

تکوین ساختاری پهنه گسلی آشخانه در شمال باختر کپه‌داغ (شمال خاور ایران)

ابراهیم غلامی^۱، سعید شرکاء^۲ و علی یساقی^۳

استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
 کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
 دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۹

چکیده

پهنه گسلی آشخانه با امتداد خاوری-باختری تا شمال باختری-جنوب خاوری در بخش شمال خاور ایران میان پهنه‌های زمین‌ساختی البرز و کپه‌داغ جای گرفته است. در هشت پیمایش عمود بر پهنه گسلی ویژگی‌های هندسی و نشانگرهای جنبشی مانند ساختار S-C، چین‌های نامتقارن، خطوط لغزشی و پله‌های گسلی اندازه‌گیری شد. با رسم نمودارهای استریوگرافی عناصر ساختاری و رسم مقاطع عرضی، پهنه گسلی آشخانه سازوکار چیره وارون با مؤلفه امتدادلغز چپ‌گرد نشان می‌دهد. تقادیس دنقوزداغ در فرادیواره این گسل جزو چین‌های وابسته به گسل و از نوع انتشار گسلی است. در بخش خاوری و در فرادیواره پهنه گسلی آشخانه، راندگی‌هایی مانند گسل کوه دوچنگ، بروج شمالی و بروج جنوبی همشیب با گسل آشخانه ایجاد شده‌اند که نشان‌دهنده همگرایی بیشتر در بخش جنوب خاوری نسبت به بخش شمال باختری این پهنه گسلی است. مقاطع ساختاری هشت گانه نشان‌دهنده گسترش گسل‌های راندگی و چین‌های وابسته به گسل و همچنین رانش مواد به سوی جنوب تا جنوب باختر هستند. چگونگی قرارگیری پهنه‌های گسلی راندگی نشان از آن دارد که در این بخش از کپه‌داغ رشد ساختارهای راندگی از شمال به سوی جنوب تا جنوب باختر انجام می‌شود.

کلیدواژه‌ها: کپه‌داغ، پهنه گسلی آشخانه، گسل راندگی، رشد ساختاری، نمودار استریوگرافی، شمال خاور ایران.

*نویسنده مسئول: ابراهیم غلامی

E-mail: egholami@birjand.ac.ir

۱- پیش‌نوشتار

بررسی تأثیر برخورد میان صفحات اوراسیا و آفریقا-عربی بر وضعیت زمین‌شناسی و زمین‌ساختی ایران (Kargarbafghi et al., 2011; Vernant and Chéry, 2006) و نقش این برخورد در ایجاد پتانسیل سترگ هیدروکربنی در حوضه‌های رسوبی مانند زاگرس و البرز (Allen et al., 2003; Zanchi et al., 2006) و حوضه جنوبی دریای خزر (Allen et al., 2002; Brunet et al., 2009; Guliyev et al., 2003; Hollingsworth et al., 2008; Jackson et al., 2002; Richardson et al., 2011) همواره مورد توجه پژوهشگران و در سال‌های اخیر، کپه‌داغ و حوضه جنوبی خزر و البرز خاوری نیز هدف بسیاری از پژوهش‌های مفصل بوده است (Hollingsworth et al., 2009 and; Javidfakhr, 2010; Javidfakhr et al., 2011a; Shabanian et al., 2009a and b).

پهنه رسوبی-ساختاری کپه‌داغ شامل کوه‌های هزارمسجد در شمال خاور ایران، در راستای WNW تا ESE، وارد خاک افغانستان می‌شود (افشارحرب، ۱۳۷۳). از جمله کارهای جدید انجام شده در کپه‌داغ می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

Hollingsworth et al. (2006) الگوی برای گسلش امتدادلغز در کپه‌داغ ارائه کردند؛ Shabanian et al. (2010) تغییر موقعیت محورهای تنش طی کواترن در کپه‌داغ را بررسی کردند؛ Javidfakhr et al. (2011b) پهنه انتقالی میان البرز و کپه‌داغ را بررسی کردند؛ Robert et al. (2014) با بررسی‌های میدانی، داده‌های لرزه‌ای و گمانه‌ها، بر پایه وضعیت چینه‌شناسی و ساختاری در شمال خاور ایران، الگوی تکامل ساختاری کمربند چین و راندگی کپه‌داغ را ارائه کردند. از آنجا که دگرشکلی در کمربندهای چین‌خورده-رانده با تشکیل گسل‌های رانده و چین‌های وابسته به گسل همراه است و چین‌های وابسته به گسل در این الگو، معرف موقعیت راندگی و سوی حرکت آنها هستند (McClay, 2000)؛ بنابراین بررسی ساختاری پهنه‌های گسلی و چین‌های وابسته به گسل می‌تواند در تبیین الگوی ساختاری نقش مؤثری داشته باشد. در شمال باختر کپه‌داغ و در حد فاصل میان پهنه‌های زمین‌ساختی البرز و کپه‌داغ محدوده‌ای با روند E-W وجود دارد که گسل‌های راندگی در آن رشد چشمگیری دارند. منطقه مورد مطالعه در شمال خاور ایران در استان خراسان شمالی با موقعیت E56.46 طول خاوری و 37.72-37.58 عرض شمالی در شمال باختر بجنورد، به نام گسل آشخانه به عنوان بخشی از پهنه انتقالی میان رشته‌کوه‌های البرز و کپه‌داغ است (شکل ۱).

۲- ویژگی‌های سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه

بیشتر واحدهای سنگی مربوط به کرتاسه هستند (شکل ۲) و عبارتند از: سازند آهکی تیرگان (Kt): که به صورت همشیب روی سازند شورجبه (معادل محلی آن سازند زرد) جای دارد. سازند سرچشمه (Ksa): متشکل از مارن و شیل که در این منطقه با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگی روی سازند تیرگان قرار گرفته است (خسروتهرانی، ۱۳۸۶). سازند سنگانه (Ks): این واحد شیلی با میان‌لایه‌های سیلت ماسه‌ای، به صورت همشیب روی سازند سرچشمه و زیر سازند آیتامیر قرار دارد (آقانباتی، ۱۳۸۳). واحدهای نئوژن (N): متشکل از مارن و کنگلومرا. واحدهای آبرفتی کواترن شامل پادگانه‌های کهن و واحدهای آبرفتی (Sahandi et al., 2001).

۳- پهنه گسلی آشخانه

امتداد گسل آشخانه خاوری-باختری تا شمال باختری-جنوب خاوری است که با شیب به شمال سبب رانده شدن آهک تیرگان روی واحدهای سرچشمه و نئوژن شده است. ویژگی‌های هندسی و جنبشی این گسل، در هشت برش ساختاری (A-A' تا H-H') عمود بر امتداد گسل بررسی شده‌اند (شکل‌های ۲ و ۳)؛ که برای آسانی بررسی این برش‌ها، بخش‌هایی از گسل به‌طور مجزا نام‌گذاری شده است. موقعیت هندسی صفحه گسل، ساختارهای موجود برای تحلیل ساختاری و سازوکار گسل در هر یک از برش‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

در برش‌های یاد شده، موقعیت هندسی صفحه گسل همراه با ساختارهایی که نشانگر ویژگی‌های جنبشی گسل آشخانه هستند؛ اندازه‌گیری و نمایش داده شده‌اند. هدف از این کار این است که وضعیت هندسی و جنبشی پهنه گسلی آشخانه از خاور تا باختر و همچنین چگونگی رشد ساختارها از شمال به جنوب در این منطقه مشخص شود. بدین ترتیب چگونگی رشد ساختارها در این منطقه (حداصل کپه‌داغ و البرز خاوری) تبیین می‌شود.

۳-۱. گسل آشخانه در برش A-A'

در این برش گسل آشخانه سبب رانده شدن آهک تیرگان روی واحدهای نئوژن در پهلوی پیشانی تقادیس دنقوزداغ شده است. در برخی نقاط این گسل سبب رانده شدن واحدهای تیرگان روی مارن‌های سرچشمه شده است (شکل ۴ و جدول ۱). خطوط لغزشی و تاقفرم کشیدگی برای حرکت N1۷۶ تا N۱۹۵ را برای فرادیواره گسل نشان می‌دهند.

