

مدل ساختاری بر پایه مطالعه شکستگی‌ها در کانسار طلای زرمهر

شادی انصاری جعفری

کارشناس ارشد تکتونیک، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی

بهنام رحیمی

دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی

فرزین قائمی

دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی

علیرضا مظلومی بجزستانی

استادیار دانشگاه پیام نور مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۳۰

b-rahimi@ferdowsi.um.ac.ir

چکیده

منطقه کوه‌ز در شمال شرق ایران و در فاصله ۳۳ کیلومتری شهرستان تربت حیدریه، در حاشیه شمالی ایران مرکزی جای می‌گیرد. این محدوده عموماً توسط سنگ‌های ولکانیکی و پلوتونیک تریاری پوشیده شده است. کانی‌سازی به اشکال رگه‌ای و رگچه‌ای و یا بصورت بافت پرکننده فضاهای خالی قطعات برشی دیده می‌شود. گستره معدنی زرمهر در زون برشی گسل درونه قرار گرفته، بنابراین عمده تغییرات و ساختارهای آن متأثر از فعالیت این گسل می‌باشد. به دلیل عملیات اکتشافی و استخراجی، صفحات گسلی رخنمون پیدا کرده‌اند و برداشت‌های صحرایی در مجاورت همین گسل‌ها صورت گرفته است. تلفیق داده‌های صحرایی و داده‌های نرم‌افزاری Win tensor و مطالعات عکس‌های هوایی توسط نرم‌افزار GIS، مدل ساختاری منطقه را به صورت الگوی ریدل نشان می‌دهد. نتیجه مطالعات در این پژوهش نشان می‌دهد که مجموعه‌ای از ساختارها محل مناسب برای ته نشست محلول‌های کانه‌دار را فراهم کرده است. شکستگی‌ها مهم‌ترین کنترل‌کننده جریان سیال در محیط‌های معدنی به شمار می‌روند. از این رو شناسایی این ساختمان‌ها اطلاعات با ارزش بسیاری را به منظور شناسایی و اکتشاف مواد معدنی فراهم می‌آورد.

کلمات کلیدی کانسار طلای زرمهر، گسل درونه، الگوی ریدل، تغییر شکل شکننده، رژیم تکتونیک امتداد لغز

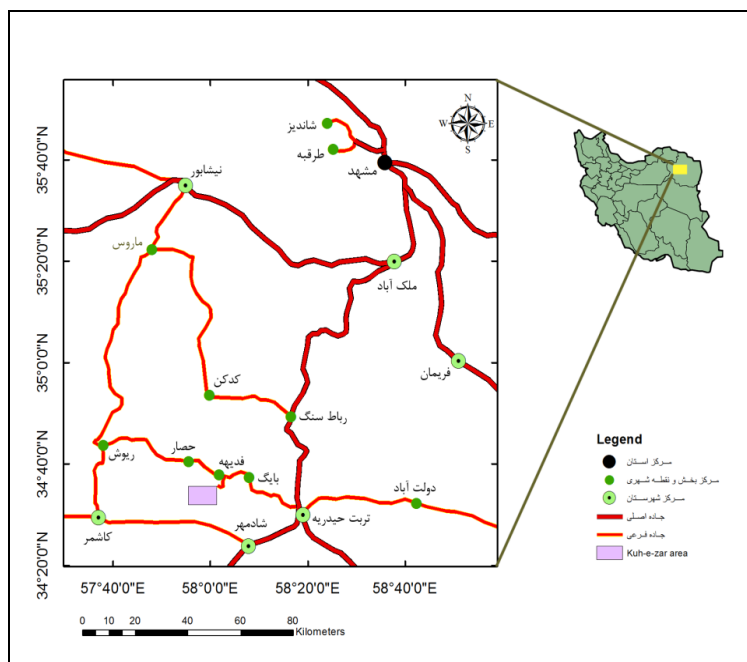
مقدمه

جنوبی آن گسل درونه است و تقریباً از ۱۱ کیلومتری جنوب منطقه مطالعاتی عبور می‌کند. فاصله اندک تا گسل درونه باعث شده که گسل‌های امتداد لغز منشعب از این گسل، ساختمان‌های اصلی منطقه زرمهر را تشکیل دهند. (شکل ۲) نقشه زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰,۰۰۰ فیض‌آباد (بهریزی، ۱۳۶۶) را نشان می‌دهد. منطقه کوه‌ز در رشته کوه‌های شمال گسل درونه با راستای شرقی- غربی قرار دارد که یک نوار برجسته و باریک را در شمال گسل یاد شده تشکیل داده است. به طور کلی منطقه دارای شرایط کوهستانی با توپوگرافی خشن و دره‌های پرشیب است. زمین‌شناسی حاکم بر منطقه از نوع شکننده است و ساختارهای شکل- پذیرمانند چین‌خوردگی در سنگ‌ها دیده نمی‌شود. بر اساس ریخت‌شناسی و هندسه زون گسلی، سیستم قوسی شکل و امتداد لغز گسل درونه به سه بخش عمده شرقی، مرکزی و غربی تقسیم می‌شود. منطقه مطالعاتی در بخش مرکزی با روند شرقی- غربی واقع شده است. گسل درونه در طول زمان دو حرکت راست‌رویی و چپ‌رویی داشته است. شروع فعالیت آن از ابتدای آئوسن بود و جوان‌ترین واحدهایی که حرکت راست‌رویی دارند، سن میوسن میانی را نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان زمان برگشتگی جهت لغزش را به زمان بعد از میوسن میانی مربوط دانست و حرکت چپ‌روی آن جوان‌تر است (Javadi et al., 2013).

