

تحلیل هندسی و جنبشی گسل‌های عرضی در ناحیه دشت بو (جنوب باختر دامغان)

الهه طاهری^۱، پرویز امیدی^۲ و عزیزاله طاهری^۳

^۱ کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

^۲ استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

^۳ استاد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰

چکیده

در این پژوهش، ارتباط هندسی و جنبشی گسل‌های طولی و عرضی بخش کوچکی از البرز خاوری، در ناحیه دشت بو (جنوب باختر دامغان) مورد مطالعه قرار گرفته است. گسل‌های طولی شامل گسل‌های صبور، مهتاب و میلا، روند شمال خاوری- جنوب باختری دارند؛ در حالی که گسل‌های عرضی مانند چشمه قلقل، شمال تویه و دشت بو روند تقریبی شمالی- جنوبی دارند. گسل‌های عرضی پیامد راندگی روی گسل‌های طولی هستند که به صورت گسل پاره (Tear Fault) در فرادپواره تشکیل شده‌اند. این دو دسته گسل با یکدیگر همبستگی هندسی و سینماتیک دارند؛ به گونه‌ای که گسل‌های طولی را می‌توان به عنوان گسل انتقالی (Transfer Fault) برای گسل عرضی در نظر گرفت. جنبش در راستای گسل‌های عرضی به صورت جهش جانبی (lateral ramp) به گسل‌های طولی منتقل می‌شود و پایان می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: گسل عرضی، گسل طولی، ارتباط هندسی و جنبشی، گسل جهش جانبی، دشت بو.

***نویسنده مسئول:** پرویز امیدی

E-mail: pomidy@yahoo.com

۱- پیش‌نوشتار

منطقه دشت بو، در انتهای شمالی دره تویه دروازه (جنوب باختر شهرستان دامغان) و در نیمه جنوبی البرز خاوری، میان طول‌های خاوری ۴۴' ۵۳° تا ۵۱' ۵۳° عرض‌های ۰۶' ۳۶° تا ۰۶' ۳۶° شمالی قرار دارد. راه‌های دسترسی به منطقه، جاده اصلی دامغان- سمنان و راه‌های منتهی به روستاهای دره تویه دروازه- دشت بو است (شکل ۱). روند چین خوردگی‌ها و راستای گسل‌ها در البرز از WNW در باختر به ENE در خاور تغییر می‌کند و گسل‌های راستالغز چپ‌گرد مشخصی در امتداد این رشته کوه دیده می‌شود (Axen et al., 2001). از مهم‌ترین گسل‌های طولی در البرز خاوری که از راستای کلی شمال خاوری- جنوب باختری پیروی می‌کنند می‌توان به گسل کواترنری آستانه، گسل کواترنری شمال دامغان و گسل بادله اشاره کرد.

یکی از شاخصه‌های رشته کوه البرز، وجود گسل‌هایی با راستای کلی شمالی- جنوبی است. در البرز خاوری از جمله در منطقه مورد مطالعه همانند دیگر بخش‌های رشته کوه البرز، افزون بر گسل‌های طولی که هم‌راستای البرز خاوری هستند، گسل‌های عرضی نیز حضور دارند که در فرایند دگرریختی البرز نقش دارند. برخی گسل‌های عرضی موجود در البرز خاوری، محدود به گسل‌های طولی هستند و به صورت مورب نسبت به آنها قرار گرفته‌اند که طول آنها در مقایسه با گسل‌های طولی به نسبت کمتر است. از جمله این گسل‌ها می‌توان به گسل غزنوی (جنوب روستای غزنوی در منطقه خوش بیلاق) و گردنه آهوان (شمال خاور سمنان) اشاره کرد (شکل ۲).

این پژوهش که بخشی از دستاوردهای پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده است، گسل‌های مهتاب، صبور و میلا را به عنوان گسل‌های طولی و گسل‌های شمال تویه، چشمه قلقل و دشت بو را به عنوان گسل‌های عرضی در منطقه، مطالعه و شناسایی نموده و ارتباط هندسی و جنبشی میان این دو دسته گسل را به عنوان مهم‌ترین هدف این مطالعه بررسی کرده است. در نتیجه، چنانچه تحلیل ساختاری دقیق و کاملی در منطقه انجام شود، این امکان وجود دارد که دیدگاهی دقیق‌تر در ارتباط با زمین‌شناسی البرز خاوری و شناخت ارتباط ساختمانی محدوده مورد مطالعه با مناطق مجاور مهیا شود. همچنین دستاورد این گونه پژوهش‌ها می‌تواند در مطالعات مرتبط با ارزیابی توان لرزه‌زایی گسل‌ها، لرزه‌خیزی و لرزه‌زمین‌ساخت به عنوان اطلاعات پایه مورد استفاده قرار گیرد. تصویر ماهواره‌ای گسل‌های منطقه در شکل ۳ آورده شده است.

۲- روش پژوهش

این پژوهش بر پایه مطالعات انجام شده پیشین، به ویژه نقشه زمین‌شناسی کیاسر (اکبرپور و سعیدی، ۱۳۷۱)، مطالعات سنجش از دور و دستاوردهای صحرایی نوشته شده است. برای تحلیل ساختاری گسل‌های منطقه، شواهد چینه‌نگاری و ریخت‌شناسی سطح گسل مانند خراش‌های گسلی، پله‌های سطح گسل، شکستگی‌های کششی و درزه‌های هلالی به کار گرفته شده‌اند. همچنین به منظور شناسایی گسل‌های پی‌سنگی منطقه، از نقشه هومگناطیس بابل با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ استفاده شد.

۳- موقعیت زمین‌شناسی منطقه

محدوده مورد مطالعه، بخشی از نیمه جنوبی البرز خاوری در جنوب باختر شهرستان دامغان است و سنگ‌های موجود در منطقه مطالعاتی، به جز توده‌های نفوذی کوارتزدیوریتی، به طور کامل از سنگ‌های رسوبی هستند. بر پایه دستاوردهای مطالعات پیشین، به ویژه نقشه‌های زمین‌شناسی چاپ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور مانند نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر (اکبرپور و سعیدی، ۱۳۷۱) و مشاهدات صحرایی نگارنده، رخنمونی از سازندهای پراکامبرین و پالئوزویک در منطقه مطالعاتی دیده نمی‌شود. سازندهای مزوزویک مانند سازندهای الیکا، شمشک، دلیچای، لار، آهک‌های کرتاسه و واحدهای سنوزویک شامل سازندهای فجن، کرج و زیارت و نهشته‌های آواری و پلایای نوژن و کواترنری در منطقه رخنمون و گسترش دارند. روندهای ساختاری منطقه (روند چین خوردگی‌ها و گسل‌ها) از ویژگی‌های ساختاری البرز خاوری (شمال خاوری- جنوب باختری) پیروی می‌کند. دستاوردهای این پژوهش در نقشه زمین‌شناسی (شکل ۴) نشان داده شده است.

۴- گسل‌های طولی

۴-۱. گسل میلا

گسل میلا با طول تقریبی ۳۰ کیلومتر در بخش جنوبی منطقه مطالعاتی قرار گرفته است. این گسل دارای موقعیت هندسی $57^{\circ} E, 78^{\circ} SE$ است و رانده شدن سازندهای آهکی الیکا (تریاس) و لار (ژوراسیک بالایی) در فرادپواره روی مارن‌های سازند کرج (ائوسن) در فرودپواره همراه با خش‌لغزهای باریک ۸۵ درجه ساعت‌گرد روی فرادپواره، نشان از سازوکار وارون همراه با مؤلفه کوچک امتدادلغز چپ‌بر برای

در تصاویر برداشته شده از رخنمون‌ها نشان داده شده است (شکل ۱۰). همبری سازند آهکی الیکا (تریاس) در فرادیواره گسل تویه با سازند کنگلومرای فجن (پالئوسن) در فرودیواره در بخشی از درازای گسل (نقطه A در شکل ۹) نشان از وارون بودن مؤلفه شیب‌لغز گسل دارد. تلفیق نشانه‌های چینه‌نگاری با نشانه‌های حرکتی سطح گسل از جمله خراش‌های گسلی، پله‌های سطح گسل و اثر شکستگی‌های کششی روی آن، سازوکار گسل را به صورت وارون همراه با مؤلفه راست‌الغز راست‌بر نشان می‌دهند (شکل ۱۰).

