آمریکا از گسل‌های فعال بالقوه، گسل‌هایی

شبه‌های زهکشی، از جمله شاخص‌هایی است که به تغییرات حاصل از فعالیتهای زمین‌ساختی بسیار حساس است (Keller & Pinter, 1996; Grant, 2002; Becker et al., 2000; Chen et al., 2003) و مطالعات انجام شده در چند سال اخیر نیز حاکی از نقش فعالیتهای نوزمین‌ساخت در شکل‌گیری سامانه‌های رودخانه‌ای است (Hesterberg et al., 1995; Li et al., 1999; Winter et al., 2000; Schumm et al., 2000; El Hamdouni et al., 2000; Guccione et al., 2001; Grant, 2002; Wisniewski and Pazzaglia, 2002; Chen et al., 2003; Snyder et al., 2003; Stokes and Mather, 2003; Garcia-Melendez et al., 2003; Garcia et al., 2003; Viseras et al., 2003; Schoorl et al., 2003).

یکی دیگر از ابزارهای مفید در شناسایی و معرفی پدیده‌های چشم انداز از دیدگاه زمین ریخت‌شناسی زمین ساختی، تحلیل‌های توپوگرافی است. این تحلیل‌ها سرنخ‌هایی بسیار ارزشمند در تشخیص گسل‌های فعال به دست می‌دهند (Goudie, 2004) و با آنها می‌توان علاوه بر نمایش الگوی عمومی چشم انداز، که فرایندهای دینامیکی بزرگ مقیاس را شامل می‌شود، پدیده‌های محلی مانند فعالیتهای زمین ساختی متوسط مقیاس را نیز مورد بررسی قرار داد (Molin et al., 2002).

گونه شناسی گسل‌ها

افزایش روزافزون اطلاعات در مورد فعالیتهای زمین ساختی به درک بهتر گسل، دلایل ایجاد آن و بالاخره اثرات آن در چشم انداز کمک شایانی کرده است. در جایی که صفحه‌های پوسته زمین به هم نزدیک شده و برخورد می‌کنند، سنگها با شدت هر چه تمام‌تر به یکدیگر فشرده می‌شوند. در این حال سنگ کره به سوی اشغال فضای کمتری از سطح زمین سوق داده می‌شود. سنگها در واکنش به این وضعیت خرد شده، خمیده، چین خورده، لغزیده و یا در اثر فشار وارده به بالا یا پایین حرکت می‌کنند. در جایی که صفحه‌ها از همدیگر دور می‌شوند و پوسته زمین یک فاز بازشدگی را تجربه می‌کند، فشار از نوع کششی است و صفحه‌ها تمایل به دور شدن از همدیگر را دارند. در اثنای این عمل، احتمالاً عمل کشش به طرفین، به وسیله واکنش سنگها به صورت نازک‌شدگی و کاهش ضخامت سنگ کره جبران شود (Ziegler & Cloetingh, 2004) و در غیر این صورت، سنگها می‌شکنند و یا چین می‌خورند. در جاهایی که گسل‌های موازی در کنار همدیگر قرار گرفته‌اند، بلوک‌هایی از زمینهای واقع در بین خطوط گسل فرو می‌نشینند و بالاخره در جاهایی که صفحه‌ها در کنار هم می‌لغزند و یا جاهایی که نیروهای فعال زیر پوسته زمین، در جهت افقی عمل می‌کنند، فشار از نوع تراگذر (Transverse) می‌باشد.

عقیده ایشان، اگرچه زمان آخرین فعالیت این گسل کوتاه‌تر است اما به نظر می‌رسد حرکات گسل شمالی میشو بسیار جوان‌تر از این هم باشد. مطالعات انجام شده توسط نگارنده (۱۳۷۹، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ الف و ب) در قسمتهایی از منطقه مورد مطالعه نیز نشانگر وجود شواهد زمین ریختی دال برفعالیتهای زمین ساختی جوان در منطقه می‌باشد که عمده این آثار درامتداد و یا مجاورت گسل شمالی میشو قرار گرفته‌اند.

گسل شمالی میشو، به عنوان مهم‌ترین گسل دامنه شمالی میشو، در جهت خاوری- باختری کشیده شده و سازوکار کلی آن احتمالاً به صورت مورب لغز است که دارای مؤلفه راندگی و مؤلفه افقی راستگرد می‌باشد (شکل ۲).

روش تحقیق

فعالیت گسل را می‌توان از راه بررسی شواهد تاریخی، زمین شناسی، زمین ریخت شناسی، لرزه شناسی، ژئودزی، ژئوشیمی، ژئوفیزیکی و آتشفشانی تعیین کرد (Goudie, 2004). با توجه به اینکه هیچ گونه آثاری از زلزله‌های گذشته منطقه، به جز در ۸۸ سال اخیر در دسترس نیست و همچنین با عنایت به اهداف تحقیق، تنها به شواهد زمین شناسی و زمین ریخت شناسی منطقه بسنده شده است.

اطلاعات لازم در ارتباط با ویژگیهای ریخت سنجی شکل‌های توپوگرافی جبهه کوهستانی و الگوهای سامانه‌های رودخانه‌ای از نقشه‌های توپوگرافی بزرگ مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و بازدیدهای میدانی مکرر به دست آمده است. برای بررسی شواهد موجود در مورد فعال بودن گسل شمالی میشو، پیشینه مطالعات انجام شده در ارتباط با فعالیت این گسل از منابع مختلف جمع آوری و آمار زمین لرزه‌های رخ داده در ۸۸ سال اخیر از پایگاه اینترنتی پژوهشگاه بین المللی زلزله به دست آمد.

در این تحقیق، جبهه کوهستانی به صورت پرتگاههای موجود در امتداد گسل شمالی میشو تعریف می‌شود. برای تحلیل مسائل جبهه کوهستانی، این جبهه به دو بخش خاوری و باختری تقسیم شده که هر کدام از این بخشها ویژگیهای ریخت شناسی و زمین شناسی خاص خود را داراست.

بیشتر شاخصهای ریخت سنجی مورد استفاده در این تحقیق، قبلاً توسط محققان دیگر در نواحی خشک و نیمه خشک جنوب باختری ایالات متحده (Bull & McFadden, 1977; Bull, 1984)، چاله آکامیای در مکزیک (Ramirez-Harrera, 1998)، ایالت گراندای اسپانیا (El Hamdouni et al., 2000)، کالابریا در جنوب ایتالیا (Molin et al., 2002)، شمال باختر نیومکزیکو (Wisniewski et al., 2002) و تایوان (Chen et al., 2003) برای

است که یک بار در ۵۰۰۰۰ سال گذشته و یا چندین بار در ۵۰۰۰۰۰ سال گذشته جابه جا شده‌اند، در حالی که تفسیر دیگر سازمانها از این نوع گسلها، گسلهایی است که در آینده احتمال جابه جایی در آنها وجود دارد. فرمانداری ایالت کالیفرنیا، گسلهای فعال بالقوه را به صورت گسلهایی تعریف می‌کند که در طول کوتاه‌تر با جابه جاییهای منجر به گسیختگی زمین همراه بوده‌اند، در حالی که در تعاریف دیگر سازمانها، این نوع گسلها به عنوان گسلهایی، که احتمال فعالیت در رژیم زمین ساخت فعلی از آنها انتظار می‌رود ولی در حال حاضر هیچ گونه فعالیتی ندارند، شناخته می‌شوند (Machette, 2000).

