

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه تکتونیک

عنوان

بررسی دگرریختی در واحدهای سنگی پالئوزوییک بالایی و مزوزوییک در البرز
خاوری (شمال ده‌ملا-باختر شاهرود)

نگارنده: سارا مرادعلی گلدره

استاد راهنما:

دکتر پرویز امیدی

استاد مشاور:

دکتر عزیزالله طاهری

بهمن ۱۳۹۹

تقدیم اثر

تقدیم به دستان پر مهر پدرم که اگر چه از نعمت لمس آن ما محروم ولی بهر ایشانشان برایم ابدیست

و تقدیم به تنهایی‌های پر از حسرتی مادرم...

شکر و قدردانی

حمد و سپاس بیکران پروردگار بیکتار که، هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش را، نمونه‌مان شد و به بهمنشینی رحروان علم و دانش مفتخران نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیان ساخت. پس از یاری خدا به بار نشستن این تحقیق ممکن نبود مگر در سایه راهنمایی‌های خردمندان‌ی استاد فرزانه جناب آقای دکتر پرویز امیدی.

اما چگونه سپاس گویم مهربانی لطف ایشان را که سرشار از عشق و یقین است...

چگونه سپاس گویم تاثیر علم آموزی این پدر دلسوز را که چراغ روشن هدایت را بر ویرانه‌های باغ تحلیم فروزان ساخته است...

آری در مقابل این همه عظمت و شکوه ایشان مرانه توان سپاس است و نه کلام و وصف...

بهمین مراتب سپاس خود را به خاطر مطالعه صبورانه و عنوان نمودن نظرات اصلاحی استاد مشاور کرامت‌مردم جناب آقای دکتر عزیزانسه طاهری که در تمام این دوره پشتیبان من بوده اند، ابراز می‌دارم. از اساتید داور جناب آقایان دکتر رمضان رمضان‌ی اومالی و دکتر علی اکبر مومنی که قبول زحمت نموده و داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند و قطعاً نظرات این بزرگواران در هر چه بهتر شدن این پایان نامه شمر شمر خواهد بود، شکر می‌نمایم. بر خود لازم می‌دانم حضور نمانده تحصیلات تکلیفی سرکار خانم دکتر کیتی فرقانی را ارج نهاده و سپاس گویم. در نهایت کمال شکر را از جناب آقای مهندس میر باقری و سرکار خانم سعیدی وفاری به دلیل بهکاری‌های بی‌دینشان دارم.

قدردانی می‌نمایم از خانواده عزیزم که دعای خیرشان، آرام‌بخش محضات نگرانی و سخت‌زندگی و قوت قلب من بوده است.

شکر می‌نمایم از همسر عزیزم آقای محسن فوادیان و همچنین خانم‌ها حسنی، حسینی و فریدنی که مراد انجام این پژوهش یاری نمودند.

تعمیر نامه

اینجانب سارا مرادعلی گلدره دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته تکتونیک دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی دگرریختی در واحدهای سنگی پالئوزوئیک بالایی و مزوزوئیک در البرز خاوری (شمال ده ملا-باختر شاهرود) تحت راهنمایی دکتر پرویز امیدی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

بلندی‌های باختری شاهرود در شمال روستای ده‌ملا (منطقه مطالعاتی)، بخشی از نیمه جنوبی البرز خاوری می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی الگوی دگرریختی واحدهای سنگی پالئوزوئیک بالایی و مزوزوئیک بوده است. بدین منظور رخنمون‌هایی از سازندهای جیروود (دونین بالایی)، شمشک (تریاس بالایی - ژوراسیک زیرین)، دلیچای (ژوراسیک میانی) و لار (ژوراسیک بالایی) و مرز بین آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی‌ها تایید نمودند که روند چیره ساختاری در چین‌خوردگی و گسلش از روند ساختاری در البرز خاوری پیروی نموده و شمال خاوری-جنوب باختری است. مرز بین سازندها متأثر از گسل‌های طولی منطقه است که به عنوان نمونه می‌توان به گسل‌های F_1 و F_2 اشاره نمود که در این مطالعه مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند. هر دو گسل با روند خاوری-باختری تا شمال خاوری-جنوب باختری بخشی از یک منطقه گسلی با سازوکار چیره امتداد لغزچپ‌بر هستند، به گونه‌ای که F_1 شرایط همبری سازند جیروود را با سازند شمشک فراهم نموده و اثر F_2 بر روی بازمانده سازند جیروود بر روی شمشک با همان هندسه و سازوکار F_1 مشاهده می‌شود. تحمیل این گسل‌ها با سازوکار امتداد لغزچپ‌بر بر روی واحدهای سنگی چین‌خورده (متأثر از زمین‌ساخت فشارشی) موید رژیم نوزمین‌ساختی چیره امتداد لغز چپ‌بر در البرز خاوری است. نشانه‌های متعددی از این رژیم تکتونیکی در منطقه دیده می‌شود که به عنوان نمونه می‌توان به گسل کواترنری آستانه با روند شمال خاوری- جنوب باختری و سازوکار امتداد لغز چپ‌بر اشاره نمود که واحدهای چین‌خورده و گسسته قدیمی‌تر را قطع نموده است.

واژه‌های کلیدی: البرز خاوری، شاهرود، ده‌ملا، نوزمین ساخت

فهرست

فصل اول	۱
مقدمه	۱
۱-۱ موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی	۲
۲-۱) تعریف مسئله و هدف تحقیق	۳
۳-۱- تاریخچه مطالعات پیشین	۵
۴-۱- روش مطالعه و انجام پژوهش	۶
فصل دوم	۹
زمین‌شناسی عمومی	۹
۱-۲- تکوین و تکامل زمین‌ساختی البرز	۱۰
۳-۲- چینه‌شناسی	۱۲
۱-۳-۲- واحدهای سنگی پالئوزوئیک	۱۳
الف) سازند سلطانیه	۱۳
ب) سازند باروت	۱۳
ج) سازند زاگون	۱۴
د) سازند لالون	۱۵
ه) سازند میلا	۱۵
ی) سازند جیرود	۱۶
۲-۳-۲- واحدهای سنگی مزوزوئیک	۱۹
الف) سازند شمشک	۱۹
ب) سازند دلیچای	۲۰
ج) سازند لار	۲۱
فصل سوم	۲۵
زمین‌شناسی ساختاری	۲۵

۲۷	-----	۱-۳) شاخص‌های سطح گسل
۲۸	-----	۱-۱-۳) پله‌های گسلی (Fault steps)
۲۹	-----	۲-۳) گسل‌ها
۲۹	-----	۱-۲-۳) گسل F ₁
۳۰	-----	۱-۱-۲-۳) هندسه و سازوکار گسل F ₁
۳۵	-----	۲-۲-۳) گسل F ₂
۳۵	-----	۱-۲-۲-۳) هندسه و سازوکار گسل F ₂
۴۰	-----	۳-۲-۳) گسل‌های عرضی
۴۰	-----	۱-۳-۲-۳) گسل F ₃
۴۲	-----	۲-۳-۲-۳) گسل‌های F ₄ و F ₅ و F ₆
۴۴	-----	۳-۳) چین خوردگی‌ها
۴۴	-----	۱-۳-۳) چین خوردگی در سازند جیروود
۴۵	-----	۲-۳-۳) چین خوردگی در سازند شمشک
۴۷	-----	فصل چهارم
۴۷	-----	بحث و نتیجه‌گیری
۴۸	-----	۱-۴) بررسی هندسه و سازوکار گسل‌ها
۴۸	-----	۱-۱-۴) گسل‌های طولی
۴۹	-----	۲-۱-۴) گسل‌های عرضی
۵۰	-----	۲-۴) الگو چین خوردگی
۵۱	-----	۳-۴) نتیجه‌گیری
۵۲	-----	۴-۴) پیشنهادات
۵۳	-----	منابع

فهرست اشکال

- شکل (۱-۱) موقعیت جغرافیایی و مسیر دسترسی منطقه مورد مطالعه ----- ۲
- شکل (۱-۱) نقشه تکتونیکی ایران و موقعیت پهنه ساختاری البرز ----- ۴
- شکل (۱-۲) تصویر STMR از رشته کوه البرز در شمال ایران ----- ۱۱
- شکل (۲-۲) تصویر سه بعدی از محدوده مورد مطالعه ----- ۱۲
- شکل (۳-۲) نمایی از دولومیت های سازند سلطانیه و سازند باروت در کنار یکدیگر ----- ۱۴
- شکل (۴-۲) تصاویری از سازندهای پالئوزوئیک ----- ۱۶
- شکل (۵-۲) تصاویری از سازند جیروود ----- ۱۷
- شکل (۶-۲) ستون چینه شناسی مربوط به سازندهای پالئوزوئیک ----- ۱۸
- شکل (۷-۲) تصویری از سازند شمشک دید به سمت شمال شرق ----- ۱۹
- شکل (۸-۲) تصویری از سازندهای منطقه ----- ۲۰
- شکل (۹-۲) تصویری از سازندهای مزوزوئیک در منطقه مورد مطالعه ----- ۲۱
- شکل (۱۰-۲) ستون چینه شناسی سازندهای مزوزوئیک ----- ۲۲
- شکل (۱۱-۲) نقشه زمین شناسی تهیه شده از منطقه دهملا ----- ۲۳
- شکل (۱-۳) تصویر پله های گسلی بر روی سطح گسل ----- ۲۹
- شکل (۶-۳) تصویر دو سازند شمشک و جیروود در کنار هم در امتداد گسل ----- ۳۲
- شکل (۷-۳) نمایی از سطوح گسلی F₁ ----- ۳۳
- شکل (۸-۳) تصویر استریوگرام از سطوح گسل F₁ ----- ۳۴
- شکل (۹-۳) الف) تصویر سه بعدی SRTM (ب) نیمرخ توپوگرافی ----- ۳۴
- شکل (۱۰-۳) موقعیت ایستگاههای برداشت شده از سطح گسل F₂ ----- ۳۵
- شکل (۱۱-۳) رانده شدن سازند جیروود بر روی شیل های سازند شمشک ----- ۳۶
- شکل (۱۲-۳) تصویر دیواره گسلی با موقعیت N55E,75NW بر روی سازند جیروود ----- ۳۷
- شکل (۱۳-۳) رخنمونی از سطح گسل با موقعیت N61E,80NW ----- ۳۷
- شکل (۱۴-۳) نمایی از سطح گسل F₂ ----- ۳۸
- شکل (۱۵-۳) تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسل F₂ ----- ۳۸
- شکل (۱۷-۳) تصویر سه بعدی SRTM از گسل F₂ ----- ۳۹
- شکل (۱۸-۳) تصویر ماهواره های لندست گسل F₃ ----- ۴۰
- شکل (۱۹-۳) الف) نمایی از سطح گسل (ب) تصویر سیکلوگرافیک از سطوح گسل F₃ ----- ۴۱
- شکل (۲۰-۳) تصویر ماهواره های لندست و موقعیت گسلهای F₄ و F₅ ----- ۴۲
- شکل (۲۱-۳) تصویر ماهواره های لندست گسل F₆ ----- ۴۲
- شکل (۲۲-۳) رخنمونی از سطح گسل F₄ ----- ۴۳
- شکل (۲۳-۳) تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلهای F₄, F₅, F₆ ----- ۴۳
- شکل (۲۴-۳) تصویر سیکلوگرافیک از سطوح لایه بندی سازند جیروود ----- ۴۵
- شکل (۲۵-۳) الف: تصویر لایه بندی سازند شمشک ب: تصویر سیکلوگرافیک لایه بندی سازند شمشک ----- ۴۶
- شکل (۱-۴) نمودار گل سرخی امتدادی گسل های منطقه ----- ۴۸
- شکل (۲-۴) تصویر ماهواره ای از گسل ها و کلیپ های دره شمال دهملا ----- ۴۹
- شکل (۳-۴) تصویر ماهواره ای از گسل های عرضی منطقه دهملا ----- ۵۰
- شکل (۴-۴) نمودار گل سرخی سطح لایه بندی سازندها ----- ۵۰

فهرست جداول

- جدول ۳-۱) داده های برداشت شده از گسل F_1 ----- ۳۴
- جدول ۳-۲) داده های برداشت شده از گسل F_2 ----- ۳۹
- جدول ۳-۳) داده های برداشت شده از گسل F_3 ----- ۴۱
- جدول ۳-۴) داده های برداشت شده از گسل های F_4 و F_5 و F_6 ----- ۴۳
- جدول ۳-۵) داده های برداشت شده از سطوح چین خورده سازند جیروود ----- ۴۵
- جدول ۳-۶) داده های برداشت شده از سطوح چین خورده سازند شمشک ----- ۴۶

فصل اول

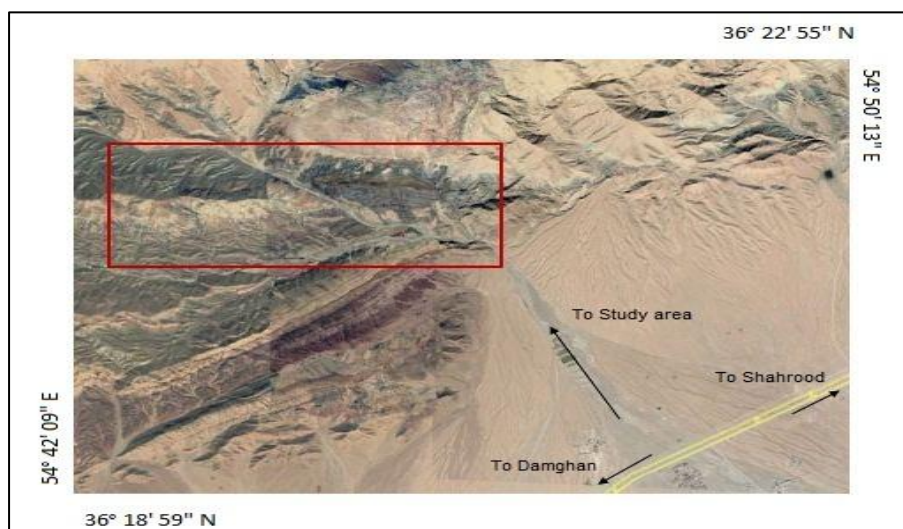
مقدمه

منطقه ده‌ملا در باختر شاهرود و شمال روستای ده‌ملا، بخشی از البرز خاوری می‌باشد. مطالعات چینه‌شناسی این منطقه وجود واحدهای سنگی پالئوزویک و مزوزویک را با راستای کلی شمال خاوری-جنوب باختری تا خاوری-باختری نشان می‌دهد. در بخشی از ناحیه ده‌ملا رخنمونی از سازندهای پالئوزویک و مزوزویک شامل سازندهای سلطانیه، باروت، زاگون، لالون، میلا، جیرود، شمشک، دلیچای و لار وجود دارد که دگرشکل شده هستند. این دگرشکلی به صورت گسلش و چین-خوردگی در آن‌ها نمایان شده است.

از گسل‌های مهم و طولی در محدوده البرز خاوری می‌توان به گسل‌های کواترنری شمال شاهرود، گسل طزره، گسل معکوس شمال دامغان و گسل آستانه اشاره کرد. همچنین گسل‌های عرضی فراوان با روند چیره شمالی-جنوبی در این منطقه مشاهده می‌شود.

۱-۱ موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی

ناحیه مورد مطالعه بین عرض‌های $36^{\circ} 18'$ تا $36^{\circ} 22'$ خاوری و طول‌های $54^{\circ} 42'$ تا $54^{\circ} 50'$ شمالی قرار دارد. از دیدگاه زمین‌شناسی ایران، این منطقه بخش کوچکی از واحد رسوبی ساختاری البرز خاوری و در ۳۰ کیلومتری باختری شهر شاهرود واقع شده است. جاده آسفالتی معدن آموزشی دانشگاه صنعتی شاهرود بهترین راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه می‌باشد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱) موقعیت جغرافیایی و مسیر دسترسی منطقه مورد مطالعه

۲-۱) تعریف مسئله و هدف تحقیق

رشته کوه البرز بخشی از کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا می باشد که، بلندی های شمال ایران را تشکیل می دهد و از نگاه ریخت شناسی و سرگذشت ساختاری و چینه ای در همه جا یکسان نمی باشد و پیچیدگی ساختاری این رشته کوه باعث شده که بخش های مختلف البرز به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. (شکل ۱-۲). شمال روستای ده ملا (منطقه مورد مطالعه) از لحاظ زمین شناسی بخش کوچکی از دامنه های جنوبی البرز خاوری می باشد و از نظر جغرافیایی در جنوب باختری شهر شاهرود (دره شمال ده ملا) واقع شده است.

ساخت های موجود در منطقه مورد مطالعه همانند اکثر بخش های البرز خاوری از روند شمال خاوری - جنوب باختری پیروی می کنند. واحدهای سنگی - رسوبی این منطقه که در معرض چین خوردگی و گسلش قرار گرفته اند، متعلق به دوران پالئوزویک و مزوزویک می باشند که روند ساختاری چیره این واحدها شمال خاوری - جنوب باختری و در برخی نقاط خاوری - باختری است. وجود گسل هایی با روندهای متفاوت (شمال خاوری - جنوب باختری، خاوری - باختری و شمالی - جنوبی) که واحدهای سنگی موجود را قطع و همبری های غیرطبیعی را ایجاد نموده اند، از ویژگی های ساختاری عمومی این منطقه است. طی بررسی های صورت گرفته پیشین در ناحیه مورد مطالعه، چینه نگاری و ساختارهای کلی منطقه معرفی شده است.

