

## تحلیل ساختاری درون‌هسته عنبران، شمال غرب کوه‌های تالش

علی یساقی\*، آذین ایمان‌پور نمین؛

دانشگاه تربیت مدرس تهران، بخش زمین‌شناسی، گروه تکتونیک

### چکیده

درون‌هسته عنبران در شمال غرب کوه‌های تالش و شمال غرب شهرستان نمین، در استان اردبیل قرار دارد. در این درون‌هسته سنگ‌های قدیمی‌تر پالئوزوئیک به وسیله نهشته‌های جوان‌تر کرتاسه و ائوسن احاطه شده است. برای شناسایی ساختار درون‌هسته عنبران و دستیابی به الگوی دگرشکلی آن، ویژگی‌های هندسی و جنبشی تمامی ساختارهای آن، که در این پژوهش برای اولین بار برداشت شده، تحلیل شده است. برای این تحلیل‌ها از عناصر موجود در پهنه‌های گسلی مانند: خطوط لغزشی، چین‌های در ارتباط با گسل و ساختارهای C-S استفاده شده است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد، ساختارهای اصلی درون‌هسته، که عمدتاً در بخش‌های شمالی و جنوبی آن متمرکز شده‌اند، به ترتیب شامل گسل‌های معکوس عنبران و RF1 هستند. این گسل‌های معکوس، به‌عنوان گسل‌های کنترل‌کننده درون‌هسته با شیب بیش از ۵۰ درجه، موجب رانده شدن واحدهای قدیمی پرکامبرین (معادل سازندهای بایندر و سلطانیه)، در بخش مرکزی درون‌هسته از دو سو بر روی واحدهای ولکانیکی ائوسن و سنگ آهک‌های کرتاسه شده‌اند و با ایجاد ساختار بالاجسته (pop-up)، باعث ایجاد مورفولوژی کنونی آن به‌صورت درون‌هسته شده‌اند. شیب زیاد گسل عنبران و وجود نهشته‌های کرتاسه محدود به فرادیواره آن، می‌تواند شواهدی از فعالیت و ارون‌شدگی زمین‌ساختی آن باشد. بنا بر این درون‌هسته عنبران ساختاری بالاجسته است که در فرادیواره گسل و ارون شده عنبران و گسل پس‌راند فرادیواره‌ای آن (RF1) به‌وجود آمده است.

### مقدمه

منطقه برخوردی ورق‌های قاره‌ای عربی- اوراسیا، در بخش شمالی فلات ایران و حاشیه جنوبی دریای خزر، ناحیه‌ای زمین‌ساختی فعال و پویا به‌شمار می‌آید که رشته کوه البرز- تالش با فرم سینوسی و طول تقریبی ۲۰۰۰ کیلومتر، بخشی از این پهنه برخوردی است که از منطقه قفقاز در آذربایجان تا کوه‌های پاراپامپوس در افغانستان کشیده شده است (شکل ۱). در رابطه با هندسه ساختاری البرز، بر اساس بررسی‌های صورت گرفته در بخش‌های مختلف آن مدل‌های متفاوتی ارائه شده است. در مدل استوک‌لین<sup>۱</sup> (۱۹۷۴)، که البرز به‌عنوان یک آنتی‌کلینوریوم حاشیه‌ای بررسی شده است، شکل‌گیری ارتفاعات شرقی غربی البرز را با عمل‌کرد راندگی‌های رو

واژگان کلیدی: کوه‌های تالش، درون‌هسته عنبران، ساختار بالاجسته، و ارون‌شدگی زمین‌ساختی

پذیرش ۹۲/۱۲/۱۲

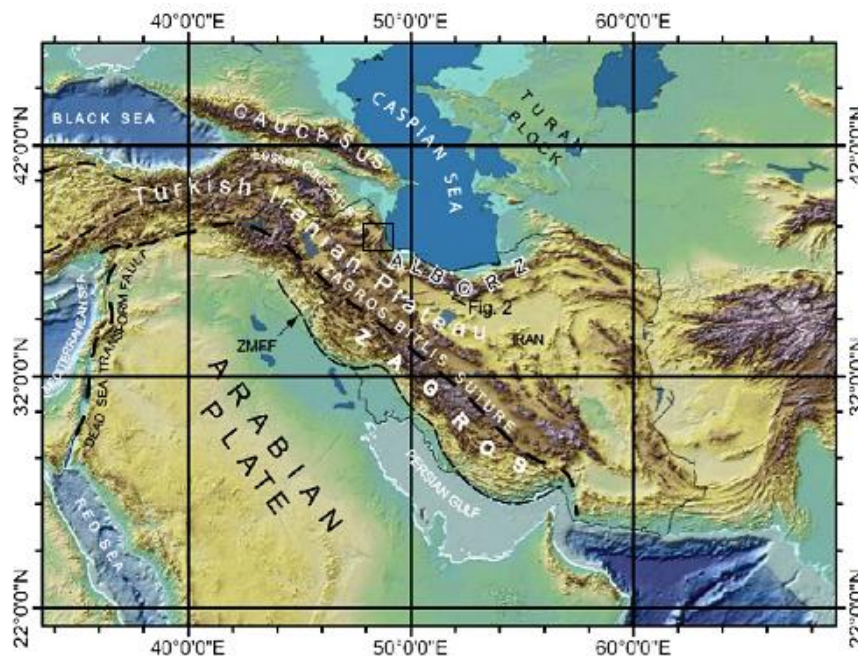
دریافت ۹۱/۶/۱۵

۱. Stocklin

Yassaghi@modares.ac.ir

\*نویسنده مسئول

به شمال و جنوب در ارتباط دانسته و عمق این راندگی‌ها را تا پی سنگ در نظر گرفته است و لذا زمین‌ساخت ستبر پوسته را برای البرز معرفی می‌کند. مدل ساختاری علوی (۱۹۹۶) نیز ساختارهای راندگی و دوپلکسی را به‌عنوان ساختار اصلی شکل دهنده تاقفرم انباشتی البرز مطرح کرده است.