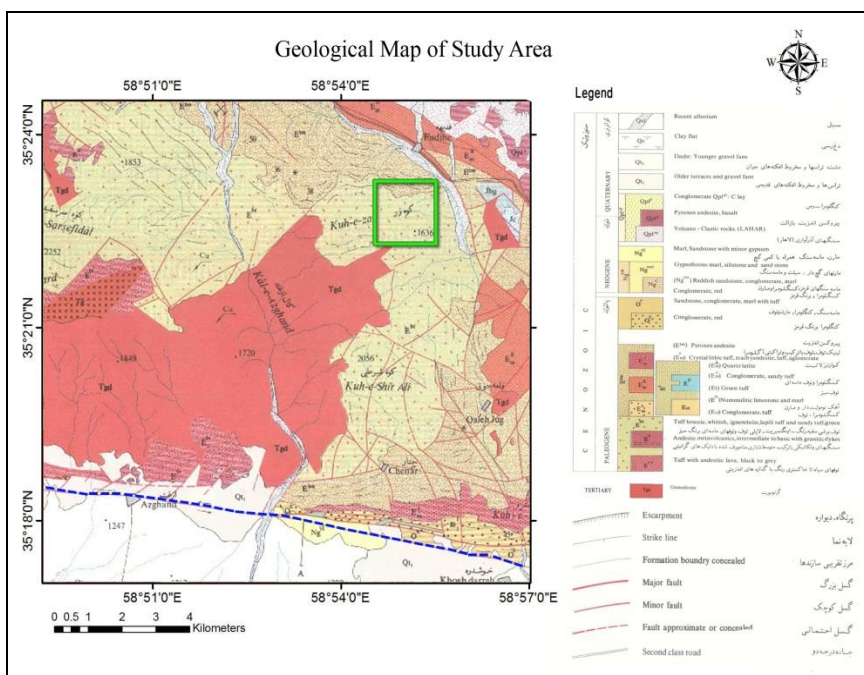
کانسار طلای کوه‌ز در ۳۳ کیلومتری غرب تا شمال غرب شهرستان تربت حیدریه و ۳ کیلومتری روستای فدیه در طول‌های جغرافیایی $58^{\circ} 57'$ تا $58^{\circ} 57'$ طول شرقی و عرض جغرافیایی $20^{\circ} 35'$ تا $25^{\circ} 35'$ شمالی در استان خراسان رضوی قرار دارد. نزدیک‌ترین روستا به منطقه روستای فدیه بوده و کوتاه‌ترین راه دسترسی به منطقه کوه‌ز از طریق جاده آسفالت‌تربت حیدریه- بایگ - فدیه است (شکل ۱). کانی‌سازی عمدتاً بصورت رگه و رگچه در مجموعه سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری اسیدی تا حدواسط تریاری حادث شده است و کانی‌سازی طلا به همراه کوارتز و همتایت (اسپیکولاریت) صورت گرفته است (مظلومی بجزستانی، ۱۳۷۸). در منطقه کوه‌ز آثار معدن کاری باستانی موسوم به شدادی که شامل حفاری‌های معدنی و سرباره‌ها هستند به وفور یافت می‌شود. نام‌گذاری قله کوه زر نیز بی‌شک ریشه در معدن کاری باستانی دارد (مؤمن زاده و صدیقی، ۱۳۶۷).

زمین‌شناسی ناحیه‌ای و ساختاری منطقه مورد مطالعه

منطقه اکتشافی کوه‌ز در بخش مرکزی کمر بند آتشفشانی- نفوذی خواف- درونه، در شمال گسل درونه، قرار دارد (کریم‌پور و مظلومی، ۱۳۷۷). این کمر بند به عنوان زون تکتار معرفی شده است (Eftekharneshad et al., 1976). مرز شمالی زون تکتار به گسل ریوش محدود می‌شود که در حاشیه شمال آن سنگ‌های افیولیتی رخنمون دارد (بهریزی، ۱۳۶۶) و مرز



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و راه‌های مواصلاتی منتهی به محدوده مطالعاتی

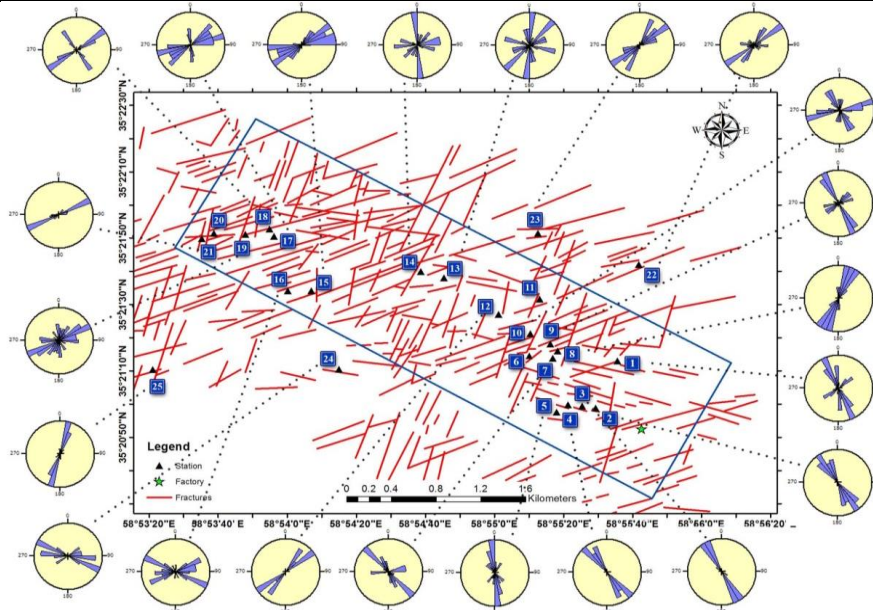


شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی گستره مورد مطالعه (برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰,۰۰۰ فیض‌آباد بهروزی، ۱۳۶۶). گستره مطالعاتی با کادر سبز و گسل درونه با خط چین آبی مشخص شده است.

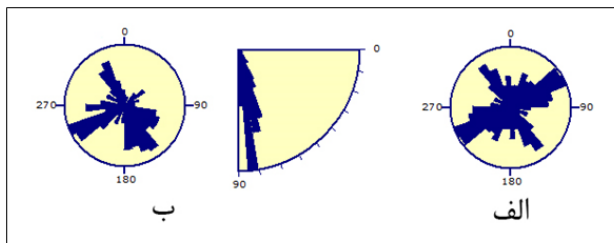
شدند (شکل ۳). خطواره‌های رسم شده در کل، به عنوان شکستگی در نظر گرفته می‌شوند. برای به دست آوردن آرایش گسل‌ها و درزه‌ها از نمودار گل سرخی استفاده می‌شود که جلوتر توضیح داده می‌شود. ایستگاه‌ها به صورت منظم و در مجاورت رگه‌های اصلی که در ارتباط با صفحات گسلی هستند انتخاب شده‌اند. برای شناخت و بررسی آرایش شکستگی‌ها در این پژوهش، برداشت‌های ساختاری به شیوه مستقیم صحرایی صورت پذیرفته‌اند.

روش مطالعه

قبل از عملیات صحرایی عکس‌های ماهواره‌ای Spot5 به دلیل تفکیک مکانی بالا برای شکستگی‌ها و همچنین نقشه‌های ۱:۲۵۰,۰۰۰ و ۱:۱۰۰,۰۰۰ چهارگوش فیض‌آباد و کاشمر مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مطالعه شکستگی‌ها (گسل‌ها و درزه‌ها) با توجه به عکس‌های ماهواره‌ای و به کمک نرم افزار GIS تمام خطواره‌ها رسم و در قالب جلوه سطحی شکستگی‌ها ارائه



شکل ۳. جلوه سطحی شکستگی‌ها روی نقشه در ناحیه معدن زمهر با استفاده از عکس‌های هوایی Spot5، همراه نمودار گل‌سرخ‌گی گسل‌ها در ایستگاه‌های مطالعاتی منطقه اکتشافی زمهر.



شکل ۴. الف) دیاگرام گل‌سرخ‌گی نشان دهنده امتداد کل گسل‌های منطقه مطالعاتی که دو امتداد $N50^{\circ}E$ تا شرقی-غربی و راستای $N45^{\circ}W - N20^{\circ}$ روندهای اصلی منطقه را شامل می‌شوند. ب) دیاگرام شیب: سمت راست بیانگر مقدار شیب که شیب بیش از 70° را نشان می‌دهد و سمت چپ که بیانگر پراکندگی عمده شیب به سمت جنوب است.

