

ارزیابی فعالیت و توان لرزه‌زایی گسل تبریز با شاخص‌های ژئومورفیک، تکنیک سنجش از دور و GIS

موسی عابدینی* - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشگاه محقق اردبیلی
نادر سرمستی - دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشگاه محقق اردبیلی

پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۲۷

وصول: ۱۳۹۴/۱/۲۷

چکیده

کلان‌شهر تبریز در حریم گسل فعال تبریز قرار دارد که این گسل، از بخش انتهایی حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای در شمال شهر نیز عبور می‌کند. پژوهش حاضر با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، تکنیک سنجش از دور و GIS به بررسی فعالیت و توان لرزه‌زایی گسل تبریز می‌پردازد. برای دستیابی به هدف پژوهش، شاخص‌های ژئومورفیک شامل عدم تقارن حوضه، سینوسی جبهه کوهستان، سینوسی رودخانه، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره، شاخص ارزیابی نسبی تکتونیک فعال و مدل‌های تجربی به عنوان ابزارهای مدلی و مفهومی استفاده شد. تصویر ماهواره‌ای سنجنده ASTER، نقشه زمین‌شناسی، مدل رقومی ارتفاع و نرم‌افزارهای ENVI4.8 و ArcGIS10.2 جزء سایر ابزارهای فیزیکی این پژوهش است. با پردازش داده‌های ماهواره‌ای شواهد تکتونیک گسل تبریز همچون انحراف آبراهه آجی‌چای، پرتگاه گسل و پدیده عدسی‌شکل در محدوده کلانشهر تبریز تفسیر شدند. نتایج به دست آمده با شواهد میدانی منطقه تأیید گردید. طبق نتایج، مقادیر کمی شاخص‌های عدم تقارن حوضه ۳۹/۷ و ۲۳/۲، سینوسی جبهه کوهستان ۱/۴ و ۰/۹۳، سینوسی رودخانه ۱/۱ و ۱/۳، پهنای کف دره به ارتفاع دره ۱/۰۸ و ۱/۲ به ترتیب برای حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای به دست آمد. بر اساس شاخص ارزیابی نسبی تکتونیک فعال، حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای به ترتیب با مقادیر عددی ۱/۵ و ۱ دارای حرکات تکتونیک بسیار زیاد هستند. نتایج شاخص‌های مورد بررسی، حاکی از تأثیرپذیری مورفولوژی حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای از حرکات تکتونیک گسل تبریز است. بر اساس نتایج مدل‌های تجربی، گسل تبریز توان ایجاد زمین‌لرزه‌هایی به بزرگی بیش از ۶ ریشتر را دارد. پیامدهای ناشی از گسترش تبریز بر روی گسل و ارتفاعات شمالی شهر با توجه به نوع سازندهای زمین‌شناسی به تدریج در این محدوده‌ها در حال حضور هستند و با وقوع زلزله‌هایی به بزرگی میانگین ۶/۹ ریشتر، عواقب ناشی از این توسعه نامناسب در آینده نیز بسیار خطرناک خواهد شد.

واژگان کلیدی: گسل تبریز، توان لرزه‌زایی، شاخص‌های ژئومورفیک، سنجش از دور، GIS

مقدمه

فعالیت تکتونیکی در امتداد خطوط گسلی فعال بر روی ویژگی‌های توپوگرافی محیط‌های طبیعی اثر مهمی دارد. شاخص‌های ژئومورفیک در ارزیابی اثرات تکتونیکی شبکه‌های زهکشی به طور وسیعی استفاده می‌شوند، زیرا حوضه‌های رودخانه‌ای به تغییرات محیطی بسیار حساس‌اند (زهانگ و همکاران^۱، ۲۰۱۳). تکنیک سنجش از دور^۲ ماهواره‌ای همراه با روش‌های پردازش تصویر با صرف زمان کمتر در ارزیابی فعالیت تکتونیکی گسل‌های فعال و لرزه‌زا در مقیاس ماکروسکوپی بسیار کارآمد است؛ اما چنین تکنیک‌هایی نه تنها جایگزین پژوهش‌های میدانی نشده‌اند، بلکه مکمل یکدیگرند (ایرینی و همکاران^۳، ۲۰۱۱: ۹). سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نیز ابزاری مؤثر برای آنالیز داده‌های مکانی و غیر مکانی است (زهانگ و همکاران، ۲۰۱۳). مطالعات مورفوتکتونیکی با محیط زندگی انسان کاملاً مرتبط بوده و می‌تواند اطلاعات مفیدی از چگونگی فعالیت‌های آن در گذشته و زمان حال در اختیار برنامه‌ریزان قرار دهد (رجبی و سلیمانی، ۱۳۹۲). شکل‌گیری مناطق شهری همراه با دخالت‌های نسنجیده انسانی در حریم گسل، موجب شده است تا بر اثر وقوع زلزله، فاجعه انسانی به وجود آید. هرچند جلوگیری از رخداد زلزله اجتناب‌ناپذیر است، اما ارزیابی توان لرزه‌زایی گسل در محیط‌های شهری امری ضروری است (آلوک و همکاران^۴، ۲۰۱۳: ۶۳۵). کشور ایران از جمله مناطق حادثه‌خیز است که در آن مکان‌گزینی اکثر شهرها بدون توجه به وضعیت تکتونیکی و لرزه‌خیزی محیط صورت گرفته است. در پهنه‌بندی نسبی خطر زلزله، کلانشهر تبریز در جایگاه پهنه‌بندی با خطر نسبی بسیار بالا قرار دارد. گسل تبریز در مجاورت بلافضل شهر قرار گرفته و در مناطقی نیز شهر در امتداد این گسل بنا شده است (عابدینی و مقیمی، ۱۳۹۱).

مطالعات پیشین که در نقاط مختلف دنیا و ایران با شاخص‌های ژئومورفیک، تکنیک سنجش از دور و GIS صورت گرفته، حکایت از کارایی آنها در ارزیابی فعالیت و توان لرزه‌زایی گسل‌های فعال دارد. رجبی و آقاجانی (۱۳۸۹)، توان لرزه‌زایی گسل‌ها در مخروط‌افکنه‌های شمال شرق دریاچه ارومیه را بررسی نمودند. نتایج نشان می‌دهد گسل‌های منطقه توان ایجاد زمین‌لرزه‌هایی به بزرگی بیش از ۶ ریشتر را دارند. محمودزاده و همکاران (۱۳۹۰)، ساختار گسل تبریز را با استفاده از داده‌های دورسنجی تحلیل نمودند. نتایج این پژوهش، نشان‌دهنده اهمیت بالای تصاویر ماهواره‌ای در ارزیابی فعالیت تکتونیکی گسل‌های فعال و لرزه‌زا است. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۳)، توان لرزه‌زایی گسل‌ها و برآورد تلفات انسانی ناشی از زمین‌لرزه در شهر اردبیل را بررسی نمودند. بر اساس نتایج، معلوم گردیده است در حدود ۷۴۹۴۵ نفر از ساکنان کل جمعیت اردبیل کشته خواهند شد. عابدینی و شبرنگ (۱۳۹۳)، فعالیت‌های تکتونیکی حوضه آبریز مشکین‌چای را با شاخص‌های ژئومورفولوژی ارزیابی نمودند. نتایج نشان داده است که کل حوضه مورد مطالعه، از لحاظ تکتونیکی پویاست. ده‌بزرگی و همکاران (۲۰۱۰)، ناحیه سروستان در بخش زاگرس مرکزی را با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک مطالعه نموده و این ناحیه را به لحاظ فعالیت‌های تکتونیکی به صورت بسیار فعال، فعال، نسبتاً فعال و با فعالیت پایین طبقه‌بندی نموده‌اند. صفری و همکاران (۲۰۱۲)، مخاطره لرزه‌زایی منطقه مسجدسلیمان را با تکنیک سنجش از دور و GIS ارزیابی نمودند. نتایج، بیانگر توان لرزه‌زایی گسل‌های فعال با