۳-۲. گسل آشفته در برش B-B'

در این برش گسل آشفته سبب رانده شدن واحد تیرگان روی واحدهای نوژن و در برخی نقاط واحد سرچشمه شده است (شکل ۵). همچنین در این برش مارن سرچشمه به همراه آهک‌های تیرگان روی لایه‌های نوژن رانده شده‌اند. در این برش تحلیل جنبشی گسل به وسیله لنزهای گسلی و خطوط لغزشی به همراه صفحات S-C انجام شده است که حرکت وارون با مؤلفه چپ‌گرد با آزیموت $N263^{\circ}$ را برای گسل آشفته در این بخش نشان می‌دهند (جدول ۱). بردارهای حرکتی، سازوکار وارون تا وارون چپ‌گرد را روی صفحه گسل نشان می‌دهند که این ممکن است دو حرکت مجزا را برای گسل در این برش مشخص کند. حرکت وارون چپ‌گرد خطوط لغزشی با آزیموت $N259^{\circ}$ هم‌راستا با سوی حرکت به دست آمده از صفحات S-C در این گسل است و همچنین حرکت وارون با آزیموت $N181^{\circ}$ نیز روی سطح گسل با استفاده از خطوط لغزشی به دست آمده است.

۳-۳. گسل آشفته در برش C-C'

در این برش گسل آشفته تشکیل‌دهنده مرز کوه و دشت در بخش میانی دشت قره میدان است. رسوبات نوژن و سازند سرچشمه در پهلوی شمالی تاقفرم فراديواره‌ای این گسل قرار دارند. در بخش فروديواره این گسل رسوبات کواترنری در سطح دیده می‌شوند که روی رسوبات نوژن و سرچشمه قرار گرفته‌اند (شکل ۶). برای تحلیل این گسل از ویژگی‌های هندسی صفحه محوری تاقفرم استفاده شد. همچنین صفحات S-C در میان لایه‌بندی واحد آهکی تیرگان قرار داشت که به نظر Gutiérrez-Alonso and Gross (1999) گسترش این ساختارها در میان صفحات لایه‌بندی نشان‌دهنده چین‌خوردگی خمشی-لغزشی است. در این برش موقعیت هندسی صفحه گسل به ENE-WSW می‌گراید (جدول ۱). اما حرکت وارون چپ‌گرد و رانش مواد به سوی جنوب در آن دیده می‌شود. بر پایه تحلیل استریوگرافی چین‌ها، سوی جابه‌جایی بلوک فراديواره $N172^{\circ}$ به دست آمد (شکل ۶).

۳-۴. گسل آشفته در برش D-D'

در این برش گسل آشفته با تحذب به سوی شمال خاور سبب رانده شدن واحدهای تیرگان روی لایه‌های نوژن شده است. رانش مواد و رشد ساختاری به سوی جنوب، سبب تشکیل گسل رانده‌ای در لایه‌های نوژن در جنوب تاقدیس دنقوزداغ شده است (شکل ۷). با استفاده از تحلیل استریوگرافی چین کشیدگی، سوی جابه‌جایی بلوک فراديواره گسل $N190^{\circ}$ به دست آمد که نشانگر نقش مؤثر مؤلفه رانده‌ای است (شکل ۳).

۳-۵. گسل آشفته در برش E-E'

در این برش گسل آشفته سبب ایجاد چین کشیدگی در پهلوی پیشانی تاقدیس دنقوزداغ شده و آهک تیرگان را روی مارن‌های سرچشمه رانده که سبب تشکیل ناگون نامتقارن فراديواره‌ای شده است (شکل ۸). به نظر Sherhati et al. (2005) و Tavani et al. (2006) در کمربندهای چین‌خورده-رانده، ناودیس خوابیده از شروع تغییر شکل به صورت بخشی از چین‌خوردگی نوک رانده‌ای تکامل می‌یابد. با استفاده از تحلیل استریوگرافی چین کشیدگی، سوی جابه‌جایی بلوک فراديواره گسل $N229^{\circ}$ به دست آمد (شکل ۸ و جدول ۱).

۳-۶. گسل آشفته در برش F-F'

در این برش گسل آشفته سبب رانده شدن واحدهای تیرگان روی رسوبات کواترنری شده است. حرکت فراديواره بر پایه خش لغزشی گسلی $N210^{\circ}$ و بر پایه چین کشیدگی $N242^{\circ}$ به دست آمد که سازوکار رانده‌ای چپ‌گرد را تأیید می‌کند (شکل ۹ و جدول ۱).

۳-۷. گسل آشفته در برش G-G'

در این برش گسل آشفته سبب رانده شدن واحد تیرگان و زرد روی واحدهای کواترنری، نوژن و در برخی نقاط سرچشمه شده است. ساختار S-C برای جابه‌جایی روی سطح گسل را به‌طور میانگین $N187^{\circ}$ نشان می‌دهد؛ اما چین کشیدگی برداشت شده در این ایستگاه سوی حرکت فراديواره را در جهت آزیموت $N199^{\circ}$ نشان می‌دهد (شکل ۱۰ و جدول ۱).

۳-۸. گسل آشفته در برش H-H'

در خاور دشت آشفته، این گسل سبب رانده شدن سازند تیرگان روی رسوبات نوژن شده است. با توجه به شواهد صحرایی، تنها در سوی باختر این گسل، بیرون‌زدگی واحد تیرگان دیده می‌شود و در بقیه نقاط، اثر گسل به صورت یک پرتگاه گسلی در رسوبات نوژن دیده می‌شود که نشان از جوان بودن این گسل نسبت به رانده‌ای‌های بخش شمالی آن دارد. با استفاده از تحلیل استریوگرافی بردار لغزشی و سطوح ساختاری S-C در پهنه گسلی، میانگین جهت جابه‌جایی به سوی جنوب باختر است که سازوکار وارون با مؤلفه چپ‌گرد را برای این گسل نشان می‌دهد (شکل ۱۱ و جدول ۱).

۴-۱. رانده‌ای‌های مرتبط با گسل آشفته

در بخش خاوری گسل آشفته و در فراديواره آن چندین گسل رانده‌ای به صورت متوالی قرار گرفته‌اند که با گسل آشفته هم‌سایب و هم‌راستا هستند (شکل ۱۲). از محل گسل آشفته به سوی شمال، این رانده‌ای‌ها به ترتیب زیر هستند: گسل بروج جنوبی، گسل بروج شمالی و گسل کوه دوچنگ (شرکاء و همکاران، ۱۳۹۳).

۴-۱.۱. گسل رانده‌ای کوه دوچنگ

با شیب همسو با گسل آشفته و طول ۱۶ کیلومتر، شمالی‌ترین رانده‌ای در منطقه مورد مطالعه است. در پیمایش در بخش باختری این گسل در برش ساختاری F-F'، چین انتشار گسلی در مرز میان واحدهای زرد و تیرگان دیده می‌شود (شکل ۹). چین‌های انتشار گسلی توسط رانده‌ای‌ها تشکیل می‌شوند و انتشار گسل‌های فلسی را تأیید می‌کنند (Mitra, 2002; Judge and Allmendinger, 2011). از آنجا که چین‌های این منطقه پهلوی پیشانی پرشیب تا برگشته نشان می‌دهند؛ ناودیس‌های با رانده‌ای به سوی بیرون، در فروديواره گسل‌های رانده‌ای در حال انتشار وجود دارد و در نزدیکی پهلوی پیشانی این چین‌خوردگی چندین گسل برشی دیده می‌شود؛ بنابراین، چگونگی تکامل این گسل‌های برشی انتشار گسل‌های فلسی را تأیید می‌کنند. برای تحلیل هندسی و جنبشی این گسل از چین کشیدگی به همراه خطوط لغزشی روی سطح گسل استفاده شد که سازوکار وارون چپ‌گرد را برای این گسل نشان می‌دهند (شکل ۱۳ و جدول ۱).

همان‌گونه که اشاره شد در بخش خاوری پهنه گسلی آشفته دو رانده‌ای دیگر میان گسل رانده‌ای کوه دوچنگ و گسل آشفته به نام‌های بروج شمالی و بروج جنوبی وجود دارند که در دو برش ساختاری G-G' و H-H' بررسی شده‌اند (شکل‌های ۳ و ۱۲):

۴-۲. گسل رانده‌ای بروج شمالی

این گسل در برش‌های G-G' و H-H' سبب رانده شدن واحد زرد روی واحد تیرگان شده است (شکل ۱۴-الف). بر پایه تحلیل صفحات S-C، چین کشیدگی و خطوط لغزشی، سازوکار این گسل وارون چپ‌گرد است (جدول ۱).

