جغرافیا و توسعه شماره ۲۱ بهار ۱۳۹۰
وصول مقاله : ۱۳۸۸/۹/۲۵
تأیید نهایی : ۱۳۸۹/۸/۲۹
صفحات : ۱۵۸- ۱۳۷

راندگی گیلانغرب با استفاده از شاخص‌ها و شواهد ژئومورفولوژیک

دکتر مهران مقصودی
استادیار دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

سجاد باقری
دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا

محمود داودی
دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشکده جغرافیا

چکیده

راندگی گیلانغرب با طول بیش از ۱۱۰ کیلومتر با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی در جنوب غرب استان کرمانشاه واقع شده است. در این پژوهش مسایل تکتونیکی و مورفولوژیکی مناطق واقع در مسیر راندگی گیلانغرب در یال جنوب غربی تاقدیس قلاجه مورد مطالعه قرار گرفته است. برای ارزیابی فعال بودن راندگی گیلانغرب از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی استفاده شده است. در این پژوهش کمّیت‌های توپوگرافی (Smf, Fmf, Fd, Eu, Sl) و شاخص‌های الگوی شبکه زهکشی (Af, T) به عنوان ابزار اصلی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از شواهد ژئومورفولوژیکی حاصل از راندگی گیلانغرب، اطلاعات زلزله و شواهد زمین‌شناسی نیز استفاده گردید. بررسی فعال بودن راندگی گیلانغرب مهم‌ترین هدف این پژوهش می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که راندگی گیلانغرب در دوره پلیو– کواترنر فعال بوده و با توجه به وقوع زلزله در امتداد آن، این گسل در عهد حاضر (هولوسن) نیز فعال می‌باشد. تحلیل کمیّت‌های توپوگرافی حاکی از ادامه بالاآمدگی فعال در منطقه می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: گسل فعال، شاخص‌های ژئومورفیک، زلزله، شواهد ژئومورفولوژیکی، راندگی گیلانغرب.

مقدمه

راندگی گیلانغرب با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی در زون زاگرس چین‌خورده (شمال غربی) واقع شده است. این گسل از ساختارهای اصلی زمین‌شناسی حوضه‌ی رودخانه‌ی الوند می‌باشد و تا به حال به صورت کامل و جامع مورد مطالعه قرار نگرفته است. بخشی از این راندگی در محل سد مخزنی گیلانغرب در سال ۱۳۷۰ توسط مهندسین مشاور آب نیرو مورد مطالعه‌ی جزیی قرار گرفت. میرشکرائی *(۱۳۷۶: ۹۳)* به مطالعه‌ی لیتواستراتیگرافی و زمین‌شناسیِ ساختمانی منطقه پرداخت و دریافت که با توجه به شواهد مورفوتکتونیکی و نئوتکتونیکی موجود، تداوم فعالیت‌های تکتونیکی در امتداد راندگی گیلانغرب (در محدوده‌ی زمانی کواترنر) محرز بوده و سه فاز بالاآمدگی در امتداد این راندگی قابل تشخیص می‌باشد.

نام این راندگی برگرفته از شهر گیلانغرب در جنوب این راندگی می‌باشد. در این پـژوهش قسمتی از راندگی گیلانغرب از ۳ کیلومتری شمال شرق شهر گیلانغرب تا ۳۰ کیلومتری شرق آن، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. راندگی گیلانغرب در واقع مرز جداکننـده‌ی واحـد کوهستان تشکیل شده از سـازندهای کرتاسـه و پـالئوژن و واحـد دشـت پوشـیده از رسـوبات کواترنری می‌باشد. ویژگی‌های سنگ‌شناسی در کمر بالا و پـایین رانـدگی گیلانغـرب متفـاوت می‌باشد. گسل گیلانغرب دارای مؤلفه‌ی راندگی و با توجه به شـواهد موجـود ژئومورفولـوژیکی دارای حرکات امتداد لغز راستگرد می‌باشد. شناسایی مناطق فعال به لحاظ تکتـونیکی اهمیـت فراوانی در بررسی‌های برآورد خطر زمین‌لرزه دارد. در اینگونه بررسی‌ها تکتونیک فعـال بیـانگر حرکات تکتونیکی جوان‌ترین دوره‌ی زمانی یعنی کواترنر و بخصـوص دوره‌ی هولوسـن و زمـان حال می‌باشد *(شهریاری، ۱۳۷۷: ۱)*. زاگرس از جنبه‌ی لرزه‌خیزی بسیار فعـال و لـرزه‌خیزتـرین منطقه‌ی ایران است و بیش از ۵۰٪ زمین‌لرزه‌هایی که توسط شبکه‌ی جهانی در ایران به ثبـت رسیده‌اند در گستره‌ی زاگرس است *(میرزایـی[1]، ۱۹۹۷: ۴۰)*. بـا توجـه بـه واقـع شـدن رانـدگی گیلانغرب در زون زاگرس به عنوان لرزه‌خیزترین زون کشور و امتداد راندگی گیلانغرب کـه در مسیر ۱۱۰ کیلومتری خود با فاصله‌ی کم (حداکثر ۲ کیلومتر) از شمال نواحی روستایی (بیش از ۵۰ روستا) و شهری (گیلانغرب و قصرشـیرین) امتـداد مـی‌یابـد و همچنـین سـاخته شـدن سدهای مخزنی گیلانغرب و زاگرس در کنار این راندگی که می‌تواند از فعالیت‌های لرزه‌ای ایـن گسل تحت تأثیر قرار گیرد، اثبات فعالیت آن به منظور اسـتفاده در ارزیـابی خطـر زمـین‌لـرزه منطقه و برنامه‌ریزی‌های شهری و عمرانی، اهمیت ویژه‌ای دارد و بررسی فعالیـت ایـن رانـدگی لازم و ضروری به نظر می‌رسد. مطالعـه و بررسـی گسـل‌هـا از دیـدگاه نئوتکتونیـک و بررسـی شواهد ژئومورفیک حاصل از فعالیت آنها مورد توجه محققان در کشورهای مختلف بوده است و در این زمینه پژوهش‌های فروانی صورت گرفته است. از جمله مطالعـات انجـام گرفتـه در ایـن زمینه می‌توان به، بول[2] (۱۹۷۷) کوهستان سن گابریل در جنوب غـرب کالیفرنیـا، حسـامی[3] و همکاران در زاگرس (۲۰۰۶)، نکه‌آ[4] و همکاران (۲۰۰۵) در کـار پاسـینس رومـانی، چـیکن[5] و همکاران (۲۰۰۶) در جنوب غربی جلگـه‌ی سـاحلی تـایوان اشـاره کـرد. پورکرمـانی و صـدیق (۱۳۸۲) به مطالعه‌ی پدیده‌های ژئومورفولوژیکی گسل تبریز پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان

1- Mirzaei
2- Bull
3- Hessami
4- Necea
5- Chicn

می‌دهد که جابه‌جایی و قطع شدگی آبراهه‌ها، ایجاد پرتگاه گسلی، دره‌های گسلی، چشمه‌های گسلی، استخرهای فرونشسته از جمله اشکال ژئوموفولوژی حاصل از عملکرد گسل تبریز می‌باشند که حاکی از فعال بودن این گسل است. رادفر و پورکرمانی (۱۳۸۴) به مطالعه‌ی مورفوتکتونیک گسل کوهبنان در ایران مرکزی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی پرداختند و به نتایج زیر دست یافتند: میزان فعالیت در قطعات مختلف گسل در پلیو کواترنری متفاوت بوده که به‌صورت قطعات بسیار فعال، فعال، نسبتاً فعال و با فعالیت کم تقسیم‌بندی شده‌اند. نتایج شاخص‌های ژئومورفیک فعال بودن گسل را تأیید می‌کند. مختاری (۱۳۸۵) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی به بررسی فعالیت گسل میشو در آذربایجان شرقی پرداخت. نتایج کمی به‌دست آمده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی نشان‌دهنده‌ی فعال بودن گسل میشو می‌باشد.

