

جغرافیا و توسعه شماره ۴۲ بهار ۱۳۹۵

وصول مقاله : ۱۳۹۱/۱۱/۲۰

تأیید نهایی : ۱۳۹۳/۰۲/۱۰

صفحات : ۲۳۴-۲۱۹

بررسی اختلاف در رفتار قطعات گسل شمال تبریز با نگرشی بر تغییرات شاخص‌های زمین‌ریختی در طول این گسل

دکتر محمدمهدی خطیب^۱، مجتبی مهرپویان^۲

چکیده

بررسی‌های ریخت‌زمین‌ساختی گسل شمال تبریز حاکی از نرخ بالای فعالیت‌های تکتونیکی در طول این گسل می‌باشد. شاخص‌های زمین‌ریختی محاسبه شده برای گسل شمال تبریز نیز تأییدکننده فعال بودن این گسل می‌باشد. گسل شمال تبریز یا طول تقریبی ۹۷ کیلومتر، از دو قطعه اصلی (قطعه شمالی و قطعه جنوبی) تشکیل شده است. تغییرات مقادیر شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی در طول گسل شمال تبریز نشان‌دهنده اختلاف در رفتار این گسل در طول خود می‌باشد. این اختلاف رفتار بر مورفولوژی مناطق مجاور این گسل تأثیر گذاشته و سبب ایجاد چشم‌اندازهای متفاوتی در طول این گسل و نیز در شمال و جنوب آن شده است. بر اساس اختلاف در رفتار، گسل شمال تبریز قابل تفکیک به ۳ قسمت می‌باشد. بطوری‌که در قطعه شمالی گسل شمال تبریز شاهد نرخ ملایم بالآمدگی و فعالیت‌های تکتونیکی در بلوک شمالی این گسل و عدم فعالیت تکتونیکی و بالآمدگی در بلوک جنوبی آن می‌باشیم. قطعه جنوبی این گسل نیز رفتاری متفاوت در طول خود نشان می‌دهد. در طولی از قطعه جنوبی این گسل که از شمال فرودگاه تبریز تا جنوب شهرک باغمیشه تبریز امتداد دارد در بلوک شمالی گسل تبریز نرخ ملایم بالآمدگی و فعالیت تکتونیکی مشاهده می‌شود. در صورتی که در طولی از قطعه جنوبی این گسل که از جنوب شهرک باغمیشه تبریز تا شهر بستان‌آباد امتداد دارد، شاهد فعالیت‌های تکتونیکی و بالآمدگی در بلوک جنوبی این گسل و نرخ پایین بالآمدگی و فعالیت‌های تکتونیکی در بلوک شمالی آن می‌باشیم. کلیدواژه‌ها: اختلاف در رفتار قطعات، شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی، فعالیت‌های تکتونیکی، گسل شمال تبریز.

مقدمه

گسل شمال تبریز با روند شمال غربی - جنوب شرقی خود یکی از شکل‌های اصلی ساختاری در شمال غرب ایران بوده و از دیرباز یکی از مناطق زلزله‌خیز و پرتحرک منطقه آذربایجان به‌شمار می‌رود. گسل شمال تبریز با طول ۹۷ کیلومتر از شهر صوفیان در شمال غرب تبریز تا شهر بستان‌آباد در جنوب شرق تبریز امتداد دارد (شکل ۱). بهترین اثر این گسل در بلافضل شمال تبریز دیده می‌شود به همین دلیل گسل شمال تبریز نام‌گذاری شده است (آقنابتی، ۱۳۸۳). در تعدادی از منابع علمی گسل شمال تبریز به‌عنوان گسلی با امتداد NW-SE و شیبی تقریباً قائم معرفی می‌شود (Berberian & Arshady, 1976; آقنابتی، ۱۳۸۳). اما کارهای پژوهشی دقیق‌تری که توسط سایر محققین انجام شده است نشان دهنده این امر است که این گسل در طول خود از دو قطعه اصلی تشکیل شده است. قطعه جنوبی از شهر بستان‌آباد تا شمال فرودگاه تبریز و قطعه شمالی که از شهرک باغمیشه تبریز تا شهر صوفیان امتداد دارد. فصل مشترک این دو قطعه در شمال فرودگاه تبریز می‌باشد. شهر تبریز در یک حوضه Pull-Apart مابین دو بخش اصلی گسل شمال تبریز که دارای الگوی en echelon^۱ می‌باشد، واقع شده است (Kharakhanian et al, 2001:189-219). با توجه به اطلاعات حاصل از حفر ترانشه‌ای در قطعه شمالی گسل شمال تبریز به بررسی دیرینه‌لرزه-خیزی این گسل پرداخته، این ترانشه نشان‌دهنده‌ی شیب به سمت NE و سازوکار فشاری در گسل شمال تبریز در قطعه شمال خود می‌باشد (Hessami et al, 2003:903-915).

بررسی زمین‌لرزه‌های ثبت شده توسط شبکه لرزه‌نگار محلی تبریز و همچنین شبکه‌ای از لرزه‌نگارهای موقت، نشان داد که اگرچه قطعات گسل شمال تبریز دارای

روندی یکسان می‌باشند اما قطعه شمالی این گسل دارای شیبی متوسط تا زیاد به سمت NE و قطعه جنوبی آن دارای شیبی نزدیک به قائم و تا حدودی متمایل به SW می‌باشد (مرادی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۵۳-۱۴۰).

بررسی سطوح گسلش و زمین‌ریخت‌های مرتبط با گسلش فعال راست‌الغز بیان نمودند که بر اساس اختلاف در هندسه سطح گسلش، سازوکار و رفتار در طول گسل شمال تبریز، می‌توان این گسل را به سه بخش اصلی تقسیم نمود (مهرپویان و خطیب، ۱۳۹۰). بخش شمالی که منطبق بر قطعه شمالی گسل شمال تبریز بوده و از شمال فرودگاه تبریز تا شهر صوفیان امتداد داشته و دارای شیبی بین ۶۰ تا ۷۵ درجه به سمت NE و دارای سازوکار امتدادلغز راست‌بر با مؤلفه معکوس می‌باشد. بخش میانی و بخش جنوبی که منطبق بر قطعه جنوبی این گسل می‌باشند. بخش میانی شامل طولی از گسل شمال تبریز بوده که در مجاورت آن ساخت و ساز شهری انجام شده و از شمال فرودگاه تبریز تا شهرک باغمیشه تبریز امتداد داشته و دارای شیبی حدود ۴۰ درجه به سمت NE بوده و مؤلفه معکوس آن مشهود می‌باشد. بخش جنوبی که از شهرک باغمیشه تبریز تا شهر بستان‌آباد امتداد داشته و دارای شیبی بین ۵۲ تا ۶۵ درجه به سمت SW بوده و دارای حرکت امتدادلغز راست‌بر و مؤلفه معکوس می‌باشد. با توجه به مواردی که ذکر شد مشخص می‌شود که اگرچه گسل شمال تبریز به صورت گسلی واحد بیان می‌شود اما این گسل در طول خود از چندین قطعه تشکیل شده است و به عبارتی می‌توان گفت این گسل متشکل از چندین قطعه گسلی مجزا بوده که در امتداد هم قرار گرفته‌اند. با این تفاسیر و با توجه به اختلاف فاحش در هندسه و رفتار قطعات این گسل، دور از انتظار نیست که گسل تبریز در طول قطعات و بخش‌های مختلف خود، تأثیرات متفاوتی در چشم-اندازهای منطقه داشته و به عبارتی سبب پیدایش

زمین‌لرزه‌های 858، 1273، 1641، 1721 و 1780 میلادی اشاره نمود (Ambraseys & Melville, 1982; Berberian & Arshady, 1976; Berberian, 1981) از سال ۱۷۸۰ میلادی تا اوایل سده بیستم فعالیت لرزه‌ای مهمی در طول این گسل گزارش نشده است و در سده‌ی بیستم نیز تنها زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای کم تا متوسط در طول این گسل توسط دستگاه‌های لرزه-نگاری ثبت شده است.

