



فصلنامه زمین ساخت
پاییز ۱۳۹۷، سال دوم، شماره ۷

گسل خزر، ساختار هندسی و فعالیت آن

احمد رشیدی^{۱*}؛ خالد حسامی آذر^۲

۱- استادیار، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

۲- استادیار، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۳۰



چکیده

در دامنه شمالی رشته کوه البرز، گسل خزر با ایجاد یک پله آشکار در توپوگرافی همراه گردیده و در امتداد آن عوارض ژئومورفیک به ناگهان پایان می‌یابند. شواهد ساختاری و جنبشی عصر حاضر این گسل در بخشی از طول آن در البرز خاوری و مرکزی مورد بررسی قرار گرفت. شواهد به دست آمده در این مطالعه، نشان‌دهنده گسلش معکوس و امتداد لغز چپگرد است که بر روی گسل‌های موازی با روند رشته کوه البرز نیز قابل مشاهده می‌باشد. در حاشیه شمالی رشته کوه البرز، گسل‌های فرعی حاصل از فعالیت پیشرونده گسل خزر، شکل گرفته‌اند. این گسل‌ها معمولاً امتداد زیادی ندارند و به شکستگی‌های دیگری در دامنه جنوبی تر خود ختم می‌شوند. آنها به همراه گسل خزر، هندسه لبه شمالی رشته کوه البرز را به کنترل خود در آورده‌اند.

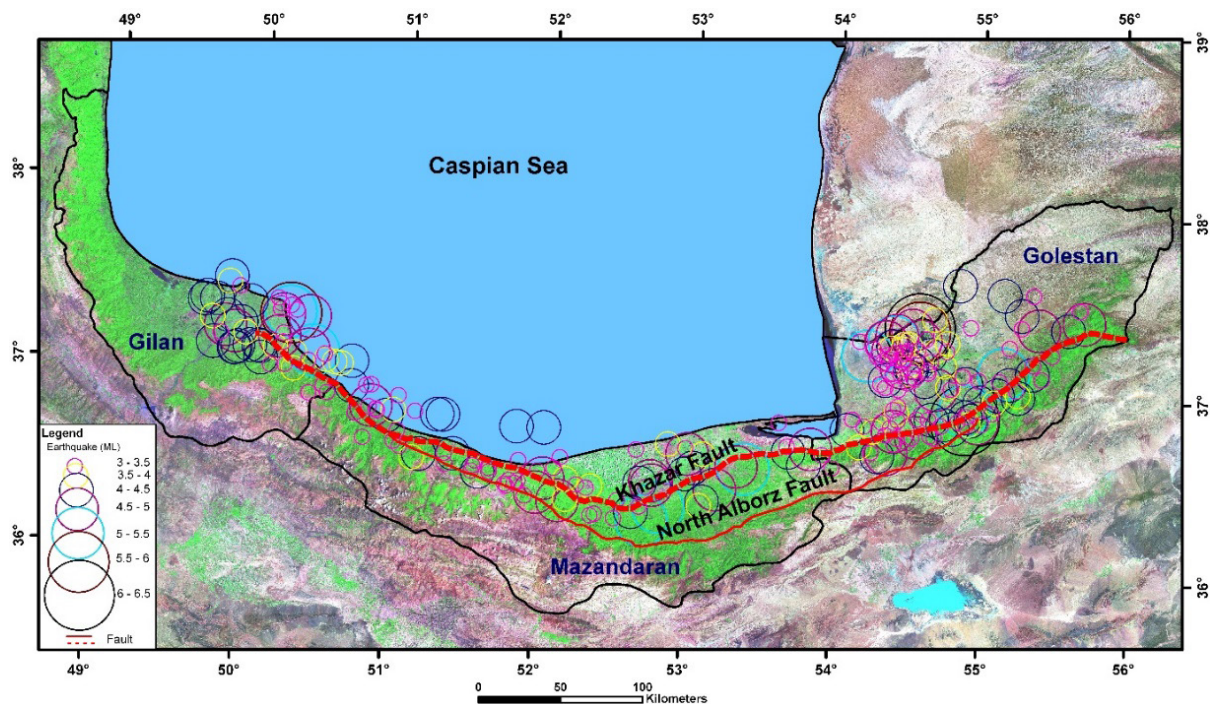
کلمات کلیدی: تحلیل هندسی، تحلیل جنبشی، گسل خزر، البرز، ایران.

* نویسنده مسئول: rashidi@nees.ac.ir

۱- مقدمه

اما آثار سطحی گسل خزر در باز پدیده‌های میدانی در محدوده نکا - قائم شهر (در باختر البرز خزر (کاسپین) قرار دارد (شکل ۱). این گسل سبب شکل‌گیری بلندی‌های البرز در لبه جنوبی این حوضه شده است (Berberian and King, 2005; Nazari et al., 1996; Alavi, 1981). ویژگی‌های دقیق این ساختار در سراسر طول آن (باختر لاهیجان (کوچ اصفهان) تا شمال خاور مینودشت (صادق آباد) در هیچ یک از گزارش‌ها و مقالات منتشر شده، ارائه نگردیده است. اشتوکلین (Stocklin, 1974) اعتقاد دارد که گسل‌های موجود در حاشیه شمالی رشته کوه البرز که به سمت جنوب شیب دارند (گسل خزر)، غیرفعال می‌باشند. برخی از زمین‌شناسان البرز را به دو زون گرگان - رشت (در بخش شمالی) و زون البرز (در بخش جنوبی) تقسیم می‌کنند. آنها گسل شمال البرز را مرز بین دو منطقه می‌دانند. بعضی آن را یک چین خوردگی می‌دانند که در عمق با یک راندگی همراه است (Allen et al., 2003a,b) و عده‌ای دیگر حتی منکر وجود گسلش در امتداد مزبور شده‌اند (Guest et al., 2006).

اما آثار سطحی گسل خزر در باز پدیده‌های میدانی در محدوده نکا - قائم شهر (در باختر البرز خزر (کاسپین) قرار دارد (شکل ۱). این گسل سبب شکل‌گیری بلندی‌های البرز در لبه جنوبی این حوضه شده است (Berberian and King, 2005; Nazari et al., 1996; Alavi, 1981). ویژگی‌های دقیق این ساختار در سراسر طول آن (باختر لاهیجان (کوچ اصفهان) تا شمال خاور مینودشت (صادق آباد) در هیچ یک از گزارش‌ها و مقالات منتشر شده، ارائه نگردیده است. اشتوکلین (Stocklin, 1974) اعتقاد دارد که گسل‌های موجود در حاشیه شمالی رشته کوه البرز که به سمت جنوب شیب دارند (گسل خزر)، غیرفعال می‌باشند. برخی از زمین‌شناسان البرز را به دو زون گرگان - رشت (در بخش شمالی) و زون البرز (در بخش جنوبی) تقسیم می‌کنند. آنها گسل شمال البرز را مرز بین دو منطقه می‌دانند. بعضی آن را یک چین خوردگی می‌دانند که در عمق با یک راندگی همراه است (Allen et al., 2003a,b) و عده‌ای دیگر حتی منکر وجود گسلش در امتداد مزبور شده‌اند (Guest et al., 2006).