بسیاری از زمین شناسان معتقدند به گسلی می‌توان فعال گفت که در دوره هولوسن (Keller & Pinter, 1996) و یا اواخر پلیستوسن و هولوسن (Slemmons and McKinney, 1977; Galadini et al., 2001) حرکاتی در آن صورت گرفته باشد. از نظر زمین شناسی، دوره کوتاه‌تر (۱/۶۵ میلیون سال گذشته) زمان زیاد دوری نیست و بسیاری از چشم اندازهای اطراف ما در طی همین دوره شکل گرفته‌اند. هر گسلی که در طی این دوره (کوتاه‌تر) حرکت داشته باشد به گسل فعال بالقوه معروف است. گسلهایی که در دوره کوتاه‌تر هیچ گونه فعالیتی نداشته به گسل نافع موسومند (جدول ۱). برخی دیگر از زمین شناسان گسلی را فعال تلقی می‌کنند که در آنها نوعی رژیم زمین ساختی فعال (این رژیم بر اساس فعالیت پدیده‌های ژئودینامیکی مانند زمین‌لرزه‌ها، خزش، فعالیت زمین ساختی و غیره تعریف می‌شود) در جریان است و بر همین اساس، نوزمین ساخت را به فعالیتهای زمین ساختی می‌گویند که در رژیم زمین ساخت کنونی، فعال هستند (Dehandschutter's, 2001). از نظر اندازه نیز گسلها گوناگون هستند. برخی از آنها ممکن است کیلومترها طول داشته و برخی کوتاه باشند.

آیا گسل شمالی میشو گسلی فعال است؟

اسدیان و همکاران (۱۳۷۳) در تحلیلهای خود در مورد تکامل زمین شناسی منطقه به اثرات فاز کوهزایی پاسادین اشاره کرده‌اند و جعفرخانی (۱۳۷۴) تحولات شبکه رودخانه‌ای و فعالیتهای زمین ساختی را محصول همین فاز کوهزایی می‌داند که در حال پایان بخشیدن به سیر تکاملی حوضه‌های رسوبی منطقه است. حسامی و همکاران (۱۳۷۵) وجود افزایش گسلی آشکار، که عوامل فرسایشی آنها را دستکاری چندانی نکرده‌اند، جابه جایی راستگرد رودخانه‌ها و آبراهه‌ها، وجود فرونشستهایی در امتداد گسل و از همه مهم‌تر، رانده شدن سازند سرخ بالایی (رسوبات میوسن) بر روی سنگهای آتشفشانی کوتاه‌تری در محل روستای گزافر در میشو باختری را دال بر فعال بودن گسل شمالی میشو می‌دانند (شکل ۱) به

اندکی از گسل شمالی میشو به طرف بالادست حوضه‌ها مقدار شاخص SL یک‌باره افزایش می‌یابد و در واقع بیشترین مقدار شاخص در طول مسیر نیمرخها، مربوط به همین بخشهاست. به نظر می‌رسد وجود این فاصله بین اوج SL و مسیر گسل شمالی میشو نشانگر پسروری بی‌نظمیهای حاصل از عملکرد گسل شمالی میشو به طرف بالادست حوضه با گذشت زمان است، که در سنگهای مقاوم بالادست گسل صورت گرفته است. فاصله بین گسل و اوج SL در نیمرخهای مختلف رودخانه‌های میشو خاوری متفاوت است که این وضعیت ناشی از تفاوتی است که از نظر سنگ شناسی بین سنگهای سازنده مسیر نیمرخها و آبدی رودخانه‌ها وجود دارد. کمترین این فواصل (۶۰۰ متر) در رودخانه گلجارچای (با سنگهای آذرین) و بیشترین آنها (۳ کیلومتر) در رودخانه قره چای (با سنگهای پرکامبرین) دیده می‌شود. در یکی از رودخانه‌های منطقه به نام باغلار چای، اوج شاخص با مسیر گسل منطبق است که دلیل آن تطبیق بخش زیادی از مسیر رودخانه با مسیر گسل است.

آنچه در شکل ۴ دیده می‌شود، وجود یک نقطه اوج دیگر در شاخص SL در امتداد گسل فرعی F2 است که تا حدودی بر هم منطبق هستند. این وضعیت را می‌توان به جوان بودن این گسل نسبت به گسل اصلی شمالی میشو نسبت داد که به رغم وجود سنگهای نامقاوم در بالادست آن، هنوز رودخانه‌ها توانسته‌اند بی‌نظمی حاصل از آن را از بین ببرند.

در نیمرخهای میشو باختری (شکل ۵) نیز این فواصل بین گسل شمالی میشو و نقطه اوج SL وجود داشته و مقدار آن به ۱/۵ تا ۳ کیلومتر می‌رسد. برخلاف میشو خاوری که اوج SL در بالادست گسل شمالی میشو دیده می‌شد، در بیشتر نیمرخهای بخش باختری این اوج در امتداد گسل دیگری، که با F4 مشخص شده است، دیده می‌شود. گسل اخیر بخش بالادست حوضه‌های منطقه را در میشو باختری به طور عرضی قطع کرده است و اثر آن در مقادیر شاخص SL در نیمرخهای رودخانه‌ها به خوبی مشهود است.

افزون بر اثر فعالیتهای گسلهای منطقه در نیمرخ طولی رودخانه‌ها، اثر عامل سنگ شناسی نیز در کنار این فعالیتها به خوبی مشهود است. به گونه‌ای که در برخی قسمتهای نیمرخها (به عنوان مثال نیمرخ گلجارچای (شکل ۶)، بخش سنگهای آذرین) اثر مقاومت سنگها در برابر فرسایش موجب افزایش مقدار شاخص SL شده است.

نسبت عرض بستر دره به ارتفاع آن: این شاخص در مناطقی که رودخانه سازندهای زمین شناسی و واحدهای ساختاری را به صورت عرضی قطع می‌کنند، در ارزیابی فعالیتهای زمین ساختی کاربرد وسیعی دارد. موقعیت محل اندازه گیری کمیتهای لازم برای محاسبه نسبت فوق،

ارزیابی فعالیتهای زمین ساختی به کار رفته‌اند. بنابراین، به کارگیری این شاخصها، با توجه به شباهتهایی که منطقه مورد مطالعه از نظر محیطی با برخی از نواحی ذکر شده در بالا دارد، می‌تواند به نتایج خوبی در زمینه ارزیابی فعالیتهای زمین ساختی در منطقه منتهی شود.

ریخت سنجی شکلهای حاصل از فعالیتهای گسل

روشهای ریخت سنجی (جدول ۲) به عنوان ابزاری برای تشخیص نواحی که تغییرات زمین ساختی سریعی را تجربه کرده‌اند، شناخته می‌شوند (Goudie, 2004). شاخصهای مورد اشاره در زیر از جمله این شاخصها هستند.