تحقیقات بر روی گسل‌های راستالغز در دنیا از دیدگاه ریخت‌زمین‌ساخت و نوزمین‌ساخت مورد توجه محققان کشورهای مختلف بوده و در این زمینه، تحقیقات بسیاری انجام شده و داده‌های علمی مناسبی برای تعیین فعالیت و حرکت روی این گسل‌ها بر اساس عوارض ریخت‌زمین‌ساخت و نوزمین‌ساخت به دست آمده است. بررسی عکس‌های هوایی و مطالعات صحرایی، تهیه نقشه ساختاری منطقه، حرکت راستبر در گسل شمال تبریز را نشان داده و این گسل در بخش شمالی خود دارای شیبی نزدیک به قائم بوده و بلوک جنوبی گسل حدود ۴۰ متر پایین افتاده است (Berberian & Arshady, 1976: 397-418).

مقایسه‌ی کوه‌های مورو و میشو جابه‌جایی راستگرد گسل شمال تبریز را نشان داده و همچنین بیان می‌کند که از صوفیان به سمت باختر، این گسل پس از گذشتن از شهرستان خوی به طرف ماکو و سپس به کوه‌های آرات در ترکیه می‌رسد نبوی (۱۳۵۵). ادامه‌ی جنوب‌خاوری آن کوه‌های سلطانیه در جنوب شرق زنجان است که ممکن است به گسل قم- زفره برسد. ولی به نظر افتخارنژاد (۱۹۷۵) ادامه‌ی گسل تبریز از شمال تا قفقاز و از جنوب بعد از عبور از زاگرس به قطر می‌رسد و شروع فعالیت این گسل را احتمالاً از اوایل دونین می‌داند. در مورد لرزه‌خیزی منطقه نیز کارهای متعددی شده است. در بررسی زمین‌لرزه‌های تاریخی ایران و لرزه‌خیزی آذربایجان، گسل شمال تبریز را به عنوان گسلی با پتانسیل ایجاد

چشم‌اندازهایی متفاوت در منطقه شود. در این تحقیق بر آنیم که تأثیر قطعات و بخش‌های مختلف این گسل بر روی لندفورم‌های مجاور خود را بررسی نموده و اختلاف در رفتار این قطعات را با روشی متفاوت از سایر محققین و با نگرشی بر تغییرات شاخص‌های زمین‌ریختی در نواحی مجاور این گسل که خود متأثر از اختلاف در رفتار قطعات گسل تبریز می‌باشند را بررسی نماییم.

مطالعات پیشین

بطور کلی ساختارها در مجاورت گسل شمال تبریز دچار برش راستبر همگرا یا ترا فشارشی شده‌اند. شرایط کرنش صفحه‌ای^۲ حکمفرما نبوده و کوتاه‌شدگی در نتیجه ترافشارش با نازک‌شدگی یا ضخیم‌شدگی قائم همراه بوده است. وضعیت همزمان تنش فشارشی و برشی در منطقه راستالغز راستگرد همگرای گسل شمال تبریز باعث پدیدار شدن ساختارها شده است. وجود مؤلفه فشاری N20E از سوی صفحه‌عربی می‌تواند با تجزیه به مؤلفه‌های مماسی و عمود بر گسل شمال تبریز، در ایجاد مؤلفه‌های راستگرد و عمود در این گسل (با توجه به امتداد گسل شمال تبریز) مؤثر باشد. بیضی کرنش حاصل از عملکرد ترافشارش در منطقه گسل شمال تبریز به شکلی است که محور بلند آن زاویه کوچکی با حاشیه منطقه برشی می‌سازد و چین‌ها و گسل‌های معکوس نیز زاویه کمی با منطقه قرار می‌گیرند. بیشتر چین‌ها با زاویه محوری ۱۵ تا ۳۵ درجه نسبت به امتداد اصلی منطقه برشی گسل شمال تبریز قرار گرفته‌اند که از آن جمله می‌توان به زاویه ۱۵ و ۲۴ درجه بین محور ناودیس‌های شیرینجه داگی و گمانج و زاویه‌ای تقریباً ۲۱ درجه‌ای تراست خوجا با زون برشی گسل شمال تبریز که به‌وضوح در نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه قابل رویت است، اشاره نمود. زمین‌لرزه‌های تاریخی مخرب متعددی در طول این گسل گزارش شده است که از آن جمله می‌توان به

ها و ناهمواری‌های سطح زمین تعبیر کرد (Hack & Morisawa, 1985).

در تعریف دیگری از ریخت‌زمین‌ساخت به معنای کاربرد اصول زمین‌ریختی در تحلیل مسائل تکتونیکی یاد شده است.

ریخت‌سنجی

ریخت‌سنجی یا مورفومتری یعنی اندازه‌گیری کمی شکل‌مناظر یا چشم‌اندازها. مورفومتری یکی از راه‌های مهم برای تعیین نرخ فعالیت تکتونیکی منطقه در نظر گرفته می‌شود. در سطح ساده‌تر شکل‌های زمین-ساختی می‌توانند در اندازه و ارتفاع (حداقل، متوسط و حداکثر) مشخص شوند.

در بررسی‌های مورفومتری دو دسته شاخص‌های کیفی و کمی قابل بررسی هستند. بررسی این شاخص‌ها به ما کمک می‌کند، در خصوص وضعیت تکتونیکی منطقه از لحاظ فعالیت یا عدم فعالیت اطلاعات دقیقی را به دست آوریم. به عبارتی ریخت‌ها در منطقه انعکاسی از نرخ فعالیت‌های تکتونیکی در آن منطقه هستند.

این اطلاعات برای طراحی‌های تحقیقاتی به کار می‌روند، تا اطلاعاتی برای فعالیت‌های تکتونیکی به دست آورند، شاخص‌های دیگر به صورت توصیف کیفی توسعه پیدا کرده‌اند. اما شاخص‌های کمی ژئومورفیک به ویژه در مطالعات تکتونیکی مفید هستند، چون از آن‌ها می‌توان برای ارزیابی سریع مناطق بزرگ استفاده کرد و اطلاعات مورد نیاز اغلب بطور ساده از نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی به دست می‌آیند (پورکرمانی و سلگی، ۱۳۸۸: ۱۸۶).

نحوه‌ی محاسبه تعدادی از شاخص‌های زمین‌ریختی که در این تحقیق از آن‌ها برای برآورد نرخ فعالیت‌های تکتونیکی منطقه استفاده شده است در شکل ۱ قابل مشاهده بوده و در ادامه نیز به معرفی خصوصیات و تحلیل نتایج هر یک از این شاخص‌ها در منطقه

زمین‌لرزه‌ای مخرب در آینده معرفی شده است (Berberian & Yeats 199:120-139; Berberian, 1981) ترانشه‌ای که بر روی بخش شمالی گسل شمال تبریز حفر و با بررسی زمین‌لرزه‌های دیرین و رفتار لرزه‌ای این گسل میتوان حداقل ۴ رخداد زمین‌لرزه در طول این گسل در ۳۶۰۰ سال گذشته را شناسایی نمود که آخرین رخداد مربوط به زمین‌لرزه سال ۱۷۸۰ میلادی تبریز می‌باشد (Hessami et al, 2003: 903-915).