جهت تحلیل گسل‌ها می‌باشند. ریک خطواره‌های لغزشی یا همان خش‌لغزها کمتر از 30° است که حاکی از سازوکار امتدادلغز در محدوده می‌باشد (شکل ۵). گسل‌های امتدادلغز ساختمان‌های اصلی منطقه را تشکیل می‌دهند (شکل ۶). همچنین گسل‌های نرمال و معکوس که دارای خش‌لغزهایی با زاویه ریک بیشتر از 30° هستند نیز دیده می‌شوند (شکل ۷). از دیگر ساختارهای شکننده مشاهده شده در منطقه درزه‌ها هستند. در این مطالعه تعداد ۹۶۰ درزه برداشت شد و چهار دسته درزه با روندهای شمالی-جنوبی، شرقی-غربی، شمال‌شرق-جنوب‌غرب و شمال‌غرب-جنوب‌شرق ثبت شده است (شکل ۸). ترسیم همه درزه‌ها بر روی یک دیاگرام به صورت متمرکز نشان می‌دهد که پراکندگی دسته درزه‌ها زیاد است، اما عمده درزه‌ها دارای روندی بین $N40^{\circ}W - 55^{\circ}$ و $N40^{\circ}E - 40^{\circ}$ هستند. البته در این بین امتداد درزه‌ها به طور پیوسته بهم تبدیل می‌شوند. شیب درزه‌ها $70^{\circ} - 80^{\circ}$ درجه است. همچنین با توجه به نمودار کنئوری شکستگی‌ها قطب‌های درزه‌ها عمدتاً در کناره‌های استریوگرام تجمع یافته‌اند و نشان می‌دهد که درزه‌ها دارای شیب زیاد و نزدیک به قائم هستند. جهت شیب پراکندگی زیادی دارد، اما با نگاه دقیق‌تر، شیب به سمت جنوب دارای فراوانی بیشتری هستند (شکل ۹). سطح درزه‌ها از صیقلی تا تقریباً مضرس دیده شده‌اند. در اطراف زون‌های گسلی تراکم دسته‌های درزه‌ای بیشتر می‌شوند (شکل ۱۰).

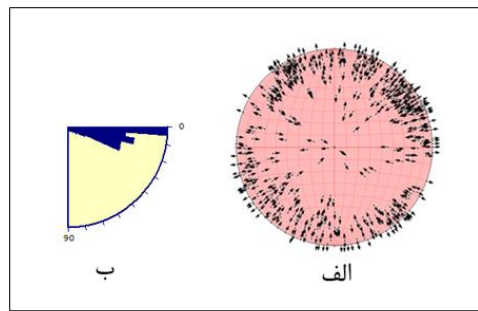
برداشت‌ها در برگزیده صفحات گسلی و خش‌لغزهای مربوط به آن‌ها و در برخی موارد درزه‌ها می‌باشند. الگوی ثبت سطوح در این تحقیق برای بررسی داده‌ها از طریق روش دو وجهی راست، بر پایه میزان شیب و راستای صفحه می‌باشد. سپس داده‌های متعلق به هر ایستگاه با دقت تفکیک شده و موقعیت محورهای تنش دیرینه (یعنی $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) با استفاده از نرم‌افزار وین تنسور به دست آمده است. استفاده از این روش، این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوان محورهای تنش دیرینه را محاسبه کرد. در نهایت با توجه به مدل ریدل و زوایایی که گسل‌ها با زون جابجایی اصلی می‌سازند، گسل‌ها از هم تفکیک شدند.

