فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۳

مریم عزتی، کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان
مریم آق آتابای، استادیار دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

M. Ezati
M .Agh-Atabai

E-mail: Geology1200@yahoo.com

شماره مقاله: ۹٦۲ **صص: ۲۱۰-۱۹۷**
وصول:۹۲/٤/۲۹ **پذیرش: ۹۲/۱۲/۵**

بررسی نو زمین‌ساختی منطقه کاکلی- راز واقع در خراسان شمالی با استفاده از شاخص‌های مورفومتری

چکیده

منطقه مورد مطالعه در کپه‌داغ مرکزی، شمال بجنورد و شیروان، بین روستاهای کاکلی- راز قرار دارد. هدف از این پژوهش تفکیک مناطق فعال از مناطق با فعالیت کمتر است. در این پژوهش برای ارزیابی میزان فعالیت تکتونیکی شاخص‌های طول- شیب رودخانه (SL)، نسبت عرض کف دره به ارتفاع دره (Vf)، فاکتور عدم تقارن توپوگرافی (T) و انتگرال هیپسومتریک (Hi) محاسبه گردید. گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه با استفاده از باند VNIR تصویر ASTER استخراج و شاخص‌های مورفومتریک با استفاده از GIS و Global mapper محاسبه شد. بیشترین مقدار شاخص SL مربوط به پهنه‌های شمالی است، افزایش شاخص SL در پهنه‌های شمالی مربوط به گسل‌ها و شکستگی‌هایی است که مسیر آبراهه اصلی را قطع می‌کند، محاسبه شاخص Vf نشان می‌دهد که بیشترین نرخ بالاآمدگی مربوط به پهنه‌های شمالی است. وجود دره‌های V شکل در آن منطقه نیز گویای این مطلب است. محاسبه شاخص T در این پژوهش نشان می‌دهد که رودخانه‌های موازی با روند چین‌ها کج‌شدگی به سمت جنوب را نشان می‌دهند. بیشترین مقدار شاخص انتگرال هیپسومتریک مربوط به حوضه شمالی (شیرین‌رود) است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بیشترین مقدار فعالیت تکتونیکی مربوط به قسمت شمالی منطقه مورد مطالعه است، و قسمت شمالی کپه‌داغ مرکزی فعالتر از قسمت جنوبی آن است.

واژه‌های کلیدی: نوزمین‌ساخت، کپه‌داغ مرکزی، شاخص مورفومتریک، فعالیت تکتونیکی، حوضه آبریز

مقدمه

فعالیت‌های نوزمین‌ساختی[1] با علایم و شواهد مختلف؛ از جمله علایم و شواهد زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، زمین-لرزه‌شناسی، ژئودزی و باستان‌شناسی قابل شناسایی و بررسی هستند. بنابراین، برای مطالعات نوزمین‌ساختی از داده‌ها و روش‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود: داده‌های لرزه‌شناسی، داده‌های ژئودزی، داده‌های تاریخی، داده‌های باستان-شناسی، داده‌های ژئومورفولوژی و داده‌های زمین‌شناسی (Vita-Finzi, 1986). در این پژوهش از داده‌های ژئومورفولوژی شامل تغییرشکل‌های غیرعادی در شکل مسیر، نیمرخ بستر و مقطع عرضی رودخانه‌ها استفاده شده است.

1- Neotectonic

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

سیستم‌های رودخانه‌ای به مقدار زیادی تحت تاثیر تکتونیک‌های فعال قرار می‌گیرند، و به گسل‌خوردگی و تغییر شکل سطحی ناحیه‌ای حساس هستند. در نتیجه، با استفاده از میزان انحراف آنها می‌توان میزان و خصوصیات فعالیت‌های تکتونیکی اخیر را تعیین نمود. مطالعه کانال‌های رودخانه‌ای و نهشته‌های جابه‌جا شده آنها به وسیله گسلش؛ زمان زمین-لرزه، مقدار جابه‌جایی به همراه اطلاعات ویژه را که در ارزیابی خطرهای زلزله آینده مهم است، مشخص می-نماید(keller & pinter 2002, 172). هدف از این پژوهش تفکیک مناطق فعال از مناطق با فعالیت کمتر و بررسی نوزمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه است. همچنین، سؤالی که برای ما مطرح است، آیا با استفاده از شاخص‌های مورفومتریک می‌توان مناطق مستعد فعالیت تکتونیکی را مشخص نمود؟

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در ارتباط با کاربرد شاخص‌های مورفومتریک برای ارزیابی نوزمین‌ساخت مناطق مختلف دنیا و ایران صورت گرفته است: آدام [۲](۱۹۸۰)، سامرفیلد[۳] (۱۹۸۵)، ریبولینی و اسپگنلو[۴] (۲۰۰۷)، استپینسکووا و همکاران[۵] (۲۰۰۸)، الهمدونی و همکاران[۶] (۲۰۰۸)، گوارنیری و پیروتا[۷] (۲۰۰۸)، کریستفر و همکاران[۸] (۲۰۱۰)، ده-بزرگی و همکاران[۹] (۲۰۱۰)، رادفر و پورکرمانی (۱۳۸۴)، حقی‌پور (۱۳۸۵)، وحدتی دانشمند و قاسمی (۱۳۸۵)، خادمی (۱۳۸۷)، خاوری و همکاران (۱۳۸۹).

کمربند چین‌خورده کپه‌داغ بخشی از کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا در غرب آسیا است، که کوتاه‌شدگی در ایران را از سکوی پایدار و هموار ترکمنستان جدا می‌کند (Hollingsworth et al., 2006, 1161). از نظر ساختاری، سنگ-های کپه‌داغ از سنگ‌های ایران مرکزی متمایز است و به سکوی توران متعلق است (Stocklin 1974; Alavi 1996).