۵-۲. گسل چشمه قلقل

گسل چشمه قلقل با طول تقریبی ۶ کیلومتر، یکی دیگر از گسل‌های عرضی منطقه با موقعیت هندسی 70°SW , 45°E S است که شواهد صحرایی از جمله برش گسلی، خراش‌های گسلی با ریک 45° و پله‌های سطح گسل، سازوکار این گسل را به صورت وارون همراه با مؤلفه راست‌الغز راست‌بر نشان می‌دهند (شکل ۱۱).

۵-۳. گسل دشت‌بو

گسل دشت‌بو با طول تقریبی ۴ کیلومتر و موقعیت هندسی چیره 72°E , 15°E N، یکی از مهم‌ترین گسل‌های عرضی منطقه است که تأثیر بسزایی در دگرریختی سنوزویک منطقه داشته است. بهترین رخنمون گسل دشت‌بو را در حاشیه جاده دشت‌بو- فولاد محله می‌توان دید که سازند فجن را در کنار سازند زیارت قرار داده است. آنچه که در مورد گسل دشت‌بو اهمیت دارد، موقعیت‌های متفاوت دو سازند زیارت و فجن (فجن: 25°NW , 5°E N؛ زیارت: 40°SE , 5°E NV) در دو سوی سطح این گسل است (شکل ۱۲-الف). در محل برش الگو، کنگلومرای فجن به طور ناپیوسته سنگ آهک کرتاسه زیرین را می‌پوشاند و در بالا با سازند زیارت به صورت هم‌شیب است (آق‌نابتی، ۱۳۸۳). ولی در این رخنمون دو یال یک ناودیس با دو موقعیت متفاوت توسط گسل مورد بحث در کنار هم قرار گرفته اند. گسل دشت‌بو، دو دسته خراش گسلی با ریک‌های متفاوت را روی سطوح گسلی خود به همراه دارد که نشان‌دهنده دست کم دو مرحله حرکتی روی آن است. با توجه به قطع شدن خراش‌های گسلی با ریک بیشتر توسط خراش‌های گسلی افقی، می‌توان سازوکار کنونی گسل را راست‌الغز چپ‌بر معرفی کرد (شکل ۱۲-ج).

۶- بحث و نتیجه‌گیری

۶-۱. منشأ گسل‌های عرضی

از آنجا که رشته کوه البرز یک کمربند چین خورده - رانده است و امکان جابه‌جایی متفاوت در دو سوی صفحه‌های رانندگی این کمربند به دلایل مختلفی همچون تغییر ترکیب سنگ‌شناختی سنگ میزبان وجود دارد، گسل‌های عرضی را می‌توان به عنوان گسل‌های پارگی (Tear Fault) مرتبط با صفحه‌های رانندگی این رشته کوه در نظر گرفت.

گسل پارگی، نوعی گسل راست‌الغز فرعی است که در کمربند‌های چین و رانده دیده می‌شود که نتیجه پیشروی متفاوت بخش جلویی صفحه رانده یا کوتاه‌شدگی متفاوت آن است (Twiss & Moores, 1992). این گسل‌ها، جابه‌جایی متفاوت در دو سوی خود را امکان‌پذیر می‌کنند و به طور معمول به فرادیواره گسل‌های رانندگی محدود می‌شوند و به درون فرودیواره نفوذ نمی‌کنند (قاسمی، ۱۳۸۷). شکل ۱۳ تصویری سه‌بعدی از ارتباط گسل‌های پارگی و صفحه‌های رانندگی را نشان می‌دهد. در منطقه مطالعاتی، سوی رانندگی‌ها به سوی شمال است و گسل چشمه قلقل به صورت یک گسل پارگی راست‌بر رفتار کرده و در نتیجه آن بلوک باختری پیشروی بیشتری نسبت به بلوک خاوری، رو به شمال داشته است.

همان‌گونه که در شکل ۱۴ دیده می‌شود، میزان اختلاف مکانی در دو سوی دره تویه دروار توسط گسل پارگی چشمه قلقل که بر رانندگی گسل مهتاب اثر کرده ۴۷۰۰ متر است. گسل‌های شمال تویه و دشت‌بو با تأخیر به مجموعه بالا افزوده شده‌اند.

گسل میلا دارد. در شکل ۵، تصاویری از گواه‌های صحرایی گسل میلا شامل پرتگاه گسلی، نشانه‌های ریخت‌شناسی سطح گسل، نیم‌رخ نمادین و استریوگرام داده‌های آن نشان داده شده است.

۴-۲. گسل مهتاب

گسل مهتاب در بخش شمالی منطقه با درازایی حدود ۲۷ کیلومتر، با موقعیت هندسی 63°SE , 63°E N، مرز میان دو سازند لار و شمشک را در منطقه مطالعاتی می‌سازد. اگر چه شواهد چینه‌نگاری طبیعی بودن توالی سازند شمشک و سپس لار را نشان می‌دهد ولی برش گسلی، افراز گسلی و خش‌لغزهای موجود، نشان‌دهنده گسلی بودن این مرز است. مشاهدات صحرایی نشان داد که سازند لار در بلوک فرادیواره و سازند شمشک در فرودیواره قرار دارد؛ ولی ریخت‌شناسی سطح گسل به شدت تحت تأثیر هوازگی، انحلال و فرسایش قرار گرفته است. به گونه‌ای که هیچ‌گونه آثار خراش گسلی با ریک بالا روی آن باقی نمانده است. ولی وجود سطح گسل خمیده و موج که شیارهای بزرگ را ایجاد کرده است، خط‌القعر و خط‌الرأس این خمیدگی نمادی از خش‌لغزهای بزرگ تر هستند که نشان از چیرگی مؤلفه شیب‌لغز برای گسل مورد بحث دارند که می‌تواند به صورت وارون یا عادی باشد؛ ولی با توجه به اینکه گسل مهتاب با گسل صبور و آستانه در شمال آن و گسل میلا در جنوب در یک قلمرو ساختاری قرار دارد و وارون بودن مؤلفه شیب‌لغز گسل‌های شمالی و جنوبی آن آشکار شده است، گسل مهتاب نیز وارون خواهد بود. آنچه که شایان توجه و مهم است دیده نشدن خراش‌های گسلی با ریک بالا و حضور خراش‌های گسلی افقی در سطح این گسل است. خراش‌های گسلی و پله‌های سطح گسل، حرکت چپ‌بر گسل را برای مؤلفه جدید راست‌الغز آن آشکار می‌سازد. سازوکار گسل مهتاب وارون در فاز کهن جنبش و راست‌الغز چپ‌بر در فاز جدید است. شکل ۶ تصاویر مرتبط با سطوح گسلی مهتاب به همراه نیم‌رخ نمادین از این گسل را نشان می‌دهد.

۴-۳. گسل کواترنری صبور

گسل صبور با راستای شمال خاوری- جنوب باختری و شیب به سوی جنوب جنوب خاور، سبب رانده شدن واحد شیل و ماسه‌سنگی شمشک (فرادیواره) روی رسوبات کواترنری (فرودیواره) شده است که نشان از وارون بودن مؤلفه شیب‌لغز گسل دارد. جابه‌جایی چپ‌بر آبراهه‌ها در مسیر این گسل، مؤلفه راست‌الغز گسل را به صورت چپ‌بر نشان می‌دهند. میزان جابه‌جایی آبراهه‌ها تقریباً یکسان است ولی میزان دقیق جابه‌جایی در آبراهه A، ۱۰۰ متر، در آبراهه B، ۹۱ متر و در آبراهه C، ۹۳/۴ متر برآورد شده است (شکل ۷-الف). این همانندی جابه‌جایی می‌تواند نشان‌دهنده جابه‌جایی‌ها تحت تأثیر یک مرحله جنبشی باشد. همچنین خطواره‌های گسلی دیگری با طول ۱۵۰۰ متر در شمال گسل صبور در نهشته‌های آبرفتی دیده می‌شود که آبراهه D را به میزان ۷۵ متر به صورت چپ‌بر جابه‌جا کرده است. تصاویر صحرایی و ماهواره‌ای گسل صبور در شکل ۷ آورده شده است. همچنین سه گسل طولی موجود در منطقه در برش عرضی شکل ۸ نشان داده شده است.