بحث

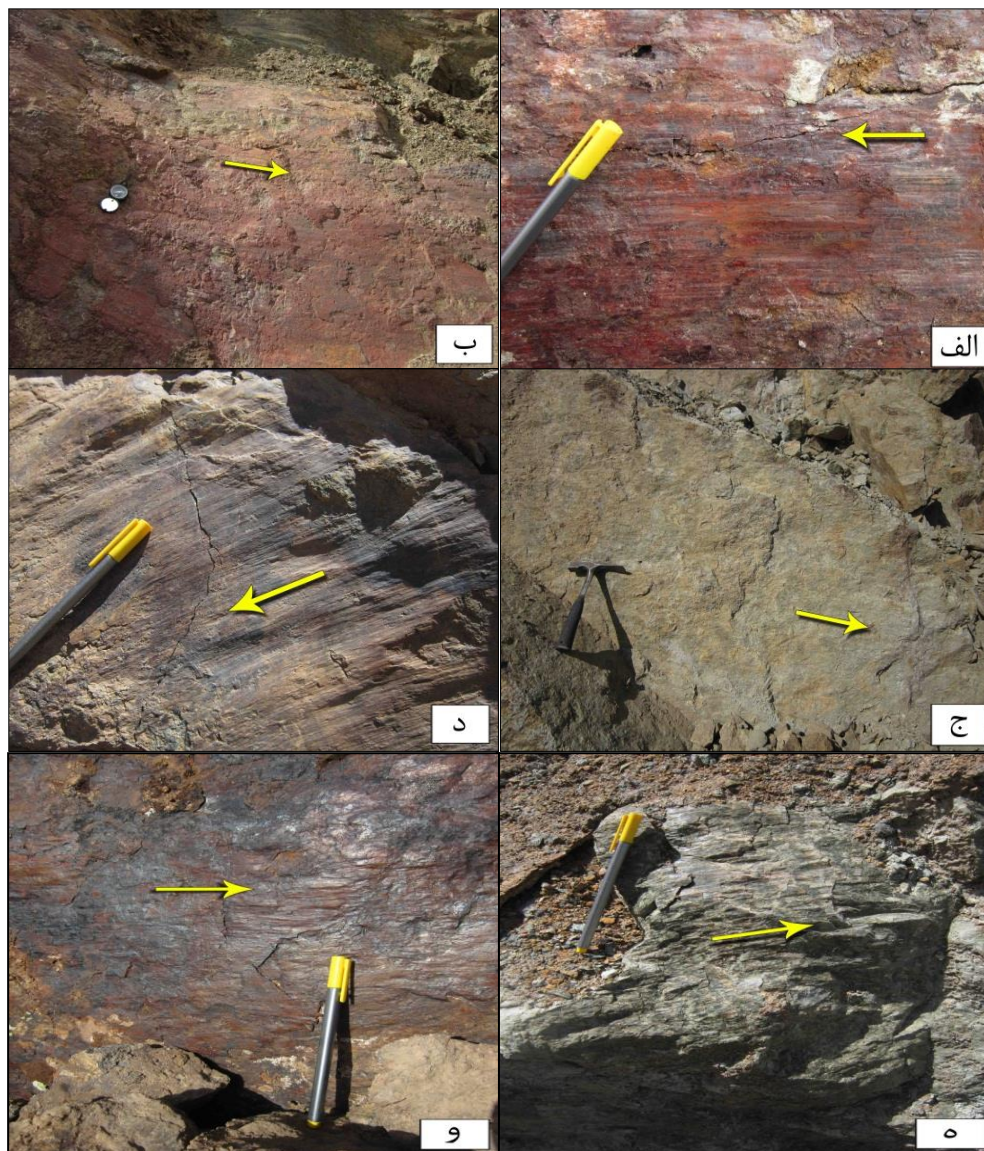
تحلیل داده‌ها

همان‌طور که گفته شد، داده‌های پایه جهت تعیین نوع گسل‌های منطقه استفاده از صفحه‌های گسلی و خش‌لغزهای مربوط به آن‌ها است. اطلاعات از سطوح لغزش گسلی و اثر بریدگی این گسل‌ها در واحدهای سنگی مختلف به دست آمده است. در گستره معدن سطوح گسلی و نشانه‌های آن کاملاً واضح و قابل برداشت هستند. در این پژوهش تعداد ۶۲۰ صفحه گسلی به همراه خش-لغز برداشت شده است. این ساختارها در نگاه اول به صورت شبکه‌ای در هم پیچیده که فاقد هرگونه نظم و جهت به نظر می‌رسند. اما با بررسی دقیق‌تر می‌توان به نظم پنهان شده در ناحیه پی برد. بر همین مبنا در ناحیه معدن چهار دسته گسل شناسایی شدند که تقریباً در بیشتر موقعیت‌های صحرایی به خوبی دیده می‌شوند. این چهار دسته بر اساس روند شامل گسل‌های شمالی-جنوبی، شرقی-غربی، شمال‌شرق-جنوب‌غرب و شمال‌غرب-جنوب‌شرق می‌باشند (شکل ۳). در بین این چهار دسته، امتدادهای راستای $N50^{\circ}E$ تا شرقی-غربی و راستای $N45^{\circ}W - N20^{\circ}$ دارای فراوانی بیشتری هستند. بنابراین گسل‌های محدوده مورد مطالعه در دو رده بزرگ شمال‌شرق-جنوب‌غرب تا شرقی-غربی و شمال‌غرب-جنوب‌شرق قرار می‌گیرند. زاویه شیب این صفحات زیاد و به عبارتی قائم و جهت شیب اکثر آن‌ها به سمت جنوب می‌باشد (شکل ۴).

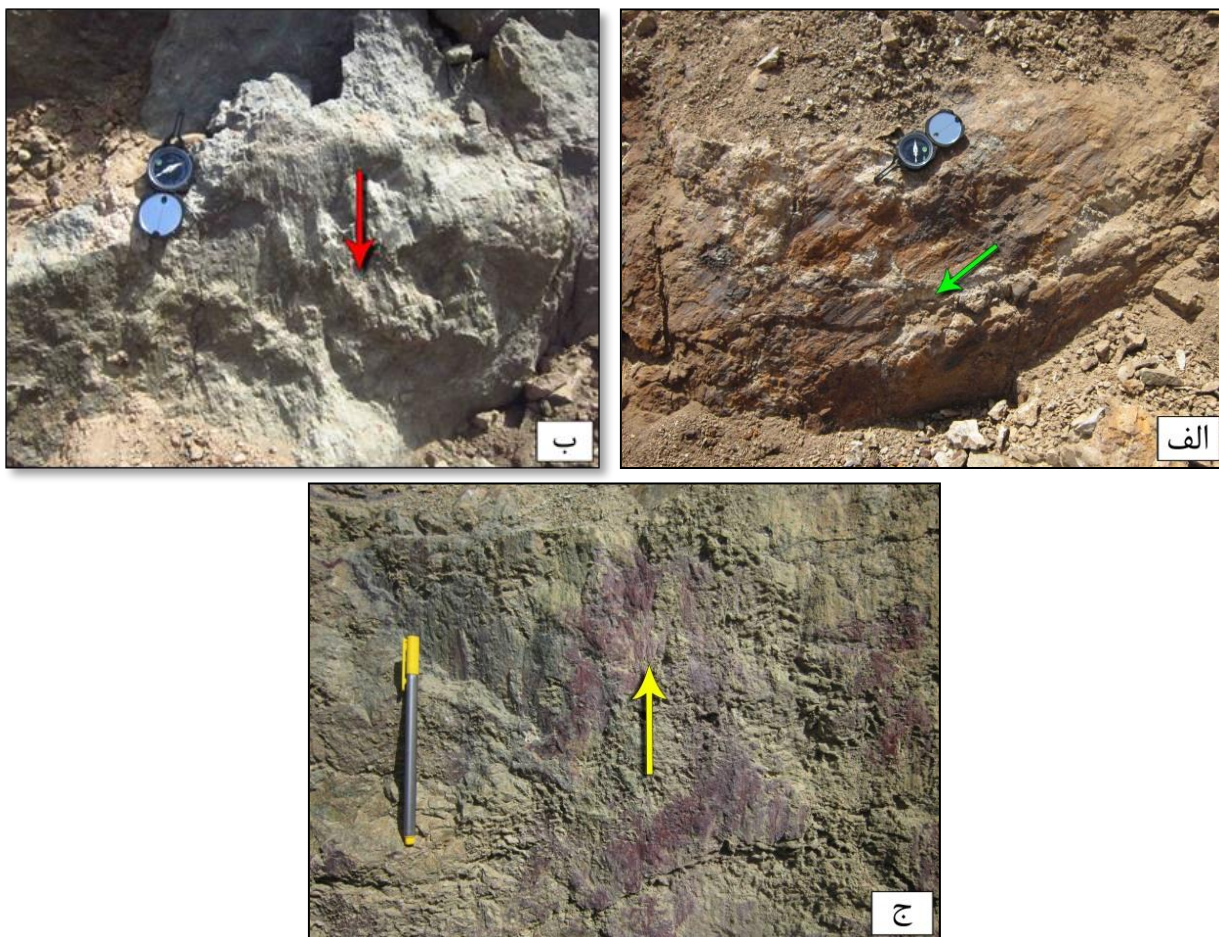
بر مبنای داده‌های لغزشی هندسه و ساز و کار گسل تحلیل شده است. چرا که بیرون‌زدهای مناسب از سطوح برشی دارای لغزش، معتبرترین داده خام



