

بررسی شواهد تشکیل حوضه کششی در منطقه رستم آباد، استان گیلان

رعنا رضوی پش^۱، محمدرضا قاسمی^۲، حجت اله صفری^۳

^۱ دانشجوی دکترا، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
^۲ دانشیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
^۳ استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۷/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۰۶

چکیده

گستره رستم آباد در پهنه ساختاری البرز باختری قرار دارد و بخشی از سامانه گسلی راستالغز چپ بر پهنه گسله لاهیجان به شمار می‌آید. این گستره به صورت یک حوضه فرونشسته بر روی مدل‌های رقمی ارتفاع دیده می‌شود. این پژوهش، با انجام عملیات صحرایی، استفاده از فناوری‌های سنجنش از دور و روش‌های آماری، به بررسی هندسه و تحلیل جنبش‌شناختی گسل‌های گستره رستم آباد می‌پردازد و تلاش دارد تا با بهره‌گیری از شواهد ساختاری و ریخت‌شناسی موجود به معرفی یک حوضه واگشوده در گستره بپردازد. بنا بر نتایج حاصل از این پژوهش، رستم آباد در محل همپوشانی دو پاره گسل با سازوکار حرکتی راستالغز چپ بر و آرایش چپ‌گام نسبت به هم، قرار گرفته است. گسل‌های عادی فراوان، شکستگی‌های کششی، الگوی رمبوندی، نهستگی گسترده آبرفت‌ها و تزیق دایک‌های آذرین در سنگ ماسه‌های جوان گستره فروافتاده رستم آباد بیانگر رژیم زمین‌ساختی کششی محلی در این گستره می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: رستم آباد، البرز باختری، حوضه واگشوده، گسل‌های راستالغز چپ بر

***نویسنده مسئول:** رعنا رضوی پش

E-mail: ranarazavi@ymail.com

۱- پیش‌نوشتار

گستره مورد مطالعه در پهنه ساختاری البرز باختری در استان گیلان قرار گرفته است. این گستره در جنوب دریای کاسپین در گستره کوهستانی تالش و البرز باختری قرار داشته و زمین‌لرزه‌های زیادی را تا به امروز تحمل کرده است. زمین‌ساخت پیچیده البرز باختری و از سوی دیگر قرارگیری استان گیلان در جنوب باختر دریای کاسپین، سبب شده است که این گستره از لحاظ لرزه‌ای پتانسیل بالایی داشته باشد (Ghodrati & Razavian, 2008). اغلب زمین‌لرزه‌های قدیمی روی داده در نزدیکی رودبار- رستم آباد باعث ویرانی این گستره در سده‌های پیش از میلاد شده است (Berberian et al., 1992). گستره رستم آباد در راستای رودخانه سپیدرود واقع شده است که بخشی از سامانه گسلی راستالغز چپ بر پهنه گسله لاهیجان می‌باشد. گسل‌های موجود در این گستره به عنوان شکستگی‌های شکل گرفته در این سامانه گسلی، به شمار می‌آیند (رضوی پش، ۱۳۹۰). گستره رستم آباد بر روی تصاویر ماهواره‌ای به صورت یک گستره فروافتاده قابل مشاهده است (شکل ۱).

از نوع تاقدیس‌گون برانباشتی برای بخش باختری البرز نیز قابل تصور است (Nazari & Salamati, 1998). زمین‌لرزه‌هایی که در گستره البرز باختری اتفاق افتاده‌اند رژیم تنش فشارشی و راستالغز را نشان می‌دهند (Tatar & Hatzfeld, 2008) (شکل ۲). با توجه به راندگی‌هایی که در البرز باختری دیده می‌شود، رژیم زمین‌ساختی چیره آن باید به صورت فشارشی باشد. به رغم وجود فشارش در گستره، بیشتر گسل‌های موجود در گستره رستم آباد سازوکار عادی را نشان می‌دهند (رضوی پش، ۱۳۹۰). وجود رژیم زمین‌ساختی فشارشی با فراوانی گسل‌های عادی در گستره رستم آباد مطابقت ندارد. بنابراین، این پژوهش را با هدف بررسی رژیم زمین‌ساختی حاکم بر گستره رستم آباد و ارتباط آن با ایجاد گسل‌های عادی موجود دنبال کرده‌ایم. در این پژوهش، راستای رودخانه سپیدرود از ضلع باختری سد تاریک تا رودبار مورد بررسی و تحلیل‌های ساختاری قرار گرفته است. در ادامه، گسل‌های اصلی به وجود آورنده حوضه فروافتاده رستم آباد استخراج شده است. گستره مورد مطالعه در طول‌های جغرافیایی خاوری $49^{\circ} 21' 59''$ تا $49^{\circ} 41' 8''$ و عرض‌های جغرافیایی شمالی $36^{\circ} 46' 20''$ تا $37^{\circ} 1' 13''$ قرار گرفته است که توسط بخشی از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ رودبار (نظری و سلامتی، ۱۳۷۷) و جیرنده (قلمقاش، ۱۳۸۱) پوشش داده می‌شود. مناطق برداشت داده‌ها در این پژوهش عبارتند از: ضلع باختری سد تاریک، ورودی روستای سیاه رود، ورودی رستم آباد، جنوب رستم آباد (حدفاصل رستم آباد- رودبار)، شمال رودبار (نزدیکی گستره لویه)، باختر رودبار (مسیر روستای سرخن) و خاور رودبار (مسیر روستای گلدیان). بهترین راه دسترسی به گستره مورد مطالعه، آزاد راه رشت- قزوین و جاده‌های فرعی منشعب از آن است (شکل ۳). از واحدهای سنگی مهم موجود در گستره مورد مطالعه، در پالئوزوئیک سازندهای دورود و روت با سن پرمین و در مزوزوئیک سازندهای شمشک با تناوبی از شیل و ماسه‌سنگ و آهک‌های تیزکوه می‌باشند. مهم‌ترین سازندهای دوران سنوزوئیک در گستره، سازندهای کرج است که در بردارنده توف‌های آندزیتی، گدازه‌های بازالتی، شیل‌های توفی، سنگ‌جوش با میان‌لایه‌های آهک و گدازه‌های دیکیتی می‌باشد. علاوه بر این، مناطق پست موجود در گستره به وسیله رسوبات دوران کواترنری پوشیده شده است (شکل ۴).

رشته کوه البرز پدیده‌های دگرشکلی همزمان فشارشی و راستالغز را از خود نشان می‌دهد و به همین دلیل برخی از پژوهشگران البرز را به عنوان یک پهنه ترافشارشی در نظر می‌گیرند (Allen et al., 2003) که در اثر دگرشکلی فشارشی پایان سنوزوئیک ایجاد شده است (Alavi, 1996). دگرشکلی فشارشی در میوسن، یا حتی زودتر، همزمان با مراحل اولیه برخورد صفحه عربی با اوراسیا به وجود آمده است. بالا آمدگی‌های حاصله باعث ته‌نشست رسوبات آواری در حوضه‌های بین کوهی در این رشته کوه شده است. تبخیری‌های میوسن تنها در البرز جنوبی شناخته شده‌اند در حالی که لایه‌های دریایی در شمال آن وجود دارند. گسل‌های راستالغز راست بر و چپ بر مزدوج در طی این فاز فعالیت داشته‌اند که دارای روند WNW در باختر و ENE در خاور می‌باشند. چنین حرکتی در اثر کوتاه‌شدگی شمالی- جنوبی در عرض رشته کوه به وجود آمده است (Allen et al., 2003).