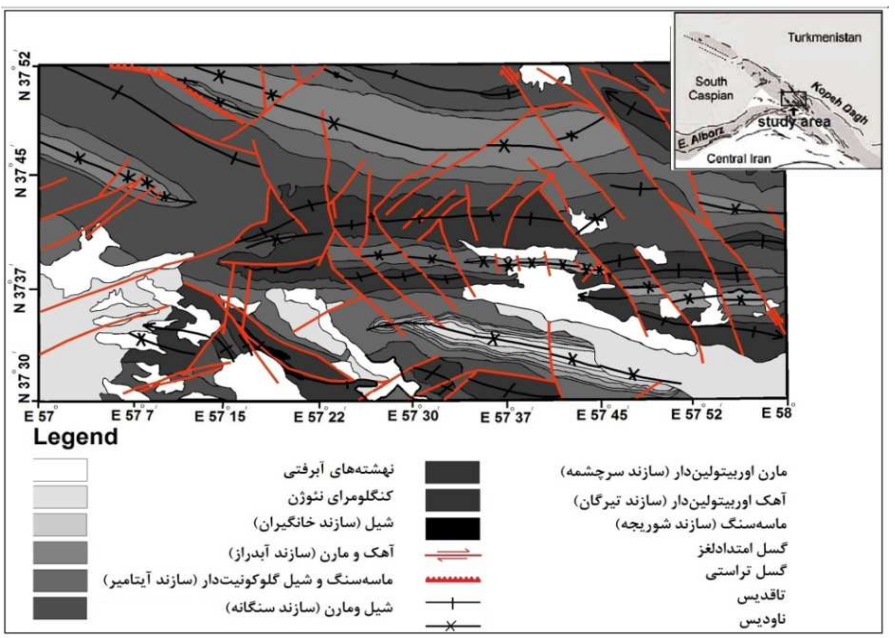
منطقه مورد مطالعه در استان خراسان شمالی و در کپه‌داغ مرکزی قرار دارد. کپه‌داغ مرکزی از گسل‌های امتدادلغز راستگرد فعال با امتداد شمال غرب- جنوب شرق تشکیل شده است. این گسل‌ها به گسل‌های تراستی ختم می‌شوند، که با بالاآمدگی و فرسایش تراست‌های آبرفتی کواترنری پسین شناسایی شده‌اند و حاشیه جنوبی کپه‌داغ را ساخته‌اند. گسل‌های امتدادلغز حول یک محور قائم می‌چرخند، در امتداد این گسل‌ها در حدود ۳۰ کیلومتر طویل‌شدگی و در جهت شمالی- جنوبی آنها در حدود ۶۰ کیلومتر کوتاه‌شدگی دیده می‌شود. این گسل‌ها که سبب جابه‌جایی ساختارهای زمین‌شناسی تا چندین کیلومتر شده‌اند، عامل رویداد زمین‌لرزه‌های بزرگی در قرن نوزدهم و بیستم بوده‌اند. بنابراین، نشان‌دهنده خطر لرزه‌خیزی در منطقه پرجمعیت شمال شرق ایران است. کپه‌داغ مرکزی شاهد زمین‌لرزه‌های مخربی در طول تاریخ بوده و دارای پتانسیل وقوع زلزله در آینده نیز هست. بیشترین تعداد زمین‌لرزه‌های بزرگ کپه‌داغ مربوط به قسمت مرکزی آن است (Hollingsworth et al., 2006, 1161).

2- Adams
3- Summerfield
4- Ribolini & Spagnolo
5-Stepancikova et al
6- El Hamdouni et al
۷- Guarnieri & Pirrotta
8- Christopher et al
9- Dehbozorgi et al

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

موقعیت جغرافیایی منطقه

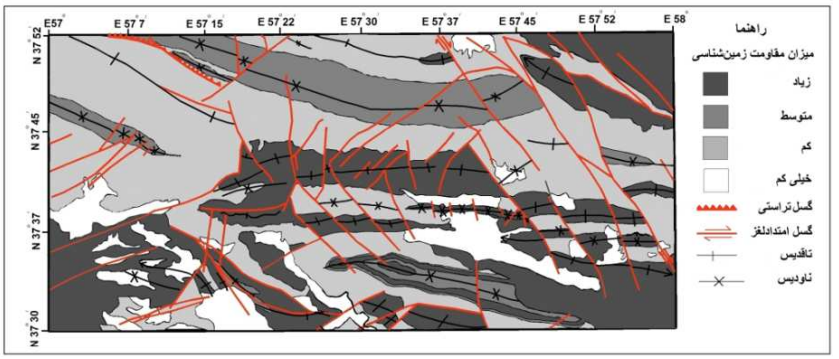
منطقه مورد مطالعه در کپه‌داغ مرکزی، شمال بجنورد و شیروان، بین روستاهای کاکلی- راز همچنین، بین طول‌های ۵۷° و۵۸° شرقی و عرض‌های ´۳۰ °۳۷ و °۳۸ شمالی قرار دارد. از دو حوضه اصلی و چندین زیرحوضه تشکیل شده است که خود از زیرحوضه‌های رودخانه اترک هستند. بیشترین ارتفاع منطقه ۱۹۵۳ متر و مربوط به قسمت شمالی منطقه مورد مطالعه و حوضه شیرین‌رود است. این ناحیه از گسل‌های تراستی تقریبا شرقی- غربی و گسل‌های امتدادلغز شمال-غرب- جنوب‌شرق و شمال‌شرق- جنوب‌غرب مزدوج تشکیل شده است. کپه‌داغ مرکزی از لحاظ تکتونیکی فعال است و وجود زمین‌لرزه‌های مختلف تاریخی خود گویای این مطلب است. منطقه کاکلی- راز، از ماسه سنگ و شیل گلوکونیت‌دار آتامیر، شیل و مارن سنگانه، آهک اوربیتولین‌دار تیرگان، مارن اوربیتولین‌دار سرچشمه و آبرفت‌های کواترنری تشکیل شده است (شکل ۱).



