

تکامل ساختاری پس از کرتاسه منطقه آزادکوه در البرز مرکزی

محمد اکبر براتی، علی یساقی*، سعید معدنی پور؛

دانشگاه تربیت مدرس، گروه زمین شناسی

پذیرش ۹۷/۰۴/۲۵

دریافت ۹۶/۱۱/۰۳

چکیده

منطقه آزادکوه در البرز مرکزی قرار دارد و از واحدهای سنگی پالئوزوئیک تا سنوزوئیک تشکیل شده است. گسل آزادکوه مرز شمالی و گسل TF4 نیز مرز جنوبی منطقه را تشکیل می‌دهند. هدف از این پژوهش بررسی تکامل ساختاری پس از کرتاسه منطقه به‌عنوان شاهدی بر چنین تکاملی در البرز مرکزی است. شواهد ساختاری برداشت شده در این پژوهش نشان‌دهنده عملکرد چندین روی داد زمین ساختاری در بازه زمانی سنوزوئیک در این بخش از البرز مرکزی است. در این منطقه سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه به‌صورت دگرشیب، واحدهای ماسه سنگی-شیلی شمشک را پوشانده است. از سوی دیگر کنگلومرای پالئوسن فجن به‌صورت دگرشیبی روی این سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه و یا سنگ‌های قدیمی‌تر قرار گرفته است. رخنمون واحدهای سنگی کرتاسه و سازند ائوسن کرج مابین گسل‌های کنترل کننده منطقه آزادکوه که در آنها گسل‌های نرمال هم‌زمان با رسوب‌گذاری توسعه یافته می‌توانند نشان‌دهنده عملکرد نرمال این گسل‌ها و توسعه حوضه گرابنی در این زمان باشد. شیب زیاد گسل معکوس آزادکوه، راندگی سازندهای جوان‌تر بر سازندهای قدیمی‌تر، تشکیل گسل پس راند TF3 در فرادیواره آن و ساختار بالا جسته مابین آن‌ها، از نشانه‌های ساختاری بر وارونگی این گسل است. گسل TF4 مرز جنوبی منطقه نیز گسلی راندگی از نوع خارج از گرابنی در خلال چنین وارونگی ایجاد شده است. در پلیوکواترنری حرکت به سمت جنوب باختر پوسته خزر نسبت به ایران مرکزی که با زمین ساخت ترافشارش همراه شده است، باعث توسعه گسل‌های امتدادلغزی که گسل‌های اصلی وارون شده کنترل کننده مرزهای منطقه آزادکوه را قطع و جابه‌جا کرده‌اند، شده است.

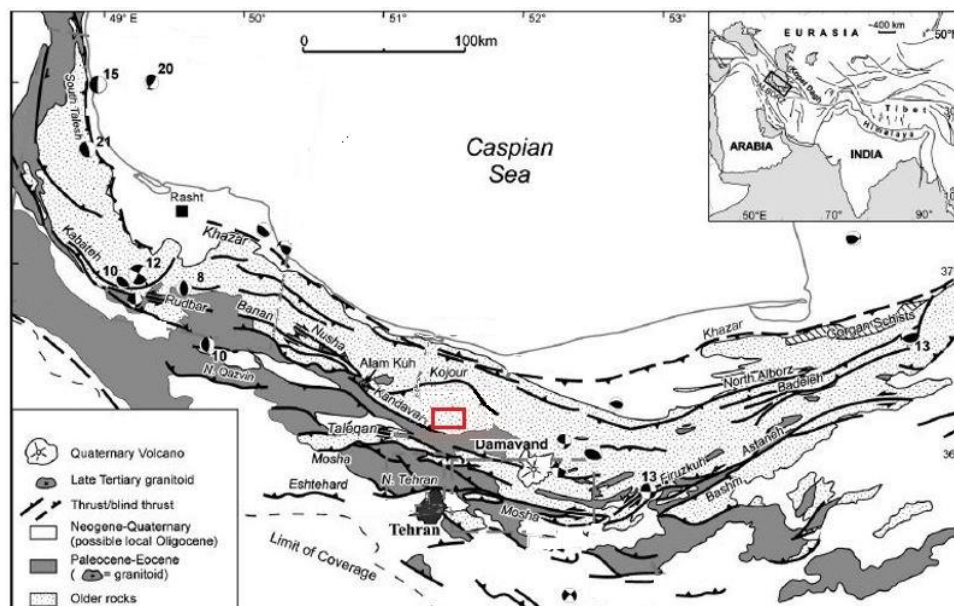
واژه‌های کلیدی: البرز مرکزی، منطقه آزادکوه، وارونگی ساختاری، ترافشارش.

مقدمه

رشته کوه‌های البرز در شمال ایران به‌طول حدود ۶۰۰ کیلومتر در حاشیه جنوبی دریای خزر قرار دارد (شکل ۱). این رشته کوه‌ها متأثر از غالب رخدادهای شناخته شده زمین‌شناختی در هر دو ابرقاره گندوانا و اوراسیا، سیر تکوین خود را از زمان تریاس در خلال کوه‌زادهای سیمیرین و آپی سپری کرده است [۱]. رشته کوه‌های البرز به سه بخش باختری، مرکزی و خاوری تقسیم می‌شود. البرز مرکزی در حاشیه جنوبی دریای خزر قرار دارد و یکی از بخش‌های به شدت دگرریخت شده البرز است که دگرریختی در آن عمدتاً به‌وسیله گسل‌های راندگی اصلی کنترل می‌شود [۱]، [۲]. مهم‌ترین این گسل‌ها و با روند تقریبی شمال باختری- جنوب خاوری از شمال به جنوب شامل گسل خزر، شمال البرز، کندوان، طالقان، مشا و شمال تهران است (شکل ۱) که ضمن تفکیک البرز مرکزی به زیرپهنه‌های ساختاری متعدد [۳]، توزیع واحدهای سنگی را نیز در این زیرپهنه‌ها کنترل می‌کنند. منطقه بررسی شده در شمال گسل کندوان واقع شده و در آن واحدهای سنگی مختلف، از کربونیفر تا ائوسن، به‌صورت بالا جسته و نواری باریک به عرض ۳ کیلومتر و

* نویسنده مسئول: Yassaghi@modares.ac.ir

طول بیش از ۱۰ کیلومتر به وسیله دو گسل معکوس آزادکوه در شمال و TF4 در جنوب و هر دو با جهت شیب به سمت جنوب، در بین واحدهای ماسه سنگی-شیلی سازند شمشک قرار گرفته است (شکل‌های ۲ و ۳). شکل‌گیری چنین هندسه ساختاری و فرایند تکامل آن در این بخش از البرز مرکزی هم‌چنین توسعه گسل‌های امتدادلغزی که ساختارهای اصلی را قطع می‌کنند در این پژوهش بررسی شده است.



شکل ۱. موقعیت البرز مرکزی به همراه گسل‌های آن، منطقه بررسی شده به وسیله مستطیل قرمز رنگ نشان داده شده است [۴].