۵- گسل‌های عرضی

۵-۱. گسل شمال تویه

گسل شمال تویه با موقعیت چیره هندسی 58°SW , 46°E N یکی از گسل‌های عرضی منطقه است که سازندهای فجن، آهک کرتاسه و لار را در راستای خود قطع و جابه‌جا کرده است. میزان این جابه‌جایی راست‌الغزی توسط تصویر ماهواره‌ای میان ۳۴۰ متر (بر مبنای جابه‌جایی سازند فجن) تا ۳۷۰ متر (بر پایه جابه‌جایی آهک کرتاسه) برآورد شده است (شکل ۹). آثار روی زمین این گسل را می‌توان در حریم آن و روی سازندهای لار، الیکا، فجن آهک کرتاسه دید. باقیمانده‌هایی از سطح گسل صیقلی شده دارای خش‌لغز، برشی شدن سنگ‌های بلوک‌های دو سوی سطح گسل

صبور یک گسل کواترنری است، گسل‌های شمال تویه و چشمه قلقل را نیز می‌توان گسل کواترنری معرفی کرد.

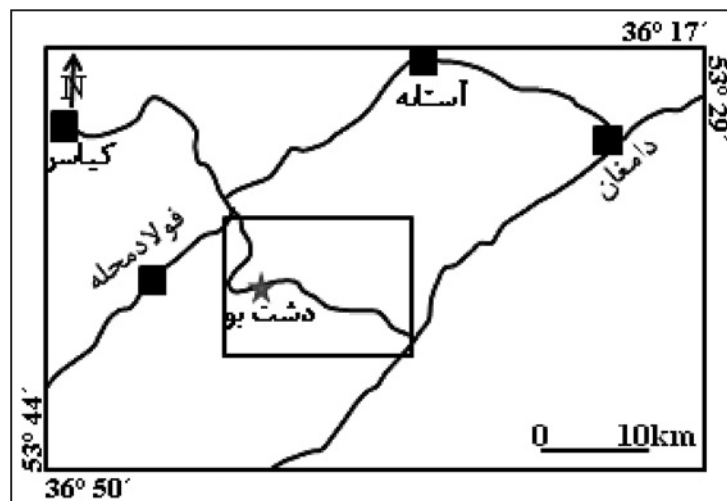
همان‌گونه که در نقشه هوامغناطیس بابل دیده می‌شود (شکل ۱۶)، هیچ خطواره مغناطیسی با روند شمالی-جنوبی که مؤید گسل‌های عرضی منطقه باشد، دیده نمی‌شود. بنابراین، می‌توان این‌گونه بیان کرد که گسل‌های عرضی موجود در منطقه مطالعاتی و محدوده پیرامون آن از نوع پی‌سنگی نیستند. این موضوع می‌تواند تأییدی بر این باشد که گسل‌های عرضی در منطقه و دیگر نقاط از نوع گسل‌های پارگی و مرتبط با گسل‌های راندگی باشند. همچنین نبود داده‌های لرزه‌ای با ژرفای زیاد در راستای گسل‌های عرضی منطقه، تأییدی بر پی‌سنگی نبودن این گسل‌هاست.

توجه به هندسه و الگوی جنبشی (Kinematic Model) گسل‌های منطقه در بازه نوزمین‌ساختی و افزودن بردار فشار در رژیم زمین‌ساختی جاری به دست آمده از پژوهش‌های جدید همچون Vernant et al. (2014) - نشان داده شده در شکل ۱۷- و امیدی و همکاران (۱۳۸۱) مؤید الگوی ترفشاری چپ‌بر در این بخش از البرز خاوری است (شکل ۱۸).

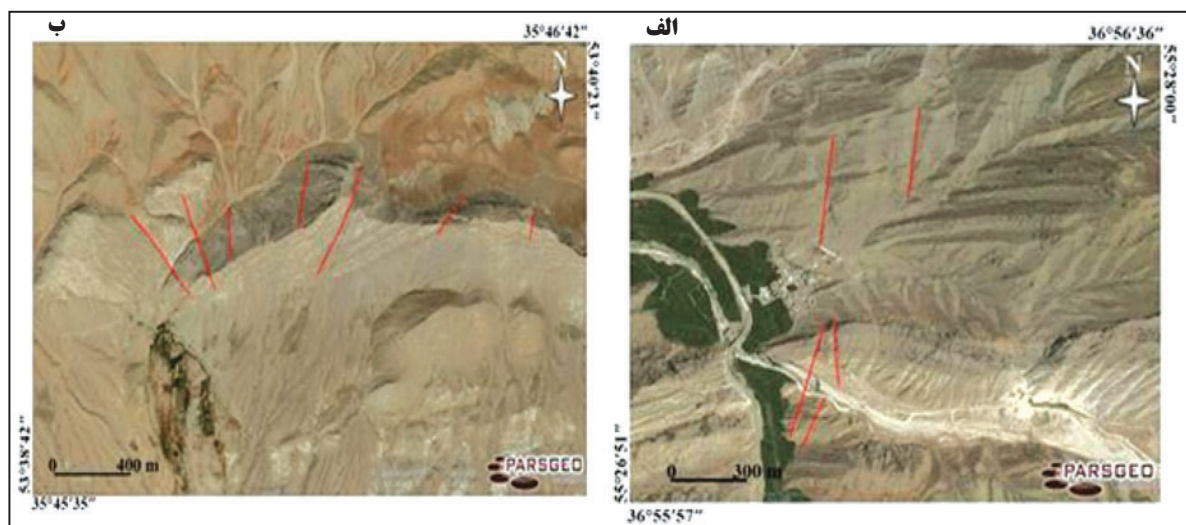
توجه شود که روند دره تویه دروازه در این مکان با این گسل‌های عرضی هماهنگی دارد و پس از گسل آستانه، این گسل‌ها به سوی شمال ادامه ندارند.