1- Zhang et al

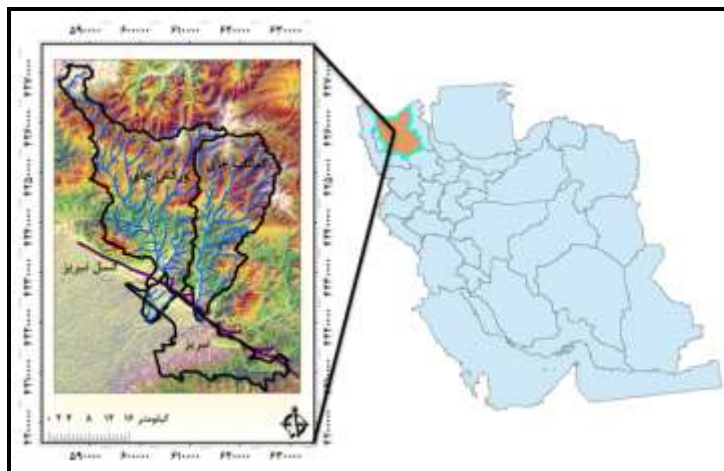
2- Remote Sensing

3- Eirini et al

4- Alok et al

حداکثر بزرگی بین ۶/۲۳ و ۷/۰۵ ریشتر است. آنوپ و همکاران^۱ (۲۰۱۳)، با محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک نشان دادند که تکتونیک فعال از عوامل مهم حاکم بر چشم‌انداز دره اسپیتی^۲ در شمال غرب هیمالیاست. کلانشهر تبریز با جمعیتی حدود دو میلیون نفر بر روی سیستم پیچیده گسلی فعال تکتونیک قرار گرفته است که دگرشکلی و لرزه‌زایی شدیدی را دربر می‌گیرد. قرارگیری شهر در حوزه نزدیک گسل مهم و لرزه‌خیز ناحیه که سابقه زمین‌لرزه‌های ویرانگر را در تاریخچه فعالیت خود داراست، ضرورت ارزیابی فعالیت‌های تکتونیک و توان لرزه‌زایی آن را در تحلیل ریسک لرزه‌زایی منطقه مورد مطالعه بیان می‌کند. امتداد گسل تبریز از جنوب حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای در شمال کلانشهر تبریز نیز عبور می‌کند. این پژوهش، به ارزیابی فعالیت و توان لرزه‌زایی گسل تبریز با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، تکنیک سنجش از دور و GIS می‌پردازد.

در پژوهش حاضر، محدوده مورد مطالعه در درجه اول، معطوف به کلانشهر تبریز است؛ اما برحسب ماهیت موضوع، حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای واقع در شمال کلانشهر تبریز نیز انتخاب شدند و نتایج حاصل از این مطالعات، در تحلیل فعالیت‌های تکتونیک و لرزه‌خیزی کلانشهر تبریز مورد استفاده قرار گرفت. حوضه گماناب‌چای با وسعت حدود ۴۰۷ کیلومتر مربع در شمال کلانشهر تبریز بین عرض جغرافیایی ۳۱° ۷' ۳۸" تا ۳۱° ۲۷' ۳۸" شمالی و طول جغرافیایی ۱۵° ۴۶' تا ۲۸° ۴۶' شرقی واقع شده است و یکی از زیرحوضه‌های شمالی آجی‌چای است. بلندترین نقطه حوضه ۲۸۰۶ متر در ارتفاعات شرقی و پایین‌ترین ارتفاع در محل خروجی آن ۱۳۵۰ متر و ارتفاع متوسط ۲۰۷۸ متر است (رنجبری و همکاران، ۱۳۸۲: ۱۴). حوضه ورکش‌چای با مساحت ۶۱۳ کیلومترمربع در شمال غربی کلانشهر تبریز بین عرض جغرافیایی ۲۷° ۳۸' تا ۲۹° ۳۸' شمالی و طول جغرافیایی ۵۴° ۴۶' تا ۲۱° ۴۶' شرقی واقع شده است و یکی از زیرحوضه‌های دریاچه ارومیه است. بلندترین نقطه حوضه ۳۱۵۰ متر در ارتفاعات آق‌داش و پایین‌ترین ارتفاع در محل خروجی آن ۱۳۲۵ متر و ارتفاع متوسط ۲۲۲۸ متر است (شیری‌طرز و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۱). کلانشهر تبریز به عنوان بزرگ‌ترین پایگاه جمعیتی شمال غرب کشور در جنوب این حوضه‌ها و در دشت تبریز گسترش یافته است. مهم‌ترین گسل منطقه، گسل تبریز است. امتداد گسل تبریز از جنوب حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای نیز عبور می‌کند. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

1- Anoop et al

2- Spiti

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، علاوه بر استفاده از کتب و منابع نوشتاری، از داده‌های متنوع دیگری نیز استفاده شده است که در زیر به آنها اشاره می‌شود:

- تصاویر ماهواره‌ای سنجنده ASTER مربوط به ردیف ۸۰ و گذر ۱۶۰ تاریخ ۲۰۱۲/۱۲/۲۸.
- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی تبریز.
- مدل رقومی ارتفاع (DEM)^۱ با قدرت تفکیک ۲۰ متری.
- نرم‌افزارهای ENVI5.3 و ArcGIS10.3 در فازهای مربوط به ورود، ذخیره و مدیریت، پردازش و تحلیل داده‌ها.

در پژوهش حاضر، فرایند پژوهش در یک نظام به هم پیوسته از گام‌های متوالی دنبال می‌شود:

الف: پردازش داده‌های ماهواره‌ای: برای پردازش داده‌های ماهواره‌ای از نرم‌افزار ENVI استفاده شد. روش کار به این صورت است که با توجه به تنوع باندهای سنجنده ASTER، اقدام به ایجاد تصاویر ترکیبی از باندهای مختلف گردید. پس از تهیه تصویر رنگی کاذب، شواهد تکتونیکی گسل تبریز در محدوده شهر با تفسیر بصری بررسی شد.