شکل ۱) نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (برگرفته از بلورچی و مهرپرتو، ۱۳۶۵ با کمی تغییرات)

در این پژوهش سازندهای منطقه براساس مقاومت آنها در برابر فرسایش تقسیم‌بندی شده‌اند؛ آهک‌ها به سنگ‌های با مقاومت زیاد، ماسه‌سنگ به سنگ‌های با مقاومت متوسط، شیل و مارن به سنگ‌های با مقاومت کم و آبرفت‌های کواترنری به سنگ‌های با مقاومت خیلی کم تقسیم‌بندی شده‌اند، در این منطقه سازندهای مقاوم‌تر تاقدیس‌ها و سازندهای با مقاومت کمتر ناودیس‌ها و زمین‌های پست را تشکیل می‌دهند (شکل ۲).

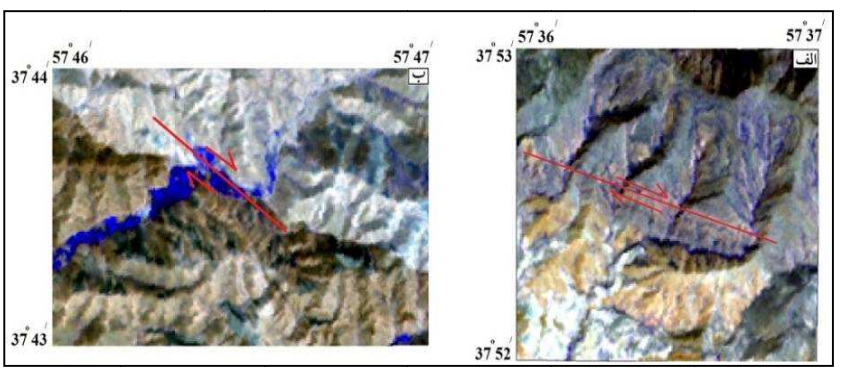
[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]



شکل ۲) نقشه مربوط به میزان مقاومت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

داده‌ها و روش پژوهش

در این پژوهش ابتدا گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه با استفاده از باند VNIR[۱۰] تصویرASTER[11] و نقشه‌های زمین-شناسی موجود استخراج شد. برای شناسایی گسل‌ها از قطع شدگی ناگهانی و جابه‌جایی واحدها، ساختارها، تغییر مسیر آبراهه‌ها (شکل ۳) و وجود پرتگاه‌ها استفاده گردید.



شکل ۳) تصویر رنگی از باندهای VNIR سنجنده ASTER از انحراف آبراهه‌های منطقه

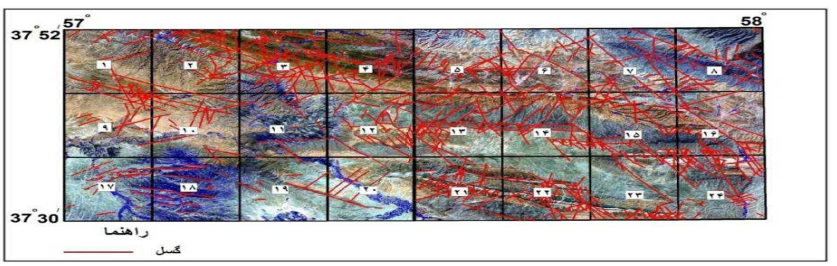
برای بررسی گسل‌های استخراج شده توسط تصویر ASTER از عملیات صحرایی استفاده شد (شکل ۴). روند غالب گسل‌های منطقه شمال‌غرب- جنوب‌شرق با سازوکار امتدادلغز است. جابه‌جایی رودخانه‌ها و ساختارهای منطقه نیز گویای این مطلب است. سپس نقشه گسل‌های استخراج شده با استفاده از تصویر ASTER ترسیم گردید و برای مطالعات دقیق‌تر منطقه مورد مطالعه، به ۲۴ پهنه تقسیم‌بندی شد (شکل ۵).

۱۰- Visible and Near- Infrared Radiometric
11- Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]



شکل ۴) تاقدیس شمال عبدل‌آباد با روند شرقی- غربی، (نگاه به سمت غرب)



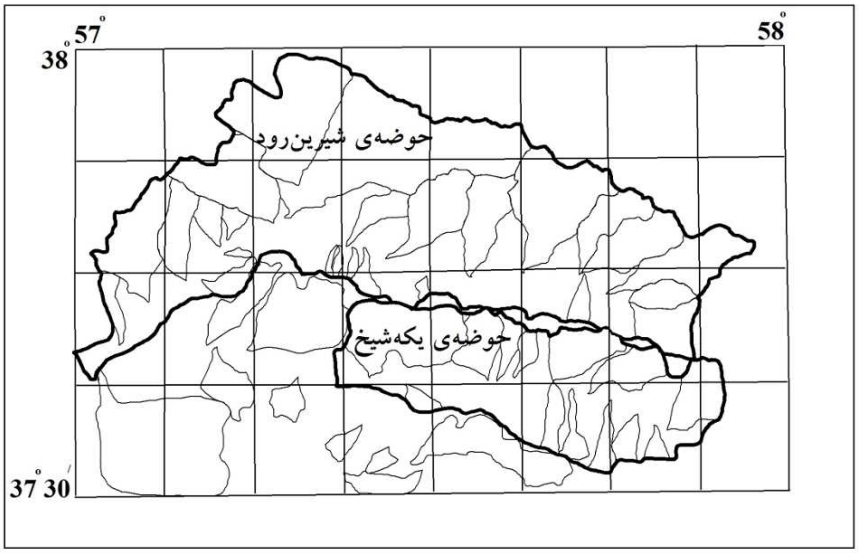
شکل ۵) تصویر رنگی از باندهای VNIR سنجنده ASTER و گسل‌های استخراج شده مربوط به منطقه مورد مطالعه و هر پهنه

سازوکار ژرفی برخی از بزرگترین داده‌های لرزه‌ای نیز نشان‌دهنده گسل‌هایی با روند NW- SE است. از آن جمله می‌توان به زمین‌لرزه (۱۹۹۷) بجنورد اشاره نمود. یکی دیگر از روندهای غالب منطقه روند NE- SW است که به صورت مزدوج با گسل‌های قبل تشکیل شده و دارای سازوکار امتدادلغز است. گسل‌های دیگری که دارای فراوانی کمی است، ولی یکی از ساختارهای غالب منطقه را تشکیل می‌دهد، گسل‌های تراستی با روند تقریبا E- W است. با اینکه تعداد این گسل‌ها کم است، اما اثرهای قابل توجهی بر روی ساختارهای منطقه گذاشته است. وقوع زمین‌لرزه‌های متعدد دستگاهی سال‌های اخیر در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده، فعالیت تکتونیکی منطقه مورد مطالعه است.

