

### چکیده

شناسایی دقیق چشمه و پتانسیل‌های لرزه‌ای از مهم‌ترین اقدامات لازم و قدم نخست برای مطالعات لرزه‌خیزی هر منطقه به شمار می‌رود. گستره مورد مطالعه که در بخش میانی کمان ماگمایی ارومیه دختر واقع است، یکی از مناطقی است که شناسایی و مطالعه دقیق چشمه‌های لرزه‌ای آن ضروری به نظر می‌رسید. در این پژوهش با تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی و بررسی‌های ریخت‌زمین‌ساختی منطقه، برای نخستین بار سامانه گسلی عزالدین-راهجرد با روند  $N-150$  و طول بیش از ۷۰ کیلومتر معرفی می‌شود. این پهنه گسلی، هم‌روند با گسله‌های عرضی-برشی دیگر همچون گسله‌های بیدهند، قم-زفره و دهشیربافت، سنگ‌های آتشفشانی کمان ماگمایی را بریده است. خش لغز گسلی، خمش راست‌بر روند محور چین‌های اصلی در راستای گسله و تشکیل ساختارهای فرعی مرتبط با آن بیانگر حرکت راست‌بر این گسله است. بررسی زمین‌ریخت‌شناسی و جابه‌جایی راست‌بر آبراهه‌ها با گسله، بیانگر فعالیت گسله در زمان کواترنری است. انطباق مرکز سطحی زمین‌لرزه‌ها بر روی این گسله، اهمیت شناسایی و معرفی این پهنه گسلی را در مطالعات لرزه‌خیزی منطقه نشان می‌دهد. لذا احتمال وقوع زمین‌لرزه ویرانگر در اثر فعالیت پهنه گسلی عرضی-برشی عزالدین-راهجرد به‌عنوان گسلی که فعالیت کواترنری داشته است، دور از انتظار نیست و ممکن است در خطر لرزه‌ای شهرستان تفرش و مناطق هم‌جوار نقش تعیین‌کننده داشته باشد.

**واژگان کلیدی:** پهنه گسلی عرضی-برشی، گسله عزالدین-راهجرد، پتانسیل لرزه‌ای، ایران مرکزی، تفرش.

## معرفی و بررسی ساختاری پهنه گسلی عرضی-برشی عزالدین-راهجرد؛ یکی از ساختارهای با توان فعالیت در گستره شهرستان تفرش

زینب داودی

استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه،  
دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین،  
z.davoodi@sci.ikiu.ac.ir

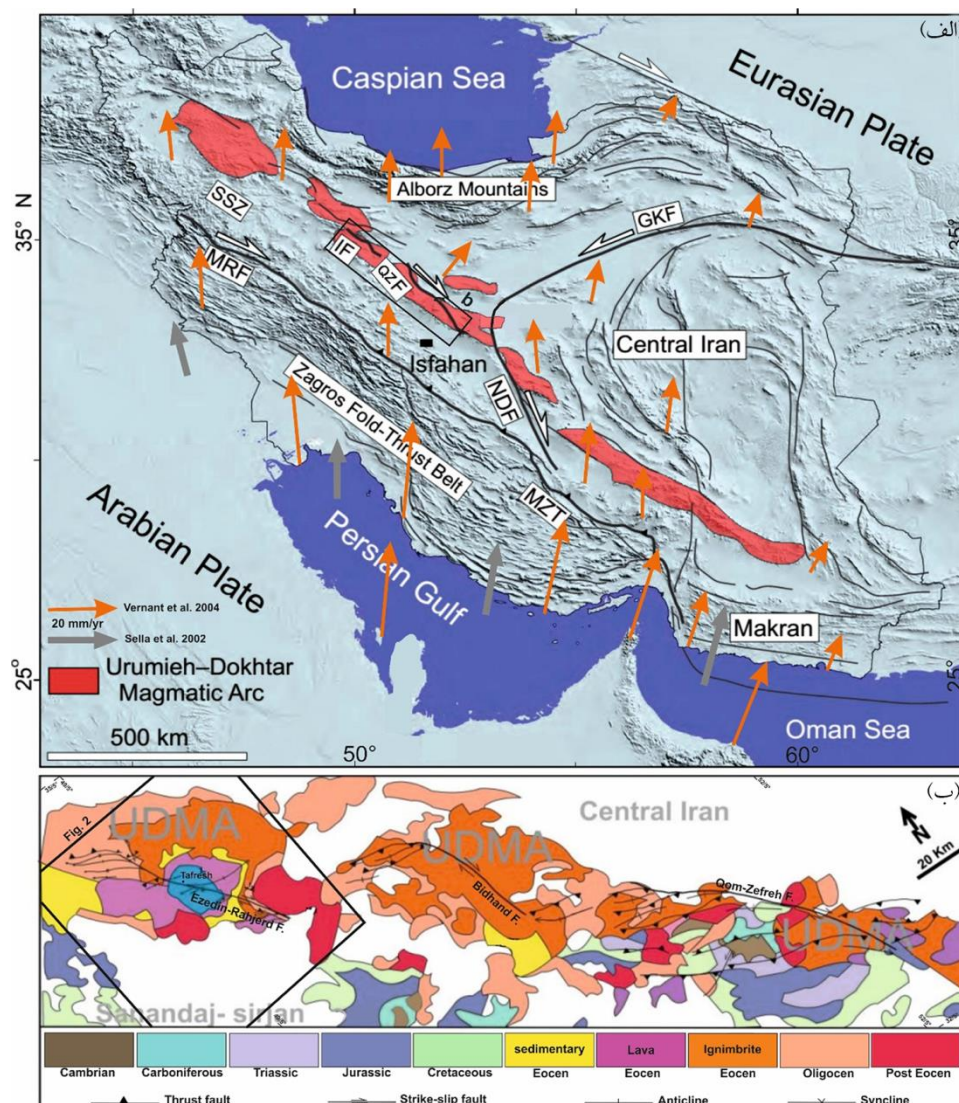
### ۱- مقدمه

نتایج آنها در مرحله بعدی استفاده می‌شود دارای ارزش ذاتی است؛ اما در هر حال، وجود خطا در هر مرحله گریزناپذیر است که سبب خواهد شد در مرحله نهایی با یک خطای تجمعی روبه‌رو شویم. بر همین اساس اهمیت شناسایی و بررسی چشمه‌های لرزه‌زا به‌عنوان گام نخست تا رسیدن به هدف نهایی محاسبه پارامترهای طراحی جنبش زمین، بیشتر مشخص می‌شود. از طرف دیگر؛ در حال حاضر در کشور لرزه‌خیز ایران، تنها چشمه‌های مطرح لرزه‌زا، گسله‌ها هستند. لذا مطالعه دقیق و شناسایی دقیق گسله‌های شهرهای مختلف و مناطق پیرامون آنها، ارتباط مستقیم با زندگی انسان‌های آن منطقه خواهد داشت و همین موضوع نشان‌دهنده اهمیت بیشتر شناسایی گسله‌ها پیش