شکل ۱. نقشه کمربند آلپ-همالیا و موقعیت رشته کوه البرز- تالش در این کمربند برگرفته از جویست<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۶) منطقه پژوهش در تالش با مربع مشخص شده است

تفاوت اصلی مدل‌های استوکلین (۱۹۷۴) و علوی (۱۹۹۶) در میزان دخالت پی‌سنگ در تغییر شکل‌های اعمال شده است. چرا که علوی زمین‌ساخت نازک پوسته را برای البرز پیشنهاد داده است. آلن<sup>۲</sup> (۲۰۰۳) کوتاه‌شدگی مایل را برای البرز مطرح می‌کند، که بر اساس آن استرین در منطقه به دو مؤلفه امتداد لغز چپ‌بر به موازات رشته کوه و راندگی عمود بر رشته کوه تقسیم می‌شود. از زمان ارائه مدل استوکلین (۱۹۷۴) تا ۲۰۰۱ که بار دیگر پی‌سنگی بودن دگرشکلی‌های البرز مطرح شود، مدل‌های ساختاری ارائه شده بر وجود افق-های جدایشی در البرز اشاره داشتند. نظریه ستبر پوسته بودن زمین‌ساخت البرز در پژوهش‌های یساقی (۲۰۰۱) و زانچی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۶) بار دیگر مطرح شد و با بررسی ساختارهای بالاجسته در منطقه و شواهدی از فعالیت معکوس گسل‌هایی با سازوکار اولیه نرمال مدل زمین‌ساخت برگشتی را برای البرز مطرح کردند. تحلیل‌های ساختاری منطقه‌ای مختلفی در بخش‌های دیگر البرز انجام گرفته است که مدل‌های ساختاری حاصل از آن‌ها مشابه بوده است و به فعالیت راندگی‌های عمده و ایجاد پس‌راندگی‌هایی در آن‌ها دلالت دارد که باعث بالآمدگی واحدهای سنگی قدیمی‌تر و رانش آن‌ها بر روی واحدهای جوان‌تر به‌صورت درونشته شده‌اند. مثالی از این درونشته ساختار بالاجسته طالقان در البرز مرکزی است (یساقی و معدنی‌پور ۲۰۰۸) در بخش شمال غرب

۱. Guest

۲. Allen

۳. Zanchi

ارتفاعات تالش درون‌هسته‌ای وجود دارد که در آن واحدهای قدیمی‌تر پرکامبرین به‌وسیله واحدهای جوان‌تر ائوسن و کرتاسه احاطه شده است (شکل ۲)، که در این پژوهش درون‌هسته عنبران نامیده شده و چگونگی تشکیل چنین درون‌هسته‌ای بررسی و تحلیل شده است.