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ آبراهه‌ها و مرز حوضه‌های مورد مطالعه مشخص شد. منطقه مورد مطالعه از دو حوضه اصلی شیرین‌رود، یکه‌شیخ و تعدادی زیرحوضه‌های کوچکتر تشکیل شده است (شکل ۶). برای ارزیابی میزان فعالیت تکتونیکی شاخص‌های طول- شیب رودخانه (SL)، نسبت عرض کف دره به ارتفاع دره (Vf) ، فاکتور عدم تقارن توپوگرافی (T) و انتگرال هیپسومتریک (Hi) محاسبه گردید. برای محاسبه این شاخص‌ها از نرم- افزارهای GIS، Global mapper و همچنین، از نرم‌افزار Georient 32v9 برای ترسیم نمودار شاخص T استفاده گردید.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]



شکل ۶) حوضه‌های اصلی و زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه

شاخص طول- شیب رودخانه (SL)[۱۲]:

$$SL = (\Delta H/\Delta L)\, L \qquad (۱$$

$\Delta H/\Delta L$ شیب محلی رودخانه بین دو خط کانتوری خاص است (ΔH تغییرات ارتفاع بین دو نقطه اندازه‌گیری شده و ΔL تغییرات طول بین دو نقطه اندازه‌گیری شده) و L طول کل کانال رودخانه از نقطه‌ای که در آن شاخص محاسبه می‌شود به سمت بالارود تا مرتفع‌ترین نقطه کانال است (keller and pinter, 1996, 129). شاخص طول- شیب رودخانه با قدرت رود ارتباط دارد و به تغییرات شیب رودخانه حساس است (Hack, 1973).

بر اساس روش (El Hamdouni et al ., 2008) شاخص SL به سه دسته رده بندی شده است:

رده ۱ ($SL \geq ۵۰۰$) ، رده ۲ ($۳۰۰ \leq SL < ۵۰۰$)، رده ۳ ($SL < ۳۰۰$).

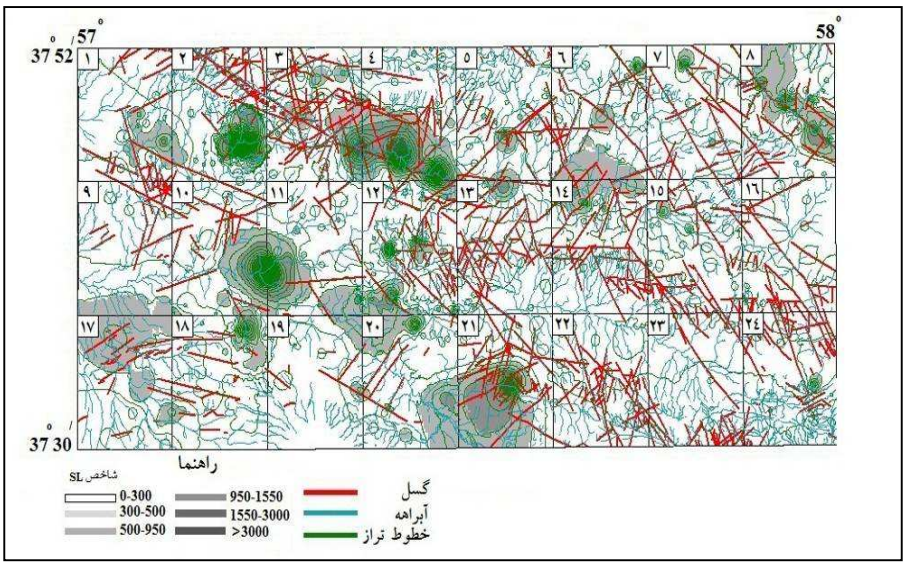
در کل پهنه‌های شمالی منطقه مقدار نسبتا زیاد شاخص SL را نشان می‌دهند که افزایش این شاخص در پهنه‌های شمالی منطقه به‌دلیل تراکم گسل‌ها و قطع‌شدگی مسیر رودخانه اصلی توسط این گسل‌هاست. اصلی‌ترین دلیل افزایش شاخص SL در قسمت شمالی منطقه وجود چین‌ها و سازندهای مقاوم آن است (شکل ۲). افزایش شاخص SL در پهنه‌های شمالی منطقه فقط به دلیل فعالیت تکتونیکی و گسل‌های موجود در مسیر رودخانه اصلی و سازند ماسه‌سنگ و شیلی آیتامیر است. همچنین، دلیل افزایش شاخص SL در پهنه‌های ۲ و ۳ تراکم گسل‌های تراستی و امتداد لغز مزدوج در آنهاست، که سبب افزایش این شاخص در منطقه شده‌اند.

همان‌گونه که در شکل ۷ مشاهده می‌گردد، در پهنه شماره ۲۱ نیز شاهد افزایش شاخص SL و همچنین، بیشترین تراکم گسل‌های مزدوج هستیم. از دلایل افزایش شاخص SL در این پهنه هم اثرهای تکتونیکی، گسل‌های امتدادلغز موجود در منطقه و هم سنگ‌شناسی است؛ چرا که گسل‌های امتدادلغز در این پهنه باعث جابه‌جایی سازندهای مقاوم‌تر و

12-Stream Length- gradient Index

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

چین‌های منطقه و قرارگیری سازندهای مقاوم در کنار سازندهای با مقاومت کمتر شده‌اند (شکل ۸). همچنین، از مقایسه نتایج مربوط به نقشه شاخص SL و نقشه تراکم گسل‌ها چنین نتیجه‌گیری می‌شود که با افزایش تراکم گسل‌ها در منطقه نیز شاهد افزایش شاخص SL هستیم.