همچنین برآورد شد که میانگین فاصله رخداد زمین‌لرزه در طول گسل شمال تبریز ۱۴۳۰-۳۵۰ سال و میانه فاصله رخداد آن 821 ± 176 سال می‌باشد (Hessami et al, 2003: 903-915). با بررسی جابجایی آبراه‌ها حداکثر نرخ لغزش را در این گسل 2 mm/yr می‌باشد (Kharakhanian et al, 2001: 189-219).

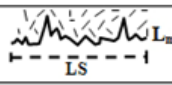


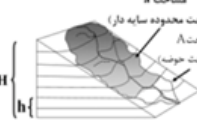

مواد و روش‌ها

ریخت‌زمین‌ساخت

مورفوتکتونیک یا ریخت‌زمین‌ساخت یکی از شاخه‌های علم تکتونیک است که به صورت ساده عبارت است از بررسی شواهد سطحی دوره‌های کوتاه‌مدت و بلند مدت فعالیت‌های تکتونیکی. سیمای زمین توسط فعالیت‌های تکتونیکی از قبیل بالآمدگی‌ها، فروافتادگی‌ها و حرکات پوسته که همواره و بطور پیوسته جریان دارند، شکل می‌گیرد. لیکن برای این شاخه از علم تکتونیک تعاریفی ارائه شده است. مورفوتکتونیک یا ریخت‌زمین‌ساخت به صورت "علم مطالعه شکل‌ها و سیمای ایجاد شده در سطح زمین بر اساس فرایندهای زمین‌ساختی" تعریف شده است کلر و پنتر (۱۹۹۶) در سال ۱۹۸۵ از ریخت‌زمین‌ساخت به عنوان مشخص کننده رابطه بین زمین‌ساخت و شکل‌های سطحی یاد کرده‌اند و معتقدند که با داشتن این ارتباط می‌توان حوادث زمین‌ساختی را از طریق مطالعه شکل-

هوازدهگی و فرسایش سبب شکل‌گیری چشم‌اندازها می‌شوند. به‌همین دلیل اکثر قریب به‌اتفاق شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی به‌طریقی به‌زهکشی‌ها ارتباط داشته و به بررسی تأثیرات آن‌ها در یک منطقه می‌پردازند

پرداخته‌ایم. در بین پارامترهایی که در مورفوتکتونیک مورد استفاده قرار می‌گیرد زهکشی‌ها و رابطه آن‌ها با ساختارهای منطقه یکی از مهم‌ترین پارامترها می‌باشد و به عبارتی زهکشی‌ها هستند که با فرآیندهای ممتد

شاخص	تعریف	رابطه	روش اندازه‌گیری	رابطه با زمین‌ساخت	منبع
S_{mf}	بج و خم پیشانی کوهستان	L_{mf} / LS		خطی بودن پیشانی کوهستان اشاره بر فعالیت زمین‌ساخت	Bull (1978)
نسبت V	مقطع دره	AV / Ac		مقدار پایین نسبت V دارای دره V شکل، عملکرد قائم زمین‌ساخت	Mayer (1986)
SL	شاخص شیب رود	$(\Delta H / \Delta L) / L$		مقادیر بالای SL احتمال پیشانی کوهستان فعل	Keller & Pinter (1996)
H.I.	هیپسومتري رودخانه			شکل محدب بسمت بالا، بالآآمدگی مسیر رودخانه و رودخانه جوان	Keller & Pinter (1996)
AF	شاخص عدم تقارن حوضه	$(Ar/At) 100$		AF بیشتر یا کمتر از ۵۰ باشد به کج‌شدگی اشاره دارد	Molin et al (2003)

شکل ۱: شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی (پورکرمانی و سلگی، ۱۳۸۸:ص ۱۸۶).

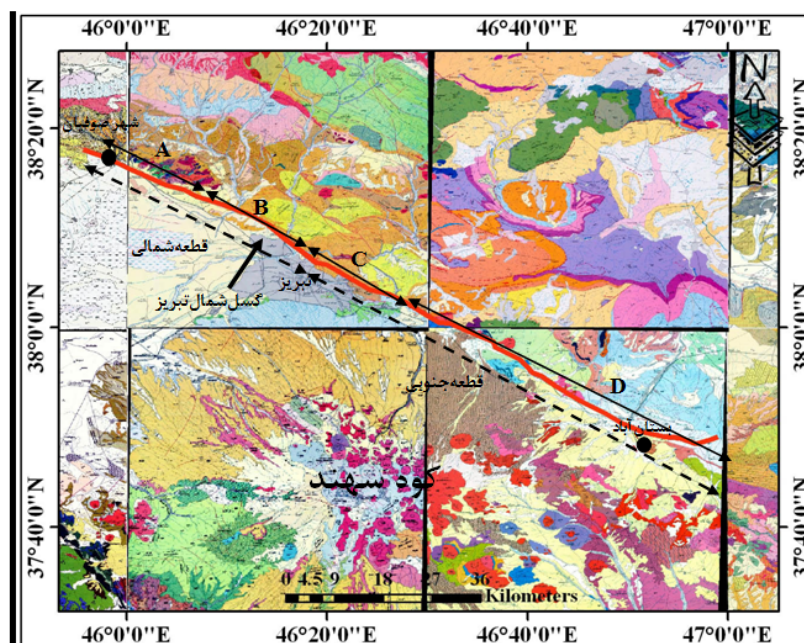
مأخذ: با کمی تغییر از منابع ذکر شده در شکل فوق

شیب‌رود (SL) و منحنی‌های هیپسومتري و انتگرال هیپسومتري، مقادیر این دو شاخص را در بلوک شمالی و جنوبی گسل تبریز بطور مجزا محاسبه نمودیم تا بتوانیم بالآآمدگی‌های تکتونیکي متأثر از حرکات این گسل را در دو سمت آن محاسبه و به عبارتی نشان دهیم که کدام یک از بلوک‌های شمالی و یا جنوبی این گسل دچار بالآآمدگی شده است. به علت وجود توده آذرین مورو در مجاورت گسل تبریز در قطعه شمالی این گسل و این امر که اختلاف در لیتولوژی سبب اختلاف در مقادیر شاخص‌های مورفوتکتونیکي شده و به منظور جلوگیری از رخداد اشتباه در تفسیر نتایج،

در این تحقیق به بررسی شاخص‌های کمی در طول گسل شمال تبریز پرداخته تا بتوانیم تفسیری از چگونگی رفتار و میزان فعالیت‌های تکتونیکي قطعات این گسل ارائه نماییم. در ادامه به معرفی و نحوه محاسبه تعدادی از شاخص‌های کمی که در مطالعات تکتونیک فعال مفید بوده و در این تحقیق برای نیل به اهداف خود از آن‌ها بهره‌جسته‌ایم، می‌پردازیم. برای محاسبه این شاخص‌ها، طول گسل شمال تبریز را به ۴ بخش A, B, C و D تقسیم و میزان شاخص‌های مورفوتکتونیکي را در هر بخش بطور مجزا محاسبه نمودیم. همچنین در شاخص‌های طول جریان رود به

شده و منطبق بر بخش میانی گسل شمال تبریز طبق تقسیم‌بندی مهرپویان و خطیب (۱۳۹۰) و نیز قطعه جنوبی این گسل می‌باشد. بخش D که از شمال کرگه تا شهر بستان‌آباد امتداد داشته و شامل بخش انتهایی قطعه جنوبی گسل تبریز و همچنین منطبق بر بخش جنوبی این گسل طبق تقسیمات مهرپویان و خطیب (۱۳۹۰) می‌باشد. لیتولوژی بخش‌های فوق‌الذکر را می‌توان در نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه (شکل ۲) مشاهده نمود.