در بررسی فعالیت گسل‌ها شواهد ژئومورفولوژیکی حاصل از گسلش فعال (پرتگاه‌های گسلی) یا تحول یافته (شبکه زهکشی) توسط گسلش فعال اهمیت فراوانی دارد. این لندفرم‌ها اطلاعات با ارزشی (به‌صورت کمّی و کیفی) را درباره‌ی رژیم زمین‌ساخت کنونی و گذشته‌ی یک ناحیه به‌دست می‌دهند و بر اساس آنها می‌توان حرکات گسل‌ها را در گذشته مورد بررسی قرار داد و بر پایه‌ی این اطلاعات به پیش‌بینی فعالیت گسل‌ها در زمان حال و آینده پرداخت. شاخص‌های ژئومورفیکی می‌توانند به عنوان ابزارهای اساسی و کارآمد برای تشخیص تغییر شکل‌های سریع‌تکتونیکی و بررسی نئوتکتونیک مورد استفاده قرار گیرند. شکل‌های توپوگرافی در ارزیابی کمّی اثرات متقابل تکتونیک و فرآیندهای بیرونی در نواحی فعال تکتونیکی،جایگاه ویژه‌ای دارند و استفاده ازآنها می‌تواند زمینه‌ی مدل‌سازی تکامل چشم‌اندازها را در منطقه‌ی مورد مطالعه، فراهم آورد *(مولین[1]، ۲۰۰۲ به‌نقل از مختاری، ۱۳۸۵: ۷۱)*. بعدازتحلیل شاخص‌های ژئومورفیک و بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی و با توجه به تعریف گسل فعال، می‌توان به این سؤال که آیا گسل راندگی گیلانغرب فعال است یا نه پاسخ داد.

موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

راندگی مورد مطالعه در زون زاگرس چین‌خورده (زاگرس شمال غربی) در غرب کشور و در جنوب استان کرمانشاه واقع شده است. منطقه‌ی مورد مطالعه در محدوده‌ی سیاسی دهستان چله (شهرستان گیلانغرب) می‌باشد. راه دسترسی به منطقه‌ی جاده اصلی گیلانغرب به اسلام-آباد غرب می‌باشد. در این پژوهش قسمتی از راندگی گیلانغرب از ۳ کیلومتری شمال شرق

1- Molin

شهر گیلانغرب تا ۳۰ کیلومتری شرق آن، از عرض ۳۳درجه و ۵۹ دقیقه تا عرض ۳۴ درجه و۱۰ دقیقه و طول ۴۶ درجه تا طول ۴۶ درجه و ۱۴ دقیقه مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۱).

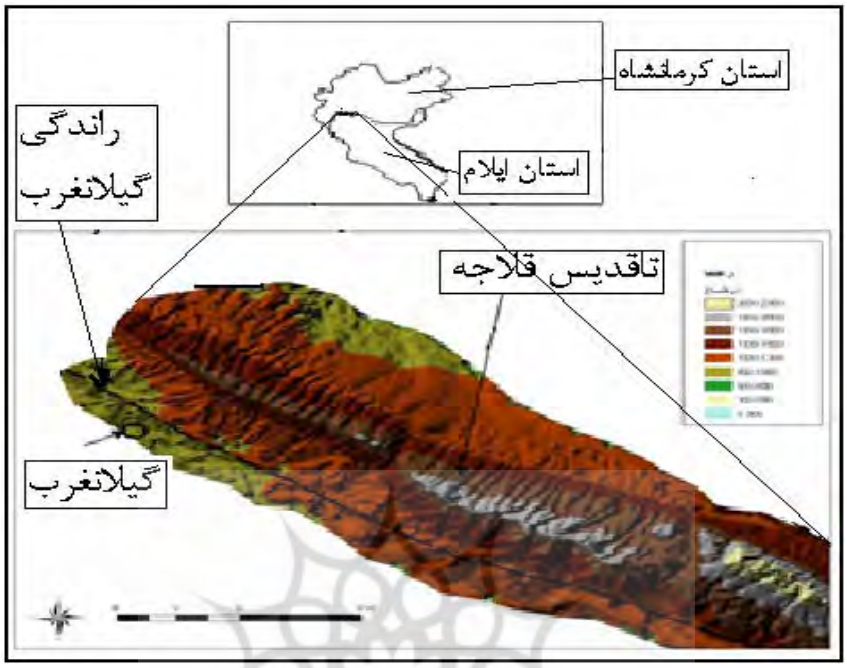
مواد و روش‌ها

فعالیت گسل‌ها را می‌توان از راه بررسی شواهد تاریخی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، لرزه-شناختی، ژئودزی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و آتشفشانی تعیین کرد *(گودی[1]، ۲۰۰۴ به نقل از مختاری، ۱۳۸۵: ۷۳)*. با توجه به این‌که انجام مطالعاتی از قبیل ژئودزی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و لرزه‌شناختی در حال حاضر در منطقه‌ی مورد مطالعه امکان‌پذیر نمی‌باشد و فعالیت‌های آتشفشانی نیز در منطقه رخ نداده است، لذا از داده‌ها و امکانات موجود و شواهد ژئومورفولوژیک که نشان‌دهنده‌ی تکتونیک فعال در هر منطقه هستند، استفاده شده است. در این پژوهش از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه استفاده شده است. همچنین بازدیدهای میدانی مکرر به منظور شناسایی لندفرم‌های ژئومورفولوژیک منطقه به عمل آمده است. برای محاسبه‌ی شاخص‌های ژئومورفیک *(Eu, Fd, Fmf Smf. T. Af, Sl)* ویژگی‌های مورفومتری لندفرم‌های ژئومورفولوژی لازم هستند. برای به‌دست آوردن ویژگی‌های مورفومتری لندفرم‌های ژئومورفولوژی ابتدا لایه‌های اطلاعاتی نقشه‌های توپوگرافی به سیستم اطلاعاتی ArcGIS انتقال داده شد. سپس با اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفومتریِ شکل‌های توپوگرافی، مقادیر شاخص‌های ذکر شده محاسبه گردیدند. لندفرم‌های ژئومورفولوژی مانند سطوح مثلثی شکل، جابه‌جایی آبراهه‌ها، مخروط‌افکنه‌های تقطیع شده، تپه‌های فشارشی[2]، پرتگاه‌های گسلی و بدلندها نشان‌دهنده‌ی فعال بودن گسل‌ها و نئوتکتونیک مناطق می‌باشد. در این پژوهش از یافته‌های حاصل از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی برای تعیین فعال بودن راندگی گیلانغرب استفاد شده است.

تحلیل ساختاری منطقه و ویژگی های راندگی گیلانغرب

رشته‌کوه زاگرس با رخداد کوهزایی پاسادنین در پلیو-کواترنر به شکل امروزی در آمده و نیروهای زمین‌ساختی هنوز هم در آن فعال می‌باشند. به طور کلی همگرایی شمالی- جنوبی صفحه‌ی عربی- اوراسیا، به وسیله‌ی ترکیبی از کوتاه‌شدگی شمال شرق- جنوب غرب در زاگرس چین‌خورده و حرکات امتداد لغزراست بر گسل‌های معکوس(راندگی‌ها)صورت می‌گیرد.