در این پژوهش مطالعه تفصیلی دگرریختی واحدها که به صورت چین خوردگی و گسلش نمایان است مد نظر قرار دارد به ویژه مرز بین دو سازند جیروود و شمشک مورد توجه ویژه این تحقیق است.

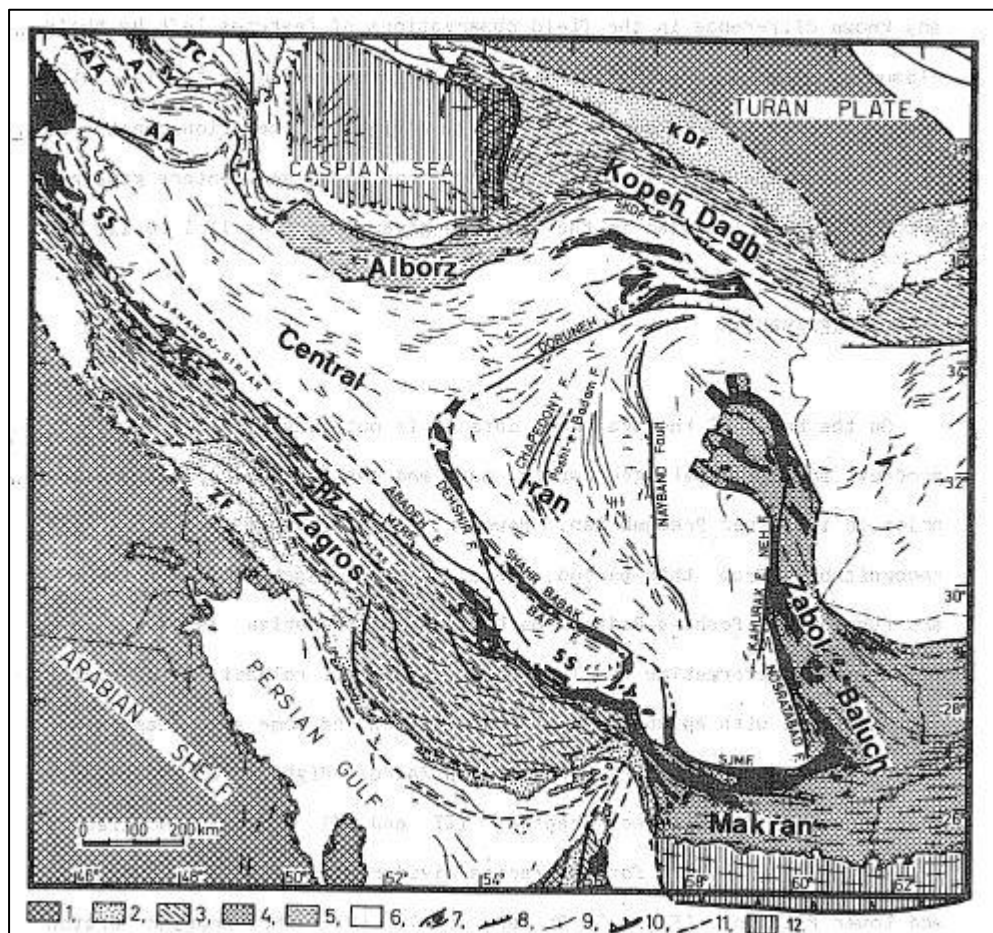
اگرچه در پیرامون منطقه مورد مطالعه توالی کاملی از سازندهای پالئوزویک و مزوزوئیک رخنمون دارد، در منطقه مورد مطالعه نبود مشخصی از سازندهای پالئوزویک بالایی مانند مبارک، دورود و روته

مشاهده می‌شود، به نحوی که سازند جیروود در کنار سازند شمشک واقع شده است. اگرچه زمین‌شناسان این مرز را به صورت گسله بیان نموده‌اند، در پژوهش پیش رو ضمن مطالعه دقیق ساختاری واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه این مرز به صورت دقیق و کامل مورد مطالعه قرار گرفته است. در نهایت با انجام این مطالعات، پاسخگویی به سوالات زیر دستاورد این پژوهش خواهد بود:

چین خوردگی واحدهای سنگی از چه الگویی پیروی میکند؟

هندس و سازکار حرکت سامانه گسلی موجود در منطقه چگونه است؟

مدل هندسی و وضعیت سینماتیک گسل‌ها چگونه است و نشانه‌های آن چیست؟



شکل (۱-۲) نقشه تکتونیکی ایران و موقعیت پهنه ساختاری البرز در کمربند کوهزایی آلپ-همیالیا (گزارش ۵۲ بربریان سازمان زمین شناسی)

۱-۳- تاریخچه مطالعات پیشین

زمین‌شناسی رشته کوه البرز از دیدگاه‌های مختلف از قبیل زمین‌ساخت، چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی توسط محققان زیادی مطالعه و بررسی شده است..

در منطقه البرز از جمله البرز خاوری مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است که از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعات سازمان زمین‌شناسی شامل نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ (علوی نائینی و صالحی راد، ۱۳۶۹) گرگان و (وزیری و مجیدی، ۱۳۸۰) نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه شاهرود اشاره کرد.

در حدود ۳ دهه اخیر مطالعات جدیدی بر روی این بخش از البرز صورت گرفته که عمدتاً متکی به زمین‌ساخت جوان و فناوری‌های نوین انجام شده به نتایج قابل توجهی می‌توان اشاره کرد که شامل مطالعات زیر می‌باشد:

آلن و همکاران (۲۰۰۳)، پهنه رسوبی - ساختاری البرز را نمونه خوبی از همزمانی دگرشکلی‌های فشارشی و امتدادلغز می‌دانند و همچنین آن را یک کمر بند یا نوار راندگی همراه با چین‌خوردگی‌های غیر فعال دانسته‌اند که از متاثر از مؤلفه کوتاه‌شدگی مایل است.

ورنانت و همکاران (۲۰۰۴)، در این باور هستند که کوتاه‌شدگی گستره البرز در اثر برخورد پهنه عربی و اوراسیا بوده که نرخ این کوتاه‌شدگی ۳ میلی‌متر در سال را محاسبه نمودند.

هالینگ ورث و همکاران (۲۰۱۰)، با معرفی و یافتن عناصر ساختاری جنبش البرز خاوری را در یک سامانه ترافشارشی چپ بر معرفی می‌نمایند.

امیدی (۱۳۸۱) با مطالعه بر بخش جنوبی البرز خاوری (گستره سمنان-دامغان) بین گسل امتدادلغز چپ‌بر آستانه در شمال و گسل عطاری در جنوب، تغییرات ساختاری این پهنه را حاصل فعالیت یک

سیستم برشی همگرای چپ‌بر با روند N60E دانسته است. همچنین با تحلیل تنش دیرین در محدوده زمانی کواترنری در این بخش، راستای بیشترین فشارش شمال-شمال خاوری و نتیجه تنش-

های حاصل از حرکت روبه شمال-شمال خاوری صفحه عربستان می‌داند.

رحیمی (۱۳۸۱)، در قالب پژوهش‌های گسترده، با مطالعه زمین‌ساخت راندگی‌ها در البرز شرقی در برش دامغان-گرگان تعداد هشت ورقه رورنده را که ساختار اصلی منطقه را تشکیل می‌دهند برای اولین بار معرفی کرده‌اند.

مفیدی (۱۳۸۴) تحلیل استرین و تحلیل ریز ساختاری ورقه‌های مزبور در برش دامغان-گرگان را انجام داده است.

اعراب (۱۳۸۸) به تحلیل ساختاری چین خوردگی و گسلش در باختر شاهرود پرداخته است.

هاشمی و فرهادیانی (۱۳۸۹)، در قالب پالینوستراتیگرافی نهشته‌های دونین جنوب غرب شاهرود (دهملا) به بررسی محیط تشکیل سازند جیروود با استفاده از میکرو فسیل‌ها پرداخته است.

۱-۴- روش مطالعه و انجام پژوهش

جهت انجام این تحقیق، با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و منابع موجود راه‌ها، وضعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه بررسی شده است. مطالعات انجام شده با برداشت‌های صحرایی و پیمایش ایستگاهی جهت بررسی ساختارها صورت گرفت.

این پژوهش در چهار مرحله اجرا شده است. مرحله اول شامل مطالعات داده‌های موجود و دستاوردهای پژوهش‌های قبلی، مرحله دوم شامل مطالعات و برداشت‌های صحرایی و مرحله سوم تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده و مرحله چهارم تدوین پایان نامه است.

اطلاعات بدست آمده از برداشت‌های صحرایی به کمک روش‌های پایه‌ای و نرم افزارهای موجود، پردازش و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در نهایت پس از تلفیق مطالعات صحرایی و نتایج تفسیر و تحلیل داده‌ها، الگوی دگرریختی منطقه بدست آمد. به طور کلی این تحقیق در چهار مرحله صورت گرفته است:

✓ مطالعات داده‌های موجود و دستاوردهای پژوهش‌های قبلی

مطالعات کتابخانه‌ای و جمع آوری و استخراج نکات تئوری کتاب‌ها و مقالات داخلی و خارجی موجود

در سایت‌ها و کتابخانه‌ها مرتبط با موضوع و سپس تهیه نقشه مقدماتی با استفاده از داده‌های دورسنجی (عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای لندست) در محیط GIS و با بهره‌گیری از نقشه‌های موجود مانند:

نقشه‌های زمین‌شناسی سازمان زمین‌شناسی کشور با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان (علوی نائینی و صاحبی راد، ۱۳۶۹)، ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهرود (وزیری و مجیدی‌فر، ۱۳۸۰)، نقشه‌های توپوگرافی، داده‌های دورسنجی (عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای لندست (Landsat)) جهت آشنایی با موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی، زمین‌شناسی و نحوه گسترش ساختارهای منطقه مطالعاتی.

✓ مطالعات صحرایی

پیمایش و برداشت صحرایی طی ۲۹ روز ناپیوسته جهت شناسایی واحدهای سنگی و سازندها و اندازه‌گیری‌های ساختارها شامل موقعیت سطوح گسله‌ها، سطوح درزه‌ها صورت گرفت. شایان ذکر است که اندازه‌گیری در ساختارها با استفاده از کمپاس خطی (کلارک) و روش شیبی (Dip, Dip direction) انجام شده است.

مطالعات میدانی جهت برداشت‌های صحرایی به صورت زیر انجام پذیرفته است:

برداشت ویژگی‌های لایه‌بندی در پیمایش‌های در امتداد مرز سازندها به منظور آشکارسازی وضعیت ساختاری واحدهای سنگی.

شناسایی سطوح گسلی و تعیین سازوکار گسل‌ها با به کمک چینه‌شناسی و ریخت‌شناسی سطح گسل. موقعیت هندسی عناصر ساختاری برداشت شده به صورت شیب، جهت شیب برای عناصر صفحه‌ای (Dip, Dip direction) در جداول آورده شده است.

✓ تجزیه و تحلیل نتایج

در این مرحله ما به تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از مشاهدات و برداشت‌های صحرایی می‌پردازیم و همچنین با استفاده از یافته‌های صحرایی نقشه زمین‌شناسی کامل شده است... در تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای مخصوص استریوگرافیک مانند Georient, Dips, Tectonics Fp,

استفاده شده است و همچنین برای رسم نقشه زمین‌شناسی از نرم افزارهای Arc Gis و Global Mapper استفاده شده است.

✓ تدوین پایان‌نامه

حاصل دستاوردهای این پژوهش تدوین پایان‌نامه و تهیه نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ با ترسیم عوارض و ساختارهای زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه است که، با کمک تلفیق اطلاعات بدست آمده انجام شده است. این اطلاعات با استفاده از نقشه زمین‌شناسی شاهرود با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، برداشتهای صحرایی و نقشه‌های توپوگرافی با استفاده از نرم افزارهای مرتبط گردآوری شده است و در نهایت به صورت یک گزارش نهایی آورده شده است.

فصل دوم
زمین شناسی عمومی

منطقه مورد مطالعه در پهنه رسوبی-ساختاری البرز خاوری قرار گرفته است و بخشی از حاشیه جنوبی آن را شامل می‌شود. به همین لحاظ در این فصل به زمین‌ساخت البرز به ویژه البرز خاوری و همچنین ریخت زمین‌ساخت و چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه اشاره می‌شود.

۲-۱- تکوین و تکامل زمین‌ساختی البرز

پهنه رسوبی-ساختاری البرز متشکل از بلندی‌های شمال صفحه ایران است که به صورت یک نوار چین خورده و رانده می‌باشد و در راستای عمومی خاوری-باختری، از آذربایجان تا خراسان ادامه دارد (آقنابتی ۱۳۸۳). از نظر علوی^۱ (۱۹۹۶) رشته‌کوه البرز قسمتی از سلسله جبال آلپ-همیالیا می‌باشد و با طول تقریبی ۲۰۰۰ کیلومتر، از کوه‌های قفقاز کوچک در ارمنستان و آذربایجان تا کوه‌های پاراپامیسوس در شمال افغانستان ادامه دارد. رشته‌کوه البرز در بخش باختری دارای روند کلی شمال باختری-جنوب خاوری و در بخش خاوری، دارای روند شمال خاوری-جنوب باختری می‌باشد. البرز مرکزی که محل همگرایی این دو امتداد است، دارای روند خاوری-باختری می‌باشد. (شکل ۲-۱).

جکسون^۲ و همکاران (۲۰۰۲) رشته‌کوه البرز را کمان مرتفعی در شمال ایران معرفی کرده‌اند که از انتهای تالش در باختر تا تقاطع آن با کپه‌داغ در خاور امتداد دارد. ضخامت پوسته البرز حدود ۳۵ کیلومتر می‌باشد و از ردیف‌های ضخیمی از سنگ‌های پرکامبرین پسین تا عهد حاضر تشکیل شده است (تاتار^۳، ۲۰۰۱).

عواملی مانند برخورد صفحه ایران و توران، فعالیت گسل‌های راندگی و سرانجام عملکرد گسل‌های امتداد لغز شمال باختری-جنوب خاوری در البرز باختری و شمال خاوری-جنوب باختری در البرز خاوری نقش به‌سزایی در شکل‌گیری ساختارهای چین خورده البرز دارند (آقنابتی، ۱۳۸۳).

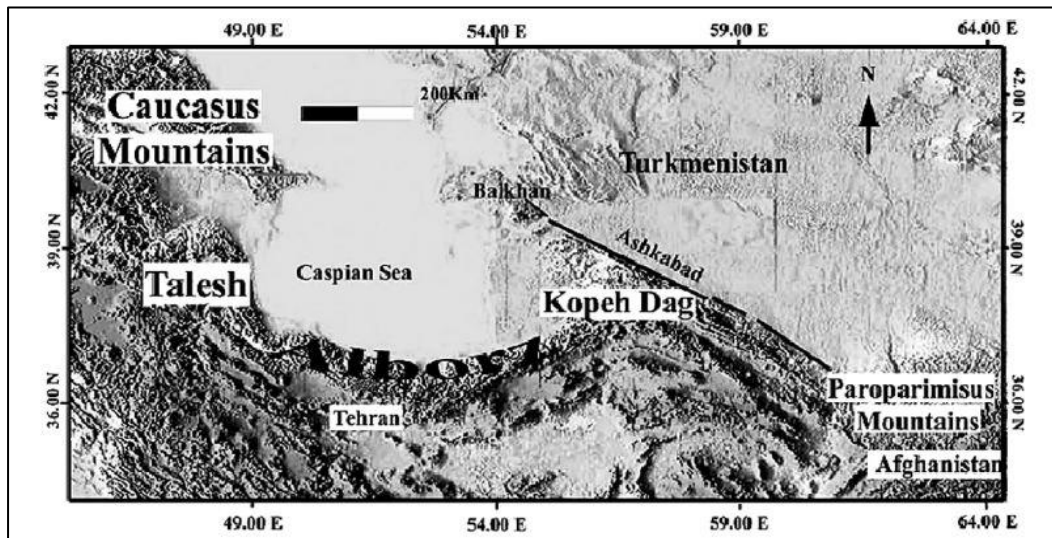
به نظر جکسون و همکاران (۲۰۰۲)، رشته‌کوه البرز در حال حاضر تحت تأثیر کوتاه‌شدگی چپ بر مایل می‌باشد. با توجه به ساختارهای بررسی شده حرکت امتداد لغز چپ بر در البرز خاوری بیش از البرز

^۱ Alav1

^۲ Jackson

^۳Tatar

باختری است.