Alavi (1996) بر اساس مشاهدات زمین‌شناختی ناحیه بینالود در البرز خاوری، ساختار البرز را در قالب ساختارهای دوپلکس از نوع تاقدیس‌گون بر انباشتی (antiformal stack) در نظر گرفته است. بر اساس ویژگی‌های ساختاری پهنه گسلی منجیل در شمال دریاچه سد سفید رود، ساختار دو پلکس

۲- جایگاه زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه

البرز یک شاخه از کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا است که در اثر برخورد اوراسیا- خردقاره ایران از پایان کرتاسه (تا میوسن) شکل گرفته است. این رشته کوه مرز بین کاسپین جنوبی و فلات ایران می‌باشد (Zanchi et al., 2006; Guest et al., 2007) که در نتیجه تقسیم‌شدگی کرنش بین گسل‌های راندگی و راستالغز چپ‌بر موازی با راستای رشته کوه تغییر شکل یافته است. تغییر شکل یاد شده در اثر همگرایی شمالی- جنوبی بین صفحه‌های تازی- اوراسیا و حرکت رو به سوی باختر کاسپین جنوبی نسبت به خردقاره ایران می‌باشد. گسل‌های راستالغز چپ‌بر فعال با روند NE-SW در خاور رشته کوه و NW-SE در باختر آن قرار دارند (Allen et al., 2003). مرز شمالی البرز، زمین درز پالتوتیس است که حاصل برخورد میان پوسته قاره‌ای البرز با قطعه سنگ کره‌ای توران در اواخر تریاس است و با مجموعه‌های فیولیتی دگرگون شده و نیز بقایای رسوبات ژرف دریایی دگرگون شده متعلق به اقیانوس تیتیس کهن که در طول این محدوده یافت شده، متمایز می‌شود (Alavi, 1991). به اعتقاد برخی پژوهشگران، این زمیندرز بر گسل کاسپین منطبق می‌شود (آقنابتی، ۱۳۸۳). گسل کاسپین جداکننده مرز کوه و دشت در البرز می‌باشد که در بیشتر گزارش‌ها شیب آن به سمت جنوب دانسته شده است (Berberian, 1983; Axen et al., 2001; Allen et al., 2003). این رشته کوه بر اساس تقسیم‌بندی الگوی V شکل خود به رشته کوه‌های باختری (با روند شمال‌باختری- جنوب‌خاوری)، مرکزی (با روند خاوری- باختری) و خاوری (با روند شمال‌خاوری- جنوب‌باختری) تقسیم شده است. روند ساختاری کوه‌های بخش باختری البرز، شمال‌باختری- جنوب‌خاوری و تا اندازه‌ای با نوار شمالی زاگرس چین‌خورده و امتداد ساختمانی قفقاز کوچک و بزرگ هم‌جهت است (Solaimani, 2001).

گذر چندین گسل طولی، موازی با روند ساختاری کوه‌های البرز، سبب شده تا با دیدگاه‌های متفاوت، البرز به چند واحد ساختاری متفاوت تقسیم شود. تقسیمات پیشنهادی اشتوکلین که پر استفاده‌ترین آنهاست (Stocklin, 1974)، به شرح زیر می‌باشد:

۱- پهنه برآمده گرگان: ناحیه به نسبت مقاومی از سنگ‌های دگرگونی است که با رسوبات کم‌ستبر، ۳۰۰-۵۰۰ متر، مزوزویک پوشیده شده است. برآمدگی و به عبارتی پیشامدگی گرگان دارای روند خاوری- باختری است و محور آن به سوی باختر نشست دارد و به نظر می‌رسد بخشی از منشورهای فزاینده تیتیس کهن باشد.

۲- پهنه نئوزن شمالی: شامل کمربندی چین‌خورده از سنگ‌های مزوزویک و مولاس‌های نئوزن است. مرز جنوبی آن منطبق بر یک گسل راندگی است. سنگ‌های نئوزن این پهنه، رخساره کاسپین جنوبی، یعنی پارتیتیس، دارند.

۳- پهنه شمالی- مرکزی: مشخصه این پهنه رسوبات پایایی است که به تقریب از پرکامبرین پسین تا کرتاسه بالایی در آن انباشته شده‌اند. افزون بر آن کمی رویدادهای آتشفشانی صورت گرفته دگرشکلی ساختاری عمده این پهنه در دوره تشریری انجام گرفته است.

۴- پهنه جنوبی- مرکزی: در این پهنه، رسوبات کم‌ژرفای پیش از تشریری، به وسیله حجم زیادی از آتشفشانی‌های ائوسن پوشیده شده‌اند. از ویژگی آن، راندگی‌های پس از ائوسن است.

۵- پهنه تشریری جنوبی: دارای آتشفشانی‌های بسیار ستبر ائوسن و رسوبات خشکی نئوزن است. این پهنه با راندگی‌های ملایم به سمت جنوب مشخص است.

۶- بالآآمدگی پیشانی جنوبی: دارای رسوبات کم‌ژرفا و سنگ‌های آتشفشانی است. مراحل چین‌خوردگی از کرتاسه آغازین به بعد و گسل خوردگی‌های عادی و معکوس در آن مشهود است. به همین رو، بسیار محتمل است که این پهنه و حتی بخشی از پهنه ۵ متعلق به بخش شمالی ایران مرکزی و یا پهنه گذری البرز- ایران مرکزی باشند.

۳- روش پژوهش

۳-۱. **عناصر ساختاری:** ابتدا از طریق کنترل‌های میدانی (اندازه‌گیری‌های صحرائی)، ساختارهای برونزد یافته در گستره برداشت شدند و موقعیت برداشت آنها با GPS مشخص شد. شواهد زیادی از گسل‌خوردگی مانند خش‌لغزهای موجود روی سطوح گسل، جابه‌جایی لایه‌ها، رشد بلورها در جهت حرکت بلوک‌های گسله، خردشدگی لایه‌ها در مسیر حرکت گسل و پله‌های گسلی در این ایستگاه‌های مختلف برداشت داده‌ها قابل مشاهده می‌باشند. علاوه بر شواهد یاد شده، شواهد دیگری از گسل‌خوردگی از جمله شواهد ریخت‌زمین‌ساختی مانند الگوی جابه‌جایی رودخانه‌ها نیز در گستره دیده می‌شود. سپس از تصویر ماهواره‌ای گستره برای نشان دادن این گسل‌ها استفاده شد. افزون بر گسل‌های برداشت شده، تعدادی گسل نیز به وسیله شواهد وجود گسل‌ها از تصاویر ماهواره‌ای استخراج شد. برای تشخیص گسل‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای ETM⁺ (مربوط به سال ۲۰۰۷) از ترکیب باند (۷-۴-۱) استفاده شد. همچنین با اعمال فیلترهای جهت‌دار در جهات ۴۵، ۱۳۵، ۹۰ و ۱۸۰ درجه بر روی تصویر ماهواره‌ای گستره (در محیط نرم‌افزار ENVI) شکستگی‌های موجود در گستره شناسایی شدند. با توجه به اینکه این ساختارها بر روی تصویر ماهواره‌ای به صورت خطی خود را نشان می‌دهند و می‌توانند با دیگر عوارض خطی مانند خطوط آبراهه و جاده‌ها اشتباه گرفته شوند بنابراین، از علائم و نشانه‌هایی که این قبیل عوارض و ساختارها بر روی تصویر از خود نشان می‌دهند، کمک گرفته شد. این نشانه‌ها عبارتند از: ۱- تغییر رنگ خاک‌ها، ۲- حالت خطی پوشش گیاهی، ۳- الگوی مستقیم رودخانه‌ها، ۴- گودی‌هایی که به صورت خطی قرار دارند، ۵- قطع‌شدگی امتداد عوارض ساختمانی و ۶- کنار هم قرار گرفتن لیتولوژی‌های متفاوت با سن‌های مختلف می‌باشند. در ادامه با استفاده از محیط نرم‌افزاری GIS (با استفاده از نرم‌افزار Arcview) اقدام به رقومی نمودن گسل‌های استخراج شده، گردید. علاوه بر گسل‌های استخراج شده، گسل‌هایی که قبلاً در گستره تشخیص داده شده بودند نیز به نقشه افزوده گردید. در پایان نمودارهای گل‌سرخ‌ی به نقشه یادشده افزوده شده و نقشه ساختاری نهایی گستره آماده گردید (شکل ۵).