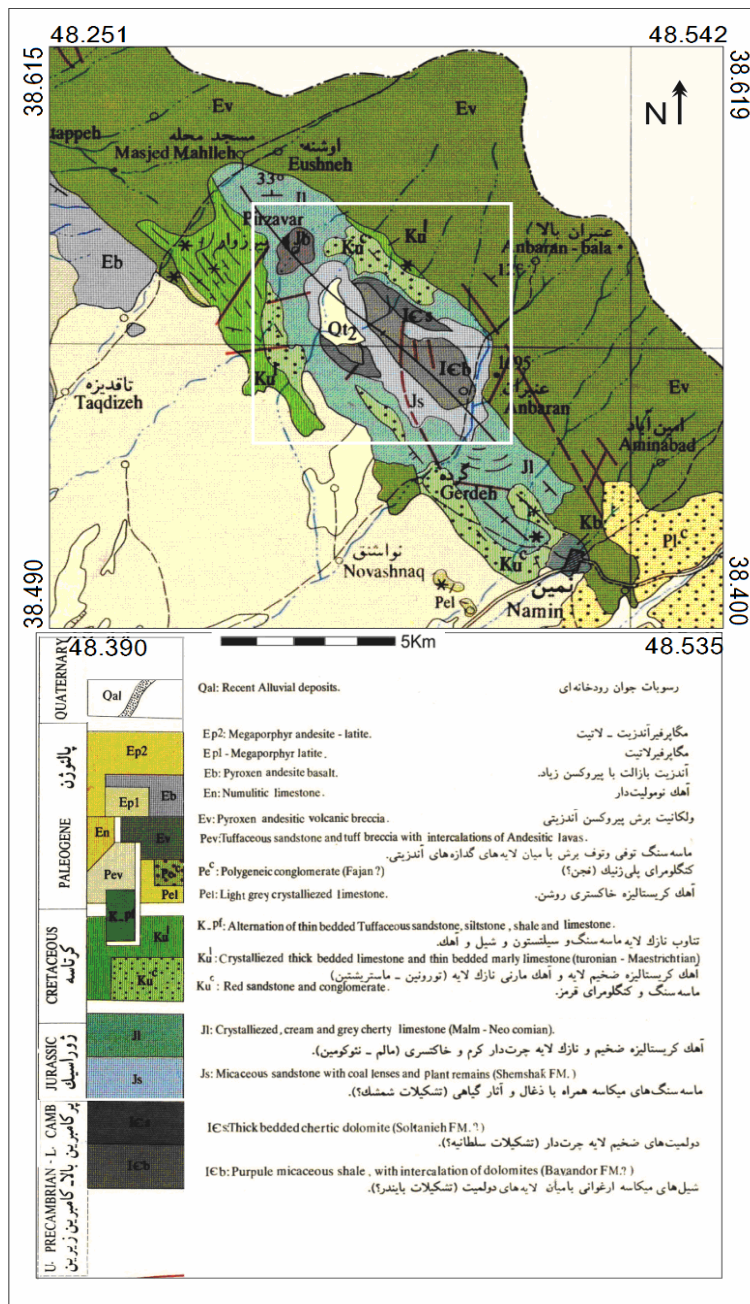
### هندسه ساختاری درون‌هسته عنبران

واحدهای سنگ چینه‌ای درون‌هسته عنبران در گستره سنی از پرکامبرین و پالئوزوئیک تا ائوسن قرار گرفته‌اند. قدیمی‌ترین واحد سنگی که در بخش مرکزی درون‌هسته برون‌زد دارد واحدهای شیل ارغوانی و ماسه سنگ، آهک و میان‌لایه‌های دولومیتی زرد رنگ چرت است که می‌توان آن را معادل مجموعه قدیمی‌بایندر در نظر گرفت. جوان‌ترین واحدهای رخ‌نمون‌دار در منطقه واحدهای آذرآواری ائوسن و نهشته‌های آبرفتی کوتاه‌تر هستند که در حاشیه ساختار به‌صورت چشم‌گیری رخ‌نمون دارند (افتخارنژاد ۱۳۷۹) (شکل ۲). برای تحلیل جنبشی گسل‌ها از شواهد ساختاری موجود در پهنه‌های گسلی در مقیاس‌های مزوسکوپی و ماکروسکوپی شامل: ساختار S-C، خش‌لغزها و پله‌های گسلی و چین‌خوردگی‌های پهنه گسلی استفاده شده است. دو گسل عمده عنبران در شمال و RF1 در جنوب به‌عنوان ساختارهای اصلی درون‌هسته هستند که در سه برش ساختاری تحلیل و بررسی شده‌اند (شکل ۳). علاوه بر ساختارهای اصلی و مؤثر بر دیگر شکلی منطقه گسل‌های نرمال و معکوس با مؤلفه‌های امتداد لغز و همچنین چین‌های مزوسکوپی، شناسایی و تحلیل شده‌اند (شکل‌های ۳ و ۴).

#### ۱. گسل عنبران

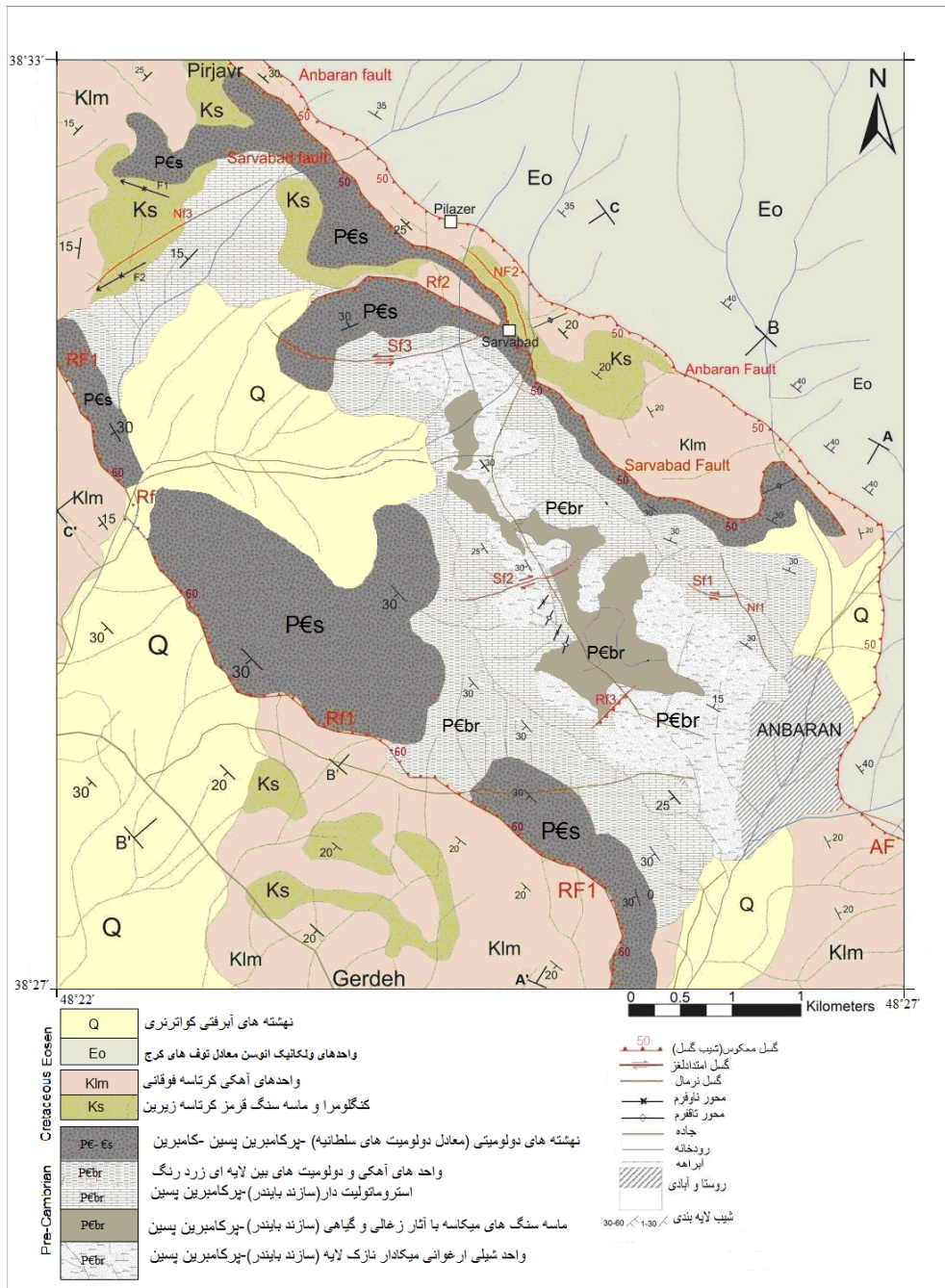
گسل عنبران در منطقه بررسی شده با اثر سطحی به طول ۱۰ کیلومتر و روند عمومی شمال غرب- جنوب شرق، مرز شمال شرقی درون‌هسته عنبران را تشکیل داده است (شکل ۳). گسل عنبران به‌صورت شاخص مرز بین واحدهای آهکی کرتاسه و آذرآواری ائوسن را تشکیل می‌دهد. واحدهای آذرآواری در فرودپواره گسل با شیب به‌سمت شمال شرق تا مناطق حاشیه دریای خزر ادامه دارند. واحدهای آهکی کرتاسه نیز، که به‌صورت ناپیوستگی زاویه‌دار بر روی واحدهای دولومیتی سلطانیه نشسته‌اند در فرادپواره گسل عنبران بر روی واحدهای ولکانیکی رانده شده‌اند (شکل‌های ۴ و ۵).