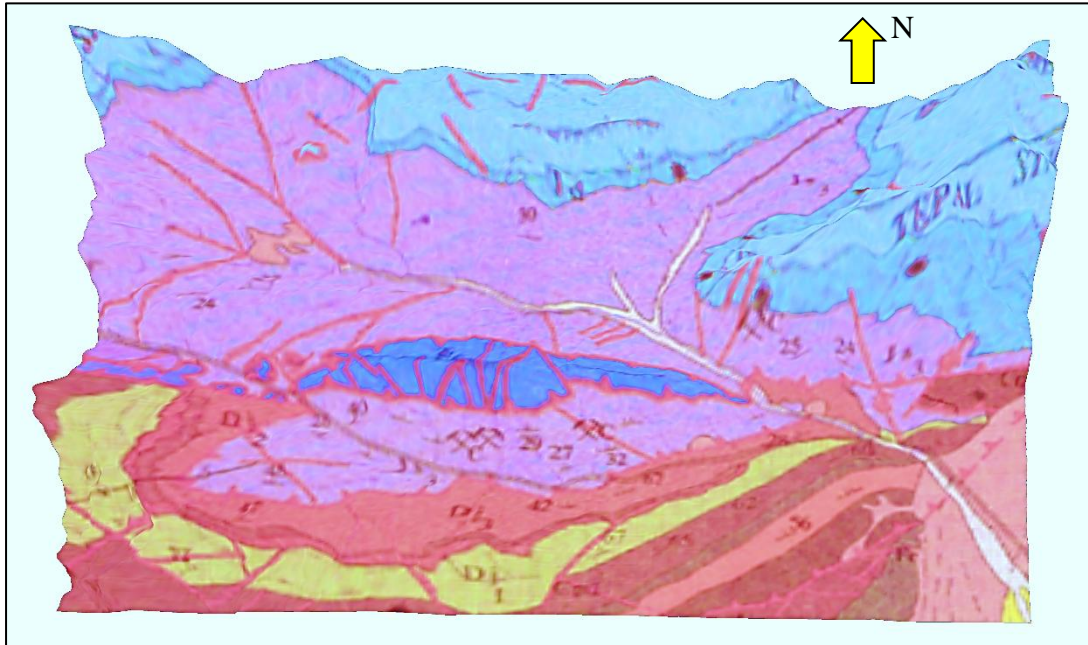
شکل ۱-۲) تصویر STMR از رشته کوه البرز در شمال ایران (برگرفته از احتشامی و یساقی، ۲۰۰۶)

۲-۲- ریخت زمین ساخت منطقه مورد مطالعه

یکی از عوامل مهم در شکل گیری ریخت شناسی یک منطقه جنس سنگ ها است. مناطق ستیغ و مرتفع مربوط به سازندهای آهکی لار و دلیچای هستند و هم چنین ریخت شناسی ملایم با تپه های مدور کم شیب متعلق به رخنمون سازند شمشک است. حرکات تکتونیکی و عوامل ساختاری نظیر گسل معکوس و چین خوردگی ها نقش موثری در اوج گیری واحدهای سنگی منطقه داشته است.

در اکثر نقاط منطقه مورد مطالعه، چین خوردگی واحدهای رسوبی در طی فازهای کوهزایی گوناگون ارتفاعات نسبتاً بلندی را پدید آورده است. می توان به چین خوردگی سازند جیرود اشاره نمود که در بخش هایی از منطقه مورد مطالعه ارتفاعاتی را پدید آورده است. گسل های معکوس نیز نقش مهمی در ایجاد ارتفاعات منطقه داشته اند که حاصل فاز زمین ساختی قدیمی در منطقه هستند که سبب به وجود

آمدن ارتفاعات شمالی منطقه مورد مطالعه شده اند.



شکل ۲-۲) تصویر سه بعدی از محدوده مورد مطالعه جهت نمایش ریخت‌زمین ساخت منطقه؛ ترکیبی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهرود و داده‌های SRTM.

۳-۲-چینه‌شناسی

بر اساس مطالعات صورت گرفته پیشین، به ویژه نقشه زمین‌شناسی شاهرود با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (وزیری و مجیدی فر ۱۳۸۰)، نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان (علوی نائینی و صاحبی راد، ۱۳۶۹) و نیز مشاهدات صحرایی نگارنده وجود توالی سنگ‌های پالئوزوئیک و مزوزوئیک با راستای کلی شمال خاوری-جنوب باختری تا خاوری-باختری در ناحیه ده‌ملا ثابت شده است.

سازند سلطانیه به سن کامبرین قدیمی‌ترین و سازند لار به سن ژوراسیک بالایی جوان‌ترین واحدهای رخنمون یافته منطقه مورد مطالعه را تشکیل داده‌اند. توالی مربوط به پالئوزوئیک منطقه، شامل سازند سلطانیه، باروت، زاگون، لالون، میلا و جیرود می‌باشد. واحدهای مربوط به مزوزوئیک شامل سازندهای شمشک، دلیچای و لار می‌باشد.

قابل ذکر است که نقشه زمین‌شناسی تهیه شده از منطقه در شکل ۲-۱۱ آورده شده است که واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه را می‌توان بر روی آن مشاهده کرد. در ادامه به بررسی ویژگی سازندهای رخنمون یافته در منطقه مورد مطالعه از قدیم به جدید، پرداخته می‌شود.

۲-۳-۱- واحدهای سنگی پالئوزوئیک

الف) سازند سلطانیه

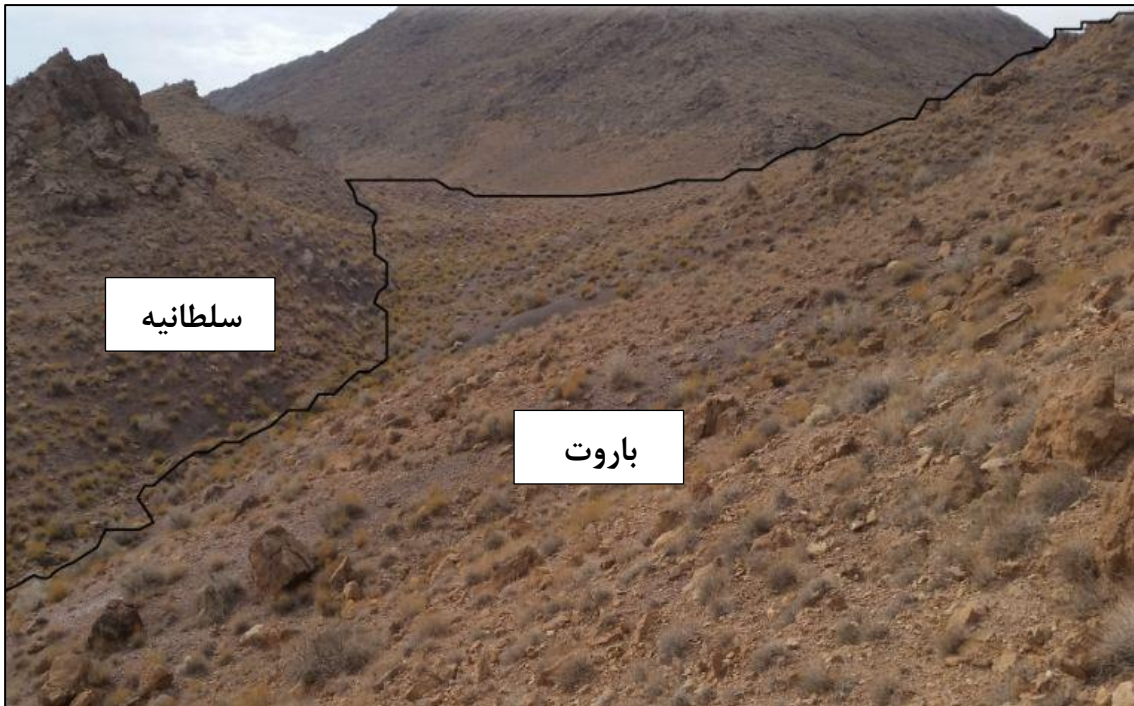
در محل برش الگو (کوه‌های سلطانیه)، سازند سلطانیه متشکل از سه عضو دولومیت پایینی، شیل و دولومیت بالایی می‌باشد. دولومیت پایینی را دولومیت لایه‌ای چرت‌دار، خاکستری تیره حاوی فسیل‌های پوسته‌دار تشکیل می‌دهد. عضو شیل پایینی حاوی شیل‌های رسی-سیلنتی میکادار و گاهی ماسه‌دار ریزدانه می‌باشد که حاوی عدسی‌هایی از سنگ آهک سیلت‌دار است. (آقانباتی، ۱۳۸۳). این سازند به سن پرکامبرین پسین- کامبرین پیشین متشکل از دولومیت‌های توده‌ای قهوه‌ای و خاکستری روشن حاوی چرت فراوان و ساخت استروماتولیت می‌باشد (شکل ۲-۳).

ب) سازند باروت

در محل برش الگو (۱۷ کیلومتری جنوب باختر زنجان) ۷۱۴ متر شیل‌های رسی سیلنتی و ماسه‌ای دانه ریز، بسیار میکادار به رنگ ارغوانی، کمی سبز - خاکستری و سیاه است که حاوی میان لایه‌هایی از سنگ آهک و دولومیت حاوی چرت و استراماتولیت است (آقانباتی، ۱۳۸۳).

سازند باروت به سن کامبرین پیشین در ناحیه مورد مطالعه متشکل از تناوب‌های دولومیت قهوه‌ای و خاکستری روشن به صورت رگه‌ای و گرهک و سنگ آهک‌های خاکستری با زمینه میکرواسپارایتی و شیل‌های رسی بنفش رنگ می‌باشد. حجم قابل توجهی از توالی سازند باروت را شیل‌های مذکور تشکیل داده است. همچنین در تناوب‌های فوق لایه‌هایی از دیاباز دارای دیده می‌شود که به رنگ سبز تیره هستند. سنگ آهک‌های توالی سازند باروت با بافت میکرواسپارایتی فاقد میکروفسیل می‌باشند. این سازند با فصل مشترک تدریجی بر روی دولومیت‌های سازند سلطانیه قرار گرفته است (شکل ۲-۳) و در مرز بالایی خود سازند زاگون به واسطه همبری از نوع راندگی بر روی توالی‌های این سازند قرار گرفته

دارد (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳) نمایی از دولومیت های سازند سلطانیه و سازند باروت در کنار یکدیگر (دید به سمت شمال غرب)

ج) سازند زاگون

این سازند متشکل از شیل های ماسه‌ای، ماسه سنگ ریز دانه آرکوزی، سیلت سنگ میکادار زود فرسا می باشد که رنگ متمایل به سرخ ارغوانی دارد. در برش الگوی معرفی شده توسط آسرتو (۱۹۶۶)، ضخامت اندازه‌گیری شده در باختر روستای زاگون، ۴۵۳ متر می باشد (آقانباتی، ۱۳۸۳). این سازند به سن کامبرین پیشین شامل تناوب های ارغوانی رنگ ماسه سنگ کوارتزیتی ضخیم لایه و شیل های رسی نازک لایه است که رخنمون های پست و کم ارتفاع را به وجود می آورد. ماسه سنگ های فوق با ساخت رسوبی تیغه‌ای در واقع از نوع ساب آرکوز هستند. این سازند در مرز زیرین خود با همبری از نوع راندگی بر روی توالی های باروت قرار دارد و در مرز بالایی خود با همبری تدریجی و هم شیب به سازند لالون ختم می شود (شکل ۲-۴).

د) سازند لالون

یکی از گسترده‌ترین سازندهای کامبرین پیشین ایران می‌باشد که تقریباً در همه‌جا ترکیب سنگ‌شناسی یکسانی دارد. در محل برش الگو واقع در دامنه خاوری دره لالون در خاور تهران و دیگر نقاط ایران، سازند لالون شامل ضخامت متغیری (۴۰۰-۶۰۰ متر) از ماسه سنگ‌های آرکوزی، متوسط دانه، کوارتزی، متراکم، به رنگ سرخ ارغوانی است و دارای چینه‌بندی متقاطع و موج نقش می‌باشد. به علت وجود گارنت، آپاتیت، گلوکونیت و فسفات این ماسه سنگ‌ها را نتیجه تخریب توده‌های گرانیتی و سنگ‌های دگرگونی می‌دانند که در محیط‌های رودخانه‌ای اکسیده انباشته شده‌اند (آقناباتی، ۱۳۸۳).

ماسه سنگ‌های فوق دارای ساخت‌های رسوبی مانند لایه‌بندی مورب و موج‌واره هستند. این سازند در مرز زیرین خود با همبری تدریجی و هم‌شیب بر روی توالی‌های سازند زاگون قرار دارد و در مرز بالایی با همبری ناگهانی و هم‌شیب به بخش یک سازند میلا می‌رسد (شکل ۲-۴).

ه) سازند میلا

برش الگو این سازند توسط روتنر و همکاران (۱۹۶۳)، در میلا کوه دامغان، به ضخامت ۵۸۵ متر اندازه‌گیری و معرفی شده است. به دلیل ناهمگنی‌های موجود، سازند میلا را به ۵ عضو تقسیم کرده‌اند که کم و بیش در بسیاری از نقاط ایران قابل شناسایی است. عضو ۱ سازند میلا دارای ۱۸۹ متر دولومیت بدون فسیل همراه با میان لایه‌های مارنی و شیلی زرد رنگ است. عضو ۲ سازند میلا شامل ۸۹ متر سنگ آهک لایه لایه، کمی ماسه‌ای به رنگ قهوه‌ای تا خاکستری تیره است که تناوب ناچیزی از مارن و آهک‌های مارنی دارد. عضو ۳ سازند میلا به عنوان بارزترین عضو این سازند، دارای ۸۲ متر سنگ آهک درشت دانه روشن رنگ، بلورین گلوکونیت‌دار است. عضو ۴ سازند میلا ۹۶ متر سیلت سنگ، ماسه‌سنگ، سنگ آهک گلوکونیت‌دار درشت دانه و مارن دارد. عضو ۵ سازند میلا شامل ۱۲۹ متر شیل بدون فسیل، ماسه‌سنگ و سنگ آهک‌های نازک لایه است که یک واحد ماسه سنگ کوارتزی سفید در قاعده آن قرار دارد (آقناباتی، ۱۳۸۳). توالی‌های سازند میلا به سن کامبرین میانی-بالایی تا اردوئین زیرین

می‌باشد، در ناحیه مورد مطالعه دارای گسترش قابل توجهی در راستای تقریبی خاوری-باختری است (شکل ۲-۴).

قویدل سیوکی (۲۰۰۶)، ۴۳۳ متر بالایی رسوبات اردویسین در ناحیه دهملا را تحت عنوان سازند لشگرک و قلی نامگذاری کرده است (شکل ۲-۹). سازند لشگرک به ضخامت ۱۳۵ متر شامل شیل‌های ورقه‌ای به رنگ سبز-خاکستری است. مرز پایینی آن پیوسته و مرز بالایی آن با سازند قلی ناپیوسته است. سازند قلی به ضخامت ۲۹۹ متر بوده و شامل شیل و سیلتستون می‌باشد. مرز بالایی و پایینی آن با سازند لشگرک و جیروود ناپیوسته است.



شکل ۲-۴) تصویری از نمای دور سازندهای پالئوزوئیک (دید به سمت شمال)

ی) سازند جیروود

سازند جیروود در محل برش الگو (روستای جیروود در شمال خاوری تهران) چهار عضو و ۷۵۰ متر ضخامت دارد. عضو A در برش الگو دارای ۳۵۵ متر ضخامت، مربوط به سن دونین پسین، متشکل از ۱۴۰ متر ماسه سنگ و آهک ماسه‌ای در پایین، ۱۴۰ متر بازالت پلاژیوکلاز دار در میانه و ۵۵ متر ماسه سنگ،

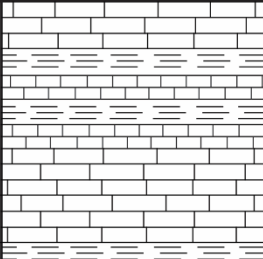



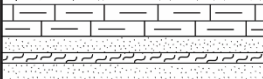
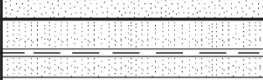
کنگومرا و سنگ آهک فسیل‌دار در بالا می‌باشد (آقناباتی، ۱۳۸۳).

سازند جیرود به سن دونین بالایی با ناپیوستگی بر روی قلی قرار گرفته و با سطح تماس گسلی در کنار سازند شمشک قرار گرفته است. این سازند در ناحیه مورد مطالعه ضخامت تقریبی ۴۵۰ متر داشته و از نظر سنگ‌شناسی در قسمت قاعده‌ای شامل تناوبی از ماسه سنگ‌های کوارتزی سفید رنگ و ضخیم لایه با ماسه سنگ‌های متوسط ضخیم لایه قرمز رنگ می‌باشد. به روی آن آهک‌های ضخیم لایه حاوی فسیل براکیپود قرار گرفته است. این سازند در قاعده متشکل از شیل و ماسه سنگ قرمز است که به سمت بالا تناوب آهک و شیلی نیز پیدا می‌کند (قویدل سیوکی، ۲۰۰۶) (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵) تصاویری از سازند جیرود (پالئوزوئیک بالایی، دید به سمت شمال)

ستون چینه‌شناسی سازندهای رخنمون یافته پالئوزوئیک در منطقه در شکل ۲-۶ آورده شده است.

Erathem	System	Series	Formation	Lithology	Description
P A L O Z O I C	DEVONIAN	Upper	JIRUD		Thin bedded limestone and shale with brachiopoda, thick bedded shale with intercalation of quartz sandstone.
				MILA	
	CAMBERIAN	MID.—UP.	MILA		
				LOWER	LALUN
		ZAGUN			Alternation of purple, thick bedded quartz sandstone, thin bedded argillaceous shale, dyke.
		BARUT			Alternation of cherty dolomite limestone, shale with intercalation dolomite, dyke.
		SOLTANIEH		Light brown to grey, massive cherty dolomite.	
	ORDO.	LOW.			