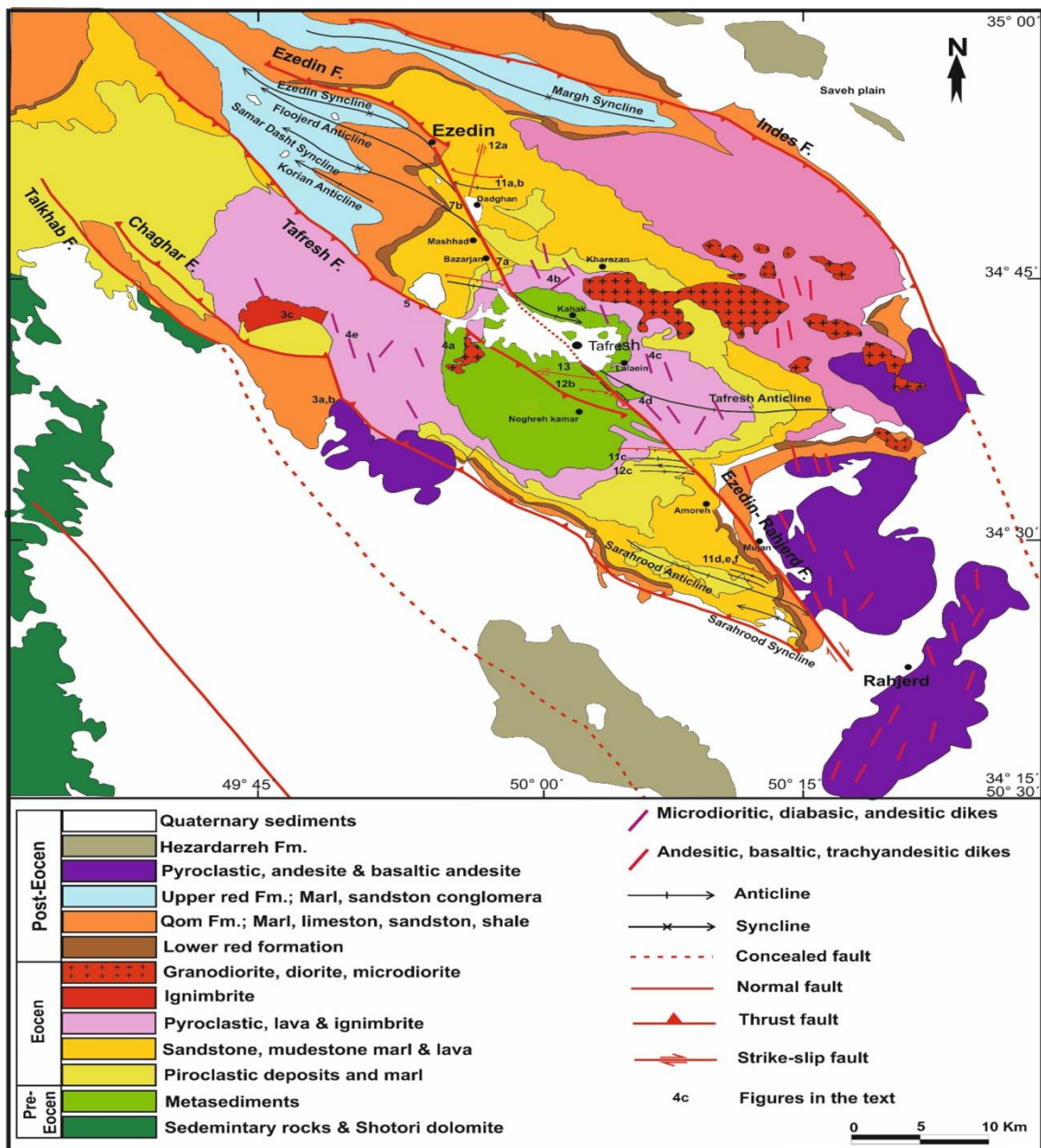
پژوهش‌های ساختاری که منجر به شناسایی گسله‌های مهم در مناطق مختلف ایران می‌شود نه تنها در تکمیل بانک اطلاعاتی گسله‌ها و تحلیل ساختاری هر منطقه اطلاعات ارزشمندی برای درک مدل زمین‌ساختی پهنه‌های مختلف ساختاری ایران فراهم می‌کند [۱-۳]، بلکه در صورت دارا بودن شواهد فعالیت، در بررسی برآورد خطر زمین‌لرزه نیز بسیار مؤثر خواهد بود. بررسی برآورد خطر زمین‌لرزه در هر گستره به‌ترتیب در چهار مرحله اصلی (۱) شناسایی و بررسی چشمه‌های لرزه‌زا، (۲) تعیین زمین‌لرزه کنترل‌کننده برای چشمه لرزه‌زا، (۳) انتخاب رابطه جنبش زمین و (۴) محاسبه پارامترهای طراحی جنبش زمین انجام می‌گیرد [۴]. دقت در انجام هر یک از مراحل که به‌طور مستقیم

عرض جغرافیایی  $34^{\circ} 15'$  تا  $35^{\circ} 00'$  واقع است (شکل های ۱ و ۲). در امتداد و پیرامون این گسله، شهرستان تفرش و ده‌ها روستا مانند عزالدین، دادقان، بازرجان، مشهد، خرازان، کهک، نقره کمر، موجان و راهجرد قرار دارند (شکل ۲) که با توجه به قرارگیری آنها در امتداد رودخانه اصلی آب کمر (تفرش)، از تراکم جمعیت نسبتاً خوبی برخوردار هستند. پراکنش جمعیت در امتداد و پیرامون گسله عزالدین- راهجرد خود گویای اهمیت تحقیق حاضر است.