شکل ۱: گسل خزر، گسل شمال البرز به همراه کانون رو سطحی زمین لرزه‌های دستگاهی ۲۰۱۸-۱۹۰۰ (برگرفته از iiacs.ac.ir).



به فعالیت‌های جوان زمین‌ساختی بسیار حساس می‌باشند. استفاده از شواهد زمین‌شناسی و مورفولوژی جهت پی بردن به هندسه و جنبش گسل‌های فعال، توسط محققین مختلفی در سراسر جهان انجام شده است (Wegmann and Pazzaglia, 2009; Babaahmadi et al., 2010; Schil-dgen et al., 2012; Rashidi et al., 2018). در این مطالعه نیز جهت پی بردن به ساختار و جنبش گسل خزر و فعالیت آن در عصر حاضر از شواهد مورفولوژی موجود در حاشیه شمالی رشته کوه البرز استفاده شد. به کمک مطالعه شواهد موجود می‌توان به نوع و میزان فعالیت قسمت‌های مختلف پهنه گسلی خزر پی برد. از این‌رو تمامی عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای (از جمله: Aster, Landsat, Etm, IRS, Google Earth)، نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی مورد بررسی واقع شدند تا براساس آن آثار سطحی گسل، ساختار هندسی و جنبشی آن مورد مطالعه قرار گیرد. در این راستا نقشه ساختاری، مقاطع ساختاری در بخش‌های مختلف گسل خزر تهیه گردید و در بازدیدهای میدانی شواهد سطحی مرتبط با فعالیت گسل مورد شناسایی و ارزیابی قرار گرفت.

۴- مشاهدات

در لبه شمالی رشته کوه البرز و حوضه جنوبی خزر، فواصل زیاد ایستگاه‌های لرزه نگار از یک طرف و فقدان نقشه‌های ساختاری بزرگ مقیاس از طرف دیگر منشأ برخی از زمین‌لرزه‌ها را نامشخص کرده است. در ادامه، نقشه ساختاری (شکل ۲) و شواهدی از زمین‌ساخت فعال لبه شمالی البرز خاوری و مرکزی که در این مطالعه به دست آمده است مورد بررسی قرار می‌گیرد. آنچه که عامل یک پله آشکار در توپوگرافی در این منطقه شده است، گسل خزر می‌باشد. در سراسر گسل خزر شاخه‌های فرعی به خوبی رشد کرده‌اند. این گسل‌ها فعال‌اند و تأثیر زیادی بر روی ساختار هندسی رشته کوه البرز گذاشته‌اند. به طوری که جابه‌جایی‌هایی صورت گرفته در مسیر آنها در بعضی نقاط قابل مشاهده است (شکل ۳ الف). در مواردی، گسل‌های فرعی دیده شده بر روی فرادیواره گسل خزر گسل‌های مزدوجی می‌باشند که در اثر تنش حاکم بر منطقه در قسمت‌های مختلف شکل گرفته‌اند (شکل ۳ ب).

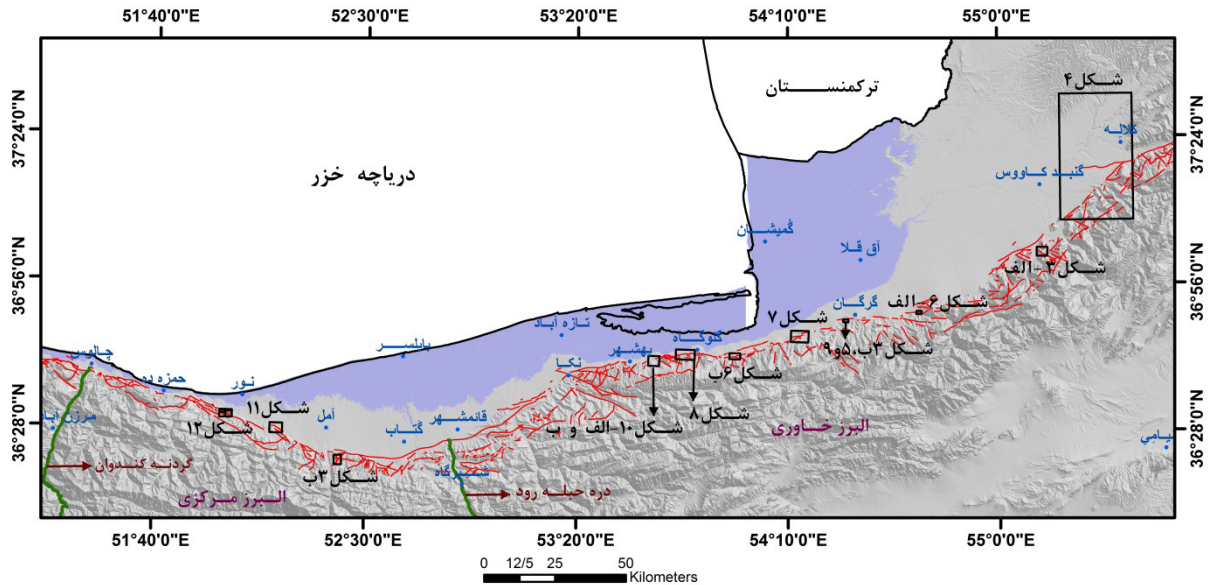
۲- موقعیت زمین‌شناسی و زمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه:

گسل خزر جداکننده حوضه جنوبی خزر از رشته کوه البرز است. رشته کوه البرز با طولی بیش از ۶۰۰ کیلومتر و پهنای ۶۰ تا ۱۲۰ کیلومتر در بخش میانی سیستم کوهزایی آلپ - هیمالیا واقع شده است. این سیستم کوهزایی به‌عنوان یکی از گسترده‌ترین مناطق فعال زمین‌ساختی در روی زمین، با داشتن ۱۵٪ زمین‌لرزه‌های ثبت شده، نقش مهمی در فعالیت‌های لرزه‌ای جهان دارد (Alavi, 1996).