۴-۳. گسل رانده‌ای بروج جنوبی

این گسل در باختر به رانده‌ای بروج شمالی می‌رسد و واحدهای تیرگان و زرد را روی رسوبات نوژن رانده است. بر پایه تحلیل صفحات S-C و خطوط لغزشی، سازوکار این گسل وارون است (جدول ۱).

۵- نتیجه‌گیری

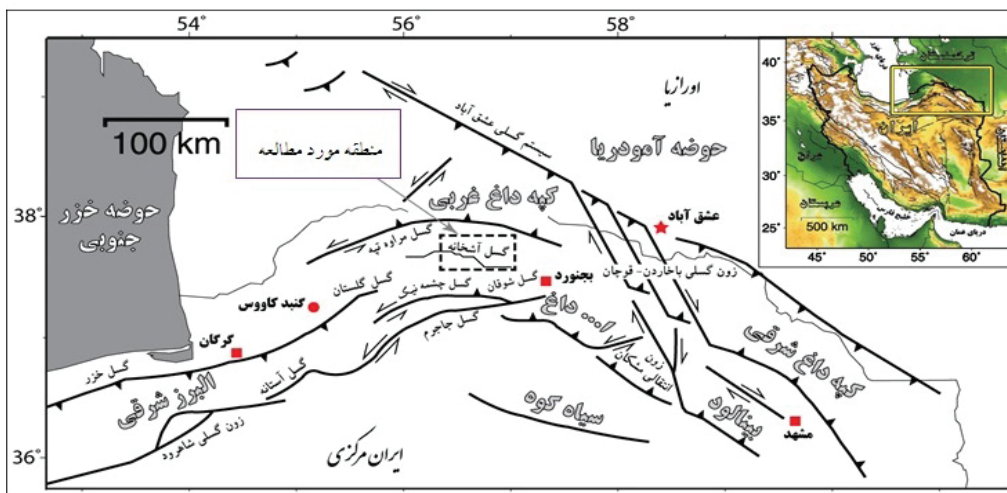
در برش‌های هشت‌گانه و بر پایه وضعیت هندسی عناصر ساختاری همچون چین و ریزچین‌های کشیدگی، خطوط لغزشی سطح گسل، ساختارهای S-C و لنزهای گسلی، سازوکار وارون همراه با مؤلفه برشی چپ‌گرد برای گسل آشفته به دست آمد. در همه این برش‌ها گسل رانده‌ای آشفته سبب رشد تاقدیس دنقوزداغ شده است.

در بخش باختری گسل آشفته، مهاجرت این پهنه گسلی به سوی جنوب-جنوب باختر یعنی بخش جلوی رانده‌ای است. در بخش خاوری پهنه گسلی آشفته، رشد

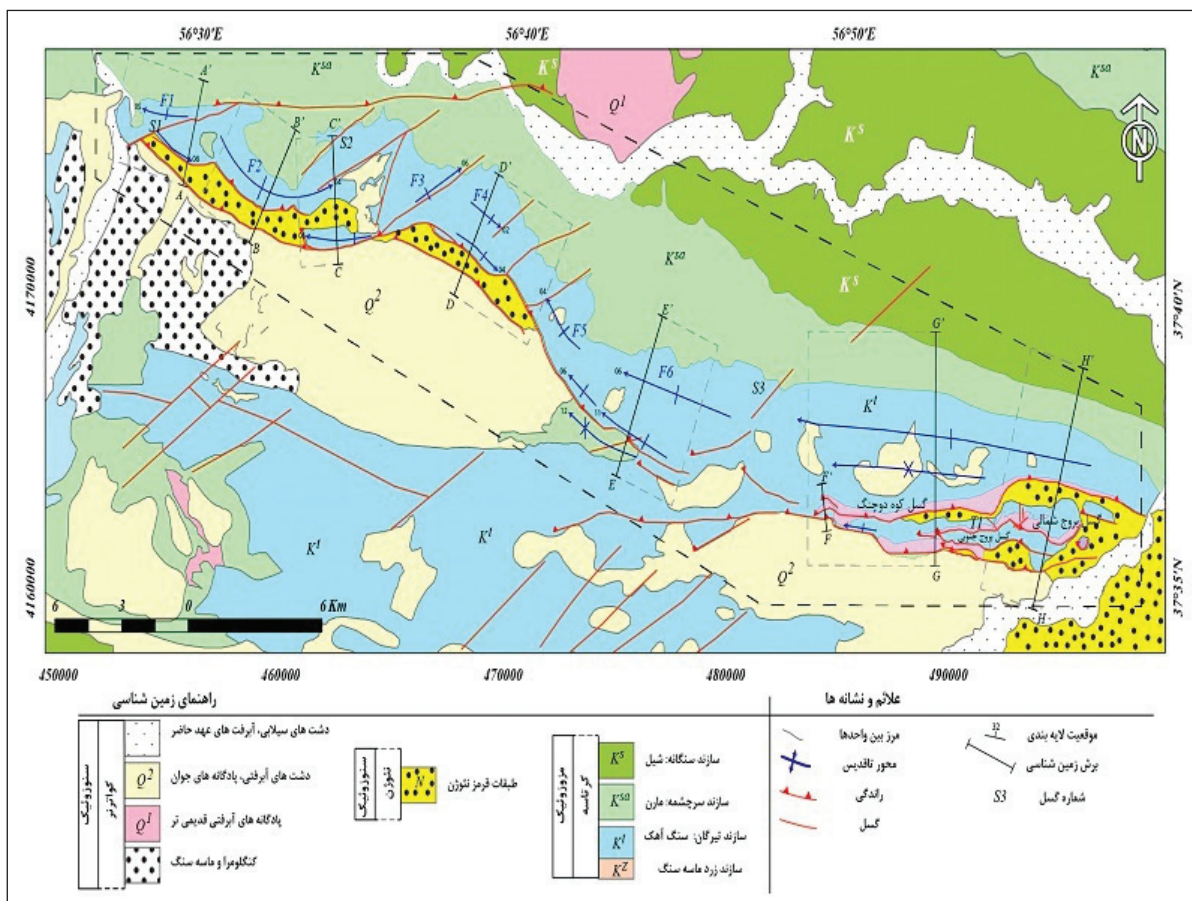
آزموت N۱۷۱ و آزموت N۲۳۰ دیده می‌شوند. نظر به اینکه حرکت به سوی جنوب باختر جوان‌تر است؛ این حرکت جوان سبب فعالیت گسل آشنخانه به صورت راندگی با مؤلفه چپ گرد شده است. همچنین در باختر دشت آشنخانه، دیگر گسل‌ها مانند گسل راندگی کوه دوچنگ نیز با حرکت امتدادلغز همراه شده‌اند.

نظر به اینکه سن واحدهای سنگی موجود در منطقه کرتاسه است، می‌توان زمان فعالیت این پهنه‌های راندگی را همزمان با آغاز بسته شدن حوزه رسوبی کپه‌داغ دانست که ناشی از اعمال سامانه فشاری بوده است. با تداوم فشردگی، واحدهای کرتاسه روی هم و حتی روی واحدهای نئوژن رانده شده‌اند. اعمال مؤلفه فشاری در عهد حاضر سبب رانده شدن واحدهای کرتاسه و ترشیر روی واحدهای کواترنر شده است.