این قطعه را به دو بخش A و B تقسیم نموده و مقادیر شاخص‌ها را بطور مجزا محاسبه نمودیم. بخش A شامل طولی از گسل تبریز که از شهر صوفیان تا روستای خواجه‌مرجان امتداد دارد، می‌باشد. بخش B شامل طولی از گسل شمال تبریز بوده که از روستای خواجه‌مرجان تا شمال فرودگاه تبریز امتداد دارد. بخش C که از شمال فرودگاه تبریز تا شمال کرگه (منطقه‌ای در منتهی‌الیه جنوبی شهر تبریز) می‌باشد. این بخش شامل محدوده‌ای از گسل شمال تبریز می‌شود که در مجاورت آن ساخت و ساز شهری انجام



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی و لیتولوژی منطقه مورد مطالعه. خط‌چین‌ها نشان‌دهنده‌ی قطعات شمالی و جنوبی گسل شمال تبریز و خطوط ممتد نشان‌دهنده‌ی بخش‌های A تا D در این گسل در تقسیمات برای محاسبه شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی می‌باشد
مأخذ: با کمی تغییر از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور

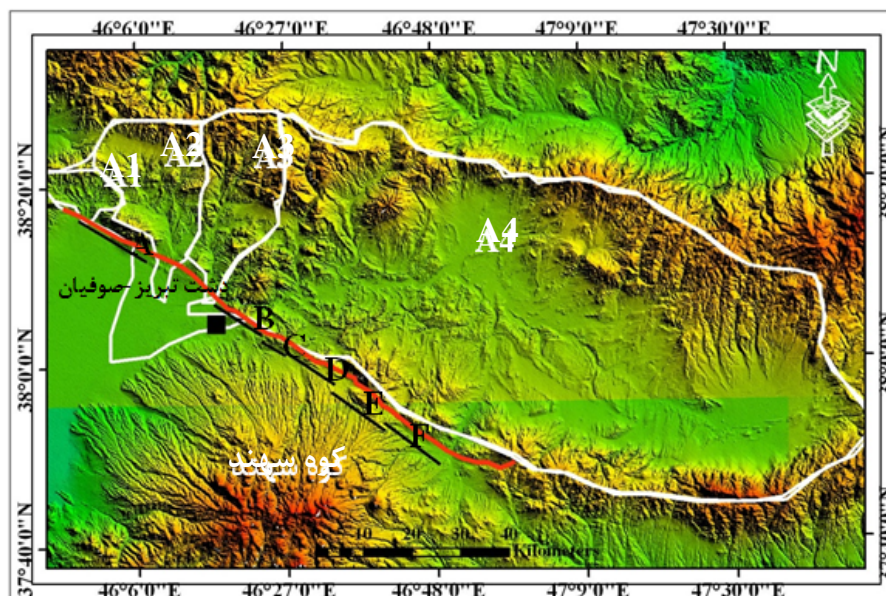
ساخت فعال و بالآمدگی هستند، حالت مستقیم داشته و میزان شاخص S_{mf} آن‌ها پایین بوده و به عدد یک نزدیک است، در صورتی که میزان بالآمدگی کم یا اینکه متوقف گردد، فرایندهای فرسایشی باعث حفر و ایجاد ساختمان سینوسیته شده و در نتیجه شاخص S_{mf} افزایش می‌یابد. برای محاسبه این شاخص، ۶

شاخص سینوسیته جبهه کوهستان

شاخص سینوسیته جبهه کوهستان شاخصی برای نشان دادن توازن بین نیروهای فرسایشی که تمایل به ایجاد ساختمان سینوسیته و زمین‌ساخت که تمایل به ایجاد کردن خط مستقیم در پیشانی کوهستانی را دارد، می‌باشد. جبهه‌های کوهستانی که همراه با زمین-

شناسی تقریباً مشابهی هستند به کار برد. پیشانی‌های A، C، D و E شامل واحدهای آذرین مزوزوییک و پیشانی‌های B و F شامل واحدهای ماسه‌سنگی میوسن هستند. موقعیت پیشانی‌های کوهستانی فوق و مقادیر شاخص S_{mf} آن‌ها را می‌توان در شکل ۳ و جدول ۱ مشاهده نمود.

پیشانی کوهستان را در طول گسل شمال تبریز انتخاب و شاخص S_{mf} آن‌ها را محاسبه نمودیم. شاخص S_{mf} مانند اکثر قریب به اتفاق دیگر شاخص‌های مورفوتکتونیک به سنگ‌شناسی حساس می‌باشد و بهتر است در مقایسه مکان‌های مختلف با این شاخص، این مقایسه را در نقاطی که دارای سنگ



شکل ۳: تصویر SRTM منطقه مورد مطالعه. خط قرمز نشان دهنده گسل شمال تبریز، خطوط مشکی نشان دهنده پیشانی‌های کوهستان انتخاب شده برای محاسبه شاخص سینوسیته جبهه کوهستان در طول این گسل و محدوده‌های سفید رنگ نشان دهنده حوضه آبریز رودخانه آجی‌چای و زیر حوضه‌هایش می‌باشند تهیه و ترسیم: نویسنندگان، ۱۳۹۲

جدول ۱: مقادیر شاخص S_{mf} در طول گسل شمال تبریز

پیشانی کوهستان	A	B	C	D	E	F
S_{mf}	1/84	1/81	1/66	1/72	1/63	1/74
وضعیت تکتونیک	نسبتاً فعال	نسبتاً فعال	نسبتاً فعال	نسبتاً فعال	نسبتاً فعال	نسبتاً فعال

مأخذ: اندازه‌گیری میدانی و محاسبات نویسنندگان، ۱۳۹۲

شکل است و نشانگر پایین بودن نرخ فعالیت‌های تکتونیک (بالا آمدگی) خواهد بود. در صورتی که مقدار V بیش از یک باشد، نشانگر نرخ بسیار پایین فعالیت‌های نسبی تکتونیک (بالا آمدگی) خواهد بود. شاخص نسبت V یکی از ابزارهای کارآمد در بررسی

شاخص نسبت V

این شاخص اطلاعاتی را در خصوص بالا آمدگی در اختیار قرار می‌دهد. هر قدر مقدار V از یک کمتر باشد، به همان میزان فعالیت تکتونیک (بالا آمدگی) بالاتر خواهد بود. اگر V برابر با یک باشد، نشانگر دره‌های U

شمال تبریز عبور می‌کنند، محاسبه نمودیم. البته در این شاخص نیز از تقسیم‌بندی که برای شاخص SL به کار بردیم، استفاده کردیم. در بخش C به علت ساخت و ساز شهری امکان تعیین این شاخص ممکن نمی‌باشد. مقادیر حاصل در جدول ۲ مشاهده می‌شوند.