1- Goudie
2- pressure ridges



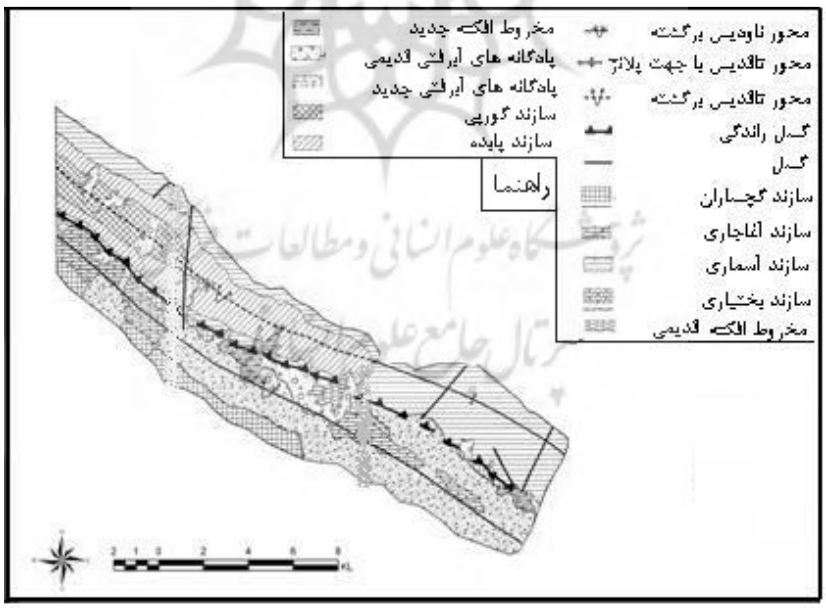
شکل ۱ : نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه
مأخذ : DEM تهیه شده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال کش

میزان کوتاه شدگی در سرتاسر زون زاگرس چین‌خورده ۱۰ میلیمتر در سال می‌باشد *(بلانک[1] و همکاران، ۲۰۰۳: ۴۰۱)*. دگریختی زاگرس شمال غربی به صورت کوتاه شدگی پوسته‌ی رسوبی به میزان ۳ تا ۵ میلیمتر در سال *(ورن[2] ۲۰۰۴، به نقل از حسامی و همکاران: ۱۴۳)* می‌باشد. حرکات امتدادلغز راست بر راندگی‌ها نشان‌دهنده‌ی تکتونیک فعال در این منطقه می‌باشد. راندگی مورد مطالعه در زاگرس شمال‌غربی و از لحاظ زمین‌شناسی در زون چین‌های برگشته (شدیداً چین‌خورده) واقع شده است. این راندگی یال جنوبی تاقدیس قلاجه را بریده است و تاقدیس قلاجه دارای ویژگی‌های تاقدیس زون چین‌های برگشته (تاقدیسی برگشته، نامتقارن، پلانج در شمال غربی، بریده شدن یال جنوبی توسط راندگی گیلانغرب) می‌باشد (شکل ۴). وضعیت ساختاری منطقه با مدل دگر فشارشی که مدلی برای تفسیر پدیده‌های ساختاری داخل پهنه‌های دگرشکل یافته است، مطابقت دارد و با الگوی زون‌های برشی راستگرد قابل توجیه می‌باشد. اثرات فازهای بالاآمدگی دوره کواترنر به صورت پادگانه‌ها و

1- Blanc
2-Vern

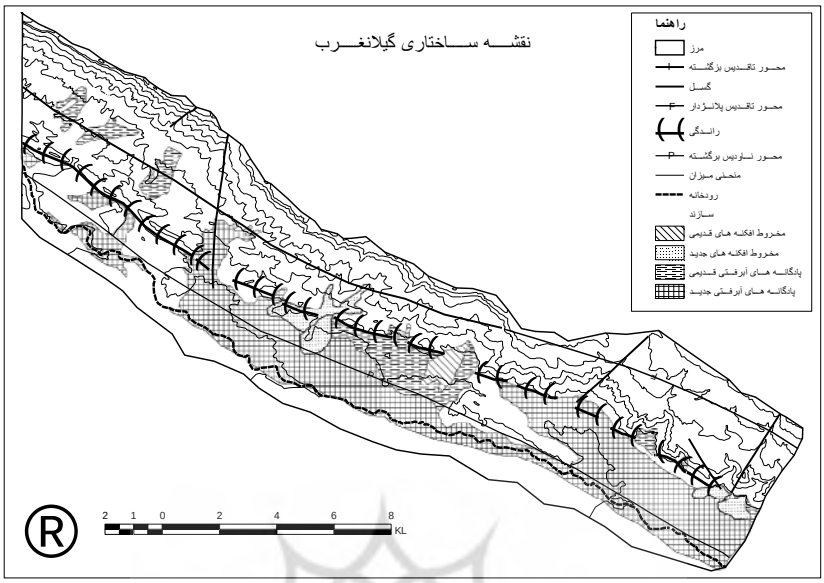
مخروط افکنه‌ها در امتداد راندگی گیلانغرب قابل شناسایی می‌باشند (شکل ۳ الف و ب). در منطقه‌ی مورد مطالعه پهنه‌های برشی دارای آزیموت ۱۶۰ درجه می‌باشند در حالی که جهت نیروی فشارش اصلی که حاصل فشارش پلیت عربستان به منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد، دارای آزیموت ۳۰ تا ۴۰ درجه است که بر جهت فرورانش زاگرس عمود نیست و باعث دگرشکلی راست‌بر در منطقه شده است. منطقه مورد مطالعه از نظر چینه‌شناسی از واحدهای گورپی، پابده، گچساران،آغاجاری، بختیاری و نهشته‌های کواترنری تشکیل شده است (شکل۲).

راندگی گیلانغرب (GF) از مرز ایران و عراق در قصر شیرین تا ۳۰ کیلومتری شرق شهر گیلانغرب با طول بیش از ۱۱۰ کیلومتر امتداد یافته است. و در منطقه‌ی مورد مطالعه ۳۰ کیلومتر آن در ۱۳ قطعه‌ی گسلی قابل بازشناسی است که روند کلی آن N60W می‌باشد. شیب این گسل ۷۵-۶۵ درجه به‌سوی شمال‌شرقی است *(مهندسین مشاور آب نیرو، ۱۳۷۰: ۳۰)*. دو طرف گسل از لحاظ سن و جنس سنگ‌ها به علت جابجایی، متفاوت است. جابجایی قائم آن بطور دقیق مشخص نیست ولی با توجه به ضخامت سازند آغاجاری می‌توان گفت که بیش از ۱۰۰۰ متر جابجایی به‌وجود آمده است. رانده شدن سازند آسماری بر روی سازند گچساران و بختیاری (بر اثر فعالیت راندگی گیلانغرب) نشان می‌دهد که این گسل در زمان پلیوسن شکل گرفته است.



شکل ۲: نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

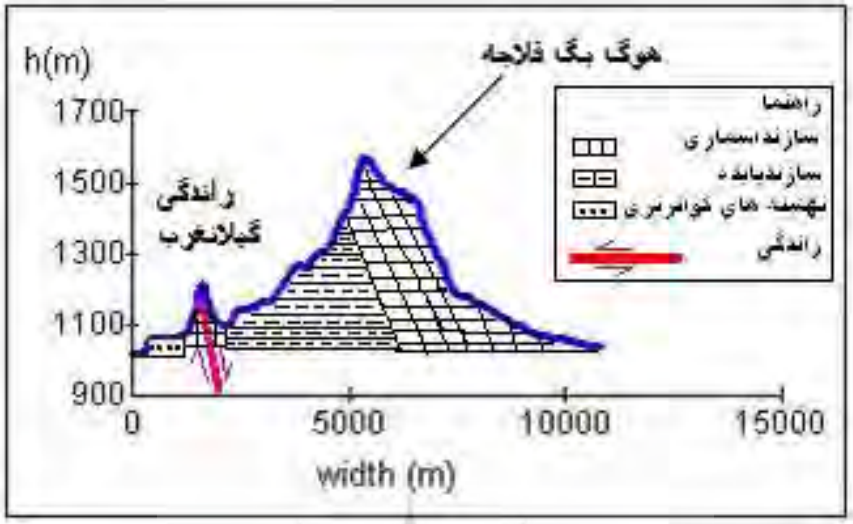
مأخذ: نقشه‌ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کرند غرب



شکل ۳ الف : نقشه‌ی ساختاری منطقه مورد مطالعه

مأخذ: نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال‌کش و نقشه‌ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کرند

شکل ۳ ب : نمایی از سه پادگانه‌ی آبرفتی که در اثر فعالیت راندگی گیلانغرب در امتداد آن شکل گرفته‌اند (دید رو به شمال).