شکل ۷) نقشه تغییرات شاخص طول–شیب رودخانه (SL) در منطقه و پهنه‌های مورد مطالعه



شکل ۸) نمایی از جابه‌جایی چین منطقه توسط گسل امتدادلغز

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

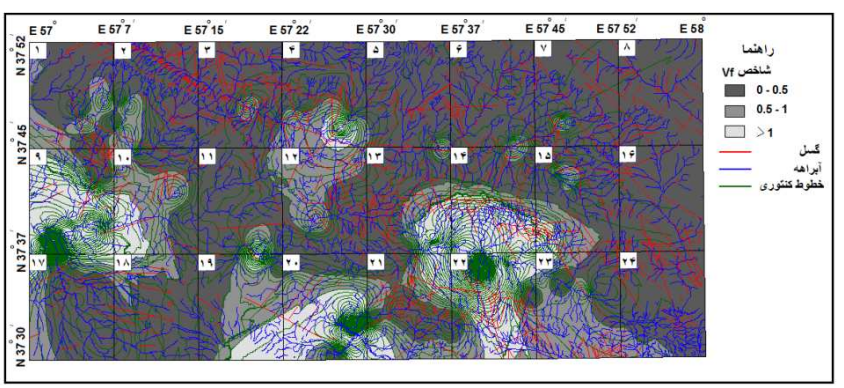
نسبت عرض کف دره به ارتفاع دره (Vf)[۱۳]:

$$Vf=2\ Vfw / [(Eld – Esc) + (Erd – Esc)] \quad (۲)$$

Vfw وسعت کف دره، Eld و Erd به ترتیب ارتفاع قسمت چپ دره و ارتفاع قسمت راست دره و Esc ارتفاع کف دره است (Bull, 1978). با استفاده از این شاخص می‌توان دره پهن را با مقدار نسبتا زیاد Vf و دره V شکل را با مقدار نسبتا کم این شاخص تشخیص داد. مقدار کم Vf بیانگر دره عمیق با رودخانه‌ای است که به طور فعال در حال کندن کف دره است و به طور عادی منطقه در حال بالا آمدگی است، اما دره پهن نشان‌دهنده منطقه نسبتا پایدار تکتونیکی بوده و مقدار زیاد Vf نشان دهنده سرعت کم بالاآمدگی در منطقه است(keller and pinter, 1996, 141).

بر اساس روش (El Hamdouni et al., 2008) شاخص Vf به سه دسته رده بندی شده است: رده ۱ (Vf <۰/۵)، رده ۲ (۰/۵ ≤Vf≤۱) و رده ۳ (Vf >۱).

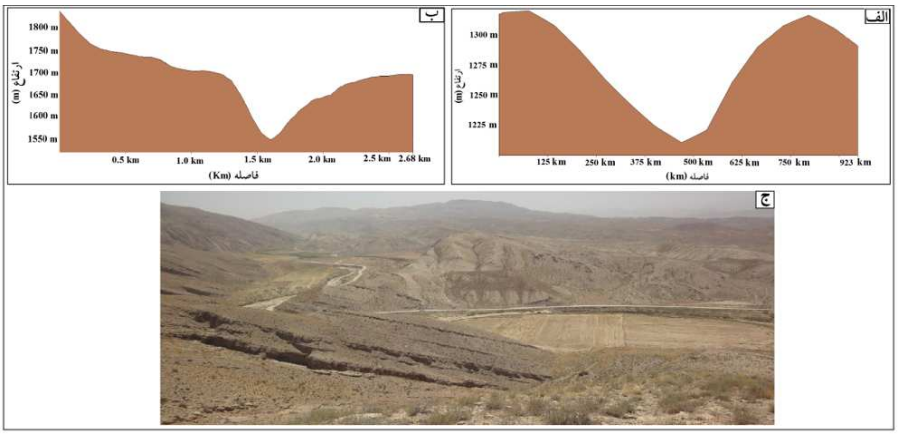
محاسبه شاخص نسبت عرض کف دره به ارتفاع دره Vf برای تمامی منطقه نشان می‌دهد که کمترین مقدار Vf مربوط به پهنه‌های شمالی است (شکل ۹) و بنابراین، بیشترین نرخ بالاآمدگی مربوط به پهنه‌های ۱ تا ۸ است (شکل ۱۰ الف و ب). دره‌های آن اغلب V شکل بوده و به دلیل بیشتر بودن نرخ بالاآمدگی نسبت به فرسایش رودخانه‌های آن وقت کافی برای عریض کردن بستر خود را ندارند و بیشتر به حفر و عمیق نمودن بستر رودخانه‌های منطقه می‌پردازند. دره‌های مربوط به پهنه شماره ۲۰ اغلب U شکل است (شکل ۱۰ ج) که آن را می‌توان به تراکم رسوبات آبرفتی و بالاآمدگی کمتر تکتونیکی نسبت داد.



شکل ۹) پراکندگی میزان شاخص نسبت عرض کف دره به ارتفاع دره (Vf) در شبکه زهکشی

۱۳- Ratio of Valley Floor Width to Valley Height

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]



شکل ۱۰) نمایی از دره‌های منطقه: الف) دره V شکل مربوط به پهنه شماره ۲، ب) دره V شکل مربوط به پهنه شماره ۶، ج) دره U شکل مربوط به پهنه شماره ۲۰

فاکتور عدم‌تقارن توپوگرافی (T)[۱۴]