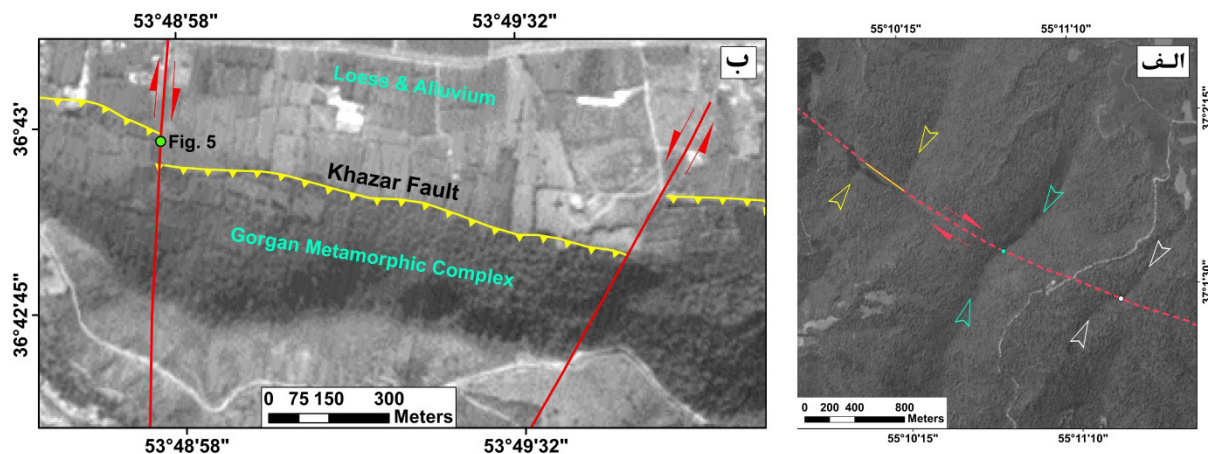
رشته کوه البرز که بخشی از دگرریختی فعال درون پهنه برخوردی اوراسیا - عربستان را شامل می‌شود (Allen et al., 2003a,b) در فاصله ۲۰۰ تا ۵۰۰ کیلومتری شمال زمین‌درز نئوتتیس قرار دارد (Axen et al., 2001). در بخش‌های باختری راستای شمال باختر - جنوب‌خاور و در بخش‌های خاوری، راستای شمال‌خاور - جنوب باختر دارد. راستای ساختارها در هر دو پایانه رشته کوه‌ها تغییر می‌یابد و به ترتیب به کمربندهای چین و رانده تالش در باختر و کپه داغ در خاور تبدیل می‌شود (Berberian, 1997). این رشته کوه در بخش شمالی (Jackson et al., 2002). این رشته کوه در بخش جنوبی به حوضه جنوبی خزر محدود می‌شود. حوضه جنوبی خزر خود در بخش شمالی توسط گسل بالکان - آپشرون (آبشوران)، در بخش باختری توسط گسل آستارا یا تالش محدود شده است. در مورد حد خاوری آن اطلاعات روشنی در دست نیست. این حوضه بیش از ۲۰ کیلومتر از رسوبات آواری سنوزوئیک را در خود جای داده است (Zonenshain and LePichon, 1986). در زیر این رسوبات، وجود یک پوسته اقیانوسی توسط مطالعات لرزه‌ای آشکار گردیده است، البته بر سر سن این پوسته اقیانوسی توافق نظر وجود ندارد و به دلیل ضخامت زیاد آن از سوی پژوهشگران به عنوان یک پوسته شبه اقیانوسی در نظر گرفته می‌شود (Priestly et al., 1994). در این مطالعه جهت شناخت زمین‌ساخت حوضه جنوبی خزر و حاشیه شمالی رشته کوه البرز، ساختار هندسی و فعالیت حال حاضر گسل خزر مورد بررسی قرار گرفت.

۳- روش انجام کار

در میان شاخه‌های مختلف علوم زمین، ژئومورفولوژی مهم‌ترین ابزار در مطالعات زمین‌ساخت جنبا است. عوارض ژئومورفولوژیکی در همه جا حضور داشته و نسبت



شکل ۲: پهنه گسل خزر به همراه شاخه‌های فرعی آن بر روی تصویر توپوگرافی. موقعیت شکل‌های این مطالعه بر روی تصویر نشان داده شده است.



شکل ۳: آثار گسل‌های کواترنری شکل گرفته در اثر فعالیت گسل خزر در البرز خاوری و میانی الف) گسل کواترنری در البرز خاوری. این گسل باعث جابه جایی حدود ۱۵۰ متری واحدهای سنگی و آبراهه‌ها شده است. ب) گسل‌های مزدوج شکل گرفته در البرز میانی. این گسل‌ها باعث جابه جایی‌های راستگرد و چپگرد حاشیه شمالی رشته کوه البرز شده‌اند.

ولکانیکی سیلورین و سنگ‌های رسوبی دونین موجود در زون گرگان-رشت توسط گسل خزر از حوضه جنوبی خزر جدا شده‌اند. به اعتقاد بربریان (۱۹۸۳-نقشه گرگان) سنگ‌های نئوژن به بعد و رسوب‌های دو طرف گسل خزر نسبت به هم دست کم در حدود ۳۰۰۰ متر جابه جا شده‌اند. یاسینی (۱۹۷۰) اختلاف ارتفاع رأس طبقات قاره‌ای پلیوسن (معادل چلکن) در دو سوی گسل خزر را به مقدار تقریبی ۱۵۰۰-۱۰۰۰ متر عنوان کرده است. پالاسکو و دیکنز (۱۹۷۹) کل جابه جایی و گودافتادگی

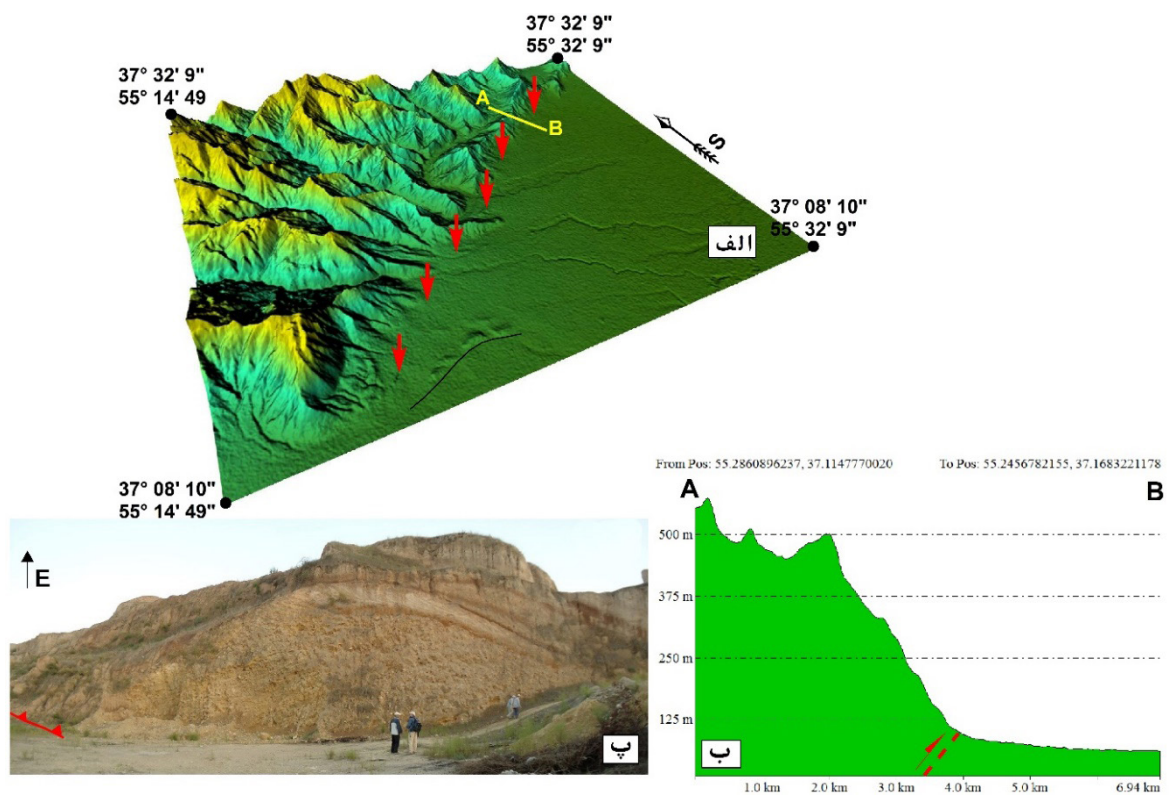
۴-۱- گسل خزر در البرز خاوری:

با توجه به پوشش جنگلی که تمام منطقه را در بر می‌گیرد، عملاً امکان برداشت داده‌های ساختاری بر روی گسل خزر در همه جا وجود ندارد. با این حال تلاش زیادی جهت پیدا کردن اثر گسل و ویژگی‌های جنبشی گسل خزر در باز دیدهای میدانی و مطالعه انواع تصاویر ماهواره‌ای صورت پذیرفت. این گسل باعث ایجاد اختلاف ارتفاع زیاد بین حوضه جنوبی دریاچه خزر و رشته کوه البرز شده است. در ناحیه گنبد کاووس، سنگ‌های



در ناحیه گرگان سنگ‌های فرادیواره گسل خزر را، مجموعه سنگ‌های دگرگونی گرگان، سازند شمشک، سازند لار تشکیل می‌دهند. در فرادیواره این گسله نهشته‌های آبرفتی جوان قرار گرفته‌اند. گسله‌های راندگی متعددی با راستای خاور-شمال خاوری رخنمون دارند. در این منطقه محور چین‌ها از راستای گسله‌های راندگی ناحیه پیروی می‌کنند و روند محوری آنها ENE-WSW است. در جنوب باختر گرگان در محدوده کوه و دشت و در محل اثر گسل خزر کج شدگی و چین خوردگی‌های مرتبط با فعالیت گسل خزر دیده می‌شوند (شکل ۴پ).

دشت ساحلی جنوب دریای خزر را در طی زمان کوتاه‌تر به حدود ۲۰۰۰ متر و در ۳۰۰ هزار سال اخیر حدود ۶۰۰ متر پیشنهاد داده است. ما اثر خطی گسل خزر در خاوری‌ترین بخش‌های البرز خاوری مابین واحدهای سنگی مزوزوئیک و نهشته‌های کوتاه‌تری که با نشانه‌های ریخت زمین‌ساختی خاصی از جمله افزازگسلی قابل مشاهده بود را بررسی کردیم. این افزاز که گاه در مرز واحدهای سنگی با نهشته‌های جوان و گاه در میان رسوبات آبرفتی و دشت ساحلی جنوب خزر جای می‌گیرد حدود ۴۰۰ متر برخاستگی نشان می‌دهد (شکل ۴ الف و ب).



شکل ۴: الف) تصویر سه بعدی از بخش خاوری گسل خزر در البرز خاوری. ب) مقطع عرضی A-B عمود بر امتداد گسل خزر که اختلاف ارتفاع حوضه جنوبی خزر و زون گرگان-رشت را حدود ۴۰۰ متر نشان می‌دهد. پ) چین خوردگی واحدهای رسوبی در امتداد گسل خزر در البرز خاوری.

که الگوی تکنونیک کنونی منطقه و به‌طور کلی البرز جوان است. به طوری که آثار گسلش جوان را می‌توان در رسوبات بسیار جوان آن مشاهده نمود. گسلش جوان در رسوبات لسی موجود در جنوب باختر گرگان که همراه با آثار خطوط لغزش می‌باشد نشان از زمین‌ساخت فعال منطقه است (شکل ۵).

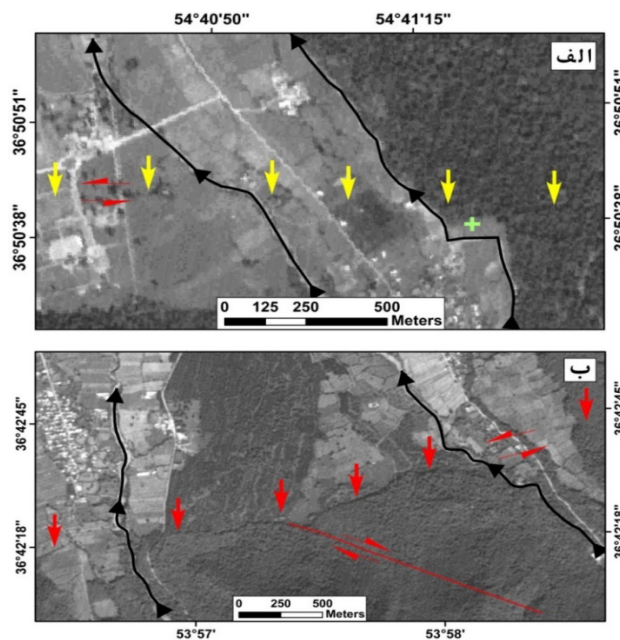
در دامنه شمالی رشته کوه البرز، در منطقه گرگان، لس‌ها که انواع واحدهای سنگی قدیمی‌تر را پوشانده‌اند، وجود دارند. این لس‌ها نهشته‌های بادرفتی و تقریباً یکنواخت با ترکیب فورس هستند که در طی دوره‌های یخچالی تشکیل شده‌اند. تلفیق حرکات کنونی با شواهد زمین‌شناختی و زمین‌ریخت‌شناسی نشان می‌دهد



شکل ۵: الف) آثار گسلش فعال (به عنوان یکی از شاخه‌های فرعی گسل خزر) داخل رسوبات لسی موجود در جنوب باختر شهر گرگان (موقعیت تصویر در شکل ۲ و ۵ ب نشان داده شده است). ب و پ) آثار خش لغز موجود بر روی صفحات گسل.

البرز، شاخه‌های فرعی حاصل از فعالیت گسل خزر شکل گرفته‌اند (به عنوان مثال شکل ۶ ب). این گسل‌ها عموماً دارای راستای شمال باختر - جنوب خاور با سازو کار عموماً راستگرد و گسل‌ها با راستای شمال خاور - جنوب باختر از نوع چپگرد هستند. به ندرت می‌توان راستای کاملی از این گسل‌ها را تعقیب نمود و اکثراً در فواصل چندی توسط گسل‌ها و شکستگی‌های دیگر جابه جا شده‌اند.