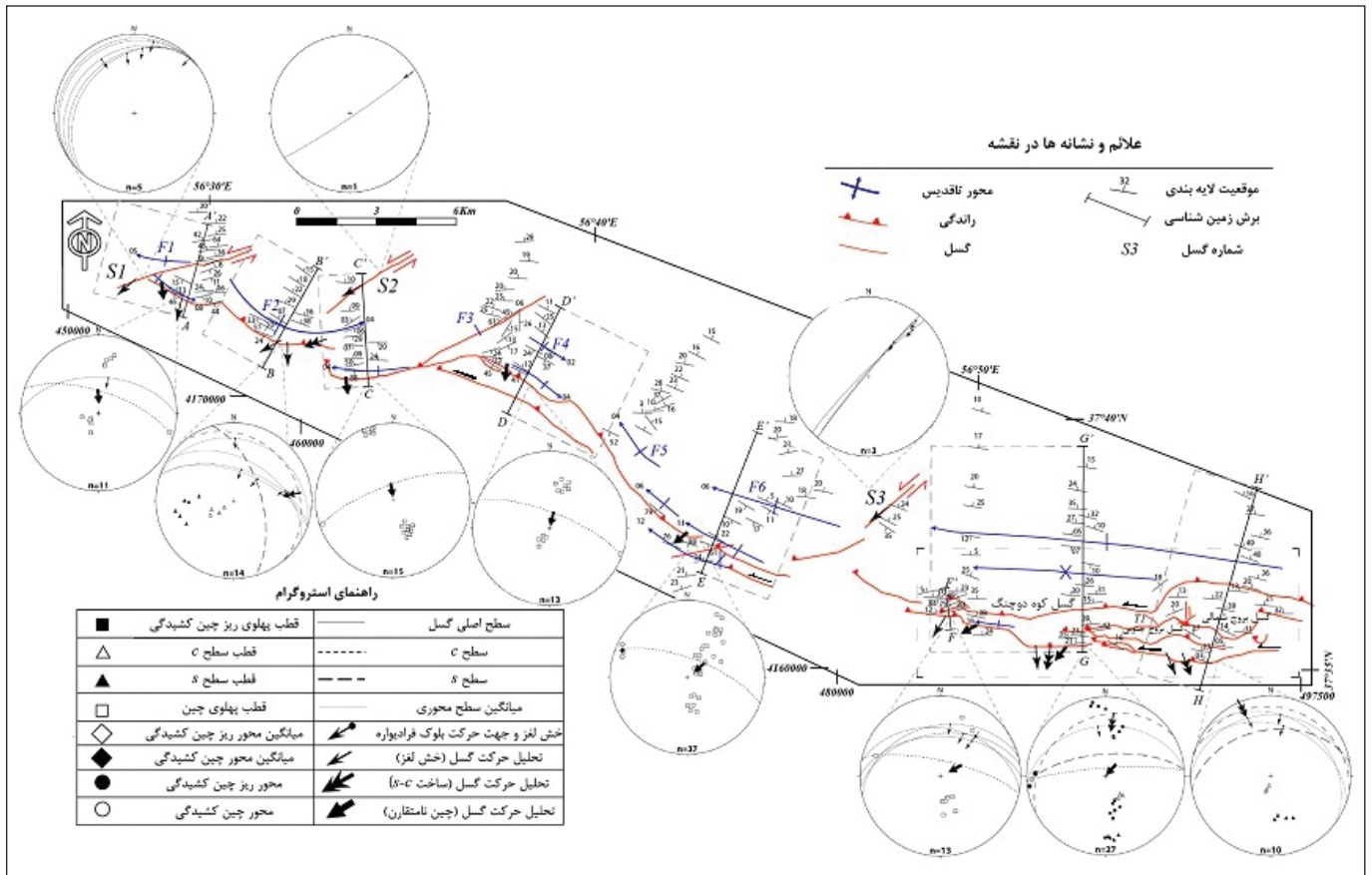
متوالی راندگی‌های کوه دوچنگ، راندگی بروج شمالی و راندگی بروج جنوبی یک سامانه فلسی تشکیل داده است. به این صورت که رشد توالی راندگی بیشتر موجب انباشته شدن تعدادی صفحه راندگی و تشکیل منطقه فلسی می‌شود؛ به طوری که گسل راندگی کوه دوچنگ با شیب ۴۸ درجه بیشترین مقدار را نسبت به گسل‌های بروج شمالی و جنوبی و آشنخانه دارد و رشد راندگی به سوی جنوب را نشان می‌دهد. با توجه به بردارهای حرکتی گسل که از تحلیل‌های استریوگرافی عناصر ساختاری مانند چین و ریزچین‌های کشیدگی، خطوط لغزشی سطح گسل، ساختارهای S-C و لنزهای گسلی حاصل می‌شود می‌توان الگوی ساختاری را به صورت رشد گسل راندگی به سوی جنوب در نظر گرفت (شکل ۱۵). بردارهای حرکتی در دو سوی



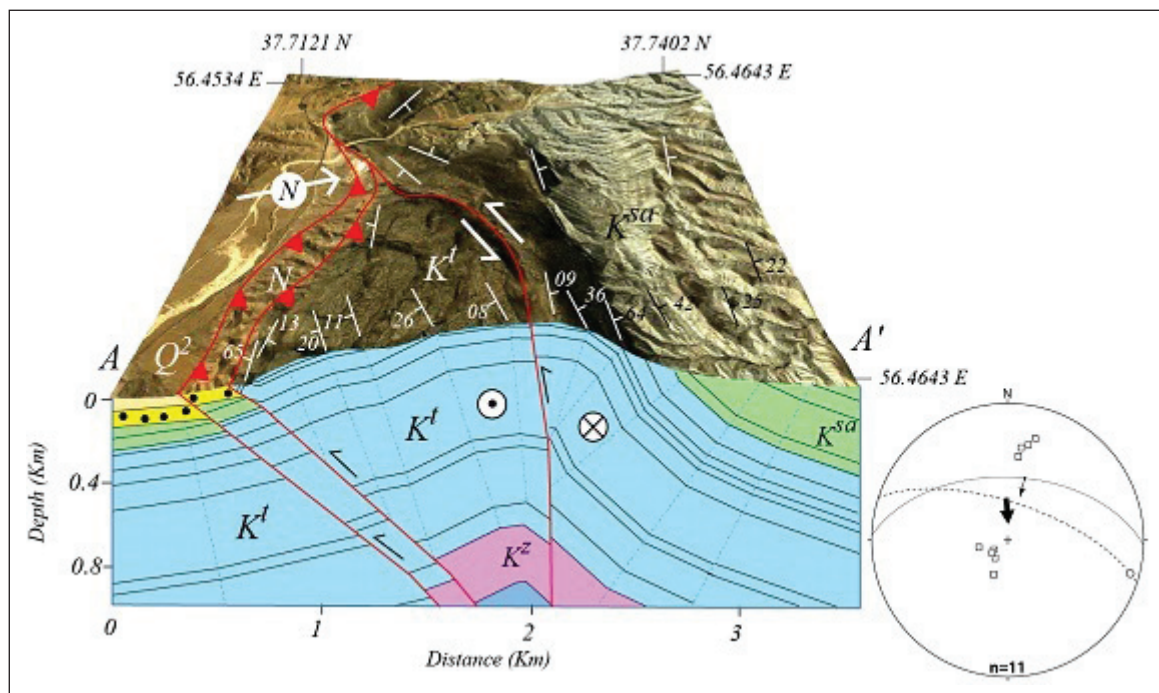
شکل ۱- نقشه گسل‌های شمال خاور ایران به همراه موقعیت منطقه مورد مطالعه (پهنه گسل آشنخانه).



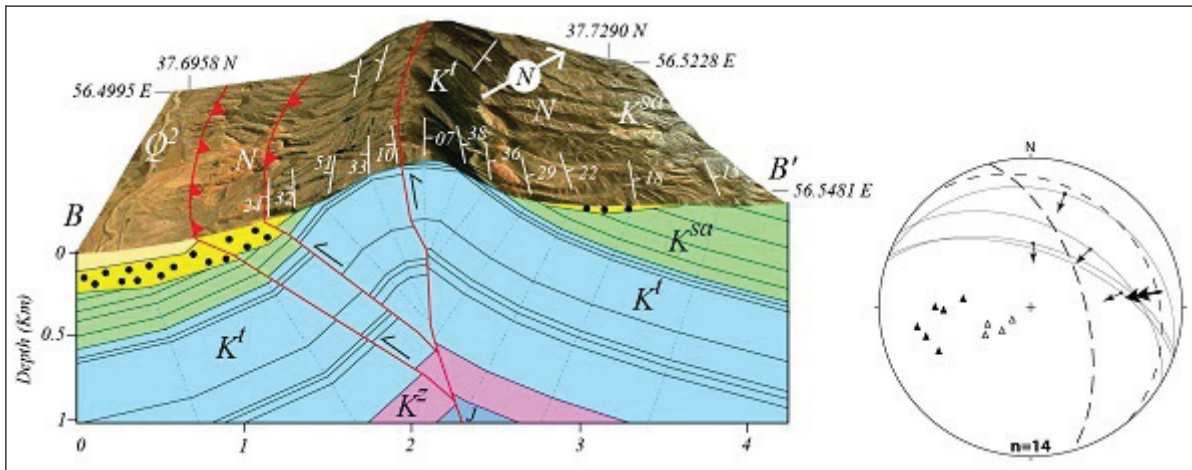
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.