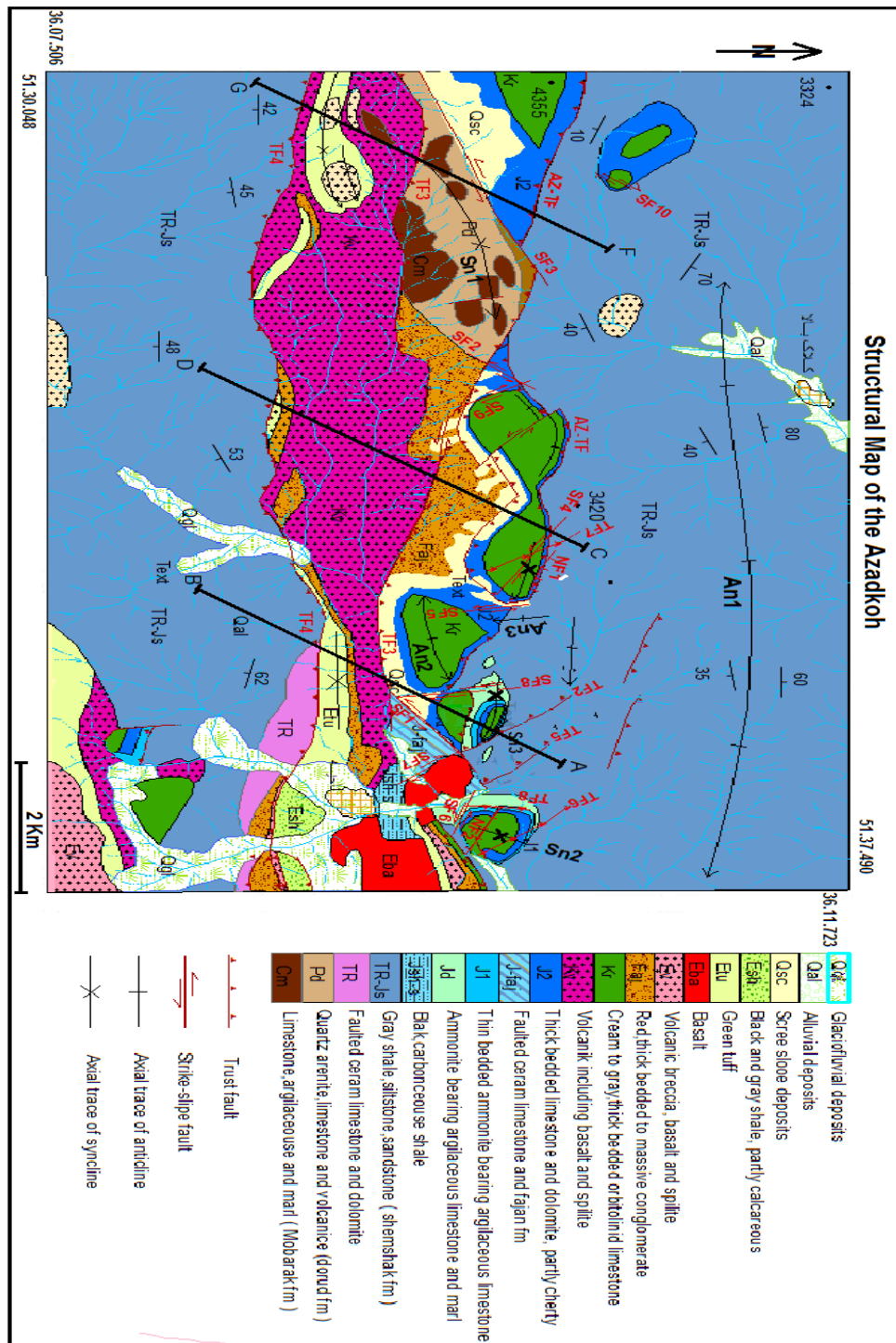
تحلیل ساختاری

در این بخش داده‌های میدانی به دست آمده از تحلیل هندسی و جنبشی ساختارهای منطقه آزادکوه که شامل گسل‌ها و دگرشیبی‌ها است و به جهت تکوین ساختاری منطقه به عنوان بخشی از البرز مرکزی ارائه شده است. این ساختارها برابر شکل‌های ۲ و ۳ شامل گسل آزادکوه در شمال و گسل TF4 در جنوب که ساختارهای اصلی کنترل کننده منطقه هستند و هم‌چنین گسل‌های فرادیواره‌ای و فرودیواره‌ای گسل آزادکوه و گسل‌های با سازوکار راستالغز که این گسل‌های اصلی را قطع و جابه‌جا کرده‌اند. دگرشیبی‌ها شامل دگرشیبی مابین نهشته‌های کرتاسه و سنگ‌های قدیمیتر و هم‌چنین دگرشیبی مابین سازند آئوسن فجن و سنگ‌های قدیمی‌تر از دیگر ساختارهای اصلی منطقه آزادکوه است.

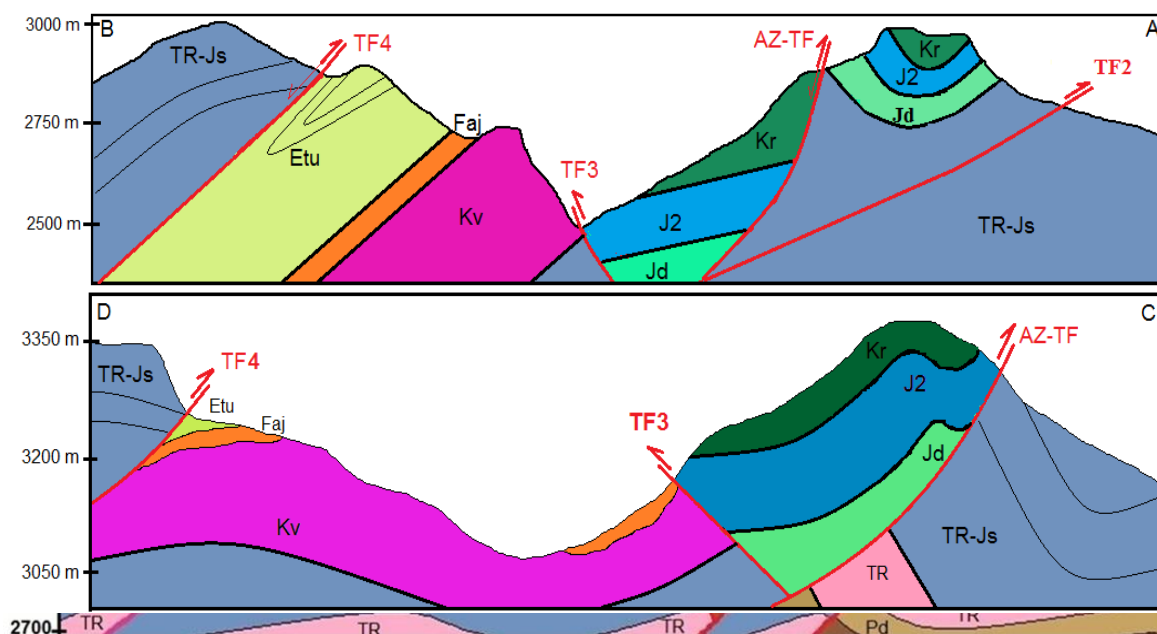
۱. تحلیل ساختارهای گسلی

تحلیل هندسی و جنبشی گسل‌های منطقه آزادکوه بر اساس داده‌های میدانی و با رسم سه برش ساختاری و تحلیل آنها در این بخش ارائه شده است (شکل ۳). برابر این برش‌ها، گسل‌های آزادکوه و TF4 از گسل‌های کنترل کننده و به ترتیب شمال و جنوب منطقه آزادکوه است و گسل‌های TF2 و TF3 به ترتیب گسل‌های فرودیواره‌ای و فرادیواره‌ای گسل آزادکوه است. گسل آزادکوه با روند عمومی خاوری-باختری و شیب به سمت جنوب باختر، بزرگ‌ترین گسل

منطقه بررسی شده است که از قسمت باختر تونل کندوان در جاده کرج-چالوس (خارج از منطقه بررسی شده) تا شمال روستای ناحیه در خاور منطقه بررسی شده ادامه دارد (شکل ۲). گسل TF4 با امتداد خاوری-باختری از روستای ناحیه در خاور منطقه بررسی شده تا خارج از باختر منطقه بررسی شده امتداد دارد (شکل ۲).