از وقوع زمین لرزه نسبت به شناسایی آنها بعد از وقوع زمین لرزه خواهد بود. به عنوان مثال در زمین لرزه ۲۰۰۵ داهوئیه زرنند کرمان با بزرگی  $M_w=6.5$  که بیش از ۶۰۰ نفر کشته شدند، گسله عامل زمین لرزه که یک گسله قدیمی بود پس از وقوع زمین لرزه شناسایی شد [۵]. نظر به این امر مهم؛ در این مقاله، یکی از گسله‌های گزارش نشده در شهرستان تفرش و مناطق پیرامون آن به عنوان گسله عزالدین- راهجرد، برای نخستین بار معرفی می‌شود که در گستره مطالعاتی در طول جغرافیایی  $30^{\circ} 30'$  تا  $30^{\circ} 50'$



شکل (۱): (الف) نقشه ساده شده زمین ساخت ایران و روند گسله‌های مهم با توجه به جهت همگرایی ورق عربی نسبت به اوراسیا. پیکان خاکستری جهت همگرایی ورق عربی نسبت به اوراسیا با استفاده از مدل سلا و همکاران [۶] و پیکان نارنجی خطوط سرعت به دست آمده از داده‌های GPS با فرض ثابت بودن ورق اوراسیا [۷] را نشان می‌دهد. GKF: گسله کویر بزرگ (درونه); MRF: گسله جوان عهد حاضر; MZF: گسله اصلی زاگرس NDF: گسله نائین- دهشیربافت; IF: گسله ایندس; QZF: گسله قم- زفره. (ب) نقشه ساده شده واحدهای مختلف سنگ چینه‌ای بخش مرکزی کمان ماگمایی ارومیه دختر و گسله‌های عرضی- برشی مهم کمر بند ماگمایی. گستره مورد مطالعه با کادر مربعی تیره نشان داده شده است.



شکل (۲): نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه (با تغییر از [۸-۱۱]). عناصر ساختاری برداشت شده و موقعیت برخی از شکل‌ها بر روی نقشه آمده است.

و سنجنده استر با وضوح ۳۰ متر نیز استفاده شد.

## ۲- زمین‌شناسی و زمین‌ساخت گستره مورد مطالعه

از نظر زمین‌شناسی و زمین‌ساختی، گستره مورد مطالعه منطقه تفرش در ایالت مرکزی و کمربند کمان ماگمایی ارومیه دختر واقع است. کمان ماگمایی ویژه‌ی فرورانش نئوتتیس (کمان ماگمایی ارومیه دختر) در حاشیه‌ی جنوب غربی خرده قاره‌ی ایران مرکزی به طول ۱۵۰۰ کیلومتر و به‌موازات زمین

این پژوهش با انجام بازدید میدانی و بررسی‌های سنجش از دور به شناسایی هندسه و تحلیل جنبشی شواهد ساختاری گستره مورد مطالعه اعم از چین‌ها، گسل‌ها و دایک‌های منطقه، با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی RosNet، Dips، Tectonic FP و Envi می‌پردازد و تلاش دارد تا با بهره‌گیری از شواهد ساختاری و ریخت‌شناسی موجود و تحلیل ساختاری آنها به معرفی یک گسله عرضی- برشی مهم در گستره مورد مطالعه بپردازد. در این راستا از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده لندست ۷

آتش‌فشانی ارومیه دختر به‌طور عمده بر روی این گسله‌های امتدادلغز راست بر مستهلک می‌شوند [۳۱]. با بررسی تصاویر ماهواره‌ای و بازدید میدانی بخش مرکزی کمان ماگمایی ارومیه- دختر در منطقه تفرش (شکل ۱) به نظر رسید که سنگ‌های آذرین این منطقه نیز از این قاعده مستثنا نبوده و تحت تأثیر فعالیت این گسله‌ها قرار گرفته‌اند.

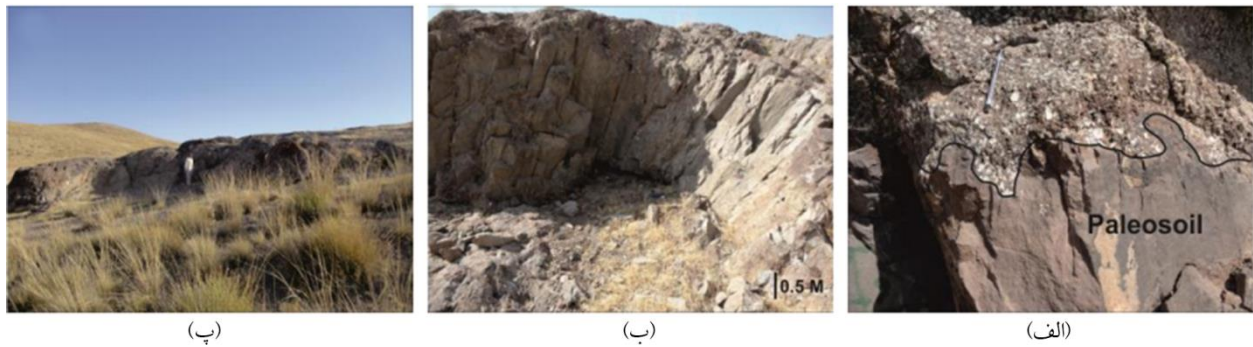
### ۳- چینه‌نگاری سنگی منطقه مورد مطالعه

در گستره مورد مطالعه، بیشتر رخنمون‌ها به سنگ‌های آتش‌فشانی و آذرآواری ائوسن تعلق دارد و رخنمون‌های قدیمی‌تری که شامل دولومیت‌های تریاس و رسوبات ژوراسیک و کرتاسه است، در منطقه‌ی نقره‌کمر مشاهده می‌شوند [۳۲] (شکل ۲). مجموعه واحدهای سنگی ابتدای سنوزوئیک برحسب قدمت زمانی، با چهار رخساره‌ی رسوبی-آذرآواری، روانه‌گذازهای بازالتی-آندزیتی و ایگنیمبریت ریوداسیتی و نفوذی‌ها شناخته می‌شوند که خود با دگرشیبی در زیر سازندهای سرخ‌زیرین، قم، سرخ‌بالایی و کنگلومرای بختیاری قرار می‌گیرند [۳۲].