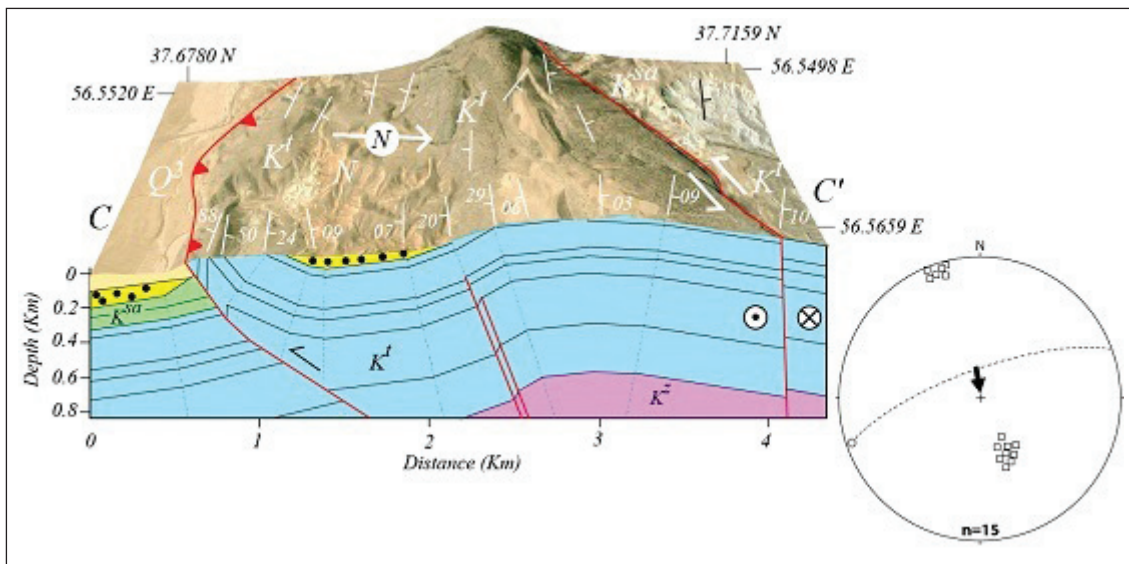
شکل ۳- نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه.



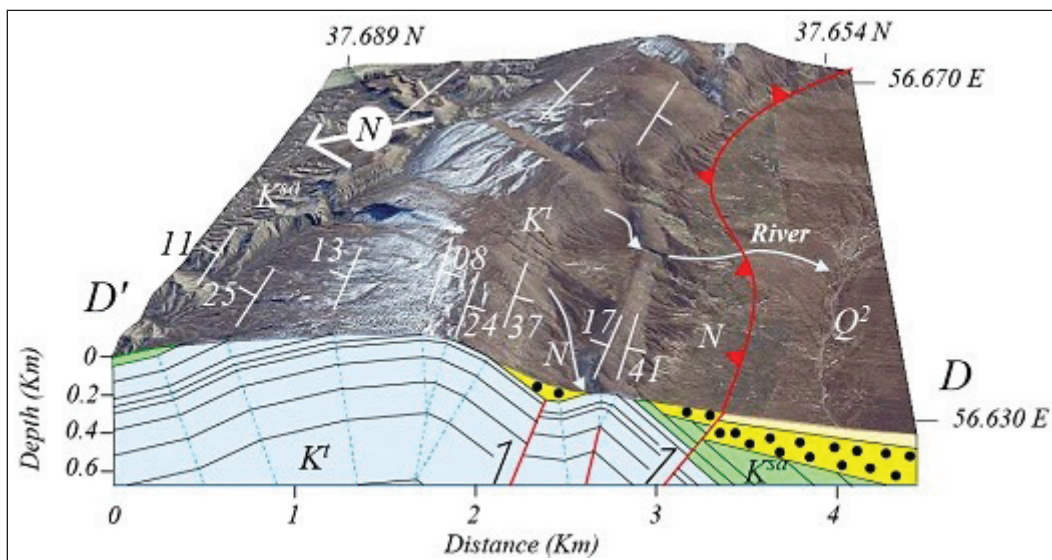
شکل ۴- راندگی گسل آشنانه در برش A-A' در باختر منطقه همراه با تصویر استریوگرافی عناصر ساختاری (راهنما در شکل های ۲ و ۳).



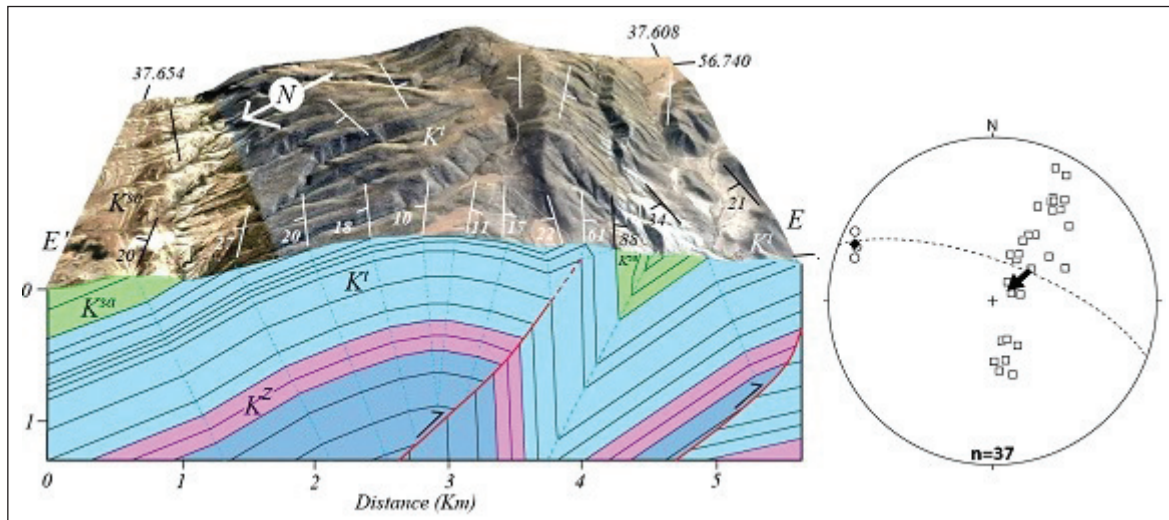
شکل ۵- راندگی توسط گسل آشخانه در برش B-B' همراه با تصویر استریوگرافی عناصر ساختاری (راهنما در شکل های ۲ و ۳).



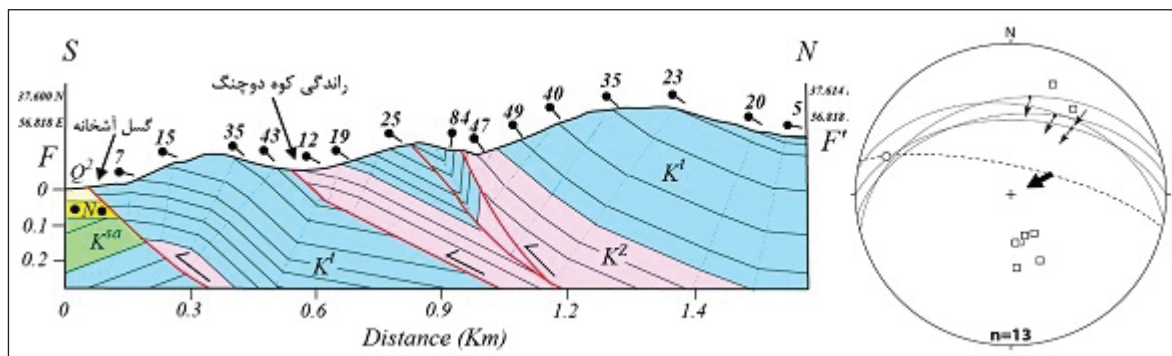
شکل ۶- راندگی گسل آشخانه در برش C-C' همراه با تصویر استریوگرافی عناصر ساختاری (راهنما در شکل های ۲ و ۳).