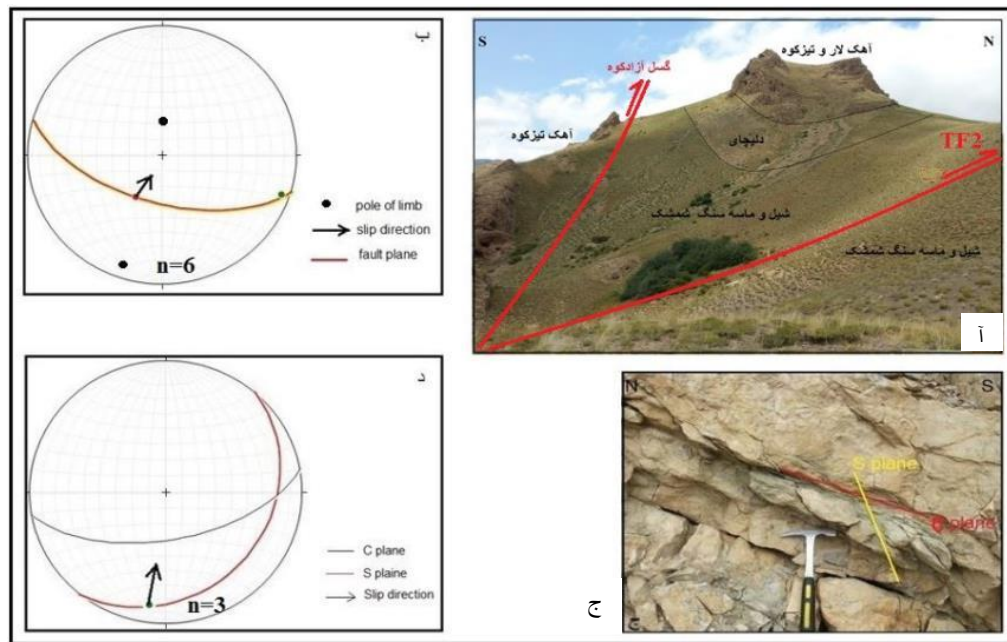
شکل ۲. نقشه زمین ساختمانی منطقه آزادکوه. اصلاح شده از نقشه زمین‌شناسی بلده [۵]. موقعیت برش‌ها (شکل ۳) با خطوط سیاه رنگ نشان داده شده است.



شکل ۳. برش‌های تهیه شده از منطقه آزادکوه، موقعیت برش‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است.

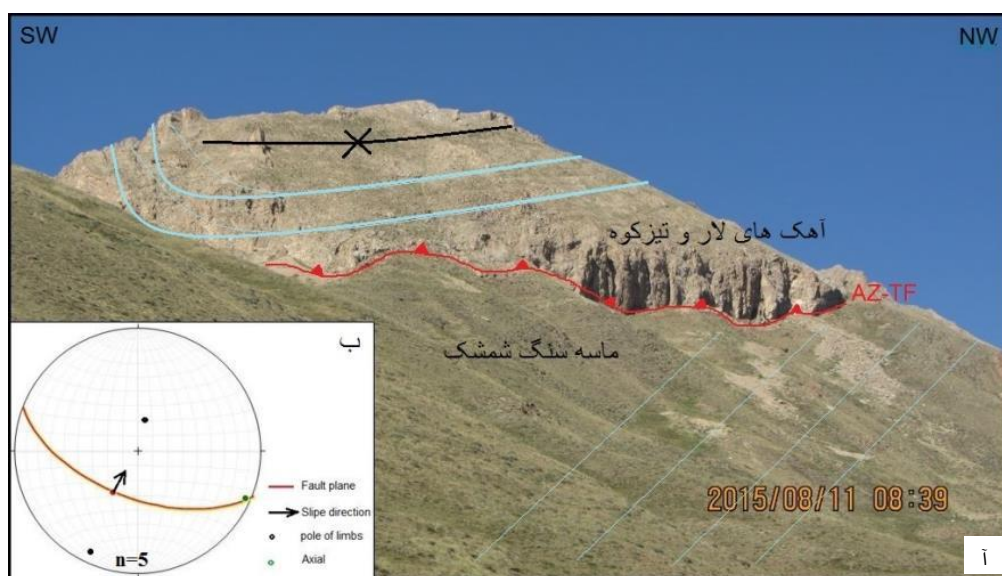
گسل TF2 با امتداد شمال باختر و شیب به سمت جنوب خاور در فرودپواره گسل آزادکوه قرار دارد و باعث جابه‌جایی واحدهای سازند شمشک شده است (شکل‌های ۲ و ۳). گسل TF3 با امتداد خاوری-باختری و شیب به سمت شمال در فرادپواره گسل آزادکوه قرار گرفته و از باختر روستای ناحیه آغاز و تا جنوب آزادکوه ادامه دارد (شکل‌های ۲ و ۳). علاوه بر این گسل‌های راندگی، گسل‌های جوانتر راستالغز (مانند SF3) ساختارهای گسلی راندگی (مانند TF3) را قطع و جابه‌جا کرده‌اند (شکل ۲).

در برش AB (شکل ۳) گسل آزادکوه باعث رانده شدن سنگ آهک‌های سازند لار و تیزکوه روی آهک و مارن سازند دلیچای و شیل و ماسه سنگ‌های سازند شمشک شده است. این راندگی که با توسعه گسل راندگی TF2 در فرودپواره گسل آزادکوه همراه شده موجب چین‌خوردگی سنگ آهک‌های سازند دلیچای و ماسه سنگ سازند شمشک به صورت ناودیس فرودپواره‌ای گسل آزادکوه شده است (شکل ۴ ا). بر اساس این ناودیس فرودپواره‌ای و هم‌چنین توسعه عدسی‌های گسلی نامتقارن در پهنه گسل آزادکوه (شکل ۴ ج و د) سازوکار معکوس گسل تحلیل شده است. تحلیل استریوگرافیک (شکل ۴ ج) عدسی‌های نامتقارن در پهنه گسل TF2 نیز سازوکار غالب معکوس و با مؤلفه کوچک امتدادلغز چپ‌گرد را برای این گسل نشان می‌دهد. در همین برش گسل TF3 که با جابه‌جایی معکوس قابل ملاحظه‌ای نیز همراه است و باعث رانده شدن سنگ آهک‌های سازند ژوراسیک لار و تیزکوه کرتاسه بر سازند شمشک شده است (شکل ۷)، به‌عنوان گسل پسراند فرادپواره گسل آزادکوه تحلیل شده است. گسل TF4 در این برش با شیب به سمت جنوب باعث قرارگیری واحدهای ماسه سنگی-شیلی سازند شمشک روی سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه و توف سنگ‌های سازند کرج که به شکل یک ناودیس چین‌خورده‌اند، شده است (شکل‌های ۸ و ۹ ب). از همین ناودیس که یک چین‌کشیدگی فرودپواره‌ای است برای تحلیل جنبشی این گسل استفاده شد، که نشان‌دهنده جهت حرکت گسل به سمت شمال خاور است.



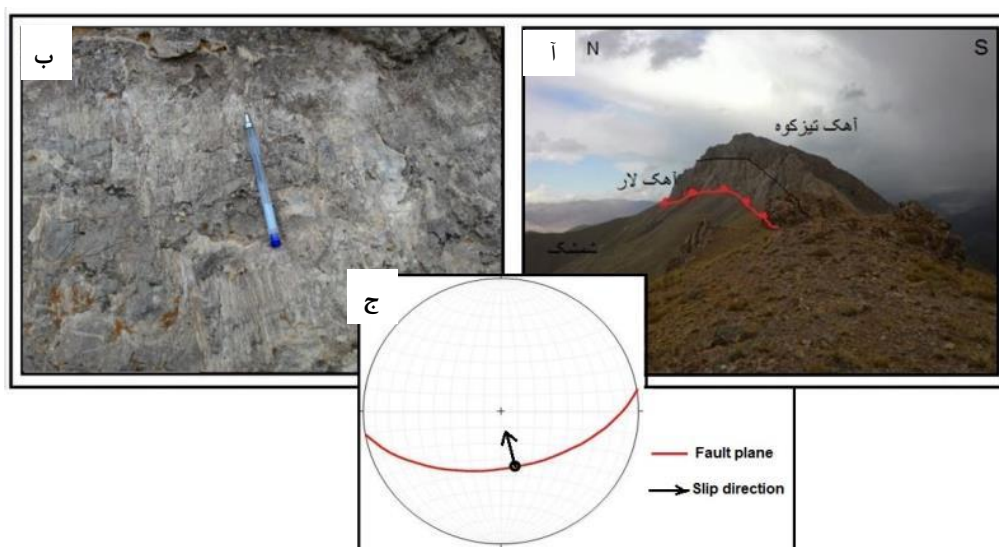
شکل ۴. (آ) گسل‌های آزادکوه و TF2 در برش AB، (ب) تحلیل جنبشی (راستای جابه‌جایی) گسل آزادکوه با استفاده از موقعیت محور ناودیس فرودیواره‌ای، (ج) صفحات C/S در پهنه گسلی TF2، (د) استریوگرام تحلیل جنبشی گسل فرودیواره‌ای TF2