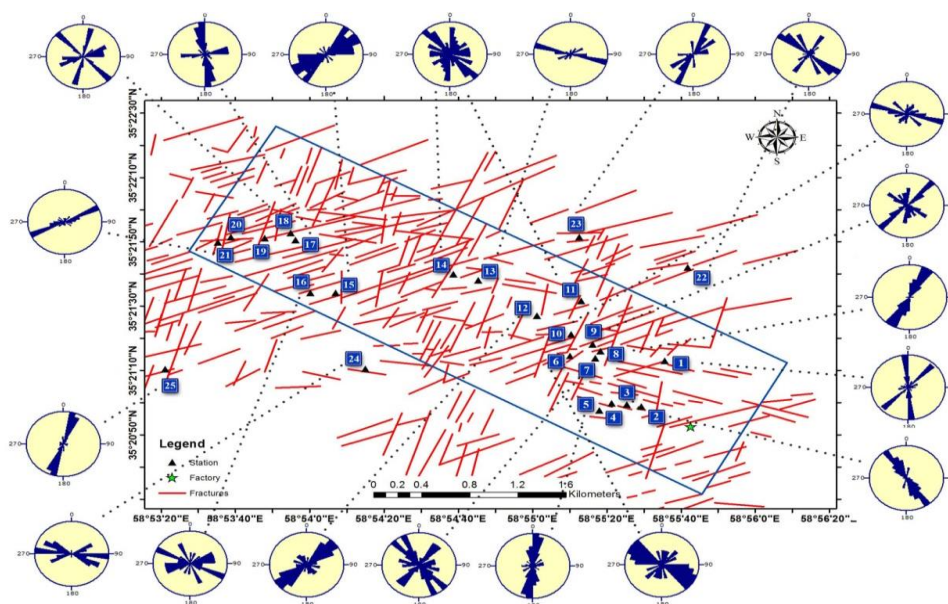
شکل ۵. تصویر استریوگرافیک کل گسل‌های گستره مطالعاتی. الف) نقاط بیانگر وضعیت خشلغزهای اندازه‌گیری شده بوده و فلش‌ها نیز سوی حرکت فرادواره را نشان می‌دهد. ب) ریک خشلغزها که کمتر از 30° هستند و بیانگر رژیم امتدادلغز در منطقه است.



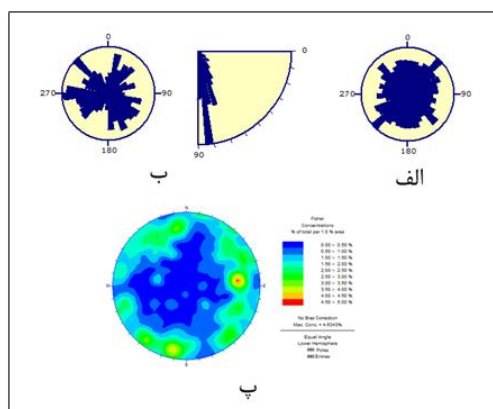
شکل ۶. الف) گسل شمال‌غرب- جنوب‌شرق، سازو کار امتدادلغز با مؤلفه راست‌رو که زاویه ریک خشلغزهای روی آن 0° است، دید به سمت شمال‌شرق. ب) گسل شرقی- غربی، سازو کار امتدادلغز با مؤلفه نرمال چپ‌رو و خشلغزها با ریک 20°NW ، دید به سمت شمال‌غرب. ج) گسل شمال‌شرق- جنوب‌غرب، سازو کار امتدادلغز با مؤلفه نرمال چپ‌رو و ریک خشلغزهای کمتر از 30° ، دید به سمت شمال‌غرب. د) گسل شرقی- غربی، سازو کار امتدادلغز با مؤلفه نرمال راست‌رو و خشلغز با ریک 20°NW ، دید به سمت شمال‌شرق. ه) گسل شمال‌شرق- جنوب‌غرب، سازو کار امتدادلغز با مؤلفه معکوس چپ‌رو و خشلغز با ریک 14°SW ، دید به سمت شمال‌غرب. و) گسل شمال‌غرب- جنوب‌شرق، سازو کار امتدادلغز با مؤلفه چپ‌رو و خشلغز با ریک 0° .



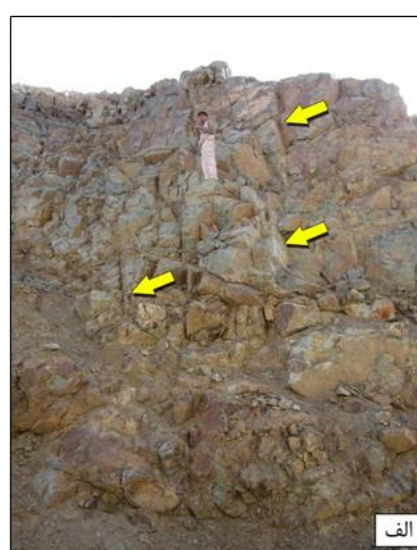
شکل ۷. الف) گسل شرقی-غربی با سازوکار نرمال و مؤلفه راست رو، دید به سمت جنوب. ب) گسل شمال شرقی-جنوب غربی با سازوکار نرمال محض و ریک خش لغز 90° ، دید به سمت شمال شرق. ج) گسل شمال شرقی-جنوب غربی با سازوکار معکوس محض و ریک خش لغز 90° ، دید به سمت جنوب شرق



شکل ۸. جلوه سطحی شکستگی ها روی نقشه در ناحیه معدن زرمهر با استفاده از عکس های هوایی Spot5، همراه نمودار گل سرخی درزه ها در ایستگاه های مطالعاتی منطقه اکتشافی زرمهر.



شکل ۹. الف) نشان دهنده امتداد کل درزه‌های منطقه مطالعاتی. ب) دیاگرام شیب: سمت راست بیانگر مقدار شیب که شیب بیش از 70° درجه را نشان می‌دهد و سمت چپ که بیانگر پراکندگی عمده شیب به سمت جنوب است. پ) نمودار کنتوری شکستگی‌ها بر روی نیم کره پایینی شبکه هم‌مساحت که با کمک $n=960$ رسم شده است.



شکل ۱۰. نمایی از درزه‌ها در منطقه مطالعاتی. شکل (الف) دسته‌های درزه‌ای، دید به سمت جنوب شرق و شکل (ب) سطوح مضرس درزه‌ها، دید به سمت شمال

الگوی گسلی

جهت عمود بر آن امکان ایجاد گسل‌های نرمال فراهم می‌شود. تاکنون آزمایشات بسیاری برای تعیین شرایط مرزی تشکیل این برش‌ها انجام شده است. در همه این آزمایشات پس از رسیدن اختلاف تنش به حداکثر میزان لازم برای غلبه بر مقاومت برشی سنگ اولین برش‌های تشکیل شده، برش‌های R و سپس R' شکل می‌گیرند. در مرحله بعدی برش P و در نهایت بر Y یا D با باقی مانده تنش تشکیل می‌گردد. برش‌های ریدل (R)، با زاویه $\varphi/2$ نسبت به زون جابجایی اصلی (تقریباً $20^\circ - 15^\circ$)، در سمتی منطبق با جهت زون جابجایی اصلی گسترش می‌یابند. این ساختارها با ادامه فرایند برشی شدن، تمایل دارند از طرفین رشد نموده و در یک مسیر منحنی مطابق با روند گسل‌های نرمال جابجایی‌های کوچک را در بخش‌های انتهایی خود جا دهند. برش‌های مزدوج R (R') نیز با زاویه $90^\circ - \varphi/2$ (حدود $75^\circ - 60^\circ$) نسبت به زون جابجایی اصلی و با جهت حرکتی در خلاف آن توسعه می‌یابند. برش‌های P با زاویه $\varphi/2$ نسبت به زون جابجایی، متقارن R هستند و سوی حرکت برش روی آن‌ها هم جهت با زون جابجایی اصلی می‌باشد. این برش‌ها نسبت به برش‌های R' و R کمترند و ممکن است جابجایی بیشتری برای تشکیل آن‌ها نیاز باشد. مانند برش‌های R و R' ممکن است برش‌های P' مزدوج برش‌های P تشکیل شوند اما از اهمیت کمتری نسبت به سایر برش‌ها