تضاریس جبهه کوهستان: برای اندازه‌گیری این شاخص، کمیتهای لازم در دو بخش دامنه شمالی میشو بدین ترتیب به دست آمد:

۱- در میشو خاوری جبهه کوهستانی منطبق بر مسیر گسل شمالی میشو، با منحنی میزان ۱۹۰۰ متر تطابق دارد بنابراین امتداد این منحنی میزان در حدفاصل مرز خاوری حوضه آبریز گلجار چای تا مرز باختری حوضه آبریز باغلار چای (شکل ۲) از روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ برای اندازه‌گیری کمیتهای مورد نظر، در نظر گرفته شد.

۲- در میشو باختری جبهه کوهستانی منطبق بر مسیر گسل شمالی میشو، با منحنی میزان ۱۳۰۰ متر تطابق دارد. بنابراین، امتداد این منحنی میزان در حدفاصل آبراهه اصلی رودخانه چولمکلی دره تا آبراهه اصلی رودخانه شورچای (شکل ۳) از روی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ برای اندازه‌گیری کمیتهای مورد نظر، در نظر گرفته شد.

براین اساس، مقدار این شاخص در میشو خاوری ۲/۶ و در میشو باختری ۲/۳ است که نشانگر کمی فعالیتهای زمین ساختی در میشو خاوری (در امتداد گسل شمالی میشو) نسبت به میشو باختری است (جدول ۳).

سطوح چندوجهی: اندازه‌گیریهای صورت گرفته در مورد شاخصهای مربوط به وجود سطوح چند وجهی در جبهه کوهستانی میشوداغ نشان می‌دهد که درصد سطوح چند وجهی (Fmf%) در جبهه کوهستانی میشو باختری، به رغم سنگ شناسی نامقاوم بیشتر از میشو خاوری است (جدول ۳) و جبهه کوهستانی در امتداد گسل شمالی میشو و در هر دو بخش دامنه شمالی آن توسط رودخانه‌ها بریده شده است و از پرتگاههای بریده نشده در امتداد جبهه کوهستانی اثری دیده نمی‌شود.

شاخص شیب رودخانه (SL): شکل ۴ و ۵ به ترتیب نیمرخ طولی و مقدار SL محاسبه شده برای رودخانه انامق چای (نماینده رودخانه‌های میشو خاوری) و رودخانه زنجیره چای (نماینده رودخانه‌های میشو باختری) را نشان می‌دهند. همان گونه که از شکل ۵ پیداست، در فاصله

است تا رودخانه مذکور، مخروط افکنه قدیمی خود را بریده و بستر خود را در میان رسوبات منطقه به عمق ببرد. در دیگر حوضه‌ها، رودخانه‌های منطقه به دلیل سنگ شناسی نامقاوم جبهه کوهستانی بستر خود را به عمق برده‌اند و همزمان با آن برجستگی‌های بین دره‌ای نیز تا حدودی تحلیل رفته‌اند.

عرض حوضه‌های آبریز منطقه مورد مطالعه نیز همانند حوضه‌های مناطق فعال زمین ساختی در دیگر مناطق دنیا در جبهه کوهستانی باریک‌تر است (شکل ۳).

عدم تقارن حوضه آبریز: مقادیر محاسبه شده AF ، که در ستون پنجم جدول ۳ آمده است، نشان می‌دهد که در بیشتر حوضه‌های منطقه مقدار این شاخص بیش از ۵۰ است که نشانگر تمایل حوضه‌ها به طرف کناره چپ آبراهه اصلی حوضه است. در برخی از حوضه‌ها، بویژه در حوضه‌های میشو باختری که مقدار شاخص کمتر از ۵۰ است، عامل اصلی، به احتمال زیاد، اسارتها و انحرافهای رودخانه‌ای است که در مسیر آبراهه‌های حوضه‌ها صورت گرفته است و رودخانه‌هایی که قبلاً به صورت جداگانه به دشت می‌رسیدند در حال حاضر با هم ادغام شده‌اند.

نتیجه‌گیری

توپوگرافی زمین نمایانگر روابط متقابلی است که بین فعالیتهای زمین ساختی، که باعث حرکت توده‌های سنگهای سطح زمین شده، و فرایندهای زمین ریختی، که آرایش دوباره مواد بر روی ناهمواریهای حاصل از فعالیتهای زمین ساختی را بر عهده دارند، وجود دارد. تغییراتی که در چشم‌انداز یک ناحیه فعال زمین ساختی در اثر فعالیتهای زمین ساختی اتفاق می‌افتد، در ارزیابی فرایندهای زمین ساختی کوچک مقیاس و بزرگ مقیاس، از اولین شواهد به شمار می‌آیند. در واقع می‌توان گفت که اثر زمین ساخت بر توپوگرافی بسیار گسترده است، بنابراین یکی از ابزارهای ارزشمند اندازه‌گیری شکلهای چشم‌انداز «تحلیلهای توپوگرافی» است. استفاده از این ابزار به محقق این امکان را می‌دهد تا دورنمای کلی چشم‌انداز، که نتیجه فعالیتهای زمین ساختی بزرگ مقیاس است، و پدیده‌های کوچک محلی، که از فعالیتهای متوسط مقیاس حاصل می‌شود، را مورد مطالعه و بررسی قرار دهد.

نتایج به دست آمده از تحلیل این روابط در منطقه مورد مطالعه، که بر پایه اندازه‌گیریهای توپوگرافی، بررسی الگوهای شبکه آبراهه‌ای و نیمرخ طولی آبراهه‌ها بوده است، حاکی از این است که چشم‌انداز مورد نظر تا حد زیادی از فعالیتهای زمین ساختی منطقه، بویژه فعالیت گسل شمالی میشو تأثیر پذیرفته است. در مقیاسی وسیع‌تر، مهم‌ترین نقش فعالیت این

بر مقدار آن مؤثر است. بنابراین محل اندازه‌گیری در حوضه‌های کوچک ۰/۵ کیلومتر و در حوضه‌های بزرگ ۰/۵ تا ۱ کیلومتری جبهه کوهستانی در نظر گرفته می‌شود (Ramirez-Harrera 1998). دلیل این امر این است که هر چه از جبهه کوهستانی به طرف بالادست برویم، عرض بستر دره کاهش می‌یابد. البته باید در نظر داشت که مقادیر نسبت Vf از عوامل دیگری نیز مانند مساحت حوضه آبریز، آبدهی رودخانه و جنس سنگهای سازنده بستر نیز تأثیر می‌پذیرد.

در این تحقیق برای محاسبه این نسبت از نقشه‌های توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ استفاده شده است. و فاصله در نظر گرفته شده از جبهه کوهستانی ۰/۵ کیلومتر است.