شکل ۴: نیمرخ عرضی تاقدیس قلاجه و موقعیت راندگی گیلانغرب نسبت به آن

مأخذ: نیمرخ فوق با استفاده از داده‌های نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال کش و نرم‌افزار ArcGIS 9.1 رسم شده است.

یافته‌های تحقیق

- شاخص‌های ژئومورفیک

سنجش ابعاد، ارتفاع، شیب، شکل‌ها و ناهمواری‌های سطح زمین در مجاور گسل‌ها یکی از روش‌های ممکن برای ارزیابی زمین ساخت فعال منطقه حاوی گسل‌ها به‌ویژه گسل‌های واقع در حد کوه و دشت می‌باشد *(رادفر و پورکرمانی، ۱۳۸۵: ۱۶۹)*. بنابراین بررسی کمّی لندفرم‌های حاصل از گسلش فعال به عنوان ابزار مفید و قابل اطمینان در شناسایی مناطق دارای حرکات تکتونیکی فعال به‌کار می‌روند. با توجه به این‌که راندگی گیلانغرب در حد کوه و دشت واقع شده و بر اثر فعالیت آن، لندفرم‌های متفاوتی در اطراف آن شکل گرفته یا تحول یافته‌اند، با مطالعه‌ی این لندفرم‌ها و تکیه بر شاخص‌های ژئومورفیک می‌توان به بررسی فعالیت گسل مورد نظر در عهد حاضر پرداخت.

شاخص‌های مورد استفاده در این پژوهش به‌صورت کمّیت‌های توپوگرافی (Smf, Fmf, Fd, Eu, Sl) و شاخص‌های تحول شبکه زهکشی (T، Af) می‌باشند که با تحلیل این شاخص‌ها و ویژگی‌های شبکه زهکشی منطقه، موقعیت ساختارهای فعال منطقه مشخص می‌گردند.

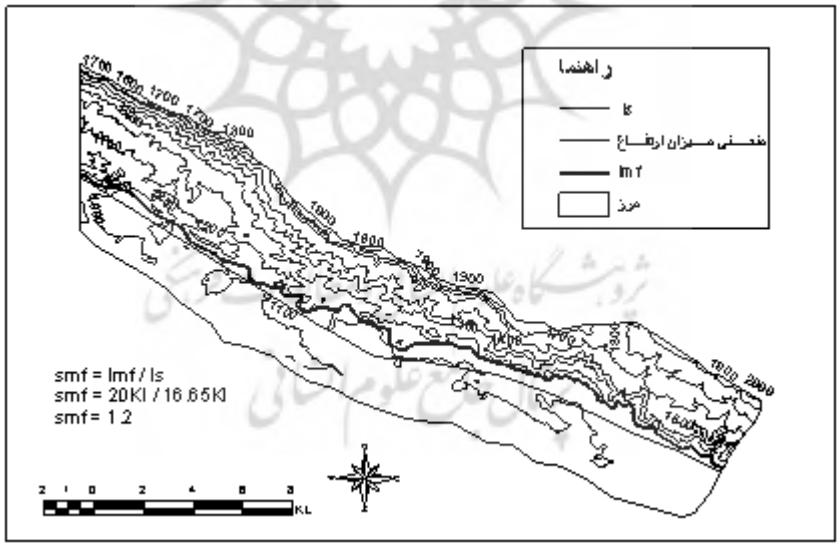
- شاخص سینوسی جبهه کوهستان (Smf): این شاخص از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$Smf = Lmf / Ls$$

که در این شاخص: Smf شاخص سینوسی جبهه کوهستان، Lmf طول جبهه کوهستان در امتداد پایکوه (خط کنیک) و Ls طول خط مستقیم جبهه کوهستان می‌باشد. این شاخص نشانگر توازن میان قدرت رودها و فرآیندهای شیب برای ایجاد یک جبهه کوهستان با شکل نامنظم و حرکات تکتونیکی قائم و جوان، جهت ایجاد جبهه کوهستان مستقیم می‌باشد *(سلیمانی، ۱۳۷۷: ۵۵)*. جبهه کوهستانی منطبق بر مسیر راندگی گیلانغرب در غرب مسیر راندگی منطبق بر منحنی تراز ۱۱۰۰ متر و در شرق مسیر راندگی منطبق بر منحنی تراز ۱۲۰۰ متری می‌باشد. بر اساس تقسیم‌بندی بول و مک فادن (۱۹۷۷) و بول *(۱۹۸۴: ۳۱۱)*، *(باقری، ۱۳۸۷: ۱۸۰)* میزان شاخص Smf منطقه ۱/۲ می‌باشد، که حاکی از فعالیت شدید نئوتکتونیک در منطقه می‌باشد *(شکل ۵ و جدول ۱)*.

جدول ۱: طبقه‌بندی شاخص smf بر اساس تقسیم‌بندی‌های مختلف

	بول و مک فادن(۱۹۷۷)	بول (۱۹۸۴)	راک ول و همکاران (۱۹۸۵)	سیلویا و همکاران (۲۰۰۳)	مطالعات کنونی
کلاس ۱	Smf=1/2 – 1/6	Smf=1 – 1/6	Smf= 1/4	Smf<1/1	Smf=1/2



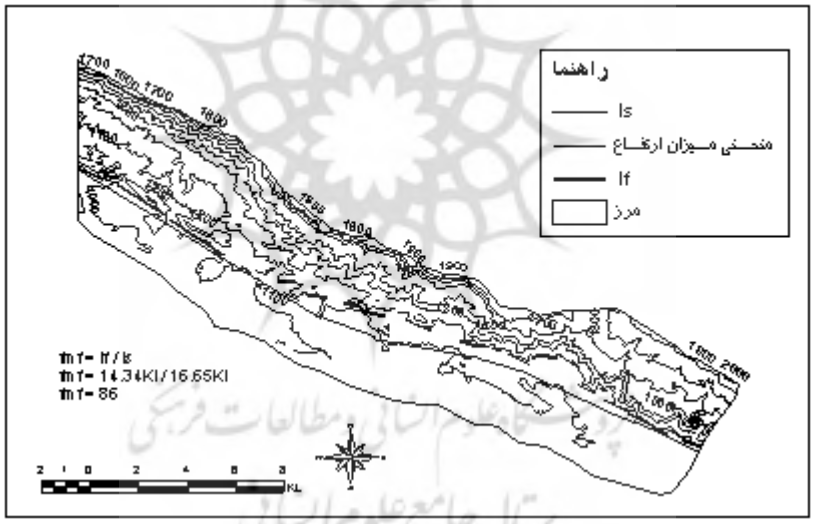
شکل ۵ : محاسبه‌ی شاخص سینوسی جبهه‌ی کوهستان

مأخذ: نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال کش و محاسبات نگارنده

- درصد سطوح چندوجهی در امتداد جبهه کوهستان Fmf : این شاخص از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$Fmf = Lf / Ls * 100$$

که در این شاخص، Fmf درصد سطوح چندوجهی در امتداد جبهه‌ی کوهستان ، Lf مجموع طول اشکال چندوجهی، Ls طول جبهه کوهستان به خط مستقیم می‌باشد. در مناطق فعال تکتونیکی فعالیت بر اثر گسل‌ها درصد بالایی از سطوح چند وجهی شدن مشاهده می‌گردد *(باقری،۱۳۸۷: ۱۸۲)*. فعالیت راندگی گیلانغرب باعث شکل‌گیری سطوح مثلثی شکل زیادی در حد واسط دشت و کوه در سازندهای پابده، گورپی و آسماری در شمال دشت گیلانغرب و چله شده است. مقدار به‌دست آمده برای این شاخص fmf=۸۶ می‌باشد که حاکی از فعالیت شدید نئوتکتونیکی در منطقه می‌باشد (شکل ۶).