۳-۲. **تحلیل ساختاری:** تجزیه و تحلیل گسل‌ها به صورت هندسی و جنبش‌شناختی انجام شده است.

- **تحلیل هندسی گسل‌ها:** برای تحلیل هندسی، مشخصات ساختارها شامل امتداد، مقدار شیب و جهت شیب اندازه‌گیری شد و سپس بر اساس روش بسامد- راستا (Frequency-strike)، نمودار گل‌سرخ‌ی از شکستگی‌های این مناطق ترسیم (شکل ۶) و نتایج به دست آمده بر روی نقشه ساختاری (برپایه تصاویر ماهواره‌ای) هر بخش آورده شد. جهت به دست آوردن گسل اصلی از بین گسل‌های اندازه‌گیری شده، قطب تمامی گسل‌ها روی یک صفحه قرار گرفت و صفحه عمود بر آن که گسل اصلی را نشان می‌داد، ترسیم شد (Ragan, 2009).

- **تحلیل جنبشی گسل‌ها:** برای تحلیل محورهای فشارشی موجود در گستره از اطلاعات مربوط به خش‌لغزها (ریک و جهت ریک) استفاده شد (شکل ۷- الف). با توجه به مقدار و جهت ریک موجود بر روی سطوح گسلی، گسل‌های با سازوکار مختلف از یکدیگر متمایز شدند. به طور قراردادی، گسل‌های با سازوکار معکوس و راندگی با ریک منفی و گسل‌های با سازوکار عادی با ریک مثبت در نظر گرفته شدند. سپس این اطلاعات وارد نرم‌افزار Georient شد. در این روش صفحه گسل و خش‌لغزهای (پیکان‌ها) آنها ترسیم می‌شود. جهت پیکان‌ها، حرکت کمر پایین را نسبت به کمر بالا نشان می‌دهد. زمانی که سطوح لغزش متفاوت بر روی استریونت پلات شوند، الگوی حاصله سوگیری جهات محورهای اصلی استرس را

نشان می‌دهد (Fossen, 2010). با توجه به الگوی سوگیری آنها، فشارش و کشش را می‌توان به ترتیب به صورت نقاط توپر و توخالی بر روی استریونت نشان داد (با استفاده از نرم افزار Georient) و جهات کلی محورهای اصلی استرس را برآورد کرد (شکل ۷-ب).

۴- نتایج

در این پژوهش، با انجام مطالعات صحرایی اطلاعات مربوط به ساختارهای زمین‌شناسی گستره جمع‌آوری شده است. بررسی‌های صحرایی نشان داد که دگرشکلی چیره در گستره رستم‌آباد بیشتر از نوع شکننده بوده و ساختارهای چیره در گستره گسل‌ها و درزه‌ها هستند. بر اساس داده‌های حاصل از مطالعات صحرایی، روند عمده گسل‌های موجود در گستره رستم‌آباد قابل تقسیم به چهار گروه است (شکل ۶). این چهار گروه عبارتند از:

- گسل‌های با روند شمال باختر- جنوب خاور
این گسل‌ها فراوان‌ترین گسل‌های موجود در گستره رستم‌آباد هستند. شیب بیشتر این گسل‌ها به سمت شمال خاور است. سازوکار حرکتی چیره این گسل‌ها از نوع راستالغز (چپ‌بر و راست‌بر) و راستالغز با مؤلفه معکوس می‌باشد. فراوانی روند این گسل‌ها بیشتر در راستای N135-145 است.
- گسل‌های با روند شمال خاور- جنوب باختر
شیب اغلب این گسل‌ها به سمت جنوب خاور است و سازوکار حرکتی بیشتر آنها از نوع معکوس با مؤلفه راستالغز چپ‌بر می‌باشد. فراوانی روند این گسل‌ها در راستای N35-45E است.

- گسل‌های با روند تقریبی شمالی- جنوبی
این گسل‌ها بیشتر در شمال شهر رستم‌آباد دیده می‌شوند. شیب بیشتر این گسل‌ها به سمت خاور است و سازوکار عمده آنها عادی می‌باشد. طول این گسل‌ها کم است. این گسل‌ها در راستای محور فشارش موجود در گستره که راستای شمالی- جنوبی را داراست، به وجود آمده‌اند. زمین‌ساخت کششی در گستره رستم‌آباد سبب شده تا این گسل‌ها شکل بگیرند. فراوانی امتداد این گسل‌ها در راستای N165-175 است.

- گسل‌های با روند خاوری- باختری
گسل‌هایی با راستای تقریبی خاوری- باختری نیز در رستم‌آباد وجود دارند که نسبت به سه گروه یاد شده از فراوانی کمتر برخوردارند. فراوانی امتداد این گسل‌ها در راستای N80-90 است. این گسل‌ها دارای سازوکار حرکتی معکوس هستند که باعث رانده شدن سنگ‌های کرتاسه بر روی ائوسن شده‌اند.

برای استخراج گسل‌های اصلی موجود در گستره، از تمامی داده‌های موجود در مناطق خاص استفاده شد. برای به دست آوردن گسل اصلی موجود در شمال رستم‌آباد از داده‌های حاصل از شمال رستم‌آباد و برای به دست آوردن گسل اصلی موجود در جنوب رستم‌آباد از داده‌های حاصل از جنوب رستم‌آباد و یا مناطق نزدیک به آنها (مناطق که احتمال قرار گرفتن آنها بر روی گسل‌های اصلی وجود داشت) استفاده شد.

بر اساس تحلیل جنبش‌شناختی گسل‌های منطقه، محور فشارش به دست آمده راستای N5E را نشان می‌دهد (شکل ۷-ب).

محاسبه گسل‌های اصلی با استفاده از روش‌های آماری نشان داد که دو گسل اصلی، زمین‌ساخت گستره رستم‌آباد را تحت تأثیر قرار داده‌اند. این دو گسل، روند N55E را نشان می‌دهند و ۷۰ درجه به سمت جنوب خاور شیب دارند (شکل ۸). بررسی تصاویر ماهواره‌ای و فیلترهای جهت‌دار نیز وجود این دو گسل را تأیید می‌کنند. گستره فروافتاده رستم‌آباد در محل همپوشانی این دو گسل اصلی قرار گرفته است.

۵- بحث و بررسی

بررسی شواهد ساختاری و رسوب‌شناختی موجود در گستره نشان داد که حوضه فروافتاده رستم‌آباد محل تشکیل یک حوضه کششی است که در اثر عملکرد دو گسل اصلی در شمال و جنوب رستم‌آباد به وجود آمده است. شواهد زیر را می‌توان برای اثبات تشکیل یک حوضه کششی در گستره رستم‌آباد ارائه نمود.

