

چکیده

پس از زمین لرزه اهر-ورزقان (۲۱ مرداد ۱۳۹۱)، مشخص شد که در نقشه گسله های فعال در شمال گسله شمال تبریز باید بازنگری صورت بگیرد. در راستای ارزیابی زمین ساخت فعال^۱ شمال باختر ایران، از ترکیب روش برگشتی^۲ برای تعیین تانسور تنش^۳، مطالعات میدانی، زمین ریخت شناسی^۴ و شاخص های زمین ریختی^۵ بهره گرفته شد. شاخص های کیفی که در بررسی مورفومتری محدوده مورد مطالعه قرار گرفته اند عبارتند از: انتگرال فرازسنجی^۶ (Hi)، منحنی های فرازسنجی و شاخص طول-شیب رودخانه^۷ (SL). منحنی های فرازسنجی، پراکنش ارتفاعات را در یک بخش از زمین، در یک حوضه زهکشی توصیف می کنند. از میان تمام شاخص های زمین ریخت شناسی، شاخص طول-شیب رودخانه (SL)، ابزاری مهم برای نشان دادن تغییرات آنومالی در شیب یک رودخانه است. منطقه مورد مطالعه واقع در شمال گسله شمال تبریز است. بازدیدهای محلی، داده های جنبشی و زمین ریختی، یک گسله فعال با سازوکار راستالغز فشاری را نشان می دهد که به نام گسله نهند (با طول تقریبی ۱۶۸ کیلومتر) از آن یاد شد. تحلیل جنبشی^۸ نشان دهنده ی چندین راستای تنش بوده که قدیمی ترین آنها در راستای شمال خاور-جنوب باختر، با گذر از یک مرحله تنش شمالی-جنوبی، به تنش حاضر شمال باختری-جنوب خاوری تبدیل شده است.

واژگان کلیدی: گسله نهند، گسله شمال تبریز، شاخص های زمین ریخت شناسی، تانسور تنش، زمین ساخت فعال.

شناسایی زمین ساخت فعال در شمال گسله شمال تبریز به یاری شاخص های زمین ریختی و تحلیل جنبشی

شهره رفیعی (نویسنده مسئول)

دانشجوی دکتری، گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
rafiee.tectonic.ir@gmail.com

محمد رضا عباسی

دانشیار، گروه لرزه زمین ساخت، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران

عبدالله سعیدی

استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران

هادی طبسی

استادیار، گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دماوند

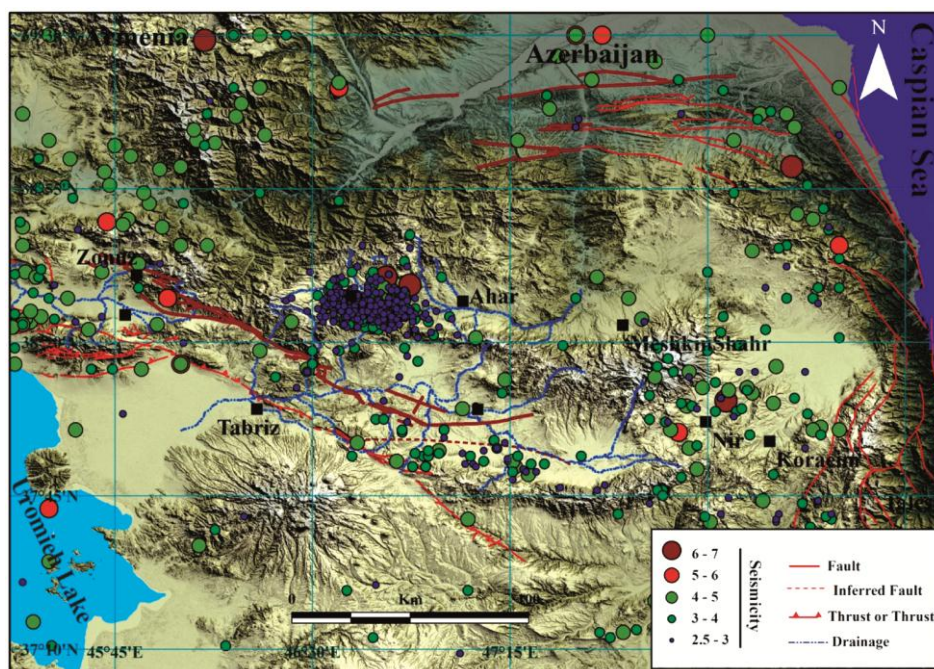
۱- مقدمه

مدلی برای چگونگی جذب دگرشکلی فعال منطقه ارائه شد و سازوکارهای کانونی این زمین لرزه نیز حل شدند و چندین گسله فعال در محدوده گسیختگی زمین لرزه اهر-ورزقان معرفی شد. با وجود مطالعات یاد شده اما هنوز پرسش های گوناگونی باقی می ماند. برای مثال می توان به گسله هایی اشاره کرد که از ارمنستان و جمهوری نخجوان با راستای نزدیک به شمالی-جنوبی از مرزهای ایران می گذرند و آذربایجان ایران را متأثر می کنند. ادامه این گسله ها در آذربایجان جای خود را به روندهای دیگری می دهند و یا به تدریج تبدیل به روندهای شمال باختری-جنوب خاوری (هم روند با گسله شمال تبریز و گسله نهند) می شوند؟ اگر گذاری میان روندهای شمالی-جنوبی (با

دانسته های ما در مورد لرزه زمین ساخت واقع در شمال گسله تبریز محدود به مطالعاتی می شود که در سال های اخیر صورت گرفته است. ماسون و همکاران [۱-۳] با استفاده از شبکه متراکم GPS در شمال باختر ایران، بیان داشتند که جابه جایی کششی معادل ۸ میلی متر در سال میان گسله شمال تبریز و ایستگاه های واقع در انتهای شمالی زون تالش وجود دارد. پس از این اندازه گیری ها و سازوکار کانونی زمین لرزه اهر-ورزقان که خلاف داده های بالا را نشان می داد، نگاه ها معطوف به حل این تضاد شد. کوپلی و همکاران [۴] و کوپلی و جکسون [۵] سه قطعه گسلی با طول های میان ۴۰۰ متر تا ۸ کیلومتر را معرفی کردند. در مقاله قدس و همکاران [۶] در راستای حل این تضاد،

کششی هستند. یک نمونه از جذب دگرشکلی در نمونه گسله نهند و نحوه جذب دگرشکلی در راستای آن نیز صورت گرفته است. در کار حاضر به منظور شناسایی دقیق تر این گسل، پیمایش هایی شامل هفت ایستگاه در راستای این گسله صورت گرفت. داده های برداشت شده شامل صفحه گسلی و خش لغز مربوطه برای معرفی سینماتیک گسله و تحلیل دینامیکی می باشد. گسله های آذربایجان در کارهای متأخر، توسط سلیمانی [۷-۸] بازنگری شده است. دانش کنونی از گسله های فعال در شمال باختر ایران، تنها به نقشه های زمین شناسی با مقیاس های ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ محدود می شود. نقشه لرزه خیزی آذربایجان، افزون بر لرزه خیزی روی گسله شمال تبریز، پراکنشی به نسبت یکسان نیز در شمال گسله شمال تبریز نشان می دهد [۱۰]. ارتباط این لرزه خیزی به دلیل نبود گسله های فعال در منطقه، مشخص نیست (شکل ۱). در این مطالعه سعی شده یکی از این گسله های فعال را که در شمال گسله شمال تبریز قرار دارد، معرفی شود تا بخشی از کمبودهای دانش لرزه زمین ساخت در این منطقه جبران شود.

سازوکار راستالغز) و روندهای عمومی آذربایجان (روندهای شمال باختری) وجود دارد این گذار با چه سازوکارهایی صورت می گیرد؟ با نگاهی به موقعیت زمین ساختی آذربایجان می توان بیشتر به پیچیدگی های زمین ساختی این منطقه پی برد. از یک سو آذربایجان در رأس برخورد صفحه عربی قرار دارد و از سوی دیگر از خاور محدود به بلوک صلب خزر می شود. علاوه بر پیچیدگی های یاد شده باید لیتولوژی منطقه را هم در نظر گرفت. بیشتر مجموعه از توده های صلب مانند سهند و سیلان از یک سو و توده های خرد شده و به شدت شکل پذیر مانند مواد آتش فشانی که شناسایی گسله های فعال را دشوار می کند تشکیل شده و باید در نظر گرفته شوند. با وجود پیچیدگی های یاد شده می بایست مطالعات اولیه معطوف به برآورد اولیه دگرشکلی در شمال گسله شمال تبریز شوند. در این راستا، بهترین روش به کارگیری مطالعات ریخت زمین ساختی است که می تواند مشخص کند چه مقدار از دگرشکلی به شکل جنبش های شاقولی و یا از نوع راستالغز یا همان طور که مطالعات (GPS) نشان داد [۷] از نوع