ب: محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک: ابتدا با بهره‌گیری از مدل رقومی، ارتفاع منطقه و برنامه‌های جانبی نرم‌افزار ArcGIS10.2، اقدام به استخراج مرز و شبکه آبراهه حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای گردید. همچنین، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه زمین مرجع شده و نقشه پراکندگی گسل‌های حوضه‌ها تهیه شد. سپس، شاخص‌های ژئومورفیک نظیر عدم تقارن حوضه، سینوسی جبهه کوهستان، سینوسی رودخانه اصلی، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره و شاخص ارزیابی نسبی تکتونیکی فعال برای ارزیابی فعالیت گسل تبریز در حوضه‌های مورد مطالعه محاسبه شدند.

پ: محاسبه توان لرزه‌زایی: برای تعیین لرزه‌خیزی در یک منطقه باید مخاطره‌آمیزی گسل‌ها از نظر توان لرزه‌زایی مورد بررسی قرار گیرد. تشخیص عملکرد لرزه‌ای گسل تبریز برای شهر تبریز به عنوان بزرگ‌ترین مرکز جمعیتی در شمال غرب ایران امری حیاتی است. توان لرزه‌زایی گسل تبریز با مدل‌های تجربی نوروزی و اشجعی، نوروزی و زارع تعیین گردیده و میانگین آن به عنوان مبنای ارزیابی در نظر گرفته شد. برای تعیین ارتباط بین گسلش و میزان مقاومت سازندها، ضریب مقاومت سازندهای زمین‌شناسی تبریز در مقابل نیروهای زلزله نیز بررسی شد.

ت: بررسی‌های صحرایی: به منظور تطبیق نتایج حاصل از روش‌های اشاره‌شده در بالا با مشاهدات میدانی، نقاط مهم و حساس که امکان دسترسی به اطلاعات مفید در آنها بیشتر بود؛ به کمک سایر داده‌های مورد استفاده، انتخاب گردیدند و مطالعات صحرایی در بخش‌هایی از منطقه مورد مطالعه انجام گرفت.

نتایج و بحث

بررسی شواهد تکتونیکی گسل تبریز با پردازش داده‌های ماهواره‌ای

با توجه به هدف پژوهش حاضر، برخی ترکیبات رنگی کاذب از ترکیبات باندهای ASTER ساخته شده و با تفسیر بصری ارزیابی شد. با تجربه ثابت شد که ترکیب رنگی باندهای مرئی با اختصاص سه رنگ اصلی به

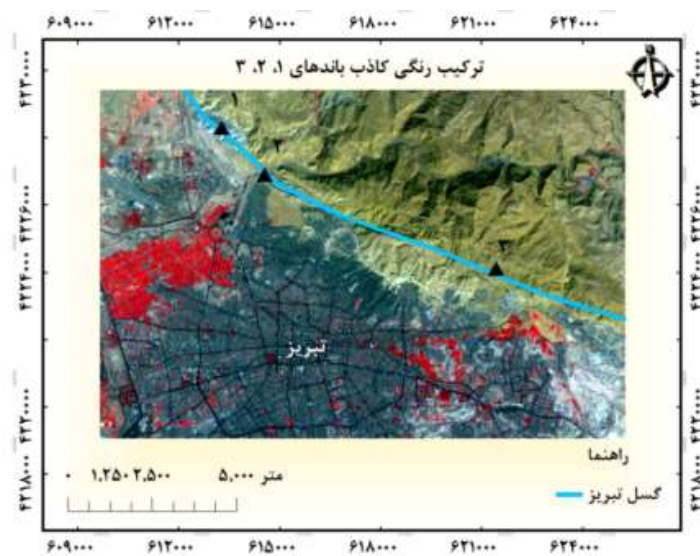
ترتیب آبی، سبز و قرمز به باندهای ۱، ۲، ۳ (RGB321) بهترین ترکیب رنگی است (شکل ۲). در تفسیر چشمی تصاویر رنگی کاذب برای تفسیر گسل بر اساس ساختار موجود در منطقه، شرایط زیر را باید در نظر گرفت (بابااحمدی، ۱۳۸۸: ۱۱۴):

الف: قطع‌شدگی، جابه‌جایی و کشیدگی ساختارهای زمین‌شناسی مانند آبراهه‌ها و رودخانه‌ها.

ب: قرار گرفتن دو نوع سازند زمین‌شناسی متفاوت در کنار یکدیگر.

پ: وجود ساختارهای پلکانی و عدسی‌های تشکیل‌شده در واحدهای سنگی.

پس از تعیین مسیر گذر گسل تبریز روی تصویر رنگی، شواهد تکتونیکی در پیرامون گسل با استفاده از عناصر اصلی تفسیر بصری شامل شکل، رنگ و بافت بررسی شدند. با توجه به شکل (۲)، در امتداد گسل تبریز تغییراتی رخ‌نمون یافته است که نمایانگر فعالیت تکتونیکی آن است. شواهد تکتونیکی همچون انحراف آبراهه آجی‌چای، پرتگاه گسل و پدیده عدسی‌شکل، مهم‌ترین شاخص‌هایی هستند که در تفسیر عملکرد تکتونیکی گسل تبریز بر روی تصویر ماهواره‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند. شکل (۳) بزرگ‌نمایی برخی شواهد تکتونیکی گسل تبریز بر روی تصویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد. به منظور کنترل نتایج تفسیری، از شواهد میدانی منطقه نیز استفاده شد (شکل ۴).



شکل ۲. ترکیب رنگی کاذب باندهای مرئی سنجنده ASTER



شکل ۳. بزرگ‌نمایی برخی شواهد تکتونیکی گسل تبریز بر روی تصویر رنگی؛

۱. پدیده عدسی‌شکل، ۲. انحراف آبراهه آجی‌چای، ۳. پرتگاه گسل



(الف)



(ب)

شکل ۴. الف) انحراف آبراهه آبی چای و پرتگاه گسلی در مجاورت آن، (ب) پدیده‌های عدسی‌شکل

تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک در حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای

۱. عدم تقارن حوضه آبریز (AF)^۱

شاخص عدم تقارن حوضه آبریز طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$AF = (Ar/At) \times 100$$

رابطه (۱)

که Ar: مساحت قسمت راست حوضه (در جهت پایین رود) نسبت به رود اصلی و At: مساحت کل حوضه زهکشی است. مقادیر بیشتر از ۶۵ یا کمتر از ۳۵ بیانگر کج‌شدگی و ناپایداری حوضه‌ها و مقادیر بین ۶۵ تا ۵۷ یا بین ۴۳ تا ۳۵ حوضه‌های نسبتاً پایدار و مقادیر بین ۵۷ و ۴۳ بیانگر حوضه‌های پایدار است (ده‌بزرگی و همکاران، ۲۰۱۰). جدول (۱) مقادیر پارامترهای شاخص عدم تقارن حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای را نشان می‌دهد. بر طبق نتایج، حوضه‌ها با مقادیر عددی به ترتیب ۳۹/۷ و ۲۳/۲ از نظر تکتونیکی نسبتاً فعال و فعال بوده و سمت راست حوضه‌ها نسبت به سمت چپ فعال‌تر است.