ستون سوم جدول ۳ مقادیر محاسبه شده این شاخص برای دره‌های رودخانه‌های منطقه را نشان می‌دهد که مقادیر آن در دره‌های میشو باختری به مراتب بیشتر از میشو خاوری است. در ظاهر چنین به نظر می‌رسد که عملکرد فعالیتهای زمین ساختی در میشو خاوری جدیدتر از میشو باختری بوده است در حالیکه شاخصهای ریخت‌سنجی مورد اشاره در بالا به طور تلویحی بر این دلالت داشتند که این فعالیتهای در میشو خاوری کمتر از میشو باختری بوده‌اند. در اینجا باید دلیل وجود چنین تناقضی را در عوامل دیگری غیر از عملکرد گسل شمالی میشو جستجو کرد:

۱- در میشو خاوری، وجود گسلهای فرعی دیگری غیر از گسل شمالی میشو (شکل ۱ گسلهای $F2$ و $F3$) که تقریباً به موازات و در شمال آن کشیده شده و حتی رسوبات کواترنری را نیز تحت تأثیر قرار داده‌اند، باعث پایین آمدن سطح اساس در شمال گسل شده‌اند. به گونه‌ای که، رودخانه‌های منطقه مخروط افکنه‌های مربوط به پلیوسن - اوایل پلیستوسن را بریده و مخروط افکنه‌های جدیدی را در پایین دست آنها ایجاد کرده‌اند. ساختار مخروط افکنه‌های جوان منطقه نیز از این فعالیتهای در امان نبوده است (مختاری، ۱۳۸۱ الف و ب). عملکرد این گسلها در پایین دست گسل شمالی میشو، زمینه را برای افت مکرر سطح اساس در دوره‌های اخیر زمین شناسی فراهم آورده و لذا رودخانه‌ها بارها بستر خود را به عمق برده‌اند که وجود پادگانه‌های آبرفتی با سنین مختلف، نشانگر این مسئله است (شکل ۷ و ۸).

۲- سنگهای سازنده بالادست گسل شمالی میشو مقاوم بوده و عوامل فرسایشی توانایی کمی برای ازمیان برداشتن برجستگیهای بین دره‌ای داشته‌اند، لذا رودخانه‌ها فقط در همان مسیر آبراهه اصلی بستر خود را به عمق برده‌اند.

در میشو باختری تنها در دره رودخانه زنجیره چای وضعی مشابه رودخانه‌های میشو خاوری دیده می‌شود و وجود یک گسل کوچک فرعی به موازات گسل شمالی میشو در شمال آن (شکل ۱) موجب شده

(BS) در میشو باختری، به رغم سنگ شناسی نامقاوم آنها نشانگر فعالیت بیشتر زمین ساخت در این قسمت از میشو است (شکل ۲).

۷- شاخص عدم تقارن حوضه‌های آبریز نشانگر تمایل حوضه‌ها به طرف کناره چپ آبراهه اصلی است. به عبارت دیگر، تمرکز فرایش فعال در ساحل راست حوضه‌ها را نشان می‌دهد.

در مجموع می‌توان گفت بررسی پدیده‌های زمین ریخت شناسی و شاخصهای مختلف ریخت سنجی در منطقه، فعال و شدید بودن فعالیت‌های زمین ساختی در میشو باختری را نسبت به میشو خاوری در امتداد گسل شمالی میشو تأیید می‌کنند ولی شواهد و قرائن موجود مانند موقعیت اوج جنبشهای زمین ساختی جوان و فعال منطقه هستند، نشانگر این است که فعالیت‌های زمین ساختی از نوع بالا آمدگی، دست کم در کواترنر بالایی در امتداد گسل شمالی میشو صورت نگرفته است. لیکن نتایج به دست آمده از شاخصهایی مانند عدم تقارن حوضه‌ها، مشاهدات میدانی از قبیل انحراف رودخانه‌ها از مسیر خود در میشو خاوری به سمت راست، چندبخشی شدگی مخروط افکنه‌ها به صورت جانبی در میشو باختری و وجود پادگانه‌های آبرفتی در ضلع باختری آبراهه‌ها در بالادست گسل، نشانگر فعالیت‌های زمین ساختی از نوع اریب لغز با مؤلفه افقی راستگرد است.

گسل در شکل گیری چاله زمین ساختی مرند بوده است، به گونه‌ای که، حاشیه جنوبی این دشت با مسیر گسل شمالی میشو مطابقت دارد.

بررسی شاخصهای ریخت سنجی نشان می‌دهد که:

۱- زیاد بودن میزان Smf و ویژگیهای سطوح چند وجهی حاکی از کمی فعالیت‌های زمین ساختی در امتداد گسل است.

۲- موقعیت نقاط اوج شاخص شیب رودخانه‌ها در فاصله‌ای زیاد از گسل نشانگر آرامش زمین ساختی در منطقه می‌باشد، ولی در امتداد گسل‌های دیگر منطقه، مانند گسل F2 در میشو خاوری و F4 در میشو باختری (شکل ۱)، نقاط اوج شاخص منطبق برخط گسل یا نزدیک به آن است، این امر نشانگر فعالیت‌های زمین ساختی جدیدتر در امتداد این گسل‌هاست.

۴- در برخی از نیمرخهای شاخص شیب رودخانه گلجار چای، اثر سنگ شناسی بر این شاخص مشهود است که لازم است در مطالعاتی از این دست به این مورد توجه شود.

۵- پایین بودن ضریب Vf در میشو خاوری را می‌توان به عملکرد گسل‌های فرعی موازی با گسل شمالی میشو (گسل F2 و F3) (شکل ۱) و افت مکرر سطح اساس در امتداد آنها و سنگ شناسی مقاوم سنگ‌های بالادست گسل شمالی میشو نسبت داد.

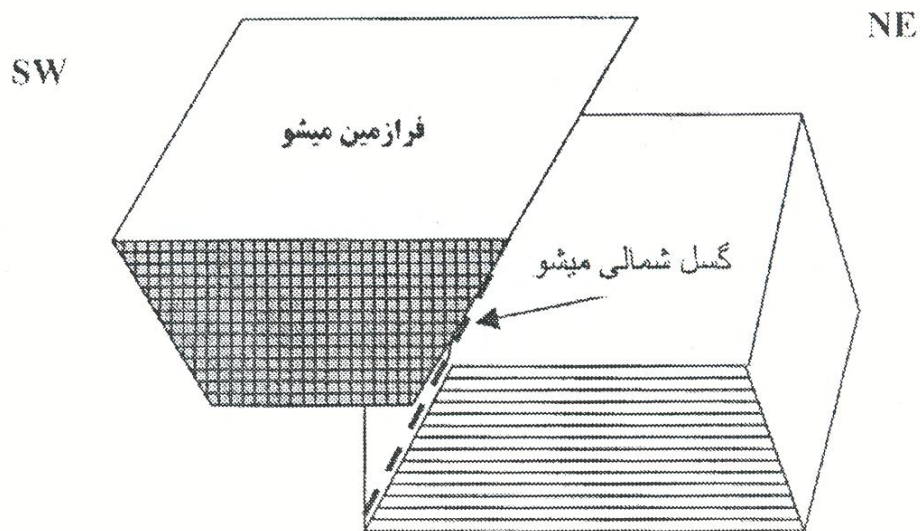
۶- عرض حوضه‌های آبریز منطقه به دیگر حوضه‌های مناطق فعال زمین ساختی شباهت دارد، با این حال، کشیده بودن شکل حوضه‌های آبریز