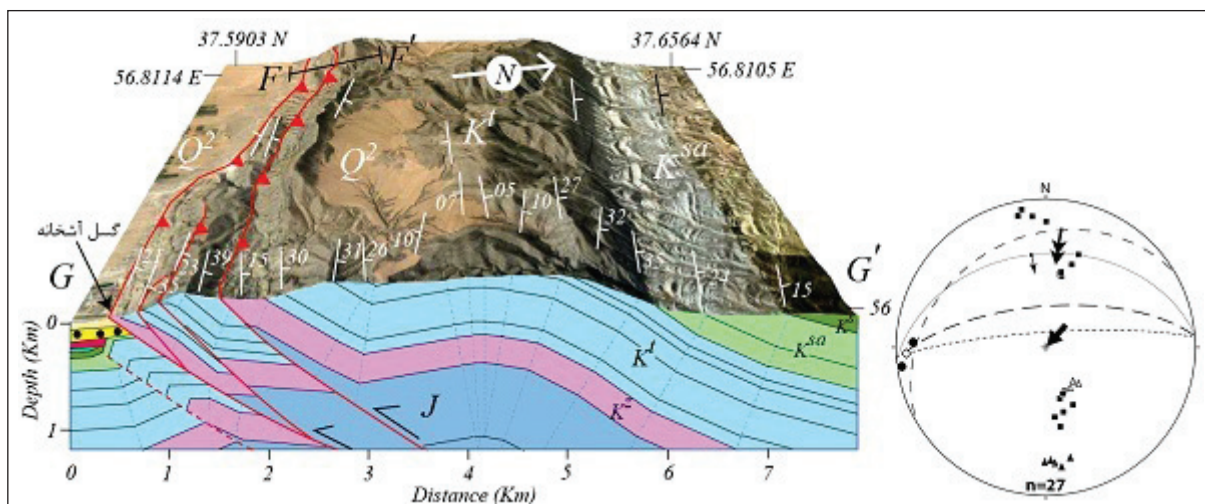
شکل ۷- راندگی گسل آشخانه در برش D-D' (راهنما در شکل ۲).



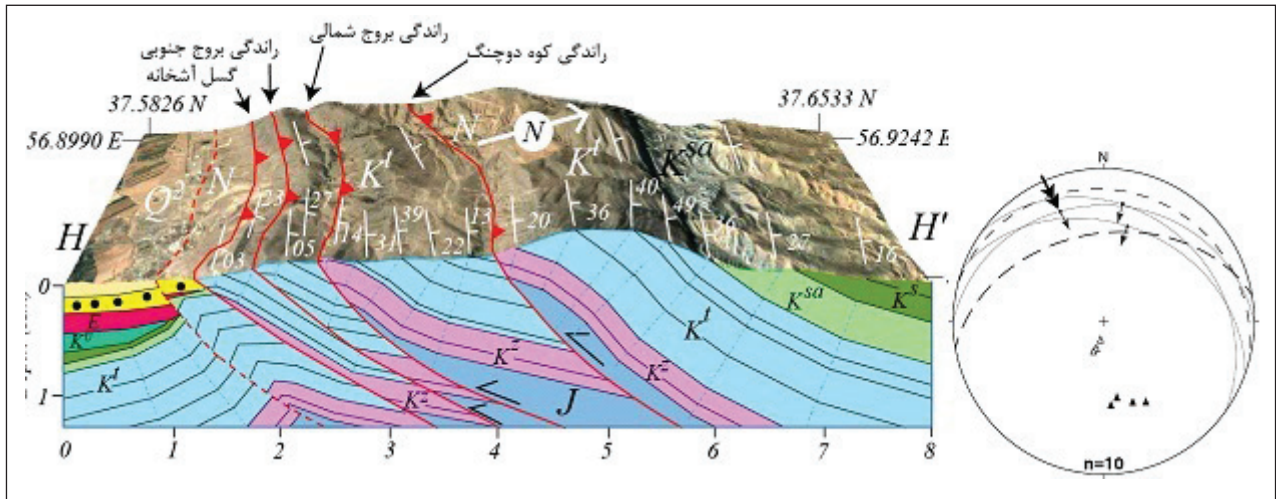
شکل ۸- راندگی گسل آشنخانه در برش E-E' همراه با تصویر استریوگرافی عناصر ساختاری (راهنما در شکل های ۲ و ۳).



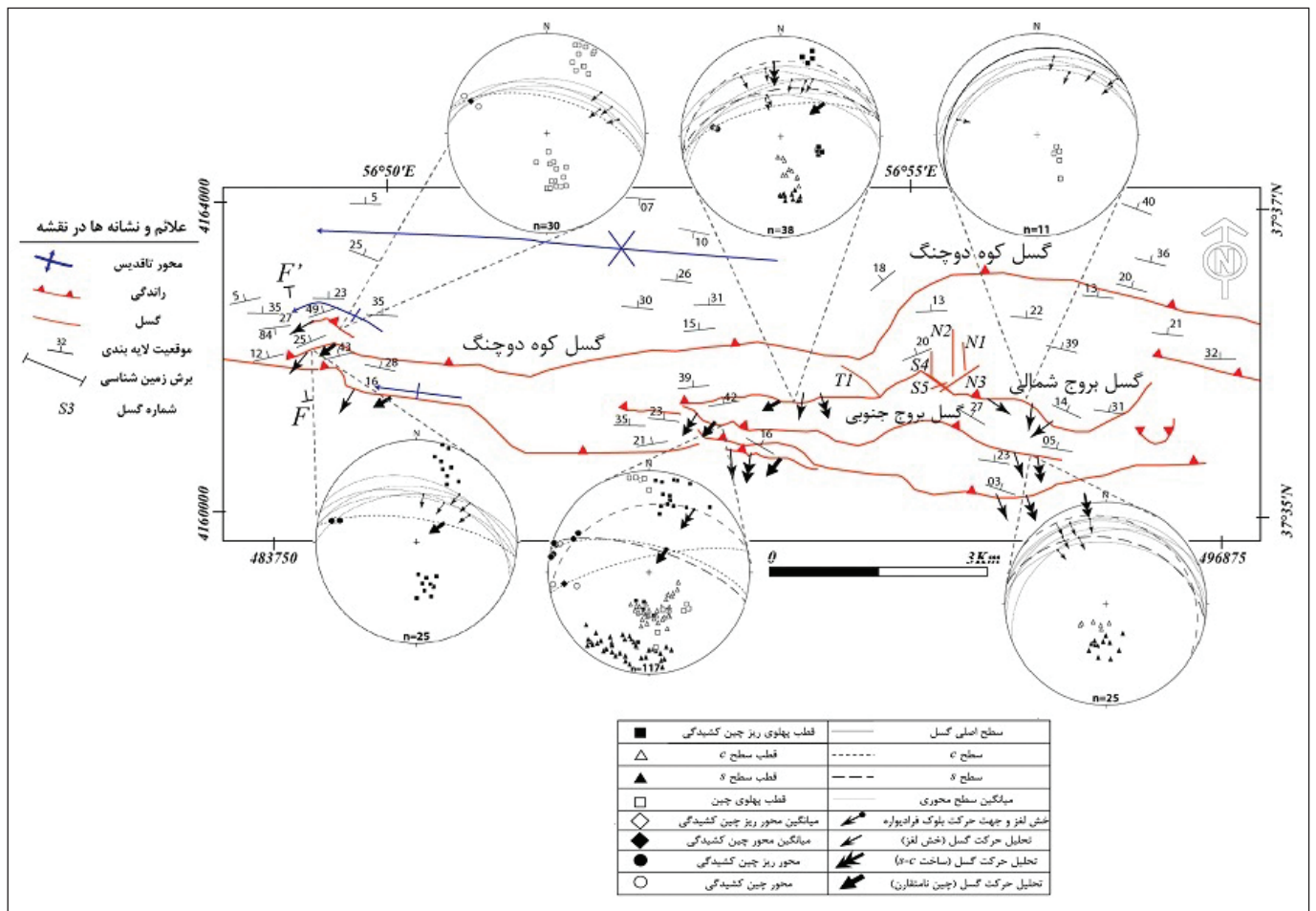
شکل ۹- راندگی گسل آشنخانه در برش F-F' همراه با تصویر استریوگرافی عناصر ساختاری (راهنما در شکل های ۲ و ۳).