در این بررسی ویژگی‌های هندسی و جنبشی گسل عنبران در سه برش ساختاری A-A'، B-B' و C-C' بررسی و تحلیل شده است. در برش A-A' گسل عنبران با شیب ۵۰ درجه به سمت جنوب غرب قرار گرفته و با سازوکار معکوس با مؤلفه امتداد لغز راست‌گرد باعث رانده شدن واحدهای فرادپواره‌ای شده است. برای تحلیل هندسی و جنبشی گسل عنبران در این برش از شواهد موجود در پهنه گسل شامل ساختارهای لنزی و فابریک‌های صفحه‌ای C-S و مشاهده رگه‌های کلسیتی به موازات صفحه گسل استفاده شده است که در پهنه برشی در حدود ۵۰ تا ۶۰ متر قابل برداشتند (شکل ۴) (جدول ۱).



شکل ۲. برون زد واحدهای قدیمی پرکامبرین در میان واحدهای جوان انوسن برگرفته از نقشه زمین‌شناسی اردبیل، کادر مستطیل موقعیت شکل ۳ را مشخص می‌کند (۱:۲۵۰۰۰۰، افتخار نژاد ۱۳۷۹)

اوسن در برش B-B' عمود بر مسیر جاده عنبران به سروآباد نیز قابل برداشت است. در برش C-C' شرق روستای سروآباد نیز گسل عنبران با شیب ۵۰ درجه به سمت جنوب غرب قرار گرفته است و با سازوکار معکوس و مؤلفه امتدادلغز راست‌گرد باعث رانده شدن واحدهای آهکی کرتاسه و تشکیل تاقفرم فرادیواره‌ای با اثر سطح محوری در راستای شمال غرب جنوب شرق شده است. بررسی‌های ساختاری برای گسل عنبران در برش‌های مذکور نیز بر اساس شواهد پهنه برشی نظیر خش لغزها، پله‌های گسلی و ساختارهای c و s صورت گرفته است

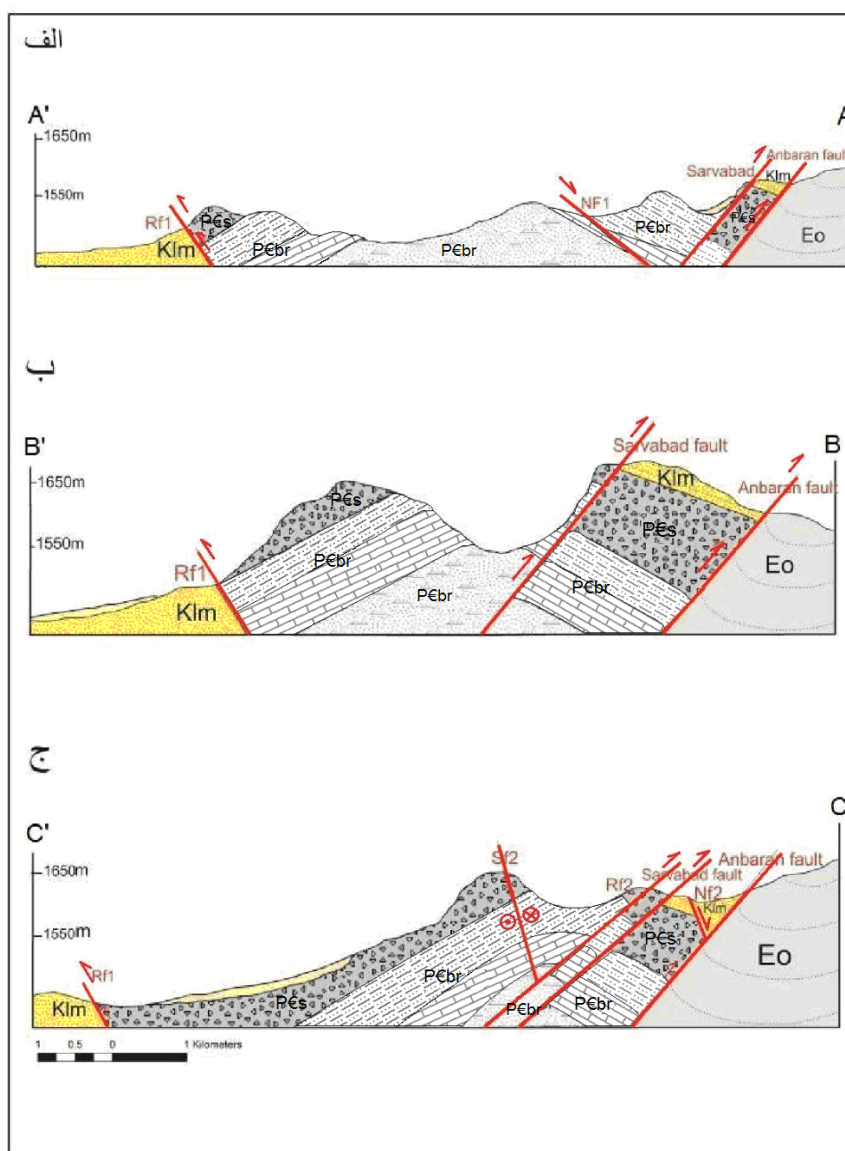


شکل ۳. نقشه ساختاری بخش مرکزی درونشته عنبران. برش‌های ساختاری A-A', B-B', C-C' در شکل ۴ ارائه شده است