جدول ۱ - رده بندی گسلها از نظر فعالیت (Keller and Pinter, 1996)

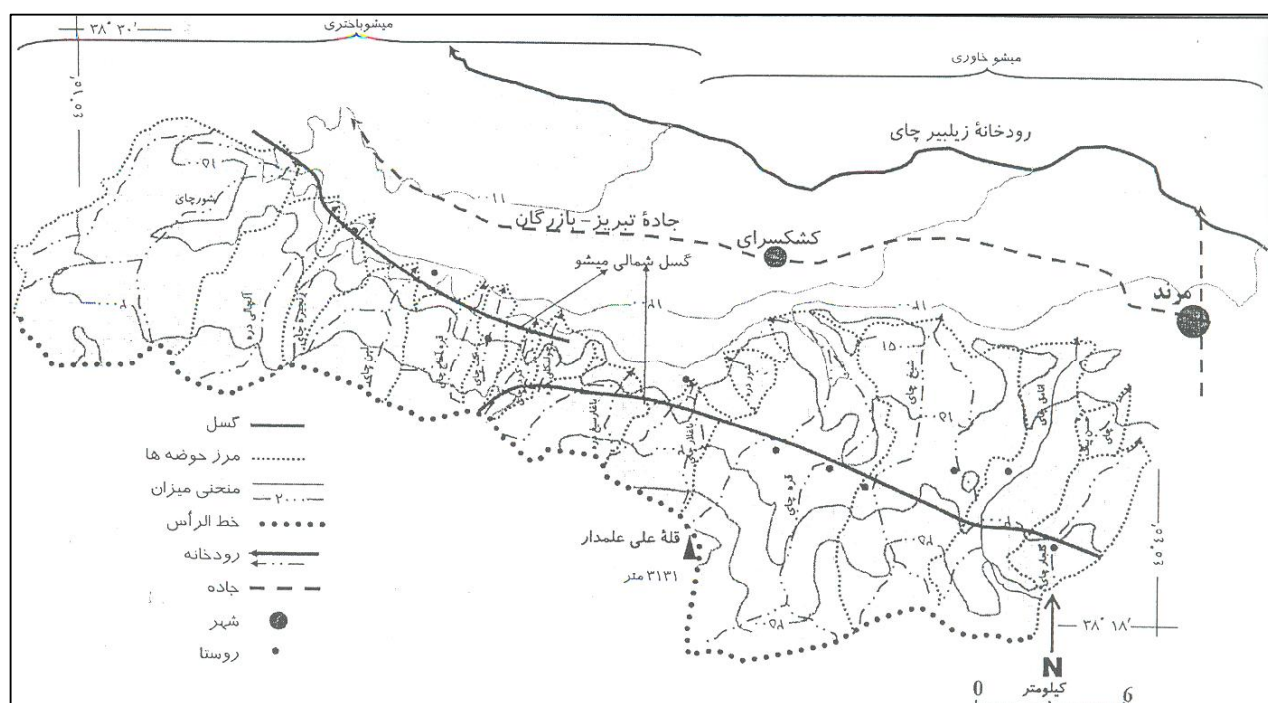
سن زمین شناسی			سال قبل از این	فعال	فعال بالقوه
عصر	دوره	اشکوب			
سنزویک	کواترنری	معاصر هولوسن	۲۰۰	فعال	فعال بالقوه
		پلئستوسن	۱۰۰۰۰		
	ترشیاری	قبل از پلئستوسن	۱۶۵۰۰۰	غیر فعال	
قبل از سنزویک			۶۵۰۰۰۰		
سن زمین			۴۵۰۰۰۰۰		

جدول ۲- خلاصه‌ای از شاخصهای مورد استفاده برای تحلیل شکلهای حاصل از فعالیتهای گسل شمالی میشود دامنه شمالی میشود