جدول ۱. مقادیر شاخص عدم تقارن حوضه

نام حوضه	Ar (km ²)	At (km ²)	AF	وضعیت تکتونیکی
گماناب‌چای	۱۶۱/۵	۴۰۶/۵	۳۹/۷	نسبتاً فعال
ورکش‌چای	۱۴۲/۵	۶۱۲/۸	۲۳/۲	فعال

۲. سینوسی جبهه کوهستان (Smf)^۱

یکی از شاخص‌هایی که با ارزیابی مورفومتری، بررسی تغییرات مورفولوژی جبهه‌های کوهستانی و سپس تعیین میزان نسبی فعالیت تکتونیکی را امکان‌پذیر ساخته است، شاخص سینوسی جبهه کوهستان است. این شاخص از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$\text{Smf} = \text{Lmf}/\text{Ls} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که Smf: شاخص سینوسی جبهه کوهستان، Lmf: طول جبهه کوهستان در امتداد کوهپایه و در محل شکست مشخص شیب و Ls: طول خط مستقیم جبهه کوهستان است (جوادی موسوی و همکاران، ۱۳۹۱). این شاخص، برای مناطق فعال مقادیر کمتر از ۱/۱، مناطق با فعالیت متوسط بین ۱/۱ تا ۱/۵ و جبهه‌های کوهستانی غیر فعال مقادیر بیشتر از ۱/۵ را شامل می‌شود (شاهزیدی و همکاران، ۲۰۱۱: ۳۸۹). در این پژوهش، ابتدا با مدل رقومی ارتفاع تصویر برجسته‌ای^۲ از حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای برای نمایش هرچه بهتر توپوگرافی در نرم‌افزار ArcGIS 10.2 ساخته شد و سپس، پارامترهای Lmf و Ls در امتداد جبهه‌های کوهستانی متمایل به دشت اندازه‌گیری و شاخص سینوسی جبهه کوهستان محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۲) نشان داده شده است. بر اساس نتایج، حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای با مقادیر عددی به ترتیب ۱/۴ و ۰/۹۳ دارای وضعیت تکتونیکی نسبتاً فعال و فعال هستند.

جدول ۲. مقادیر شاخص سینوسی جبهه کوهستان

نام حوضه	Lmf (km)	Ls (km)	Smf	وضعیت تکتونیکی
گماناب‌چای	۱۱/۱	۷/۸	۱/۴	نسبتاً فعال
ورکش‌چای	۷/۸	۸/۳	۰/۹۳	فعال

۳. سینوسی رودخانه اصلی (S)^۳

از دیگر شاخص‌های مورد استفاده برای بررسی فعالیت تکتونیکی حوضه‌های آبریز، شاخص سینوسی رودخانه است. شاخص سینوسی رودخانه اصلی به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود:

$$S = C/V \quad \text{رابطه (۳)}$$

که S: شاخص سینوسی رودخانه اصلی، C: طول رودخانه و V: طول مستقیم رودخانه است. مقادیر عددی کمتر از ۱/۵ شاخص سینوسی رودخانه، نشان‌دهنده فعالیت تکتونیکی منطقه، بیشتر بودن میزان ضریب از عدد ۱/۵ هم بر نزدیک شدن رودخانه به حالت تعادل دلالت می‌کند (عابدینی و شبرنگ، ۱۳۹۳). نتایج شاخص سینوسی رودخانه در جدول (۳) ارائه شده است. بر این اساس، مقادیر عددی به ترتیب ۱/۱ و ۱/۳ شاخص سینوسی رودخانه در حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای بیانگر این است که حوضه‌های منطقه هنوز به حالت تعادل نرسیده‌اند.

جدول ۳. مقادیر شاخص سینوسی رودخانه اصلی

نام حوضه	C (km)	V (km)	S	وضعیت تکتونیکی
گماناب‌چای	۴۳/۷	۳۷/۶	۱/۱	فعال
ورکش‌چای	۷۰/۱	۵۰/۳	۱/۳	فعال

۴. نسبت پهناي کف دره به ارتفاع دره (Vf)^۱

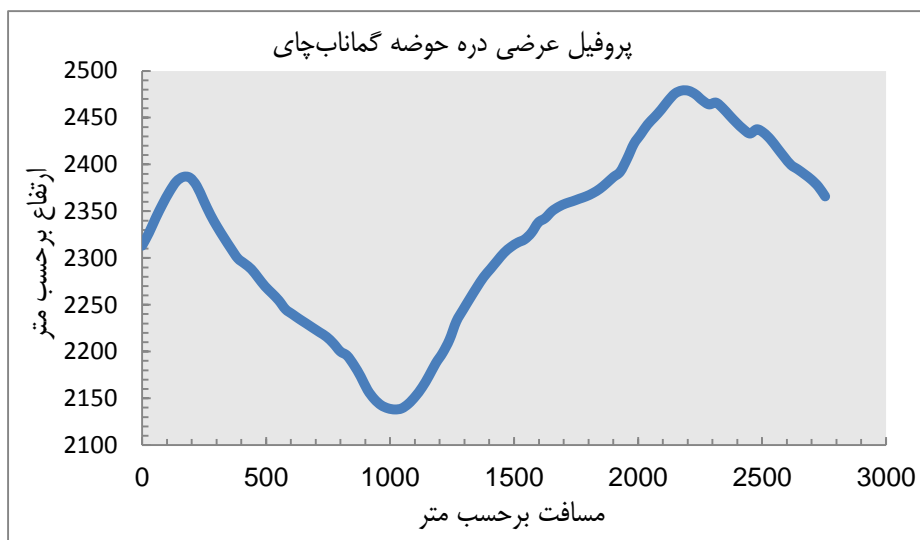
مقایسه پهناي کف دره به متوسط ارتفاع آن، شاخصي را فراهم می‌کند که حفر پایین دست رودخانه را نشان می‌دهد. شاخص نسبت پهناي کف دره به ارتفاع دره از رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$Vf = 2Vfw / [(Eld - Esc) + (Erd - Esc)] \quad \text{رابطه (۴)}$$

که Vf: شاخص پهناي کف دره به ارتفاع دره، Vfw: پهناي کف دره، Eld و Erd: ارتفاع دیواره‌های چپ و راست دره و Esc: ارتفاع کف دره است (علایی طالقانی، ۲۰۱۳). مقادیر کمتر از ۰/۵ بیانگر تکتونیک فعال منطقه و مقادیر بین ۰/۵ و ۱ معرف مناطق با فعالیت تکتونیکي متوسط و مقادیر عددی بیشتر از ۱، بیانگر عدم فعالیت‌های تکتونیکي است (ده‌بزرگی و همکاران، ۲۰۱۰). در این پژوهش، ابتدا با مدل رقومی، ارتفاع تصویر برجسته‌ای از حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای برای نمایش هرچه بهتر توپوگرافی ساخته شد و سپس با برنامه جانبی آنالیز سه‌بعدی^۲ در نرم‌افزار ArcGIS10.2، پروفیل‌های عرضی دره‌ها عمود بر آبراهه‌های اصلی و فرعی در بالادست جبهه کوهستانی حوضه‌ها ترسیم و مقادیر پارامترهای شاخص Vf به ترتیب در ۲۰ و ۷ مقطع اندازه‌گیری و شاخص Vf محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۴) ارائه شده است. بر اساس نتایج، حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای با مقادیر عددی به ترتیب ۱/۰۸ و ۱/۲ این شاخص از نظر فعالیت‌های تکتونیکي فعال هستند. شکل (۵) پروفیل عرضی نمونه‌ای از دره‌های تکتونیکي حوضه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۴. مقادیر شاخص نسبت پهناي کف دره به ارتفاع