شکل ۶: محاسبه‌ی شاخص درصد سطوح چندوجهی جبهه‌ی کوهستان

مأخذ: نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال کش و محاسبات نگارنده

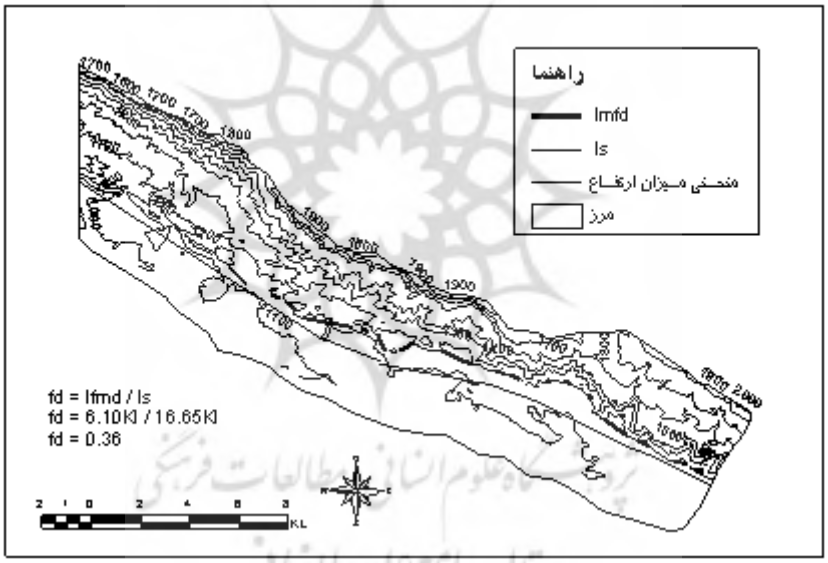
- شاخص درصد قسمت‌های بریده شده جبهه کوهستان Fd : این شاخص به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

FD = Lmfd / Ls

که در این شاخص، Fd درصد قسمت‌های بریده شده جبهه کوهستان، Lmfd طول بخش‌های بریده شده جبهه کوهستان (توسط شبکه آبراهه‌ها) و Ls طول جبهه کوهستان به خط مستقیم می‌باشد. در مناطق فعال تکتونیکی، عوامل تکتونیکی سعی در ایجاد جبهه‌های کوهستانی خطی و مستقیم دارند. مقدار این شاخص به‌صورت کمیتی بین ۰ تا ۱ می‌باشد، که هر چقدر مقدار شاخص Fd به صفر نزدیک باشد، جبهه‌ی کوهستانی از لحاظ تکتونیکی فعال می‌باشد. مقدار به‌دست آمده برای شاخص Fd=0.36 است که نشان‌دهنده‌ی فعایت تکتونیکی شدید در منطقه می‌باشد (شکل ۷).

- شاخص درصد پرتگاه‌های بریده نشده در جبهه کوهستان Eu : این شاخص از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

Eu=Lce / Ls



شکل ۷: محاسبه‌ی شاخص درصد قسمت‌های بریده شده جبهه‌ی کوهستان

مأخذ: نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال کش و محاسبات نگارنده

که در آن Eu درصد پرتگاه‌های بریده نشده در جبهه کوهستان، Lce طول بخش‌های بریده نشده کوهستان و Ls طول جبهه کوهستان به خط مستقیم می‌باشد. در مناطق فعال تکتونیکی به علت جوان بودن پرتگاه‌ها و ادامه‌ی فعالیت‌های تکتونیکی، مقدار Eu بالا می‌باشد *(مختاری، ۱۳۸۵: ۷۷)*. در واقع مقادیر بالای Eu نشان‌دهنده‌ی فعال بودن منطقه از لحاظ

فعالیت‌های تکتونیکی است. مقدار Eu برای جبهه‌ی کوهستانی قلاجه ۸۵ به‌دست آمده که حاکی از فعالیت‌های شدید تکتونیکی در منطقه است.

- شاخص عدم تقارن حوضه آبریز Af: این شاخص به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

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

که دراین شاخص Af عدم تقارن حوضه آبریز، Ar مساحت قسمت راست مسیر روداصلی و At مساحت کل حوضه زهکشی می‌باشد. شاخص عدم‌تقارن روشی برای تشخیص وجود کج‌شدگی ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی درحوضه‌های زهکشی است *(همدونی[1] و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۵۶)*.

در مناطق دارای شرایط تکتونیکی فعال به دلیل اثرات توپوگرافی حاصل از بالاآمدگی در یک سوی منطقه و به تبع آن ایجاد فرونشست در سوی دیگر، طول آبراهه‌های فرعی در منطقه یا طرف بالا آمده بیشتر از همین طول در سمت مقابل خواهد بود. رودخانه‌ای که در حالت تعادل است و تداوم جریان در حالت ثابتی وجود دارد، Af آن برابر ۵۰ می‌باشد. مقادیر بیش از ۵۰ بیانگر عمل بالاآمدگی در ساحل راست و کمتر از ۵۰ بیانگر بالاآمدگی در ساحل چپ آبراهه اصلی است *(سلیمانی، ۱۳۷۷: ۶۳)*. این شاخص نشان‌دهنده‌ی تمایل و خمیدگی حوضه‌ی آبریز به یک سمت در اثر فعالیت‌های تکتونیکی است. در این پژوهش مقدار Af=87 می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی بالاآمدگی در ساحل راست رودخانه چله بر اثر فعالیت راندگی گیلانغرب است.

- شاخص تقارن توپوگرافی معکوس (T): شاخصی است که در ارزیابی نامتقارن بودن حوضه و بررسی حرکات تکتونیک فعال به کار برده می‌شود و به‌صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$T= Da / Dd$$

در این فرمول، T شاخص تقارن توپوگرافی معکوس، Da فاصله خط میانی حوضه زهکشی تا کمربند فعال مئاندری حوضه (رودخانه اصلی) و Dd فاصله خط میانی حوضه تا خط تقسیم آب می‌باشد. در حوضه‌های کاملا متقارن T=0 است و مقدار T بیانگر یک بردار با مقدار عددی بین ۰ تا ۱ است. با افزایش عدم تقارن مقدار T افزایش پیدا می‌کند *(رندل[2]، ۱۹۹۴: ۵۵۷)*. در این شاخص مقادیر عددی نزدیک به ۱ بیانگر تکتونیک فعال می‌باشد. جابه‌جایی کلی و عمومی رودخانه دلیل بر کج‌شدگی زمین در جهت خاصی می‌باشد. مقادیر Da و Dd در ۲۵

1- Hamdouni
2- Randel

نقطه از مسیر رودخانه‌ها اندازه‌گیری شده و از مجموع این اندازه‌گیری‌ها میانگین گرفته شده تا عدد به‌دست آمده نماینده و بیان‌کننده‌ی کل مسیر رودخانه باشد (جدول ۲). در این پژوهش مقدار T=27 می‌باشد که حاکی از تکتونیک فعال و کج‌شدگی شبکه‌ی زهکشی به سمت چپ رودخانه و فعال بودن راندگی گیلانغرب در ساحل راست رودخانه است.

- شاخص شیب طولی رودخانه Sl: این شاخص به صورت زیر تعریف می‌گردد :

$$SL = (\Delta H / \Delta L) * L$$

در این شاخص SL شیب طولی رودخانه، ΔH اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی اندازه‌گیری، ΔL طول مسیر اندازه‌گیری شده بین دو نقطه و L طول رودخانه از وسط منطقه‌ی اندازه‌گیری شده تا مرز حوضه در سرچشمه می‌باشد *(کلر، ۱۹۹۶؛ به نقل از سلیمانی، ۱۳۷۷: ۵۷)*.