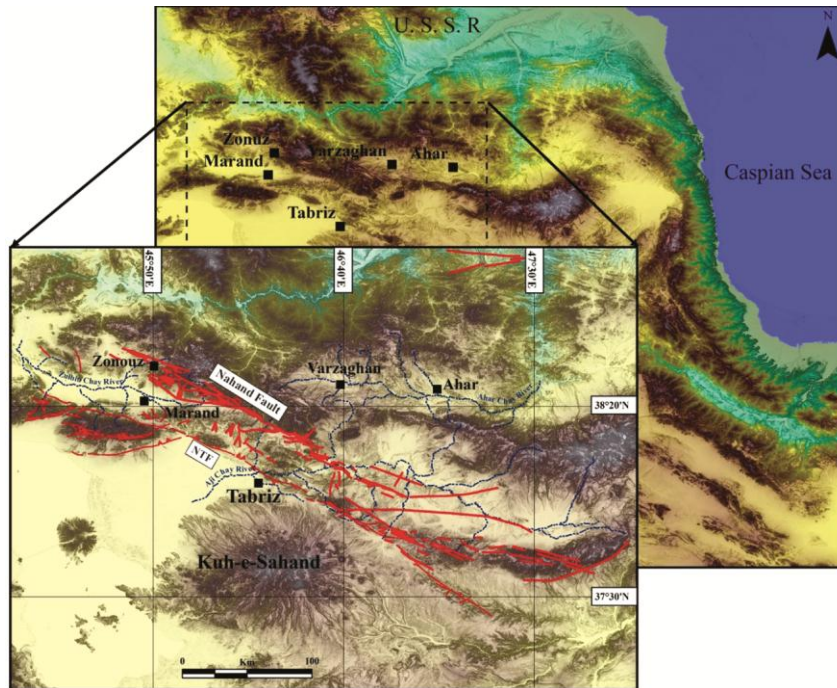


شکل (۱): نقشه لرزه خیزی آذربایجان، داده های لرزه ای مربوط به زمین لرزه های دستگاهی (از سال ۱۹۰۰ میلادی تاکنون ۲۰۱۵ میلادی) مربوط به پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله (IIEES) می باشند (گسله های حاشیه بلوک خزر برگرفته از [۱۱]) در مجموع ۹۶۴ زمین لرزه با بزرگای $ML < 7$ به دست آمد که به ترتیب دارای فراوانی های زیر می باشند: $ML: 3-4$ (n=366)، $ML: 4-5$ (n=368)، $ML: 5-6$ (n=28)، $ML: 6-7$ (n=8)، $ML: 7-8$ (n=5) (n=195)، $ML: 8-9$ (n=366) گسله نهند در شکل نشان داده شده است.

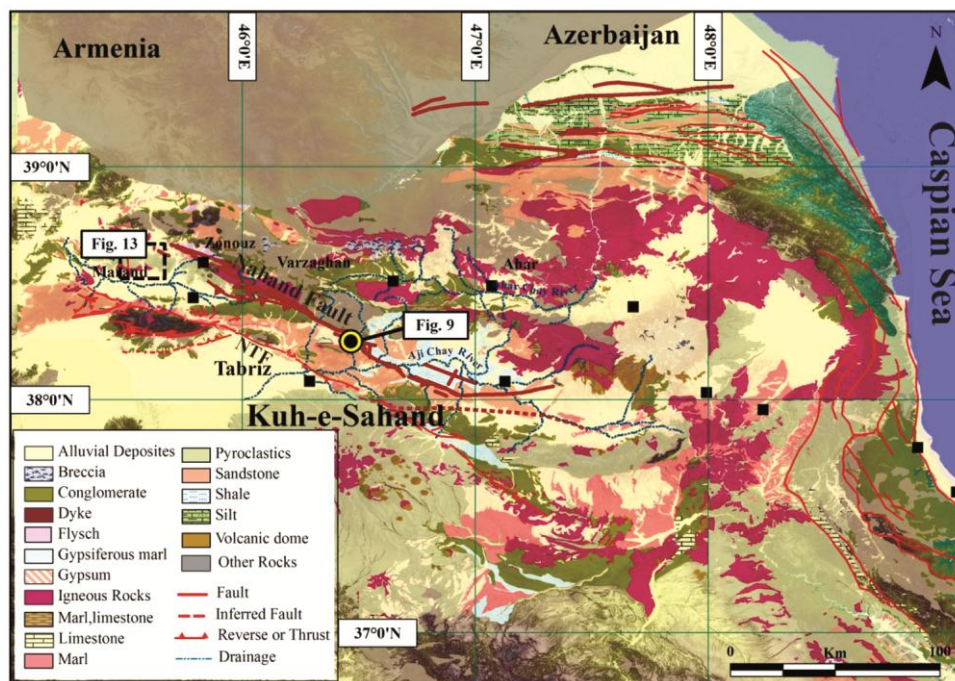
عرض جغرافیایی $38^{\circ}00'$ تا $39^{\circ}00'$ شمالی، در بلوک ساختمانی زون ارس (شمال باختری ایران) قرار گرفته است (شکل‌های ۲ و ۳).

۲- موقعیت زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه با 13245 کیلومتر مربع در محدوده طول جغرافیایی $45^{\circ}00'$ تا $47^{\circ}00'$ خاوری و



شکل (۲): موقعیت ساختمانی منطقه مورد مطالعه با استفاده از پردازش تصاویر SRTM؛ گسله نهند، NTF گسله شمال تبریز، رودخانه زولبین چای، رودخانه آجی چای (تلخه‌رود)، رودخانه اهر چای و شهرهای مهم، در شکل نشان داده شده است.



شکل (۳): نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه (بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران).

این منطقه در پهنه برخوردی میان ایران، عربستان و قفقاز جای داشته و درگیر جنبش‌های ناشی از برهم کنش این سه پهنه می‌باشد و به این لحاظ از ویژگی‌های لرزه‌زمین‌ساختی منحصر به فردی برخوردار است.

۳- روش پژوهش

برای شناسایی گسله‌های فعال، راه‌های زیادی وجود دارد که در این پژوهش از محاسبه و تحلیل داده‌های زمین‌ریختی و اندازه‌گیری‌های تنش برجا بهره گرفته شده است. در مطالعات دفتری و میدانی انجام شده، از مدل رقومی ارتفاعی^۹ DEM، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای Quick Bird، داده‌های ماهواره‌ای مدل رقومی ارتفاعی زمین^{۱۰} SRTM ۳۰ متر، داده‌های دستگاهی لرزه‌شناسی منطقه و داده‌های ساختارهای زمین‌شناسی (در صورتی که رسوبات کواترنری را قطع نمایند)، استفاده شده است. سپس با استفاده از این تصاویر و نقشه‌های توپوگرافی منطقه، آبراه‌های منطقه در سیستم اطلاعاتی نرم‌افزار GIS به دست آمده و شاخص‌های زمین‌ریختی شیب-طول رودخانه و انتگرال فراسنجی منطقه محاسبه شد. همچنین با استفاده از داده‌های کینماتیکی در مطالعات میدانی به کمک روش برگشتی کری [۱۲] در مطالعات دفتری، تانسورهای تنش حاکم بر منطقه به دست آمد [۱۳-۱۴]. در نهایت کل منطقه از دیدگاه لرزه‌زمین‌ساخت فعال، مورد بررسی قرار گرفت.

۴- شاخص‌های زمین‌ریختی (مورفومتریک)

مورفومتری یکی از راه‌های مهم برای تعیین نرخ فعالیت زمین‌ساختی منطقه در نظر گرفته می‌شود. در این مطالعه و پژوهش شاخص طول-شیب رودخانه (SL) و انتگرال فراسنجی (Hi) مورد محاسبه و تحلیل قرار گرفته‌اند:

۴-۱- شاخص طول-شیب رودخانه

داده‌های لرزه‌خیزی جهت بررسی فعالیت زمین‌ساخت فعال

با دقت ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر، خطای بالایی دارند. همچنین داده‌های زمین‌شناختی نیز باید نهشته‌های کواترنری را قطع نمایند، ولی به دلیل اینکه در این منطقه، گسله مربوطه از میان واحدهای سنگی عبور می‌کند، می‌بایست از روش‌های جایگزین جهت بررسی فعالیت زمین‌ساخت فعال استفاده نمود. یکی از این روش‌ها استفاده از شاخص زمین‌ریختی طول-شیب رودخانه است. در تکامل چشم‌اندازها، نیمرخ‌های رودخانه‌ای در سنگ‌ها و نهشته‌های با مقاومت متفاوت، برای رسیدن به تعادل، نیمرخ‌های طولی و هندسی متفاوتی را از خود نشان می‌دهند [۱۵-۱۷].

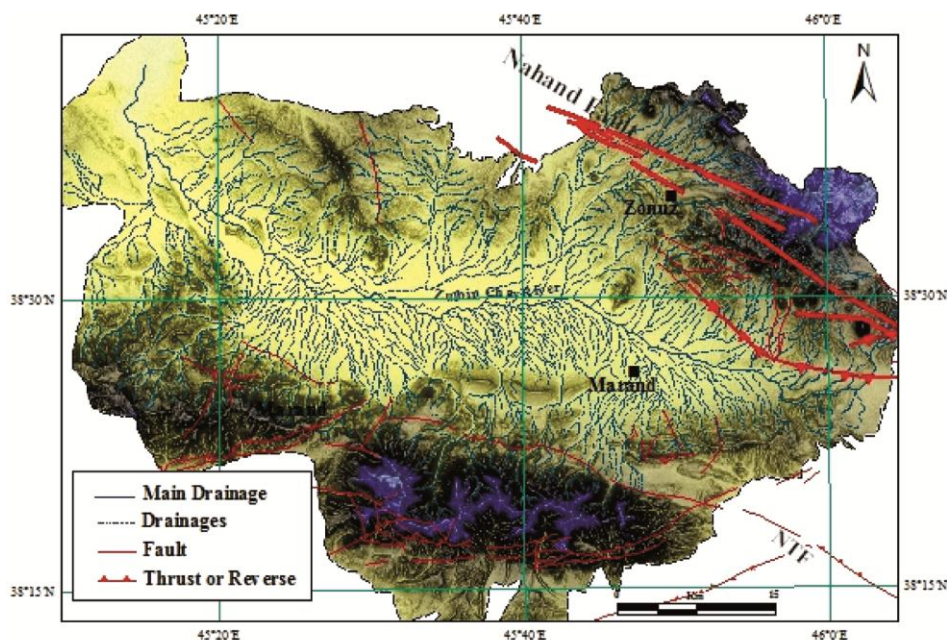
$$SL = (\Delta L / \Delta H) \cdot L \quad (1)$$

شاخص طول-شیب رودخانه یا شاخص SL برای یک مقطع ویژه از رود مفید می‌باشد و شاخص مذکور توسط هک [۱۵، ۱۸] به صورت (۱) محاسبه می‌شود که در آن شاخص طول جریان-شیب رود است. $\Delta L / \Delta H$ گرادیان رود است و L مجموعه طول کانال از محل تقسیم رود تا وسط منطقه‌ای است که در آن شاخص محاسبه می‌شود. شاخص SL می‌تواند ابزار مهمی برای تعیین فعالیت لرزه‌زمین‌ساخت نسبی منطقه باشد [۱۹]. شاخص SL انطباق خوبی نسبت به قدرت جریان رودخانه دارد. مجموعه قدرت جریان رود در بخش قابل دسترسی آن یکی از مهم‌ترین متغیرهای هیدرولوژیکی محسوب می‌شود، زیرا قدرت جریان سبب تخریب بستر رود و حمل و نقل رسوبات به مناطق پایین دست می‌شود. برای محاسبه شاخص طول جریان-شیب رود یا شاخص SL از رودخانه‌هایی که عمود بر روند ساختاری منطقه است، کمک می‌گیریم [۲۰]، زیرا در این منطقه، ساختارها در حال بالا آمدن است و رودخانه‌هایی که این ساختارها را قطع می‌کنند، فعالیت نشان می‌دهند.