جدول ۱. مشخصات هندسی و جنبشی گسل عنبران در برش A-A'

نام ساختار	موقعیت سطح گسل	موقعیت صفحه c	موقعیت صفحه s	سوی حرکت فرادیواره	سازوکار گسل
گسل عنبران	۵۰/۲۵۰	۴۵/۲۶۰	۷۰/۲۳۰	N۲۰	معکوس با مؤلفه امتداد لغز راستگرد

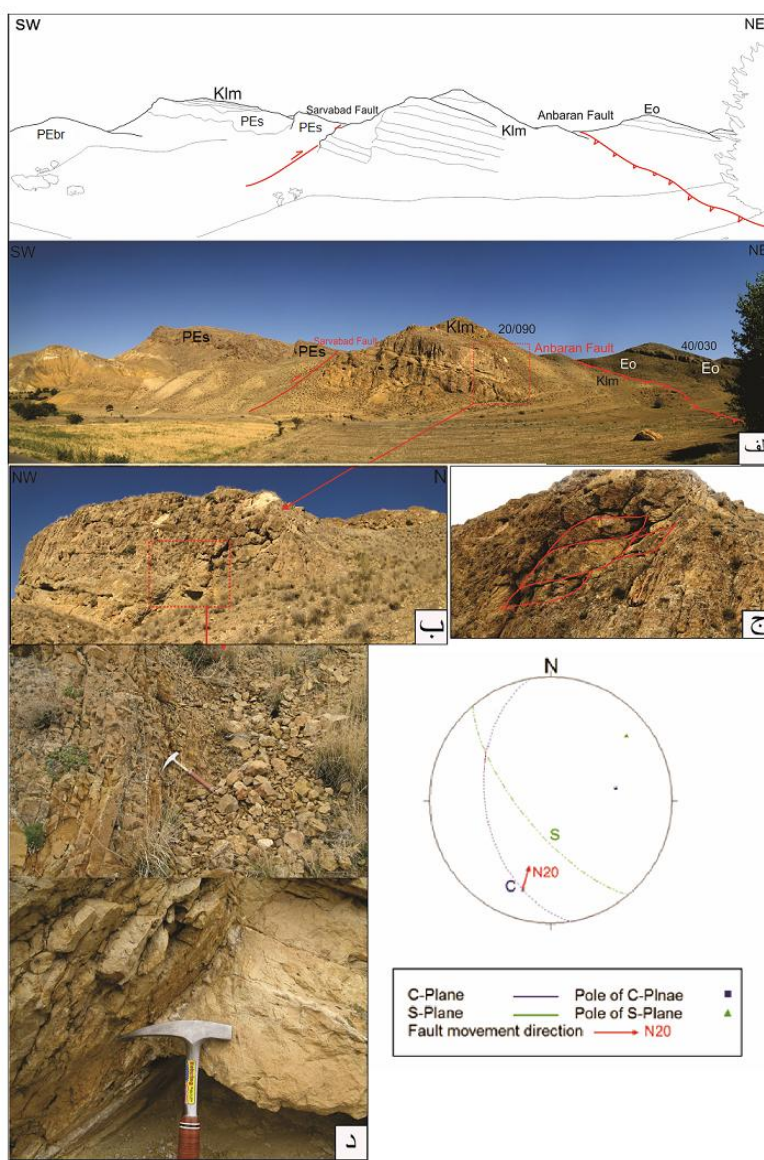
در این برش واحدهای آهکی پلاژیک کرتاسه در فرادیواره گسل عنبران بر روی واحدهای ولکانیکی ائوسن رانده شده‌اند (شکل ۵ الف). امتداد یکنواخت با شیب ثابت و راندگی واحدهای کرتاسه بر روی ولکانیک‌های



شکل ۴. الف) برش عرضی A-A'، ب) برش عرضی B-B'، ج) برش عرضی C-C'، برای مشاهده مسیر برش‌ها و چینه‌نگاری واحدهای سنگی در برش‌ها به شکل ۳ مراجعه شود.

## ۲. گسل سروآباد

گسل سروآباد با روند شمال غرب جنوب شرق به موازات گسل عنبران و در فرادیواره آن قرار گرفته است (شکل‌های ۳ و ۴). طول اثر سطحی آن تقریباً ۶ کیلومتر است و در امتداد خود به سمت شمال دچار انحراف مسپیر شده و به دو شاخه فرعی تقسیم می‌شود. گسل سروآباد مرز بین واحدهای آهکی کرتاسه و دولومیت‌های سلطانیه را تشکیل داده است. واحدهای آهکی کرتاسه در بخش شرقی منطقه با گسل عنبران برش خورده و بر روی واحدهای ائوسن رانده شده‌اند در فرادیواره گسل عنبران، فعالیت گسل رانده سروآباد باعث رانده شدن واحدهای دولومیتی صخره‌ساز سلطانیه بر روی واحدهای آهکی کرتاسه شده است (شکل ۴ ج).



شکل ۵. الف) پهنه گسلی عنبران و تصویر شماتیک آن در برش A-A'، ب) پهنه برشی با زون خرد شده و لنزهای گسلی، ج) لنزهای گسلی حاصل تلاقی ساختارهای s و c در پهنه گسلی، د) رگه کلسیتی که به موازات صفحه گسل تبلور یافته، ه) تصویر استریوگرافی از تحلیل هندسی و جنبشی گسل عنبران

ویژگی‌های هندسی و جنبشی گسل سروآباد نیز در این پژوهش در سه برش عرضی A-A' و B-B' و C-C' (شکل ۴) بررسی و تحلیل شده است. در برش A-A' که در محل دره خان بلاغی گسل سروآباد را قطع می‌کند پهنه برشی در حدود ۳۰ تا ۴۰ متر است و شامل نشان‌گرهای فعالیت گسل نظیر ساختارهای S-C و لنزی ناشی از آن‌هاست. که با استفاده از این نشان‌گرها و نتایج حاصل از تحلیل این داده‌ها سازوکار گسل در این پهنه به صورت معکوس با مؤلفه امتداد لغز راست‌گرد به دست آمده است. شیب گسل در این برش ۵۰ درجه به سمت غرب و جنوب غرب است و با سازوکار معکوس واحدهای دولومیتی و آهکی تیره‌رنگ سازند سلطانیه را در فرادواره بالارانده و بر روی واحدهای آهکی نازک لایه کرتاسه قرار داده است (شکل‌های ۳ و ۴ الف، جدول ۲).