شکل ۲-۶) ستون چینه شناسی مربوط به سازندهای پالئوزوئیک (بدون مقیاس)

۲-۳-۲- واحد های سنگی مزوزوئیک

الف) سازند شمشک

آسرتو^۱ برش الگوی این سازند را در شمال تهران معرفی نمود. وی این سازند را به چهار بخش تقسیم کرده است که به ترتیب از پایین به بالا شامل ماسه سنگ پایینی، سری زغال دار پایینی، ماسه سنگ بالایی و سری زغال دار بالایی می باشد.

این سازند به سن تریاس بالایی- ژوراسیک میانی، در ناحیه مورد مطالعه بر اساس تنوع رخساره‌ای به چهار واحد تقسیم شده است. این تناوب که اساساً از ماسه سنگ‌های ارغوانی تیره و شیل‌های سبز و ارغوانی زغال دار تشکیل شده است به علت حجم زیاد تناوب‌های شیلی، این سازند به صورت برجستگی- های کم ارتفاع و پست در منطقه قابل مشاهده است (شکل ۲-۷). سن سازند شمشک را بر اساس مطالعه فسیل‌های گیاهی موجود در آن به زمان تریاس بالایی (نورین-رتین) نسبت داده‌اند و در برخی نقاط تا سن ژوراسیک میانی (باژوسین) گزارش شده است (اشتامفلی، ۱۹۷۸، به نقل از آقا نباتی ۱۳۸۳).



شکل ۲-۷) تصویری از سازند شمشک دید به سمت شمال شرق

^۱ Assreto

ب) سازند دلیچای

برش الگوی سازند دلیچای (اشتاگر، ۱۹۶۶ به نقل از آقنابتی، ۱۳۸۳) در پهلوی راست رودخانه دلیچای، در خاور شهرستان دماوند قرار گرفته است و حدود ۱۰۷ متر ستبراً دارد ولی این ضخامت ثابت نیست و حتی ممکن است در بعضی نقاط به صفر نیز برسد. این سازند از مارن، سنگ آهک‌های مارنی، کمی اسپاری و نازک لایه به همراه میان لایه‌هایی از شیل‌های مارنی است (آقنابتی، ۱۳۸۳). سازند دلیچای به سن ژوراسیک میانی بیشتر متشکل از مارن و سنگ‌آهک مارنی است. این سازند با چندین متر ماسه‌سنگ آهکی متوسط تا ستبر لایه سرخ آجری رنگ با ناپیوستگی فرسایشی به صورت موازی بر روی سازند شمشک قرار گرفته است و به صورت هم شیب و تدریجی به سنگ آهک‌های صخره ساز لار ختم می‌شود. ایجاد ناپیوستگی فوق به دلیل عملکرد رویداد کوهزایی سیمین میانی (آقنابتی، ۱۳۷۱) است که سبب ایستایی رسوبی و دوره فرسایشی روشنی در زمان ژوراسیک میانی شده است. توالی سازند دلیچای مرتبط به زمان ژوراسیک میانی، در ناحیه مورد مطالعه از ویژگی‌های خاصی برخوردار است و از آنجا که اساساً از تناوب‌های مارنی تشکیل شده است دارای رخنمون‌های کم ارتفاع و سختی کمی در برابر فرسایش می باشد. (شکل ۲-۸).



شکل ۲-۸) تصویری از سازندهای منطقه (دید رو به شمال شرق)

ج) سازند لار

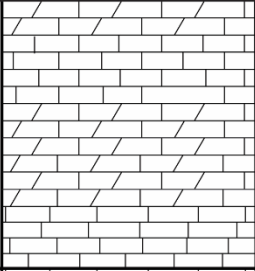
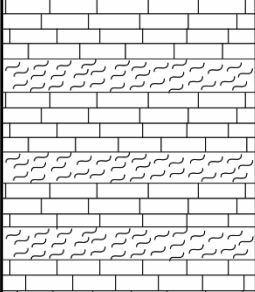
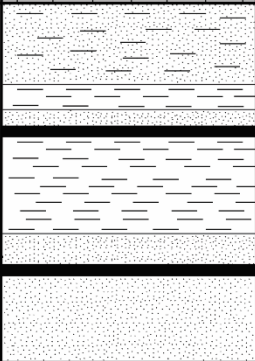
آسرتو (۱۹۶۶) با استفاده از نام دره لار، نام سازند لار را به سنگ آهک‌های کوه سازی به سن ژوراسیک پسین نسبت داده است که در نواحی وسیعی از البرز بر روی نهشته‌های فرسایش پذیر ژوراسیک میانی (دلیچای) و یا رسوب های زغال‌دار سازند شمشک قرار گرفته است (آقابیاتی، ۱۳۸۳).

توالی سازند لار به سن ژوراسیک میانی-بالایی در ناحیه مورد مطالعه شامل سنگ آهک‌های خاکستری روشن حاوی تعداد کمی آمونیت می باشد. این سنگ آهک‌ها ابتدا ضخیم لایه بوده که به صورت تدریجی به سنگ آهک‌های توده‌ای و صخره ساز تبدیل شده است. این سنگ‌ها در قسمت‌های بالایی خود حاوی ندول‌های چرتی فراوان می‌باشند. از این چرت‌ها به عنوان یکی از نشانه‌های بارز سازند لار یاد شده است و شروع تناوب‌های این سازند را با ظهور یک افق چرتی معرفی کرده‌اند، اما در نقشه یکصد هزارم شاهرود شروع این سازند را با سنگ آهک‌های ضخیم لایه نشان داده است که فاقد تناوب مارنی در لا به لای خود هستند (شکل ۲-۹).

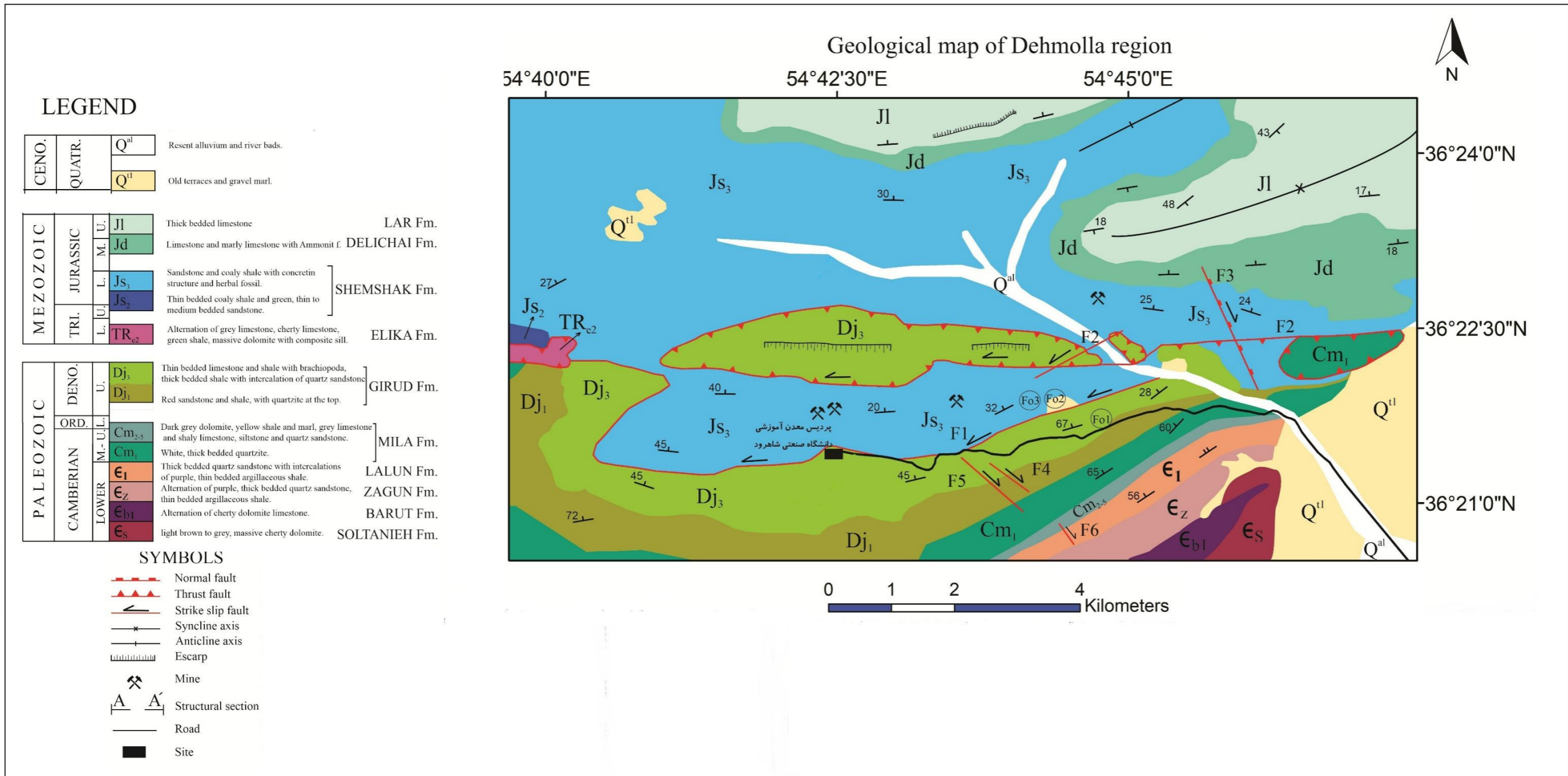


شکل ۲-۹) تصویری از سازندهای مزوزوئیک در منطقه مورد مطالعه (دید رو به شمال شرق)

ستون چینه شناسی سازند های رخمون یافته مزوزوئیک در منطقه در شکل ۱۰-۲ آورده شده است.

Erathem	System	Series	Formation	Lithology	Description
M E Z O Z O I C	J u r a s s i c	Upper	L A R		Massive and thick-bedded limestone and Dolomitic limestone
		Middle	DELICHAI		Thin bedded limestone and marly limestone
		Lower	SHEMESHAK		Sandstone, Shale, coal, Siltstone, Shale coal bearing,
	Tri.	Upper			

شکل ۱۰-۲) ستون چینه شناسی سازندهای مزوزوئیک (بدون مقیاس)



شکل ۲-۱۱) نقشه زمین‌شناسی تهیه شده از منطقه ده‌ملا. اقتباس از نقشه زمین‌شناسی شاهرود مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰

فصل سوم
زمین‌شناسی ساختاری

در محدوده مورد مطالعه گسل‌های طولی و عرضی و چین‌خوردگی واحدهای سنگی پالئوزویک و مزوزویک از مهمترین عناصر ساختاری موجود می‌باشند. منطقه مطالعاتی بخشی از البرز خاوری است که روندهای ساختاری چیره آن به صورت شمال خاوری - جنوب باختری می‌باشد. به همین علت گسل‌های هم راستا با این روند را طولی و گسل‌هایی که روند تقریبی شمالی - جنوبی دارند و نسبت به گسل‌های طولی کوچک‌تر هستند را عرضی می‌گویند. این گسل‌ها از ویژگی‌های ساختاری عمومی این منطقه هستند که واحدهای سنگی را به صورت عرضی قطع کرده‌اند. در این پژوهش سعی بر این است که به مطالعه دگرریختی‌های رخ داده؛ شامل هندسه و سازوکار حرکت سامانه گسلی، الگو چین خوردگی در سازندهای پالئوزویک بالایی و مزوزویک پرداخته شود.

گسل‌ها در مطالعات زمین‌شناسی کاربرد ویژه‌ای دارند. به کارگیری تجزیه و تحلیل داده‌های این عناصر به محققین زمین‌شناسی کمک مؤثری در استنباط فرآیندهای حرکتی می‌کند. از آنجا که محدوده مورد مطالعه در بین دو زون البرز و ایران مرکزی واقع می‌باشد و شدت شکستگی‌ها در این قسمت زیاد و گسل‌های بسیاری با روندهای متفاوت واحدهای سنگ‌شناسی را قطع نموده‌اند، لذا لازمه تحلیل دگرریختی شدید حاصل از آن‌ها، اندازه‌گیری سطوح گسلی به همراه بررسی آثار ریخت‌شناسی بر روی آن‌ها می‌باشد. در ابتدا قبل از معرفی گسل‌های منطقه، به اصول تئوری که در خصوص چگونگی تشخیص سازوکار گسل‌های منطقه از آن‌ها استفاده می‌شود، پرداخته شده است. هنگامی که ابزارهای تشخیص سازوکار گسل‌ها مانند چینه‌نگاری، عناصر ساختاری مانند چین‌های کشیده سطح گسل (Fault derage fold) و... وجود ندارند، شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل به تشخیص نحوه حرکت و سازوکار آن‌ها کمک می‌کند.

در واحدهای سنگی جوان به منظور بررسی تنش دیرین در بازه نو زمین‌ساختی با استفاده از تحلیل لغزش گسل‌ها (Fault Slip Analysis) این شاخص‌ها کاربرد ویژه‌ای خواهند داشت. در این پژوهش، قبل از به کارگیری شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل، مطالعه اجمالی بر روی تاریخچه معرفی این معیارها صورت پذیرفت. در ادامه به معرفی مهمترین و معتبرترین این شاخص‌ها، پرداخته شده است.

۱-۳) شاخص‌های سطح گسل

یک روش بسیار مؤثر در تعیین جهت حرکت و سازوکار گسل، مشاهده مستقیم سطوح لغزش می‌باشد. معیارهای ریخت‌شناسی سطح گسل بویژه در مکان‌هایی که واحدهای سنگی طرفین سطح گسل، از یک جنس و سن باشند و روش چینه‌نگاری و سایر ابزارهای تعیین سازوکار مانند خمش‌های مجاور سطح گسل (Fault derage fold) در دسترس نباشند، ابزار مناسبی در تعیین نحوه حرکت (Movemen sense) در سطح گسل به شمار می‌روند. این معیارها اساساً تحت تأثیر عوامل عمده‌ای از جمله نوع سنگ و رفتار مکانیکی آن قرار دارند و به انواع متنوعی از ساختارهای ثانوی همراه با گسل از قبیل پله‌های گسل، رشد فیبرهای کنیایی، شکستگی‌های ریدل و ... اطلاق می‌شود. از پیشینه مطالعاتی این عناصر می‌توان به مطالعات ریدل^۱ (۱۹۲۹) به عنوان پیشگام در زمینه شکستگی‌های مرتبط با زون‌های برشی (Shear zone) اشاره نمود. وی این شکستگی‌ها را در دسته‌های R, R', T, P تقسیم‌بندی نموده و ملاک تفکیک آن‌ها را میزان زاویه و جهت حرکت این شکستگی‌ها نسبت به گسل می‌دانند. (کوئلو^۲ و همکاران، ۲۰۰۶). پتیت^۳ (۱۹۸۷) بعضی از این عناصر حرکتی را با برداشت‌های صحرائی در کوه‌های مرتفع آلپ اطلس موروکو (Alpine High Atlas Mountains of Morocco) مورد مطالعه قرار دادند و معتبرترین معیارهای نحوه تشخیص حرکت را دسته شکستگی‌های مرتبط با گسل معرفی می‌کنند. دبلاس^۴ (۱۹۹۸) طبقه‌بندی جدیدی را از این شاخص‌ها را بر اساس ۶۱ معیار ارائه کرده است.

این معیارهای لغزشی در ۱۱ گروه از قبیل نشانه‌های هلالی شکل (V or Crescentic marking)، شکستگی‌ها (Fractures)، پله‌ها (Steps)، ردیفی از ساختارهای مسطح متمایل (Planner structures) (Trains of Inclined)، آثار اجسام برجا مانده (Trailed material)، برجستگی نامتقارن (Asymmetric

^۱ Riedle

^۲ Coelho

^۳ Petit

^۴ Doblas

(elevation)، عناصر تغییرشکل یافته (Deformed elements)، جهت کریستالوگرافی و کانی‌شناسی (Crystallographic/Mineralogical orientation)، مناظر نامتقارن در سطح گسل (Asymmetric plan-view fracture)، حفره‌های نامتقارن (Asymmetric cavities) و چین‌های نامتقارن (Asymmetric folds) قرار دارد.

در گذشته شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل و شناسایی نحوه حرکت با استفاده از آن‌ها کمتر مورد توجه بوده است و از آنجا که در مطالعات نوین زمین‌شناسی ساختمانی، شناسایی این شاخص‌ها و روش به کارگیری آن‌ها ضرورت دارد، سعی شده است که به طور اجمالی به برخی از این شاخص‌های شکل گرفته در سطوح گسلی مشاهده شده بر روی واحدهای آهکی پالئوزوییک و ماسه‌سنگ‌های شمشک در منطقه مطالعاتی از قبیل، پله‌های گسلی، نشانه‌های ابزارری و ... اشاره شود.

۳-۱-۱) پله‌های گسلی (Fault steps)

پله‌های گسلی در واقع برجستگی‌های خطی و تیز در سطوح گسلی می‌باشند که شکلی پله مانند در سطح گسل ایجاد می‌کنند. (شکل ۳-۱) نمونه ای از ریخت شناسی پله‌های گسلی را در رخنمونی از سطح گسل به نمایش گذاشته است. با لمس صاف این برجستگی‌های پله مانند بر روی سطح گسل جهت حرکت بلوک گم شده را می‌توان پیدا کرد که در این صورت آن را معیار صافی مثبت (انجلییر^۱، ۱۹۹۴) یا پله‌های سازگار (نوریس و بار^۲، ۱۹۶۹) می‌نامند.