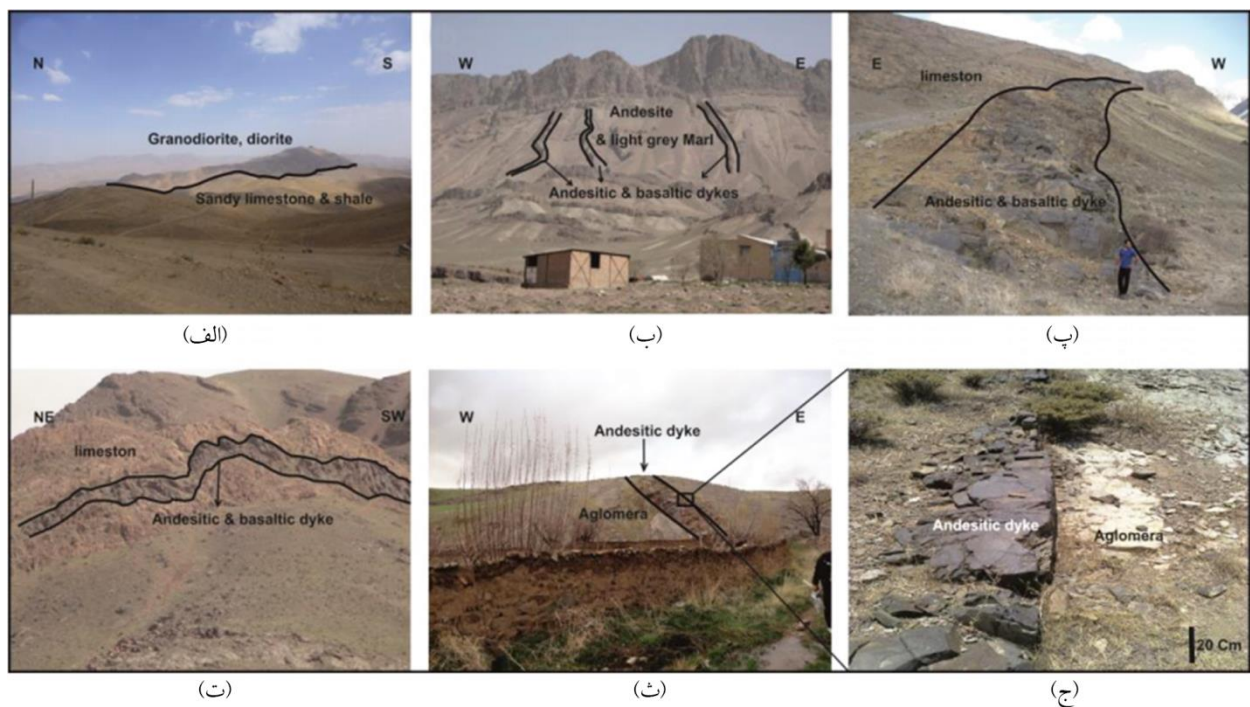
رخساره‌ی رسوبی-آذرآواری منطقه تفرش به‌صورت کنگلومرای با رنگ روشن و قطعات گرد و در اندازه‌های متفاوت از حدود چند میلی‌متر تا چند ده سانتی‌متر رخنمون دارد که قاعده‌ی سری‌های ائوسن منطقه را می‌سازد (شکل ۲). در بیشتر قسمت‌های منطقه، روانه‌گذازهای بازالتی-آندزیتی بر روی رخساره آذرآواری چین‌خورده قرار دارد (شکل ۲). وجود افق‌های خاک‌قرمز (شکل ۳-الف) و نیز دبی‌منشوری (شکل ۳-ب) در روانه‌گذازها بیانگر خروج آرام‌گذاز در محیطی هوایی است که متعاقب بالا آمدن حوضه رسوبی و چین‌خوردگی لایه‌های رسوبی-آتش‌فشانی صورت گرفته است. در بخش‌هایی از منطقه، روانه‌گذاز ایگنیمبریت ریوداسیتی به‌صورت صفحات نازک و پراکنده به چشم می‌خورند (شکل ۳-پ) که به علت ترکیب و بافت ویژه، آنها را حاصل فوران‌های پرگاز از بالای مخازن ماگمایی و خروج ماگمای سیلیسی از طریق شکستگی‌ها می‌دانند [۳۲].

درز زاگرس تشکیل شده است [۱۲-۱۵] (شکل ۱) که همواره کانون توجه زمین‌شناسان بوده و از نظر تحولات ماگمایی و زمین‌ساختی، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است [۱۲، ۱۶-۲۳]. فعالیت ماگمایی این پهنه منطبق بر فعالیت کوهزایی آلپی از کرتاسه تا میوسن و به‌صورت یک کمربند با رژیم زمین‌ساختی ترافشارشی است [۱۲، ۲۱، ۲۳] که سنگ‌های بخش جنوب شرقی آن ویژگی جزایر کمانی و بخش شمال غربی آن ویژگی حاشیه فعال قاره‌ای را نشان می‌دهد [۲۴]. به‌طور کلی مجموعه ماگمایی ارومیه دختر مشتمل بر سنگ‌های آتش‌فشانی آندزیت، داسیت، آندزیت بازالیت، تراکی آندزیت و ریولیت با سری ماگمایی توله ایتی، کالک آلکالن، آلکالن غنی از پتاسیم و به‌طور محلی شوشونیتی است [۲۰، ۲۴، ۲۵] که با پیروکلاست‌های غالباً آگلومرا و روانه‌گذازهای ایگنیمبریتی همراه شده‌اند. مجموعه ذکر شده در برخی مناطق از جمله منطقه تفرش با دایک و توده‌های دیوریتی و گرانودیوریتی قطع می‌شوند [۹].

گسلش‌های جنبا در ایران ناشی از تغییر شکل فعال پوسته ایران است که در نتیجه همگرایی میان صفحه‌های قاره‌ای عربستان و اوراسیا صورت می‌گیرد [۱۶] (شکل ۱). بیشینه آهنگ کوتاه‌شدگی ناشی از این همگرایی در پهنه ایران بر اساس اندازه‌گیری‌های GPS حدود ۲۲-۲۵ میلی‌متر بر سال برآورد شده است که از این مقدار حدود ۲-۳ میلی‌متر بر سال در منطقه میان کمربند ارومیه دختر و دامنه جنوبی البرز جای‌داده می‌شود [۷، ۲۶]. کمربند ارومیه دختر با گسله‌های پی‌سنگی فعال یا لرزه‌زایی چون بیدهند، قم زفره، دهشیربافت به‌صورت عرضی بریده و یا کنترل شده‌اند [۲۷] (شکل ۱). برخی محققین [۲۸-۳۰] به رابطه‌ی میان ماگماتیسیم و این گسله‌های امتدادلغز در نوار ماگمایی ارومیه دختر توجه داشته و آنها را بررسی کرده‌اند. به‌طوری‌که عده‌ای معتقدند ماگمای حاصل از فرورانش مایل لیتوسفر اقیانوسی نئوتیس به زیر پهنه‌ی ایران مرکزی در اواخر مزوزوئیک-ابتدای سنوزوئیک، در راستای گسله‌های پی‌سنگی یاد شده، در پوسته رخنه کرده است [۲۸-۲۹]. بررسی‌های زمین‌ساختی و ریخت‌شناسی بیانگر آن است که همگرایی در طول پهنه



شکل (۳): (الف) افق خاک قرمز در زیر روانه گدازه‌های بازالتی-آندزیتی. (ب) دبی منشوری در روانه گدازه بازالتی-آندزیتی. (پ) روانه گدازه‌های ایگنبریتی ریوداسیتی. موقعیت این شکل‌ها بر روی شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۴): تصاویری از رخساره‌ی نفوذی‌های منطقه‌ی تفرش. (الف) توده‌ی نفوذی میکرودیوریتی زاغر، این توده در رسوبات شیل با میان لایه‌های ماسه‌سنگ و آهک ماسه‌ای به سن تریاس نفوذ کرده است. (ب) دایک‌های موازی آندزیت بازالتی درون مارن و آندزیت‌های ائوسن در روستای کهک شرق تفرش. (پ) نمای نزدیک از دایک‌های شرق تفرش. (ت) نمونه‌ای از دایک‌های آندزیت بازالتی شرق تفرش که درون سنگ‌های آهکی کرتاسه تزریق شده است. (ث) نمونه‌ای از دایک غرب تفرش تزریق شده درون روانه گدازه‌های آندزیتی و آگلومرا. (ج) نمای نزدیک تصویر ث. موقعیت هر کدام از شکل‌ها بر روی شکل (۲) نشان داده شده است.