جدول ۲. مشخصات هندسی گسل سروآباد در برش A-A'

نام ساختار	موقعیت سطح گسل	نوع ساختار به کار برده شده	سوی حرکت فرادیواره	سازوکار گسل
گسل سروآباد	۵۰/۲۲۰	تاقفرم فرادیواره‌ای، ساختار لنزی، صفحات s و c	N30 N24	معکوس با مؤلفه کوچک امتدادلغز راست‌گرد

فعالیت معکوس گسل سروآباد در میان واحدهای دولومیتی معادل سازند سلطانیه باعث تشکیل تاقفرم فرادیواره‌ای با امتداد اثر سطح محوری شمال‌شرق جنوب‌غرب شده است که مطالعه و بررسی ویژگی‌های هندسی تاقفرم مؤید تحلیل‌های هندسی و جنبشی به‌دست آمده بر اساس نشان‌گرهای پهنه گسلی است (شکل ۶ و جدول ۳).

جدول ۳. تحلیل هندسی تاقفرم فرادیواره‌ای گسل سروآباد در برش A-A'

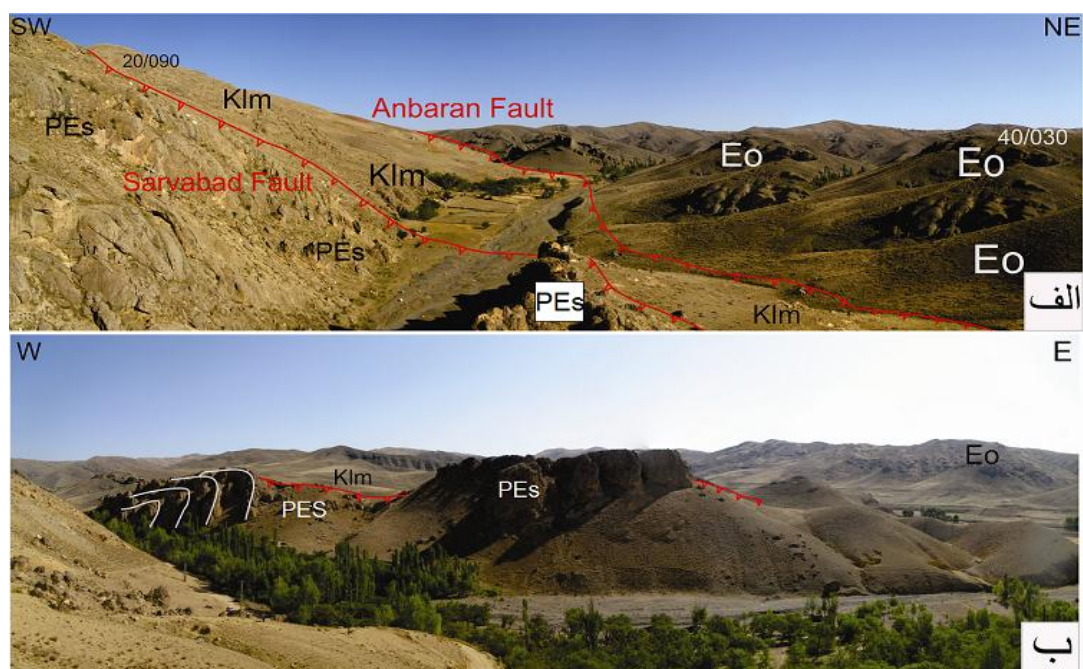
نام ساختار	پهلوی شمالی	پهلوی جنوبی	میانگین محور	میانگین سطح محوری	زاویه بین دو پهلوی چین
تاقفرم فرادیواره‌ای گسل سروآباد	۷۰/۳۱۰	۸۰/۱۰۰	۴۲/۰۲۰	۸۴/۲۹۶	۷۰

گسل سروآباد از بخش شرقی روستای عنبران تا بخش شرقی روستای سروآباد به‌طول تقریبی ۲/۵ کیلومتر ادامه دارد. پهنه گسلی سروآباد در برش B-B' بخش شرقی سروآباد در حدود ۳۰-۴۰ متر است و شامل نشان‌گرهای فعالیت گسل نظیر ساختارهای S-C و لنزهای حاصل است که در میان واحدهای دولومیتی فرادیواره قابل برداشت هستند. در شرق روستای سروآباد و در برش C-C' نیز عمل‌کرد گسل سروآباد باعث رانده شدن واحدهای دولومیتی سازند سلطانیه بر روی واحدهای آهکی کرتاسه شده است، که قرار گرفتن این سازندها در ارتفاعات تقریبی ۲۰۰۰ متری، باعث چهره صخره‌ای ناحیه در حاشیه شرقی ساختار و به موازات محور درون‌هسته شده است (شکل ۳ و ۴ ج).