نرخ بالآمدگی‌ها در یک منطقه می‌باشد. به همین سبب برای بررسی میزان بالآمدگی تکتونیکی در طول گسل شمال تبریز، به محاسبه شاخص V در طول این گسل نمودیم. برای محاسبه این شاخص از داده‌های حاصل از پیمایش‌های صحرایی بهره جستیم. بدین منظور میزان شاخص V را در آبراهه‌هایی که از گسل

جدول ۲: مقادیر شاخص V در طول گسل شمال تبریز

شاخص V	آبراهه	بخش	شاخص V	آبراهه	بخش	شاخص V	آبراهه	بخش	شاخص V	آبراهه	بخش
0/66	9	D	0/36	13	A	0/49	11	B	0/57	1	A
0/48	10	D	0/54	14	A	0/55	12	B	0/59	2	A
0/41	11	D	0/37	1	B	0/59	13	B	0/38	3	A
0/38	12	D	0/63	2	B	0/29	14	B	0/38	4	A
0/57	13	D	0/25	3	B	0/39	1	D	0/31	5	A
0/47	14	D	0/83	4	B	0/62	2	D	0/21	6	A
0/29	15	D	0/46	5	B	0/66	3	D	0/51	7	A
0/66	16	D	0/38	6	B	0/55	4	D	0/49	8	A
0/39	17	D	0/51	7	B	0/53	5	D	0/53	9	A
			0/46	8	B	0/63	6	D	0/56	10	A
			0/62	9	B	0/53	7	D	0/42	11	A
			0/55	10	B	0/63	8	D	0/28	12	A

مأخذ: اندازه‌گیری میدانی و محاسبات نویسندگان، ۱۳۹۲

شاخص طول جریان رود به شیب رود (SL)

شاخص طول جریان رود به شیب رود یا شاخص SL انطباق خوبی نسبت به قدرت جریان رودخانه دارد. این شاخص نسبت به تغییرات شیب کانال بسیار حساس است و با تغییر در شیب کانال میزان SL تغییر کرده و از این میزان می‌توان در ارزیابی زمین‌ساخت فعال منطقه و مقاومت سنگ‌ها و توپوگرافی استفاده کرد. شاخص SL به مقاومت سنگ‌ها حساس است، به عبارت دیگر سنگ‌های مقاوم و نامقاوم می‌توانند در میزان شاخص SL تأثیر بگذارند. در مکان‌هایی که جنس سنگ‌ها مقاوم می‌گردد، میزان SL افزایش می‌یابد و در مکان‌هایی که سنگ‌های نامقاوم وجود دارند، مقدار SL کاهش می‌یابد. شاخص SL در مکان‌هایی که

تکتونیک فعال از نرخ بالایی برخوردار است، بطور ویژه- ای بالا می‌باشد. بخش عمده زهکشی نزولات جوی در دو سمت گسل شمال تبریز توسط حوضه آبریز رودخانه آجی‌چای انجام می‌شود. با بررسی میزان شاخص SL در انشعابات و سرشاخه‌های این رودخانه می‌توان به تغییرات نرخ فعالیت‌های تکتونیکی در گستره مطالعاتی پی‌برد. برای محاسبه شاخص SL در طول گسل شمال تبریز، طول این گسل را به ۴ بخش مجزا (A تا D) تقسیم نموده (شکل ۱) و میزان این شاخص را در هر بخش بطور مجزا در هر دو سمت (بلوک شمالی و جنوبی) این گسل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای SRTM و نرم‌افزارهای Arc GIS و Global Mapper محاسبه کردیم که نتایج آن در جدول ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۳: مقادیر شاخص SL در طول گسل شمال تبریز

بخش A				بخش B (حوضه ورکش چای)				بخش B (حوضه گمانج چای)			
بلوک شمالی		بلوک جنوبی		بلوک شمالی		بلوک جنوبی		بلوک شمالی		بلوک جنوبی	
a	114	a	129	a	219	a	143	a	362	a	69
a	179	a	116	a	378	a	164	a	392	a	89
a	125	a	91	a	310	a	140	a	283	a	70
a	133	a	50	a	267	a	149	a	340	a	81
b	98	a	60	b	255	b	105	b	275	b	77
b	80	a	173	b	302	b	112	b	337	b	20
b	144	b	89	b	400	b	95	b	292	b	26
b	87	b	93	b	360	b	101	b	310	b	36
c	128	b	97	c	263	c	45	c	370	c	41
c	136	b	15	c	316	c	78	c	301	c	15
c	153	b	13	c	194	c	80	c	357	c	23
c	97	b	39	c	313	c	62	c	345	c	29
بخش C				بخش D				بخش D			
بلوک شمالی		بلوک جنوبی		بلوک شمالی		بلوک جنوبی		بلوک شمالی		بلوک جنوبی	
a	176	-	-	a	98	a	1071	b	171	b	720
a	166	-	-	a	157	a	685	b	181	b	671
a	150	-	-	a	235	a	609	b	102	b	539
a	193	-	-	a	175	a	726	b	132	b	695
b	203	-	-	a	158	a	535	b	189	b	448
b	221	-	-	a	192	a	385	b	284	b	490
b	184	-	-	a	130	a	569	b	134	b	514
b	239	-	-	a	229	a	442	b	95	b	703
-	-	-	-	a	199	a	731	b	125	b	632
-	-	-	-	a	66	a	473	b	112	b	560

مأخذ: اندازه‌گیری میدانی و محاسبات نویسنندگان، ۱۳۹۲

کرتاسه در بلوک شمالی و کوه سهند و دامنه‌های آن در بلوک جنوبی گسل که متشکل از واحدهای سنگی از قبیل کنگلومراهای پلیوسن و خاکسترهای آتشفشان سهند با سن پلیوسن است، می‌باشد. همچنین برای بررسی نرخ فعالیت‌های تکتونیکی با فاصله گرفتن بطور جانبی از این گسل، هر یک از بخش‌های فوق را به ۳ محدوده تقسیم کرده و میزان این شاخص را برای هر محدوده بطور مجزا محاسبه نمودیم تا میزان فعالیت‌های تکتونیکی را در هر محدوده اندازه بگیریم. این محدوده‌ها شامل a، b و c در بلوک شمالی گسل و a'، b' و c' در بلوک جنوبی می‌باشد. محدوده a از اثر سطحی

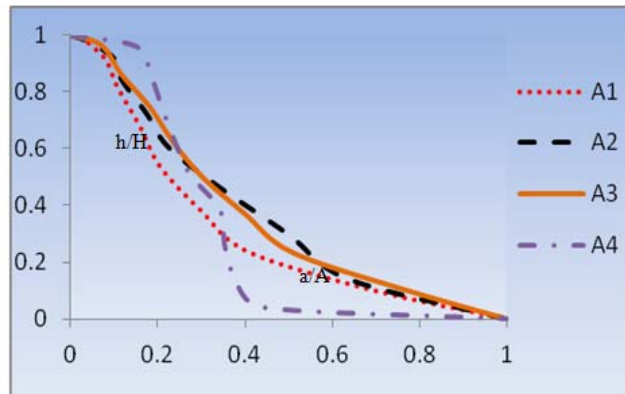
بخش A شامل سنگ‌های آذرین مزوزوئیک در بلوک شمالی گسل و زمین‌های آبرفتی دشت تبریز- صوفیان، بخش B و C شامل ماسه‌سنگ‌های میوسن در بلوک شمالی و زمین‌های آبرفتی در بلوک جنوبی (دشت تبریز- صوفیان) است. بلوک شمالی گسل در بخش‌های A و B منطبق با زیرحوضه‌های A1، A2 و A3 حوضه‌ی آبریز آجی‌چای می‌باشند که زیرحوضه‌ی A2 شامل حوضه‌ی آبریز رودخانه ورکش و زیرحوضه‌ی A3 شامل حوضه‌ی آبریز رودخانه گمانج و سرشاخه‌هایشان می‌شوند. بخش D شامل کنگلومرا و ماسه‌سنگ‌های پلیوسن و همچنین واحدهای آهکی- مارنی متعلق به