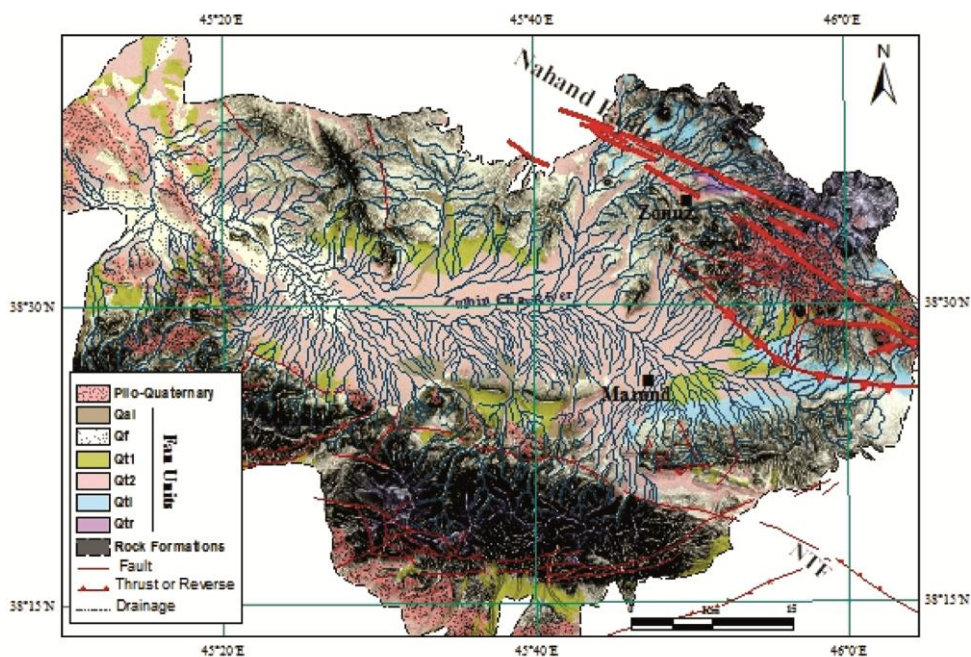
آشفستگی در مقادیر SL نشان می‌دهد که: (۱) تفاوت در مقاومت واحدهای سنگ‌شناسی مقطع نسبت به فرسایش، (۲) فرآیندهای زیرسطحی مانند گسل فعال و (۳) گسیختگی در شیب کانال رودخانه (به‌طور مشخص در مقاطع کوچک) می‌باشد. این مطالعه نشان می‌دهد که شاخص SL

مطالعه به دست آمدند (شکل ۴). سپس شاخص SL برای آبراهه ها به صورت مجزا محاسبه شد. میانگین شاخص SL به دست آمده در این منطقه از ۴۵ تا ۵۳۵۶ متغیر می باشد (شکل های ۵ و ۶).

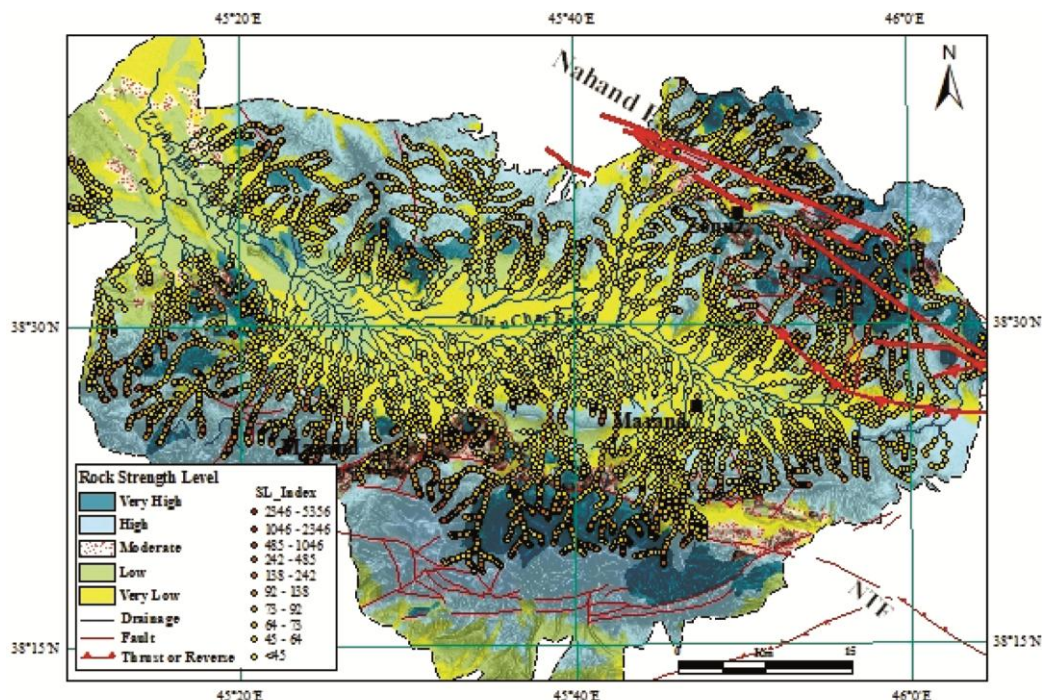
پتانسیل قوی در حل مسائل زمین ریخت شناسی در مقاطع مختلف زمین شناسی را داراست. در این پژوهش، به کمک نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه های زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰ و تصاویر DEM در محیط نرم افزار GIS، آبراهه های منطقه مورد



شکل (۴): حوضه آبریز منطقه در پایانه باختری گسله نهند، جهت به دست آوردن شاخص طول - شیب رودخانه (SL) در منطقه مورد مطالعه، رودخانه های مورد بررسی با استفاده از نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰ و تصاویر SRTM 30 متر منطقه تهیه شده اند. گسله نهند؛ NTF: گسله شمال تبریز در شکل نشان داده شده است.



شکل (۵): نقشه مورفوتکتونیک منطقه مورد مطالعه جهت محاسبه شاخص طول - شیب رودخانه (SL)، توضیحات اسامی گسله ها همانند شکل (۴) است.



شکل (۶): نقشه پراکنش مقاومت سنگ‌شناسی منطقه و ناهنجاری‌های شاخص SL، در بخش شمال خاوری منطقه، مجموعه پهنه گسلی نهند عبور می‌نماید. اسامی همانند شکل (۴) است.

قرار گرفت. این ارتفاعات عبارت بودند از رشته کوه‌های منجوق، کیامکی، سلطان جهانگیر، جلاداغ، قروتلو و چندین رشته کوه دیگر می‌باشد. انتگرال فرازسنجی محاسبه شده در منطقه، شامل مقادیر ۰/۲۸ تا ۰/۷۳ است. همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، زیرحوضه‌هایی که دارای مقادیر ۰/۶ تا ۰/۸ هستند، در تقسیم‌بندی Y: Youthful (جوان) در نظر گرفته شده و با رنگ قرمز نشان داده شده است. حوضه‌هایی که کمترین مقدار انتگرال فرازسنجی را دارا هستند، O: Old (پیر) در نظر گرفته شده و مقادیر ۰/۲ تا ۰/۴ را شامل می‌شوند که با رنگ زرد به نمایش درآمده‌اند؛ و در نهایت حوضه‌هایی که دارای مقادیر انتگرال فرازسنجی از ۰/۴ تا ۰/۶ می‌باشند را در دسته M: Mature (بالغ) در نظر گرفته و با طیف رنگی نارنجی به نمایش درآمده‌اند. بیشترین مقدار انتگرال فرازسنجی در منطقه مربوط به زیرحوضه شماره ۷۸ با ارزش ۰/۷۳ و کمترین مقدار انتگرال فرازسنجی در منطقه مربوط به زیرحوضه شماره ۸۵ با ارزش ۰/۲۸ می‌باشد (شکل ۷).