گسل خزر در قسمت اعظم طول خود در زیر آبرفت‌ها مدفون است اما آثار فعالیت آن در تصاویر ماهواره ای و همچنین در بعضی نقاط در صحرا قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۹). در اثر عملکرد گسل، آبراهه‌های موجود دچار جابه جایی چپگرد شده‌اند. این جابه جایی‌ها در بخش‌هایی در امتداد گسل قابل دیدن است (شکل ۶). در برخی نقاط در اثر دگرشکلی پیشرونده موجود در حاشیه شمالی رشته کوه

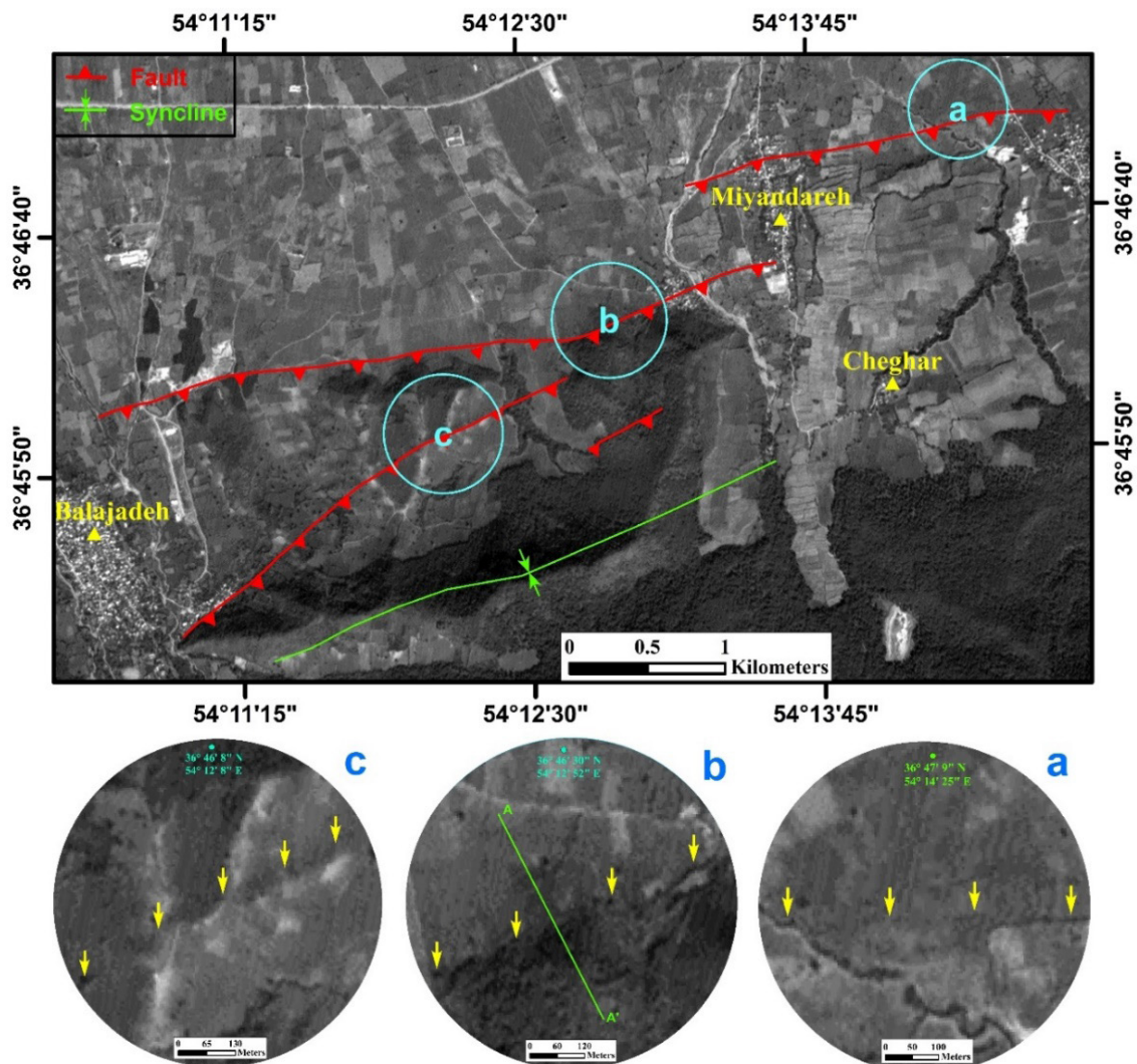


شکل ۶: الف) آثار سطحی گسل خزر به همراه جابه جایی آبراهه‌ها در البرز خاوری. ب) جابه جایی آبراهه‌ها در امتداد گسل خزر و جابه جایی راستگرد حاشیه شمالی رشته کوه البرز در اثر فعالیت یکی از شاخه‌های فرعی گسل خزر.



البرز خاوری برعکس البرز میانی از چندین رشته به هم فشرده ساخته شده است. به علاوه نظم البرز میانی نیز در آن دیده نمی‌شود. در حد فاصل بین تاقدیس‌ها، دره‌های طولی امتداد یافته‌اند و عملکرد گسل‌های طولی بزرگ، اختلاف ارتفاع را افزایش داده‌اند. از این رو دره‌های عمیق و دیواره‌های عظیم بین آنها چشم‌انداز غالب ریخت‌شناسی

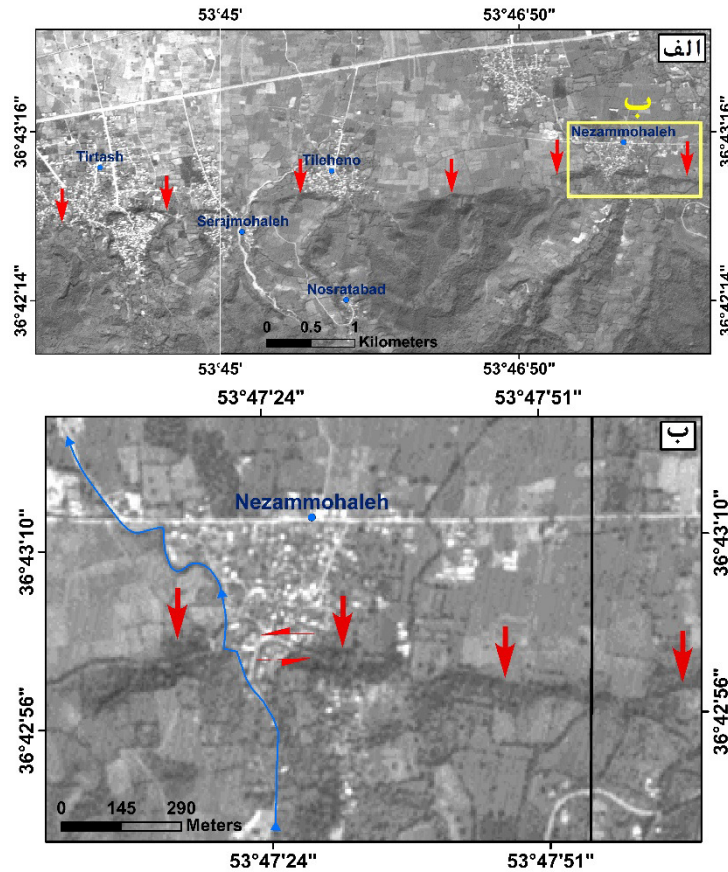
البرز خاوری محسوب می‌شوند. گسل خزر در بخش خاوری سبب راندگی واحدهای سنگی مزوزوئیک بر روی رسوبات جوان دشت ساحلی شده است. پهنه گسلش، چین‌خوردگی موجود بر روی فرادیواره در مناطق مختلف البرز خاوری از جمله منطقه میان دره و مناطق پیرامون آن قابل مشاهده می‌باشند (شکل ۷).



شکل ۷: آثار فعالیت پهنه گسلی خزر در منطقه میان دره و نواحی اطراف آن. موقعیت تصویر بر روی شکل ۲ نشان داده شده است.

زیادی بین حوضه جنوبی خزر و زون گرگان-رشت ایجاد شود. بر اثر عملکرد مؤلفه امتدادلغز چپگرد، آبراهه موجود در مسیر گسل دچار جابه‌جایی حدود ۵۰ متر شده است.