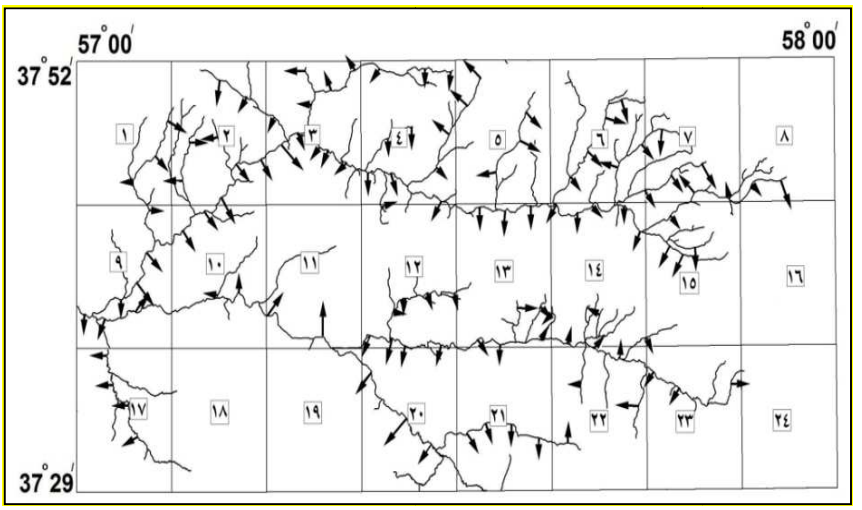
$$T=Da/Dd \qquad (۳$$

Da فاصله خط میانی حوضه زهکشی تا خط میانی کمربند مآندری است و Dd فاصله میان خط میانی حوضه‌زهکشی تا خط تقسیم حوضه زهکشی است. برای یک حوضه کاملا متقارن۰ = T است و اگر عدم تقارن افزایش پیدا کند T افزایش پیدا می‌کند و به مقدار عددی ۱ نزدیک می‌شود. جهت مهاجرت محلی کانال رودخانه یک نشانه از کج‌شدگی زمین در آن جهت است، بنابراین T یک بردار جهت‌دار است. مقدار آن از ۰ تا ۱ متغیر است که به ترتیب مینیمم و ماکزیمم عدم‌تقارن را نشان می‌دهد (Cox, 2001).

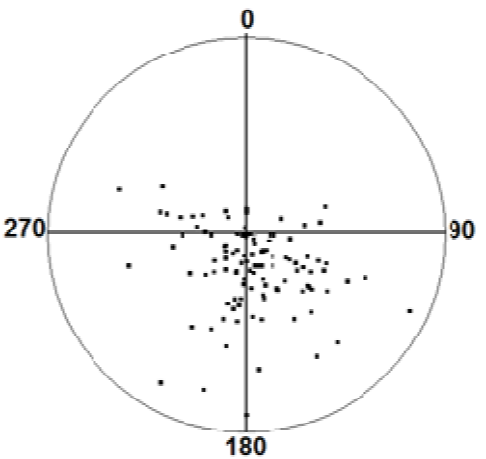
در این پژوهش شاخص T برای حوضه‌های اصلی و زیرحوضه‌های کوچکتر نیز محاسبه شد. همچنین، بردار بزرگی و جهت برای هر کدام از اعداد به‌دست‌آمده ترسیم شد (شکل ۱۱). سپس اعداد به‌دست‌آمده وارد Georient 32v9 شد و نقشه آنها ترسیم گردید (شکل۱۲). همان‌گونه که در شکل ۱۱ و ۱۲ مشاهده می‌شود، آبراهه‌های اصلی منطقه اغلب کج شدگی به سمت جنوب را نشان می‌دهند. دلیل آن را می‌توان اثر گسل‌های تراستی و چین‌های با امتداد تقریبا شرقی-غربی دانست که باعث انحراف آنها شده است. آبراهه‌های فرعی‌تر اغلب به سمت جنوب‌شرق و جنوب‌غرب انحراف پیدا کرده‌اند و دلیل کج‌شدگی آنها گسل‌های امتداد لغز مزدوج است. از مقایسه ساختارهای منطقه با کج‌شدگی آبراهه-های آن می‌توان نتیجه‌گیری کرد که، کج‌شدگی آبراهه‌های اصلی و فرعی منطقه تحت تاثیر شکل و روند ساختارهای آن است و این نشان‌دهنده جوان بودن ساختارهای منطقه است.

14- Transverse Topographic Symmetry Factor

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]



شکل ۱۱) بردارهای عدم تقارن توپوگرافی (T)، طول بردارها با میزان کج‌شدگی متناسب است.



شکل ۱۲) دیاگرام نقاط قطبی مربوط به فاکتور عدم‌تقارن، مقدار آن در مرکز ۰ و در حاشیه ۱ است.

انتگرال هیپسومتریک (Hi)[15]

انتگرال هیپسومتریک با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

۴) کمترین ارتفاع – بیشترین ارتفاع / کمترین ارتفاع – ارتفاع میانگین

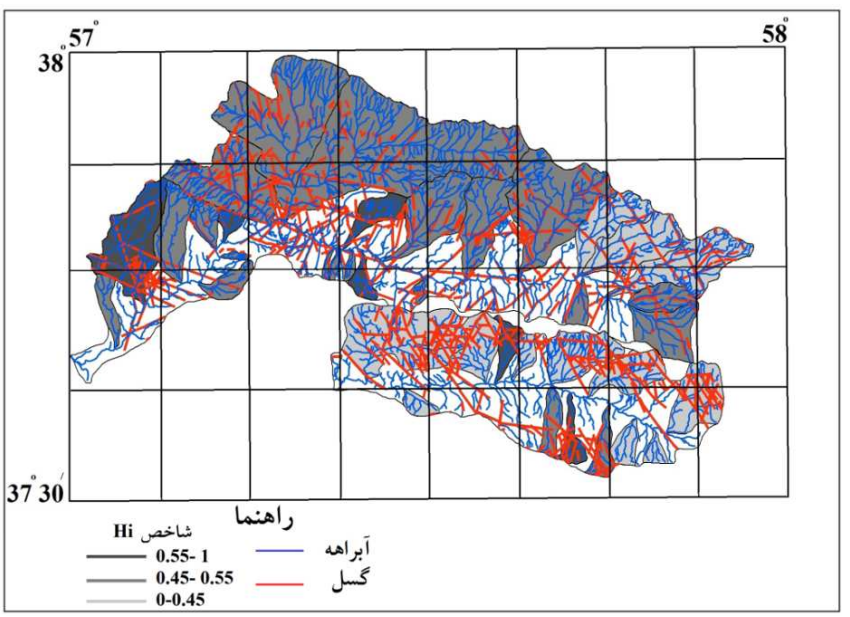
سه مقدار فرمول بالا به آسانی و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و DEM منطقه به‌دست می‌آید، کمترین و بیشترین ارتفاع به طور مستقیم از روی نقشه توپوگرافی خوانده می‌شود و میانگین ارتفاع از میانگین‌گیری ۵۰ نقطه تصادفی در حوضه زهکشی که ارتفاع هر کدام از آنها توسط DEM به‌دست آمده است، محاسبه می‌گردد. مقادیر بالای انتگرال