### ۳-۱- نفوذی‌ها

به طوری که فاصله‌ی چندانی از هم نداشته، گاه در یک پیمایش یک کیلومتری با فاصله کمتر از ۲۰۰ متر از هم رخنمون دارند. بر اساس تجمع نسبی، دایک‌های منطقه مورد مطالعه در دو منطقه‌ی شرق و غرب تفرش تجمع دارند (شکل ۲).

این دایک‌ها با ضخامتی حدود ۲-۵ متر و طول حدود ۱۵-۲۰ متر با شیب بیش از ۸۰ درجه از نظر روند، به دو دسته با روند غالب

مجموعه سنگ‌های منطقه با توده‌های نفوذی شامل دسته دایک‌های موازی و توده‌های ساب ولکانیک با ترکیب میکرومونزوگابرو، میکرودیوریت، دیوریت و گرانودیوریت بریده می‌شود (شکل ۴). یکی از ویژگی‌های بارز منطقه‌ی مورد مطالعه، وجود چند دسته دایک موازی است (شکل ۲)

#### ۴-۱-۱- گسله‌ها

**گسله معکوس ایندس:** گسله ایندس به‌عنوان مرز شمال و شمال شرقی منطقه با طول ۱۰۰ کیلومتر با راستای شمال غرب- جنوب شرق با شیب به سمت جنوب غرب (شکل ۲) از چند پاره گسله موازی یکدیگر تشکیل شده است. گسله ایندس یکی از گسل‌های بنیادی و لرزه‌خیز منطقه است و در واحدهای ولکانیکی ائوسن و میوسن قرار گرفته و سبب رانده شدن واحدهای آتش‌فشانی بر روی دشت ساوه شده است. گسله ایندس در بخش‌هایی از طول خود رسوبات آبرفتی کواترنر و پادگانه‌های کهن و جوان را بریده است [۲۷، ۳۲].

**گسله راندگی عزالدین:** گسله معکوس عزالدین (شکل ۲) دارای طول ۱۵ کیلومتر با شیبی حدود ۳۰ درجه به سمت شمال شرق و سازوکار فشاری باعث رانده شدن سنگ‌های آتش‌فشانی ائوسن بر روی سازندهای قرمز زیرین، قم و قرمز بالایی شده است [۳۵]. سازوکار گسله عزالدین موجب حذف واحد رسوبی الیگوسن شده به طوری که تنها در جنوب غرب روستای زورجین رخنمون کوچکی از این واحد بر روی سنگ‌های رسوبی الیگوسن رانده شده است. تاکنون گزارش زمین‌لرزه مشخصی در ارتباط با این گسله ثبت نشده است.

**گسله تفرش:** گسله رانده تفرش با راستای شمال غرب- جنوب شرق و طول ۵۵ کیلومتر از غرب- جنوب غرب شهرستان تفرش می‌گذرد (شکل‌های ۲، ۵-۶). شیب این گسله نزدیک به ۵۰-۴۰ درجه به سمت جنوب غرب است. این گسله به‌طور عمده باعث جای گرفتن سنگ‌های آتش‌فشانی ائوسن بر روی واحدهای جوان‌تر از ائوسن شده است [۸، ۳۵]. در جنوب شرق روستای زاغر خط گسله به‌صورت مشخص در میان سنگ‌های آهکی- ماسه‌ای کرتاسه و سازند نایبند دیده می‌شود (شکل ۵). ادامه جنوب شرقی گسله تفرش در سازند ائوسن کرج ناپدید شده و یا به شاخه‌های فرعی تقسیم می‌شود. ادامه شمال غربی آن نیز در سنگ‌های سازند میوسن قرمز بالایی ناپدید می‌شود. هیچ‌گونه داده سنی دقیق و لرزه‌خیزی از این راندگی در دست نیست.

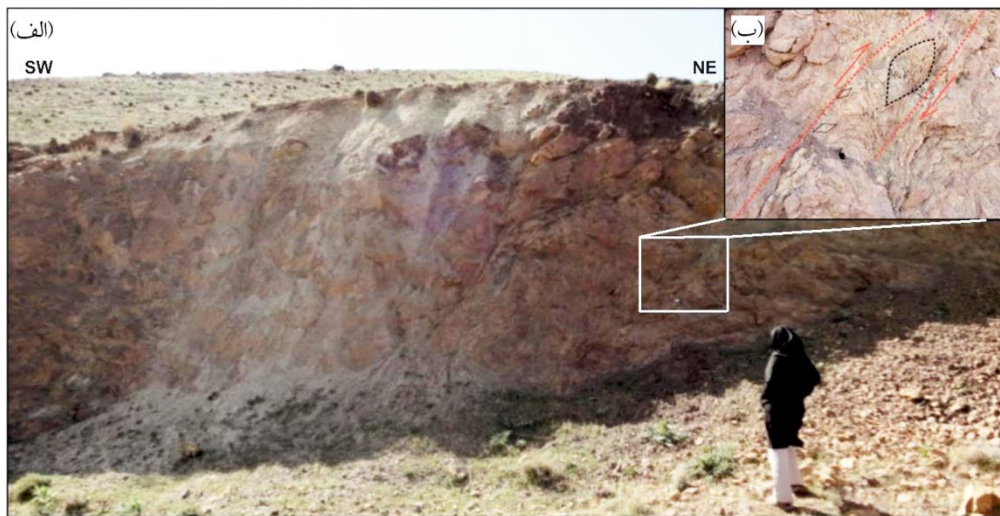
N 20-30 E و N 40-45 W تقسیم می‌شوند [۳۳]. بافت دایک‌های مذکور پورفیریتیک با خمیره میکرو کریستالین، میکرولیتی و اینترسال حاکی از شرایط نیمه‌عمیق تا تقریباً سطحی است [۳۴]. دایک‌های دسته اول با روند N 40-45 W از نوع نیمه‌عمیق با ترکیب دلریت و گابرو دیوریت پورفیری در اطراف روستاهای گیان و لالابین برون‌زد دارند و واحدهای ائوسن و قدیمی‌تر را بریده‌اند. درحالی‌که دسته دوم با روند N 20-30 E از نوع دایک‌های کم‌عمق با ترکیب هورنبلند آندزیت، آندزیت بازالتی و بازالت آندزیتی، سنگ‌های آتش‌فشانی- رسوبی میوسن، سازند قم و سازند قرمز پایینی را نیز بریده‌اند [۳۳] (شکل ۲). دگرسانی دایک‌های دسته دوم چشمگیر بوده و به شدت اپیدوتی و کلریتی شده‌اند. شواهد روند دایک‌های منطقه، واحدهای دربرگیرنده و خاستگاه، نشان‌دهنده نفوذ آنها در چند مرحله است. دایک‌های نفوذی از جمله عناصر ساختاری هستند که در داخل شکستگی‌های کششی جای می‌گیرند و روند آنها از جهت تنش‌های اصلی در زمان شکل‌گیری پیروی می‌کند و الگوی تکوین ساختاری و سیستم تنش و واتنش حاکم بر منطقه را ارائه می‌دهند. دایک‌های نفوذی گستره مورد مطالعه نیز نشان‌دهنده شکستگی‌های کششی بوده و در تحلیل ساختاری منطقه کمک‌کننده خواهد بود.