این شاخص بالاآمدگی منطقه را بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی نمایان می‌کند. میزان Sl در مناطقی که حرکات تکتونیکی فعال در تغییر شکل زمین مؤثر باشند، زیاد است *(کلر و پینتر[1]، ۱۹۹۶: ۱۳۰)*. نیمرخ‌های طولی رودخانه چله (شکل‌های ۸، ۹، ۱۰) با فواصل منحنی میزان ۱۰۰ متری از خروجی حوضه با ارتفاع ۹۲۰ متر به سمت بالادست تا ارتفاع ۱۲۲۰ متری (انتهای راندگی گیلانغرب) ترسیم و مقادیر Sl برای هر سه نیمرخ حساب گردید (جدول۳). در نواحی که رودخانه چله و راندگی گیلانغرب در کنار هم قرار می‌گیرند، مقدار شاخص SL =555 می‌باشد و به تدریج که رودخانه از گسل فاصله می‌گیرد مقادیر کمتر می‌شوند. به‌طوری‌که در نیمرخ شماره‌ی دو که گسل و رودخانه در فاصله‌ی ۱ کیلومتری از هم قرار دارند، مقدار SL=271 می‌باشد و در نیمرخ شماره‌ی سه که فاصله‌ی گسل و رودخانه به ۲ کیلومتر می‌رسد، مقدار SL=181 است. میانگین SL برای هر سه نیمرخ ۳۳۶ است (جدول ۳) که حاکی از بالاآمدگی فعال منطقه در امتداد راندگی گیلانغرب می‌باشد.

1 . Keller & Pinter

جدول ۲: شاخص تقارن توپوگرافی (T) معکوس در حوضه‌ی آبخیز چله

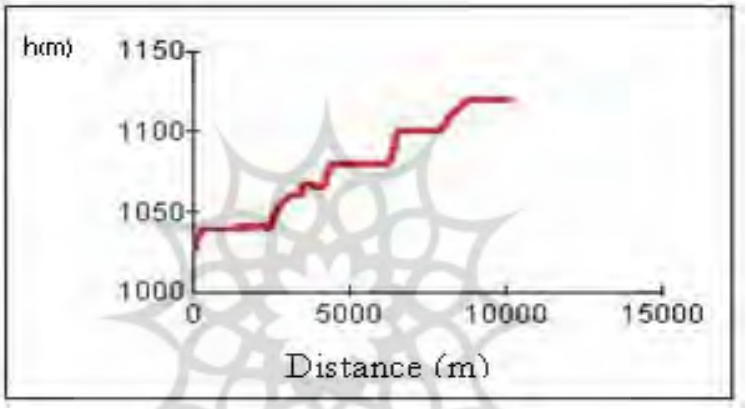
شماره	Da (به متر)	Dd (به متر)
۱	۸۱۹	۵۵۹۹
۲	۱۱۸۷	۵۵۶۷
۳	۷۲۲	۵۳۹۷
۴	۱۴۸۰	۵۲۰۹
۵	۱۲۲۸	۴۹۵۹
۶	۱۶۷۵	۴۵۶۳
۷	۲۴۲۶	۴۸۱۳
۸	۱۷۹۷	۴۹۵۱
۹	۱۸۰۰	۴۹۳۰
۱۰	۱۶۲۳	۵۱۷۱
۱۱	۱۹۴۶	۴۴۱۱
۱۲	۱۲۴۹	۴۳۶۰
۱۳	۱۴۹۳	۴۲۵۹
۱۴	۱۳۹۵	۴۱۷۴
۱۵	۱۳۵۷	۴۲۱۷
۱۶	۱۲۵۴	۳۹۹۹
۱۷	۹۹۷	۳۹۹۰
۱۸	۶۷۴	۴۲۵۴
۱۹	۶۰۱	۳۹۳۷
۲۰	۴۰۸	۳۹۶۴
۲۱	۵۲۷	۳۹۲۶
۲۲	۸۰۲	۴۶۷۶
۲۳	۹۱۶	۴۷۵۷
۲۴	۱۵۲۳	۵۱۶۱
۲۵	۱۴۵۸	۵۴۰۱
	Σ = 31357	Σ = 116645

مأخذ: نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال‌کش و محاسبات نگارنده

جدول ۳: مقادیر شاخص (Sl) در حوضه آبخیز چله

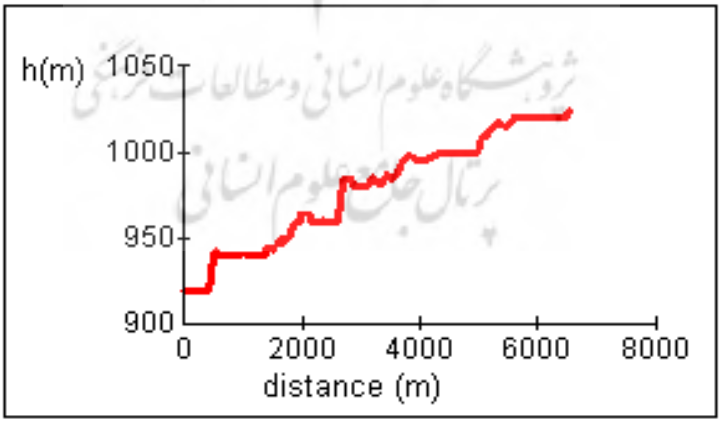
ارتفاع	نقطه میانی	ΔH (به متر)	ΔL (به متر)	L (به متر)	Sl
۹۲۰-۱۰۲۰	۹۷۰	۱۰۰	۶۵۳۵	۳۶۲۸۷	۵۵۵.۲۷
۱۰۲۰-۱۱۲۰	۱۰۷۰	۱۰۰	۱۰۱۹۶	۲۷۶۹۳	۲۷۱.۶۰
۱۱۲۰-۱۲۲۰	۱۱۷۰	۱۰۰	۱۰۳۰۶	۱۸۶۶۷	۱۸۱.۱۲
					$\Sigma = 336$

مأخذ: نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال‌کش و محاسبات نگارنده



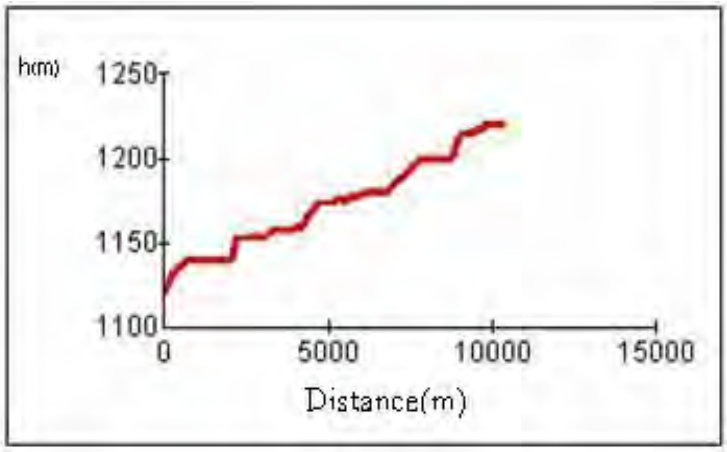
شکل ۸: نیمرخ طولی رودخانه‌ی چله (شماره ۱)

مأخذ: نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال‌کش و محاسبات نگارنده



شکل ۹: نیمرخ طولی رودخانه‌ی چله (شماره۲)

مأخذ: نقشه‌ی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال‌کش و محاسبات نگارنده



شکل ۱۰ : نیمرخ طولی رودخانه چله شماره ۳

مأخذ: نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال‌کش و محاسبات نگارنده

طبقه‌بندی شاخص

نتایج به‌دست آمده از تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک که بر پایه‌ی اندازه‌گیری لندفرم‌های توپوگرافی، الگوی شبکه زهکشی و نیمرخ طولی آبراهه‌ها می‌باشد، نشان‌دهنده‌ی فعال بودن راندگی گیلانغرب است. در جدول ۴ مقادیر شاخص‌ها و میزان فعالیت آنها آمده است.