در برش CD، گسل آزادکوه سنگ آهک‌های سازند لار و تیزکوه را روی سازند ماسه سنگی-شیلی شمشک قرار داده است (شکل ۳). در این برش، سنگ آهک‌های سازند لار و کرتاسه صخره ساز بوده است و در فرادیواره گسل چین‌خورده‌اند (شکل‌های ۳ و ۵). این چین‌خوردگی‌های فرادیوره‌ای به‌عنوان نشان‌گری از سازوکار معکوس با شیب به‌سمت جنوب باختر و رانش سوی شمال خاور گسل آزادکوه در این برش تحلیل شده است. در این برش نیز گسل TF3 و در فرادیواره گسل به‌عنوان پسراند گسل آزادکوه است و گسل TF4 با شیب به‌سمت جنوب باعث قرارگیری واحدهای ماسه سنگی-شیلی سازند شمشک روی توف سنگ‌های سازند کرج شده است.



شکل ۵. (آ) گسل آزادکوه در برش CD، (ب) تحلیل استریوگرافیک گسل آزادکوه

در برش FG، گسل آزادکوه موجب رانده شدن سنگ آهک‌های سازند لار روی سازند ماسه سنگی-شیلی شمشک شده است (شکل‌های ۳ و ۶). در بخش خاوری این برش رخنمون سنگ آهک‌های لار و کرتاسه به صورت گوه‌ای شکل، به پایان می‌رسد و به جای آن واحدهای سنگی پرمین در فرادیواره گسل آزادکوه رخنمون دارد. (شکل ۲). در این برش صفحه گسلی برداشت شده از گسل آزادکوه در این برش سازوکار غالب معکوس را با شیب حدود ۶۰ درجه برای گسل نشان می‌دهد (شکل ۶ ب). در فرادیواره گسل آزادکوه در این برش نیز گسل TF3 که در راستای آن واحدهای سنگی پرمین روی سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه رانده شده است قرار دارد (شکل‌های ۲ و ۳). پهنه گسلی خرد شده تحلیل استریوگرافیک عدسی‌های گسلی در پهنه این گسل سازوکار غالب راندگی را برای گسل TF3 به‌عنوان پسراند فرادیواره‌ای گسل آزادکوه نشان می‌دهد (شکل ۷). گسل TF4 نیز در این برش مرز جنوبی منطقه آزادکوه را تشکیل داده و تحلیل استریوگرافیک پهنه گسل سوی جابه‌جایی به سمت شمال خاور را برای گسل نشان می‌دهد (شکل ۸ ج).



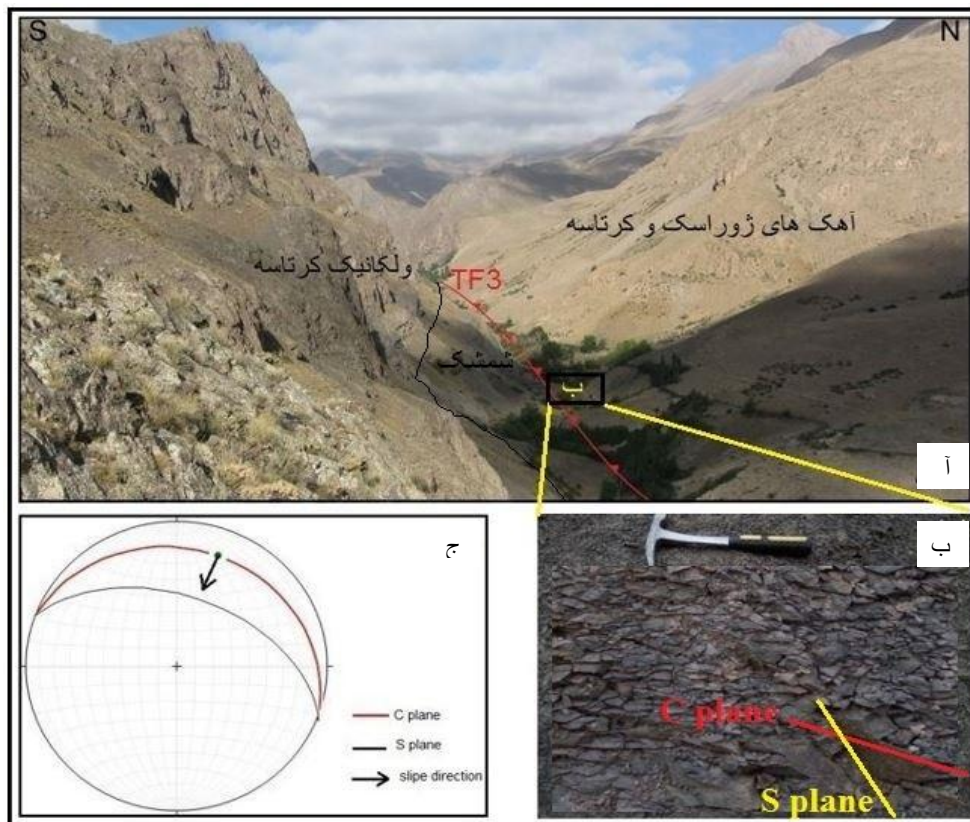
شکل ۶. آ) گسل آزادکوه در برش FG، ب) صفحه گسلی مشاهده شده در این مقطع، ج) تحلیل استریوگرافیک صفحه گسلی

۲. دگرشیبی‌ها

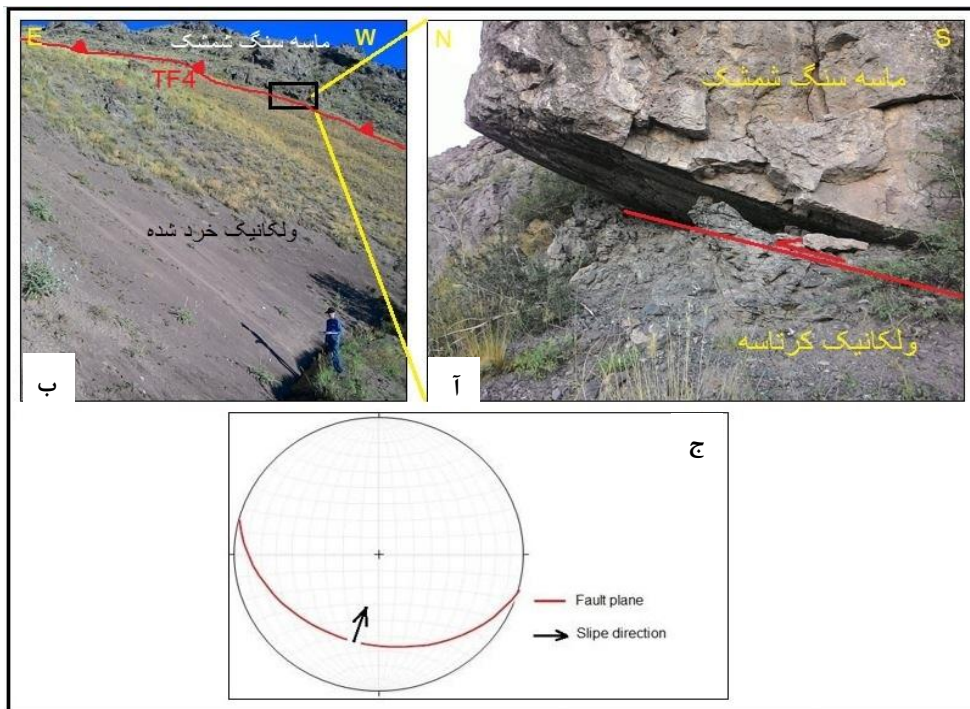
در جنوب خاور آزادکوه و در حد فاصل دو گسل TF3 و TF4، سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه به صورت دگرشیب، واحدهای ماسه سنگی-شیلی سازند تریاس بالایی- ژوراسیک میانی شمشک را پوشانده است (شکل ۹ آ). هم‌چنین در شمال گسل TF4، کنگلومرای فجین به سن پالئوسن با ناپیوستگی روی سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه قرار گرفته است (شکل ۹ ب) و از سوی دیگر در قسمت شمال روستای ناحیه و هم‌چنین در جنوب روستای اوزکلا [۶]، واحدهای فجین به صورت دگرشیب روی واحدهای ماسه سنگی-شیلی شمشک قرار گرفته است (شکل ۱۰).