اما گاهی ممکن است که پله‌های گسلی در خلاف جهت حرکت بلوک گم شده قرار گرفته باشند و ناظر در صورت لمس این پله‌های گسلی بر روی سطح گسل احساس زبری می‌کند که به اصطلاح به آن معیار صافی منفی (انجلییر، 1994) یا پله‌های ناسازگار (نوریس و بارون، 1969) می‌شود.

^۱ Angelier

^۲ Norris and Barron



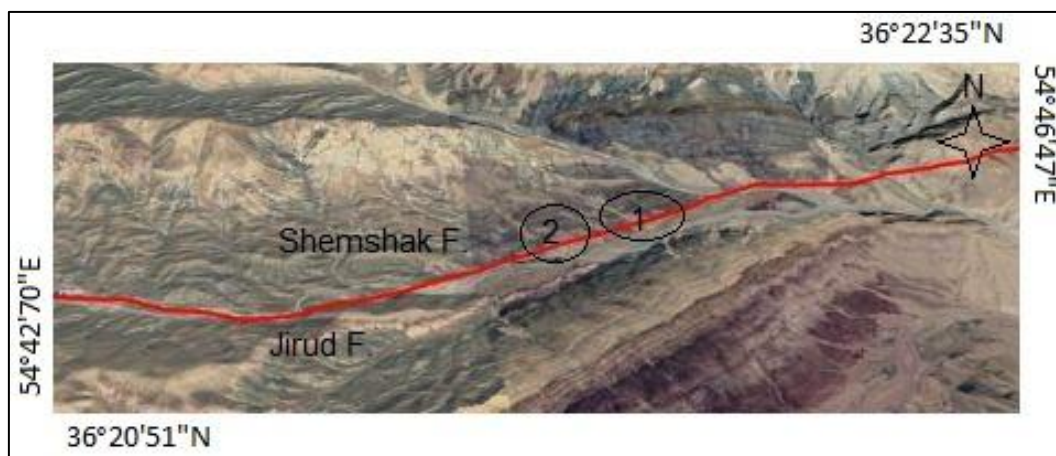
شکل ۳-۱) تصویری از پله‌های گسلی بر روی سطح گسل

۲-۳) گسل‌ها

گسل‌های منطقه مطالعاتی شامل دو دسته گسل‌های طولی و عرضی هستند که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود:

۱-۲-۳) گسل F₁

این گسل با درازای ۸ کیلومتر و روند شمال خاوری - جنوب باختری مرز بین سازند شمشک و آهک‌های جیرود را می‌سازد. خطواره این گسل همچنین در تصاویر ماهواره‌ای قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۲) موقعیت ایستگاه‌های برداشت شده از گسل F₁ در تصویر ماهواره‌ای لندست (برگرفته از Google earth)

قرارگیری سازند شمشک در کنار سازند جیروود به علت تفاوت سنی زیاد بین دو سازند و نبود سازند الیکا نشان‌دهنده یک ناپیوستگی گسلی بین این دو مرز می‌باشد. از طرف دیگر شواهد صحرایی از جمله برش‌های گسلی، افزای‌های گسلی و نشانه‌های ریخت‌شناسی سطح گسل بر روی سطح مرزی بین دو سازند به ویژه آهک‌های جیروود همگی حاکی از گسلی بودن این مرز می‌باشد. ریخت‌شناسی سطح گسل به جز در چند رخنمون تحت تاثیر فرسایش و انحلال شدید قرار گرفته است. تصویر صحرایی از مرز گسلی دو سازند را در (شکل ۳-۳) مشاهده می‌کنید.



شکل ۳-۳) قرارگیری سازند شمشک در کنار سازند جیروود در امتداد گسل F_1 (دید عکس به شمال شرق)

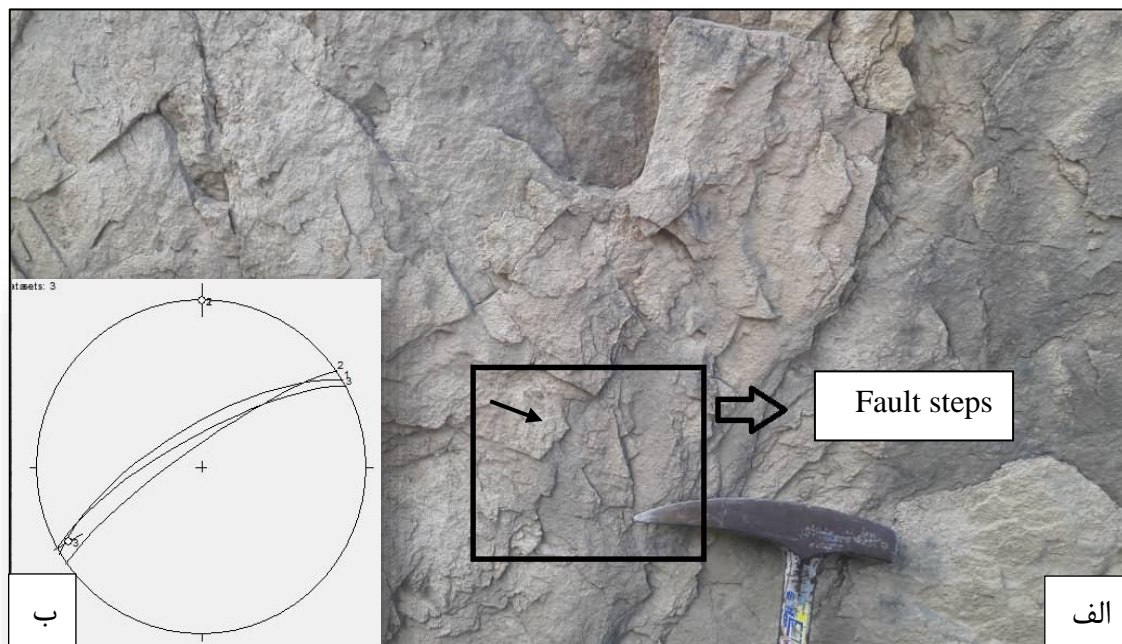
۳-۲-۱-۱) هندسه و سازوکار گسل F_1

بررسی ویژگی‌های گسل F_1 در دو ایستگاه به طور مجزا بر روی آهک‌های جیروود و شمشک صورت گرفته است (شکل ۳-۲) و در هر ایستگاه سعی شده است به کمک نشانه‌های ریخت‌شناسی سطح گسل هندسه و سازوکار آن تعیین شود.

ایستگاه ۱

در این ایستگاه تشخیص سازوکار گسل بر مبنای پله‌های گسلی استوار است. بر روی سطح گسلی سازند شمشک با موقعیت $N62E, 75NW$ دسته خراش‌ها تقریباً افقی دیده می‌شود (شکل ۳-۴). با توجه به

ریخت‌شناسی سطح گسل و پله‌های گسلی می‌توان سازوکار امتداد لغز چپ‌بر این ایستگاه تشخیص داد.

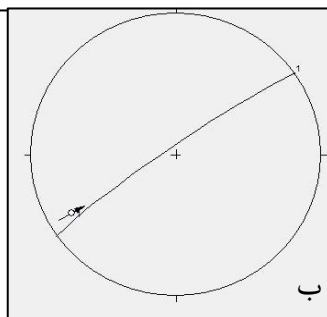
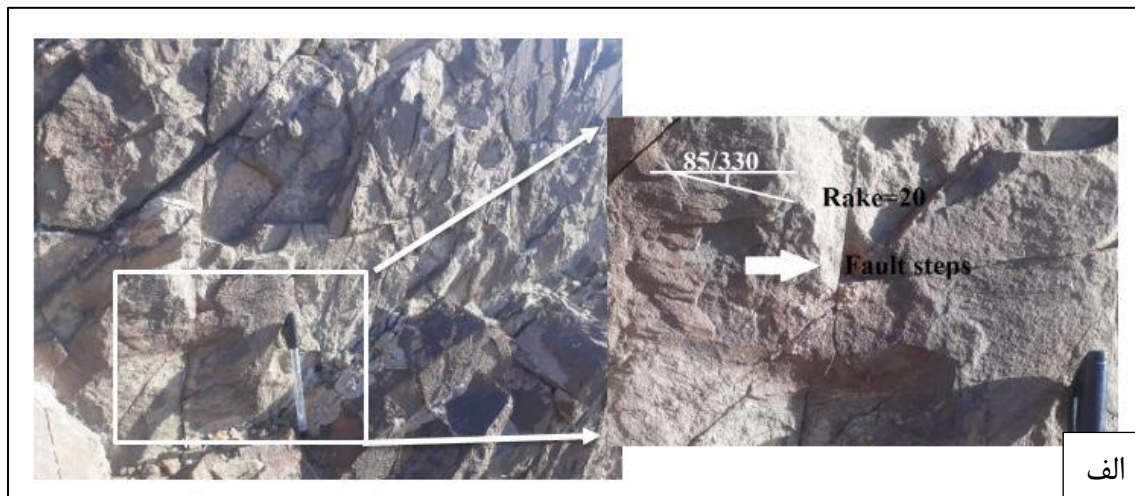


شکل ۳-۴) الف) سطحی با موقعیت $N62E, 75NW$ بر روی سازند شمشک در ایستگاه ۱، وجود خش لغزهایی با ریک صفر نزدیک به افق و پله‌های گسلی ب: نمایش استریوگرام سطح گسل ج) برش نمادین از سطح گسل F_1

ایستگاه ۲

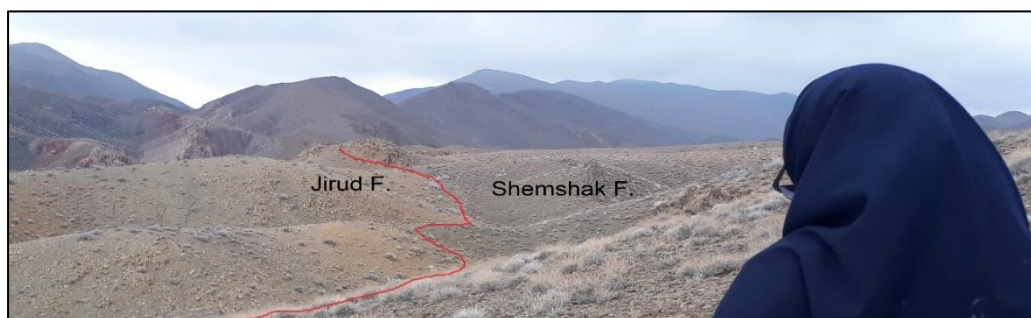
در ادامه حرکت در امتداد گسل به علت فرسایش و خردشدگی سازندها فقط یک رخنمون از سطح گسلی بر روی ماسه سنگ‌های سازند شمشک با موقعیت $N65E, 85NW$ و خراش‌هایی با ریک ۲۰ درجه تشخیص داده شد (شکل ۳-۵). با توجه به پله‌های گسلی و خش لغزهای روی سطح گسل سازوکار گسل در این ایستگاه امتداد لغز چپ‌بر می‌باشد. در ادامه به علت فرسایش و نبود رخنمون سطح

گسلی ما فقط توانستیم در چند ایستگاه مرز بین سازند جیروود و سازند شمشک را دنبال کنیم.



شکل ۳-۵ (الف) نمایی از برش گسلی در امتداد گسل F_1 بر روی سازند شمشک و خش لغزها و پله‌های گسلی. ب: نمایش استریوگرام سطح گسل و خش لغز آن

این گسل با حرکت امتداد لغز چپ‌بر مرز بین واحدهای سنگی سازند شمشک (ژوراسیک) و سازند جیروود (دونین) را تشکیل داده است. عملکرد امتداد لغز این گسل سبب جابه‌جایی بلوک جیروود و قرارگیری آن در کنار بلوک شمشک در منطقه شده است (شکل ۳-۶). همچنین سبب خرد شدگی شدید سنگ‌های آهکی سازند جیروود و ماسه‌سنگ‌های سازند شمشک شده است (شکل ۳-۷).

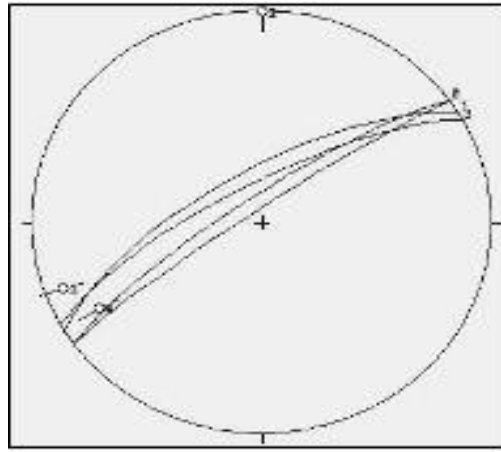


شکل ۳-۶ (۶-۳) قرارگیری دو سازند شمشک و جیروود در کنار هم در امتداد گسل (دید به سمت جنوب غرب)



شکل ۳-۷) الف: دیواره گسلی در سازند شمشک (دید به شرق) ب: سطحی از سازند جیرود (دید به غرب) کاملاً خرد شده

موقعیت سطوح گسل و خش لغزها در استریوگرام و همچنین داده های به دست آمده در تصاویر زیر نشان داده شده است (شکل ۳-۸).

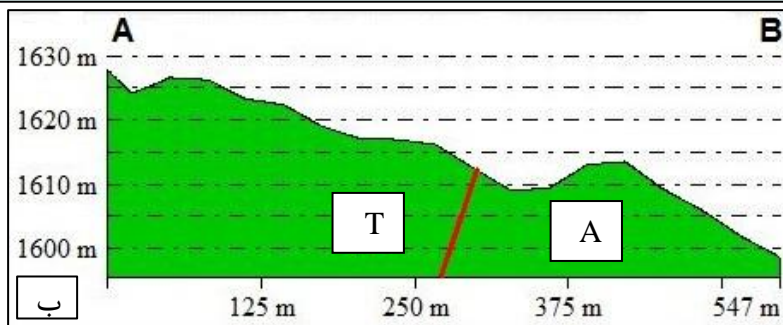
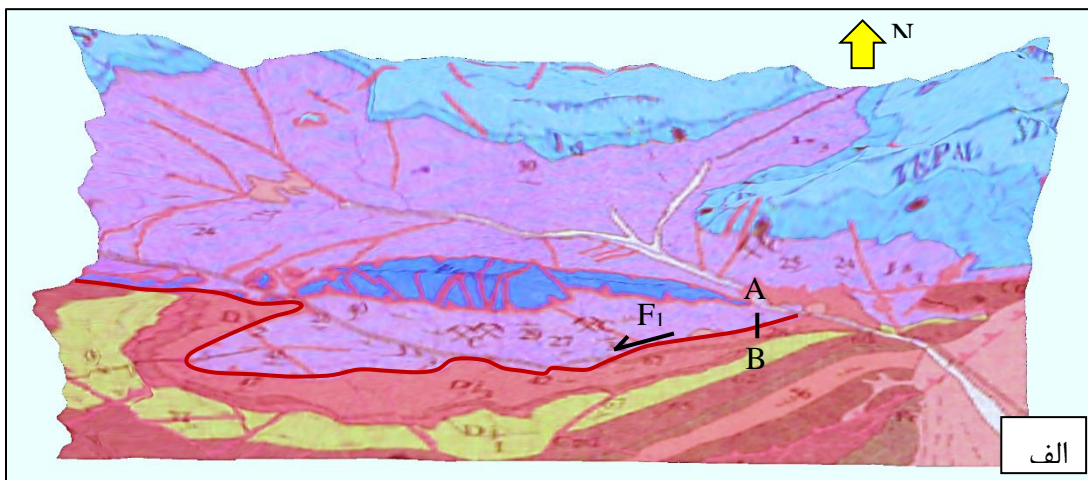


شکل ۳-۸) تصویر استریوگرام از سطوح گسل F_1

جدول ۳-۱) داده های برداشت شده از گسل F_1

* جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ بر

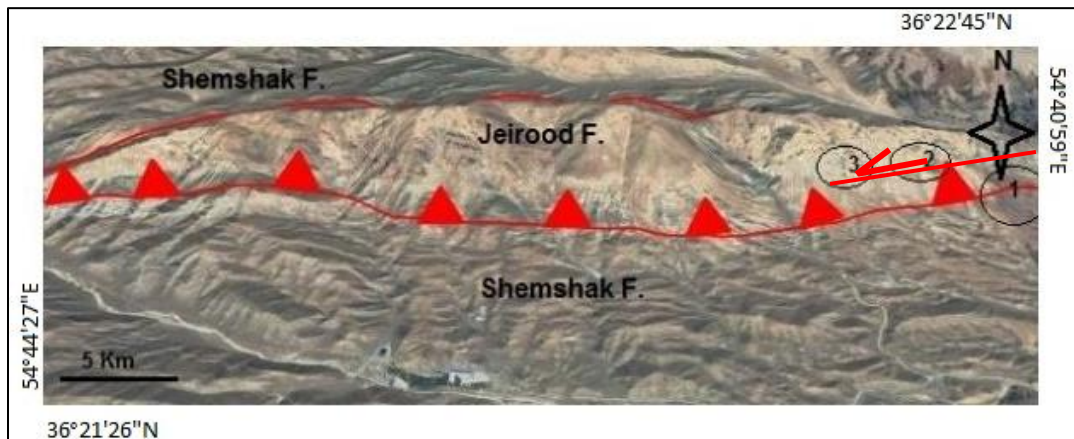
No.	Dip	Dip.Dir.	Sense*	No.	Dip	Dip.Dir.	Sense*
۱	۸۰	۳۲۱	۴	۴	۷۸	۳۳۰	۴
۲	۸۵	۳۳۱	۴	۵	۸۵	۳۲۵	۴
۳	۸۰	۳۲۴	۴	۶	۷۰	۳۲۹	۴



شکل ۳-۹) الف: تصویر سه بعدی از ترکیب نقشه زمین شناسی و داده های SRTM از گسل F_1 ب: نیمرخ توپوگرافی از مرز گسلی در راستای AB که در تصویر الف مشخص شده است

۳-۲-۲) گسل F₂

جایگاه این گسل در واحدهای آهکی سازند جیروود که بر روی واحدهای شیلی سازند شمشک قرار گرفته‌اند، می‌باشد و به طور تقریبی هم راستا با گسل F₁ است. این گسل با روند تقریبی خاوری-باختری با شیب تقریبی به سمت شمال سبب قطع شدن و جابه‌جایی چپ‌بر واحدهای رانده شده آهکی جیروود بر روی شیلهای سازند شمشک شده است (شکل ۳-۱۰). در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهرود آهک‌های رانده شده به‌روی سازند شمشک الیکا نامگذاری شده است اما طبق مشاهداتی که در صحرا داشتیم و نمونه‌های سنگی و نظر استاد چینه‌شناسی این سازند جیروود تشخیص داده‌شد.