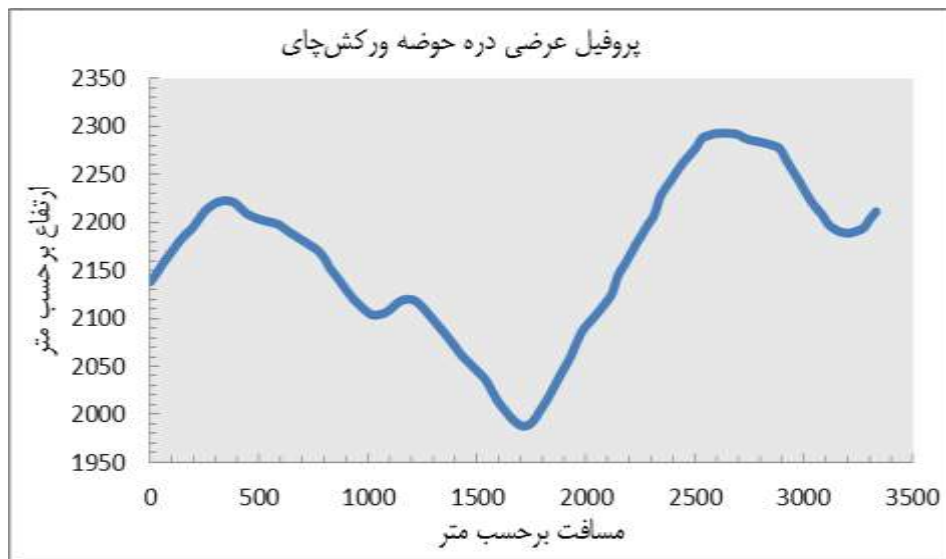
نام حوضه	میانگین Vfw	میانگین Eld	میانگین Erd	میانگین Esc	میانگین Vf	وضعیت تکتونیکي
گماناب‌چای	۲۹۷/۸	۲۲۴۳/۹	۲۲۶۳/۶	۱۹۶۵/۶	۱/۰۸	فعال
ورکش‌چای	۳۱۰/۲	۲۳۱۶/۶	۲۳۵۳/۸	۲۱۱۰/۵	۱/۲	فعال



(الف)

1- Ratio of Valley Floor Width to Valley Height Index

2- 3D Analyst



(ب)

شکل ۵. پروفیل عرضی نمونه‌ای از دره‌ها، (الف) حوضه گماناب‌چای، (ب) حوضه ورکش‌چای

۵. طبقه‌بندی شاخص‌ها بر اساس شاخص نسبی تکتونیکی فعال (Iat)^۱

شاخص نسبی تکتونیکی فعال به وسیله میانگین کلاس‌های مختلف شاخص‌های ژئومورفیک (S/n) به دست می‌آید و بر اساس مقدار به دست آمده به چهار کلاس تقسیم می‌گردد که در این تقسیم‌بندی کلاس ۱ با فعالیت شدید تکتونیکی، کلاس ۲ با فعالیت بالا، کلاس ۳ با فعالیت متوسط و کلاس ۴ با فعالیت کمی فعال مشخص می‌شود (همدونی و همکاران^۲، ۲۰۰۸). این شاخص طبق رابطه (۵) به دست می‌آید:

$$Iat = S/n$$

رابطه (۵)

که Iat: شاخص نسبی تکتونیکی فعال، S: مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه‌شده، n: تعداد شاخص‌های محاسبه‌شده است. اگر مقادیر شاخص Iat مابین ۱ تا ۱/۵ باشد، حاکی از فعالیت‌های تکتونیکی شدید، در صورتی که بیشتر از ۱/۵ و کمتر از ۲ فعالیت‌های تکتونیکی زیاد، بیشتر از ۲ و کمتر از ۲/۵ بیانگر فعالیت‌های تکتونیکی متوسط و بیشتر از ۲/۵ فعالیت‌های کم و ناچیز را آشکار می‌سازد (ده‌بزرگی و همکاران، ۲۰۱۰). بر اساس نتایج جدول (۵)، حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای با مقادیر عددی به ترتیب ۱/۹ و ۱/۷ دارای فعالیت تکتونیکی زیاد هستند.

جدول ۵. مقادیر شاخص نسبی تکتونیکی فعال

نام حوضه	AF	S _{mf}	S	V _f	Iat	وضعیت تکتونیکی
گماناب‌چای	۲	۲	۱	۱	۱/۵	شدید
ورکش‌چای	۱	۱	۱	۱	۱	شدید

ارزیابی توان لرزه‌زایی گسل تبریز

روش بزرگا - طول گسل یکی از معتبرترین متدها در محاسبه توان لرزه‌زایی گسل است (حسین‌پور، ۱۳۸۶: ۷۹). برخی روابط کمی تعیین توان لرزه‌زایی گسل‌ها عبارتند از:

1- Index Active Tectonic

2- Hamdouni et al

الف: رابطه نوروزی و مهاجر اشجعی (۱۹۷۸):

$$M_s = 5.4 + \text{Log}_L \quad \text{رابطه (۶)}$$

که M_s بزرگی زمین لرزه در مقیاس ریشتر و L نیمی از طول گسل برحسب کیلومتر است (سادات ریاضی‌رادی، ۱۳۸۱).

ب: رابطه نوروزی (۱۹۸۵):

$$M_s = 1.259 + 1.244 \text{Log}_L \quad \text{رابطه (۷)}$$

که L نیمی از طول گسل برحسب متر است (حسن‌زاده و همکاران، ۲۰۱۳).
پ: رابطه زارع (۱۳۷۴):