بحث

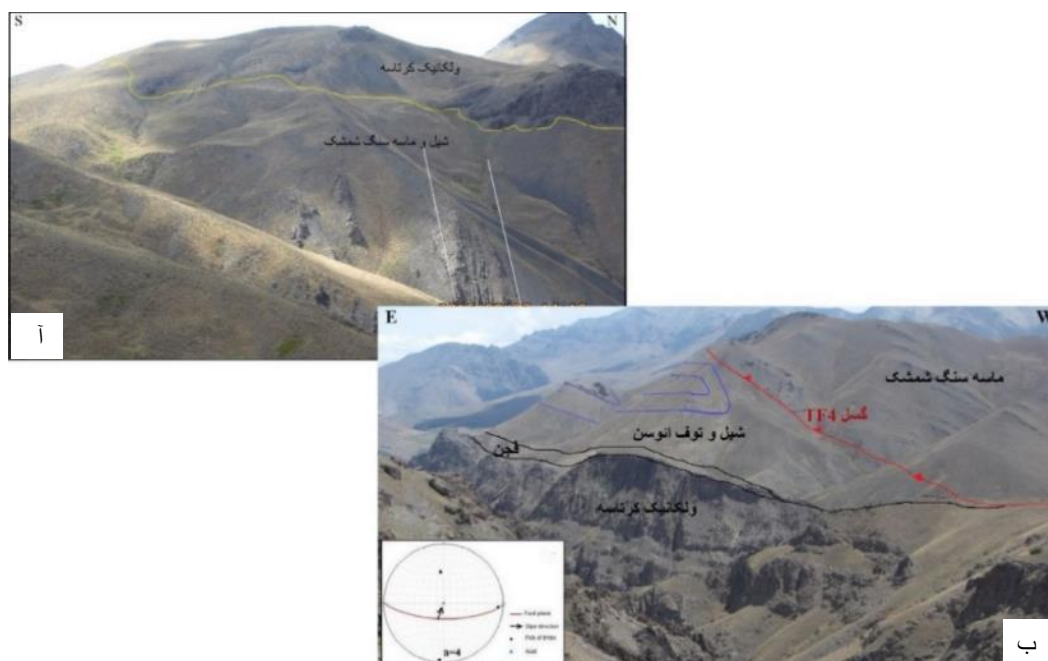
در ستون زمین‌ساخت چینه‌ای البرز مرکزی (شکل ۱۱) [۷] بر عملکرد چندین رخداد تراکمی و کششی در فاصله زمانی کرتاسه-پلیوکواترنری در البرز مرکزی اشاره شده است. این رخدادها شامل: ۱. تراکمی اوایل کرتاسه-پالئوسن، ۲. کششی ابتدای ائوسن، ۳. وارون شدگی زمین‌ساختی پس از ائوسن و ۴. ترفشارش پلیوکواترنری. در این بخش تحلیل زمانی ساختارهای تحلیل شده در بخش ۲ این پژوهش با اثر این رخدادها بحث شده است.



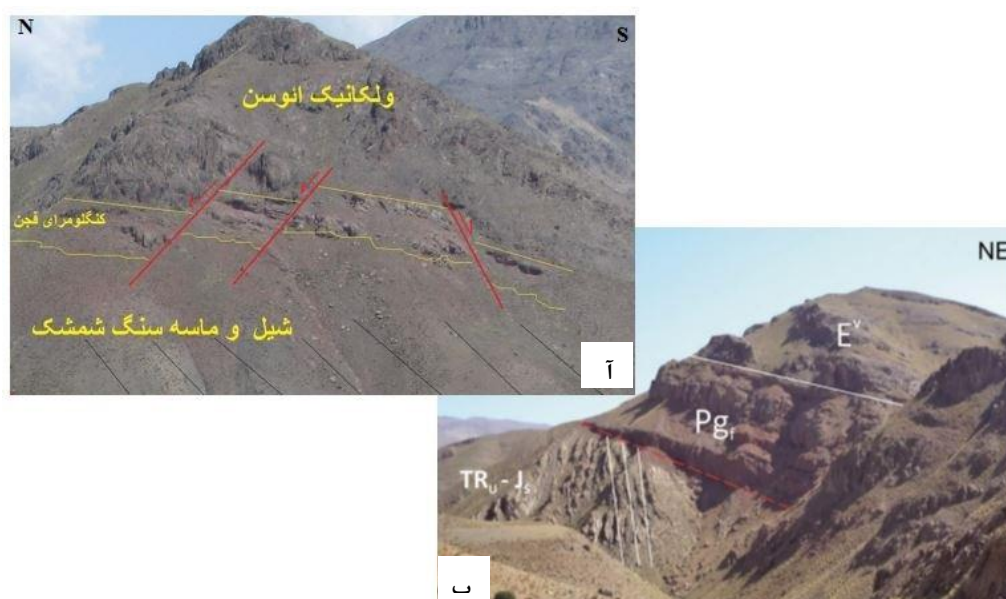
شکل ۷. آ) گسل TF3 در برش AB، مستطیل سیاه رنگ شکل نشان دهنده موقعیت شکل B است، (ب) خردشدگی در پهنه گسل، (ج) تحلیل استریوگرافیک گسل TF3



شکل ۸. آ) گسل TF4 مشاهده شده در باختر روستای ناحیه، (ب) پهنه خرد شده گسل TF4 در ولکانیک های فرودیواره این گسل، (ج) تحلیل استریوگرافیک گسل TF4



شکل ۹. آ) قرارگیری ولکانیک کرتاسه به صورت دگرشیب روی سازند شمشک (جنوب خاور آزادکوه)، ب) قرارگیری کنگلومرای فجن به صورت دگرشیب بر سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه، گسل TF4 باعث ایجاد چین خوردگی به صورت ناودیس فرودیوارهای شده است.