به طور نظری وقتی جهت تنش فشارشی حداکثر و هم‌چنین جهت تنش کششی انحرافی نیز افقی باشند، گسل‌های امتدادلغز ایجاد می‌شوند که در امتداد آن‌ها بلوک‌های پوسته‌ای مجاور گسل، به طور افقی، موازی و در خلاف جهت هم حرکت می‌نمایند. به این ترتیب در امتداد زون جابجایی اصلی با توجه به حرکت بلوک‌های دو طرف زون نسبت به یکدیگر، یک جفت زون برشی چپ‌رو یا راست‌رو تشکیل می‌شود. گسلش مرتبط با زون‌های برشی را می‌توان با هندسه و کینماتیک برش‌های ریدل تعیین نمود. رخ داد هم‌زمان زون‌های برشی امتدادلغز و گسل‌های نرمال و یا گسل‌های معکوس را فقط می‌توان با ترکیب سیستم ریدل و بیضوی استرین تفسیر کرد. اولین بار ریدل (Riedel, 1929) این شکستگی‌های برشی را در شرایط آزمایشگاهی و توسط مدل‌های رسی تحت برش ساده ایجاد کرد. مدل توانای ریدل به طور خلاصه بیان می‌کند که در این زون بنا بر مقدار زاویه اصطکاک داخلی φ مواد تحت تنش، در راستاهای معین مجموعه‌ای از ساختارهای قابل پیش‌بینی ایجاد می‌شود. در این تحقیق از $\varphi = 30^\circ$ ، مطابق با میزان متوسط پوسته استفاده شد. در پاسخ به میدان تنش مسبب گسل‌های امتدادلغز مجموعه‌ای از ساختارهای هندسی قابل پیش‌بینی در سنگ‌های پوسته‌ای کم‌عمق ایجاد می‌شود. به طوری که موازی با زون جابجایی اصلی، جفت زوج برشی و در

شرق مربوط به نسل اول و به وجود آورنده حرکت امتدادی راسترو و تنش شمال‌شرق- جنوب‌غرب مربوط به نسل دوم و پدید آورنده حرکت امتدادی چپرو می‌باشد.

نسل اول حرکت که قدیمی‌تر است، ناشی از چرخش در خلاف جهت عقربه‌های ساعت ایران مرکزی و نسل دوم حرکت که جدیدتر است، مربوط به چرخش در جهت عقربه‌های ساعت است. (Soffel, 2013) (Javadi et al., 2013) and Schmidt, 1984) روند محور σ_1 برای حرکت راستروی گسل درونه تقریباً 30°W - 20°N و برای حرکت چپروی روند محور σ_1 تقریباً 25°E $\pm 6^\circ\text{N}$ در نظر گرفته می‌شود (Javadi et al., 2013). نظر به اینکه گسل درونه در منطقه مطالعاتی روند شرقی- غربی دارد، محور شرقی- غربی دواير استریوگرام در شکل‌ها، هم‌ارز گسل درونه یعنی زون جابجایی اصلی، در نظر گرفته می‌شود.

جهت محور σ_1 نیز بیانگر حرکت راستروی یا چپروی گسل درونه می‌باشد. بنابراین با توجه به مدل ریدل یعنی همسو و غیرهمسو بودن گسل‌ها و زوایایی که با محور شرقی- غربی می‌سازند (شکستگی‌های R با زاویه‌ای حدود 20° - 15° با R' ، با زاویه‌ای حدود 75° - 60° و P با زاویه‌ای حدود 20° - 10° نسبت به زون اصلی و شکستگی‌های D تقریباً موازی با زون برشی)، گسل‌های معدن زرمهر را می‌توان در دو گروه که متعلق به حرکت راستروی و حرکت چپروی گسل درونه می‌باشند، تقسیم‌بندی کرد که اطلاعات مربوط به تصاویر استریوگرافیک در (جدول ۱) توضیح داده شده‌اند.

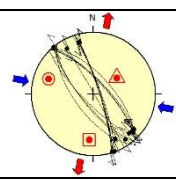
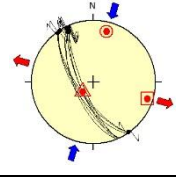
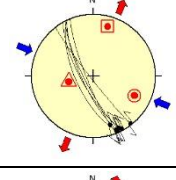
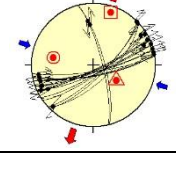
برخوردار است. سوی حرکت برش‌های P' خلاف جهت زون جابجایی اصلی می‌باشد. برش‌های Y یا D تقریباً به موازات زون اصلی و همسو با آن شکل می‌گیرند. برش‌های R و P با آرایش پلکانی تشکیل می‌شوند در حالی که برش‌های R' به عنوان برقرار کننده ارتباط بین سایر برش‌ها شکل می‌گیرند. ساختارهایی مانند اثر گسل‌های رورانده و محور چین‌ها در این محدوده تنش، به طور تقریب عمود بر جهت تنش فشارشی اصلی قرار می‌گیرد، به طوری که زاویه زون جابجایی اصلی با این ساختارها در حدود 45° است (Brousse and Moine Vaziri., 1982). البته باید توجه داشت که زوایای مذکور در مورد پهنه‌های راسترو در جهت عقربه ساعت و در مورد پهنه‌های برشی چپرو در خلاف جهت آن اندازه گرفته می‌شود (شکل ۱۱). در ادامه به واسطه اعمال فازهای تنش بعدی فرایند برشی شدن رخ می‌دهد و هر کدام از ساختارهای ایجاد شده به عنوان یک زون جابجایی اصلی عمل می‌کنند و این توالی در قالب مدل ریدل تکرار می‌شود. جهت واقعی شکستگی‌ها علاوه بر زاویه اصطکاک داخلی توسط پارامترهای دیگری نظیر نرخ استرس و استرس (Ahlgren, 2001) و شتاب سیال نیز (Smith and Durney, 1992) کنترل می‌شود.