۶-۲. ارتباط هندسی و جنبشی گسل‌های عرضی و گسل‌های طولی

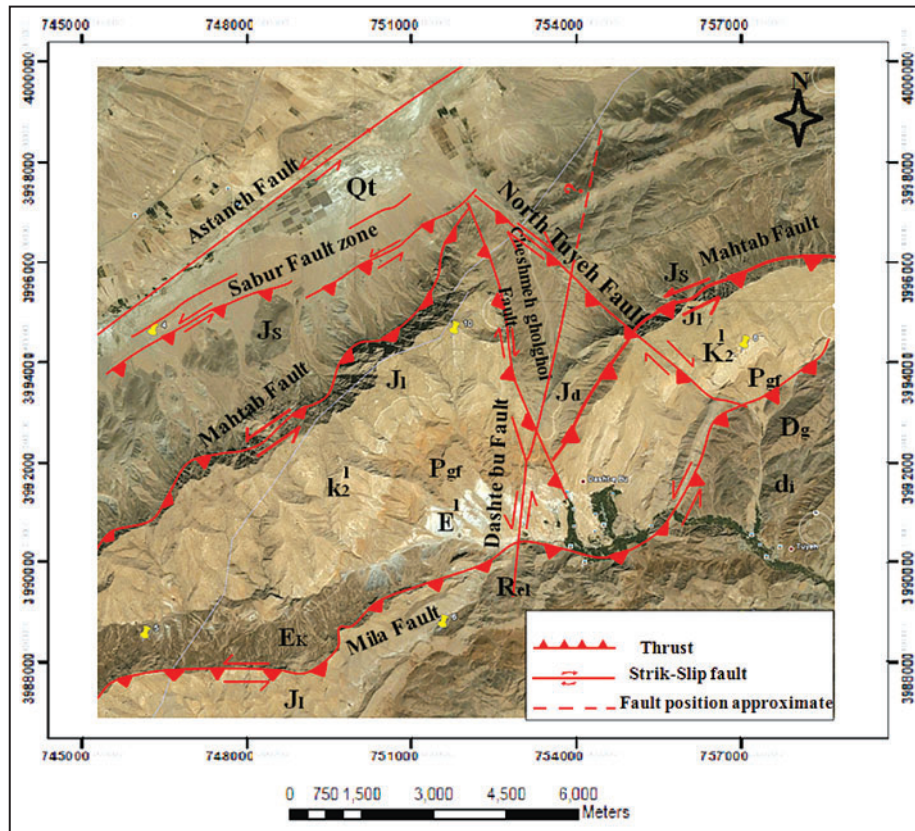
گسل‌های شمال تویه و چشمه قلقل با هندسه و سازوکار همانند (راستای کلی شمال باختری- جنوب خاوری و سازوکار وارون همراه با مؤلفه راست‌الغز راست‌بر)، در پایانه شمال باختری خود به گسل‌های مهتاب و صبور می‌رسند و مستهلک می‌شوند؛ بدین‌گونه که حرکت چپ‌بر گسل صبور و مهتاب در پایانه خاوری آنها به پایانه شمال باختری گسل شمال تویه و چشمه قلقل انتقال یافته است. بدین ترتیب، گسل صبور و مهتاب را می‌توان گسل انتقالی (Transfer Fault) برای دو گسل عرضی شمال تویه و چشمه قلقل در نظر گرفت. همچنین می‌توان این‌گونه بیان کرد که گسل‌های عرضی، گسل‌های جهش جانبی برای گسل‌های طولی هستند. در نمودار سه بعدی شکل ۱۵، ارتباط هندسی و جنبشی میان گسل‌های مورد بحث نشان داده شده است. با توجه به همبستگی جنبشی این گسل‌ها با یکدیگر و از آنجا که گسل



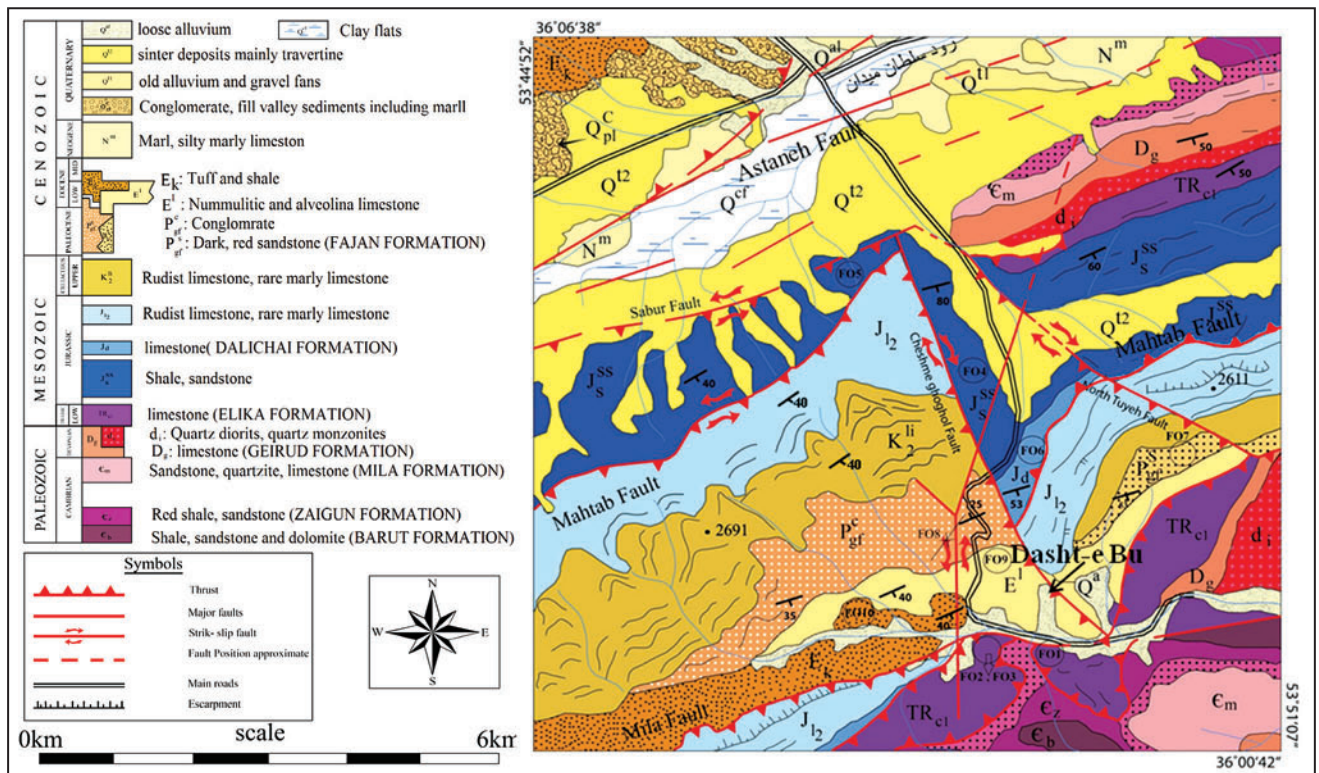
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه مطالعاتی.



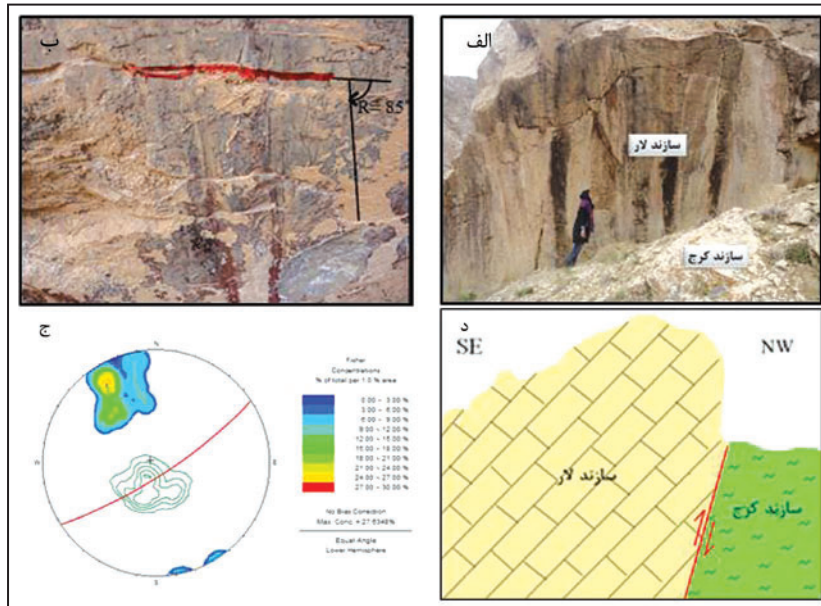
شکل ۲- نمایش نمونه‌ای از گسل‌های عرضی با راستای تقریبی شمالی-جنوبی در البرز خاوری؛ الف) روستای غزنوی (در منطقه خوش‌بیلاق)؛ ب) گردنه آهوان.