فعال است. مقادیر متوسط و کم انتگرال تشریح‌کننده وضعیت معمولی و حوضه‌های زهکشی عادی هستند، یعنی زهکشی‌های عادی در روی سطوح ارتفاعی، دارای اختلاف ارتفاع چندانی با محیط پیرامون خود نمی‌باشند (حداکثر و حداقل انتگرال هیپسومتری بین ۱ تا ۰ در نوسان است). با توجه به نرخ بالای بارندگی در شمال غرب کشور و گسترش مناسب سیستم‌های زهکشی در این منطقه، منحنی‌های هیپسومتری و انتگرال هیپسومتری یکی از شاخص‌های ریخت‌زمین-ساختی مفید هستند که می‌تواند به ما در تعیین میزان فعالیت‌های تکتونیکی در این منطقه کمک کنند. همان‌طور که ذکر شد، زهکشی آب‌های سطحی منطقه توسط رودخانه آجی‌چای و سرشاخه‌های آن انجام می‌شود. حوضه آبریز آجی‌چای را می‌توان به ۴ زیرحوضه تفکیک و میزان این شاخص را در هر یک بطور مجزا محاسبه نمود. زیرحوضه A1 شامل حوضه آبریز شمال شهر صوفیان، زیرحوضه A2 شامل حوضه آبریز رودخانه‌ی ورکش، زیرحوضه A3 شامل حوضه آبریز رودخانه گمانج و زیرحوضه A4 شامل حوضه آبریز رودخانه‌ی آجی‌چای می‌شود. موقعیت هر یک از زیرحوضه‌های فوق‌الذکر را می‌توان در تصویر ماهواره‌ای SRTM منطقه در شکل ۲ مشاهده نمود.

گسل شمال تبریز تا فاصله‌ی جانبی ۵ کیلومتری، محدوده‌ی b از فاصله‌ی جانبی ۵ کیلومتری تا ۱۰ کیلومتری گسل و محدوده‌ی c نیز از فاصله‌ی جانبی ۱۰ کیلومتری، تا ۱۵ کیلومتری از اثر سطحی این گسل می‌باشد.

منحنی‌های هیپسومتری و انتگرال هیپسومتری

این منحنی‌ها پراکندگی ارتفاعات را در بخشی از پهنای یک حوضه زهکشی به کل وسعت حوضه تشریح می‌کنند. این منحنی‌ها را به وسیله کشیدن نسبت ارتفاع کل حوضه (نسبت ارتفاعی h به H یا h/H) به نسبت مساحت کل حوضه (نسبت مساحت a به A یا a/A) می‌توانیم به دست آوریم. یک خصوصیت مهم منحنی‌های هیپسومتری آن است که حوضه‌های زهکشی با ابعاد مختلف را می‌توان با یکدیگر مقایسه نمود، چرا که مساحت و ارتفاع نسبت به کل مساحت و ارتفاع حوضه ترسیم می‌گردند، بطوری که منحنی ترسیم شده از اختلاف ابعاد حوضه و ارتفاعات مستقل می‌گردد (پورکرمانی و سلگی، ۱۳۸۸: ۱۸۶). انتگرال مساحت زیر منحنی هیپسومتری می‌تواند نشانگر شکل منحنی و میزان فعالیت‌های منطقه باشد. مقادیر بالای انتگرال هیپسومتری بر این امر دلالت دارد که اکثر توپوگرافی منطقه نسبت به ارتفاع میانگین بلندتر است، مثلاً ارتفاع بلند و مسطح آن به وسیله‌ی یک رودخانه عمیق حفر شده است، که این امر نشانگر تکتونیک



شکل ۴: منحنی‌های هیپسومتری حوضه‌ی آبریز آجی‌چای
مأخذ: اندازه‌گیری میدانی و محاسبات نویسندگان، ۱۳۹۲

جدول ۴: انتگرال هیپسومتری حوضه‌ی آبریز آجی‌چای

زیر حوضه	A1	A2	A3	A4
انتگرال هیپسومتری	0/300	0/356	0/360	0/284
وضعیت تکتونیکی	نسبتاً فعال	نسبتاً فعال	نسبتاً فعال	غیر فعال کم

مأخذ: اندازه‌گیری میدانی و محاسبات نویسندگان، ۱۳۹۲

است، شاخه‌های رودخانه در سمت شرق طول‌تر و در سمت غرب کوتاه‌تر می‌شوند و $AF > 50$ می‌شود. اگر شاخه‌های رودخانه در شرق طول‌تر شده باشند میزان $AF < 50$ بوده و نشان‌دهنده‌ی بالآمدگی تکتونیکی در قسمت غربی می‌باشد. در ادامه به منظور محاسبه کج‌شدگی در طول گسل شمال تبریز و نشان دادن بالآمدگی احتمالی زمین، به بررسی مقادیر فاکتور عدم تقارن (AF) برای زیرحوضه‌های حوضه آبریز آجی‌چای پرداختیم که مقادیر آن در جدول ۵ آمده است.

فاکتور عدم تقارن حوضه زهکشی

توسط این فاکتور می‌توان میزان کج‌شدگی تکتونیکی را در حوضه زهکشی نشان داد. در صورتی که عامل تکتونیکی بر حوضه‌ی زهکشی تأثیر نداشته باشد فاکتور عدم تقارن در حدود ۵۰٪ می‌باشد. در صورتی که AF بیشتر یا کمتر از ۵۰ باشد به کج‌شدگی اشاره دارد. به عنوان مثال، در رودخانه‌ای که از جنوب به شمال جریان دارد، اگر چرخش تکتونیکی قسمت غرب منطقه را به سمت پایین حرکت داده

جدول ۵: مقادیر AF حوضه‌ی آبریز آجی‌چای و زیر حوضه‌های آن

حوضه	کل حوضه	زیرحوضه (A1)	ورکش‌چای (A2)	گماناب‌چای (A3)	آجی‌چای (A4)
مقدار AF	0/67	0/48	0/6	0/43	0/62
وضعیت تقارن	نا متقارن	متقارن	نا متقارن	نا متقارن	نا متقارن

مأخذ: اندازه‌گیری میدانی و محاسبات نویسندگان، ۱۳۹۲

تراس‌های رودخانه‌ای

مانند در بستر خود می‌شود. بنابراین حضور تراس‌های رودخانه‌ای نشان‌دهنده‌ی بالآمدگی زمین در آن ناحیه می‌باشد. در قطعه شمالی گسل شمال تبریز در بستر رودخانه ورکش‌چای در شمال این گسل چند سطح تراسی مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده بالآمدگی در بلوک شمالی این گسل می‌باشد (شکل 5a).

تراس‌های رودخانه‌ای از جمله عوارض زمین‌ریختی بوده که می‌توانند در تفسیر سرگذشت تکتونیکی در یک ناحیه مورد استفاده قرار بگیرند. اصولاً تراس‌های رودخانه‌ای در پاسخ به بالآمدگی بستر رود تشکیل می‌شوند. با بالآمدگی بستر رود، رودخانه شروع به حفر بستر خود کرده و سبب به وجود آمدن حالت پله



شکل ۵: سطوح تراسی. a: سطوح تراسی در بستر رودخانه ورکش در شمال گسل تبریز (قطعه شمالی)، b: سطوح تراسی در بلوک شمالی گسل شمال تبریز (قطعه جنوبی)، شرق شهرک باغمیشه تبریز، c: سطوح تراسی در بستر سرشاخه‌های رودخانه سعیدآباد در بلوک جنوبی گسل شمال تبریز (قطعه جنوبی)، غرب روستای سعیدآباد، d: سطح تراسی بر بستر رودخانه سعیدآباد که نشان‌دهنده ۳ دوره بالآمدگی در بلوک جنوبی گسل شمال تبریز (قطعه جنوبی) می‌باشد. نکته جالب در این تصویر وجود سطوح تراسی در جنوب گسل و عدم وجود این سطوح در شمال این گسل می‌باشد که مبین بالآمدگی بلوک جنوبی و عدم این بالآمدگی در بلوک شمالی گسل تبریز است