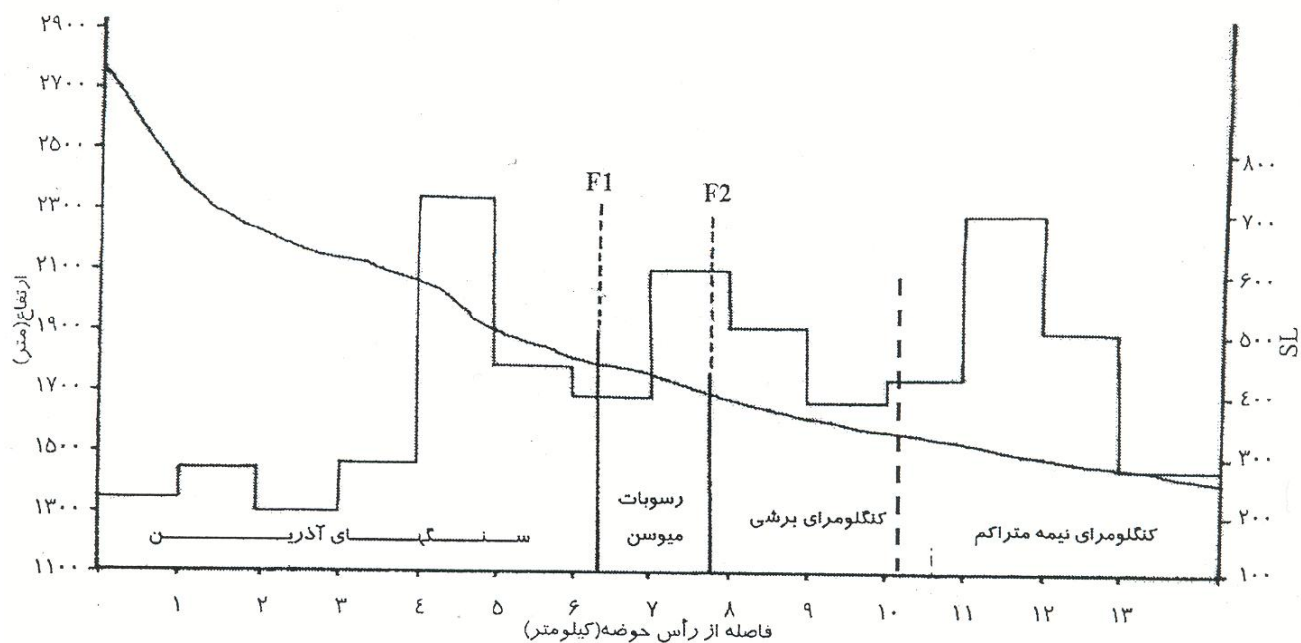
پارامتر مورفومتریک	ریشه ریاضی	تعریف اجزای معادله‌ها	روش اندازه گیری	هدف	معنی داری	منبع
۱ نسبت SL شاخص شیب رودخانه	$SL = (\Delta H / \Delta L) / L$	که در آن $\Delta H / \Delta L$ شیب آبراهه در بخش از مسیر آبراهه (ΔH) اختلاف ارتفاع بین ابتدا و انتهای مسیر و ΔL طول مسیر مورد نظر است. و L طول آبراهه از مرز حوضه در بالادست آن - در امتداد آبراهه اصلی - تا نقطه میانی مسیر مورد نظر می باشد.		هر گونه بی نظمی در نیمرخ طولی رودخانه را که میتواند نشانگر وجود شرایط ناموزون در امتداد آبراهه باشد. نشان می دهد	تغییرات در شیب آبراهه ممکن است دلیلی بر عدم تعادل و ناآرامی منطقه در اثر بالادستی تکتونیکی در امتداد گسلهای فعال باشد	Hack, 1973
۲ نسبت V_f عرض کف دره بر ارتفاع آن	$V_f = 2V_{fw} / ((E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc}))$	که در آن V_{fw} عرض کف دره E_{ld} ارتفاع کناره دره در سمت چپ، E_{rd} ارتفاع کناره دره در سمت راست و E_{sc} ارتفاع کف دره می باشد. لازم به یاد آوری است که راست یا چپ بودن براساس نگاه بیننده به طرف پایین دست در نظر گرفته می شود.		نسبت عرض کف دره به ارتفاع متوسط دیواره های دوطرف دره نشان می دهد	بر اساس نتایج محاسبه این شاخص دره های عرضی و L شکل مقادیر V_f زیاد و دره های V شکل مقادیر V_f کم را نشان می دهند.	Bull and McFadden, 1977
۳ نسبت B_s کشیدگی	$B_s = B_l / B_w$	که در آن B_l طول حوضه است که از دهانه حوضه آبریز تا بالاترین قسمت حوضه اندازه گیری می شود و B_w عرض حوضه می باشد.		شکل پلانیمتری حوضه را تعریف می کند	مقادیر بالای این نسبت حوضه های کشیده و بعبارت دیگر با فعالیت تکتونیکی زیاد و مقادیر کم آن نشانگر حوضه های دایره ای شکل و بعبارتی با فعالیت تکتونیکی کم می باشد...	Canon, 1976
۴ نسبت S_{mf} تضارسی جنبه کوهستانی	$S_{mf} = L_{mf} / L_s$	که در آن L_{mf} طول جنبه کوهستانی در محل تلاقی پایکوه و کوهستان، و L_s طول خط مستقیم جنبه کوهستانی می باشد.		این شاخص در واقع نشانگر موازنه بین عملکرد رودخانه و فرآیندهای دامنه ای، که در صدد ایجاد یک جنبه کوهستانی نامنظم و مضرس هستند، و تکتونیک فعال، که فعالیت آن موجب ایجاد جنبه کوهستانی منظم و مستقیم می شود است.	اگر برابر با ۱ باشد نشانگر شدت فعالیت تکتونیکی و هر چه از ۱ بیشتر شود نشانگر کاهش فعالیتهای تکتونیکی است	Bull and McFadden, 1977
۵ نسبت AF عدم تقارن حوضه آبریز	$AF = (A_r / A_l) \times 100$	که در آن AF شاخص عدم تقارن، A_r مساحت حوضه آبریز در بخش راست آبراهه اصلی بطرف پایین دست حوضه و A_l مساحت حوضه آبریز در بخش چپ آبراهه اصلی بطرف پایین دست آن است.		نشانگر تمایل و خمیدگی حوضه آبریز به یک سمت در اثر فعالیتهای تکتونیکی	مقادیر بیشتر از ۵۰ نشانگر تمایل حوضه به طرف کناره چپ آبراهه اصلی و مقادیر کمتر از ۵۰ نشانگر تمایل حوضه آبریز به سمت کناره راست آبراهه اصلی می باشد.	Molin and et al., 2002
۶ نسبت F_{mf} درصد سطوح چند وجهی در امتداد جنبه کوهستانی	$F_{mf} = L_{mf} / L_s$	که در آن L_{mf} مجموع طول اشکال چند وجهی و L_s طول جنبه کوهستانی است.		این شاخص بصورت نسبی از یک جنبه کوهستانی که اصطلاحاً به صورت اشکال چند وجهی در آمده است، تعریف می شود و از طریق تقسیم مجموع طول اشکال چندوجهی بر کل طول جنبه کوهستانی محاسبه می شود.	در مناطق فعال تکتونیکی فعالیت گسلها و تداوم فعالیت آنها موجب می شود تا اشکال چند وجهی بزرگ و پیوسته بوده و بعبارتی دیگر در صد بالایی از چندوجهی شدن مشاهده گردد.	Wells and et al., 1988
۷ نسبت F_d درصد قسمتهای بریده شده جنبه کوهستانی	$F_d = L_{mf,d} / L_s$	که در آن $L_{mf,d}$ طول بخشهای بریده شده جنبه کوهستانی و L_s طول جنبه کوهستانی است.		این شاخص بصورت نسبی از جنبه کوهستانی که بصورت اشکال چند وجهی بریده شده است.	جنبه های کوهستانی مناطق فعال تکتونیکی کمتر بریده شده اند و بعبارت دیگر مقدار F_d در آنها کمتر است.	Wells and et al., 1998
۸ نسبت E_{ui} درصد پرتگاههای بریده شده در امتداد جنبه کوهستانی	$E_{ui} = L_{ce} / L_s$	که در آن L_{ce} طول بخشهای بریده شده جنبه کوهستانی و L_s طول جنبه کوهستانی است.		این شاخص نسبی از جنبه کوهستانی که بریده نشده است، را نشان می دهد.	در مناطق فعال تکتونیکی، پرتگاههای ممتد و بدون بریدگی در امتداد جنبه کوهستانی دیده می شود. بعبارت دیگر مقدار E_{ui} بالاست.	Wells and et al., 1988



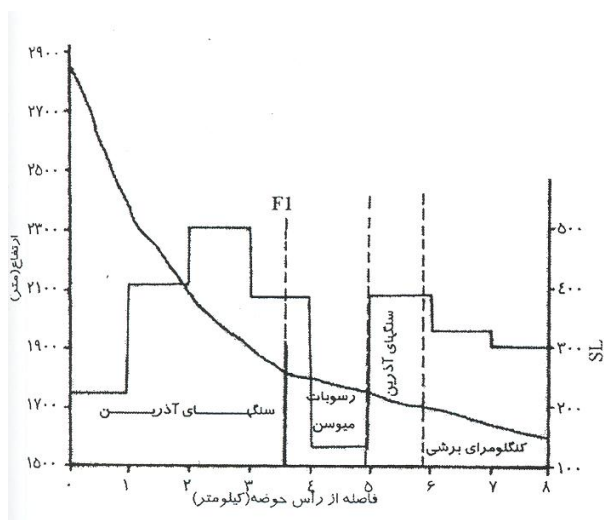
شکل ۲- تجسم فضایی گسل شمالی میشو



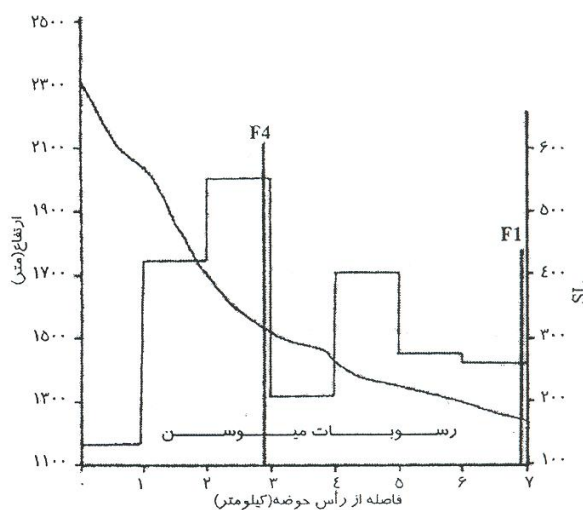
شکل ۳- موقعیت گسل شمالی میشو نسبت به حوضه‌های دامنه شمالی میشوداغ