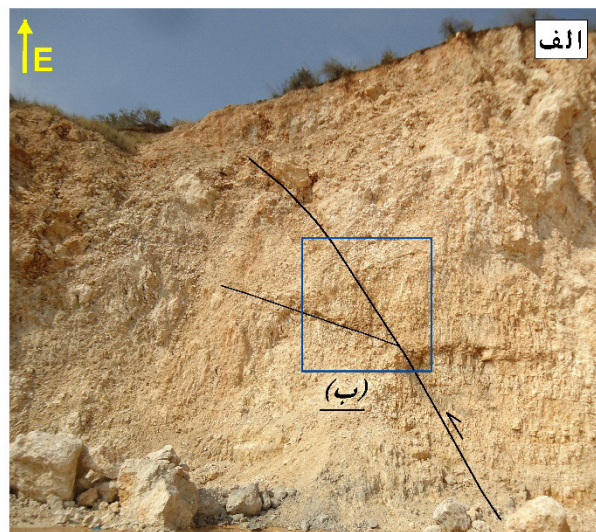
در باختر شهر گلوگاه (حدفاصل نظام محله و تیرتاش) آثار سطحی گسل خزر دیده می‌شود (شکل ۸). فعالیت راندگی گسل در این محدوده نیز باعث شده است که اختلاف ارتفاع



شکل ۸: الف) آثار سطحی گسل خزر در محدوده نظام محله و تیرتاش در باختر منطقه گلوگاه. ب) جابه جایی چپگرد ۵۰ متری آبراهه بر اثر فعالیت گسل خزر.

-رشت مشاهده شد (شکل ۹). در راستای این صفحه گسلی، انباشته‌های مزوزوئیک از بخش‌های جنوبی‌تر بر روی بخش‌های شمالی‌تر رانده شده‌اند.

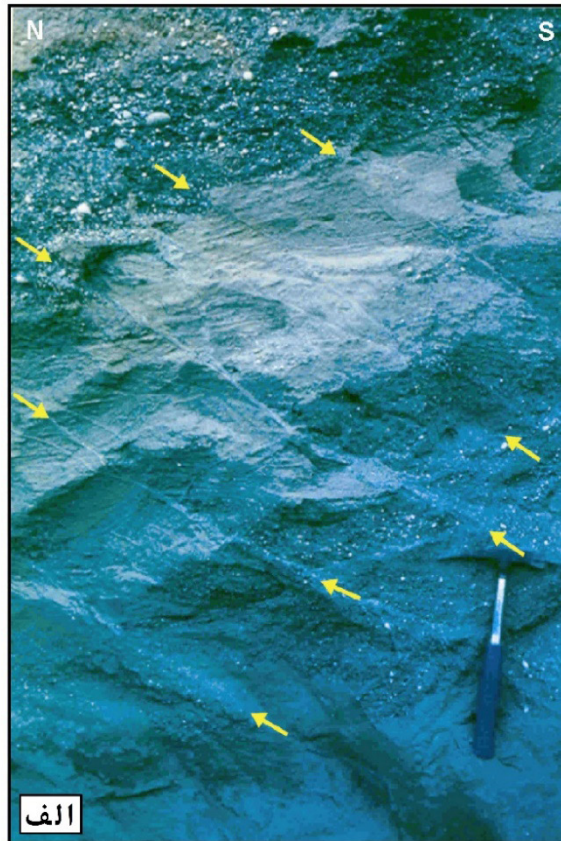
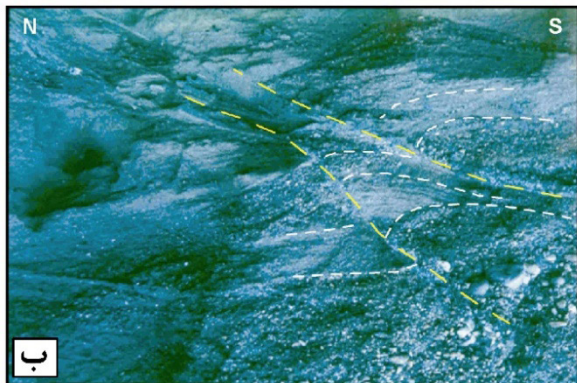
به دلیل فاز فرسایش آبی شدید و پوشش گیاهی بسیار زیاد در منطقه، در بسیاری موارد یافتن محل دقیق پهنه گسلی خزر و پیدا کردن آثار صفحه گسل بسیار دشوار است. در بازدیدهای میدانی آثار صفحه گسل خزر داخل زون گرگان



شکل ۹: الف) آثار یکی از صفحات پهنه گسلی خزر (موقعیت تصویر در شکل ۲ نشان داده شده است). ب) اثر گسل از نمای نزدیک‌تر.

در این محدوده می‌باشد. در اثر فعالیت گسل در پیرامون شهر نکا، رودخانه نکا دچار جابه‌جایی چپگرد شده است (شکل ۱۰ پ).

حسامی و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعات خود صفحه گسل خزر در محدوده نکا - قائم شهر را بررسی کردند (شکل ۱۰ الف و ب). مطالعه آن‌ها نشان از وجود قطعی صفحه گسل

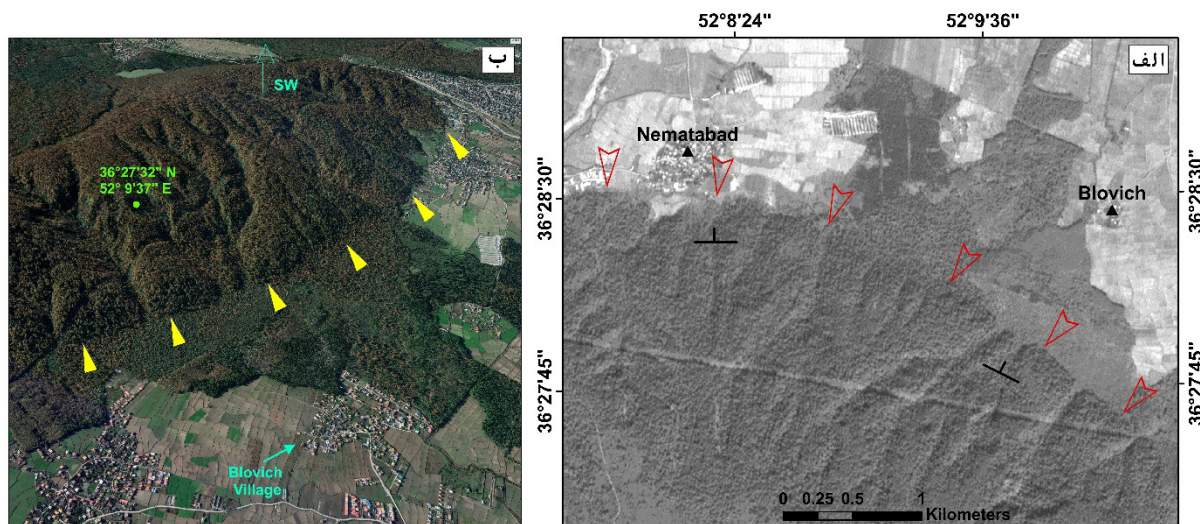


شکل ۱۰: الف) تراشنه حفر شده در عرض گسل جوان خزر که نشانگر پهنه خرد شده و راندگی گسل است. ب) نمای نزدیک‌تر که نحوه شکل‌گیری چین‌های Drag را در راستای گسل‌های راندگی خزر نشان می‌دهد. پ) جابه‌جایی چپگرد رودخانه نکا در امتداد گسل خزر (حسامی و همکاران، ۱۳۸۶).