جدول ۴: نتایج حاصل از شاخص‌های ژئومورفیک در حوضه‌ی آبخیز چله

نام شاخص	توصیف کمّی	توصیف کیفی
Smf	۱/۲	فعال
Fmf	۸۶	فعال
Fd	۰/۲۸	فعال
Eu	۷۵	فعال
Af	۸۷	فعال
T	۲۷	فعال
Sl	۳۳۶	فعال

مأخذ: محاسبات نگارنده

شواهد ژئومورفولوژیکی حاصل از گسلش فعال

مورفولوژی جبهه‌های کوهستانی ایجاد شده توسط گسل‌ها و ارزیابی کمّی و کیفی آنها در تعیین فعالیت‌های تکتونیکی منطقه مفید می‌باشند. لندفرم‌های حاصل از گسلش فعال راندگی گیلانغرب در جبهه‌ی کوهستان قلاجه به صورت پرتگاه‌های گسلی جوان، سطوح مثلثی شکل در حد کوه و دشت، عدم وجود کوهپایه و حد کوه و دشت مستقیم (شکل ۱۳)، پشته‌های فشاری، پشته‌های مسدودکننده، تاقدیس‌های در حال زایش (شکل ۱۱)، چشمه‌ها، مخروط افکنه‌های تقطیع شده و جابه‌جا شده و عدم تقارن رودخانه چله، پدیده‌های ژئومورفولوژیکی هستند که نشان‌دهنده‌ی فعالیت‌های تکتونیکی منطقه می‌باشند. در زیر به شرح مختصری از مهم‌ترین آنها پرداخته شده است.

پرتگاه‌های گسلی: از جمله شواهد تکتونیک فعال وجود پرتگاه‌های گسلی در امتداد گسل‌های جوان در هر منطقه است. پرتگاه گسلی منطبق یا تقریباً منطبق بر سطوح گسلی در یک منطقه، نمادی از گسلش فعال را به نمایش می‌گذارد. وجود پرتگاه‌های گسلی مشخص و بلند در هر منطقه با سطح فرسایش‌نیافته، نشانه گسلش فعال پلیو-کواترنری در آن منطقه می‌باشند *(رادفر و پورکرمانی،۱۳۸۴: ۱۶۸)*. در امتداد راندگی گیلانغرب پرتگاه‌های گسلی آشکار به ارتفاع زیاد (بیش از ۲۰۰ متر و ۱۳ قطعه‌ی گسلی مجزا در امتداد یکدیگر با طول‌های متغیّر بین ۸ تا ۰/۲ کیلومتر) که همگی دارای شکل خطی و منطبق بر سطوح گسلی می‌باشند، وجود دارند (شکل ۱۱).

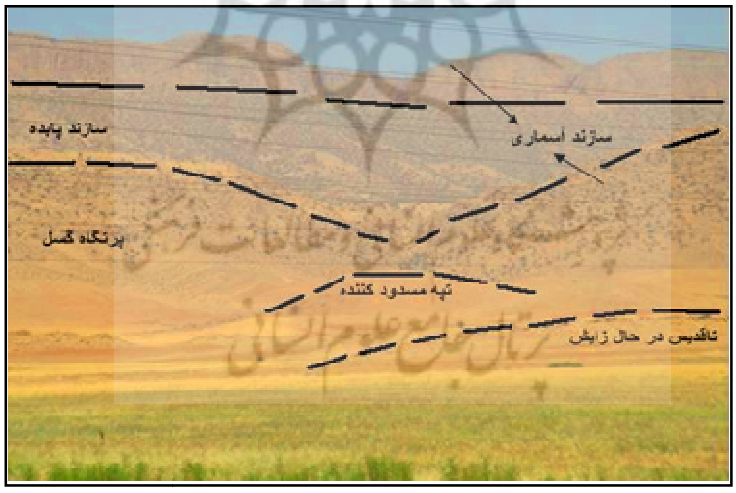
پشته‌های مسدودکننده[1]*:* این لندفرم معمولاً در محلی که توپوگرافی توسط یک گسل جا به‌جا شده باشد، ایجاد می‌گردد. میانآب‌های مسدودکننده مواقعی شکل می‌گیرند که جابه‌جایی توسط گسل، پشته‌های موجود در بین آبراهه‌ها و یا تپه‌های موازی با زون گسلی را حرکت داده و موجب مسدود شدن دنباله آبراهه و یا انحراف آن می‌شود *(باقری، ۱۳۸۷: ۱۱۷)*. در منطقه‌ی مورد مطالعه آبراهه‌هایی که پرتگاه گسلی گیلانغرب را بریده‌اند، توسط تپه‌های مسدودکننده منحرف شده‌اند (شکل ۱۱).

پشته‌های فشاری[2]*:* پشته‌های فشاری مناطق مرتفع کوچکی هستند که در اثر فشارش در میان قطعات گسلی ایجاد می‌شوند. در منطقه‌ی مورد مطالعه در شمال روستای هوشیار چله در امتداد قطعه‌ی شماره ۵ راندگی گیلانغرب و ناهنجاری‌های ناشی از زون گسلی پشته فشاری به ارتفاع ۸۰ متر در اثر فشرده شدن رسوبات پادگانه‌های قدیمی به‌وجود آمده است.

1- Chutter ridges
2- Preesure ridges

سطوح مثلثی‌شکل: درکوه‌های بامنشأ گسلی که گسل‌ها سطوح توپوگرافی را جابه‌جا کرده‌اند، سطوح مثلثی شکل بیانگر یک سطح فرسایش یافته گسلی در این بخش‌ها می‌باشند. وجود این سطوح حاکی از ناکافی بودن فرسایش و نشان‌دهنده‌ی حرکات تکتونیک فعال می‌باشد. در امتداد راندگی گیلانغرب در شمال دشت چله و در سازند پابده سطوح مثلثی شکل به‌وجود آمده است.

مخروط‌افکنه‌های تقطیع شده و جابه‌جا شده: این نوع مخروط افکنه‌ها نشان‌دهنده‌ی حرکات تکتونیکی فعال می‌باشند. مخروطه افکنه‌های شمالی دشت چله بر اثر حرکات امتدادلغز راست‌برِ راندگی گیلانغرب به سمت جنوب‌شرقی کج‌شدگی پیدا کرده و بر اثر حرکات بالاآمدگی حاصل از فعالیت این راندگی مخروط‌افکنه‌های ذکر شده دچار تقطیع‌شدگی شدید شده و رسوبگذاری در پایین‌دست مخروط‌افکنه‌ها صورت گرفته است که حاکی از ادامه فعالیت‌های تکتونیکی و بالاآمدگی منطقه می‌باشد (شکل ۱۲). تاقدیس‌های در حال زایش: از خصوصیات زاگرس شمال غربی وجود چین‌های در حال رشد (زایش) در جنوب غربی گسل اصلی زاگرس است که به‌صورت موازی یا مورب نسبت به جهت اصلی گسل زاگرس قرار دارند *(بچمانوو[1]، ۲۰۰۳: ۲۲۴)*. در امتداد راندگی گیلانغرب در شمال دشت گیلانغرب تعداد زیادی از این تاقدیس‌ها وجود دارد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: نمایی از راندگی گیلانغرب و شواهد ژئومورفولوژیکی حاصل از گسلش فعال (دید رو به شمال)

1- Bachmanov

شکل ۱۲ : آبراهه و مخروط افکنه‌ی جابه‌جا شده توسط راندگی گیلانغرب (دید رو به شمال)

شکل ۱۳ : عدم شکل‌گیری پایکوه و حد مستقیم دشت و کوه (دید رو به شمال)

نتیجه

-تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک نشان‌دهنده‌ی فعال بودن راندگی گیلانغرب می‌باشد. تحلیل کمیت‌های توپوگرافی (Eu, Fd, Fmf, Smf, Sl) نشان‌دهنده‌ی ادامه حرکات قائم و بالاآمدگی

فعال و تحلیل الگوی شبکه زهکشی (T، Af) نشان‌دهنده‌ی حرکات راستالغز راست‌بر در امتداد این راندگی می‌باشد.