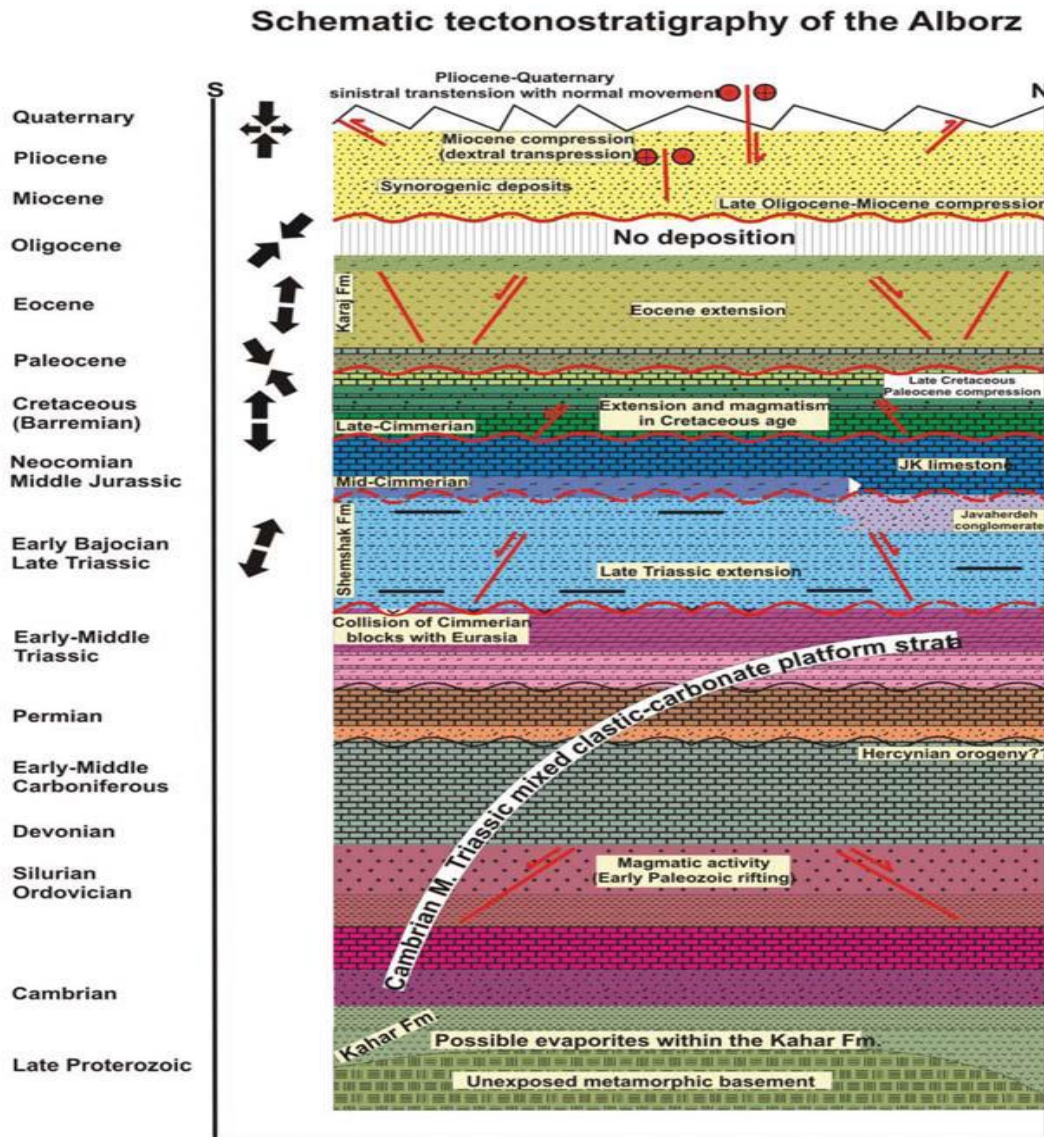
شکل ۱۰. آ) قرارگیری کنگلومرای فجن به صورت دگرشیب روی ماسه سنگ شمشک و گسلش نرمال در سازند فجن، شمال روستای ناحیه (در منطقه بررسی شده)، ب) قرارگیری کنگلومرای فجن به صورت دگرشیب روی ماسه سنگ شمشک، جنوب روستای اوزکلا در خاور منطقه بررسی شده [۶]

۱. رخدادهای تراکمی اوایل کرتاسه-پالئوسن

رخداد تراکمی اوایل کرتاسه که می‌تواند معادل سیمین پایانی باشد، از والانژین (هم‌زمان با پایان یافتن رسوب‌گذاری سازند لار) آغاز و تا زمان شروع رسوب‌گذاری سازند تیزکوه در بارمین پسین ادامه داشته است [۸]. در منطقه بررسی

شده قرارگیری سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه به صورت دگرشیب بر سازند ماسه‌سنگی-شیلی تریاس بالایی-ژوراسیک میانی شمشک (شکل ۹ آ) مرتبط با چین رخداد تراکمی است. از آن‌جا که سازند کرتاسه تیزکوه و سنگ‌های جوان‌تر کرتاسه در منطقه بررسی شده محدود به فرادیواره گسل آزادکوه است (شکل‌های ۲ و ۳) چنین استنباط می‌شود که در زمان بارمین (شکل ۱۱)، گسل آزادکوه به صورت گسلی نرمال کنترل کننده توسعه حوضه رسوبی کرتاسه در فرادیواره خود بوده است.

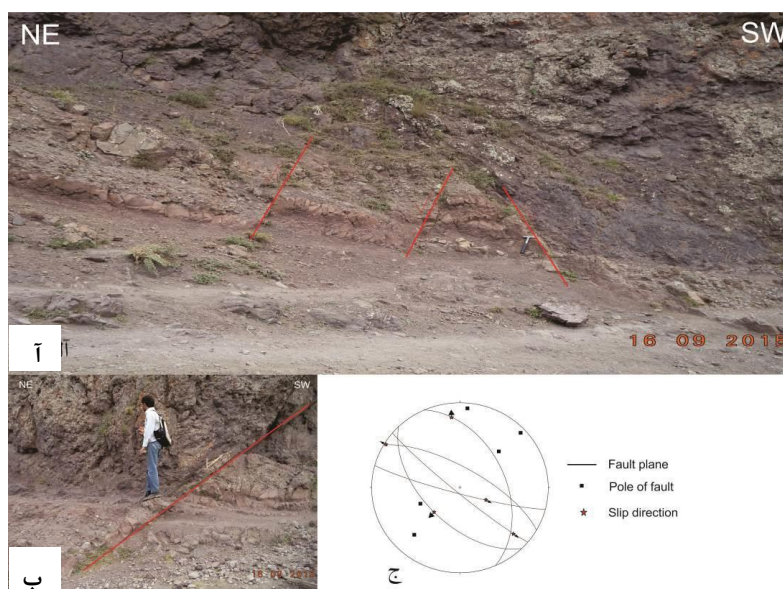
دومین رخداد تراکمی ابتدای ائوسن که معادل لارامید است، باعث ادامه چین‌خوردگی واحدهای سنگی کرتاسه و قدیمی‌تر و قبل از رسوب‌گذاری سازند فجن شده است. فرسایش بعدی این واحدها و رسوب‌گذاری مواد حاصل باعث تشکیل سازند فجن به صورت دگرشیب روی آن‌ها شده است [۷]، [۹]، [۱۰]، [۱۱]. شواهد این رخداد در منطقه بررسی شده، در قسمت باختر روستای ناحیه، دگرشیبی سازند فجن روی سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه (شکل ۹ ب) و یا بر سازند شمشک است (شکل ۱۰).



شکل ۱۱. ستون زمین‌ساخت چین‌های البرز مرکزی [۷]

۲. رخداد کششی ابتدای ائوسن

با آغاز ائوسن، اثر رخداد کششی در منطقه بررسی شده با نهشته شدن گسترده واحدهای ائوسن سازند کرج نمایان شده که شواهد این رخداد همانا توسعه گسل‌های نرمال هم‌زمان با رسوب‌گذاری در سازند فجن و سنگ‌های آتشفشانی ائوسن به خوبی مشاهده می‌شود (شکل‌های ۱۰ و ۱۲). این نرخ بالای کشش و ماگماتیسم در ائوسن را به رول بک ورقه فرورانش نسبت می‌دهند [۱۲]. قرارگیری واحدهای سنگی کرتاسه و ائوسن مابین گسل‌های آزادکوه در شمال و TF4 در جنوب و توسعه گسل‌های نرمال هم‌زمان با نهشته شدن سازند ائوسن فجن بیان‌گر آن است که این گسل‌ها، به ترتیب مرز شمالی و جنوبی حوضه ائوسن در این منطقه را تشکیل می‌دهند. بنابراین این گسل‌ها که در زمان بارمین (شکل ۱۱) به صورت کششی عمل کرده بودند و کنترل‌کننده حوضه رسوبی کرتاسه بوده‌اند در این زمان نیز فعالیت مجدد کششی داشته و کنترل‌کننده حوضه رسوبی ائوسن بوده‌اند.