#### ۴- عناصر ساختاری منطقه مورد مطالعه

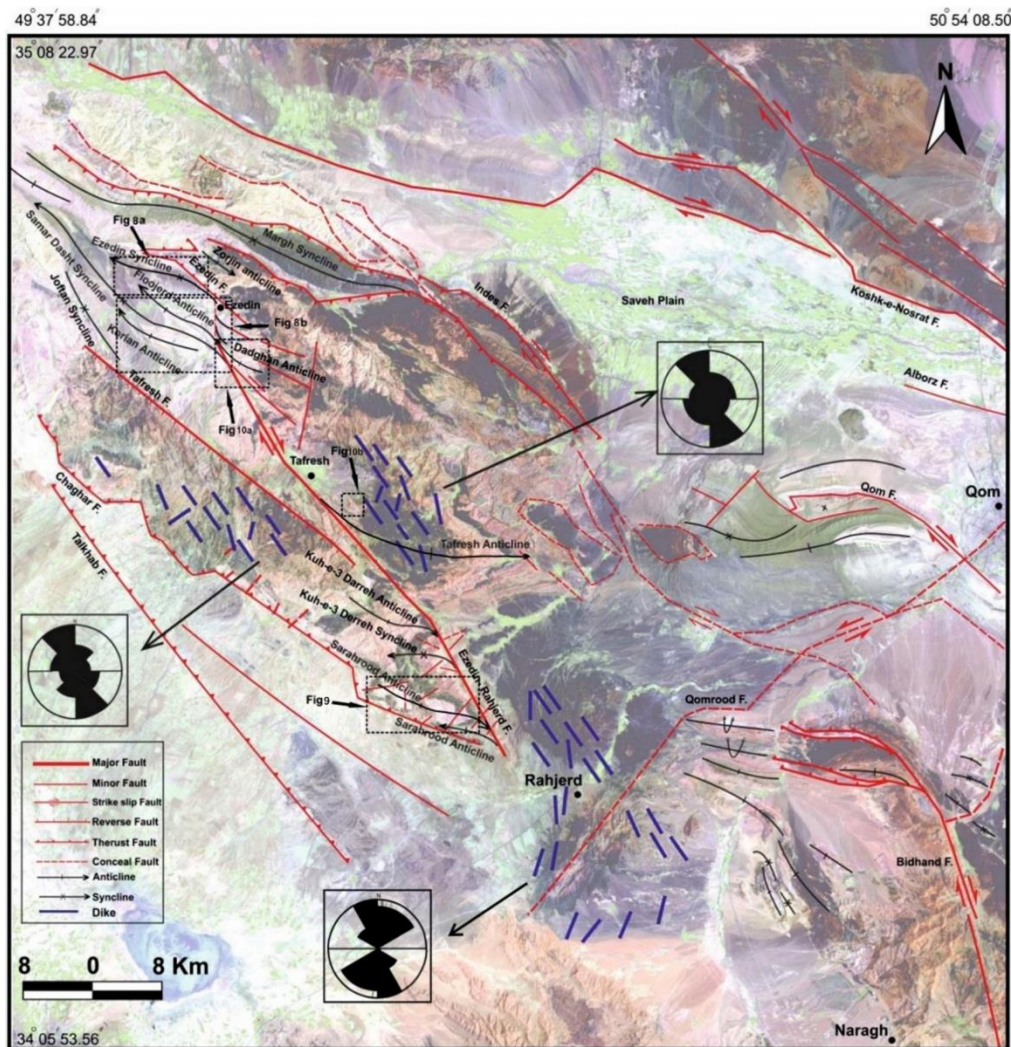
ساختارهای منطقه مورد مطالعه را می‌توان بر اساس مقیاس رخنمون به دو گروه تقسیم کرد: گروهی شامل ساختارهای اصلی و بزرگ مقیاس هستند که بر روی تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی قابل شناسایی هستند و گروه دیگر شامل ساختارهای فرعی و کوچک مقیاس هستند که در مقیاس رخنمون و مشاهدات صحرایی قابل شناسایی هستند.

#### ۴-۱- ساختارهای اصلی

ساختارهای اصلی در منطقه شامل گسل‌های معکوس و راندگی و چین‌هایی با راستای عمومی کمربند ارومیه دختر (شمال غرب- جنوب شرق) هستند که در ادامه به معرفی آنها می‌پردازیم.



شکل (۵): پهنه گسلی تفرش با جهت دید به سمت شمال غرب، حرکت معکوس گسله با ساختارهای لیزی شکل بر روی شکل مشخص شده است. موقعیت شکل بر روی شکل (۲) نشان داده شده است.