۲-۴- منحنی‌های فرازسنجی (هیپسومتري) یا انتگرال فرازسنجی

منحنی‌های فرازسنجی، پراکنش ارتفاعات را در یک بخش از زمین در یک حوضه زهکشی نشان می‌دهند [۲۰]. این منحنی‌ها با نشان دادن ارتفاع کلی حوضه (ارتفاع نسبی) در برابر مساحت کلی حوضه (مساحت نسبی) در یک نمودار به دست می‌آید. یکی از مزایای منحنی‌های فرازسنجی نسبت به سایر شاخص‌های زمین‌ریختی این است که حوضه‌های زهکشی با اندازه‌های متفاوت را می‌توان با یکدیگر مقایسه کرد [۱۹، ۲۱-۲۳] زیرا مساحت و ارتفاع به‌عنوان تابعی از ارتفاع و مساحت کلی، ترسیم شده‌اند؛ یعنی منحنی فرازسنجی مستقل از تفاوت حوضه‌ها از نظر برجستگی و اندازه می‌باشد [۱۵]. یکی از راه‌های محاسبه انتگرال برای یک منحنی مشخص به این صورت است:

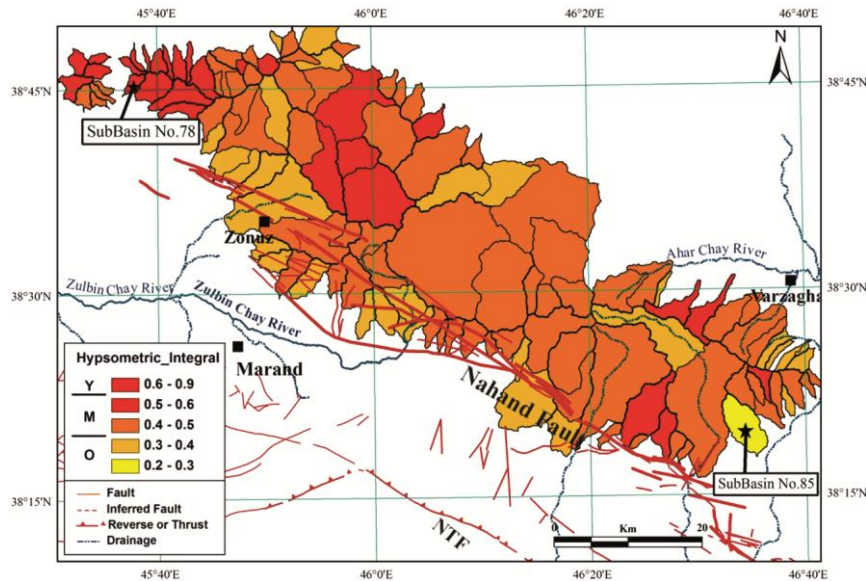
$$H_i = H_{int} - H_{min} / H_{max} - H_{min} \quad (2)$$

در پژوهش انجام شده، با استفاده از تصاویر DEM، SRTM، انتگرال فرازسنجی در ارتفاعات منطقه، مورد اندازه‌گیری و تحلیل

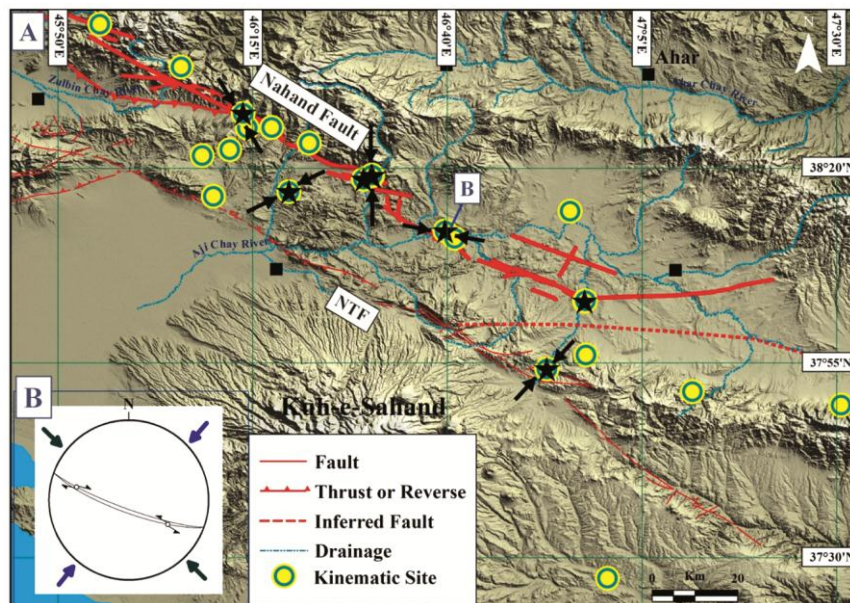
۵- تحلیل جنبشی گسله‌ها

میدانی انجام شده در ۲۲ ایستگاه صحرایی، ۵ ایستگاه از نظر بالا بودن تعداد و کیفیت اندازه‌گیری‌های سینماتیکی [۲۴]، سازوکارهای کانونی گسله شمال تبریز (ایستگاه ۶) و سازوکارهای کانونی حل شده توسط CMT (ایستگاه ۷) جهت به‌دست آوردن تانسور تنش به کمک روش برگشتی کری [۱۲] استفاده شده است (شکل ۸).

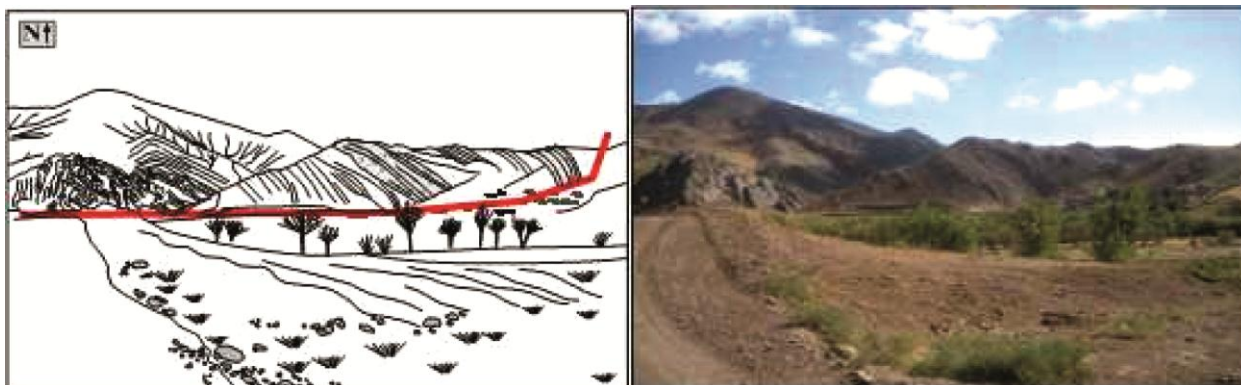
یکی از ارکان مطالعات زمین‌ساختی شامل تحلیل جنبشی می‌باشد. در تحلیل جنبشی هندسه گسله، حرکت نسبی دو بلوک گسلی نسبت به یکدیگر و مشخصات فضایی خش‌لغزها بر روی صفحات گسلی استفاده می‌شود. در این پژوهش، در مطالعات



شکل (۷): انتگرال فراسنجی محاسبه شده برای حوضه‌های به‌دست آمده از رودخانه‌های واقع در منطقه مورد مطالعه، تقسیماتی که در راهنمای نقشه برای این منطقه در نظر گرفته شده عبارتند از: Y: Youthful (جوان)، M: Mature (بالغ)، O: Old (پیر). NTF: گسله شمال تبریز. زیرحوضه شماره ۷۸ و زیرحوضه شماره ۸۵ در شکل نشان داده شده است.



شکل (۸): نقشه گسله‌های مهم منطقه: گسله نهند، NTF گسله شمال تبریز، به وضعیت زهکشی‌های مهم منطقه توجه شود: رودخانه زولبین‌چای، رودخانه آجی‌چای (تلخه‌رود)، رودخانه اهر چای. الف) ۲۲ ایستگاه مورد بررسی در این پژوهش، ایستگاه‌های مورد استفاده در تحلیل تانسور تنش با ستاره نشان داده شده است. تانسورهای تنش به‌دست آمده با فلش‌های مشکی نشان داده شده است؛ ب) تنش برگشتی به‌دست آمده مربوط به ایستگاه ۲.



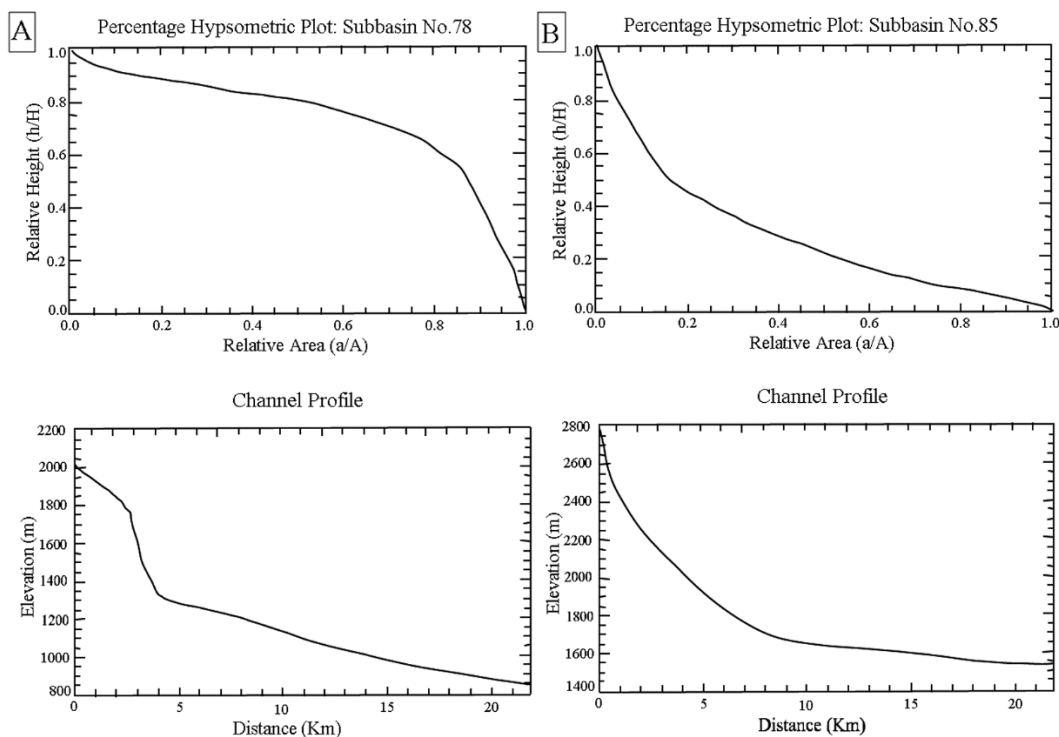
شکل (۹): مقطعی از گسل نهند در روستای محمودآباد. لایه‌ها موازی با گسله اصلی می‌باشند. لغزشی که روی این لایه‌ها دیده می‌شود، خیلی شبیه به سازوکار گسله اصلی نهند می‌باشد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، لایه‌ها با نزدیک شدن به پهنه گسلی که متشکل از واحدهای کنگلومرا (میکروکنگلومرا) و مارن هستند، حالت تقریباً عمودی به خود می‌گیرند. جهت مشاهده موقعیت مکانی تصویر به شکل (۳) مراجعه شود.