شکل ۱۲. آ) گسلش نرمال در سازند فجن و سنگ‌های آتشفشانی ائوسن، ب) سطح گسل نرمال، د) استریونت مربوط به گسل‌های نرمال [۶]

۳. رخداد وارون شدگی زمین ساختی پس از ائوسن

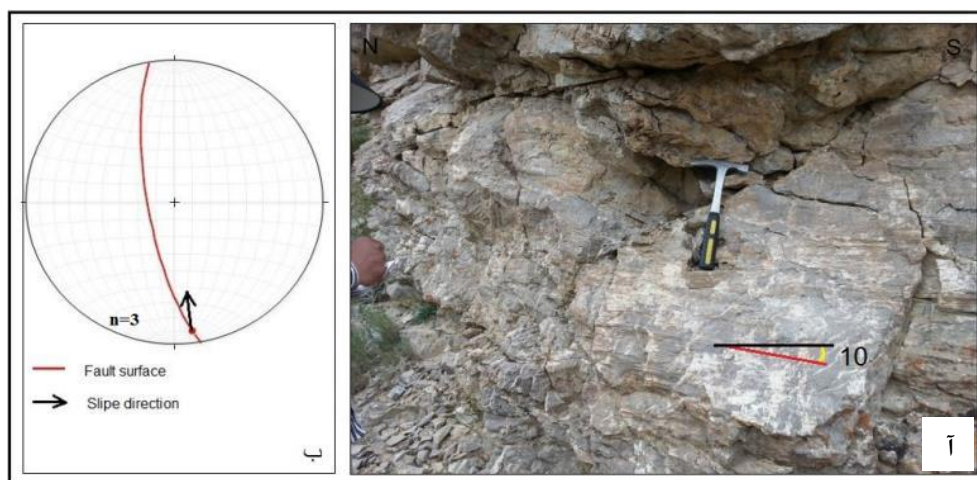
با توجه به نقشه، برش‌های ساختاری و تحلیل ساختارهای منطقه بررسی شده، دو گسل آزادکوه در شمال و TF4 در جنوب، به ترتیب مرزهای شمالی و جنوبی واحدهای سنگی کرتاسه-ائوسن را تشکیل می‌دهند (شکل‌های ۲ و ۳). گسل آزادکوه مرز واحدهای کرتاسه تا ائوسن سازند کرج در جنوب را با واحدهای تریاس بالایی-ژوراسیک پایینی سازند شمشک در شمال را ایجاد کرده و کنترل‌کننده مرز شمالی سنگ‌های کرتاسه در بارومین و سازند کرج در ائوسن بوده است. گسل TF4 نیز جداکننده سازند شمشک در جنوب با سنگ‌های کرتاسه-ائوسن در شمال است. بنابراین چنین استنباط شده که از این زمان این گسل‌ها به صورت گسل‌های نرمال با شیب‌های متفاوت به سمت جنوب و شمال حوضه گرابنی را به وجود آورده‌اند که در آن نهشته‌های پالئوسن فجن و ائوسن کرج در آن نهشته شده است. گسل‌های نرمال هم‌زمان با رسوب‌گذاری در سازند فجن (شکل ۱۰ و ۱۲) شواهدی بر توسعه چنین حوضه‌گرابنی و عملکرد نرمال این گسل‌ها در این زمان است. وارونگی این گرابن و گسل‌های کنترل‌کننده آن متأثر از رخدادهای تراکمی پس از ائوسن (الیگومیوسن) (شکل ۱۱) انجام شده است. این رخداد تراکمی سبب وارونگی گسل نرمال اولیه

آزادکوه به یک گسل معکوس پرشیب (شکل‌های ۴ و ۵) شده است. هم‌زمان با این وارونگی، گسل TF3 در فرادیواره گسل آزادکوه به صورت گسل پس‌راند، به وجود آمده است (شکل ۳). از آن جاکه میزان وارون‌شدگی از میزان جابه‌جایی نرمال اولیه گسل کم‌تر بوده است، چنین وارون‌شدگی باعث قرار گیری سازندهای جوانتر کرتاسه و ائوسن روی تریاس-ژوراسیک شمشک شده است (شکل‌های ۳ و ۵). مشابه گسل آزادکوه و به‌عنوان گسل‌های پرشیب کنترل‌کننده حوضه رسوبی که وارون شده‌اند، در دیگر نقاط البرز نیز معرفی شده‌اند [۱۳]، [۱۴]. در اثر وارون‌شدگی گسل نرمال اولیه آزادکوه و توسعه پس‌راند آن (گسل TF3) نهشته‌های قدیمی‌تر، به صورت ساختار بالا جسته [۱۵]، [۱۶]، روی نهشته‌های جوان‌تر قرار گرفته‌اند (شکل ۳). برای نمونه در منطقه طالقان عملکرد گسل مشاء و طالقان به‌عنوان پس‌راند آن باعث قرار گیری نهشته‌های قدیمی سازند کهار در کنار واحدهای ائوسن شده است [۱۷]. از سوی دیگر گسل TF2 با شیب به سمت جنوب در شمال گسل آزادکوه قرار دارد (شکل ۳). این گسل با شیب کم‌تر از گسل آزادکوه به‌عنوان یک گسل میانبر فرودیواره‌ای از آن منشعب شده است و باعث جابه‌جایی در سازند شمشک شده است (شکل ۴).

گسل TF4 نیز، با توجه به شواهد کششی چون گسل‌های نرمال هم‌زمان با رسوب‌گذاری در سازند فجن (شکل ۱۰ و ۱۲)، مانند گسل آزادکوه به‌عنوان گسل کنترل‌کننده حوضه گرانی ائوسن در بخش ۳-۲ این نوشتار تشریح و تحلیل شد. وارون‌شدگی در راستای این گسل مانند گسل آزادکوه روی نداده بلکه با توسعه گسلش راندگی جدید که قطع‌کننده گسل نرمال اولیه مرز جنوبی حوضه گرانی بوده همراه شده و بنابراین مانند گسل‌های راندگی خارج از گرابت (Out of Graben Thrust) در حوضه‌های وارون عمل کرده است.

۴. ترافشارش در پلیوکواترنر

با توجه به نقشه ساختاری منطقه بررسی شده (شکل ۲)، به غیر از گسل‌های معکوس آزادکوه، TF2، TF3 و TF4 که عمدتاً مرتبط با وارون‌شدگی زمین‌ساختی در زمان پس از ائوسن است، تعدادی گسل با سازوکار راستالغز و روندی متفاوت در منطقه برداشت شده است (مثلاً گسل SF3 در شکل ۳ و گسل SF8 در شکل ۱۳). تحلیل هندسی و جنبشی این ساختارهای قطع‌کننده ساختارهای حاصل از وارون‌شدگی گسل‌های اصلی، آزادکوه و TF3، کنترل‌کننده منطقه بررسی شده، حکایت از عملکرد رخدادی جوان‌تر از الیگوسن-میوسن و به صورت تأخیری و احتمالاً مرتبط با رخدادهای ترافشارش پلیوکواترنر (شکل ۱۱) در این منطقه و البرز مرکزی دارد.

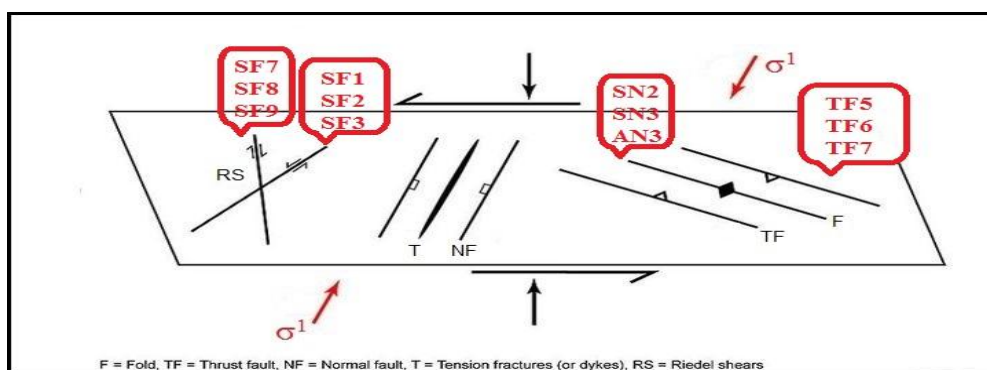


شکل ۱۳. (آ) صفحه گسل SF8، (ب) تحلیل استریوگرافیک گسل

بررسی هندسی و جنبشی این ساختارهای جوان تر و تأخیری در منطقه آزادکوه نشان می‌دهد که گسل‌های $TF5$ ، $TF6$ ، $TF7$ ، ناقدیس $AN3$ و ناودیس‌های $SN2$ ، $SN3$ با امتداد شمال-شمال باختر را می‌تواند ناشی از اثر عملکرد ترافشارش چپ گرد پهنه اصلی دگرشکلی این منطقه باشد (شکل ۱۴).