ارائه مدل ساختاری

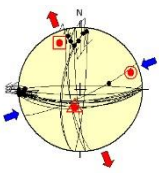
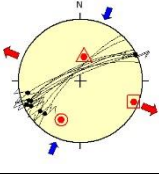
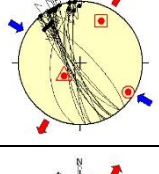
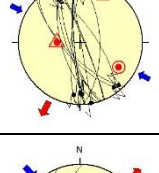
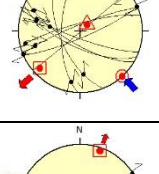
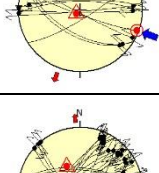
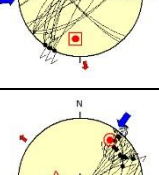
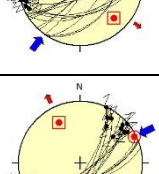
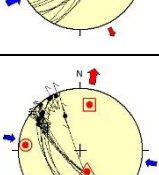
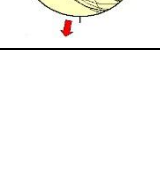
بنا بر مطالعات انجام شده و تحلیل تنش دیرین بر روی گسل درونه، دو جهت برای حداکثر تنش فشارشی (σ_1) تعیین شده است. به عبارتی گسل درونه در طول زمان دو نسل فعالیتی داشته است. تنش شمال‌غرب- جنوب-

جدول ۱. تفکیک گسل‌های منطقه مطالعاتی بر اساس مدل ریدل. در تمام تصاویر استریوگرافیک، موقعیت محورهای σ_1 ، σ_2 و σ_3 به ترتیب به صورت دایره، مثلث و مربع مشخص شده است. پیکان‌های آبی، سبز و قرمز به ترتیب نشان دهنده جهت کشش یا فشارش محورهای σ_1 ، σ_2 و σ_3 می‌باشند. نصف‌النهارها نشان دهنده صفحه گسلی، نقاط بیانگر خش‌لغزهای اندازه-گیری شده بر روی صفحه گسلی و پیکان‌های کوچک بر روی نقاط نیز سوی برش بروی صفحه گسلی را نشان می‌دهد.

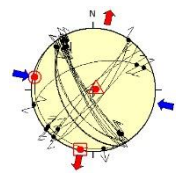
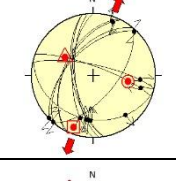
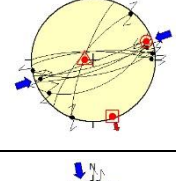
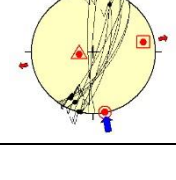
علامت اختصاری در جدول: NF: گسل نرمال، SS: سازو کار امتدادلغز می‌باشد. ساز و کار امتدادلغزی راسترو و سازو کار امتدادلغزی چپرو

نام ایستگاه	تصاویر استریوگرافیک	موقعیت محورهای تنش			رژیم	نوع گسل‌ها
		σ_1	σ_2	σ_3		
بلوک ۱ غار کفتری		۲۵/۲۸۸	۵۲/۰۵۵	۲۶/۱۸۵	SS	R' راسترو
بلوک ۲ غار کفتری		۱۶/۰۱۴	۷۱/۲۲۶	۱۰/۱۰۷	SS	R' چپرو
بلوک ۳ غار کفتری		۲۷/۱۱۶	۵۷/۲۵۷	۱۸/۰۱۶	SS	R' راسترو
بلوک ۱ محمدبیگی		۳۵/۲۸۰	۵۳/۱۲۴	۱۲/۰۱۹	SS	P, R' , R, D, راسترو

ادامه جدول ۱

D, R' چپرو	SS	۱۵/۰۷۲	۶۵/۱۹۸	۱۹/۳۳۶		بلوک ۳ محمدبیگی
R چپرو	SS	۳۱/۲۰۶	۵۸/۰۰۸	۰۸/۱۱۱		بلوک ۴ و ۵ محمدبیگی
P', R' راست- رو	SS	۱۰/۱۱۲	۶۳/۲۳۲	۲۵/۰۲۷		چاک علیرضا
P', R' راست- رو	SS	۲۷/۱۲۳	۵۹/۲۷۱	۱۴/۰۲۵		D-GhK
R', R راسترو P,	SS	۰۰/۱۳۷	۷۸/۰۴۶	۱۲/۲۲۷		D-Tr
D راسترو	SS	۰۳/۱۱۰	۸۳/۲۲۷	۰۶/۰۲۰		Fa
P, R' چپرو P',	SS	۱۷/۰۸۶	۵۵/۳۲۹	۲۹/۱۸۶		فرشمی
D, R چپرو	SS	۲۱/۰۳۶	۵۸/۲۶۹	۲۳/۱۳۶		غارصالحه
R' چپرو	SS	۰۴/۰۶۴	۶۳/۱۶۱	۲۷/۳۳۲		قله خرد
R' راسترو	SS	۱۲/۲۷۶	۶۱/۱۶۳	۲۶/۰۱۲		شهریار

ادامه جدول ۱

R', R D, راسترو	SS	۰۳/۲۸۲	۸۶/۰۷۷	۰۲/۱۹۲		تالار عروس
نرمال	NF	۴۳/۱۰۰	۴۵/۳۰۳	۱۲/۲۰۱		تنگه پیازی
D, R' چپرو	SS	۱۰/۰۷۱	۷۹/۲۷۰	۰۴/۱۶۱		تاریک دره
R' راسترو	SS	۰۱/۱۶۹	۷۱/۲۶۱	۱۹/۰۷۹		T-Sh

نتیجه گیری

گسل‌های امتدادلغز بارزترین ساختارهای تکتونیکی گستره معدنی زرمهر را تشکیل می‌دهند. بنابراین هر گونه الگوی تکتونیکی که قابلیت توجیه تمام پدیده‌های ساختاری منطقه را داشته باشد، تحت تأثیر این ساختارها خواهد بود. ارائه مدل ساختاری برای شکستگی‌ها در ناحیه معدن با کمک الگوی ریدل امکان پذیر است. منطقه اکتشافی کوه‌زر در زون برشی سیستم گسل درونه واقع شده است و این گسل به عنوان پیکره اصلی زون تغییر شکل می‌باشد. به طور کلی گسل‌های منطقه زرمهر عمدتاً شامل شکستگی‌های P' , P , R' و R هستند. در این سیستم برشی شبکه توسعه یافته‌ای از درزه‌ها، گسل‌های نرمال و به نسبت کمتر گسل‌های معکوس نیز تشکیل شده‌اند. نتیجه مطالعات در این پژوهش نشان می‌دهد که مجموعه‌ای از ساختارها، محل مناسب برای ته نشست محلول‌های کانه‌دار را فراهم کرده است. ارتباط بین گسل‌ها با روندهای ذکر شده در راستای شمال شرق و شمال غرب، کانال مناسبی برای عبور سیالات کانه‌دار و نهایتاً تبلور آن‌ها در موقعیت‌های مناسب ساختاری را فراهم می‌کند. بازشدگی شکستگی‌ها به سبب تغییر شکل منجر به بالارفتن جریان سیال شده، که خود توسعه گسترده رگه‌ها را در ناحیه رقم می‌زند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد و گروه صنعتی و معدنی زرمهر که امکانات این پژوهش را فراهم آورده‌اند و نیز از همراهی مهندس رحیمی در بازدیدهای صحرائی قدردانی می‌شود.