۶- بحث

۶-۱- تحلیل زمین‌ریختی

قرار گرفتند. فعالیت لبه جنوبی این رشته کوه‌ها نشان می‌دهد که نه تنها بالا آمدن این ارتفاعات در اثر فعالیت گسله نهند است، بلکه این منطقه از آذربایجان، تحت تأثیر تنش منطقه‌ای حاکم بر پوسته ایران می‌باشد. پس از محاسبه شاخص SL در حوضه آبریز، مقادیر

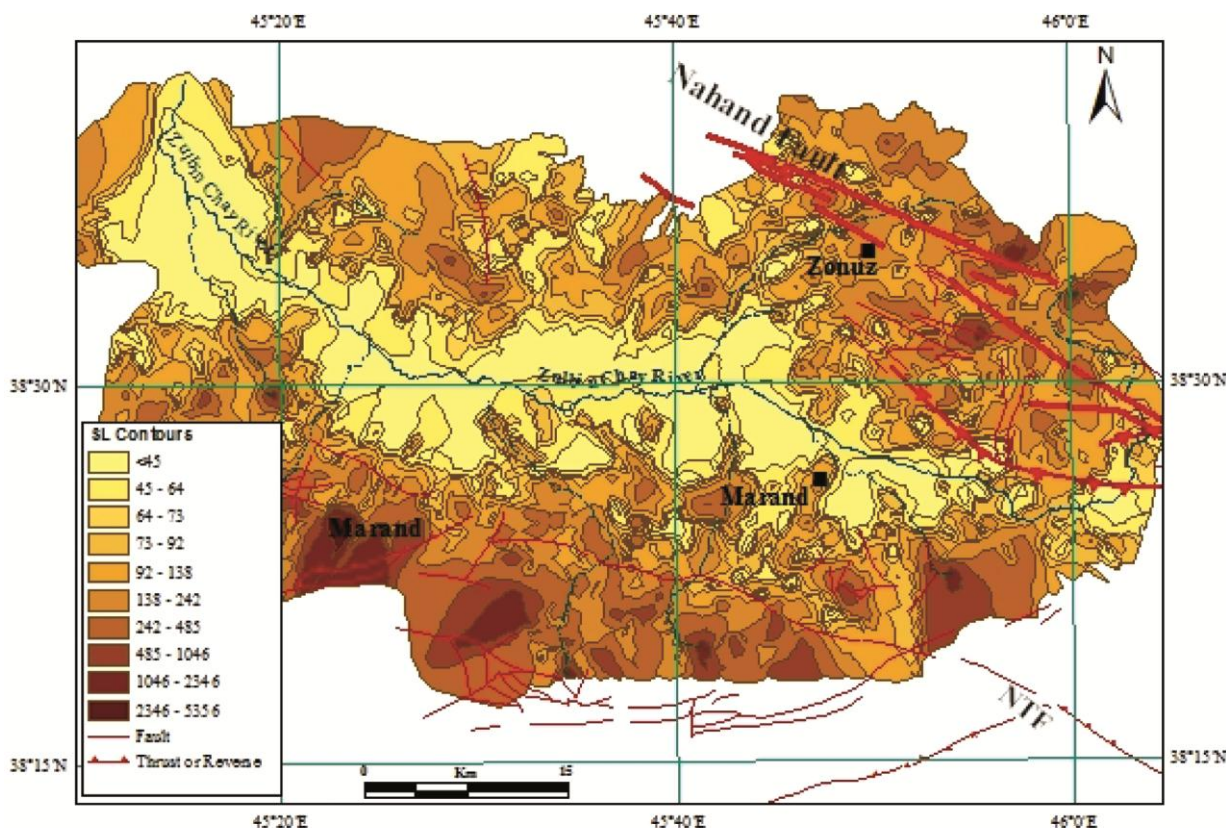
برای بررسی زمین ساخت فعال، داده‌های انتگرال فرازسنجی، منحنی‌های فرازسنجی (شکل‌ها ۷ و ۱۰) و شاخص‌های SL به دست آمده (شکل‌ها ۶ و ۱۱) در منطقه مورد بررسی و تحلیل



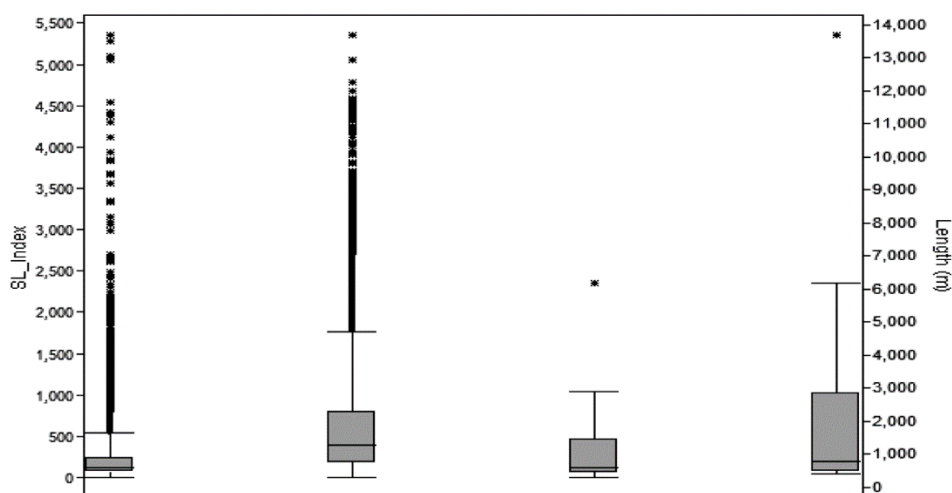
شکل (۱۰): (الف) منحنی فرازسنجی و نیمرخ عرضی رودخانه مربوط به زیر حوضه ۷۸ واجد بیشترین ارزش در منطقه؛ (ب) منحنی فرازسنجی و نیمرخ عرضی رودخانه مربوط به زیر حوضه ۸۵ واجد کمترین ارزش در منطقه، موقعیت زیر حوضه‌ها در شکل (۵) مشخص شده است.

(آندزیت، تراکی آندزیت، گابرو، داسیت) [۲۵]. بر این پایه، نقشه پراکنش مقاومت سنگ‌شناسی و ناهنجاری‌های شاخص SL رودخانه زولین‌چای به دست آمده است (شکل‌های ۵ و ۶). شاخص SL به مقاومت سنگ‌ها حساس است، به عبارت دیگر، سنگ‌های مقاوم و نامقاوم می‌توانند در میزان شاخص SL تأثیر بگذارند؛ بنابراین در مکان‌هایی که جنس سنگ‌ها مقاوم می‌شود، میزان SL افزایش می‌یابد و در مکان‌هایی که سنگ‌های نامقاوم وجود دارند، مقدار SL کاهش می‌یابد. در صورتی که به مقاومت سنگ‌ها در این مکان‌ها توجهی نداشته باشیم ممکن است افزایش و کاهش شاخص SL را به فرایندهای زمین‌ساختی نسبت دهیم. با بررسی شاخص‌های SL به دست آمده از مطالعه آبراهه‌های حوضه آبریز رودخانه زولین‌چای (شکل‌های ۴ و ۱۲) و تطابق این شاخص با نقشه پراکنش مقاومت سنگ‌شناسی منطقه (شکل ۶)، نتیجه گرفته می‌شود، با افزایش مقاومت سنگ‌ها در منطقه، مقدار

به دست آمده درون‌یابی شده و نقشه منحنی‌میزانی بر اساس این شاخص به دست آمده است (شکل ۱۱). همان‌طور که مشاهده می‌شود، با تیره شدن سطح منحنی میزان‌ها، شاخص SL افزایش می‌یابد. در شکل (۱۱)، گسله نهند در شمال خاور منطقه و گسله شمال تبریز در بخش جنوبی منطقه واقع شده‌اند. ملاحظه می‌شود که در مناطقی که این ساختارها عبور کرده‌اند، شاخص SL افزایش می‌یابد. به منظور بررسی ارتباط بین مقاومت سنگ و شاخص SL، بر اساس نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه (شکل ۳) و مطالعات میدانی، دسته‌بندی برای مقاومت سنگ‌ها صورت گرفت: مقاومت خیلی کم (نهشته‌های آبرفتی جوان)، مقاومت کم (نهشته‌های آبرفتی قدیمی، کنگلومرای ضعیف تحکیم یافته، مارن)، مقاومت متوسط (ژیپس، مارن ژیپسی)، مقاومت بالا (سنگ آهک، ماسه‌سنگ، دولومیت، شیل، کنگلومرا، توف، شیست، رسوبات فلیش) و مقاومت خیلی بالا



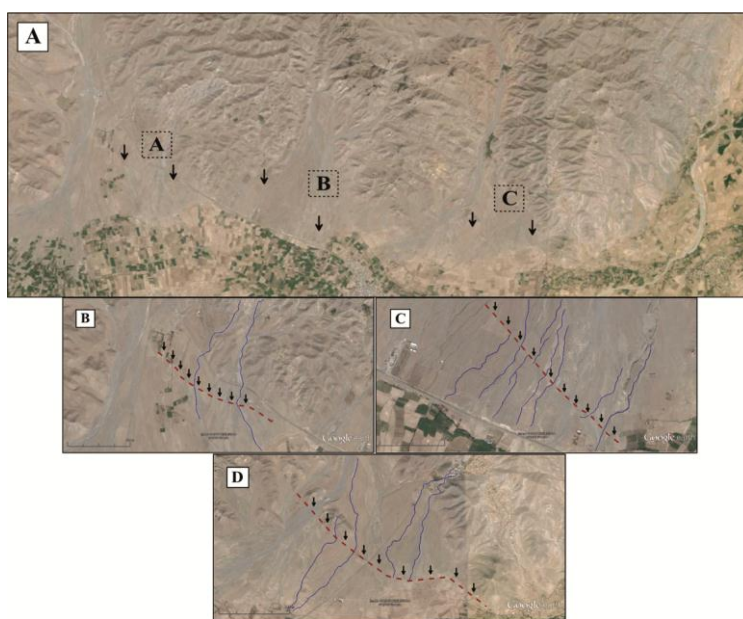
شکل (۱۱): نتایج محاسبه شده شاخص طول جریان-شیب رود (SL) که به صورت خطوط تراز نشان داده می‌شود. با تیره‌تر شدن رنگ در منطقه، شاخص SL افزایش می‌یابد. گسله نهند؛ NTF: گسله شمال تبریز در شکل نشان داده شده است.