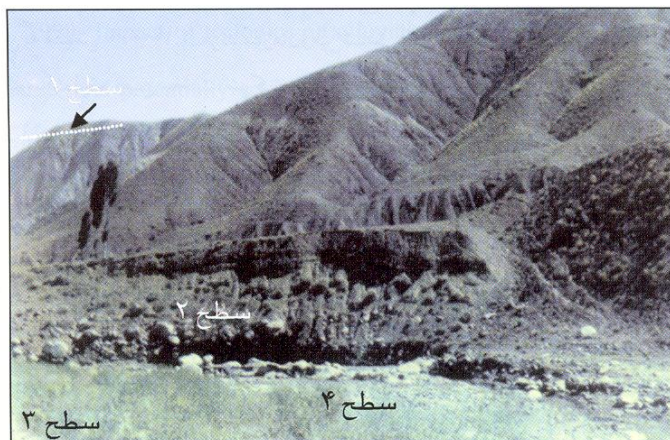
شکل ۴- نیمرخ طولی و مقدار SL محاسبه شده برای رودخانه انامق چای



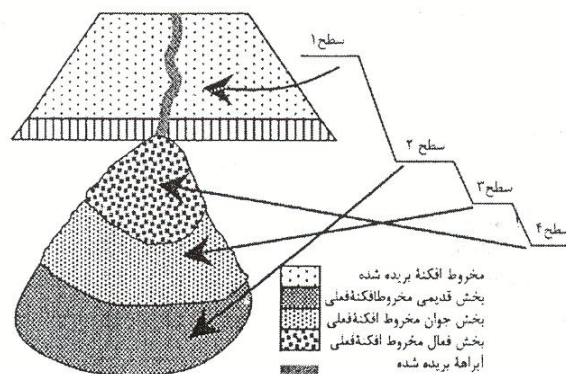
شکل ۶- نیمرخ طولی و مقدار SL محاسبه شده برای رودخانه گلجار چای



شکل ۵- نیمرخ طولی و مقدار SL محاسبه شده برای رودخانه زنجیره چای



شکل ۷- مقطعی از دره رودخانه شیخ چای و پادگانه‌های آبرفتی آن



شکل ۸- شکل شماتیک سطوح مختلف پادگانه‌ها و تطبیق آنها با بخشهای مختلف مخروط افکنه‌ای در میشو خاوری

جدول ۳- مقادیر شاخصهای ریخت‌سنجی برای جبهه کوهستانی مسیر گسل شمالی میشو

Eu%	Fd%	FmF%	Smf	AF	Bs	Vf	نام رودخانه	
۱۰۰	۶۷	۶۷	۲/۶	۷۶/۴	۲	۰/۴۱	کلجارجای	میشو خاوری
				۴۲/۵	۲/۱۶	۰/۳۹	انامچای	
				۱۱۸	۲	۰/۵۶	عیش آبادچای	
				۹۱/۵	۱/۸	۰/۵	فره چای	
					۲/۵	۰/۱۷	باغلارجای	
۱۰۰	۷۰	۷۰	۲/۳	۲۵۰	۴	۱	کرد چای	میشو بافتکزی
				۱۰۰	۵	۳	کت چای	
				۲۱	۲	۱/۴	فره آغاچ چای	
				۳۹	۱/۶۶	۱/۲	لیون چای	
				۲۰۳/۵	۴/۳	۰/۸	زنجیره چای	
				۴۴/۸	۳	۲	آلچالی دره	
۸۶/۶	۲/۱۶	۱/۸	شورچای					

کتابنگاری

- اسدیان و همکاران، ۱۳۷۳- نقشه زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ م.رند. سازمان زمین‌شناسی کشور.
- پورکرمانی، م. و آرین، م.، ۱۳۷۶- سائزموکتونیک لرزه زمین ساخت. شرکت مهندسی مشاور دز آب.
- جعفرخانی، ع.، ۱۳۷۴- بررسی پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های گرانیتوئیدی جنوبغرب مرند و سنگهای مجاور با نگرش به پتانسیل کانی سازی آن (در محدوده روستاهای محبوب آباد، پیربالا و عیش آباد). پایاننامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم، دانشگاه تبریز.
- حسامی، خ.، کارخانیان، آ. و جمالی، ف.، ۱۳۷۵- گزارش مقدماتی شناسایی تعدادی از گسلهای فعال منطقه آذربایجان. مؤسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- رجایی، ع.ح.، ۱۳۷۳- کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط. نشر قومس، تهران.
- مختاری، د.، ۱۳۷۹- آسیب پذیری سکونتگاههای واقع در مسیر خطوط گسل و عمران روستایی. مجله مسکن و انقلاب (پائیز و زمستان)، صفحه ۷۴-۷۰.
- مختاری، د.، ۱۳۸۰- گسل شمالی میشو و نقش آن در مورفولوژی دامنه شمالی میشو داغ (آذربایجان- ایران). مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین شناسی و محیط زیست ایران، جلد دوم، صفحه ۸۱۳-۸۰۱. دانشگاه تربیت مدرس.
- مختاری، د.، ۱۳۸۱ الف - عوامل مؤثر در گسترش و تکامل مخروط افکنه‌های کوتاهتری در دامنه شمالی میشوداغ (آذربایجان- ایران) و ارزیابی توانهای محیطی آن. پایاننامه دوره دکتری. دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
- مختاری، د.، ۱۳۸۱ ب - نقش فعالیتهای تکتونیک در تکامل مخروط افکنه‌های دامنه شمالی میشو داغ، شمالغرب. فضای جغرافیایی، شماره ۵.