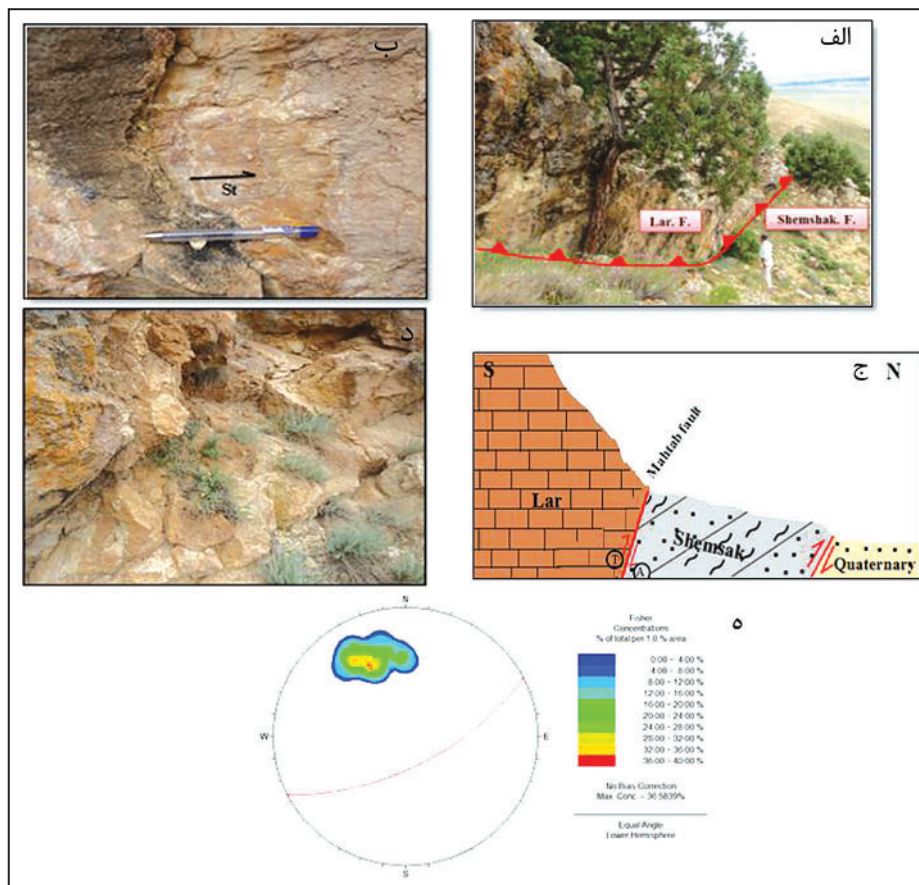
شکل ۳- تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه (برگرفته از Google earth) همراه با نمایش گسل‌ها و سازندها روی آن (Image map)، کوه‌نوشته سازندها به ترتیب عبارتند از: Qt: کواترنری؛ Ek: کرج؛ El: زیارت؛ Pg: فجن؛ K2: کرتاسه؛ JS: شمشک؛ Jd: دلچای؛ J1: لار؛ Rel: الیکا؛ Dg: جیرود؛ di: کوارتزیوریت.



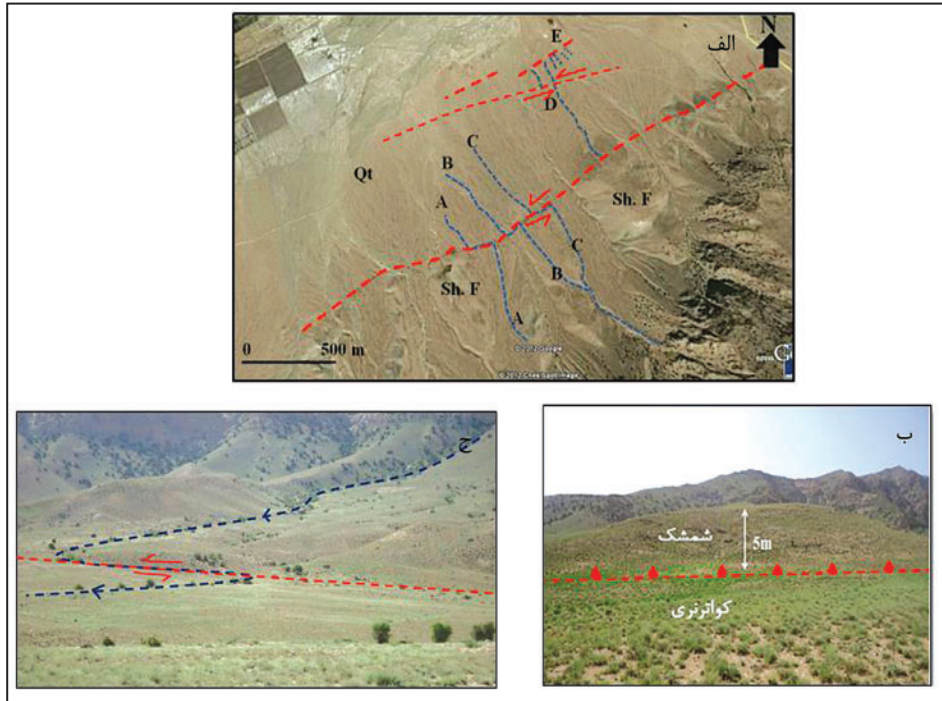
شکل ۴- نقشه زمین‌شناسی تهیه شده از منطقه مورد مطالعه برگرفته از نقشه زمین‌شناسی کیاسر؛ FO، محل اندازه‌گیری چین‌ها هستند.



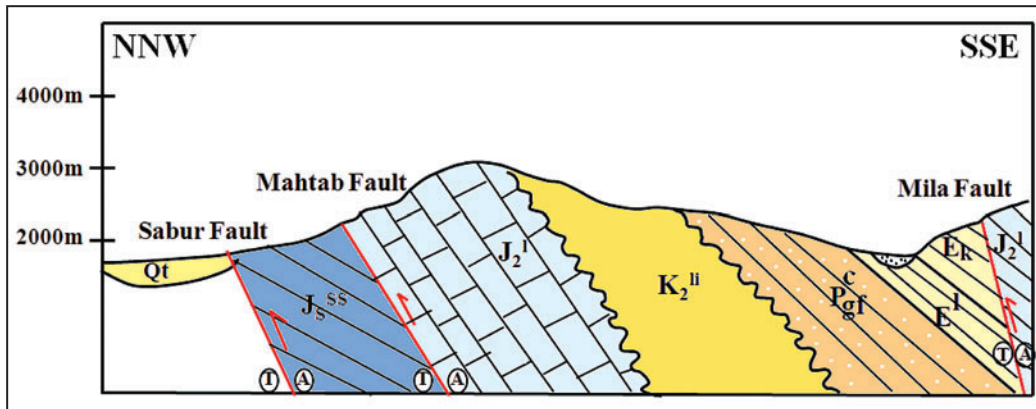
شکل ۵- الف) تصویری از پرتگاه گسلی گسل میلا (نگاه به سوی جنوب خاور)؛ ب) تصویری از ریخت‌شناسی سطح گسل میلا روی فرادیواره که خش‌لغز با ریک 85° ساعت‌گرد را نشان می‌دهد؛ ج) نیمرخ نمادین از گسل میلا؛ د) نمودار کنتوری از قطب داده‌ها که روند میانگین و چیره $78^\circ SE$ ، $57^\circ E$ را برای گسل میلا نشان می‌دهد؛ کنتورهای سبز رنگ متعلق به موقعیت میانگین خراش‌های گسلی ($85^\circ/195^\circ$) هستند.



شکل ۶- الف) تصویری از پرتگاه گسلی گسل مهتاب (نگاه به سوی باختر)؛ ب) تصویری از ریخت‌شناسی سطح گسل مهتاب روی فرادیواره که خش‌لغز افقی و برشی شدن سطح گسل؛ ج) نیمرخ نمادین از گسل مهتاب؛ د) خردشدگی سازند لار که در فرادیواره گسل مهتاب قرار گرفته است؛ ه) استریوگرام داده‌های هندسی گسل مهتاب؛ نمودار کنتوری قطب داده‌ها میانگین $63^\circ SE$ ، $63^\circ E$ را برای گسل مهتاب نشان می‌دهد.