۵-۱. قرار گرفتن رستم‌آباد در محل همپوشانی دو گسل راستالغز اصلی

بر اساس مدل‌های ساختاری، هنگامی که دو گسل راستالغز به صورت پلکانی و همپوشان نسبت به هم قرار بگیرند، بسته به نحوه قرارگیری و سازوکار حرکتی دو گسل، حوضه کششی یا فشارشی می‌تواند در محل همپوشانی آنها تشکیل شود. بر اساس این مدل، حوضه‌های کششی در محل همپوشانی گسل‌های چپ‌بر با آرایش چپ‌گام و گسل‌های راست‌بر با آرایش راست‌گام و مناطق فشارشی در محل همپوشانی گسل‌های چپ‌بر با آرایش راست‌گام و گسل‌های راست‌بر با آرایش چپ‌گام تشکیل می‌شوند (Kusky, 2008). استخراج گسل‌های اصلی موجود در گستره رستم‌آباد نشان داد که این گستره تحت تأثیر عملکرد دو گسل راستالغز چپ‌بر است که به صورت چپ‌گام نسبت به هم قرار گرفته‌اند. محل همپوشانی این دو گسل، شهر رستم‌آباد است که نسبت به مناطق مجاور خود به صورت یک حوضه فروافتاده بوده و به وسیله رسوبات عهد حاضر پوشیده شده است (شکل ۹). این دو پاره گسل راستای رودخانه سپیدرود را در دو سمت این حوضه تشکیل شده، تحت تأثیر قرار داده‌اند. در اثر کشش حاکم بر گستره، دایک‌های آذرین در درون ماسه‌سنگ‌های گستره رستم‌آباد نفوذ کرده‌اند. ماسه‌سنگ‌ها در محل تماس با دایک دچار پختگی شده‌اند (شکل ۱۰). در مطالعات صحرایی، راستای دو گسل اصلی یاد شده به طور سیستماتیک مورد بررسی قرار گرفت. سطوحی از این دو گسل اصلی در صحرا برنزد داشته و قابل برداشت است. خش‌لغزهای موجود بر روی این سطوح گسلی، آشکارا حرکت راستالغز چپ‌بر را نشان می‌دهند. افزون بر خش‌لغزهای موجود بر روی سطوح گسلی، آثاری چون رشد بلورهای کوارتز در مسیر حرکت بلوک‌های گسلی در این مسیر قابل مشاهده است که حرکت راستالغز چپ‌بر را نشان می‌دهند (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).

بر اساس مدل برینک و اندرسون، بسته به نسبت مقدار جدایش به میزان همپوشانی دو گسل راستالغز، سه حالت می‌تواند در محل همپوشانی دو پاره گسل چپ‌بر و چپ‌گام (یا راست‌بر و راست‌گام) شکل بگیرد. بر اساس اصل اول این مدل، اگر نسبت جدایش به میزان همپوشانی دو گسل، بیشتر از یک باشد، تنها یک حوضه کششی در مرکز محل همپوشانی به شکل رومبوند می‌تواند تشکیل شود. اصل دوم این مدل بیان می‌دارد که اگر نسبت میزان جدایش به میزان همپوشانی کمتر از یک باشد آن‌گاه، دو حوضه کششی در محل همپوشانی به صورت باریک و مستطیلی شکل تشکیل می‌شود. طبق اصل سوم این مدل، اگر میزان جدایش به میزان همپوشانی برابر با یک شود، هیچ‌گونه حوضه کششی در محل همپوشانی شکل نخواهد گرفت و تنها شکستگی‌های کششی در دو انتهای محل همپوشانی دو گسل تشکیل می‌شود (Burbank & Anderson, 2001) (شکل ۱۳-الف).

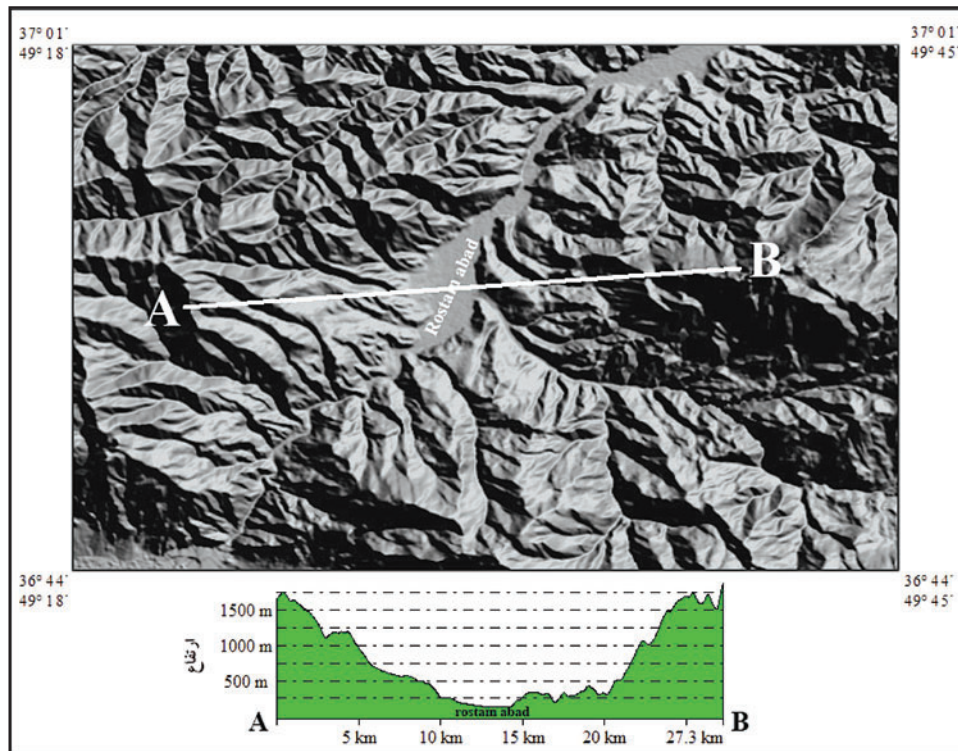
در گستره رستم‌آباد، میزان همپوشانی گسل شمال رستم‌آباد و گسل جنوب رستم‌آباد برابر با ۱/۸۴ کیلومتر و میزان جدایش این دو پاره گسل برابر با ۴/۵۳ کیلومتر است. لذا، نسبت میزان جدایش به میزان همپوشانی برابر با ۲/۴۶ کیلومتر خواهد بود (شکل ۱۳-ب). بنابراین، الگوی تشکیل حوضه کششی در گستره رستم‌آباد از اصل اول برینک و اندرسون پیروی کرده و باید تنها یک حوضه کششی در محل همپوشانی دو پاره گسل اصلی به شکل رومبوند تشکیل شود. بررسی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی بر این دلالت دارند که تنها یک حوضه کششی در گستره رستم‌آباد تشکیل شده است و شکل آن نیز از مدل برینک پیروی می‌کند (شکل ۱۴).

• شواهد ساختاری

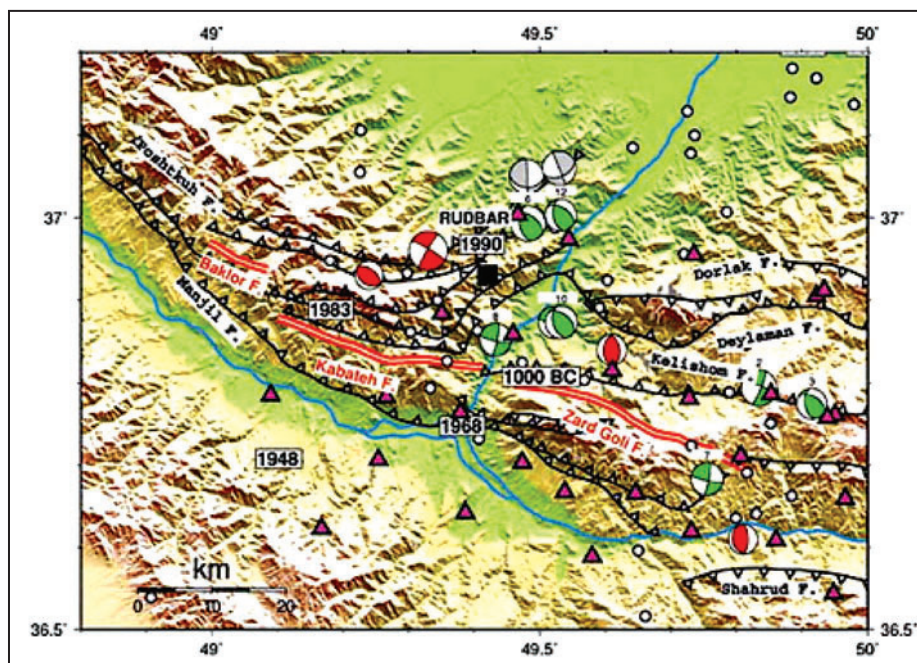
در محل تشکیل حوضه های کشتی، گسل های عادی و شکستگی های کشتی شکل می گیرند (Twiss & Moores, 1992). در ورودی شهر رستم آباد، گسل های عادی و درزه های کشتی فراوانی قابل برداشت هستند که تحت تأثیر رژیم زمین ساختی کشتی در گستره ایجاد شده اند (شکل های ۱۵، ۱۶ و ۱۷). میزان بازشدگی درزه های کشتی در این گستره متفاوت (میلی متر تا چندین سانتی متر) است.