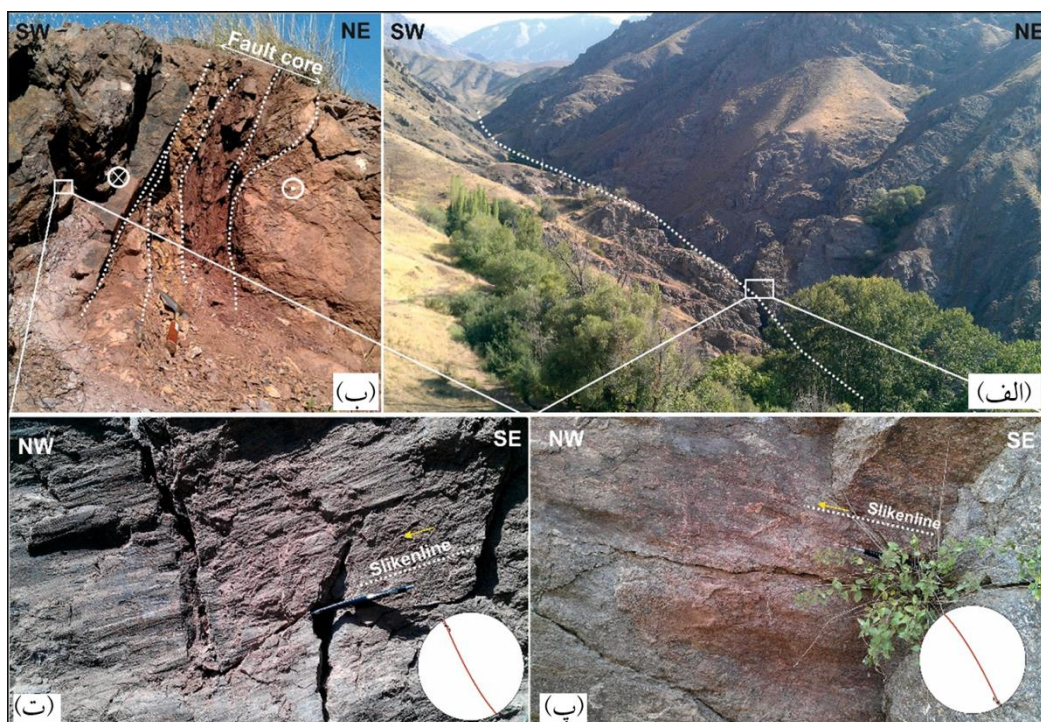
شکل (۶): نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر ماهواره‌ای که بر روی آن ساختارهای اصلی منطقه شامل گسل‌ها و چین‌ها و نیز روند دایک‌ها نشان داده شده است. رز دیاگرام‌ها روند دایکهای موجود در منطقه را نشان می‌دهد.

به بریدگی نهشته‌های کوتاه‌تر با گسله تلخاب آن را یک گسله کوتاه‌تری می‌توان دانست. هیچ‌گونه داده سنی دقیق و لرزه‌خیزی از این گسله در دست نیست.

**گسله عزالدین-راهجرد:** گسله عزالدین-راهجرد برای بار نخست در این مقاله معرفی می‌شود. این گسله از روستای عزالدین آغاز و از روستاهای دادغان، مشهد، بازرگان، آمره و موچان و شهر تفرش می‌گذرد و تا نزدیکی روستای راهجرد ادامه می‌یابد و اثر آن به صورت خطی بر روی تصاویر ماهواره‌ای مشخص است (شکل ۶). این گسله باعث جابه‌جایی واحدهای کرتاسه تا واحدهای جوان‌تر از ائوسن شده است. گسل‌های تفرش و چاقر با برخورد به این گسله محدود شده و به سمت جنوب شرق ادامه ندارند (شکل ۲). قدیمی‌ترین سنگ‌هایی که با این گسله بریده شده‌اند واحدهای تریاس و جوان‌ترین نهشته‌ها مربوط به کوتاه‌تری است. برداشت خش لغزش سطح گسله و پهنه دگرریختی آن، معرف حرکت راست‌بر گسله عزالدین-راهجرد است (شکل ۷). در ادامه به بررسی بیشتر پهنه ساختاری این گسله می‌پردازیم.

**راندگی چاقر:** گسله رانده چاقر با طول ۱۵ کیلومتر و راستای شمال غرب- جنوب شرق (شکل ۶) و شیب حدود ۲۵-۲۰ درجه به سوی شمال شرقی است [۸-۹]. این گسله باعث راندگی بخش‌هایی از سنگ‌های آهک، آهک ماسه‌ای، توف و مارن به سن ائوسن بر روی نهشته‌های مارن و سنگ‌آهک ائوسن و سنگ‌آهک و مارن الیگومیوسن شده است. این گسله مابین گسله تفرش در شمال شرق و گسله تلخاب در جنوب غرب قرار دارد و ناودیس تلخاب در فرادواره آن شکل گرفته است.

**راندگی تلخاب:** گسله رانده تلخاب با طول ۱۱۴ کیلومتر به‌عنوان مرز جنوب غربی منطقه با روند شمال غرب- جنوب شرق (شکل ۶)، شیبی حدود ۳۵-۲۰ درجه به سوی شمال شرق باعث راندگی سنگ‌های آتشفشانی ائوسن کرج و سازند قم بر روی سنگ‌های الیگو- میوسن کرج و سازندهای شمشک و لار و پادگانه‌های قدیمی کوتاه‌تر شده است [۸، ۱۰]. به سوی شمال غرب گسله وارد سازند کرج شده و به سمت جنوب شرق مرز میان سازند قم و پادگانه‌های قدیمی کوتاه‌تر را می‌سازد. با توجه



شکل (۷): (الف) دره گسلی عزالدین-راهجرد در مسیر رودخانه تفرش، دید به سمت شمال غرب، (ب) پهنه دگرریختی گسله امتداد لغز عزالدین-راهجرد در نزدیکی روستای دادغان، دید به سمت شمال غرب، (پ و ت) صفحات گسلی و خش لغز معرف حرکت راست‌بر گسله، دید به سمت شمال شرق. استریونت موقعیت صفحه گسلی و سازوکار آن را نشان می‌دهند. موقعیت این شکل‌ها بر روی شکل (۲) نشان داده شده است.



#### ۴-۱-۲- چین خوردگی‌ها

##### چین‌های واقع در قسمت غربی پایانه شمالی گسله عزالدین-

**راهجرد:** تاقدیس‌های زورجین، فلوجرد و کوریان و ناودیس‌های عزالدین، سردشت و جفتان در غرب پایانه شمالی گسله عزالدین- راهجرد واقع است (شکل ۶). روند این چین‌ها تقریباً شمال غرب-جنوب شرق است که در مواجهه با گسله عزالدین- راهجرد روند محور آنها دچار خمش راست‌بر شده است. شکل (۸) به‌عنوان نمونه تغییر روند محور چین‌های عزالدین، فلوجرد، سردشت و کوریان را در برخورد با گسله عرضی- برشی عزالدین- راهجرد نشان می‌دهد.