15- Hypsometric Integral

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

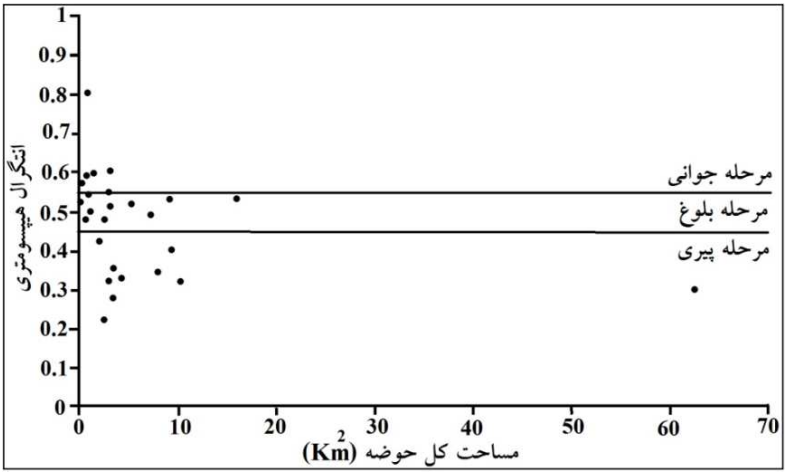
هیپسومتریک (بالاتر از ۰,۵) دلالت بر وجود پستی، بلندی و توپوگرافی بالا نسبت به میانگین حوضه‌زهکشی- همچون سطوح بالا آمده و فلاتی که به‌وسیله رودها بریده شده‌اند- و مقادیر حد واسط تا کم انتگرال هیپسومتریک حاکی از برش شبکه زهکشی در یک سطح هموارتر است. ارتباط بین انتگرال هیپسومتریک و درجه بریدگی باعث شده تا انتگرال هیپسومتریک به عنوان شاخص و معیاری برای تشخیص چرخه مرحله فرسایش چشم‌انداز استفاده شود (Keller and Pinter, 1996, 123).

محاسبه انتگرال هیپسومتریک برای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین مقدار این شاخص مربوط به پهنه‌های شمالی منطقه است (شکل ۱۳) که دلیل آن را می‌توان به فعالیت تکتونیکی بیشتر قسمت شمالی و همچنین، سنگ‌شناسی منطقه نسبت داد. در این منطقه بالاآمدگی تکتونیکی بر فرسایش غلبه دارد. در مناطق جنوبی‌تر شاهد کاهش این شاخص هستیم. با توجه به تاثیر فعالیت تکتونیکی، سنگ‌شناسی و آب و هوای منطقه بر شاخص انتگرال هیپسومتریک، همچنین با توجه به یکسان بودن شرایط آب و هوایی در قسمت شمالی و جنوبی منطقه مورد مطالعه، کاهش آن در قسمت‌های جنوبی‌تر تحت تاثیر فعالیت تکتونیکی کمتر و سنگ‌شناسی منطقه است. همچنین، تفسیر مقدار انتگرال هیپسومتری در شکل ۱۴ نشان می‌دهد که اغلب زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه در مرحله بلوغ به سر می‌برند.



شکل ۱۳) نقشه انتگرال هیپسومتریک مربوط به منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]



شکل ۱۴) مراحل مختلف فرسایش در منطقه مورد مطالعه

نتیجه‌گیری

بررسی شاخص‌های مورفومتریک نشان می‌دهد که قسمت شمالی منطقه مورد مطالعه فعالتر از قسمت جنوبی آن است. از جمله شواهد این افزایش فعالیت تکتونیکی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- محاسبه شاخص SL در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین مقدار شاخص SL مربوط به پهنه‌های شمالی منطقه است. در مناطقی که شاهد تراکم گسل‌های امتدادلغز و افزایش رسوبات با مقاومت بیشتر هستیم، شاخص SL نیز افزایش یافته است؛ چرا که گسل‌های امتدادلغز سبب جابه‌جایی واحدها و چین‌های منطقه و قرارگیری سازندهای مقاوم در مقابل سازندهای با مقاومت کمتر شده است.

- محاسبه شاخص Vf نشان می‌دهد که بیشترین نرخ بالاآمدگی مربوط به پهنه‌های شمالی است، وجود دره‌های V شکل در آن منطقه نیز گویای این مطلب است. به‌جز اثر بالاآمدگی تکتونیکی از دلایل کاهش شاخص Vf در پهنه‌های شمالی وجود سنگ‌های مقاوم در آن ناحیه است. برخلاف مناطق شمالی، وجود دره‌های U شکل در قسمت‌های جنوبی‌تر منطقه را می‌توان تحت تاثیر سنگ‌شناسی آن و تراکم رسوبات آبرفتی در آن مناطق دانست.

- از محاسبه شاخص T در این پژوهش چنین نتیجه‌گیری می‌شود که در منطقه مورد مطالعه رودخانه‌های موازی با روند چین‌ها کج‌شدگی به سمت جنوب و شاخه‌های فرعی رودخانه تحت تاثیر گسل‌های امتدادلغز اغلب کج‌شدگی به سمت جنوب شرق و جنوب غرب را نشان می‌دهند، که این نشان از تاثیر گرفتن رودخانه‌های اصلی و فرعی منطقه از ساختارهای آن است. مقدار کج‌شدگی آبراهه‌های اصلی واقع در قسمت شمالی منطقه (حوضه‌ی شیرین‌رود) بیشتر از آبراهه اصلی واقع در قسمت جنوبی (حوضه‌ی یکه‌شیخ) است و این نشان از بالاآمدگی بیشتر قسمت شمالی منطقه تحت تاثیر چین‌ها و گسل‌های تراستی منطقه است.