### ۳. گسل RF1

در بخش غربی درون‌هسته عنبران و در میان واحدهای شیلی و آهکی معادل سازند پرکامبرین بایندر، گسل RF1 با روند شمال‌غرب-جنوب شرق و پهنه برشی ۵-۱۰ متری قرار گرفته است (شکل ۳ و ۴). طول اثر سطحی رخ‌نمون یافته از گسل کمتر از یک کیلومتر است و رخ‌نمون آن در ادامه مسیر به‌دلیل فرسایش و پوشیده شدن بارسوبات آبرفتی جوان واحدها از بین رفته است. برای تحلیل سازوکار و تعیین سوی حرکت فرادیواره در آن از نشان‌گرهای موجود در پهنه گسل، نظیر خش لغزها و پله‌های گسلی استفاده شده است. گسل RF1 با سازوکار معکوس با شیب حدود ۶۰ درجه به سمت شمال‌شرقی همراه با مؤلفه امتدادی راست‌گرد است (جدول ۴).





شکل ۶. الف) پهنه گسلی سروآباد در برش A-A، راندگی واحدهای دولومیتی لار بر روی آهک‌های کرتاسه، ب) ناقفم فرادیواره‌ای و موقعیت آن نسبت به صفحه گسلی، Eo: ولکانیک‌های انوسن، KIm: آهک‌های کرتاسه، Is: دولومیت‌های سلطانیه، Ib: واحدهای شیلی و دولومیتی بایندر

جدول ۴. خصوصیات هندسی و جنبشی گسل RF1 در برش A-A

گسل RF1	موقعیت سطح گسل	موقعیت خش لغز	نوع ساختار به‌کار برده شده	سوی حرکت فرادیواره	سازوکار گسل
گسل RF1	۶۰/۰۵۰	۴۰/۳۵۰	خش لغزهای روی سطح گسل	N170	معکوس با مؤلفه امتدادلغز راست‌گرد

### چین‌خوردگی‌های منطقه پژوهش

در بخش غربی درون‌هسته و در میان آهک‌های کرتاسه، دو چین خوردگی ناو فرم منفرد برداشت شده است (شکل ۳). زاویه بین یالی در این دو چین زیاد و در حدود ۱۳۰ درجه است که در تقسیم‌بندی فلیوتی<sup>۱</sup> جز چین‌های باز محسوب می‌شوند (جدول ۵). علاوه بر این دو چین‌خوردگی، در بخش مرکزی درون‌هسته عنبران، در امتداد جاده عنبران به سروآباد، در میان نهشته‌های عمدتاً شیلی معادل سازند پرکامبرین بایندر، ریزچین‌هایی با میل عمومی محور آن‌ها به سمت جنوب‌باختر برداشت شده است (شکل ۷ و جدول ۶). این چین خوردگی‌ها که در دو بخش عمدتاً شیلی (ریزچین‌ها) و آهکی (ناودیس‌ها) برداشت شده‌اند متأثر از فرایند کوتاه‌شدگی و برخاستگی درون‌هسته توسعه یافته و اختلاف در روند آن‌ها (مقایسه جدول‌های ۴، ۵ و ۶) ناشی از اختلاف رئولوژیکی این واحدهای سنگی در خلال دگرریختی ناحیه‌ای گسل‌های بنیادین مرز درون‌هسته (عنبران، سروآباد و RF1) است.

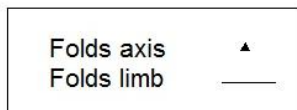
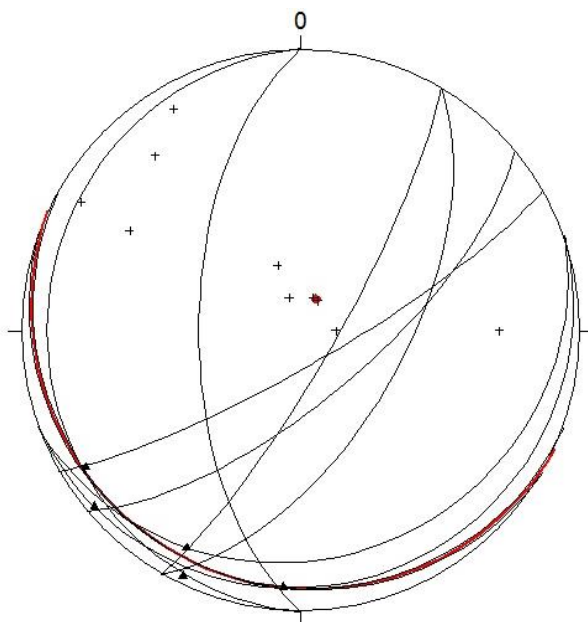
۱. Fleuty

جدول ۵. مشخصات هندسی چین‌خوردگی‌های ناو فرم F1 و F2

نام ساختار	پهلوی شمالی	پهلوی جنوبی	میانگین محور	میانگین سطح محوری	زاویه بین دو پهلوی چین
ناودیس F1	۲۰/۰۱۰	۳۰/۲۰۰	۴/۲۸۵	۸۴/۰۱۶	۱۳۰
ناودیس F2	۲۰/۱۶۰	۳۰/۳۳۰	۴/۲۴۴	۸۵/۱۵۴	۱۲۰

جدول ۶. ویژگی‌های هندسی ریزچین‌های انداز‌گیری شده در بخش مرکزی درون‌هسته

نام ساختار	یال عادی چین	یال برگشته چین	محور چین	سطح محوری	زاویه بین یالی
چین شماره ۱	۱۰/۱۶۰	۷۰/۱۴۰	۴/۲۳۰	۴۸/۳۱۸	۷۰
چین شماره ۲	۱۰/۲۱۰	۶۰/۲۷۰	۱۰/۱۸۵	۶۰/۱۰۰	۵۸
چین شماره ۳	۲۰/۱۶۰	۸۰/۱۲۰	۱۲/۲۱۸	۴۲/۲۸۸	۶۵
چین شماره ۴	10/200	۸۰/۱۵۰	۰۸/۲۴۰	۴۸/۳۲۲	۷۴
چین شماره ۵	۱۰/۲۷۰	۶۰/۱۲۰	۰۶/۲۰۸	۶۴/۲۹۵	۷۰
چین شماره ۶	۱۰/۱۶۰	۸۰/۱۵۰	۴۰/۲۳۰	۱۰/۳۲۰	۶۵



شکل ۷. تصویر استریوگرافی از موقعیت محور و سطح محوری ریزچین‌های برداشت شده در منطقه بر اساس داده‌های جدول ۱، به قرارگیری محور ریزچین‌ها بروی دایره بزرگ دقت شود.