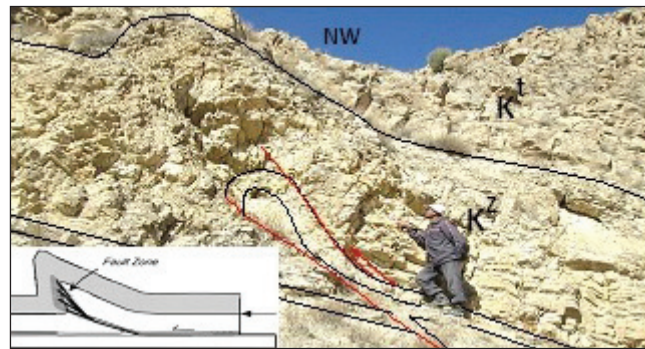
شکل ۱۰- راندگی گسل آشنخانه در برش G-G' با نمایش محل برش F-F' همراه با تصویر استریوگرافی عناصر ساختاری (راهنما در شکل های ۲ و ۳).



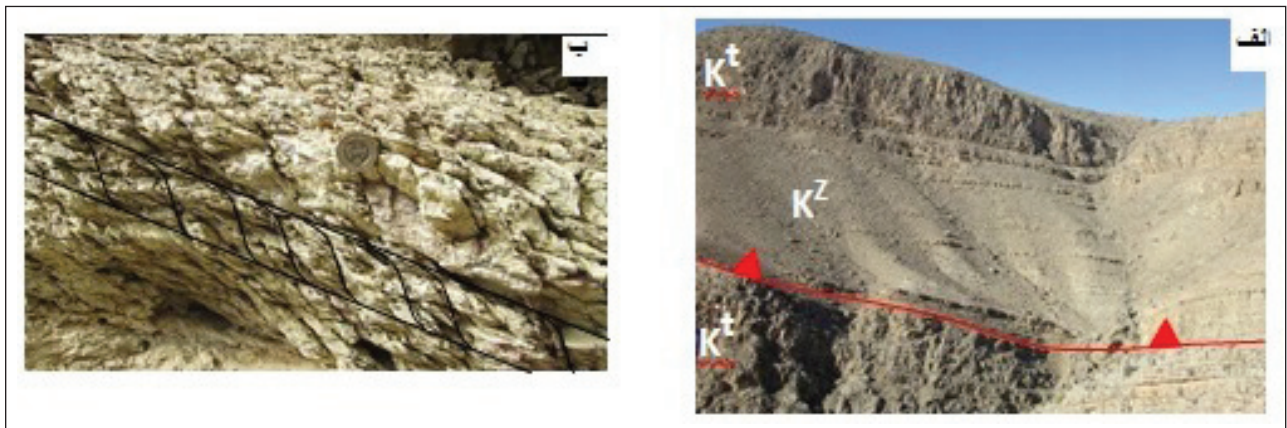
شکل ۱۱- گسل آشخانه در برش H-H' با گسل های راندگی در فرادیواره آن همراه با تصویر استریو گرافی عناصر ساختاری (راهنما در شکل های ۲ و ۳).



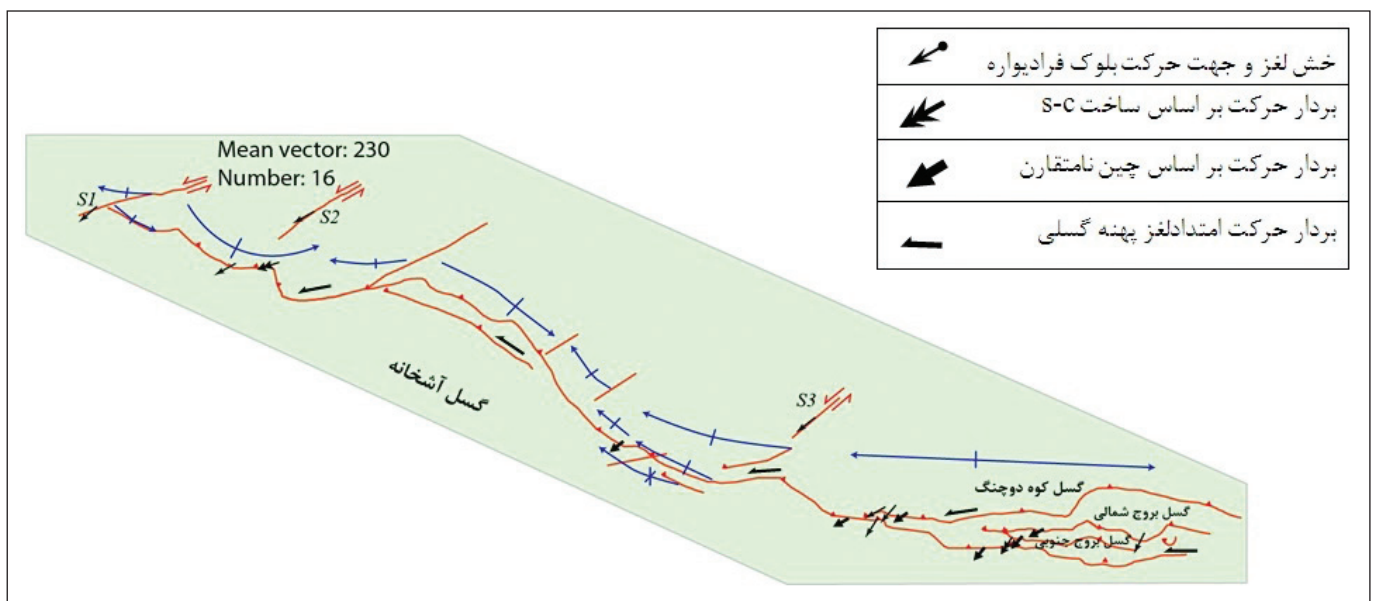
شکل ۱۲- نقشه ساختاری راندگی های در شمال پهنه گسلی آشخانه.



شکل ۱۳- چین انشار گسلی شکل گرفته در سازند زرد در برش ساختاری F-F' در گسل کوه دوچنگ.



شکل ۱۴- الف) تکرار سازند تیرگان در راندگی بروج شمالی در برش G-G'؛ ب) صفحات S-C در گسل بروج جنوبی.



شکل ۱۵- سیر تکامل ساختاری پهنه گسلی آشفته با نمایش سوی بردارهای حرکتی به سوی جنوب و جنوب باختر.

جدول ۱- ویژگی‌های هندسی و جنبشی گسل آشخانه و گسل‌های راندگی وابسته به آن در برش‌های مختلف.

نام گسل	موقعیت گسل	ساختر موجود	سازوکار گسل
آشخانه در برش A-A'	N88W,52NE	خطوط لغزشی، ناقص کشیدگی	وارون
آشخانه در برش B-B'	N68W,45NE	صفحه S-C، خطوط لغزشی	وارون چپ‌گرد
آشخانه در برش C-C'	N70E,73NW	چین کشیدگی	وارون چپ‌گرد
آشخانه در برش D-D'	N70W,77NE	چین کشیدگی	وارون راست‌گرد
آشخانه در برش E-E'	N70W,70NE	چین کشیدگی	وارون چپ‌گرد
آشخانه در برش F-F'	N87E,43NW	خش‌لغز، چین کشیدگی	وارون چپ‌گرد
آشخانه در برش G-G'	N85E,37NW	صفحه S-C، خش‌لغز و پله گسلی، چین کشیدگی	وارون
آشخانه در برش H-H'	N88E,29NW	صفحه S-C، خش‌لغز و پله گسلی	وارون چپ‌گرد
کوه‌دوچنگ	N82W,71NE	خش‌لغز و پله گسلی، چین کشیدگی	وارون چپ‌گرد
بروج شمالی در برش G-G'	N82E,40NW	خش‌لغز پله گسلی، چین کشیدگی، صفحه S-C	وارون چپ‌گرد
بروج شمالی در برش H-H'	N73E,32NW		وارون
بروج جنوبی (برش G-G')	N78E,34NW	صفحه S-C، چین کشیدگی	وارون
بروج جنوبی (برش H-H')	N55W,18NE	لنزهای گسلی، خش‌لغز و پله گسلی	وارون
	N89E,25Nw		

کتابنگاری

- آفانیاتی، س.ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- افشارحرب، ع.، ۱۳۷۳- چینه‌شناسی کپه‌داغ، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۷۵ ص.
- خسروتهرانی، خ.، ۱۳۸۶- چینه‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۸۲ ص.
- شرکاء، س.، غلامی، ا. و یساقی، ع.، ۱۳۹۳- تحلیل هندسی و جنبشی گسل آشخانه- شمال شرق ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بیرجند.