References

- Becker, L.P., Fahrnerberger, W., Hermann, S.W., 2000- The role of escape tectonics for dispersion of large scale landslides - examples from the crystalline basement of the Eastern Alps. EGS XXV General Assembly, Nice, France.
- Bull, W. B., 1984- Tectonic geomorphology. Journal of Geological Education, v. 32, p. 310-324.
- Bull, W.B. and McFadden, L., 1977- Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In: Dohring, D.O. (ed.), Geomorphology in arid regions. Publ. In geomorphology, State University of New York, Binghamton, pp. 115-138.
- Canon, P.J., 1976- Generation of explicit Parameters for a quantitative geomorphic study of Mill Creek drainage basin. Oklahoma Geology Notes, 36(1):3-16.
- Chen, Y.C., Sung, Q., Cheng, K.Y., 2003- Along-strike variations of morphotectonic features in the western foothills of Taiwan: tectonic implications based on stream-gradient and hypsometric analysis. Geomorphology, 56:109-137.
- Cloetingh, S., Harvath, F., Dinu, C., Stephenson, R.A., Bertotti, G., Bada, G., Matenco, L., Garcia-Castellanos, D. & TECTOP Working Group., 2003- Probing tectonic topography in the aftermath of continental convergence in Central Europe. EOS, Vol. 84, No. 10, 11:89-96.
- Dehandschutter's, B., 2001- Study of the structural evolution of continental basins in Altai, Central Asia. doctorate thesis in Geology, Free University of Brussels.
- El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Sanz de Galdeano, C., Chacon, J., 2000- Active tectonics as a factor of mass movement. A case study. Fehler! Textmarke nicht definiert.
- Garcia, A.F., Zhu, Z., Ku, T.L., Sanz de Galdeano, C., Chadwick, O.A., Chacon Montero, J., 2003- Tectonically driven landscape development within the eastern Alpujarran Corridor, Betic Cordillera, SE Spain (Almeria). Geomorphology 50. p. 83-110.
- Garcia-Melendez, E., Goy, J. L., Zazo, C., 2003- Neotectonics and plio-Quaternary landscape development within the eastern Huerca-Overa Basin (Betic Cordilleras, southeast Spain). Geomorphology 50. p. 111-133.
- Goudie, A.S., 2004- Encyclopedia of geomorphology. Routledge pub. Vol. 2
- Grant, L. B., With Eric, P. I., Runnerstorm, R., Gath, E. M., 2002- Active deformation and earthquake potential of southern Los Angeles Basin, Orange County, California. External Grant Award No. 01HQGR0117.
- Guccione, M.J., Mueller, K., Champion, J., Shepherd, S., Carlson, S.D., Odhiambo, B., Tate, A., 2001- Stream response to repeated coseismic folding, Tiptonville dome, New Madrid seismic zone. Geomorphology, 43, p. 313-349.
- Hack, J.T., 1973- Stream analysis and stream-gradient index. J. Res. U. S. Geol. Survey, 1 (4), 421-429.
- Hesterberg, T.C., Stanford, D.C., and Merritts, D.J., 1995- Tectonic Deformation Estimation using Stream Gradients: Nonparametric Function Estimation from Difference Data using Splines and Conjugate Gradients. Computing Science and Statistics, 32, 246-254, Interface Foundation of North America, Fairfax Station, VA.
- Keller, E.A., Pinter, N., 1996- Active tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape. Prentice Hall, Pup.
- Keller, E.A., Rockwell, T.K., 1984- Tectonic geomorphology, Quaternary chronology, and paleoseismicity. In: J.E. Costa and P. J. Fleisher (eds.), Developments and applications of geomorphology., Springer-verlog Pub., pp. 203-239.

- Li, y., yang, J., Tan, L., Duan, F., 1999- Impact of tectonics on alluvial landforms in the Hexi Corridor, Northwest China. *Geomorphology* 28. p. 299-308.
- Machette, M.N., 2000- Active, Capable, and potentially active faults – a paleoseismic perspective. *Journal of Geodynamics* 29.387-392.
- Molin, P., Pazzaglia, F.J., Dramis, F., 2002- Geomorphic expression of active tectonics in a rapidly-deforming arc, Sila Massif, Calabria, southern Italy. Palazzo Ducale - Sala della Muta.
- Monroe, J.S., Wicander, R., 2001- The changing earth, Exploring geology and evolution. Brooks/ Cole Pub.
- Panizza, M., Castaldini, D., 1987- Neotectonic research in applied geomorphological studies. *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband*. Vol. 63, 173-211.
- Ramirez-Herrera, M.T., 1998- Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt. *Earth surface processes and landforms*, Vol 23. 317-332.
- RFAFJ (The Research Group for Active Faults of Japan), 1980- Active faults in and around Japan: distribution and degree of activity. *Journal of Natural Disaster Science*. Vol. 2(2), 61-99.
- Schoorl, J. M., Veldkamp, A., 2003- Late Cenozoic landscape development and its tectonic implications for the Guadalhorce valley near Alora (Southern Spain). *Geomorphology* 50. p. 43-57.
- Schuum, S.A., 1956- Evolution of drainage systems and slopes badlands at Perth Amboy, N.J.: *Geol. Soc. Am. Bull.*, 67, 597-646.
- Schuum, S.A., Dumont, J.F., Halbrook, J.M., 2000- Active Tectonics and Alluvial Rivers. Cambridge University Press. New York.
- Shude, I., 1999- Study of segmentation of active faults. *geomorphology*. Vol. 35 No. 6 PP. 768-773.
- Silva, P.G., Goy, J. I., Zazo, C., Bardaji, T., 2003- Fault-generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity. *Geomorphology* 50. p. 203-225.
- Slemmons, D.B., McKinney, R., 1977- Definition of "active fault". US Army Engineer Waterways Experiment Station, Soils and Pavements Laboratory. miscellaneous paper S, 77-8, Vicksburg.
- Smith, K., 1992- Environmental hazards: Assessing risk & Reducing disaster. Routledge, Pub.
- Snyder, N.P., Whipple, K.X., Tucker, G.E., Merritts, D.J., 2003- Channel response to tectonic forcing: field analysis of stream morphology and hydrology in the Mendocino triple junction region, northern California. *Geomorphology* 53. p. 97-127.
- Stokes, M., Mather, A. E., 2003- Tectonic origin and evolution of transverse drainage: the Rio Almanzora, Betic Cordillera, Southeast Spain. *Geomorphology* 50. p. 59-81.
- Szynkaruk, E., Graduno-Monroy, V. H., Bocco, G., 2004- Active fault systems and tectono-topographic configuration of the central Trans-Mexican Volcanic Belt. *Geomorphology*. Article in Press.
- Viseras, C., Calvache, M. L., Soria, J. M., Fernandez, J., 2003- Differential features of alluvial fans controlled by tectonic or eustatic accommodation space. Examples from the Betic Cordillera, Spain. *Geomorphology* 50. p. 181-202.
- Wells, S.G., Bullard, T.F., Menges, C.M., Drake, P.G., Karas, P.A., Kelson, K.L., Ritter, J.B., Wesling, J.R., 1988- Regional variations in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary, Pacific coast of Costa Rica. *Geomorphology*, 1: 239-265.
- Wisniewski, P.A., Pazzaglia, F.J., 2002- Epeirogenic Controls on Canadian River Incision and Landscape Evolution, Great Plains of Northeastern New Mexico. *The Journal of Geology*, 2002, volume 110, p. 437-456.
- Winter, Th., Niviere, B., Giamboni, M., 2000- Active tectonics and seismic hazard in Sundgau area. EUCOR_URGENT Annual Report.
- Ziegler, P.A., Cloetingh, S., 2004- Dynamic processes controlling evolution of rifted basins. *Earth science Reviews*, 64: 1-50.

*عضو هیأت علمی گروه پژوهشی جغرافیای دانشگاه تبریز

*Department of Geographical Researches, University of Tabriz, Iran