شکل ۳-۱۰) موقعیت ایستگاه‌های برداشت شده (۱،۲،۳) از سطح گسل F₂ بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست (برگرفته از Google earth)

۳-۲-۲-۱) هندسه و سازوکار گسل F₂

مشاهدات صحرائی در پیمایش طولی از این گسل در ایستگاه‌های متفاوت نشان می‌دهد که این گسل دارای روند شمال خاوری-جنوب باختری و حرکت امتداد لغز چپ بر است (شکل ۳-۱۲). ایستگاه‌های برداشت شده از گسل F₂ در تصویر ماهواره‌ای برگرفته از Google earth (شکل ۳-۱۰) نشان داده شده است و داده‌های ساختاری آن از ۳ ایستگاه مطالعه و برداشت شده است. با توجه به نقشه زمین‌شناسی منطقه و مشاهدات صحرائی صورت گرفته در منطقه شاهد بازمانده‌هایی از سازند جیروود بر روی سازند

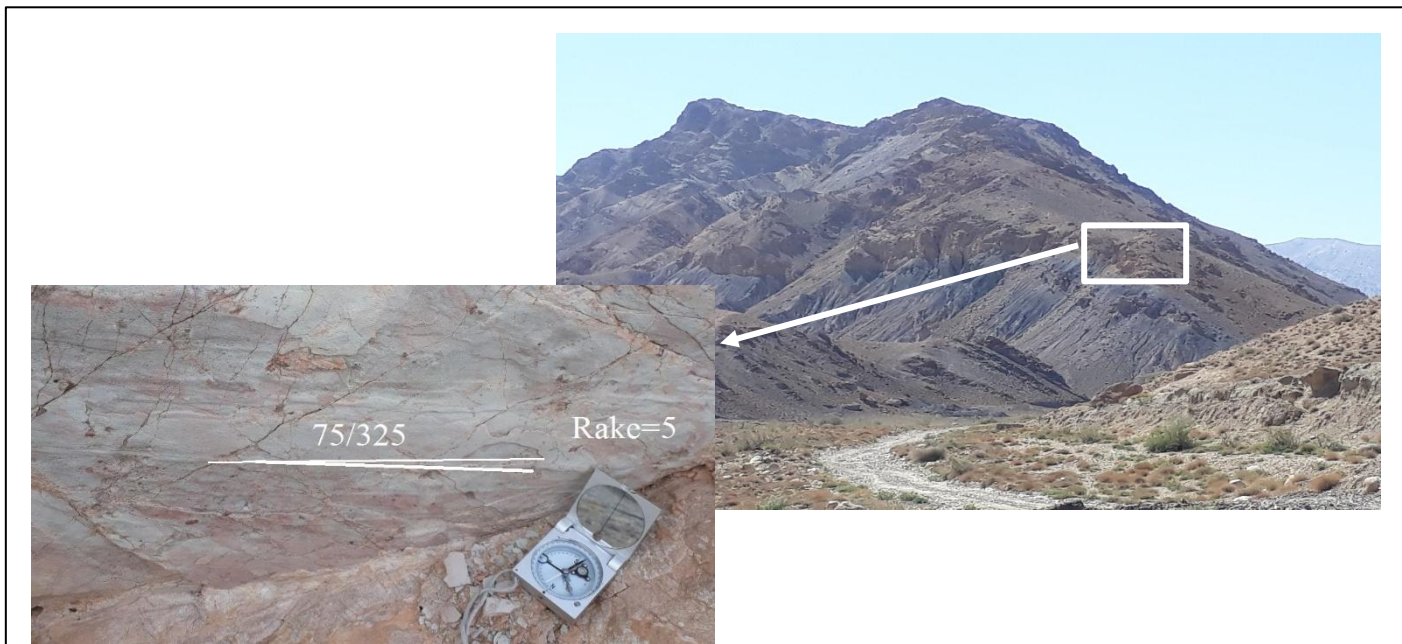
شمشک هستیم، که نشان دهنده یک گسلش معکوس می‌باشد (شکل ۳-۱۱). این بازمانده‌ها توسط گسل F₂ قطع شده‌اند. میانگین وضعیت هندسی گسل F₂ براساس برداشت از ایستگاه‌های سه گانه، N70E,80NW به دست آمده است. با توجه به مشاهدات و شواهد بدست آمده می‌توان گفت که گسل-های F₁ و F₂ متعلق به یک زون گسلی می‌باشند.



شکل ۳-۱۱) رانده شدن سازند جیروود بر روی شیل‌های سازند شمشک (دید به سمت شمال)

ایستگاه ۱

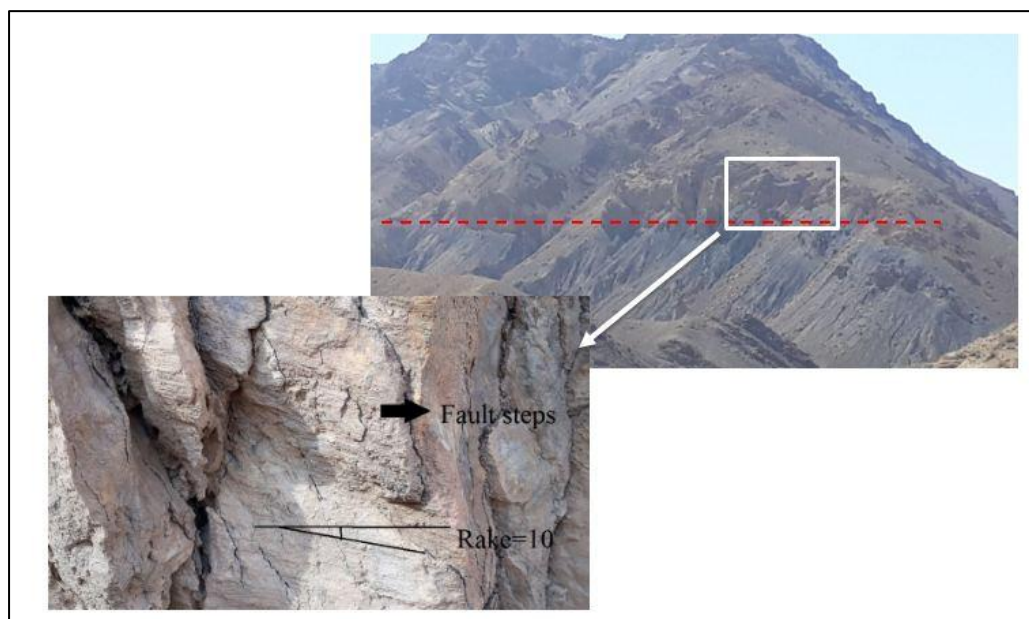
همانطور که در شکل (۳-۱۲) مشاهده می‌شود، گسل با روند تقریبی خاوری-باختری و شیب به سمت شمال-شمال باختر می‌باشد. رخنمونی از سطح گسل بر روی سازند جیروود با موقعیت N55E,75NW مشاهده گردید که بر روی آن خش‌لغزهایی افقی وجود داشت و با توجه به مشخصات روی سطح گسل و همچنین وجود خش‌لغزها در این رخنمون سازوکار امتدادلغز برای گسل تشخیص داده شد (شکل ۳-۱۲).



شکل ۳-۱۲) تصویر دیواره گسلی با موقعیت $N55E, 75NW$ بر روی سازند جیروود (دید به شمال)

ایستگاه ۲

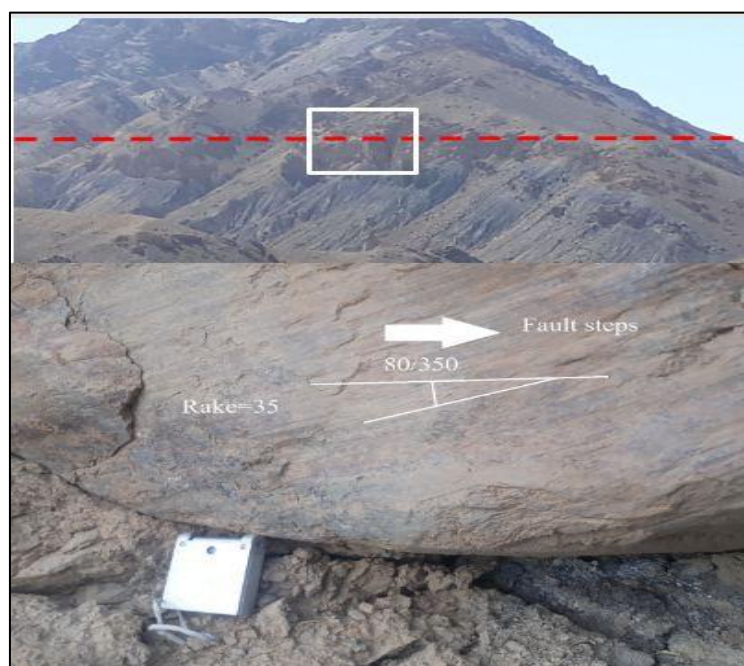
رخنمون سطح گسل با موقعیت $N61E, 80NW$ حاوی پله‌های گسلی همراه با خش‌لغزهای افقی می‌باشد (شکل ۳-۱۳) که نشان دهنده سازوکار امتداد لغز چپ‌بر (با توجه به جهت پله‌های گسلی) است. در دیگر نقاط این ایستگاه به علت شسته شدن سطح آهکی سازند جیروود اطلاعاتی از سطح گسل در دسترس نیست.



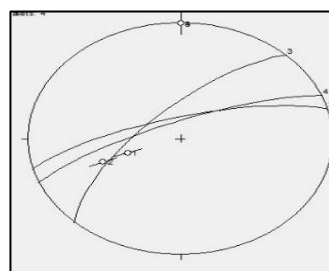
شکل ۳-۱۳) رخنمونی از سطح با موقعیت $N61E, 80NW$ که حاوی خش‌لغز افقی و سازوکار امتداد لغز می‌باشد. (دید به سمت شمال)

ایستگاه ۳

در این ایستگاه بر روی سازند جیروود رخنمونی با موقعیت N70E,80NW مشاهده شده است. بر روی این سطح خش لغزهایی با ریک ۳۵ درجه و پله‌های گسلی همراه با خش لغزها مشاهده گردید (شکل ۳-۱۴). با توجه به شواهد موجود و اطلاعاتی که بر روی سطح گسل سازوکار گسل، امتداد لغز چپ بر با مؤلفه کوچک معکوس می‌باشد. برداشته‌های داده‌های ساختاری از گسل F₂ در جدول ۳-۲ درج شده است. تصویر استریوگرام این داده‌ها در شکل ۳-۱۵ آمده است. این استریوگرام روند شمال خاوری- جنوب باختری برای گسل F₂ نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۴) نمایی نزدیک از سطح گسل همراه با خش لغز با ریک تقریبی ۳۵ درجه (دید به شمال)

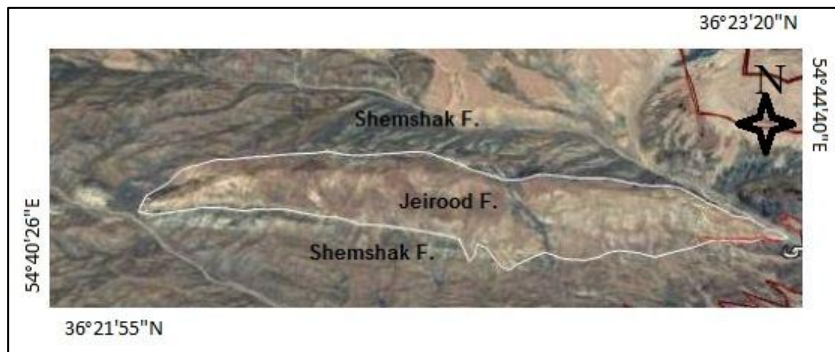


شکل ۳-۱۵) تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسل F₂

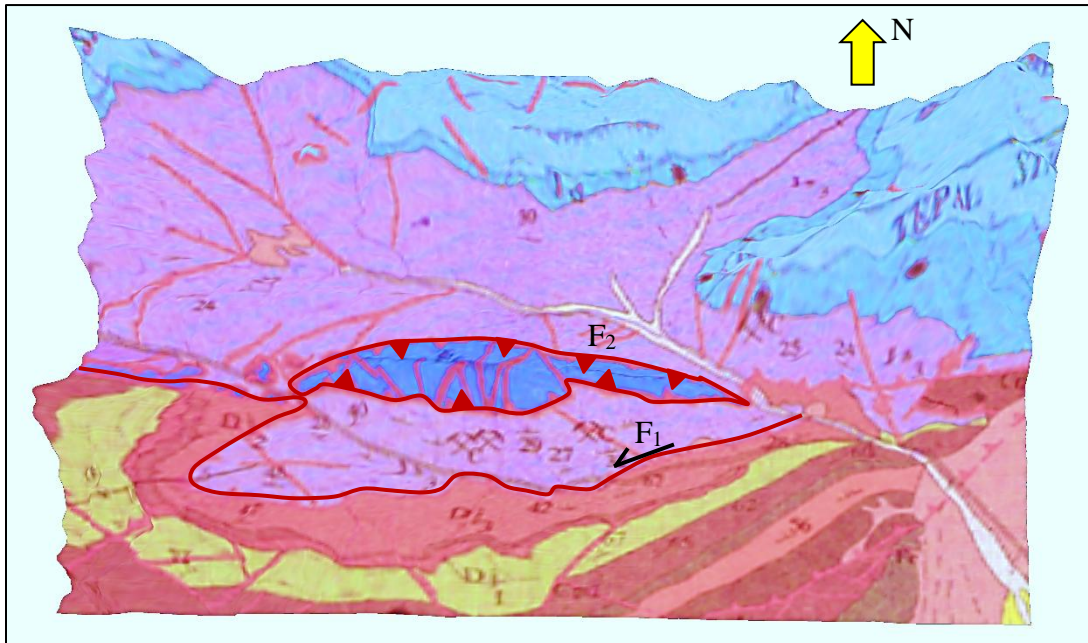
جدول ۳-۲ داده های برداشت شده از گسل F₂

* جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ بر

No.	Dip	Dip.Dir.	Sense*
۱	۷۵	۳۴۵	۴
۲	۸۵	۳۴۵	۴
۳	۸۰	۳۳۸	۱
۴	۷۰	۳۱۴	۱



شکل ۳-۱۶) نمایی از کلیپ سازند جیروود بر روی سازند شمشک بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست



شکل ۳-۱۷) الف: تصویر سه بعدی از ترکیب نقشه زمین‌شناسی و داده‌های SRTM از گسل F₂.

۳-۲-۳) گسل‌های عرضی

گسل‌های عرضی در این پژوهش به آن دسته سطوحی گفته می‌شود که ساختارها و واحدهای سنگی منطقه را به صورت عرضی قطع کرده‌اند. جنبش‌های صورت گرفته بر روی این گسل‌ها در مورفولوژی و بهم ریختگی سازندهای موجود در منطقه بسیار اثر گذاشته است 'A'. گسل‌های عرضی در منطقه مورد مطالعه به سبب کمبود برونزدگی‌های سنگی چندان قابل توجه نیستند. و بیشتر در واحدها سنگی پالئوزوییک میانی و پایینی رخنمون دارند و با حرکت امتدادلغز راستبر خود موجب جابه‌جایی واحدها سنگی شده‌اند.