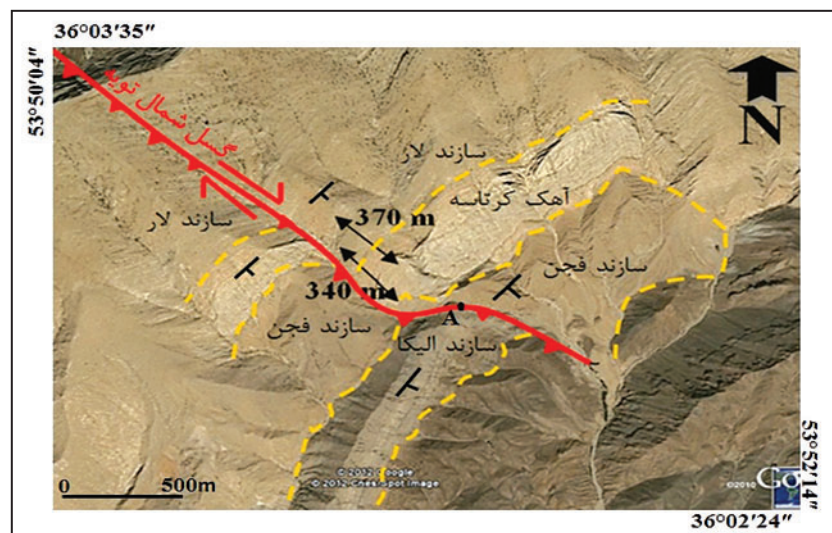


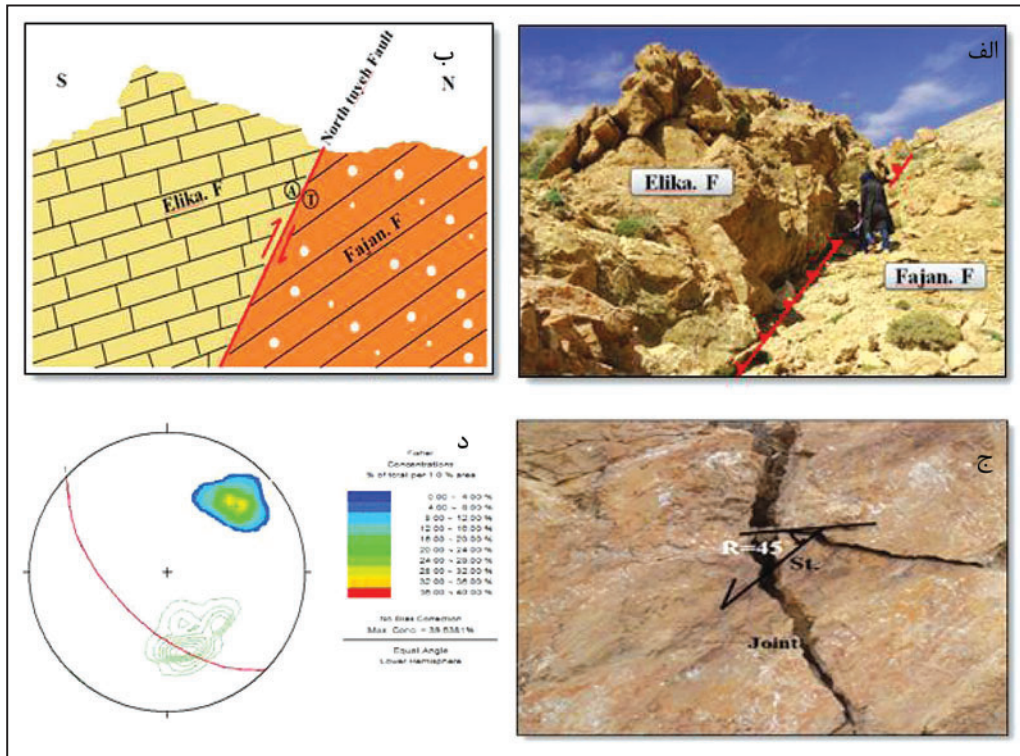
شکل ۷- الف) تصویر ماهواره‌ای گسل صبور و نمایش جابه‌جایی چپ‌بر آبراهه‌ها در امتداد خطوط گسلی (برگرفته از Google earth)؛
ب) رانده شدن سازند شمشک (ژوراسیک) روی رسوبات کواترنری؛ ج) تصویر صحرایی از جابه‌جایی چپ‌بر آبراهه در مسیر گسل صبور.



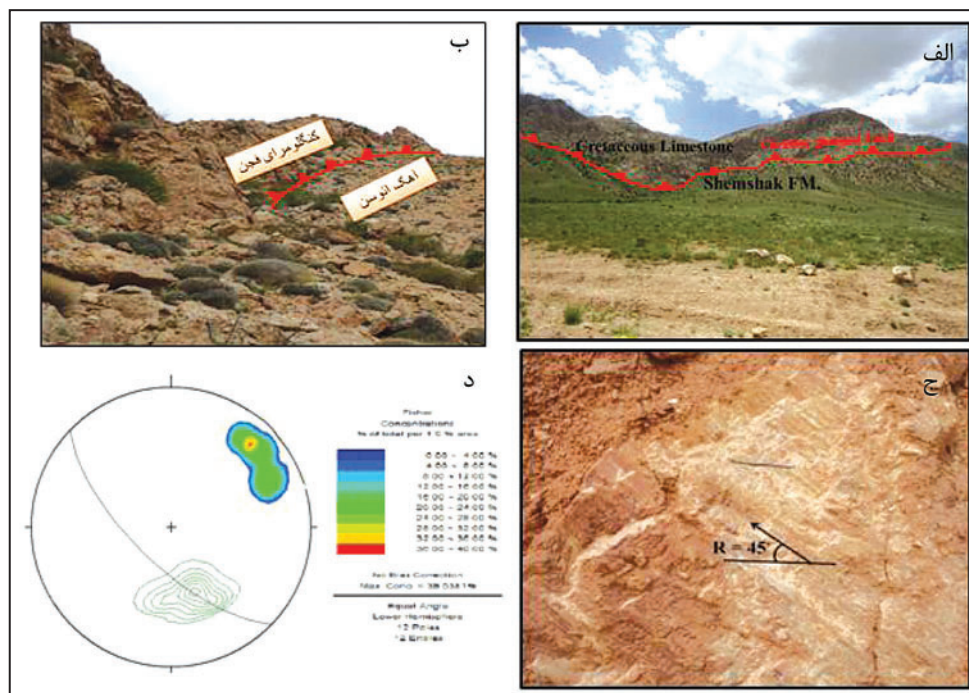
شکل ۸- مقطع عرضی نمادین رسم شده از سه گسل میلا، مهتاب و صبور.

شکل ۹- تصویر ماهواره‌ای برگرفته از Google earth که جابه‌جایی امتداد لغز سازندهای فجن و کرتاسه در اثر عملکرد گسل شمال تویه روی آن نشان داده شده است.