۶- نتیجه گیری

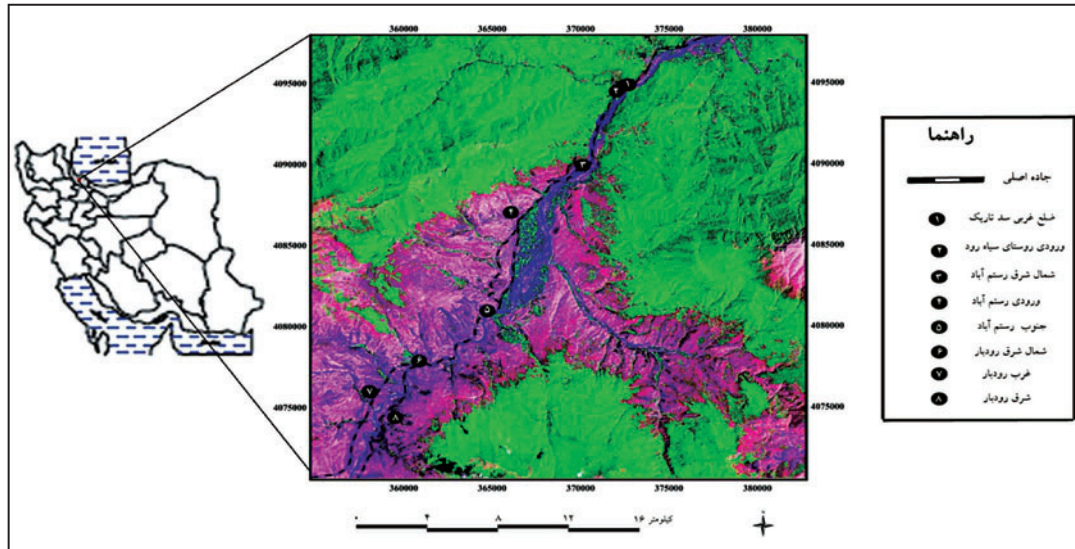
گسل های عادی، شکستگی های کشتی، الگوی رمبندری، نهستگی گسترده آبرفت ها و تزریق دایک های آذرین در سنگ ماسه ها در گستره فروافتاده رستم آباد بیانگر رژیم زمین ساختی کشتی در این گستره می باشند. این رژیم زمین ساختی حاصل عملکرد دو پاره گسل اصلی شمال و جنوب رستم آباد است که سبب تشکیل یک حوضه واگشوده در آن شده است.



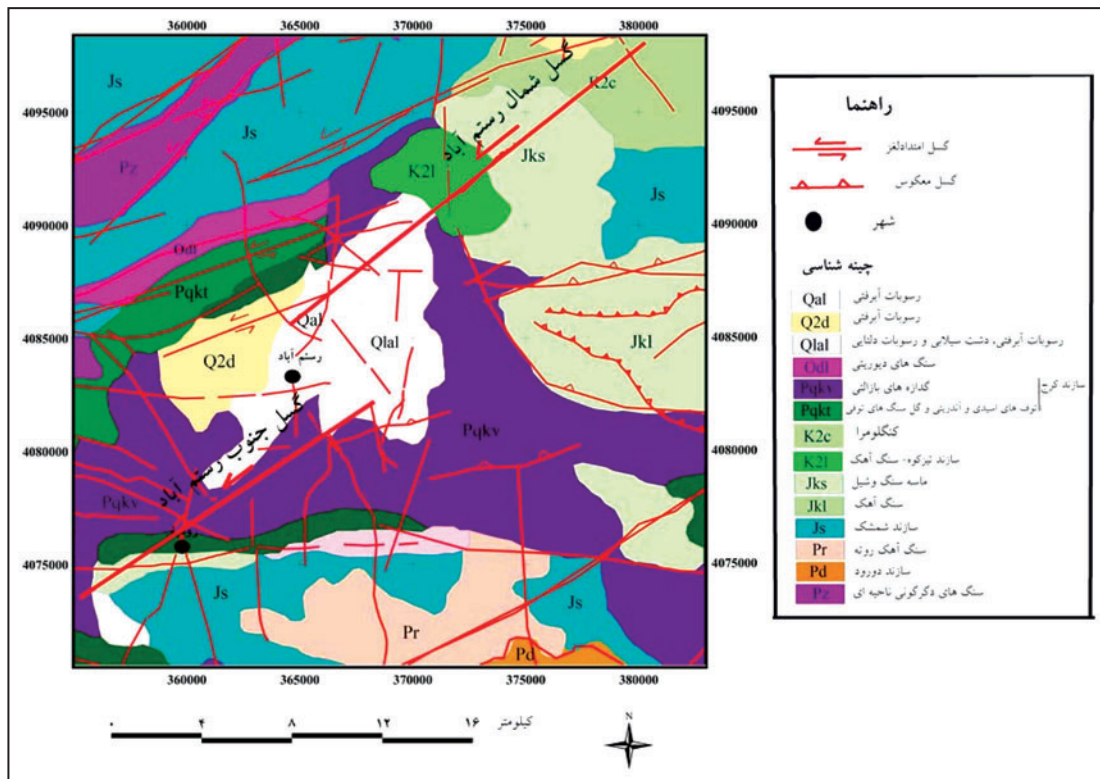
شکل ۱- فراافتادگی گستره رستم آباد بر روی مدل رقمی ارتفاع و نیمرخ آن که در عرض گستره رستم آباد زده شده است.