شکل (۱۲): دیاگرام شاخص طول- شیب رودخانه زولیین چای بر مبنای ارزش بیشینه و کمینه این شاخص و طول به دست آمده از آبراهه‌ها (بر حسب متر).

رودخانه زولیین چای، گسله‌هایی مشاهده شد که جابه‌جایی راست‌بر آبراهه‌ها، نشان‌دهنده‌ی حرکت راست‌بر گسله‌ها می‌باشند (شکل ۱۳). در حقیقت این جابه‌جایی‌ها، تأییدی بر فعال بودن شاخص SL در لبه مرز شمالی حوضه آبریز رودخانه زولیین چای می‌باشد؛ یعنی مرز کوه و دشت در این حوضه آبریز فعالیت زمین‌ساختی نشان می‌دهد (شکل ۱۱).

شاخص SL افزایش می‌یابد؛ یعنی آبراهه‌های مناطقی که در دسته‌بندی سنگ‌های با مقاومت بالا و خیلی بالا قرار می‌گیرند، شاخص SL بالایی از خود نشان می‌دهند. این افزایش شاخص SL در مناطقی که از نظر مقاومت سنگ‌شناسی، مقاومت متوسط و پایینی دارند، نیز مشاهده می‌شود که با فعالیت زمین‌ساختی منطقه همخوانی دارد (شکل ۱۱). در مخروط افکنه‌های بخش شمالی حوضه آبریز



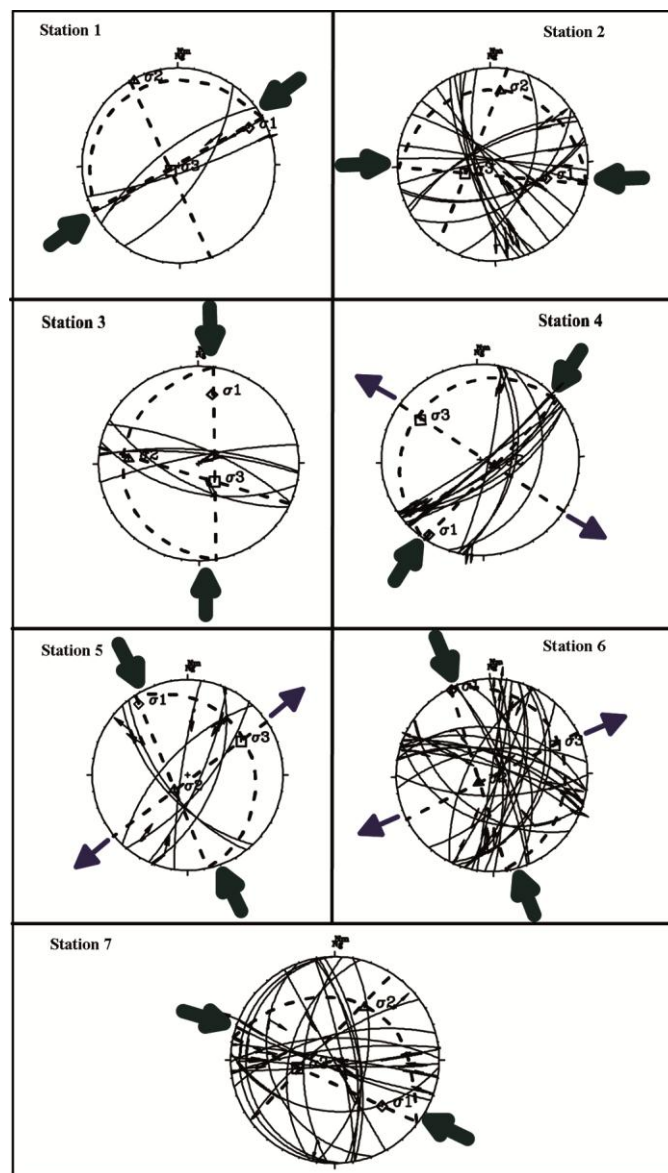
شکل (۱۳): الف) جابه‌جایی راست‌بر آبراهه‌ها نشانه‌ای از راست‌بر بودن سامانه گسلی نهند می‌باشد. ب: پ: ت: گسله‌ها با خط چین ترسیم شده‌اند و فلش‌ها خط اثر گسله را نشان می‌دهند. موقعیت تصویر ماهواره‌ای Quick Bird بر روی شکل (۳) نشان داده شده است.

۶-۲- تانسور تنش (روش برگشتی)

می‌باشد (شکل ۱۴).

در ایستگاه دوم در اندازه‌گیری‌های میدانی، پس از تحلیل و بررسی‌ها، دو دسته راستای تنش به دست آمد: دسته اول مجموعه‌ای از گسله‌ها با روند ساختاری تقریباً خاوری-باختری $N60\pm 15$ که اینها دارای سازوکار راستالغز راست بر با مؤلفه کوچک کششی هستند. دسته دوم، مجموعه گسله‌های با روند ساختاری $N150\pm 10$ دارای سازوکار راستالغز چپ بر با مؤلفه کوچک کششی در منطقه اندازه‌گیری شده است (شکل ۸-ب).

در پنج ایستگاه مورد پیمایش، نتایج زیر با استفاده از روش برگشتی کری [۱۲] به دست آمده است. در ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۷ جهت قرارگیری محورهای اصلی تنش، فشارشی و رژیم زمین ساختی، فشارشی می‌باشد. در ایستگاه ۴ جهت قرارگیری محورهای اصلی تنش، راستالغز و رژیم زمین ساختی، ترافشارشی می‌باشد. در ایستگاه ۵ جهت قرارگیری محورهای اصلی تنش، راستالغز و رژیم زمین ساختی، تراکششی



شکل (۱۴): تانسور تنش به دست آمده با استفاده از روش برگشتی در پهنه گسلی نهند، ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده در پیمایش صحرائی در شکل (۸) و نتایج به دست آمده از این روش، در جدول (۱) نشان داده شده است.

۶، روندهایی بین $10 \pm N20$ بیانگر سازوکار راستالغز کششی در منطقه می‌باشند. همچنین روندهای $10 \pm N100$ بیانگر سازوکار راستالغز فشارشی در منطقه هستند. در راستای شمال باختری- جنوب خاوری نیز کشش محض دیده می‌شود (شکل ۸ و جدول ۱). برای به‌دست آوردن جهت تنش عهد حاضر از دو نوع سازوکار کانونی یعنی حل هاروارد (CMT) و یافته‌های سیاهکالی‌مرادی [۲۹] و سیاهکالی‌مرادی و همکاران [۳۰] به صورت جداگانه بهره گرفته شد و به صورت جداگانه محاسبه شدند. داده اول بیشتر وسعت منطقه‌ای دارد و به صورت مدل‌سازی امواج حل شده است (ایستگاه شماره ۷، جدول شماره ۱). داده دوم محلی و دربرگیرنده فعالیت‌های لرزه‌ای گسله شمال تبریز است و حل سازوکار کانونی، به صورت قطبی می‌باشد (ایستگاه شماره ۶، جدول ۱). همان‌طور که در ایستگاه شماره ۶ دیده می‌شود، وضعیت قرارگیری محورهای اصلی تنش بیانگر سازوکار راستالغز و محاسبه بیضوی تنش ($R=0.69$) نشان‌دهنده رژیم ساختی ترافشارشی با حداکثر بیشینه تنش شمال باختری با تمایل بیشتر به سوی راستای خاوری- باختری است. در این ایستگاه قرارگیری محورهای اصلی تنش بیانگر

این اندازه‌گیری‌ها شاهدهی بر راستای قدیمی و راستای جدید تنش برجا در منطقه می‌باشد. در این پژوهش، راستای تنش قدیمی، شمال خاور- جنوب باختر و راستای تنش جدید شمال باختر- جنوب خاور تشخیص داده شده است (شکل‌های ۸ و ۱۴). در ایستگاه شماره ۳، σ_1 شمالی- جنوبی می‌باشد. این قرار گرفتن محور σ_1 به این دلایل است: ۱- این تغییر راستا به عنوان انحراف در نظر گرفته شود، ۲- مرحله گذار از تنش دیرینه به راستای تنش جدید است [۲۶-۲۸]. در این تغییر راستای تنش قدیم و جدید که یک تنش گذار است، σ_1 راستای شمالی- جنوبی دارد (شکل ۶، جدول ۱).