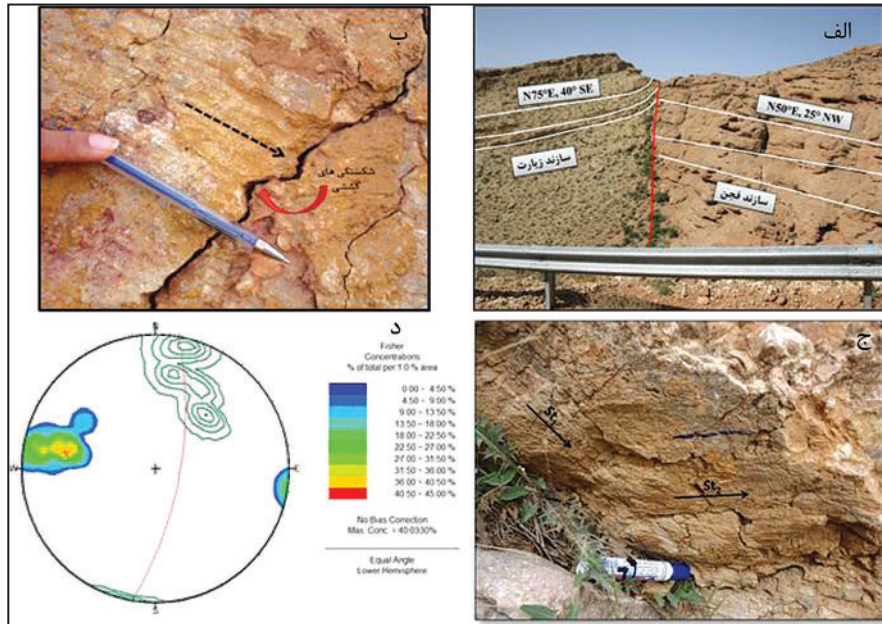




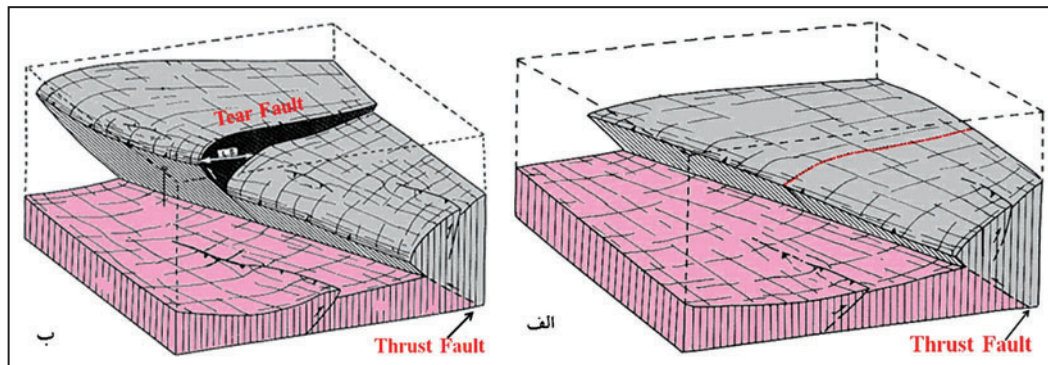
شکل ۱۰- الف) نمایی از سطح گسل شمال تویه در نقطه A (مراجعه شود به شکل ۷) که رانده شدن سازند الیکا (تریاس) روی سازند فجن (پالئوسن) را نشان می‌دهد؛ ب) برشی نمادین از سطح گسل شمال تویه از تصویر الف؛ ج) تصویری از سطح گسل در فرادیواره که خشک‌لغز و اثر شکستگی کششی عمود بر آن را نشان می‌دهد؛ د) نمودار کنتوری از قطب داده‌ها که روند میانگین و چیره 58°SW ، 46°W را برای گسل شمال تویه نشان می‌دهد؛ کنتورهای سبزرنگ متعلق به موقعیت میانگین خراش‌های گسلی ($39^{\circ}/165^{\circ}$) هستند.



شکل ۱۱- الف) رانده شدن آهک کرتاسه روی سازند شمشک توسط گسل چشمه‌قلقل (نگاه به سوی جنوب باختر)؛ ب) برشی شدن کنگلومرای فجن در فرادیواره گسل؛ ج) خراش‌های گسلی با ریک ۴۵ درجه و پله‌های سطح گسل روی فرادیواره گسل چشمه‌قلقل؛ د) استریوگرام داده‌های ساختاری گسل چشمه‌قلقل روند چیره 70°SW ، 45°E را برای این گسل نشان می‌دهد.



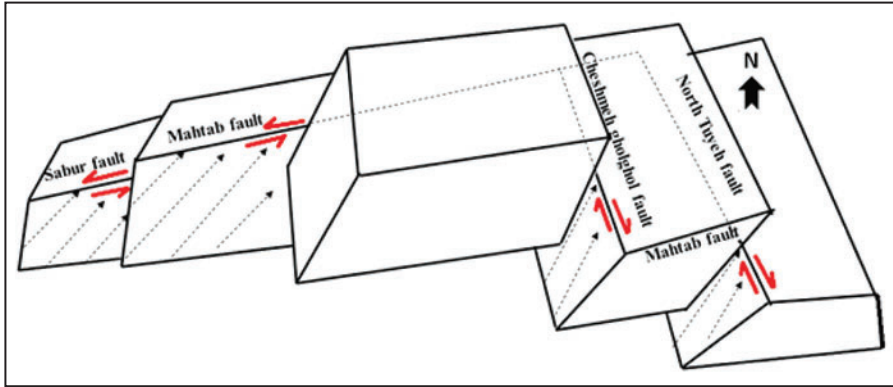
شکل ۱۲- الف) قراگیری سازند فجن و زیارت با موقعیت‌های ساختاری مختلف، در کنار یکدیگر توسط گسل دشت‌بو؛ ب) اثر شکستگی‌های کششی که عمود بر خراش‌های گسلی قرار گرفته‌اند؛ ج) حضور دو دسته خراش گسلی روی سطح گسل دشت‌بو (خراش‌های افقی از نظر سنی جوان‌تر از خراش‌های مورب هستند)؛ د) نمودار هم‌تراز قطب صفحه‌های گسلی که روند چیره $15^{\circ} E, 72^{\circ} N$ را برای این گسل نشان می‌دهد؛ میانگین کنتور خراش‌های گسلی به صورت $16.0^{\circ}/49^{\circ}$ است.



شکل ۱۳- ارتباط هندسی و جنبشی گسل‌های پارگی با ورقه‌های راندگی. الف) جا به جایی متفاوت در صفحه راندگی و تشکیل نقاط ضعف؛ ب) ادامه جا به جایی و حرکت صفحه راندگی و تشکیل گسل پارگی (برگرفته از (Donald (2013)).

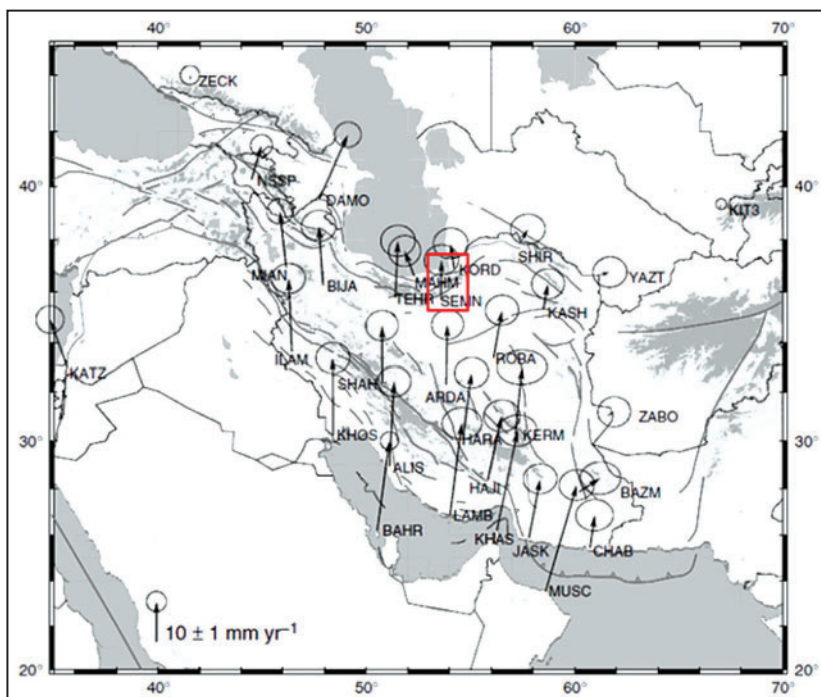
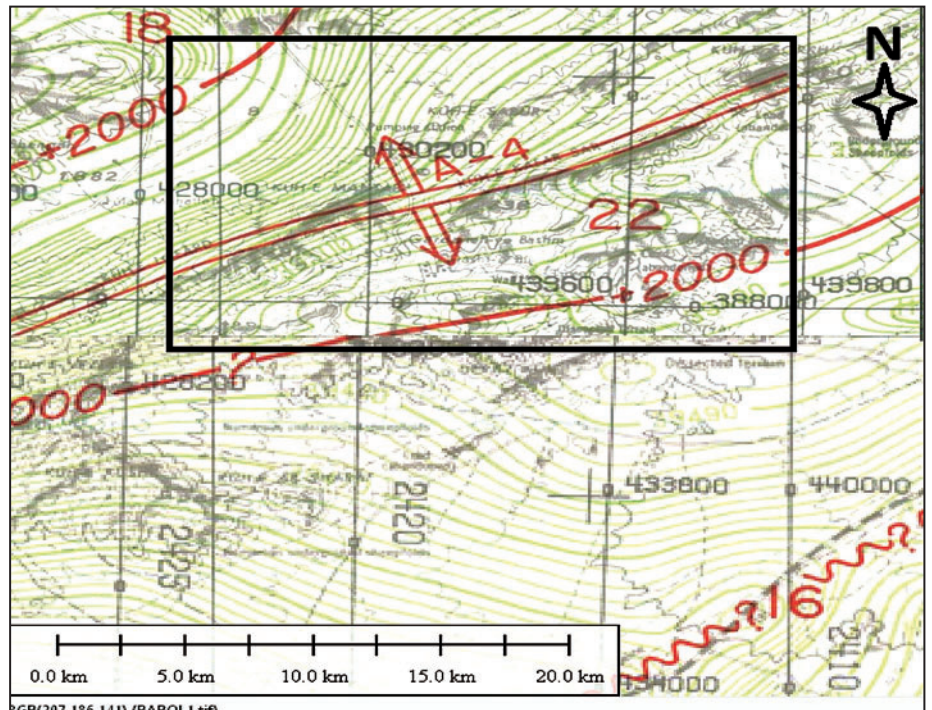