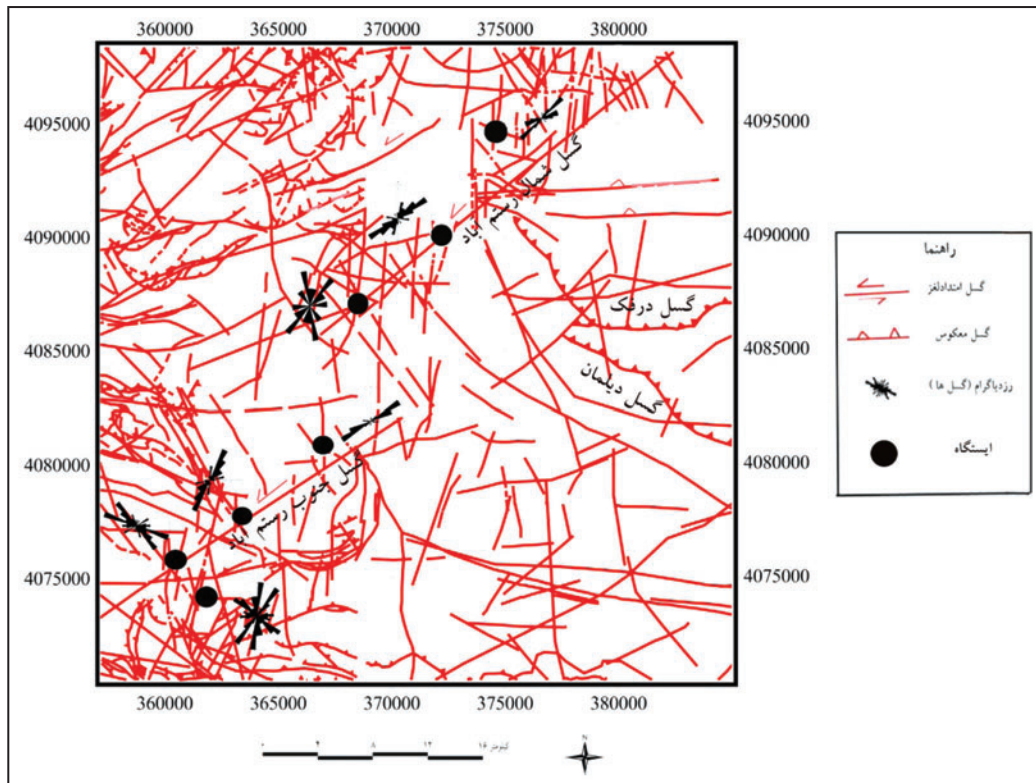
شکل ۲- گسل های اصلی و حل سازوکار کانونی زمین لرزه های گستره سپیدرود (Tatar and Hatzfeld, 2008).



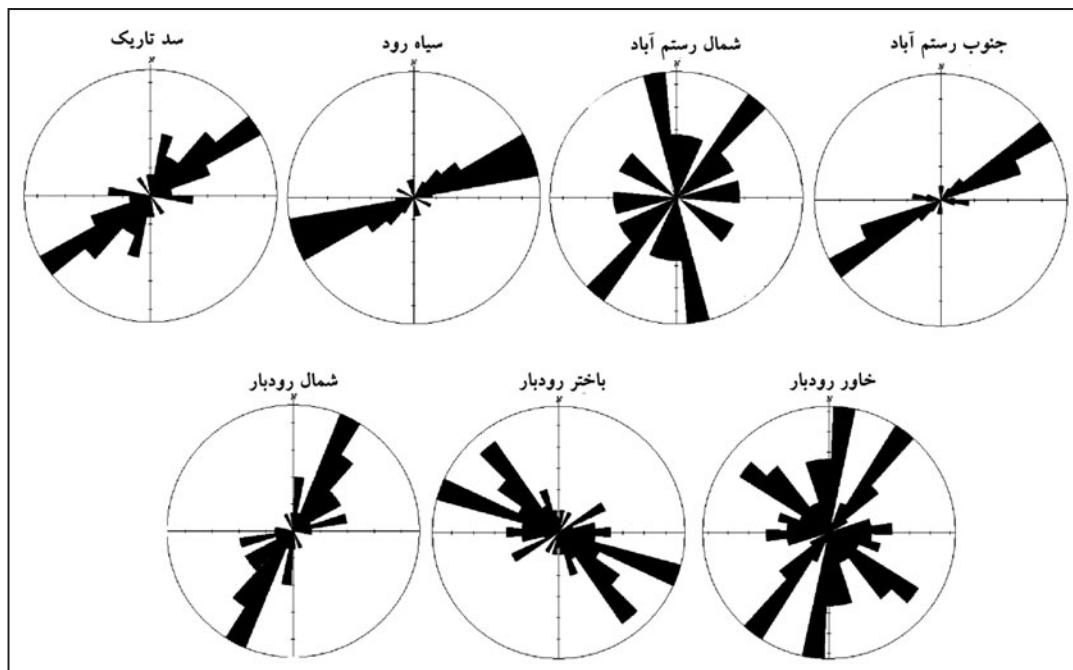
شکل ۳- راه‌های دسترسی به گستره مورد مطالعه (ایستگاه‌های برداشت داده با شماره مشخص شده‌اند).



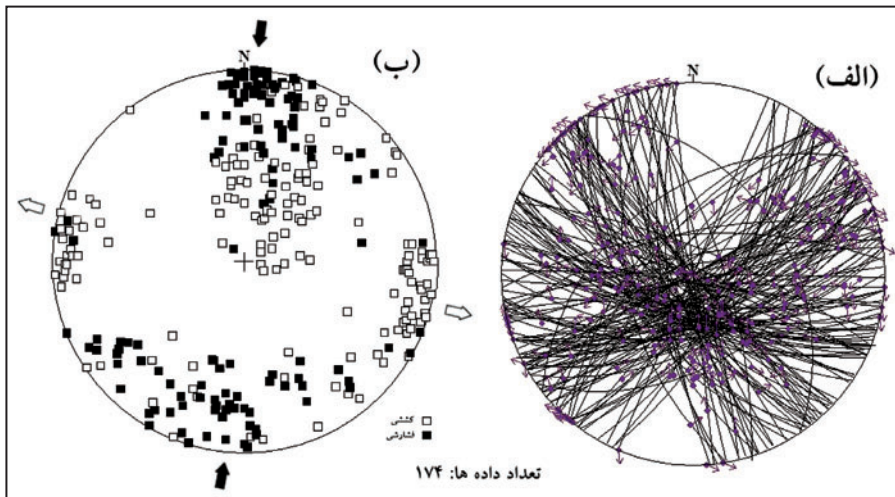
شکل ۴- نقشه زمین شناسی گستره مورد مطالعه (Annells et al., 1975).



شکل ۵- نقشه ساختاری گستره مورد مطالعه بر اساس داده‌های صحرایی و تکنیک‌های سنجش از دور.

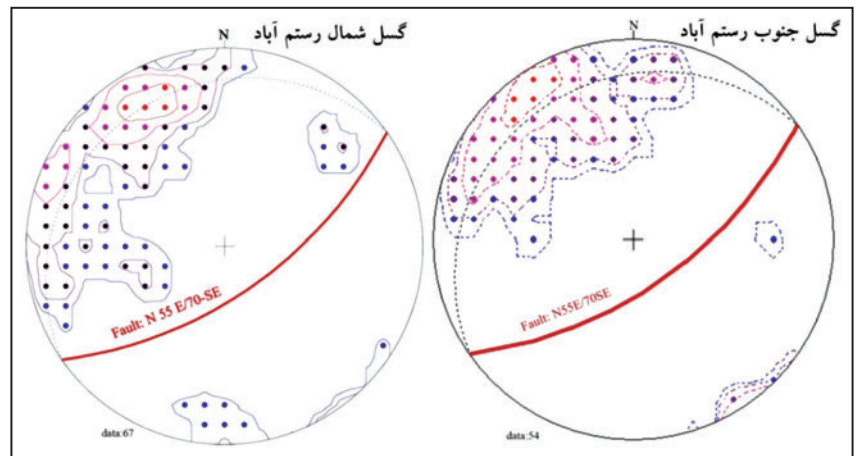


شکل ۶- نمودار گل سرخی گسل‌های برداشت شده مربوط به شکستگی‌های پهنه گسله (موقعیت ایستگاه‌های برداشت داده در شکل ۳ مشخص شده است).



شکل ۷- الف) روش به دست آوردن جهات استرس بر اساس داده‌های لغزش گسل (الگوی سوگیری خش لغزها (پیکان‌ها) نشان‌دهنده سوگیری محوره‌ای اصلی استرس در منطقه است). ب) نمایش محوره‌ای اصلی استرس (بر اساس بررسی الگوی سوگیری خش لغزهای حاصل از شکل الف).