الف) گسل‌های مربوط به حرکت راستروی گسل درونه

گسل‌های R : در ایستگاه‌های تالار عروس، $D-Tr$ ، بلوک ۱ محمدبیگی
گسل‌های R' : در ایستگاه‌های چاک علیرضا، بلوک ۱ و ۳ غارکفتری، ایستگاه
 $D-Ghk$ ، شهریار، $T-Sh$ ، تالار عروس، بلوک ۱ محمدبیگی، $D-Tr$
گسل‌های D : در ایستگاه‌های تالار عروس، بلوک ۱ محمدبیگی، Fa

گسل‌های P : در ایستگاه‌های $D-Tr$ ، بلوک ۱ محمدبیگی

گسل‌های P' : در ایستگاه‌های $D-Ghk$ و ایستگاه چاک علیرضا

ب) گسل‌های مربوط به حرکت چپروی گسل درونه

گسل‌های R : در ایستگاه‌های غارصالحه، بلوک ۴ و ۵ محمدبیگی
گسل‌های R' : در ایستگاه‌های بلوک ۲ غارکفتری، تاریک دره، بلوک ۳
محمدبیگی، قله‌خرد، فرشمی

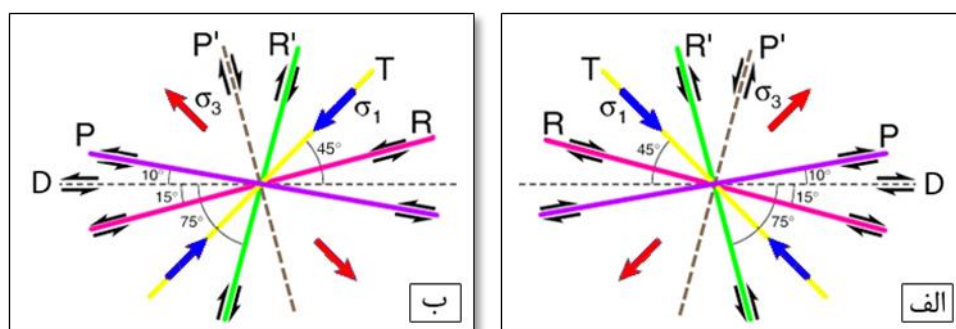
گسل‌های D : در ایستگاه‌های غارصالحه، تاریک دره، بلوک ۳ محمدبیگی

گسل‌های P : در ایستگاه فرشمی

گسل‌های P' : در ایستگاه فرشمی

ج) در ایستگاه تنگه پیازی، گسل‌های نرمال نیز دیده شده است

تنش‌های محلی در دگرشکلی پیشرونده، باعث چرخش بیضی استرین شده و باعث می‌شود که گسل‌های نسل جدید بر روی نسل قدیمی قرار گیرند. همین امر باعث می‌شود گسل‌های شمالی-جنوبی، شمال شرق-جنوب غرب و شمال غرب-جنوب شرق به عنوان شکستگی‌های R یا R' و P نسبت به زون اصلی، گسل‌های شرقی-غربی به عنوان شکستگی‌های D که تقریباً موازی با زون برشی هستند و گسل‌های نرمال و گسل‌های معکوس نسبت به زون اصلی در مقیاس ناحیه‌ای شکل گیرند.



شکل ۱۱. نمایش شماتیک عناصر معمول درون یک سیستم برشی ساده. الف) سیستم امتدادلغز راسترو و ب) سیستم امتدادلغز چپرو. جهت‌گیری خاص محورهای اصلی تنش در پهنه‌های برشی راستالغز سبب می‌شود که سایر ساختارهای زمین‌شناسی از قبیل چین‌ها و گسل‌های معکوس به عنوان ساختارهای حاصل از فشارش و گسل‌های نرمال و رگه‌های کششی به عنوان ساختارهای حاصل از کشش، هرکدام تحت جهت‌گیری خاصی که با جهت‌گیری محورهای اصلی تنش در پهنه برشی میزبان و بزرگ‌تر سازگار هستند، شکل‌گیرند.

منابع

- بهریزی، ا.، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ ورقه فیض‌آباد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ۱۳۶۶.
- علیمی، م.ا.، خطیب، م.م.، ۱۳۹۲، تحلیل تنش دیرین در پهنه برشی پانه‌ای شکل شاه‌آباد (خاور ایران)؛ به منظور مقایسه الگوهای دگرریختی در کوواترنری و عهدحاضر، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته شهید چمران اهواز، شماره ۱۳، ص ۱۰-۱.
- کریم‌پور، م.ح.، مظلومی بجستانی، ع.، ۱۳۷۷ الف، گزارش اکتشافات طلا در منطقه کوه‌زرتربت‌حیدریه، گزارش داخلی شرکت طلای زر مهر، ۳۱ صفحه.
- مظلومی بجستانی، ع.، ۱۳۷۸، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و بررسی کانسارسازی طلا و تنگستن در منطقه کوه‌زرتربت‌حیدریه، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.
- مؤمن زاده، صدیقی، ط.، ۱۳۶۷، اسامی جغرافیایی محل‌ها و راهنمایی بازشناسی معادن باستانی طلای ایران، مجموعه مقالات دومین سمپوزیم معدن‌کاری ایران، ص ۵۱۲ تا ۵۴۴.

- Ahlgren S.G., 2001, The nucleation and evolution of Riedel shear zone as deformation bands in porous sandston. *Journal structural Geology* 23, p: 1203-1214.
- Brousse. R. and Moine Vaziri, H. 1982, L'Association shoshonitique du Damavand.
- Carey. E., 1979. Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles. *Rev. Geol. Dyn. Geogr. Phys.* 21, p: 57-66.
- Eftekharneshad, J., Aghanabati, A., Baroyant, V., Hamzhepour, B., 1976. Geological Quadrangle Map of kashmar, 1:250000. GAI, Tehran, Iran.
- Javadi, H. R., Ghassemi, M. R., Shahpasandzadeh, M., Guest, B., Esterabi Ashtiani, M., Yassaghi. A., Kouhpeyma, M., 2013, History of Faulting on the Doruneh Fault System: implications for the Kinematic changes of the Central Iranian Microplate. *Geological magazine, Cambridge university.* p: 1- 22.
- Riedel.W., 1929, Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. *Zentralblatt fur Mineralogie, Geologie, and Palaeontologie* 1929B, p: 354-368.
- Schmidt. K., Soffel. H., 1984, Mesozoic- Cenozoic geological events in central- east Iran and their relation to paleomagnetic results. *G.S.I., Report no. 51,* p: 27-35.
- Smith. J.V., Durney. D.W., 1992, Experimental formation of brittle structural assemblages in oblique divergence. *Tectonophysics* 216, p: 235-253.