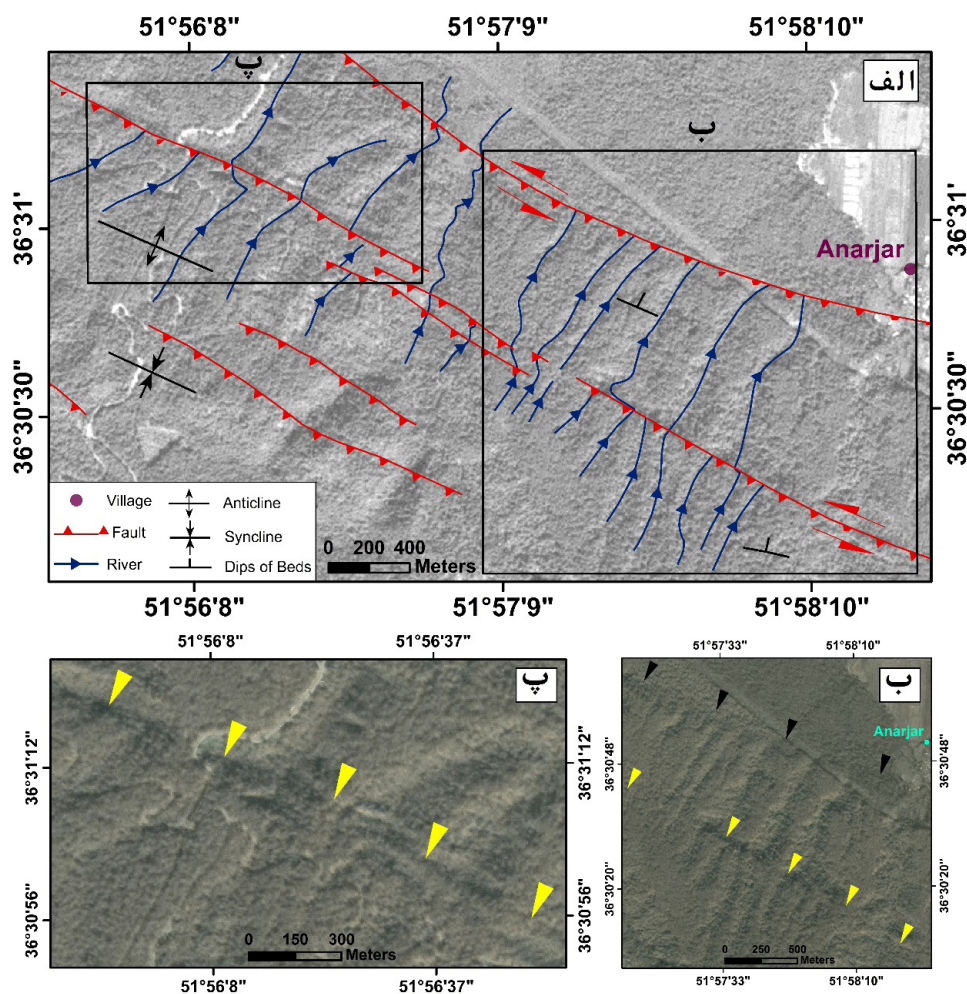
اخیر تسهیم شدگی و تنش (Strain partitioning) نامیده شده است (Allen et al.; 2003b, Jackson, 2002). این دگرریختی گویای یک سامانه ترافشاری چپگرد است که حاصل همگرایی صفحه عربستان - اوراسیا و حرکت رو به باختر پوسته خزر جنوبی نسبت به ایران می‌باشد (Jackson, 2002; Allen et al.; 2003b). پوسته خزر جنوبی با سرعتی حدود ۱۳ تا ۱۷ میلی‌متر در جهت جنوب باختری (تقریباً ۲۱۰ درجه) نسبت به ایران و حدود ۷ تا ۱۰ میلی‌متر در سال در جهت شمال باختر یا شمال - شمال باختری نسبت به صفحه اوراسیا حرکت می‌کند (Djamour et al., 2010). مؤلفه چپگرد این حرکت در البرز خاوری بزرگ‌تر و با توپوگرافی کمتری همراه است در حالی که در البرز میانی مؤلفه فشارشی آن بزرگ‌تر و گسلش راندگی چیره‌تر است.

۴-۲- البرز میانی:

در ادامه گسل خزر در البرز میانی (مابین دره حبله رود در خاور و گردنه کندوان در باختر (شکل ۲))، ادامه گسل کم و بیش در مرز کوه و دشت مشاهده می‌شود (شکل ۱۱ الف). افزاز میان دشت ساحلی خزر جنوبی (در شمال) و دامنه شمالی کوه‌های البرز (در جنوب) حرکت معکوس گسل خزر (علاوه بر مؤلفه امتدادلغز چپگرد) در البرز میانی را نشان می‌دهد (شکل ۱۱ ب). فرورفتگی دریای خزر و ریخت‌شناسی دشت‌های ساحلی گلستان، مازندران و گیلان به دلیل حرکت‌های رخ داده در راستای این گسل است. عملکرد هم‌زمان راندگی و حرکات امتدادلغز موازی با رشته کوه نشان می‌دهد که تغییر شکل در کمربند چین و رانده البرز به صورت کوتاه شدگی مایل است، بر خلاف آنچه توسط بسیاری از محققین



شکل ۱۱: الف آثار سطحی گسل خزر در البرز میانی در باختر آمل. ب) تصویر سه بعدی از برخاستگی در امتداد گسل خزر در جنوب باختر روستای بلوویج.



شکل ۱۲: الف) پهنه گسل خزر در باختر البرز میانی. این پهنه گسلی باعث برخاستگی واحدهای سنگی و جابه جایی چپگرد آبراهه‌ها شده است. ب و پ) اثر سطحی گسل بر روی تصاویر قابل مشاهده است.



آشکارا، از روند چین‌ها و گسل‌ها با راستای تقریبی شمال باختر - جنوب خاور پیروی می‌نماید. نکته شایان توجه در آنها، وجود آبراهه‌های فراوان با مسیر به تقریب عمود بر راستای گسل خزر است که در اثر مؤلفه چپگرد حاصل از فعالیت آن دچار جابه‌جایی‌های چپگرد شده‌اند (شکل ۱۲).