- در منطقه‌ی مورد مطالعه ساختمان سنگ‌شناسی، شبکه‌ی آبراهه‌ای متراکم و دخالت گسل در مقادیر شاخص‌های Smf ، Fmf ، Eu تأثیرات منفی بر میزان این شاخص‌ها داشته‌اند که به این شرح می‌باشد: بر اثر فعالیت راندگی گیلانغرب و حذف سازند آسماری، سازند پابده که در هسته تاقدیس قلاجه بوده رخنمون شده و به علت فرسایش‌پذیری مقادیر شاخص‌های Smf ، Fmf را تا حدودی تحت تأثیر قرار داده است. شبکه‌ی زهکشی متراکم و دخالت گسل عرضی (که به صورت عرضی تاقدیس قلاجه را بریده) در از بین بردن پرتگاه‌های راندگی گیلانغرب در شمال روستای اول ویار به عنوان عوامل منفی در مقدار شاخص Eu منطقه تأثیرگذار بوده‌اند.

- بررسی میدانی لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی شکل گرفته در امتداد راندگی گیلانغرب، حاکی از فعال بودن این گسل می‌باشد. لندفرم‌هایی مانند پرتگاه‌های گسلی خطی منطبق بر سطوح گسلی، سطوح مثلثی شکل، عدم وجود کوهپایه حاکی از بالاآمدگی فعال راندگی گیلانغرب و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی همچون مخروط‌افکنه‌های تقطیع شده و جابه‌جا شده و عدم تقارن رودخانه‌ی چله نشان‌دهنده‌ی حرکات راستالغز راست‌بر در امتداد این گسل در دوره‌ی کواترنر و عهد حاضر می‌باشد.

- بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که در امتداد راندگی گیلانغرب سازند آهک آسماری بر روی سازند گچساران و گنگلومرای بختیاری رانده شده است و سازند بختیاری در امتداد، راندگی گیلانغرب رخنمون دارد که نشان‌دهنده‌ی فعالیت گسل مورد نظر در پلیوسن تحتانی است. با توجه به شواهد موجود حداقل سه فاز بالا آمدگی در دوره‌ی کواترنر در امتداد راندگی گیلانغرب قابل تشخیص است. بریده شدن آبرافت‌های Qt_1 دوره‌ی کواترنر در شمال دشت چله توسط راندگی گیلانغرب نشان‌دهندی فعال بودن راندگی مزبور در زمان کواترنر می‌باشد.

- در امتداد راندگی گیلانغرب دو زمین لرزه به مقیاس ۵/۵< ۶ درجه مرکای که در اثر فعالیت این گسله می‌باشد *(مهندسین مشاور، ۱۳۷۰: ۱۳۶)*، حاکی از فعال بودن راندگی گیلانغرب در عهد حاضر (هولوسن) است.

- بررسی و تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک، شواهد زمین‌شناسی، زلزله‌خیزی منطقه و شواهد ژئومورفولوژیکی راندگی گیلانغرب و با توجه به تعاریف گسل فعال ارایه شده از سوی پانیزا و کاستالدینی[1] (۱۹۸۷) *(به نقل از مختاری، ۱۳۸۵: ۷۲)*، نشان‌دهنده‌ی فعال بودن راندگی

1- Panizza & Castaaldini

گیلانغرب در دوره‌ی پلیو-کواترنر و عهد حاضر (هولوسن) می‌باشد. طبق تعریف پانیزا و کاستالدینی‌گسل فعال، گسلی است که در آن جابه‌جایی در سنگ‌ها و یا تغییراتی معنی‌دار در شکل‌های زمین ریخت‌شناسی مشاهده شود. منظور از سنگ‌ها و یا شکل‌های معنی‌دار، آنهایی هستند که در ارزیابی‌های نو زمین‌ساخت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بررسی مچته[1] (۲۰۰۰) *(به نقل از مختاری، ۱۳۸۵: ۷۲)* گسل‌ها را بر اساس لرزش‌های دیرینه و مقیاس زمانی مطلق تقسیم نموده است. بر این اساس اگر جابه‌جایی در امتداد گسل در ۱۰۰۰۰ سال گذشته اتفاق افتاده باشد، گسل فعال در هولوسن نامیده می‌شود و گسلی که در ۱۳۰۰۰۰ سال گذشته جابه‌جایی داشته باشد، گسل فعال در کواترنر بالایی است و اگر جابه‌جایی مربوط به ۱/۶ میلیون سال گذشته باشد نام گسل فعال در کواترنر به خود می‌گیرد. با توجه به این تقسیم‌بندی راندگی گیلانغرب در دوره پلیو-کواترنر و عهد حاضر (هولوسن) فعال می‌باشد.

منابع

۱- آب نیرو (۱۳۷۰). مهندسین مشاور، گزارش مطالعات زمین‌شناسی و لرزه‌خیزی گیلانغرب.

۲- باقری، سجاد (۱۳۸۷). بررسی نقش تکتونیک در شکل‌گیری و تحول لندفرم‌های تاقدیس قلاجه (استان کرمانشاه)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی-گرایش ژئومورفولوژی (استاد راهنما: دکتر مهران مقصودی). دانشکده جغرافیا. دانشگاه تهران.

۳- پورکرمانی، محسن و حمید صدیق (۱۳۸۲). پدیده‌های ژئومورفولوژیکی حاصل از گسل تبریز، جغرافیا و توسعه. شماره۲ .

۴- رادفر، شهباز و حسن پورکرمانی (۱۳۸۴). ریخت زمین ساخت گسل کوهبنان، مجله علوم زمین. شماره ۵۸.

۵- سلیمانی، شهریار (۱۳۷۷). رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیکی فعال و جوان "با نگرشی بر مقدمات دیرینه شناسی"، چاپ اول. تهران. انتشارات مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

۶- عکس هوایی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه (۱۳۵۵). شماره ۳۶۴، ۳۶۵، ۳۶۶، ۳۶۷، ۳۶۸، ۴۹۵، ۴۹۶، ۴۹۷ و ۴۹۸.

۷- مختاری، داود (۱۳۸۵). کاربرد شاخص‌های ریخت‌سنجی در تعیین میزان فعالیت گسل‌ها، مورد نمونه: گسل شمالی میشو، مجله علوم زمین. شماره ۵۹.

1- Machette

۸- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کال‌کش (۱۳۷۶). سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، چاپ سوم.
۹- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کرند (۱۳۸۴). سازمان زمین‌شناسی.
10- Bachmanov, D. M, Trifonov, Kh. T, Hessami. A, I, Uozhurin, T. P, Ivanovo, E. A, Rogozhin, M. C, Hademi, F. H, Tamali: Active faults in the Zagros and central Iran, Tectonophysics,V 380.
11- Blance, E, Allen, M, Inger, S, Hassani, H (2003). Structural styles in the Zagros simple folded zone Iran, Geological Society, Vol 160.
12- Bull, W, B. 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.
13- Bull, William. B (1984). Tectonic Geomorphology 'Journal of Geological Education; V 32.
14- Chich, C. shanchen,W. Wu, L. Lin, C (2006). Active deformation Front delineated by drainage pattern analaysis and vertical movementrates, soathwestern costal plain Taiwan, Journal of Asian Earth Sciences.
15- Hamdouni, R.El. Iriggaray, C. Fernandez, T. Chacon, J. Keller, E. A (2008). Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain). Geomorphology. 96.
16- Hessami, KH, Nilfoyoushan, Christopher. J, Tablot (2006). Active deformation within the Zagros Mountains deduced from GPS measurements, Geology Society, Vol 163.
17- Keller, Edward and A., Pinter, Nicholas (1996). Active tectonics; Prentice Hall publisher, New Jersey.
18- Mirzaei, N (1997). Seismic zoning of Iran, dissertation for Ph.d degree in Geophysics, Institute of Geophysics, State semi logical Bureau, Beijne, people Republic of China.
19- Necea,D. Fielitz, W. Matesnco (2005). Latepliocene- Quaternary in the Frontal Part of.the SE Carpathians: Insights From Tectonic geomor phology. Tectonph ysics, V (H10).
20- Randel, T, C (1994). Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify area of possible Quaternary tilt-block tectonics: an example from th Mississippi Embayment. Geological Society Amer. V 106.