- بیشترین مقدار شاخص انتگرال هیپسومتریک Hi، مربوط به قسمت‌های شمالی‌تر منطقه است. با توجه به این‌که این شاخص تحت تاثیر سنگ‌شناسی و فعالیت تکتونیکی قرار می‌گیرد، افزایش آن در شمال منطقه را می‌توان به فعالیت تکتونیکی بیشتر و لیتولوژی مقاوم آن نسبت داد.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده فعالیت زمین‌ساختی بیشتر، قسمت شمالی کپه‌داغ مرکزی نسبت به قسمت جنوبی‌تر آن است و مستعدترین مناطق برای فعالیت تکتونیکی پهنه‌های ۱ تا ۸ است. محاسبه شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی مختلف نشان‌دهنده فعالیت بیشتر حوضه شیرین‌رود نسبت به حوضه یکه‌شیخ است. از دلایل کاهش شاخص‌های نئوتکتونیکی در پهنه‌های جنوبی‌تر علاوه بر سرعت بالاآمدگی کمتر، وجود رسوبات با مقاومت کمتر نیز هست.

منابع

۱- بلورچی، محمد حسین و مهرپرتو، محمود. (۱۳۶۵). *نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰*، سازمان زمین‌شناسی ایران.

۲- حقی‌پور، نگار. (۱۳۸۵). بررسی ریخت زمین ساختی گسترده کپه داغ – بینالود بر پایه شاخص‌های گرادیان شیب رود و هیپسومتری، *فصلنامه علوم زمین*، ش ۶۴، ۸۷-۷۴.

۳- خادمی، محسن. (۱۳۸۹). محاسبه و تفسیر برخی شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی پیرامون گسل ترود، جنوب دامغان، *فصلنامه علوم زمین*، ش ۷۵، ۵۶-۴۷.

۴- خاوری، رضوان؛ قرشی، منوچهر؛ آرین، مهران و خسروتهرانی، خسرو. (۱۳۸۷). نشانه‌های زمین‌ریختی زمین‌ساخت فعال حوضه رودخانه کرج در دامنه جنوبی البرز مرکزی، شمال ایران. *فصلنامه علوم زمین*، ش ۷۵، ص۶۷-۷۴.

۵- رادفر، شهباز و پورکرمانی، محسن. (۱۳۸۴). ریخت زمین‌ساخت گسل کوه‌بنان، *فصلنامه علوم زمین*، ش ۵۸، ۱۸۳-۱۶۶.

۶- وحدتی دانشمند، بهارک؛ قاسمی، محمد رضا؛ قرشی، منوچهر و حقی پور، نگار. (۱۳۸۵). نو زمین ساخت سپید رود و دشت گیلان، *فصلنامه علوم زمین*، ش ۶۵، ۲۵-۱۲.

7- Adams, j. (1980). Contemporary uplift and erosion of the southern Alps, NewZealand: Geological Society Of America Bulletin, Part 2, v.91, p.114.

8- Alavi, M. (1996). Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountain system in northern Iran. J. Geodyn., 21(1), 1–33.

9- Bull, W. B. (1978). Geomorphic Tectonic classes of the south front of the San Gabriel Mountains, California. U.S. Geological Survey Contract Report, 14-08-001-G-394 Office of Earthquakes, Volcanoes, and Engineering, Menlo Park, California.

10- Christopher, O. Idowu, A.O. Olugbenga, A.S. (2010). Hydrological Analysis of Onitsha North East Drainage Basin Using Geoinformation Techniques". World Applied Sciences Journal 11 (10): 1297-1302.

11- Cox, R.T. Van Arsdale, R. B. and Harris, J. B. (2001). Identification of possible Quaternary deformation in the northern Mississippi embayment using quantitative geomorphic analysis of drainage-basin asymmetry. GSA Bulletin, 113615-624.

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

13- EL Hamdouni, R. Irigaray, C. Fernandez, T. Chacon, J. and Keller, E. A. (2008). Assessment of relative active tectonics, southwest border of Sierra Nevada (southern spain). Geomorphology 969, 150-173.

14- Guarnieri, P. Pirrotta, C. (2008) The response of drainage basins to the late Quternary tectonics in the Sicilian side of the Messin Strait (NE Sicily). Geomorphology 95, 260–273.

15- Hack, J. T. (1973). Stream-profile analysis and stream-gradient index". Geological Survey Jurnal of Research 1(4), 421-429.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]

16- Hollingsworth, J. Jackson, J. Walker, R. Gheitanchi, M. R. Bolorchi, M. (2006). Strike- slip faulting, rotation, and along-strike elongation in the kopeh dagh mountains, NE Iran. Geophysical Journal International, v. 166p, 1161-1177.
17- Keller, E. A. and Pinter, N. (1996). Active tectonic, Earthquickes, Uplift and Landscape". Prentice Hall P. 362.
18- Ribolini, A. Spagnolo, M. (2008). Drainage network geometry versus tectonics in the Argentera Massif (French-Italian Alps)". Geomorphology 93, 253–266.
19- Stepancikova, P. Stemberk, J. Vilimek, V. Kostak, B. (2008). Neotectonic development of drainage networks in the East Sudeten Mountains and monitoring of recent fault displacements (Czech Republic). Geomorphology 102, 68–80.
20- Stocklin, J. (1974). Possible ancient continental margins in Iran, in Geology of Continental Margins. eds Burke, C. & Drake, C., Springer- Verlag, New York pp. 873–877.
21- Vita Finzi, C. (1986). Recent Earth movements, An introduction to neotectonics, Acad". Press, London,: 225p.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-30]