$$M_s = 3.66 + 0.91 \text{Ln}L \quad \text{رابطه (۸)}$$

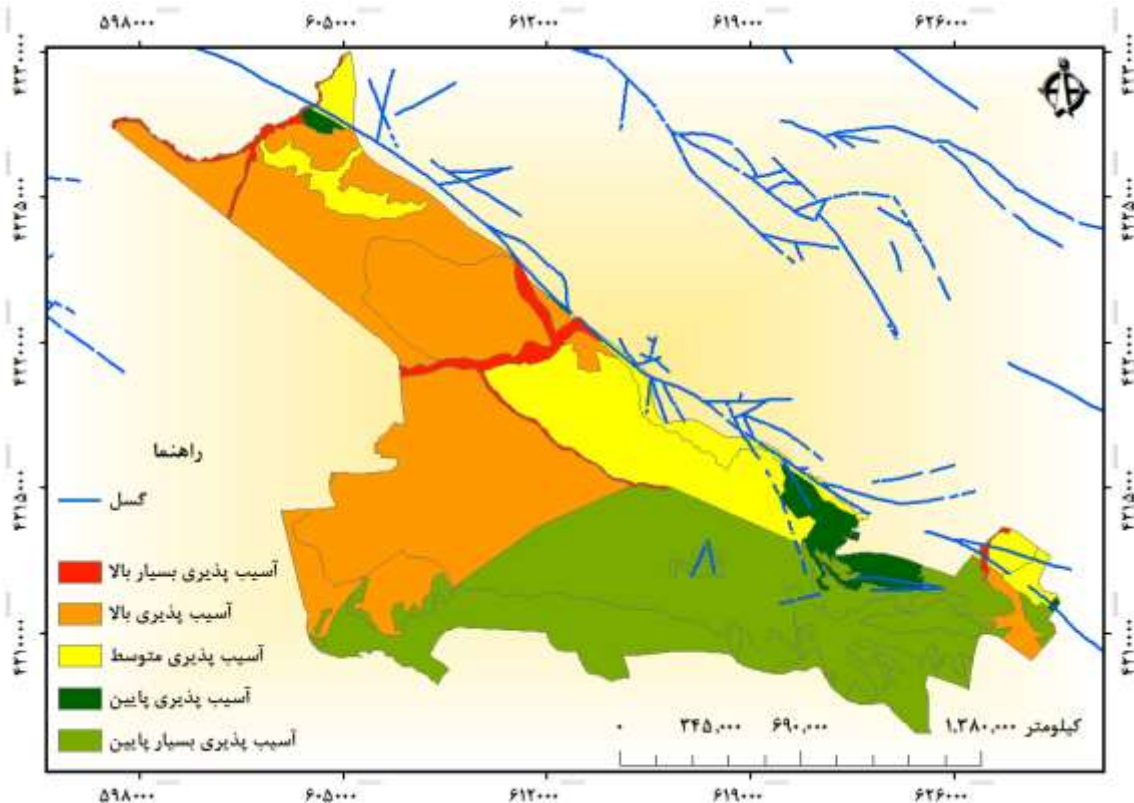
که L نیمی از طول گسل برحسب کیلومتر است (حسین‌پور، ۱۳۸۶: ۷۱).

طول قطعه گسل در محدوده شهر تبریز حدود ۴۵ کیلومتر تعیین شده است (کریم‌زاده و همکاران، ۲۰۱۴). محاسبات صورت گرفته، تفاوت‌هایی را در میزان لرزه‌خیزی گسل تبریز بیان می‌کند. با توجه به این محاسبات، میانگین عدد ۶/۹ ریشتر به دست آمد. جدول (۶) مقادیر حداکثر توان لرزه‌زایی گسل تبریز را برحسب ریشتر نشان می‌دهد.

جدول ۶. توان لرزه‌زایی گسل تبریز برحسب ریشتر

نام گسل	طول گسل (کیلومتر)	نوروزی و اشجعی	نوروزی	زارع	میانگین
گسل تبریز	۴۵	۷	۶/۶	۷/۱	۶/۹

رهایی انرژی در امتداد انواع گسل‌ها که خود باعث ایجاد زلزله می‌شود، دارای تغییراتی است. میزان مقاومت سازندهای زمین‌شناسی مختلف در مقابل تغییر شکل‌ها و نیروهای وارده از سوی حرکات گسل‌ها به یک اندازه نیست (فرج‌زاده و بصیرت، ۱۳۸۵). از این رو، در پژوهش حاضر، ضریب مقاومت سازندهای زمین‌شناسی منطقه تبریز در مقابل نیروهای زلزله بررسی شد. در واقع بسته به نوع و جنس سازند، ضریب مقاومت آن در مقابل نیروهای زلزله که به صورت موج انرژی آزاد می‌شود متفاوت است. در بعضی موارد، سازند اثر فزاینده روی این انرژی خواهد داشت و در بعضی دیگر با اضمحلال آن، اثر کاهنده روی انرژی می‌گذارد و عملاً تأثیرپذیری یا تأثیرگذاری سازند در مقابل نیروهای زلزله کاملاً به جنس و نوع سازند وابسته است (فرج‌زاده و بصیرت، ۱۳۸۵). برای رسیدن به هدف، ضریب مقاومت سازندهای زمین‌شناسی در برابر گسلش و وقوع رخداد زلزله طبق جدول (۷) بررسی گردید. به طور کلی سازندهای آبرفتی جوان آسیب‌پذیری بسیار بالایی دارند که بیانگر تأثیرپذیری بسیار زیاد این نوع سازندها از نیروهای زلزله است. به عبارتی، شکنندگی (گسل‌خوردگی) توسط نیروهای آزادشده در راستای گسل عمدتاً در این جنس سازندها بیشتر دیده می‌شود؛ در حالی که سازندهای مارن و اکنش شکننده از خود نشان نمی‌دهند و به صورت پلاستیک عمل می‌کنند. سازندهای ماسه‌سنگ و مارن و کنگلومرای نیمه‌سخت با میرا کردن موج ناشی از زلزله، باعث کاهش نیروی آن می‌شوند.



شکل ۶. پهنه‌بندی ضریب مقاومت سازندهای زمین‌شناسی شهر تبریز در برابر زلزله

با توجه به جدول (۷)، میزان حساسیت سازندهای شهر تبریز نسبت به امواج زلزله در محیط GIS پهنه‌بندی شد (شکل ۶). نتایج نشان می‌دهد که توسعه فیزیکی شهر به مقیاس گسترده بر روی سازندهای آبرفتی جوان در قسمت‌هایی از شمال غرب، غرب و جنوب انجام گرفته، علاوه بر این در شمال و شرق بر روی مارن میوسن و در جنوب شرق و جنوب و بخشی از جنوب غرب در مقاطع مختلف بر روی کنگلومرای نیمه‌سخت گسترده شده است. هر کدام از این سازندها دارای مقاومت و ظرفیت باربری متفاوتی در رابطه با توسعه شهر و احداث بنا می‌باشند. به طور کلی، آبرفت‌ها از نظر فونداسیون توان ضعیف تا متوسط دارند و برای توسعه‌های سنگین و متمرکز مناسب نیستند.