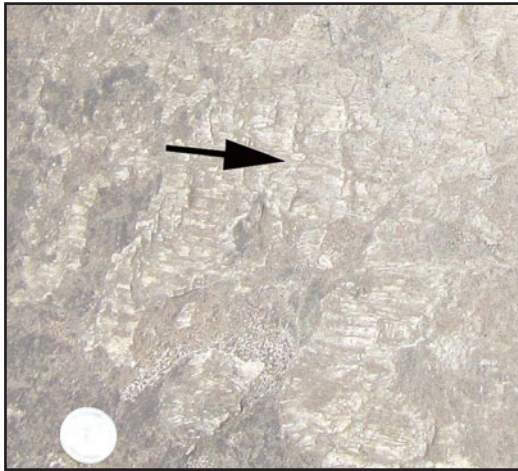
شکل ۸- گسل‌های اصلی محاسبه شده برای شمال و جنوب گستره رستم آباد (خطوط قرمز رنگ اصلی را نشان می‌دهند). (نقاط قرمز رنگ، بیشترین تمرکز و نقاط آبی رنگ کم‌ترین تمرکز قطب گسل‌ها را در استریوگرام‌ها نشان می‌دهند).



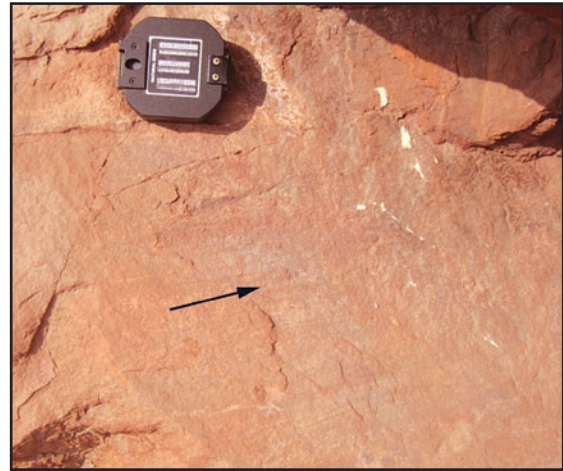
شکل ۱۰- تزریق دایک آذرین در سنگ‌ماسه‌های نهشته شده در جنوب حوضه رستم آباد. به پخته شدگی سنگ‌ماسه در سمت راست دایک توجه کنید. نگاه به سوی جنوب باختر.



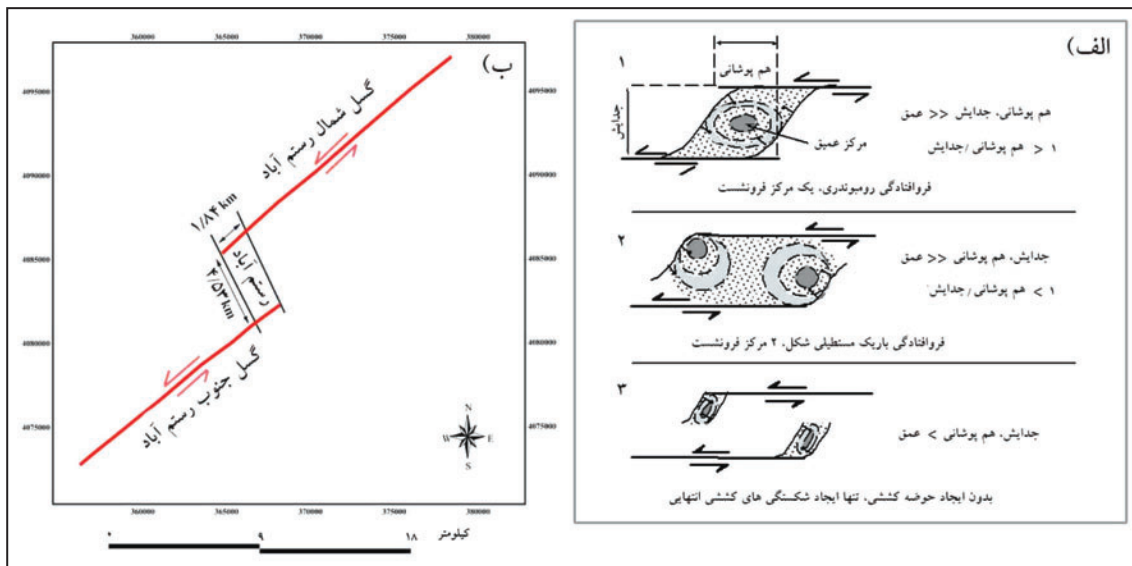
شکل ۹- نهشتگی گسترده آبرفت‌ها در حوضه رستم آباد در مقایسه با بخش‌های دیگر رودخانه سپیدرود که نشانگر فرونشست زمین‌ساختی قابل ملاحظه حوضه است.



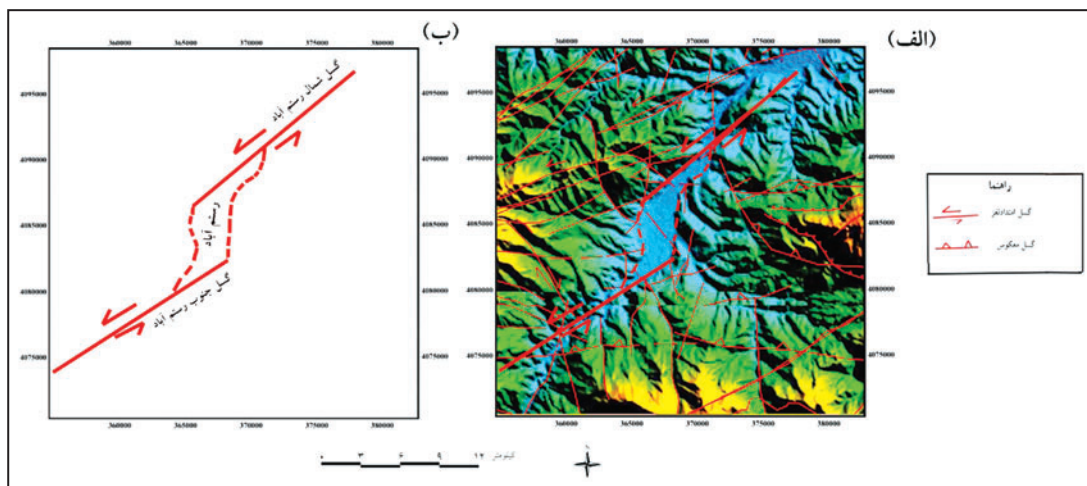
شکل ۱۲- نمایی از سطح گسل اصلی جنوب رستم آباد در رخنمون‌های سنگی واقع در جنوب رستم آباد (نگاه سوی شمال باختر). جهت رشد بلورهای کوارتز بر روی این سطح سازوکار راستالغز چپ‌بر را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- نمایی از سطح گسل اصلی شمال رستم آباد در رخنمون‌های سنگی ورودی رستم آباد (نگاه سوی شمال باختر). جهت خش‌لغز بر روی این سطح سازوکار راستالغز چپ‌بر را نشان می‌دهد.