References

- Allen, M. B., Jones, S., Ismail-Zadeh, A., Simmons, M. and Anderson, L., 2002- Onset of subduction as the cause of rapid Pliocene-Quaternary subsidence in the South Caspian basin, *Geology* 30(9): 775-778.
- Allen, M., Ghassemi, M., Shahrabi, M. and Qorashi, M., 2003- Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran, *Journal of structural geology* 25(5): 659-672.
- Brunet, M. F., Granath, J. W. and Wilmsen, M., 2009- South Caspian to Central Iran basins: introduction, *Geological Society, London, Special Publications* 312(1): 1-6.
- Guliyev, I., Mamedov, P., Feyzullayev, A., Huseynov, D., Kadirov, F., Aliyeva, E. and Tagiyev, M., 2003- Hydrocarbon systems of the South Caspian basin, *Nafta-Press, Baku*.
- Gutiérrez-Alonso, G. and Gross, M. R., 1999- Structures and mechanisms associated with development of a fold in the Cantabrian Zone thrust belt, NW Spain, *Journal of Structural Geology* 21(6): 653-670.

- Hollingsworth, J., Fattahi, M., Walker, R., Talebian, M., Bahroudi, A., Bolourchi, M. J., Jackson, J. and Copley, A., 2010- Oroclinal bending, distributed thrust and strike-slip faulting, and the accommodation of Arabia–Eurasia convergence in NE Iran since the Oligocene, *Geophysical Journal International* 181(3): 1214-1246.
- Hollingsworth, J., Jackson, J., Walker, R. and Nazari, H., 2008- Extrusion tectonics and subduction in the eastern South Caspian region since 10 Ma, *Geology* 36(10): 763-766.
- Hollingsworth, J., Jackson, J., Walker, R. and Nazari, H., 2009- Extrusion tectonics and subduction in the eastern South Caspian region since 10 Ma: REPLY, *Geology* 37(12): e199-e200.
- Hollingsworth, J., Jackson, J., Walker, R., Gheitanchi, M. R. and Bolourchi, M. J., 2006- Strike-slip faulting, rotation, and along-strike elongation in the Kopeh Dag mountains, NE Iran, *Geophysical Journal International* 166(3): 1161-1177.
- Jackson, J., Priestley, K., Allen, M. and Berberian, M., 2002- Active tectonics of the south Caspian basin, *Geophysical Journal International* 148(2): 214-245.
- Javidfakhr, B., 2010- Active tectonic analysis in the transition domain between Alborz and Kopeh Dag (NE Iran), Aix-Marseille 3.
- Javidfakhr, B., Bellier, O., Shabanian, E., Ahmadian, S. and Saidi, A., 2011a- Plio–Quaternary tectonic regime changes in the transition zone between Alborz and Kopeh Dag mountain ranges (NE Iran), *Tectonophysics* 506(1–4): 86-108.
- Javidfakhr, B., Bellier, O., Shabanian, E., Siame, L., Léanni, L., Bourlès, D. and Ahmadian, S., 2011b- Fault kinematics and active tectonics at the southeastern boundary of the eastern Alborz (Abr and Khij fault zones): Geodynamic implications for NNE Iran, *Journal of Geodynamics* 52(3): 290-303.
- Judge, P. A. and Allmendinger, R. W., 2011- Assessing uncertainties in balanced cross sections. *Journal of Structural Geology*, 33(4), 458-467.
- Kargaranbafghi, F., Neubauer, F. and Genser, J., 2011- Cenozoic kinematic evolution of southwestern Central Iran: Strain partitioning and accommodation of Arabia–Eurasia convergence, *Tectonophysics* 502(1): 221-243.
- McClay, K., 2000- *Structural Geology for Petroleum Exploration. Lecture Notes*, Royal Holloway University of London.
- Mitra, S., 2002- Structural models of faulted detachment folds, *AAPG bulletin* 86(9): 1673-1694.
- Richardson, S. E., Davies, R. J., Allen, M. B. and Grant, S. F., 2011- Structure and evolution of mass transport deposits in the South Caspian Basin, Azerbaijan, *Basin Research* 23(6): 702-719.
- Robert, A. M., Letouzey, J., Kavooosi, M. A., Sherkati, S., Müller, C., Vergés, J. and Aghababaei, A., 2014- Structural evolution of the Kopeh Dag fold-and-thrust belt (NE Iran) and interactions with the South Caspian Sea Basin and Amu Darya Basin, *Marine and Petroleum Geology* 57: 68-87.
- Sahandi, M. R., Vaziri, H. and Salamati, R., 2001- Geological Survey & Mineral Exploration Of Iran, Geological map of Robot-e -Qarehbil, NO. 7264, Scale 1:100,000.
- Shabanian, E., Bellier, O., Abbassi, M. R., Siame, L. and Farbod, Y., 2010- Plio-Quaternary stress states in NE Iran: Kopeh Dag and Allah Dag-Binalud mountain ranges, *Tectonophysics* 480(1): 280-304.
- Shabanian, E., Bellier, O., Siame, L., Arnaud, N., Abbassi, M. R. and Cochemé, J. J., 2009a- New tectonic configuration in NE Iran: Active strike-WWWslip faulting between the Kopeh Dag and Binalud mountains, *Tectonics* 28.
- Shabanian, E., Siame, L., Bellier, O., Benedetti, L. and Abbassi, M. R., 2009b- Quaternary slip rates along the northeastern boundary of the Arabia–Eurasia collision zone (Kopeh Dag Mountains, Northeast Iran), *Geophysical Journal International* 178(2): 1055-1077.
- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon de Lamotte, D. and Letouzey, J., 2005- Detachment folding in the Central and Eastern Zagros fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachments and late basement control, *Journal of structural Geology* 27(9): 1680-1696.
- Tavani, S., Storti, F. and Salvini, F., 2006- Double-edge fault-propagation folding: geometry and kinematics, *Journal of structural geology* 28(1): 19-35.
- Vernant, P. and Chéry, J., 2006- Low fault friction in Iran implies localized deformation for the Arabia–Eurasia collision zone.” *Earth and Planetary Science Letters* 246(3): 197-206.
- Zanchi, A., Berra, F., Mattei, M., Ghassemi, M. R and Sabouri, J., 2006- Inversion tectonics in central Alborz, Iran, *Journal of Structural Geology* 28(11): 2023-2037.

Structural evolution of Ashkhaneh fault zone in northwestern Kopeh-Dagh (NE Iran)

E. Gholami^{1*}, S. Shoraka² and A. Yassaghi³

¹Assistant Professor, Department of Geology, University of Birjand, Birjand, Iran

²M.Sc., Department of Geology, University of Birjand, Birjand, Iran

³Associate Professor, Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 2016 July 12

Accepted: 2016 December 19

Abstract

The East-West to Northwest-Southeast trending Ashkhaneh fault zone is located in northeast of Iran between the Alborz and Kopeh-dagh tectonic zones. Geometric and kinematic characteristics of Ashkhaneh fault zone was revealed by measuring of fault kinematic indicators such as: S-C structures, asymmetric folds, slip lines and fault steps along eight cross-sections across this fault zone and perpendicular to main structures. Stereographic analysis of the measured structural elements and constructing cross-sections show a dominant reverse mechanism with left-lateral strike-slip component for the Ashkhaneh fault zone. Donghozdagh Anticline in the hanging wall of Ashkhaneh fault zone is a fault-propagation fold. To the east and in the hanging wall of the fault zone, several thrust faults such as Kuh-e-Docheng fault, North Beruj fault and South Beruj fault have the same geometrical characteristics of the Ashkhaneh fault zone. These thrusts in hanging wall of the Ashkhaneh fault zone with dip to north (same as Ashkhaneh fault) are evidences for of the occurrence of greater convergence in southeast than the northwest part of the Ashkhaneh fault zone. Eight structural cross-sections perpendicular to the Ashkhaneh fault zone show evolution of thrusts and fault-related folds, as well as migration of rock units toward south-southwest in this area. The arrangement of these thrust fault systems emphasis that structural growth took place from north to south-southwest in this part of the Kopeh-dagh.

Keywords: Kopeh-dagh, Ashkhaneh fault zone, Thrust fault, Structural growth, Streography diagram, Northeast Iran

For Persian Version see pages 163 to 172

*Corresponding author: E. Gholami; E-mail: egholami@birjand.ac.ir