گسل خزر در باختر البرز میانی با راستای شمال باختری - جنوب خاوری، جداکننده تپه - ماهورها و برجستگی‌های جنوبی، است. به سوی جنوب، سامانه گسل‌های پرشمار و کم و بیش موازی (اغلب با جهت شیب به سمت جنوب)، ریخت‌شناسی کنونی منطقه را کنترل کرده‌اند و در برخی نقاط، الگوی کوه - دره در چند نوبت تکرار شده است. بدین سان، ریخت‌شناسی



۵- نتیجه‌گیری:

فعالیت پیش‌رونده گسل خزر، شکل گرفته‌اند. در اثر جابه‌جایی‌های صورت گرفته در امتداد آنها، این گسل‌ها به همراه گسل خزر هندسه لبه شمالی رشته کوه البرز را به کنترل خود در آورده‌اند. - تعدادی از گسل‌های فرعی موجود بر روی حاشیه شمالی رشته کوه البرز گسل‌های مزدوجی می‌باشند که در اثر تنش حاکم بر منطقه در قسمت‌های مختلف شکل گرفته‌اند. - با توجه به بازدیدهای میدانی به عمل آمده، در بخش خاوری گسل شاخه شاخه می‌شود، اما شاخه اصلی آن به صورت کاملاً مشخص به کپه داغ می‌پیوندد.

- مطالعات ریخت زمین‌ساختی این مطالعه نشان از فعالیت عصر حاضر گسل خزر در حاشیه شمالی رشته کوه البرز می‌باشد. به طوری که در امتداد آن تمامی عوارض ژئومورفیک کوهستان دگرریخت و یا به ناگهان پایان می‌یابند. - بررسی گسلش فعال زمان پلیوسن - کواترنری در البرز خاوری و میانی، نشان‌دهنده گسلش معکوس و امتدادلغز چپگرد است که بر روی گسل‌های موازی با روند رشته کوه البرز صورت گرفته است. - در سراسر طول گسل خزر، گسل‌های فرعی حاصل از

منابع:

حسامی آذر، خ و طبسی، ه. (۱۳۸۶). شناسایی سرچشمه زمین لرزه‌های تاریخی البرز. گزارش پژوهشی، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله. ۱۰۷ صفحه.

References

- Alavi, M. 1996, Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain System in Iran. *Journal of Geodynamics* 21/1, 1e33.
- Allen, M.B., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M., Qorashib, M. 2003a, Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran. *Journal of Structural Geology* 25, 659e672.
- Allen, M.B., Vincent, S.J., Alsop, G.I., Ismail-zadeh, I., Flecker, R. 2003b, Late Cenozoic deformation in the South Caspian region: effects of a rigid basement block within a collision zone. *Tectonophysics* 366, 223e239.
- Axen, G.J., Lam, P.S., Grove, M., Stockli, D.F., Hassan-zadeh, J. 2001, Exhumation of the west-central Alborz Mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics. *Geology* 29/6, 559e562.
- Babaahmadi, A., Safaei, H., Yassaghi, A., Vafa, H., Naeimi, A., Madanipour, S. & Ahmadi, M., 2010. A study of Quaternary structures in the Qom region, West Central Iran. *J. Geodyn.* 50, 355-367.
- Berberian, M. 1997, Seismic sources of the transcaucasian historical earth-quakes, in *Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus*, Vol. 28, pp. 233–311, eds Giardini, D. & S. Balassanian, NATO ASI Series, 2. Environment, Kluwer Academic Press, The Netherlands.
- Berberian, M., King, G.C.P., 1981a. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Can. J. Earth Sci.* 18 (2), 210–265.
- Berberian, M., 1983. The Southern Caspian: a compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust. *Can. J. Earth Sci.* 20 (2), 163–183.
- Djamour, Y., P Vernant, R Bayer, HR Nankali, JF Ritz, J Hinderer, Y Hatam,..(2010). GPS and gravity constraints on continental deformation in the Alborz mountain range, Iran. *Geophysical Journal International* 183 (3), 1287-1301.
- Guest, B., Axen, G.J., Lam, P.S., Hassanzadeh, J. 2006. Late Cenozoic shortening in the west-central Alborz Mountains, northern Iran, by combined conjugate strike-slip and thin-skinned deformation. *Geosphere* 2, 35–52.
- Hessami, K., Alyasin, S., and Jamali, F. 1997, An Investigation of Some Historical Earthquakes and Paleoseismic Sources in Iran, In *Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus*, In: D. Giardini and S. Balassanian (Editors.), NATO Asia Series, 2. Environment, 28, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 189-199.
- Jackson, J., Priestley, K., Allen, M. and Berberian, M. 2002, Active tectonics of the South Caspian Basin, *Geophys. J. Int.*, 148(2), 214–245.
- Nazari, H., Ritz, J. F., Talebian, M. Moosavi, A., 2005. Seismotectonic map of the Central Alborz, *Geol. Surv. Iran*.
- Rashidi Boshrabadi, A., Khatib, M.M., Raeesi, M., Mousavi, S.M., Djamour, Y., 2018. Geometric-kinematic characteristics of the main faults in the W-SW of the Lut Block (SE Iran). *J. Afr. Earth Sci.* 139, 440-462.
- Schildgen, T.F., Cosentino, D., Bookhagen, B., Niedermann, S., Yildirim, C., Echtler, H., Wittmann, H. & Strecker, M.R., 2012. Multi-phased uplift of the southern margin of the Central Anatolian plateau, Turkey: a record of tectonic and upper mantle processes. *Earth Planet Sci. Lett.* 317,318, 85-95.
- Stocklin, J., 1974. Northern Iran, Alborz mountains. In: *Mesozoic-Cenozoic Orogenic Belts* (edited by Spencer A. M.). *Geol. Soc. London. Spec. Bull.* 4, 213-234.
- Tatar, M., Jackson, J., Hatzfeld, D., Bergman, E. 2007, The 28 May 2004 Baladeh earthquake (Mw 6.2) in the Alborz, Iran: implications for Tehran and the geology of the South Caspian Basin margin. *Geophysical Journal International* 170, 249–261.
- Wegmann, K.W. & Pazzaglia, F.J., 2009. Late Quaternary fluvial terraces of the Romagna and Marche Apennines, Italy: climatic, lithologic, and tectonic controls on terrace genesis in an active orogen. *Quat. Sci. Rev.* 28 (1e2), 137-165.
- Zonenshain, L.P. and Le Pichon, X. 1986, Deep basins of the Black Sea and Caspian Sea as remnants of Mesozoic back-arc basins. *Tectonophysics*, 123 (this vol.): 181-240.

Khazar Fault, its structure and activity

Ahmad Rashidi^{1*}, Khaled Hessami Azar²

1*. Assistant Professor, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, Iran.

2. Assistant Professor, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, Iran.



Abstract:

The Khazar fault in the northern part of the Alborz mountains have changed the topography by making an obvious terrace in which along that the mountain drainage lines is ended where it is impossible to observe the geology structures due to the severe erosion and massive vegetation. The simultaneous strike-slip and thrust movements parallel to the Alborz mountain chain shows that the deformation in this range is the result of the oblique shortening. This deformation indicates an sinistral transpression system in the northern ridge of this mountain chain along the Khazar fault.

The progressive activity of the Khazar fault has caused the fault segments, with strike-slip mechanisms, originating from it. These faults almost aren't so long and are ended to some fractures in their southern range. The northern ridge of Alborz mountain range is controlled by their strike-slip displacement and the Khazar fault.

Keywords: Geometrical Analysis, Kinematical Analysis, Khazar Fault, Alborz, Iran.

* rashidi@iiees.ac.ir