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۲

دلیلی بر بالآمدگی بلوک شمالی گسل تبریز در این بخش می‌باشد (مهرپویان و خطیب، ۱۳۹۰). همچنین در قطعه‌ی جنوبی این گسل در سرشاخه‌های رودخانه

در شکل 5b نیز سطوح تراسی که مربوط به بلوک شمالی گسل شمال تبریز- که البته در بخش میانی این گسل واقع شده است- مشاهده می‌شود که خود

سطح تراسی بر بستر رودخانه ورکش چای در بلوک شمالی گسل شمال تبریز (شکل 5a)، دلیلی بر ۳ دوره بالآمدگی بستر این رود می‌باشد. در نقطه مقابل و در بلوک جنوبی گسل در قطعه شمالی، دشت تبریز- صوفیان قرار داشته که شامل زمین‌های آبرفتی مسطح بوده و چندین شوره‌زار در آن وجود دارد (شکل ۳). در تمام طول قطعه شمالی گسل تبریز، با فاصله گرفتن بطور جانبی از این گسل، از نرخ فعالیت‌های تکتونیکی کاسته می‌شود. با توجه به مقادیر انتگرال هیپسومتری 0/300، 0/356 و 0/360 به ترتیب در زیر حوضه‌های A1، A2 و A3 ثبات نسبی بین فعالیت‌های تکتونیکی و فرایندهای فرسایشی در این زیرحوضه‌ها برقرار می‌باشد. این بدان معنی است که در این زیرحوضه‌ها که در بلوک شمالی در قطعه شمالی گسل تبریز واقع شده‌اند، فعالیت تکتونیکی و بالآمدگی وجود دارد اما میزان آن کم بوده و در تعادل نسبی با فرایندهای فرسایشی می‌باشد. فاکتور عدم تقارن در دو حوضه ورکش چای (زیرحوضه A2) و گماناب چای (زیرحوضه A3) که در مجاورت هم قرار دارند، نشان‌دهنده بالآمدگی در شرق حوضه آبریز ورکش چای و همچنین بالآمدگی در غرب حوضه آبریز گماناب چای می‌باشد. این ناسازگاری در این دو حوضه آبریز که در مجاورت هم واقع شده‌اند را می‌توان به وجود توده آذرین مورو در بین این دو حوضه نسبت داد که سبب عدم تقارن در حوضه آبریز این دو رودخانه شده است. در حالی که در زیر حوضه A1 که در مجاورت این دو حوضه قرار دارد تقارن دیده می‌شود. تغییرات شاخص‌های زمین-ریختی در قطعه جنوبی گسل شمال تبریز (از شمال فرودگاه تبریز تا شهر بستان‌آباد) بررسی شد. بر اساس نتایج حاصل از بررسی شاخص SL، در طولی از این گسل که در مجاورت شهر تبریز قرار دارد (از شمال فرودگاه تبریز تا جنوب شهرک باغمیشه تبریز)، در بلوک شمالی این گسل نرخ ملایم بالآمدگی و فرایندهای تکتونیکی، همانند قطعه شمالی گسل تبریز، وجود دارد. شکل 5b نشان دهنده سطوح تراسی

سعیدآباد که در بلوک جنوبی گسل شمال تبریز جاری هستند سطوح تراسی را می‌توان مشاهده کرد (شکل 5c). در محل عبور رودخانه سعیدآباد از گسل شمال تبریز نیز چند سطح تراسی را می‌توان در بستر این رود در بلوک جنوبی گسل شمال تبریز مشاهده کرد (شکل 5d) که نشان‌دهنده بالآمدگی بستر رود می‌باشد.

نتیجه

مقادیر شاخص V در طول گسل شمال تبریز نشان‌دهنده وجود بالآمدگی و فعالیت‌های تکتونیکی در تمام طول این گسل می‌باشد. مقادیر اندازه‌گیری شده شاخص V در قطعه شمالی، در بخش A بین 0/21 تا 0/59 و میانگین 0/44 و در بخش B بین 0/25 تا 0/83 و میانگین 0/50، در قطعه جنوبی، در بخش C به علت ساخت و ساز شهری غیر قابل اندازه‌گیری و در بخش D بین 0/29 تا 0/66 و میانگین 0/52 می‌باشد. مقدار پایین و کمتر از یک این شاخص در تمام طول گسل شمال تبریز را می‌توان به مؤلفه فشاری این گسل نسبت داد که سبب بالآمدگی در تمام طول این گسل شده است.

شاخص S_{mf} در طول گسل شمال تبریز دارای مقادیر پایینی می‌باشد که بیانگر فعالیت‌های تکتونیکی و بالآمدگی در طول این گسل می‌باشد. بررسی شاخص S_{mf} پیشانی‌های B با F و نیز پیشانی‌های A، C، D و E نسبت به هم، که دارای سنگ‌شناسی مشابهی هستند، نشان‌دهنده کاهش مقادیر این شاخص از شمال به جنوب در طول گسل شمال تبریز و به عبارتی افزایش نسبی نرخ بالآمدگی از شمال به جنوب می‌باشد. قطعه‌ی شمالی گسل شمال تبریز (شمال فرودگاه تبریز تا شهر صوفیان) به دو بخش A و B تقسیم و تغییرات شاخص SL در هر کدام به صورت مجزا بررسی شد. این بررسی نشان‌دهنده ثبات تکتونیکی و غلبه فرایندهای فرسایشی بر فرایندهای تکتونیکی در بلوک جنوبی این گسل و نرخ ملایم بالآمدگی در بلوک شمالی این گسل می‌باشد. وجود ۳

می‌تواند در تفسیر کج‌شدگی تکتونیکی از آن استفاده کرد. کج‌شدگی در زیرحوضه A4 نشان‌دهنده‌ی بالآمدگی در سمت راست این حوضه و یا به عبارتی در شمال این حوضه و پایین‌افتادگی در سمت جنوبی آن می‌باشد. این امر نشان‌دهنده‌ی عدم بالآمدگی بلوک شمالی در قطعه گسل تبریز می‌باشد. با در نظر گرفتن نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های ریخت زمین-ساختی در طول گسل شمال تبریز می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که رفتار این گسل در طول خود متفاوت بوده و قابل تفکیک به ۳ قسمت می‌باشد. بطوری‌که در قطعه شمالی گسل شمال تبریز شاهد نرخ ملایم بالآمدگی و فعالیت‌های تکتونیکی در بلوک شمالی این گسل و عدم فعالیت تکتونیکی و بالآمدگی در بلوک جنوبی آن می‌باشیم. قطعه جنوبی این گسل نیز رفتاری متفاوت در طول خود نشان می‌دهد. در طولی از قطعه جنوبی این گسل که از شمال فرودگاه تبریز تا جنوب شهرک باغ‌میشه تبریز امتداد دارد در بلوک شمالی گسل تبریز نرخ ملایم بالآمدگی و فعالیت تکتونیکی مشاهده می‌شود. در صورتی‌که در طولی از قطعه جنوبی این گسل که از جنوب شهرک باغ‌میشه تبریز تا شهر بستان‌آباد امتداد دارد، شاهد فعالیت‌های تکتونیکی و بالآمدگی در بلوک جنوبی این گسل و نرخ پایین بالآمدگی و فعالیت‌های تکتونیکی در بلوک شمالی آن می‌باشیم. با توجه به این رفتار دوگانه در قطعه جنوبی گسل تبریز، احتمال وجود یک گسل کور که سبب قطع نمودن و اختلاف در رفتار این قطعه شده است، دور از انتظار نمی‌باشد.