جدول ۷. ضریب مقاومت سازندهای زمین‌شناسی در برابر خطر زلزله (روستایی، ۱۳۹۰)

ضریب مقاومت سازند در برابر خطر زلزله					نوع سازند
آسیب پذیری بسیار پایین	آسیب پذیری پایین	آسیب پذیری متوسط	آسیب پذیری بالا	آسیب پذیری بسیار بالا	
				✓	آبرفت عهد حاضر
			✓		پادگانه‌های آبرفتی
		✓			مارن سبز و خاکستری
	✓				ماسه‌سنگ و مارن
✓					کنگلومرای نیمه‌سخت

نتیجه‌گیری

با توجه به قدمت تاریخی کلانشهر تبریز و تجربه زمین‌لرزه‌های متعدد، این شهر در دهه‌های اخیر شتابزده در حال توسعه است و اکثراً توسعه فیزیکی شهر به سمت شمال (پیرامون گسل تبریز در پایکوه‌های ارتفاعات شمالی) هدایت می‌شود. پژوهش حاضر با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، تکنیک سنجش از دور و GIS به بررسی فعالیت گسل تبریز و توان لرزه‌زایی آن می‌پردازد. عبور گسل لرزه‌زا و فعال تبریز از بخش انتهایی حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای در شمال کلانشهر تبریز، زمینه مناسبی را برای بررسی فعالیت‌های آن فراهم کرده است. با توجه به تفسیر بصری داده‌های ماهواره‌ای، در امتداد گسل تبریز تغییراتی رخنمون یافته است که نمایانگر فعالیت تکتونیکی آن در محدوده کلانشهر تبریز است. شواهد تکتونیکی همچون انحراف آبراهه آجی‌چای، پرتگاه گسل و پدیده عدسی‌شکل مهم‌ترین شاخص‌هایی هستند که در تفسیر عملکرد تکتونیکی گسل تبریز بر روی تصویر ماهواره‌ای مورد توجه قرار گرفته‌اند. یکی از مهم‌ترین شواهد تکتونیکی گسل تبریز، انحرافات است که در شبکه هیدروگرافی منطقه به وجود آورده است. آبراهه آجی‌چای که از شمال شهر در میان تنگه کوهستانی عینالی به سمت جنوب جریان دارد، تقریباً دچار انحرافی به سمت غربی گسل شده است و پس از یافتن مسیر مطلوب دوباره جهت جنوبی پیدا کرده است. در واقع در هر منطقه‌ای که گسل جابه‌جایی امتدادلغز داشته باشد، یکی از عواقب آن انحرافات است که در شبکه هیدروگرافی به وجود می‌آید و این وضعیت در مورد گسل تبریز نیز صادق است. اثر دیگر این گسل، ایجاد یک پرتگاه در مجاورت آبراهه آجی‌چای و بلوک شرقی آن است که بیانگر بالآمدگی تدریجی این بخش از گسل است. ایجاد پدیده عدسی‌شکل در اثر شکستگی و خمش فشارشی گسل تبریز و بالا آمدن سازندهای میوسن قدیمی با رنگی کاملاً متفاوت و روشن‌تر از سازندهای اطراف منطقه، نشانه دیگری از فعالیت تکتونیکی گسل تبریز است. به طور کلی می‌توان گفت گسل تبریز ضمن اینکه تحولات ژئومورفولوژی زمان خود را به دنبال داشته، بستر و حدود واحدهای مورفوتکتونیکی کنونی را نیز قالب‌ریزی نموده است و شبکه توپوگرافی تقریباً نامنظمی را به ساختار سطحی تحمیل کرده است.

طبق نتایج مقادیر کمی شاخص عدم تقارن حوضه با مقادیر عددی به ترتیب $39/7$ و $23/2$ بیانگر فعال بودن حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای از نظر فعالیت‌های تکتونیکی است. بر اساس نتایج شاخص سینوسی جبهه کوهستان، حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای با مقادیر عددی به ترتیب $1/4$ و $0/93$ دارای وضعیت تکتونیکی نسبتاً فعال و فعال هستند. بر اساس شاخص سینوسی رودخانه با مقادیر عددی به ترتیب $1/1$ و $1/3$ آن در حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای، بیانگر این است که حوضه‌های منطقه هنوز به حالت تعادل نرسیده‌اند. شاخص پهنای کف دره به ارتفاع آن در بالادست جبهه کوهستانی حوضه‌ها، دره‌های V شکلی را نشان می‌دهد که حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای با مقادیر عددی به ترتیب $1/08$ و $1/2$ این شاخص از نظر فعالیت‌های تکتونیکی فعال هستند. بر اساس شاخص ارزیابی نسبی تکتونیکی فعال، حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای به ترتیب با مقادیر عددی $1/5$ و $1/4$ دارای حرکات تکتونیکی بسیار زیاد (شدید) هستند. نتایج شاخص‌های مورد بررسی، حاکی از تأثیرپذیری مورفولوژی حوضه‌های آبریز گماناب‌چای و ورکش‌چای از حرکات تکتونیکی گسل تبریز است.

بنا به محاسبات صورت گرفته بر اساس مدل‌های تجربی، میانگین توان لرزه‌زایی گسل تبریز عدد $6/9$ ریشتر به دست آمد که به طور نسبی، با واقعیت انطباق دارد. نتایج پژوهش حاضر، نشان می‌دهد که توسعه

فیزیکی شهر به مقیاس گسترده بر روی سازندهای آبرفتی جوان در قسمت‌هایی از شمال غرب، غرب و جنوب انجام گرفته، افزون بر این، در شمال و شمال شرق بر روی مارن میوسن و در جنوب شرق و جنوب و بخشی از جنوب غرب در مقاطع مختلف بر روی کنگلومرای نیمه‌سخت گسترده شده است. هرکدام از این سازندها دارای مقاومت و ظرفیت باربری متفاوتی در رابطه با توسعه شهر و احداث بنا هستند. به طور کلی، رسوبات آبرفتی دارای بافت سست بوده و درجه سخت‌شدگی این رسوبات خیلی کم است، لذا آبرفت‌ها از نظر فونداسیون توان ضعیف تا متوسط دارند و برای توسعه‌های سنگین و متمرکز مناسب نیستند. گسل تبریز از میان ارتفاعات شمالی شهر عبور می‌کند و پیامدهای ناشی از گسترش تبریز بر روی این گسل و ارتفاعات شمالی شهر با توجه به ویژگی‌های لیتولوژیکی یادشده به تدریج در این محدوده‌ها در حال حضور هستند و با وقوع زلزله‌هایی به بزرگی میانگین ۶/۹ ریشتر، عواقب ناشی از این توسعه نامناسب در آینده نیز بسیار خطرناک خواهد شد. با در نظر گرفتن موارد مذکور، می‌توان گفت که قرارگیری بخش اعظمی از شهر تبریز بر روی سازندهای آسیب‌پذیر، شرایط بسیار مساعدی را برای تشدید امواج زلزله فراهم ساخته است. چنانچه شواهد زلزله‌های تاریخی منطقه مورد مطالعه نیز نشان می‌دهد که مقاومت نسبی زمین هیچ‌گاه در مقابل امواج زلزله، تحمل مناسبی نشان نداده است. این امر می‌بایست در مباحث برنامه‌ریزی شهری و اجرای برنامه‌های عمرانی مورد توجه مسئولین شهری قرار گیرد. این در حالی است که شهر تبریز بدون توجه به سابقه و پتانسیل لرزه‌خیزی گسل تبریز که زلزله‌های تاریخی نیز آن را تأیید می‌کنند و بدون در نظر گرفتن نتایج حاصل از این پژوهش که منطقه را از نظر حرکات تکتونیکی فعال نشان می‌دهد، به سمت گسل تبریز در حال توسعه است.