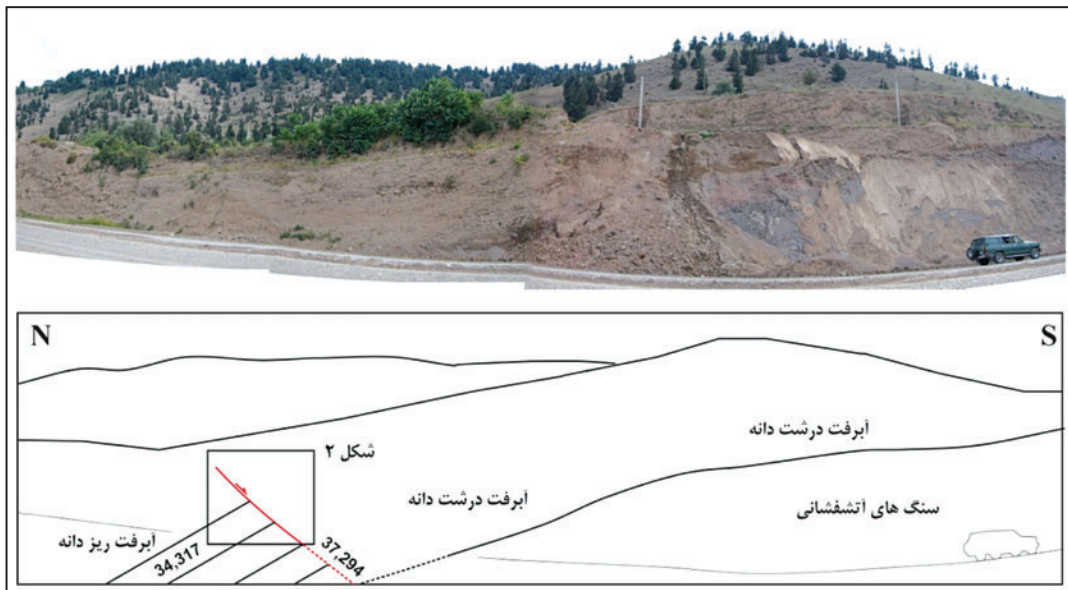


شکل ۱۳- نمایش دو پاره گسل راستالغز به صورت پلکانی و همپوشان نسبت به هم. (الف) مدل Burbank & Anderson (2001) و (ب) نمایش مقدار همپوشانی و جدایش در گستره رستم آباد.



شکل ۱۴- (الف) الگوی رمبونداری ایجاد شده در رستم آباد بر روی مدل دیجیتالی ارتفاع و (ب) مدل ارائه شده برای گستره رستم آباد.

شکل ۱۵- رخنمونی از سطح گسل عادی در شمال شهر رستم آباد (دید رو به شمال باختر است). جهت خشن لغز روی آن، سازوکار عادی را نشان می دهد.



شکل ۱۶- گسلش عادی در باختر رستم آباد، کنار بزرگراه در دست ساخت رشت-رودبار. تصویر گویا شده در زیر عکس نمایش داده شده است. وضعیت گسله (آزیموت شیب، شیب) و لایه بندی آبرفت ها در محل اندازه گیری نوشته شده است. کج شدگی لایه ها در فرادواره و فرودواره نشان از گسلش کُنده ای (block faulting) دارد.



شکل ۱۷- تصویر نزدیک تر از گسله عادی شکل ۱۶. نگاه به سوی خاور. وضعیت گسله ۳۴/۲۴۵ و خط خشن روی آن با ریک ۹۰ درجه برداشت شد.

کتابنگاری

- آفانباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ صفحه.
- رضوی پیش، ر.، ۱۳۹۰- تحلیل ساختاری پهنه گسله لاهیجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گلستان، ۹۳ صفحه.
- قلمقاش، ج.، ۱۳۸۱- نقشه زمین‌شناسی جیرنده: مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نظری، ح. و سلامتی، ر.، ۱۳۷۷- نقشه زمین‌شناسی رودبار: مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

- Alavi, M., 1991- Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountain system in northern Iran, *J. Geodynamic*, V.21, No. 2, 1-33 pp.
- Alavi, M., 1996- Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountain system in northern Iran, *J. Geodynamics*, Vol:21, No:1, 1-33 pp.
- Allen, M.B., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M. & Qoraishi, M., 2003- Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran. *Journal of Structural Geology*, v. 25, no. 5, p. 659-672 pp.
- Anells, R.n., Arthurton, R.A., Bazely, R.A. & Davies, R.G., 1975- Explanatory text of the Qazvin and Rasht Quadrangles Map, 1: 250000, Geological survey of Iran, 94 pp.
- Axen, G.J., Lam, P.S., Grove, M., Stokli, D.F. & Hassanzadeh, J., 2001- Exhumation of the west- central Alborz mountain, Iran, Caspian subsidence, and collision- related tectonic. *Geology* 29 (6), 559- 562 pp
- Berberian, M., 1983- The southern Caspian: A compression depression floored by a trapped, modified oceanic crust. *Canadian Journal of Earth Sciences* 20, 163-183 pp.
- Berberian, M., Qorashi, M., Jackson, A., Priestly, K. & Wallace, T., 1992- The Rudbar- Tarom Earthquake of 20 June 1990 in NW Persia: Preliminary Field and Siesmological observation, And its tectonic significance, *Bulletin of the Siesmological Society of America*, Vol. 82, no. 4, 1726- 1755 pp.
- Burbank, D. & Anderson, R., 2001- Tectonic geomorphology, Oxford OX41 JF, UK.
- Fossen, H., 2010- Structural geology, United States of America by Cambridge University Press, New York. 481 pp.
- Ghodrati Amiri, G. & Razavian Amrei, S.A., 2008- Siesmic hazard assessment of Gilan province including Manjil in Iran“ The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, Beijing, China, 7 pp.
- Guest, B., Guest, A. & Axen, G., 2007- Late Tertiary tectonic evolution of northern Iran: A case for simple crustal folding, *USA*, No. 58, 435- 453 pp.
- Kusky, T., 2008- Earthquakes: plate tectonics and earthquake hazards, United States of America, 169 pp.
- Nazari, H. & Salamati, R., 1998- Geological map of Rudbar. GSI.
- Ragan, D. M., 2009- structural geology, Cambridge University Press, New York, 622 pp.
- Solaimani, K., 2001- Application of Satellite Photographs in a Morpho- tectonic study of the Central Alborz, Iran, 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5- 9 November 2001, Singapore.
- Stocklin, J., 1974- Northern Iran; Albrouse Mountains. In: *Mesozoic- Cenozoic Orogenic Belt*. Spec. Pub. Geol. Soc. London 4, No.4, 213- 234.
- Tatar, M. & Hatzfeld, D., 2008- Microsiesmic evidence of slip partitioning for the Rudbar- Tarom earthquake (M_s 7.7) of 1990 June 20 in NW Iran, *Geophys. J. Int.* 1- 17 pp.
- Twiss, R.J. & Moores, E.M., 1992- Structural Geology, W. H. Freeman and Company, New York, 444 pp.
- Zanchi, A., Berra, F., Mattei, M., Ghassemi, M.R. & Sabouri, J., 2006- Inversion tectonics in Central Alborz, Iran, *J.Struc. Geol.*, 1-15 pp.

Evidences for Development of a Pull-Apart Basin in the Rostam-Abad Region, Gilan Province

R. Razavi Pash^{1*}, M. R. Ghassemi² & H. Safari³

¹ Ph.D. Student, Faculty of Science, Department of Geology, Shiraz University, Shiraz, Iran

² Associate Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

³ Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Golestan University, Gorgan, Iran

Received: 2012 October 13

Accepted: 2014 April 26

Abstract

The study area is located in western Alborz range, and is part of the Lahijan sinistral strike-slip fault system. This area is observed as a depressed basin on the digital elevation model. This research uses field studies, remote sensing techniques and statistical methods to investigate and analyze geometry and kinematics of the faults in the Rostam-Abad area, and benefits structural and geomorphic evidences to introduce a pull-apart basin in the area. Our analysis indicates that the Rostam-Abad area is located in the overlap zone of two sinistral strike-slip fault segments of the Lahijan fault zone with a left-step array. Presence of frequent normal faults, extensional fractures, rhombic pattern of the depression, extensive alluvial deposits, and intrusion of igneous dykes in young sandstones within the Rostam-Abad depression also verify a local extensional tectonic regime in this region.

Keywords: Rostam-Abad, Western Alborz, Pull-apart basin, Sinistral strike-slip faults.

For Persian Version see pages 123 to 132

*Corresponding author: R. Razavi Pash; E-mail: ranarazavi@ymail.com