در ایستگاه شماره ۵، به موازات محور اصلی σ_1 ، یک صفحه کشش و دو صفحه فشارش داریم. صفحات گسلی که به موازات محور σ_1 قرار می‌گیرند، دارای سازوکار کششی هستند که بهترین نمونه در ایستگاه شماره ۶ سازوکار کانونی، به خوبی مشهود است. اندازه‌گیری‌های مربوط به این ایستگاه، در جوان‌ترین واحد سنگ‌شناسی (کواترنری) اندازه‌گیری شده است. در این ایستگاه، راستای محورهای σ_3 σ_1 ، شمال باختری- جنوب خاوری بوده که در واقع جهت تنش جدید در منطقه را نشان می‌دهد (شکل ۸). در تحلیل سازوکار کانونی در ایستگاه

جدول (۱): نتایج ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده و تحلیل جنبشی در حل مسئله تانسور تنش، ایستگاه‌های مورد نظر با نشانگر ستاره در شکل (۸) نشان داده شده‌اند. محورهای اصلی تنش σ_1 ، σ_2 و σ_3 به ترتیب محورهای فشارشی، حد واسط و کششی می‌باشند، ارزش R [۱۲]، مقدار نسبت بیضوی تنش برابر است با: $R = (\sigma_2 - \sigma_1) / (\sigma_3 - \sigma_1)$ و $0 < R < 1$. تمام زوایا به درجه است.

ایستگاه (Site)	طول جغرافیایی (Longitude °E)	عرض جغرافیایی (Latitude °N)	ارتفاع (Elevation m.)	محورهای تنش (آزیموت / شیب)			رژیم زمین‌ساختی (R)	واحد سنگی (سن)
				σ_1	σ_2	σ_3		
۱	46.7085	8695.37	1748	063/11	333/01	237/79	0.832	Quaternary
۲	46.3364	38.1597	1510	106/30	007/15	254/56	0.910	Miocene
۳	46.6049	38.5527	1690	011/18	247/20	140/62	0.147	Miocene
۴	46.5531	38.2423	1575	215/04	114/72	306/17	0.854	Eocene
۵	46.2192	38.6940	1923	325/05	221/66	057/22	0.30	Quaternary
۶	Focal Mechanism			336/01	241/72	066/18	0.691	Foc. Mech.
۷	CMT			135/25	029/29	258/50	0.442	Foc. Mech.

۳- از تحلیل دینامیکی در هفت ایستگاه انجام شده سه ایستگاه هم جهت با جهت تنش عهد حاضر (شمال باختری) هستند که شامل ایستگاه‌های شماره ۵، ۶ و ۷ می‌شوند.

۴- رژیم زمین‌ساختی حاکم در منطقه از نوع ترافشارشی است که با سازوکار زمین‌لرزه اهر-ورزقان از یک سو و با داده‌های به دست آمده از ریخت‌زمین ساخت گسله نهند در هماهنگی مناسب قرار می‌گیرد و تأیید کننده‌ی درستی یافته‌های مورفومتری می‌باشد.

۵- باز دیده‌های محلی، داده‌های جنبشی و زمین‌ریختی، یک گسله فعال با سازوکار راستالغز فشاری را نشان می‌دهد که به نام گسله نهند از آن یاد شد. جذب دگرشکلی فعال در راستای این گسله به صورت ترکیبی راستالغز و فشارشی می‌باشد.

۶- گسله نهند با طول ۱۶۸ کیلومتر در رخنمون‌های مختلف از روستای کوردکندی تا روستای گرابولاگ پیگیری شد. این گسله با شیب میانگین ۷۰ درجه به سوی شمال و سازوکار راستالغز راست بر نشان‌دهنده‌ی جابه‌جایی افقی میانگین ۵۵۰ متر است.

همچنین، جابه‌جایی آبراهه‌ها و نفوذ برخی از توده‌های آذرین (در حوضه کششی) را می‌توان مرتبط با فعالیت گسله نهند دانست (شکل‌های ۱۳ و ۱۵ الف، ب).

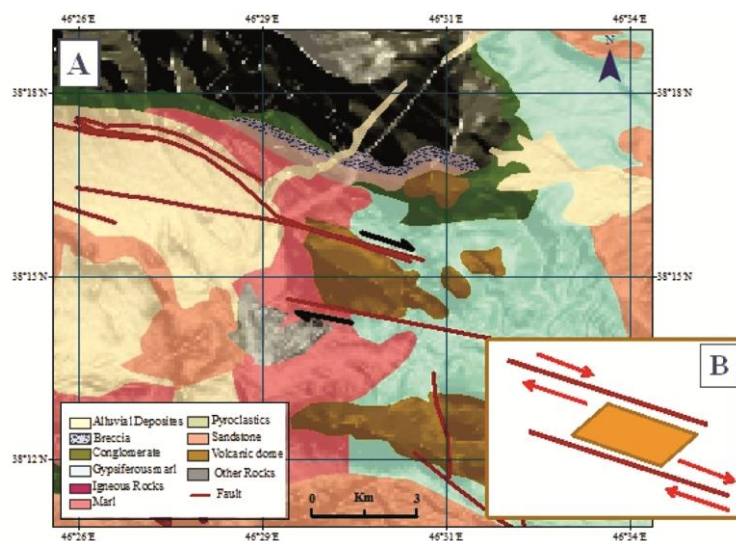
فشارش هستند و مقدار بیضوی تنش ($R=0.44$) تمایل به سوی رژیم زمین‌ساختی راستالغز محض را نشان می‌دهد. ایستگاه شماره ۶ با توجه به اینکه به منطقه نزدیک تر است اعتبار بیشتری دارد. از این رو می‌توان گفت که رژیم زمین‌ساختی حاکم بر منطقه از نوع ترافشارشی است. این یافته بیشتر با سازوکار زمین‌لرزه اهر-ورزقان همخوانی دارد و اثری از کشش، آن‌گونه که در مطالعات دورسنجی انجام شد تأیید نمی‌شود.

۷- نتیجه‌گیری

نتایجی که در راستای انجام این پژوهش حاصل شد به این شرح است:

۱- داده‌های زمین‌ریختی (انتگرال فرازسنجی)، نشان‌دهنده‌ی پراکنش دگرشکلی در فرادپواره گسله نهند است. شاخص طول-شیب رودخانه (SL) به وضوح نشان‌دهنده‌ی پویایی این گسله است. افزون بر این در شمال مرند نیز فعالیت گسلی دیده می‌شود.

۲- تحلیل جنبشی نشان‌دهنده‌ی چندین راستای تنش بوده که قدیمی‌ترین آنها در راستای شمال خاور-جنوب باختر، با گذر از یک مرحله تنش شمالی-جنوبی، به تنش عهد حاضر شمال باختری-جنوب خاوری تبدیل شده است (شکل ۸ الف).



شکل (۱۵): الف) نفوذ توده‌های آذرین در حوضه‌های کششی؛ ب) همان‌طور که ملاحظه می‌شود، توده آذرینی در بین دو قطعه گسلی با سازوکار راستالغز راست بر در حال بالا آمدن است. این مقطع در موقعیت مکانی شکل (۹) قرار گرفته است (بر اساس پردازش نقشه ساده شده زمین‌شناسی، شکل ۳).

سپاسگزاری

در این پژوهش از همکاری جناب آقای دکتر اسماعیل شهبانیان و دانشگاه تحصیلات تکمیلی زنجان قدردانی می‌نمایم. همچنین از پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله جهت همکاری و در اختیار گذاردن داده‌های لرزه‌نگاری در منطقه آذربایجان (شمال باختر ایران) در بولتن مربوطه تشکر می‌نمایم.

مراجع

- Hessami, Kh., Shahpasandzadeh, M., Foroutan, M., Tabassi, H., Lamothe, M. (2014) Paleoseismological and morphological evidence of slip rate variations along the North Tabriz fault (NW Iran). *Tectonophysics*, **640-641**, 20-38.
- SoleimaniAzad, Sh. (2009) Evaluation de l'aléa sismique pour les villes de Téhéran, Tabriz et Zandjan dans le NW de l'Iran en utilisant une approche basée sur la morphotectonique et la paléosismologie. Thèse de doctorat Sciences Montpellier, Montpellier.
- Nilforoushan, F., Masson, F., Vernant, P., Vigny, C., Martinod, J., Abbassi, M., Nankali, H., Hatzfeld, D., Bayer, R., Tavakoli, F., Ashtiani, A., Doeringer, E., Daignieres, M., Collard, P., and Chery, J. (2003) GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation Iran. *J. Geodesy*, **77**, 411-422.
- Hessami, K., Pantosi, D., Tabassi, H., Shabanian, H., Abbasi, M.R., Fegghi, K., and Sholaymani, S. (2003) Paleoearthquakes and slip rates of the North Tabriz Fault, NW Iran: preliminary results. *Ann. Geophys.*, **46**, 903-915.
- Aziz Zanjani, A., Ghods, A., Sobouti, A., Bergman, F., Mortezaejad, G., Priestley, K., Madanipour, S., and Rezaeian, M. (2013) Seismicity in the western coast of the South Caspian basin and the Talesh mountains. *Geophysical Journal International*, **10**(1093).
- Carey, E. (1979) Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles. *Rev. Geogr. Phys.*, **21**, 57-66.
- Carey-Gailhardis, E. and Mercier, J.-L. (1987) A numerical method for determining the state of stress using focal mechanism of earthquake populations: Application to Tibetan teleseisms and microseismicity of southern Peru. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **82**, 165-179.
- Mercier, J., Vergely, P., Delibassis, N. (1973) Comparaison entre les deformations déduites de l'analyse des failles récentes et des mécanismes au foyer des séismes (un exemple: la région de Paphos, Chypre). *Tectonophysics*, **19**, 315-332.
- Masson, F., Anvari, M., Djamour, Y., Walpersdorf, A., Tavakoli, F., Daignieres, M., Nankali, H., Van Gorp, S. (2007) Large-scale velocity field and strain tensor in Iran inferred from GPS measurements: new insight for the present-day deformation pattern within NE Iran. *Geophysical J. International*, **170**, 436-440.
- Masson, F., Djamour, Y., Van Gorp, S., Chery, J., Tatar, M., Tavakoli, F., Nankali, H., Vernant, P. (2006) Extension in NW Iran driven by the motion of the South Caspian Basin. *Earth and Planetary Science Letters*, **252**, 180-188.
- Masson, F., Chery, J., Hatzfeld, D., Martinod, J., Vernant, P., Tavakoli, F., and Ghafory-Ashtiany, M. (2005) Seismic versus aseismic deformation in Iran inferred from earthquakes and geodetic data. *Geophysical Journal International*, **160**, 217-226.
- Copley, A., Faridi, M., Ghorashi, M., Hollingsworth, J., Jackson, J., Nazari, H., Oveisi, B. and Talebian, M. (2013) The 2012 August 11 Ahar earthquakes: consequences for tectonic and earthquake hazard in the Turkish-Iranian Plateau. *Geophysical Journal International*, **10**(1093).
- Copley, A. and Jackson, J. (2006) Active tectonics of the Turkish-Iranian Plateau. *Tectonics*, **25**(6).
- Ghods, A., Shabanian, E., Bergman, E., Faridi, M., Donner, S., Mortezaejad, G., and Aziz-Zanjani, A. (2015) The Varzaghan-Ahar, Iran, Earthquake doublet (M_w 6.4, 6.2): implications for geodynamics of northwest Iran. *Geophysical Journal International*, **10**(1093).
- Soleimani Azad, Sh., Philip, H., Dominguez, St.,

- relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). *Geomorphology*, **96**, 150-173.
26. Shabaniyan, E., Bellier, O., Abbassi, M.R., Siame, L. and Farbod, Y. (2010) Plio-Quaternary stress states in NE Iran: Kopeh Dagh and Allah Dagh-Binaloud mountains. *Tectonophysics*, **480**, 280-304.
27. Shabaniyan, E., Bellier, O., Siame, L. Abbassi, M.R., Bourles, D. and Farbod, Y. (2012b) The Binaloud mountains, a key piece for the geodynamic puzzle of NE Iran. *Tectonics*, **31**(TC6003), doi: 10.1029/2012TC003183.
28. Abbassi, M.R. and Shabaniyan Boroujeni, E. (1384) Determination of stress state and direction by inversion of fault – slip data in the southern flank of Central Alborz. *Journal of Geoscience (GSJ)*, Geological Survey of Iran, N. **57**.
29. Siahkali Moradi, A. (1382) *Seismicity Study Seismotectonics and Shell Structure in Two fault Zones along the Slopes of Bam and Tabriz Faults*. International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Ph.D. Thesis (in Persian).
30. Siahkali Moradi, A., Hatzfeld, D., and Tatar, M. (2011) Microseismicity and seismotectonics of the North Tabriz fault (Iran). *Tectonophysics*, **506**(1-4), 22-30.
15. Hack, J.T. (1957a) Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. *U.S. Geol. Survey Prof.*, **294-B**, 45-97.
16. Bull, W.B. (1978) *Geomorphic Tectonic Classes of the South Front of the San Gabriel Mountains, California*. U.S. Geology Survey, Contact Report, 14-08-001(G-394), Office of Earthquake, Volcanoes and Engineering, MenloPark, CA.
17. Bull, W.B. and McFadden, L.D. (1977) 'Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California'. In: *Geomorphology in Arid Regions*. Doehring, D.O. (eds). Proceedings of the Eighth annual geomorphology symposium, State university of New York, Binghamton, 115-138.
18. Hack, J.T. (1973) Stream-Profiles analysis and stream-gradient index. *Journal of Research of the U.S. Geology Survey*, **1**(4), 421-429.
19. Keller, E.A. and Pinter, N. (2002a) *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape*. 2nd Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, 362 p.
20. Strahler, A.N. (1952) Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology. *Geological Society of America Bulletin*, **63**(11), 1117-1142.
21. Meyer, F.M., Oberthilr, T., Robb, L.J., Saager, R., and Stupp, H.D. (1990a) Cobalt, nickel and gold in pyrite from primary gold deposits and Witwatersrand reefs. *S. Afr. J. Geol.*, **93**, 70-82.
22. Meyer, F.M., Wallmach, T., Henkel, J., and Schweitzer, J.K. (1990b) Chlorite compositions and fluid conditions in some Witwatersrand reefs. *Ext. Abstr. Geocongress*, **90**, UCT, Cape Town.
23. Pike, R.J. and Wilson, S.E. (1971) Elevation-relief ratio, hypsometric integral, and geomorphic area-altitude analysis. *Bulletin of the Geological Society of America*, **82**(4), 1079-1084.
24. Bellier, O. and Zoback, M.L. (1995) Recent state of stress change in the Walker Lane zone, western Basin and Range province, United States. *Tectonics*, **14**, 564-593.
25. El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernández, T., Chacón, J., and Keller, E.A. (2008) Assessment of

واژه‌نامه

Active Tectonic	۱- زمین‌ساخت فعال
Inversion Method	۲- روش برگشتی
Stress Tensor	۳- تانسور تنش
Geomorphology	۴- زمین‌ریخت‌شناسی
Morphometric Indices	۵- شاخص‌های زمین‌ریختی
Hypsometric Integral	۶- انتگرال فرازسنجی
Stream-Gradient Index	۷- شاخص طول- شیب رودخانه
Kinematic Analysis	۸- تحلیل جنبشی
Digital Elevation Model (DEM)	۹- مدل رقمی ارتفاعی

Active Tectonic in the North of North Tabriz Fault (NTF), Iran, Using Morphometry and Kinematic Analysis

Shohreh Rafiee^{1*}, Mohammad Reza Abbassi², Abdollah Saidi³ and Hadi Tabassi⁴

1. Ph.D. Student, Department of Geology, Islamic Azad University (IAU), Science and Research Branch, Tehran, Iran.
*Corresponding Author, e-mail: rafiee@kct.co.ir
2. Associate Professor, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Research Institute for Earth Science, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Islamic Azad University (IAU), Damavand Branch, Tehran, Iran.

The study area is a part of the Alpine-Himalayan orogen. It is formed by the Greater Caucasus Mts., the Lesser Caucasus Mts., the Talesh Mts., the Kura Basin, and the South Caspian Basin. Present-day structures of the study area are controlled by the ongoing collision of the Arabian and African plates with Eurasia. The study area extends over 1342 km² located in Northwest of Iran, which can be regarded generally as the continuation of structural grain of Lesser Caucasus. However, the existence of rigid block of South Caspian Basin and the different lithology of Azerbaijan including Quaternary volcanic masses such as Sahand and Sabalan has resulted in a complex distribution of deformation in the studied area.

Northwest Iran is a region of vigorous inflection, deformation and seismicity situated between two thrust belts namely Lesser Caucasus to the north and the Zagros thrust belt to the south.

What is known about Seismotectonics of the area located in north of Tabriz fault is limited to the recent works done by Masson et al. (2006). Using dense GPS, they determined that the deformation in NW Iran is characterized by ~ 8 mm/yr of right-lateral movement on the North Tabriz fault, and ~ 8 mm/yr of extension within Talesh Mnt. The duplicate Ahar-Varzeghan earthquake focal mechanisms contradicted the GPS results. Although both main shocks have probable fault planes that strike roughly east–west, it is likely that the mapped surface faulting should be associated with the first main shock because field observations record nearly pure strike-slip motion that would be inconsistent with the transpressional mechanism of the second main shock (Ghods et al., 2015). The fault study of Coopley et al. (2013) introduced three Segments with a length of 400 m. till 8 km. In 2012 August 11 (12:23 UTC), a moderate earthquake with MW=6.4 (USGS) occurred between Ahar and Varzeghan towns in Azerbaijan Province at northwest of Iran, in a region where there was no major mapped fault or any well-documented historical seismicity. In order to solve this problem, Ghods et al. (2015) have introduced a model to resolve this earthquake focal mechanisms and many active fault earthquake rupture in the range of Ahar - Varzeghan.

A combined study of active tectonic parameters such as geomorphic indices and stress tensor measurement, allowed to recognize a new fault in the northern part of North Tabriz Fault. In addition to the seismicity of North Tabriz fault, seismicity map of Azerbaijan shows the same distribution ratio in the NW part of the North Tabriz fault. In the absence of active faults, the relation of this seismicity is not known. This study was an attempt to introduce one of the active faults at the North of the North Tabriz fault in order to improve the understanding of seismotectonic characteristic of this area.

In order to inquire the relevance between rock rigidity and SL index based on a simplified geological map of the area and field observation, rocks were categorized by their resistance as below: Very low (young alluvial deposits), Low (old alluvial deposits, poorly consolidated conglomerates, marl), moderate (gypsum, gypseous marl), High (limestone, sandstone, dolomite, shale, conglomerate, tuff, schist, flysch sediments), Very high (andesites, trakiandesite, gabbro, dacite) (El Hamdouni et al., 2007). Based on the mentioned category, the distribution map of lithological resistance was

obtained using GIS. To assess tectonic activities in the area, geomorphic indices such as: the stream length- gradient index (SL) and hypsometric integral (Hi) have been used to reveal vertical active movements along a particular fault, namely Nahand fault. This fault lying in north of Tabriz fault strikes parallel to it with a length of 168 Km. The combination of morphometric studies and kinematic study show clear vertical movement along Nahand fault. Determination of stress tensor and geomorphic indices has shown that the Nahand fault is a right-lateral strike-slip with a minor vertical component. Field observations and the inversions of stress tensor (geologic and seismologic fault kinematics) revealed that the Nahand fault is an active fault, acting in a transpressional tectonic regime, with the Sh-max oriented NW-SE.

Keywords: Nahand Fault, North Tabriz Fault (NTF), Geomorphic Indices, Stress Tensor, Active Tectonic.