۳-۲-۳-۱) گسل F₃

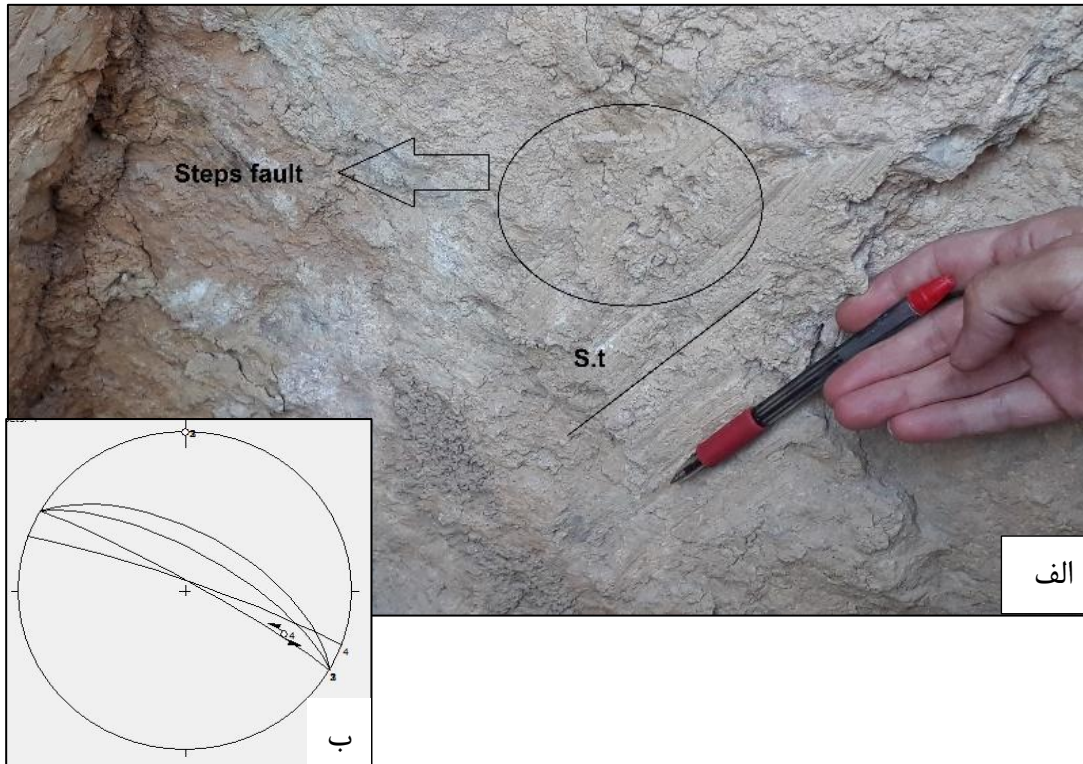
بهترین مسیر دسترسی به این گسل جاده آسفالتی معدن آموزشی می‌باشد که رخنمونی از سطح گسل به موقعیت N60W,70NE در کنار جاده قرار دارد. در شکل (۳-۱۸) اثر این خطواره گسلی دیده می‌شود.



شکل ۳-۱۸) تصویر ماهواره‌ای لندست گسل F₃ (برگرفته از Google earth)

روند این گسل با توجه به تصویر ماهواره‌ای و همچنین اندازه‌گیری روی زمین به صورت شمال باختری- جنوب خاوری می‌باشد. با توجه به امتداد خش‌لغزها و همچنین پله‌های گسلی سازوکار این گسل نرمال

راست‌بر می‌باشد. نمای از سطح گسل و استریوگرام وضعیت هندسی آن در شکل (۳-۱۹) نشان داده شده است. این گسل به صورت دره ای در سازند شمشک رخنمون دارد.



شکل (۳-۱۹) الف) نمایی نزدیک از سطح گسل همراه با خش‌لغز با ریک تقریبی ۴۰ درجه. ب) تصویر سیکلوگرافیک از سطوح گسل F₃

جدول ۳-۳ داده‌های برداشت‌شده از گسل F₃

* جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست‌بر ۴- چپ‌بر

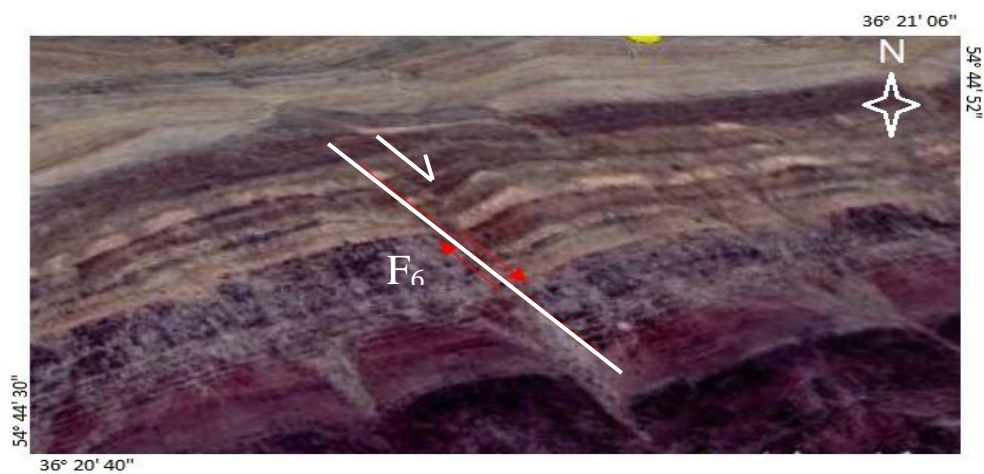
No.	Dip	Dip.Dir.	Sense*
۱	۸۹	۲۰	۳
۲	۸۹	۲۵	۳
۳	۸۰	۲۵	۲
۴	۶۰	۲۰	۲
۵	۷۰	۳۰	۳

۲-۳-۲- گسل‌های F4 و F5 و F6

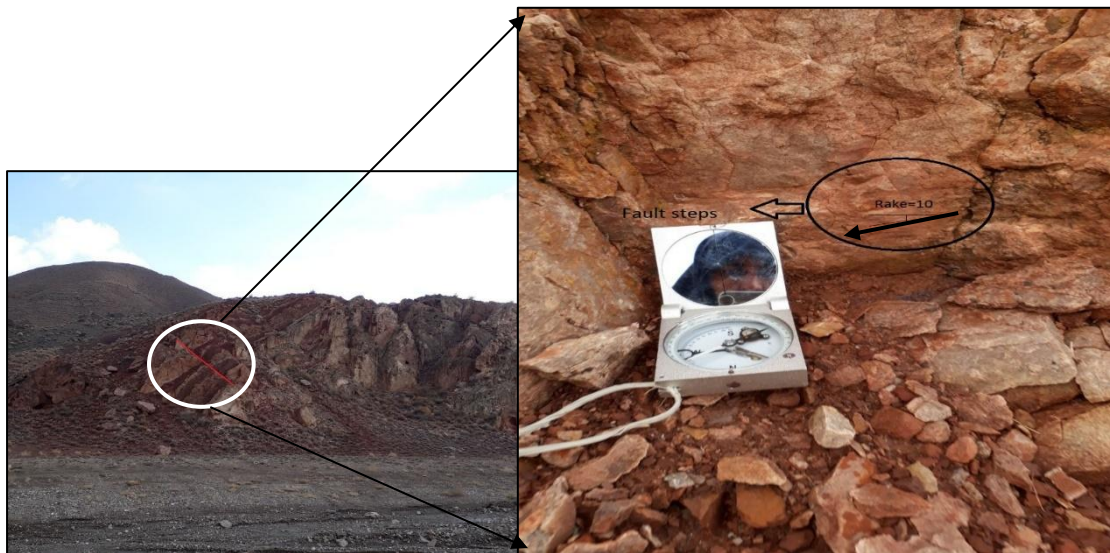
گسل‌های F4 و F5 در کنار جاده آسفالتی معدن آموزشی در واحدهای ماسه سنگ قرمز سازند جیروود رخنمون دارند. این گسل‌ها در چند نقطه سبب جابه‌جایی راست‌بر واحدهای جیروود شده است (شکل ۲۰-۳). موقعیت گسل F6 بر روی تصویر لندست در شکل (۲۱-۳) نشان داده شده است. روند این گسل به توجه داده‌ها و مشاهدات صورت گرفته به صورت شمال باختری-جنوب خاوری می‌باشد. در شکل (۲۲-۳) سطح گسل با موقعیت N60W,70SW همراه با خراش‌ها و پله گسلی آورده شده است. تصویر سیکلوگرافیک موقعیت گسل در شکل (۲۳-۳) نشان داده شده است.



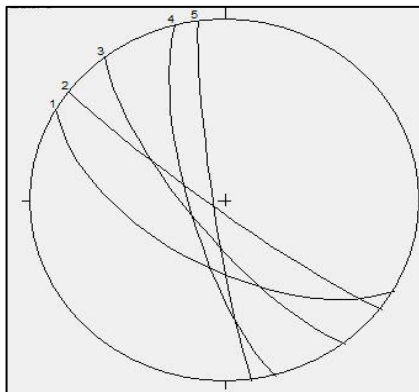
شکل ۲۰-۳) تصویر ماهواره‌ای لندست و موقعیت گسل‌های F4 و F5 (برگرفته از Google earth)



شکل ۲۱-۳) تصویر ماهواره‌ای لندست گسل F6 (برگرفته از Google earth)



شکل ۳-۲۲) رخنمونی از سطح گسل F₄ خش لغز افقی و سازوکار امتداد لغز می باشد (دید به سمت جنوب)



شکل ۳-۲۳) تصاویر سیکلو گرافیک از سطوح گسل های F₄, F₅, F₆ (کمان ۱ و ۲ F₄ ، کمان ۳ F₅ ، کمان های ۴ و ۵ F₆)

در جدول ۳-۴ داده های برداشت شده از سطح گسل F₄ ذکر شده است.

جدول ۳-۴- داده های برداشت شده از گسل های F₄ و F₅ و F₆

* جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ بر

No.	Dip	Dip.Dir.	Sense*
۱	۶۰	۲۱۰	۳
۲	۸۵	۲۱۷	۳
۳	۷۵	۲۳۲	۳
۴	۷۵	۲۵۵	۳
۵	۸۵	۲۶۲	۳

۳-۳- چین خوردگی‌ها

چین‌ها ساختارهای زمین‌شناسی هستند که تنوع فوق‌العاده شکل‌ها و ساختارها، شرایط دگرریختی را به علاوه ویژگی‌های مکانیکی لایه‌های چین‌خورده را به نمایش می‌گذارند. چین‌ها داری ارزش کاربردی بسیاری هستند به صورتی که با استفاده از هندسه و جهت‌گیری چین‌ها می‌توان در تفسیر جهت‌گیری حرکات تکتونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. چین‌ها در سنگ‌هایی با ویژگی‌های صفحه‌ای شامل لایه‌بندی‌های رسوبی و لیتولوژیکی در طی حوادث دگرریختی و تحت تأثیر فرآیندهایی از قبیل خمش به وجود می‌آیند (Ramsay, 1987). در منطقه آثار چین‌خوردگی به صورت لایه‌های شیب‌دار (خارج شده از حالت افقی)، در واحدهای سنگی با سن‌های مختلف مشاهده می‌شود.

۳-۳-۱- چین خوردگی در سازند جیروود

سازند جیروود به سن دونین بالایی با سطح گسلی توسط سازند شمشک به سن ژوراسیک پوشانده شده است. در منطقه مورد مطالعه لایه‌های شیب‌دار این سازند در یک رخنمون اندازه‌گیری شده است که موقعیت آن بر روی نقشه زمین‌شناسی (شکل ۲-۱۱) با عنوان Fo₁ آورده شده است. رخنمون Fo₁ در موقعیت جغرافیایی "36° 21' 43" عرض شمالی و "54° 44' 52" طول شرقی در سمت راست جاده معدن آموزشی ده‌ملا اندازه‌گیری شده است (شکل ۳-۲۴الف) داده‌های اندازه‌گیری شده از این رخنمون در جدول ۳-۵ آورده شده است. استریوگرام، موقعیت چیره ساختار را به صورت N 30° E, 75° NW نشان می‌دهد (شکل ۳-۲۴ب).

جدول ۳-۵- داده‌های برداشت شده از سطوح چین خورده سازند جیروود

No.	Dip	Dip.Dir.
۱	۷۰	۳۲۹
۲	۸۰	۳۰۸
۳	۷۵	۳۲۱
۴	۸۵	۳۰۵
۵	۸۰	۳۲۵
۶	۸۰	۳۲۱
۷	۶۵	۳۰۰



شکل ۳-۲۴) تصاویر سیکلو گرافیک و کنتور دیاگرام از سطوح لایه بندی سازند جیروود

۳-۳-۲- چین خوردگی در سازند شمشک

لایه‌بندی سازند شمشک در منطقه مورد مطالعه در دو رخمون Fo_2 و Fo_3 اندازه‌گیری شده است که در روی نقشه زمین‌شناسی (شکل ۲-۱۱) نشان داده شده است و در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 21' 43''$

عرض شمالی و "52' 44" 54° طول شرقی قرار دارند.

جدول ۳-۶ اندازه‌گیری‌های مرتبط با سطوح لایه‌بندی سازند شمشک را نشان می‌دهد. تصویر سیکلوگرافیک داده‌ها میانگین موقعیت لایه‌بندی را به صورت N54E,65NW تعیین کرده است (شکل ۳-۲۵).

جدول ۳-۶ داده‌های برداشت شده از سطوح چین خورده سازند شمشک.

No.	Dip	Dip.Dir.
۱	۷۵	۳۱۳
۲	۷۵	۳۳۱
۳	۸۰	۳۲۴
۴	۸۵	۳۲۵
۵	۷۰	۳۱۹



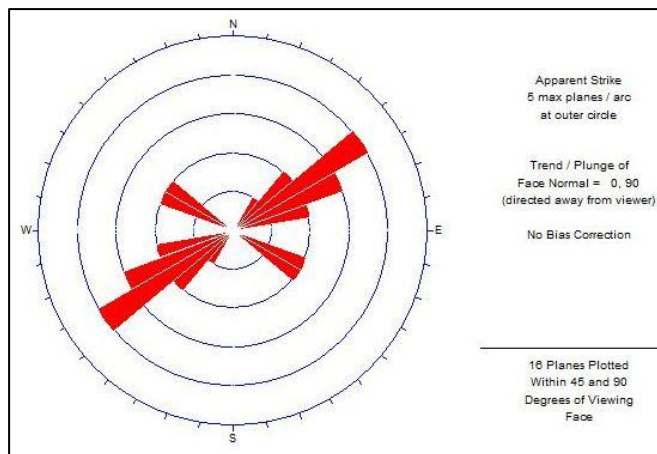
شکل ۳-۲۵) الف: تصویری از لایه‌بندی سازند شمشک (دید به سمت شمال خاور). ب: تصویر سیکلوگرافیک از سطوح لایه‌بندی سازند شمشک

فصل چهارم
بحث و نتیجه گیری

با تعیین وضعیت هندسی ساختارها، دگرریختی رخ داده در منطقه مورد مطالعه را می‌توان بررسی و مشخص کرد. طی مطالعات صورت گرفته و اطلاعات بدست آمده از ساختارهای منطقه، در این فصل به تشریح نتایج بدست آمده از مطالب ارائه شده در فصل‌های پیشین می‌پردازیم.

۱-۴) بررسی هندسه و سازوکار گسل‌ها

با توجه به مطالعات صحرایی و اندازه‌گیری سطوح گسلی، این عناصر ساختاری در دو روند غالب شمال خاوری- جنوب باختری (گسل‌های F_1 و F_2) و شمال، شمال باختری - جنوب، جنوب خاوری(گسل-های F_3 ، F_4 ، F_5 و F_6) به ترتیب تحت عنوان گسل‌های طولی و عرضی قرار دارند (شکل ۱-۴).



شکل ۱-۴) نمودار گل سرخی امتدادی گسل‌های منطقه. که روند غالب شمال باختری- جنوب خاوری را برای گسل‌های عرضی و روند غالب شمال خاوری- جنوب باختری را برای گسل‌های طولی نشان می‌دهد

۱-۱-۴) گسل‌های طولی

گسل F_1 با راستای شمال خاوری- جنوب باختری و شیب به سمت شمال ($N62E, 75NW$) سبب قرارگیری دو سازند جیروود و شمشک در کنار یکدیگر شده است. شواهد چینه‌نگاری سازند جیروود و شمشک، برش گسلی، سطح گسلی و سایر شواهد ریخت‌شناسی موجود بر روی سطوح این گسل نشان دهنده گسلی بودن این مرز می‌باشد. این گسل دارای سازوکار امتداد لغز چپ بر (دسته خراش‌هایی با

ریک کم) می باشد.