### بحث و نتیجه‌گیری

بررسی برش‌های عرضی رسم شده نشان می‌دهد که در اثر عمل‌کرد گسل‌های معکوس عنبران در بخش شمال شرقی و RF1 در بخش جنوب‌غربی درون‌هسته عنبران، واحدهای قبل از کرتاسه به‌صورت ناقص بالا

جسته به‌ترتیب در شمال‌شرقی بر روی واحدهای ولکانیکی جوان ائوسن و در جنوب‌غرب بر روی آهک‌های کرتاسه قرار گرفته‌اند. واحدهای ولکانیکی جوان ائوسن در بخش شمال‌شرقی گسل عنبران تا ناحیه خزر ادامه داشته و رخنمونی از واحدهای دیگر در هیچ بخشی از آن مشاهده نشده است و اطلاعاتی هم از واحدهای عمقی و زیرین آن‌ها در دست نیست. وجود واحدهای آهکی ضخیم لایه در بخش جنوب‌غربی گسل عنبران را می‌توان به سازوکار کششی گسل در زمان نهشته شدن این واحدها نسبت. علاوه بر این گسل‌های اصلی که مرزهای درون‌نهشته را نشان می‌دهند. گسل‌های راست‌الغز پراکنده‌های درون‌نهشته، متأثر از دگرشکلی جوان‌تر از گسلش عنبران و RF1 توسعه یافته‌اند. سازوکار معکوس گسل پرشیب عنبران و جای‌گیری نهشته‌های کرتاسه در فرادیواره آن می‌تواند شاهدی بر عمل‌کرد گسل عنبران به‌صورت گسل مرزی کنترل‌کننده گسترش حوضه رسوبی کرتاسه در جنوب آن باشد. گرچه واحدهای بخش شمال‌شرقی گسل تا ناحیه خزر به‌طور کامل پوشیده از واحدهای آتش‌فشانی ائوسن است و رخنمونی از واحدهای دیگر در هیچ بخشی از آن مشاهده نشده است و لیکن با توجه به شواهد به‌دست آمده از البرز مرکزی که به‌غیر از فرادیواره گسل‌های بنیادین مانند مشا (یساقی و معدن‌پور، ۲۰۰۸) در بقیه مناطق نهشته‌های ائوسن بر روی نهشته‌های ژوراسیک شمشک قرار گرفته است چنین تحلیل شده که در منطقه پژوهش نیز عمل‌کردی یک‌سان داشته باشد. به همین سبب، چنین توزیعی از واحدهای سنگی دو طرف گسل بیان‌گر عمل‌کرد آن به‌صورت نرمال در زمان کرتاسه است. در اثر حرکت نرمال و پایین‌افتادگی فرادیواره حوضه رسوبی مناسبی در بخش جنوب‌غربی آن ایجاد شده، که باعث رسوب‌گذاری واحدهای آهکی کرتاسه به‌طور محلی و در فرادیواره گسل شده است. با تغییر رژیم زمین‌ساختی، از کششی به فشارشی در میوسن آلن و همکاران (۲۰۰۳)، گسل عنبران تغییر سازوکار داده و به‌صورت معکوس عمل کرده است و واحدهای آهکی نهشته شده را در فرادیواره بالا رانده است. این وارون‌شدگی زمین‌ساختی گسل عنبران، با توسعه گسل پسراند فرادیواره‌ای RF1 همراه شده و توانسته موجب ساختار بالاجسته‌ای مابین این دو گسل، جایی که نهشته‌های معادل سازندهای پرکامبرین بایندر و سلطانیه را به سطح رانده، شود. یساقی و معدن‌پور (۲۰۰۸) نیز مشابه چنین ساختار بالاجسته‌ای در البرز مرکزی و در محدوده بین گسل مشا و طالقان را تحلیل کرده‌اند.

## منابع

۱. س. معدنی‌پور، تحلیل هندسی و جنبشی ساختارهای منطقه کوه‌های طالقان، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۸۶).
2. M. Alavi, "Tectonostratigraphic synthesis and structural style of alborz mountain system in northern Iran", *Journal of Geodynamics*, V.21,133 (1996).
3. M. B. Allen, M. R. Ghassemi, M. Shahrabi, M. Qorashi, "Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the alborz range, northern Iran", *J. struct. Geol.*, 25 (2003a) 659-672.

4. B. Guest, G. J. Axen, P. S. Lam, J. Hassanzadeh, "Late Cenozoic shortening in the west-central Alborz Mountain, northern Iran, by combined conjugate strike slip and thin skinned deformation", *Geosphere*, V.2, No.1(2006) 35-52.
5. J. Stocklin, "Nortehr Iran:Alborz Mountains, in Spencer, A.M., ed., *Mesozoic-Cenozoic orogenic belts; data for orogenic studies*", *Alpine Himalayan* (1974).
6. A. Yassaghi, "Inversion tectonics in central Alborz Range", *European union of Geoscience (EUG XI), Abstract. Symposium Ls05* (2001).
7. A. Yassaghi, "The effect of deep-seated transverse fault on sturactical evolution of west-central alborz mountain", *Geophysical Resarch abstract*, Vol. 7 (2005).
8. A. Yassaghi, S. Madanipour, "Influnce of a transverse basement fault on along strike variation in the geometry of an inverted normal fault: Case study of the Mosha fault, central Alborz Rang, Iran", *Journal of structural Geology*, Article in press (2008).
9. A. Zanchi, F. Berra, M. Mattei, M. R. Ghassemi, J. Sabouri, "Inversion tectonics in central Alborz, Iran", *Jn. Sturactical Geology*, Article in (2006).