شکل ۱۴- جا به جایی ۴۷۰۰ متری راندگی مهتاب توسط گسل پارگی چشمه قلقل.

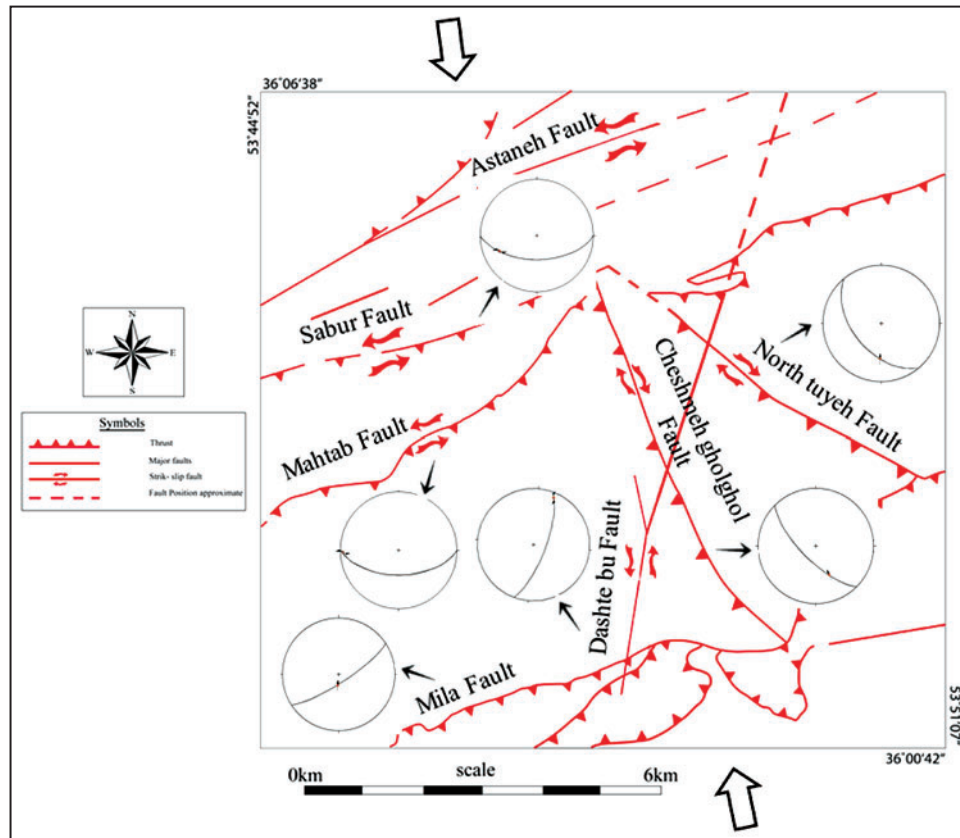


شکل ۱۵ - نمودار سه بعدی نشان‌دهنده ارتباط هندسی و جنبشی گسل‌های عرضی و گسل‌های اصلی منطقه و چگونگی جابه‌جایی در امتداد آنها؛ بردار مشکی سوی فشار را در پهنه مورد بحث نشان می‌دهد.

شکل ۱۶- نقشه هومگناتیس بر گره ۱:۲۵۰۰۰۰ بابل (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۰) که در آن منطقه مورد مطالعه در کادر مشکی نشان داده شده است.



شکل ۱۷- نمایش سو و نرخ لغزش در نواحی مختلف ایران (برگرفته از Vernant et al. (2004)). منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، بخشی از کادر سبز رنگ است.



شکل ۱۸- نقشه گسل‌های منطقه به همراه نمایش جهت فشردگی بیشینه.

کتابنگاری

- آفانیاتی، س.ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ ص.
- اکبرپور، م.ر. و سعیدی، ا.، ۱۳۷۱- نقشه زمین‌شناسی کیاسر به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- امیدی، پ.، نوگل‌سادات، م. و قرشی، م.، ۱۳۸۱- بازسازی تنش کواترنری بر اساس تحلیل لغزش گسل در نیمه جنوبی البرز خاوری، فصلنامه علوم زمین، شماره ۴۵-۴۶، صص ۴۸ تا ۶۳.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۰- نقشه هومغناطیس ۱:۲۵۰۰۰۰ ورقه بابل.
- قاسمی، م.ر.، ۱۳۸۷- پایه‌های زمین‌شناسی ساختمانی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۲۰ ص.

References

- Axen, G. J., Lam, P. S., Grove, M., Stocklin, D. F. & Hassanzadeh, J., 2001- Exhumation of the west central Alborz Mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics. *Geology* 29: 559-562.
- Donald, S., 2013- Using freehand three-dimensional drawings to clarify and verify subsurface structural interpretations, in C. Knight and J. Cuzella, eds., *Application of structural methods to Rocky Mountain hydrocarbon exploration and development: AAPG Studies in Geology* 65: 1-13.
- Twiss, R. J. & Moores., E. M., 1992- *Structural Geology* W. H. Freeman and Company, 103-113.
- Vernant, Ph., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M. R., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer, R, Tavakoli, F. & Chery, J., 2004- Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. *Geophys. J. Int.*, 157: 381-398.

Geometric and Kinematic Analysis of Transverse Faults in Dasht-e Bu Region (SW of Damghan)

E. Taheri ¹, P. Omid ^{2*} & A. Taheri ³

¹ M. Sc., Faculty of Earth Science, University of Shahrood, Shahrood, Iran

² Assistant Professor, Faculty of Earth Science, University of Shahrood, Shahrood, Iran

³ Professor, Faculty of Earth Science, University of Shahrood, Shahrood, Iran

Received: 2014 December 09

Accepted: 2015 May 10

Abstract

In this research, the geometric and kinematic relationships between longitudinal and transverse faults in Dasht-e bu region (southwest of Damghan, eastern Alborz belt) were studied. All the longitudinal faults (Mila, Sabur and Mahtab faults) extend along NE-SW direction, whereas the transverse faults (Cheshmeh gholghol, north Tuyeh and Dasht-e bu faults) represent nearly N-S trending structures. The transverse faults are hangingwall tear faults which resulted from thrusting occurred on longitudinal faults. There is a geometric and kinematic relationship between the two groups of faults, so that the longitudinal faults can be considered to play the role of transfer faults for the transverse faults. Movement along the transverse faults (lateral ramps) is diminished toward their tips and is transferred to the longitudinal faults.

Keywords: Transverse fault, Longitudinal fault, Geometric and kinematic relationship, Lateral ramp, Dasht-e bu.

For Persian Version see pages 257 to 266

*Corresponding author: P. Omid; E-mail: pomidy@yahoo.com