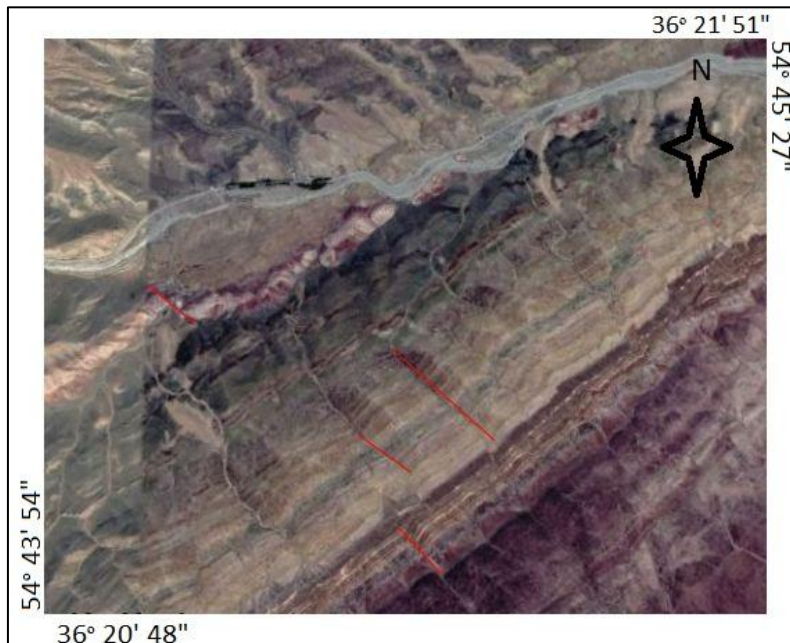
گسل F_2 دارای روند شمال خاوری - جنوب باختری ($N75E, 80NW$) و شیب به سمت شمال غرب می باشد. این گسل با حرکت امتداد لغز خود کلیپ های باقی مانده از فاز زمین ساختی قدیمی منطقه را قطع و جابه جا کرده است. با توجه به سازوکار و هندسه یکسان دو گسل F_1 و F_2 و نزدیکی آن ها بر روی سطح زمین، به نظر می رسد این دو گسل در عمق به یکدیگر رسیده و گسل واحدی را ایجاد می کنند (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲- تصویر ماهواره ای از گسل ها و کلیپ های دره شمال دهملا

۴-۱-۲- گسل های عرضی

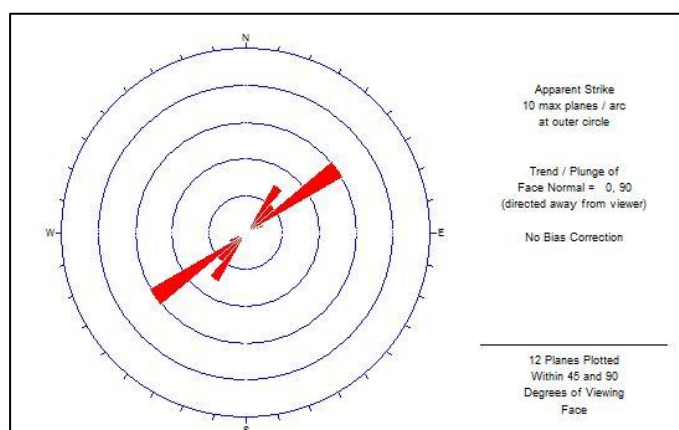
مطالعات انجام شده در محدوده مورد مطالعه، راستای تقریبی شمال، شمال باختری - جنوب، جنوب خاوری را برای گسل های عرضی نشان می دهد. این گسل ها مانند دیگر گسل های عرضی نوار چین خورده - رانده البرز (منطقه غزنوی، شاهرود، خیج، تویه دروار و...) محدود به گسل های طولی (با راستای شمال خاوری - جنوب باختری) هستند و به صورت مورب نسبت به آن ها قرار دارند و طول کمتری نسبت به گسل های طولی دارند. با توجه به خراش های گسلی با ریک کم می توان گفت حرکت این گسل ها برای روند تقریبی شمال، شمال باختری جنوب، جنوب خاوری را از نوع راستالغز راست بر و برای روند شمال باختری - جنوب خاوری از نوع راستالغز راست بر می باشد.



شکل ۴-۳) تصویر ماهواره ای از گسل های عرضی منطقه دهملا

۴-۲- الگوی چین خوردگی

نتایج بررسی لایه بندی و چین خوردگی های سازندهای منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که روند چیره چین خوردگی در این منطقه شمال خاوری-جنوب باختری می باشد که با روند ساختاری البرز خاوری مطابقت دارد (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۴- نمودار گل سرخی سطح لایه بندی سازندها با روند غالب شمال خاوری-جنوب باختری

۴-۳- نتیجه گیری

با توجه به مطالعات صورت گرفته و شواهد به دست آمده می‌توان گفت که در ابتدا یک فاز زمین ساخت قدیمی که سبب ایجاد راندگی‌ها و گسل‌های معکوس در منطقه شده است، وجود داشته است. کلیپ‌های سازند جیروود که آثار آن در منطقه قابل مشاهده می‌باشد حاصل این فاز دگرریختی می‌باشد. سپس در فاز دوم این کلیپ‌ها توسط گسل F_2 با روند شمال خاوری-جنوب باختری که جوان‌تر از گسل راندگی و حاصل فاز نوزمین ساختی منطقه است، قطع و جابه‌جا شده است. با توجه به مطالعات قبلی صورت گرفته در البرز خاوری و تعیین فاز نوزمین ساختی امتدادلغز چپ‌بر البرز خاوری مطالعات ما را درباره این گسل‌ها را تایید می‌کند و می‌توان دو گسل F_1 و F_2 را جزو گسل‌های نوزمین ساختی منطقه نام برد که ما در منطقه البرز خاوری نمونه‌های دیگری نیز داریم که می‌توان به گسل کواترنری آستانه با روند شمال خاوری-جنوب باختری و سازوکار امتدادلغز چپ‌بر اشاره کرد. همچنین گسل F_1 که با حرکت امتداد لغز چپ‌بر باعث جابه‌جایی واحدهای سنگی و قرارگیری سازند جیروود در کنار سازند شمشک و ناپیوستگی گسلی بین این دو سازند شده است. با توجه به هندسه و سازوکار دو گسل F_1 و F_2 می‌توان گفت این دو گسل در یک زون گسلی قرار دارند و در عمق یک گسل را تشکیل می‌دهند.

۴-۴- پیشنهادات

بررسی دقیق نحوه جابه‌جایی واحدهای سنگی مطالعه جغرافیای دیرینه (Paleo geography) پیشنهاد می‌شود.

منابع

منابع فارسی

- ❖ آقائباتی س.ع.، (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۵۵ ص.
- ❖ آقائباتی س.ع.، و حامدی ا.، (۱۳۷۳)، "نقشه زمین شناسی گرگان به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰"، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- ❖ اعراب ف.، امیدی پ.، طاهری ع.، (۱۳۸۸) "دگرریختی کواترنری در باختر شاهرود(البرز خاوری)"، مجله علوم زمین، شماره ۸۰، ص ۲-۲۵.
- ❖ اعراب ف.، (۱۳۸۸) پایان نامه کارشناسی ارشد، "تحلیل ساختاری چین خوردگی و گسلش در باختر شاهرود"، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان
- ❖ امیدی پ.، نوگل سادات م.، قریشی م.، (۱۳۸۱)، " بازسازی تنش کواترنری بر اساس تحلیل لغزش در نیمه جنوبی البرز خاوری"، فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین، شماره ۴۵-۴۶
- ❖ بربریان م.، قریشی م.، طالبیان م.، شجاع طاهری ج.، (۱۳۷۵)، " پژوهش و بررسی نوزمینساخت و خطر زمینلرزه- گسلش در گستره سمنان"، انتشارات سازمان زمینشناسی کشور، گزارش شماره ۶۳، ص ۲۶۶.
- ❖ خراسانی ا.، (۱۳۹۳) پایان نامه کارشناسی ارشد، " بررسی دگرریختی واحدهای سنگی مزوزوئیک و سنوئوزویک در شمال خاوری سمنان (شمال گردنه آهوان)" دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود
- ❖ خسرو تهرانی خ.، (۱۳۸۲)، "چینه شناسی و رخدادهای زمین شناسی"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.
- ❖ درویش زاده ع.، (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران"، انتشارات امیرکبیر، چاپ اول.

- ❖ صالحی راد ر. و همکاران، (۱۳۶۹)، نقشه زمین شناسی گرگان به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- ❖ طاهری ا. (۱۳۹۲) پایان نامه کارشناسی ارشد، "تحلیل خمیدگی های ساختاری و مدل جنبشی گسل ها در ناحیه دشت بو (شمال باختر دامغان)" دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود
- ❖ ع رحیمی ب.، (۱۳۸۱)، پایان نامه دکتری: "مطالعات ساختاری رشته کوه البرز در شمال دامغان"، دانشگاه شهید بهشتی.
- ❖ شهریاری س.، موسوی حرمی ر.، و رحیمی ب.، (۱۳۸۲)، "تکوین و تکامل ساختاری البرز و تحولات رسوب گذاری مرتبط با آن"، فصلنامه علوم دانشگاه تربیت معلم، شماره ۳-۴، ۱۶۲-۱۴۱ ص
- ❖ وزیری س. ح.، مجیدی فر م. ر.، (۱۳۸۰)، "نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهرود" سازمان زمین شناسی کشور
- ❖ شهرابی م.، صالحی راد ر.، علوی م.، ژنی ژ.، استامفیلی ژ.، (۱۳۶۱)، "نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان" سازمان زمین شناسی کشور
- ❖ نبوی م.، (۱۳۵۵)، "دیباچه ای بر زمین شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، ص ۱۰۹.
- ❖ تصاویر ماهواره ای لندست (برگرفته از ۲۰۱۴، Goole Earth)

-Reference

- ❖ Alavi, M., (1996), "Tectonostratigraphy synthesis and structural style of the Alborz mountain system in Northern Iran", Journal of Geodynamic, Vol 21, PP 1-33.
- ❖ Allen, M.B., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M., and Qorashi M., (2003), "Accommpdation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran", Journal of Structural Geology, Vol 25, PP 627-659.

- ❖ Anderson E.M., (1951), “The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Application to Britain”, Oliver and Boyd, Edinburgh, P 206.
- ❖ Angelier J., (1979), “Determination of the mean principal directions of stresses for a given fault population”, Tectonophysics, Vol 56, PP 17-26.
- ❖ Angelier J., (1990), “Inversion of field Dta in fault tectonics to obtain the regional stress. A new rapid direct inversion method by analytical means”, Journal of Geophysical, Vol 103, PP 363-376.
- ❖ Angelier J., and Melcher P., (1977), “Surun methode graphique de recherché des contraintes principes egaleme nt utisiab le en tectonique et en seismologie: la methode des diedtes droits”, Society Geology France.Vol 7, PP 1309-1318.
- ❖ Angelier J., (1994), “Fault slip analysis and paleostress reconstruction”, In: Hancock, P.L. (Ed.), Continental Deformation Pergamon Press, PP 53–100.
- ❖ Asserto R., (1966), “The Jurassic Shemshak formation in central Elburz (Iran)”, Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, Vol 72, PP 1133-1182.
- ❖ Berberian M., King G.G., (1981), “Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran”, Journal of Earth Science Canadian, Vol 18, PP 210-265.
- ❖ Carey E. and Brunier B, (1974), “Analyse theorique et numerique d’ un modele mecanique elementaire applique a l’etude d’une population de failles”, Comptes Rendus Académie Sciences Paris, Vol 279, PP 891-894.
- ❖ Coelho S., Passchier C., Marques F., (2006), “Riedel-shear control on development of pennant veins: field example and analogue modeling”, Journal of structural geology, Vol 28, PP 1658-1669.
- ❖ Davis G.H., (1984), “Structural geology of rocks and regions”, Jhon Wiley and Sons. New york, P 492.
- ❖ Dedual E., (1967), “Zur geologie des mittleren and unteren Karaj-Tales, Zentral – Elbourz (Iran)”, Uster, Offsetdruck Zimmermann, P 123.
- ❖ Djamour Y., Bayer R., (2005), “Contribution of the geodetic observations (GPS and Leveling) to study the tectonic deformation and seismic hazard on the Central Alborz, Iran”, Geophysical Research Abstracts, Vol 7, P1.
- ❖ Doblas M., (1998), ”Slickensid kinematic indicators”, Journal of Tectonophysics, Vol 295, PP 187–197.

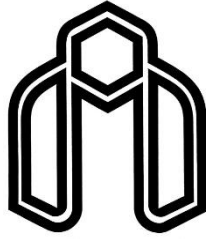
- ❖ Ehteshami Moinabadi M., Yassaghi A., (2006), "Geometry and kinematics of the Mosha fault, south central Alborz Range, Iran: An example of basement involved thrusting", *Journal of Asian Earth Sciences*, doi: 10.1016,
- ❖ Fossen H., (2010), "Structural Geology", Cambridge University Press, New York, P 463.
- ❖ Ghavide-Syooki, M., (2006), Palynostratigraphy and Paleogeography of the Cambro-Ordovician strata in south west of Shahrood City (Kuh-e-Kharbash, near Deh-molla), Central Alborz Range, northern Iran, *Review of Paleobotany and Palynology*, Exploration Directorate of Iranian Oil Company P.O., Box 11364, Tehran, Iran
- ❖ Golonka J., (2007), "Geodynamic evolution of the South Caspian Basin", In: Yilmaz, Isaksen (Eds.), *Oil and Gas of the Greater Caspian Area*, American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology, Vol 55, PP 17-41.
- ❖ Harland W. B., (1971), "Tectonic transpression in Caledonian Spitsbergen", *Geology Magazine*, Vol 108. PP 27- 42.
- ❖ Hollingworth, J., Walker, R., Jackson, J., Bolourchii, M., J., Eshraghi S. A., (2010) Left lateral Strike-slip faulting in the East of Alborz, NE Iran AGU, 87(52), Abstr., Fall Meet. Suppl.
- ❖ Jackson J., Priestly K., Allen M., and Berberian M., (2002), "Active tectonic of the South Caspian Basin", *Journal of Geophysical International*, Vol 148, PP 214-245.
- ❖ Look B.G., (2007), "Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables", Published by: Taylor and Francis/Balkema, P 331.
- ❖ Marshak S., and Mitra G., (1988), "Basic methods of structural geology", Newjersey: prentice Hall, Englewood Clifft, P 464.
- ❖ Norris D.K., and Barron K., (1969), "Structural analysis of features on natural and artificial faults", In: Baer A., Norris D.K. (Eds.), *Research in Tectonics*. Geological Survey of Canada, PP 136–167.
- ❖ Petit J.P., (1987), "Criteria for the sense of movement on fault surfaces in brittle rocks", *Journal of structural geology*, vol 9, No.5/6, PP 597-608.
- ❖ Ramsay J G and Huber M I, (1987) "**The techniques of modern structural geology**", Volume : Fold and Fractures, London: Academic Press.

- ❖ Riedel W., (1929), “Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen”, Zentralblatt für Mineralogie Abteilung B, PP 354-368
- ❖ Sengor A. M. C., Altiner D., Cin A., Ustamöar T., and Hsu K. J., (1988), “Origin and Assembly of the Tethyside Orogenic collage at the expense of Gondwana Land, in: Gondwana and Tethys”, (ed. By M.G. Audley charls and A. Hahham), Society Geology London, Spicial paper vol 37, PP 119-181.
- ❖ Stampfil G. M., and Borel G. D., (2002), “A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrones”, Earth and Planetary Science Letters, Vol 196, PP 17-33.
- ❖ Tatar M, (2001), “Etude seismotectonique de deux zones de collision continental: Le Zagros Central et l' Alborz (Iran)”, PhD. Thesis, University de Joseph Fourier.
- ❖ Tija H.D., (1967), ”Sense of fault displacements”, Geology Mijnbouw Vol 46, PP 392–396.
- ❖ Twiss R.J., and Moores E.M., (1992), “Structural Geology”, W. H. Freeman and company New York, PP 532.
- ❖ Vail P. R., Mitchum R. M. and Thompson III. S., (1977), “Seismic stratigraphy and global changes of sea level”, part 4. In: Global cycles of relative changes of sea level. AAPG Mem. Vol 26, PP 83-97.
- ❖ 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”, Journal of Geophysical International, Vol 157, PP 381-398.
- ❖ Yamaji A., (2000), “The multiple inverse method: a new technique to separate stresses from heterogeneous fault- slip data”, Journal of structural geology, Vol 22, PP 441-452.

Abstract

Western heights of Shahrood, north of Dehmola village (studied area) is located in the southern part of Eastern Alborz. The purpose of this study was to investigate the deformation pattern of Upper Paleozoic and Mesozoic rock units in the region. For this purpose, outcrops of Jeiroud (Upper Devonian), Shemshak (Lower Triassic-Lower Jurassic), Delichai (Middle Jurassic) and Lar (Upper Jurassic) formations and the boundary between them have been studied. These investigations have confirmed that the dominant structural trend in folding and faulting, follows the structural trend in Eastern Alborz which is northeast-southwest. The boundary between the formations is affected by existence longitudinal faults, for example, F1 and F2 faults can be mentioned which have been given special attention in this study. Both faults with east-west to northeast-southwest trend are part of a fault zone with dominant left-lateral strike slip mechanism such that F1 has provided the placement conditions of Jeiroud Formation with Shemshak Formation and the trace of F2 with the same geometry and mechanism of F1 can be seen on the klippe of Jeiroud Formation on Shemshak. Imposing these faults with left-lateral strike slip mechanism on folded and faulted rock units (affected by old compressive tectonic regime) confirms dominant left-lateral strike slip neotectonic regime in Eastern Alborz. Many signs of this tectonic regime can be seen; for example, we can refer to the Astaneh Quaternary fault with a northeast-southwest trend and left-lateral strike slip mechanism that cut off older folded and faulted rock units.

Keywords: Eastern Alborz, Shahrood, Dehmola, neotectonics



Shahrood University of
Technology
Faculty of of Earth Sciences
Tectonic Group

M.Sc.Thesis in Tectonic

**Investigation of deformation in Upper Paleozoic and Mesozoic
rock units in Eastern Alborz (North of Dehmolla-West of
Shahrood).**

Sara Moradali Goldareh

**Supervisor:
Dr. P.Omidi**

**Advisor:
Dr. A.Taheri**

January.2021