منابع

- اسفندیاری، فریبا؛ غفاری گیلانده، عطا؛ لطفی، خداداد (۱۳۹۳) بررسی توان لرزه‌زایی گسل‌ها و برآورد تلفات انسانی ناشی از زلزله در مناطق شهری (مطالعه موردی: شهر اردبیل)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۴، صص. ۳۶-۱۷.
- بابااحمدی، عباس (۱۳۸۸) کاربردهای سنجش از دور در زمین‌شناسی، چاپ دوم، انتشارات آوای قلم، تهران.
- جوادی موسوی، الهه؛ آرین، مهران؛ قرشی، منوچهر؛ ناظمی، محمد (۱۳۹۱) اندازه‌گیری شاخص‌های مورفوتکتونیکی در منطقه طبس، فصلنامه زمین، شماره ۲۴، صص. ۲۲۵-۲۱۳.
- حسین‌پور، مارال (۱۳۸۶) بررسی‌های سائزموکتونیکی شمال غرب ایران و پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در شهر تبریز، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، راهنما محسن مؤید، دانشکده علوم، دانشگاه تبریز.
- رجبی، معصومه؛ آقاجانی، کامیلا (۱۳۸۹) بررسی گسل‌ها، توان لرزه‌زایی و خطر زمین‌لرزه در مخروط‌افکنه‌های شمال شرق دریاچه ارومیه، فصلنامه جغرافیایی طبیعی، شماره ۷، صص. ۱۴-۱.
- رجبی، معصومه؛ سلیمانی، ابوالفضل (۱۳۹۲) تحلیل و ارزیابی ویژگی‌های مورفوتکتونیکی و نئوتکتونیکی دامنه جنوبی کوهستان سبلان، جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۴۵، صص. ۹۷-۱۲۰.
- رنجبری، احد؛ رجایی، عبدالحمید؛ رجبی، معصومه (۱۳۸۲) مطالعه ویژگی‌های ژئومورفولوژی حوضه گماناب‌چای شمال تبریز، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، راهنما عبدالحمید رجایی، گروه جغرافیای طبیعی با گرایش ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.

- روستایی، شهرام (۱۳۹۰) پهنه‌بندی خطر گسل تبریز برای کاربری‌های مختلف اراضی شهری، **جغرافیا و توسعه**، شماره ۲۱، صص. ۲۷-۴۱.
- سادات ریاضی‌راد، زهره؛ کی‌نژاد، آناهیتا؛ قمی‌اویلی، جعفر (۱۳۸۸) بررسی لرزه‌زمین‌ساخت و لرزه‌خیزی در نوشهر و تعیین مناطق پتانسیل خطر بالا، **فصلنامه زمین**، شماره ۴، صص. ۷۷-۸۹.
- شیری‌طرز، علی؛ رجبی؛ معصومه؛ روستایی، شهرام (۱۳۸۵) **پژوهشی در ژئومورفولوژی حوضه سنخ‌چای**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، راهنما معصومه رجبی، گروه جغرافیای طبیعی با گرایش ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز.
- عابدینی، موسی؛ شبرنگ، شنو (۱۳۹۳) ارزیابی فعالیت‌های نوزمین‌ساخت در حوضه آبخیز مشکین‌چای از طریق شاخص‌های ژئومورفولوژی، **جغرافیا و توسعه**، شماره ۳۵، صص. ۴۹-۶۶.
- عابدینی، موسی؛ مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۱) نقش تنگناهای ژئومورفولوژیکی در توسعه کالبدی کلانشهر تبریز به منظور کاربری بهینه، **مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی**، شماره ۱، صص. ۱۴۷-۱۶۶.
- فرج‌زاده، منوچهر؛ بصیرت، فروغ (۱۳۸۵) پهنه‌بندی حساسیت تشکیلات زمین‌شناسی در مقابل نیروهای زلزله در منطقه شیراز با استفاده از GIS، **پژوهش‌های جغرافیایی**، شماره ۵۵، صص. ۵۹-۷۲.
- محمودزاده، مریم؛ الماسیان، محمود؛ پورکرمانی، محسن؛ سلطانی، ماهیار (۱۳۹۰) تحلیل ساختاری گسل تبریز با استفاده از داده‌های دورسنجی، **فصلنامه علوم زمین**، ۶ (۱۹)، صص. ۱۱۹-۱۳۱.
- Alok, K., Verma, K. (2013) Estimation of maximum magnitude (M_{max}): Impending large earthquakes in Northeast Region, India, **Journal Geological Society of India**, 83, pp. 635-640.
- Anoop A., Prand S., Basavaiah N., Brauer A., and Shahzad F. (2013) Tectonic versus climate influence on landscape evolution: A case study from the upper Spiti valley, NW Himalaya, **Geomorphology**, 14, pp.145-146.
- Dehbozorgi M., Pourkermani M., Arian M., Matkan A.A., Motamedi H., and Hosseinasl A. (2010) Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran, **Geomorphology**, 03284, No.13, pp.1-13.
- Ermini, S., Stelios P. (2011) Identification of lineaments with possible structural origin using ASTER images and DEM derived products in Western Crete Greece, **Earsele Proceeding**, 10, pp. 1-18.
- Hamdouni, R.El., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller, E.A (2008) Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain), **Gemorphology**, 96, pp. 157-170.
- Hassanzadeh, R., Zorica, N., Alavir, A., Norouzzadeh, M., and Hodhodkian, H. (2013) Interactive approach GIS-based earthquake scenario development and resource estimation, **Computers & Geosciences**, Vol.51, pp.324-338.
- Karimzadeh, S., Miyajima, M., Hassanzadeh, R., Amiraslazadeh, R., and Kamel, B. (2014) A GIS-based seismic hazard, building vulnerability and human loss assessment for the earthquake scenario in Tabriz, **Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, 66, pp. 263-280.
- Safari, H.O., Pirasteh, S., Pradhan, B., and Gharibvand, L.K. (2012) Use of remote sensing data and GIS tools for seismic hazard assessment for shallow oilfields and its impact on the settlements at Masjed-i-Soleiman area, Zagros Mountains, Iran, **Open Access Remote Sensing**, 2, pp. 1367-1377.
- Shahzeidi S.S., Entezari M., and Ramesht M.H. (2011) the effect of active tectonic to morphology of Deakt-Tangan River fan of shah dad in Kerman, **International on Environmental Science and Technology**, 6, pp.388-391.

- Taleghni, M. A., (2013) The relation evolution of tectonic action in a thrust zone based on morphometric indices (Case Study: Kandole Basin in Kermanshah Province), **Environmental Sciences**, 1 (1), pp. 1-12.
- Zhang W., Oguchi T., Hayakawa S., and Peng H. (2013) Morphometric Analyses of Danxia Landforms in Relation to Bedrock Geology: A Case of Mt. Danxia, Guangdong Province, China, **The Open Geology Journal**, 7, pp.54-62.