گسل‌های امتداد لغز چپ‌گرد $SF1$ ، $SF2$ ، $SF3$ با امتداد شمال خاور را نیز می‌توان به‌عنوان گسل‌های ریدل در ارتباط با این پهنه در نظر گرفت. گسل‌های امتدادلغز راست‌گرد $SF7$ ، $SF8$ ، $SF9$ با امتداد شمال-شمال باختر به‌عنوان گسل‌های آنتی‌ریدل این پهنه عمل کرده‌اند. هم‌چنین گسل‌های امتداد لغز چپ‌گرد $SF4$ ، $SF6$ با امتداد NW را می‌توان به‌عنوان گسل‌های P این پهنه ترافشارش در نظر گرفت (شکل ۱۴).

از آن‌جاکه این گسل‌های تأخیری راست‌الغز چپ‌گرد و راست‌گرد پهنه‌های اصلی گسلی آزادکوه و گسل $TF3$ را قطع و جابه‌جا می‌کنند بنابراین این گسل‌های نمی‌توانند به‌عنوان پهنه اصلی دگرشکلی عامل توسعه این گسل‌ها باشند. با این حال عامل توسعه چنین گسل‌هایی را می‌توان به حرکت پوسته خزر نسبت به ایران مرکزی در البرز دانست [۴]، [۱۸]، که این حرکت با تجدید فعالیت گسل‌های پی سنگی را در پی داشته است.



شکل ۱۴. پهنه ترافشارش چپ‌گرد و موقعیت ساختارهای به‌وجود آمده در آن

نتیجه‌گیری

۱. بررسی ساختارهای منطقه آزادکوه در البرز مرکزی نشان داد که این منطقه متحمل بیش از یک رخداد زمین‌ساختی شامل حوادث تراکمی اوایل کرتاسه-پالئوسن، وارون شدگی زمین‌ساختی در ائوسن و ترافشارش در پلیوکواترنری شده است.
۲. حوادث کرتاسه-پالئوسن در منطقه آزادکوه شامل دو رخداد تراکمی است که رخداد اول با دگرشیبی سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه بر سازند شمشک (شکل ۹ آ) و دیگری با دگرشیبی سازند فجن روی سنگ‌های آتشفشانی کرتاسه (شکل ۹ ب) مشخص می‌شود. در بین این دو حادثه یک فرونشست در منطقه رخ داده که با توسعه حوضه رسوبی کرتاسه در فرادیواره گسل آزادکوه همراه شده است (شکل ۳).
۳. رخنمون واحدهای سنگی ائوسن در قسمت‌های جنوبی گسل آزادکوه و نبود رخنمون این واحدها در شمال آن، هم‌چنین توسعه گسل‌های نرمال هم‌زمان با رسوب‌گذاری در سازند فجن، شواهدی بر عملکرد این گسل به‌صورت نرمال و کنترل‌کننده حوضه ائوسن است (شکل‌های ۳ و ۵).

۴. چین خوردگی واحدهای سنگی حوضه ائوسن (شکل ۳) نشان از وارون‌شدگی این حوضه بعد از ائوسن است. رخدادهای تراکمی الیگومیوسن سبب وارونگی گسل‌های نرمال اولیه آزادکوه و TF4 به گسل‌های معکوس پرشیب شده است.

۵. شیب زیاد گسل معکوس آزادکوه و وارونگی گسل TF4 و به‌عنوان راندگی خارج از گرین، توسعه گسل TF2 به‌عنوان راندگی فرودپیواره‌ای در شمل گسل آزادکوه، توسعه گسل TF3 به‌عنوان پسراند فرادیواره‌ای گسل آزادکوه و ایجاد ساختار بالاجسته در اثر عملکرد گسل آزادکوه و TF3 از ساختارهای توسعه یافته حاصل از وارونگی زمین‌ساختی حوضه ائوسن منطقه آزادکوه است.

۶. با توجه به قطع‌شدگی ساختارهای وارون شده به‌وسیله گسل‌های جوان‌تر راستالغز (شکل‌های ۲ و ۱۳)، توسعه آنها به اثر رخدادهای ترافشارش جوان‌تر از پلیوسن حاکم بر البرز و گستره منطقه بررسی شده، به‌دلیل حرکت پوسته خزر نسبت به ایران مرکزی، تحلیل شده است.

منابع

1. Alavi M., "Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountain system in northern Iran", *Journal of Geodynamics*, Vol. 21 (1996) 1-33.
2. Yassaghi A., "The effect of deep-seated transverse faults on structural evolution of west-central Alborz mountains", *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 7 (2005).
۳. یساقی ع.، عباسی ع. ر.، "تحلیل هندسی و جنبشی ریز پهنه ساختاری لانیز، شاهی بر تکامل ساختمانی جنوب البرز مرکزی"، فصلنامه علوم زمین، شماره ۵۶ (تابستان ۱۳۸۴).
4. Allen M. B., Ghassemi M. R., Shahrabi M., Qorashi M., "Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran", *Journal of Structural Geology*, 25 (2003a) 659-672.
۵. سعیدی م.، قاسمی ع.، "نقشه زمین‌شناسی بلده در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۱).
۶. موسوی م. م.، محجل م.، معدنی پور س.، طاهری ف.، "ویژگی‌های ساختمانی مرز شمالی حوضه ائوسن در البرز مرکزی، جنوب باختر بلده"، سی و چهارمین گردهمایی بین‌المللی علوم زمین (۱۳۹۴).
7. Shahidi A., Barrie E., Brunet M. F., and Saidi A., "Tectonic evolution and Late Triassic-Middle Eocene extension in central Alborz, Iran", *Geosciences*, Vol. 17 (2008) 4-24.
۸. آقاناتی ع.، "زمین‌شناسی ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۳).
9. Berberian M., "the southern Caspian: A compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust", *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol. 20 (1983) 163-183.
10. Berberian M., and King G., "Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran", *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 18, No. 2 (1981) 210-265.

11. Ziegler M. A., "Late Permian to Holocene paleofacies evolution of the Arabian Plate and its hydrocarbon occurrences", *Geo Arabia*, 6 (2001) 445-504.
12. Vincent S. J., Allen M. B., Ismail-Zadeh A. D., Flecker R., Foland K. A., and Simmons M. D., "Insights from the Talysh of Azerbaijan into the Paleogene evolution" (2005).
13. Yassagh A., Naeimi A., "Structural analysis of the Gachsar sub-zone in central Alborz range; constrain for inversion tectonics followed by the range transverse faulting", *International journal of earth sciences*, 100, 6 (2011) 1237-1249.
14. Zanchi A., Berra F., Mattei M., Ghassemi M. R., Sabouri J., "Inversion tectonics in central Alborz, Iran", *J. Structural Geology* (2006) 1-15.
15. Coward M., "Inversion tectonics. In: Hancock, p. (Ed) *Continental deformation*, Pergamon press (1994) 421.
16. McClay K. R., Buchanan P. G., "Thrust faults in inverted extensional basins. In: McClay, K.R.(Ed.), *Thrust Tectonics*. Chapman & Hall, London, (1992) 93-104.
17. Yassaghi A., Madanipour S., "Influence of a transverse basement fault on along strike variations in the geometry of an inverted normal fault: Case study of the Mosha Fault, Central Alborz Range, Iran", *Journal of Structural Geology*, 30, 12 (2008) 1507-1519.
18. Jackson J., Priestley K., Allen M., and Berberian M., "Active tectonics of the South Caspian Basin", *Geophysical Journal International*, Vol. 148 (2002) 214-245.