در بلوک شمالی گسل شمال تبریز در این محدوده می‌باشد. وجود سطوح تراسی در این محدوده نشان‌دهنده ۳ دوره بالآمدگی می‌باشد. به علت ساخت و ساز شهری نمی‌توان میزان شاخص SL را در بلوک جنوبی گسل در این محدوده محاسبه نمود.

نتایج حاصل از بررسی شاخص SL بقیه طول قطعه جنوبی گسل تبریز (از جنوب شهرک باغ‌میشه تبریز تا شهر صوفیان)، نشان‌دهنده بالآمدگی بلوک جنوبی این گسل می‌باشد. البته مقادیر این شاخص بیانگر نرخ ملایم بالآمدگی در بلوک شمالی این گسل نیز می‌باشد ولی میزان این بالآمدگی نسبت به بلوک جنوبی، کمتر می‌باشد. وجود سطوح تراسی در بستر سرشاخه‌های رودخانه سعیدآباد (شکل 5c) و همچنین بر بستر رودخانه سعیدآباد در محل گذر از دره سعیدآباد (شکل 5d) نیز تأییدکننده بالآمدگی در بلوک جنوبی این گسل در قطعه جنوبی‌اش (البته از جنوب شهرک باغ‌میشه تبریز تا شهر صوفیان)، می‌باشد. همان‌طور که در شکل 5d مشاهده می‌شود سطوح تراسی بر بستر رودخانه سعیدآباد فقط در سمت جنوبی گسل شمال تبریز وجود داشته و در سمت شمالی گسل این سطوح وجود ندارند. وجود این ۳ سطح تراسی بیانگر ۳ دوره بالآمدگی در بلوک جنوبی گسل شمال تبریز در این محل می‌باشد. زیرحوضه A4 از حوضه‌ی آبریز رودخانه آجی‌چای زهکشی بلوک شمالی در قطعه جنوبی گسل تبریز را عهده‌دار می‌باشد. این زیرحوضه دارای انتگرال هیپسومتری 0/284 بوده که بیانگر نرخ پایین فعالیت‌های تکتونیکی و غلبه فرایندهای فرسایشی در بلوک شمالی در قطعه جنوبی گسل تبریز می‌باشد. $AF=0/62$ در زیر حوضه A4 نشان‌دهنده کج‌شدگی در این زیر حوضه می‌باشد. با توجه به اینکه زیرحوضه A4 موازی با گسل شمال تبریز بوده و زهکشی بلوک شمالی در قطعه جنوبی این گسل را انجام می‌دهد،

- سیاهکلی مرادی، علی؛ محمد تاتار؛ دنیس هاتسفلد؛ آن پل (۱۳۸۷). مطالعه ساختار سرعتی پوسته و سازوکار گسلش در زون گسلی امتداد لغز تبریز، مجله علوم زمین و جغرافیا. سال هجدهم. شماره ۷۰. صفحات ۱۵۳-۱۴۰.
- Ambraseys, B.N. N.; Melville, R. (1982). A history of Persian earthquakes, Cambridge University Press.
- Berberian, M. and S. Arshadi (1976). On the evidence of the youngest activity of the North Tabriz Fault and the seismicity of Tabriz city, Geol. Surv. Iran Rep., 39, 397-418.
- Berberian, M (1981). Active faulting and tectonics of Iran. Geodynamics Series. V 3.
- Berberian, M. and R.S. YEATS (1999). Patterns of historical earthquake rupture in the Iranian plateau, Bull. Seismol. Soc. Am., 89, 120-139.
- Bull, W. B (1978). Geomorphic tectonic activity classes of the south front of the san Gabriel Mountains C. A. unpubl. Final Rep. U.S. Geol. Surv.
- Eftekhari nezhad, I (1975). Brief history and structural development of Azerbaijan, Geology Survey, Hran, Vol 8.
- Hessami, Kh. Pantosti, D. Tabasi, H. Shabanian, E. Abbasi, M. Fegghi, Kh. Solaymani, Sh (2003). Paleoequake and slip rates of the North Tabriz Fault, NW Iran: Preliminary results, Annals of Geophysics. Vol.46, N,5, October, 2003. PP:903-915. <http://en.wikipedia.org/wiki/Morphotectonics>
- Jacson, J. (1992): Partitioning of strike-slip and convergent motion between Eurasia and Arabia in Eastern Turkey and the Caucasus, J. Geophys. Res., 97, 12471-12479.
- Karkhanian, A.S., V.G. Terifonov, H. Philip, A. Avagian, K. Hessami, F. Jamali, M. S. Bayrauraktutan, H. Bagdassarian, S. Arakelian and V. Davtian (2001). Active faulting and natural hazards in Armenia, Eastern Turkey and North-Western Iran, Tectonophysics. 189-219
- Keller, E. A., and pinter, N (1996). Active tectonics, Earthquake Uplift and Landscape. Printice Hall In
- Mayer (1986). Tectonic Geomorphology of escarpments and mountain fronts. In active tectonic (compiled by Wallace, R. E.) Nat. Academic press, Washington, 125-135.
- Molin, P, Pazzaglia, F. J, Dramis, F (2003). Geomorphic Expression of Active Tectonics in a Rapidly Deforming Arc, Sila Massif, Calabria, Southern Italy, Dipartimento Di Scienze Geologiche, Universita Degli Roma Tre.
- Westaway, R (1990). Seismicity and tectonic deformation rate in Soviet Armenia: implications for local earthquake hazard and evolution of adjacent regions, Tectonics, 9, 477-503.

منابع

- آقناباتی، سیدعلی (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی.
- بربریان، مانوئل (۱۹۷۳). نقشه مقدماتی رو مرکز و عمق کانونی زلزله‌ها. انتشارات سازمان زمین‌شناسی ایران. ایران.
- پورکرمانی، محسن؛ علی سلگی (۱۳۸۸). مورفوتکتونیک، چاپ اول. تهران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. صفحه ۱۸۶
- اسدیان، عمران؛ جمشید افتخارنژاد (۱۳۷۶). سازمان زمین‌شناسی کشور.
- غدیرزاده، ایوب؛ ارسلان انوری؛ محمدرضا سهندی (۱۳۶۷). نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آذرشهر. سازمان زمین‌شناسی کشور.
- امامی، محمدهاشم (۱۳۶۵). نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ قره‌چمن ترکمن‌چای، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- امینی‌فضل، عباس؛ علی‌اکبر خدابنده؛ جمشید افتخارنژاد (۱۳۶۸). نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اسکو. سازمان زمین‌شناسی کشور.
- فریدی، محمد؛ عنایت‌ا... حق‌فرشی؛ سعید زمانی‌مهر؛ شهلا الله‌مددی؛ مرتضی خلعتبری‌جعفری (۱۳۷۲). نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ خوجا، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- اسدیان، عمران؛ علیرضا رستگارمیرزایی؛ محمد محجل؛ بهزاد حاجی‌علیلو؛ جمشید افتخارنژاد (۱۳۶۴). نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مرند. سازمان زمین‌شناسی کشور.
- بهروزی، ارژنگ؛ عباس امینی‌فضل؛ رضا امینی‌آذر؛ محمدهاشم امامی؛ فریبا عزتیان؛ مجید داوری؛ سعید مهدوی؛ حمزه پرتوآذر (۱۳۶۶). نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان‌آباد. سازمان زمین‌شناسی کشور.
- مهرپویان، مجتبی (۱۳۹۰). ارزیابی حریم و سازوکار گسل شمال تبریز و برآورد رفتار لرزه‌زمین‌ساختی این گسل بر گستره شهر تبریز، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد. دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- نبوی، محمدحسن (۱۳۵۵). دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور. تهران. ایران.