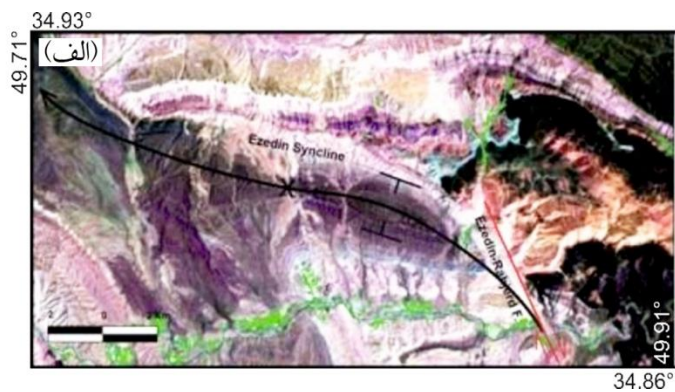
##### چین‌های واقع در شرق گسله عزالدین- راهجرد: تاقدیس‌های

تفرش و دادغان و ناودیس جنوب کهک در شرق گسله عزالدین- راهجرد واقع شده است (شکل ۶). روند محور این چین خوردگی‌ها

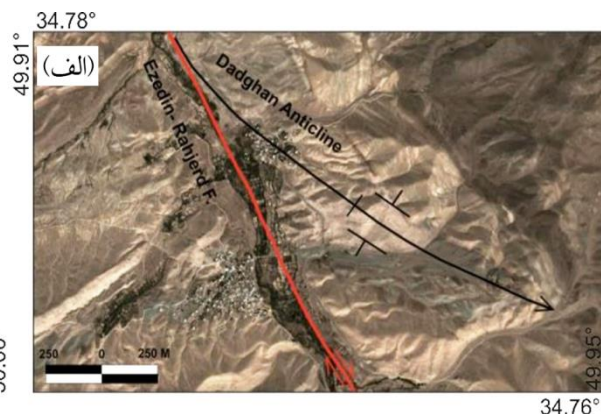
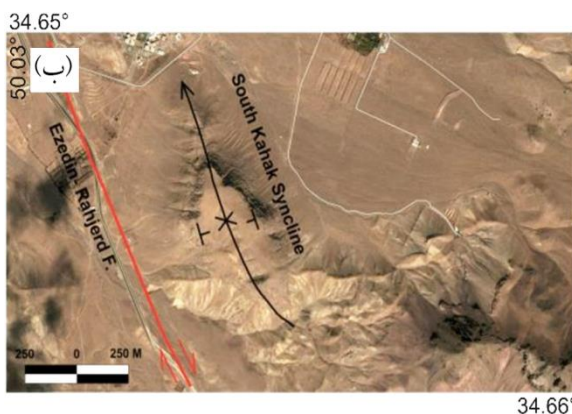
در شرق گسله عزالدین- راهجرد، در مواجهه با گسله دچار خمش راست‌بر شده و با روند گسله هم‌سو می‌شود. این چین‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای شکل (۹) نشان داده شده است.

##### چین‌های واقع در قسمت غربی پایانه جنوبی گسله عزالدین-

**راهجرد:** تاقدیس‌های سرهرود و کوه سه‌دره و ناودیس‌های سرهرود و کوه سه‌دره در غرب پایانه جنوبی گسله عزالدین- راهجرد (شکل ۶) واقع است. روند این چین خوردگی‌ها تقریباً شمال غرب-جنوب شرق است و در روبه‌روی/برخورد با گسله عزالدین- راهجرد تغییر روند داده و روندشان با روند گسله هم‌سو می‌شود. به‌عنوان مثال شکل (۱۰) تاقدیس سرهرود در شرق روستای سرهرود را نشان می‌دهد که هسته آن از مارن‌های انوسن تشکیل شده است و از نوع چین دو سویه نامتقارن است و محور آن تحت تأثیر فعالیت گسله عزالدین- راهجرد تغییر روند داده است.



شکل (۸): (الف) ناودیس عزالدین در پایانه شمالی و غرب گسله عزالدین- راهجرد و (ب) ناودیس سردشت، تاقدیس‌های فلوجرد و کوریان در پایانه شمالی و غرب گسله عزالدین- راهجرد و تاقدیس دادغان در شرق گسله عزالدین- راهجرد. روند محور این چین‌ها در مواجهه با گسله عزالدین- راهجرد تغییر روند داده و با گسله موازی می‌شوند. موقعیت این چین‌ها بر روی شکل (۶) مشخص شده است.



شکل (۹): (الف) تغییر روند محور چین‌های دادغان و جنوب کهک، (ب) در مجاورت گسله عرضی- برشی عزالدین- راهجرد.

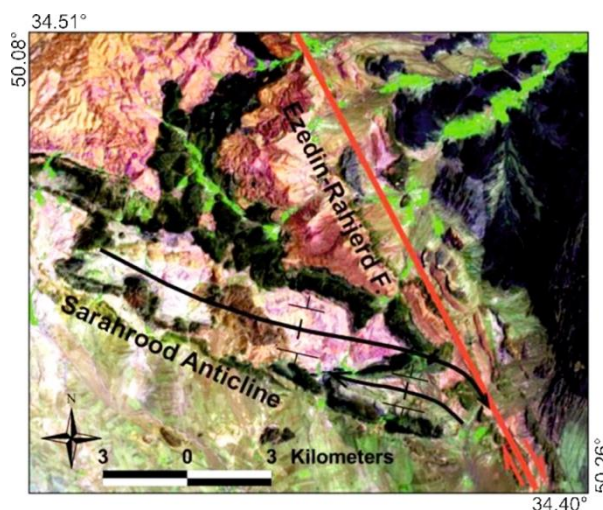
معکوس و امتدادلغز در پهنه گسله عزالدین - راهجرد برداشت شد که در ادامه به معرفی آنها می پردازیم.

#### ۴-۲-۱- چین های فرعی

در بررسی های صحرایی، چین های فرعی، در مجاورت گسله عرضی - برشی عزالدین - راهجرد و در پایانه های شمالی و جنوبی و بخش های میانی گسله مشاهده و برداشت گردیدند. شکل (۱۱) نمونه ای از این چین خوردگی ها به همراه موقعیت محوری آنها بر روی استریونت را نشان می دهد. می توان گفت روند محوری این چین های فرعی تقریباً شرقی - غربی است.

#### ۴-۲-۲- گسل های معکوس

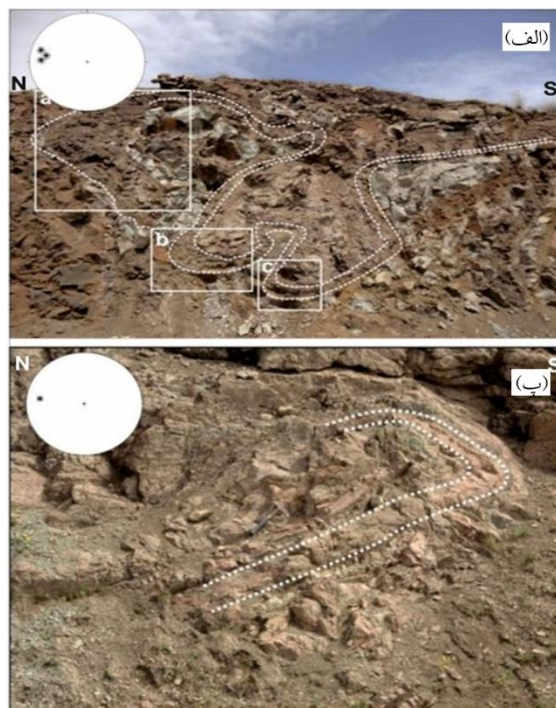
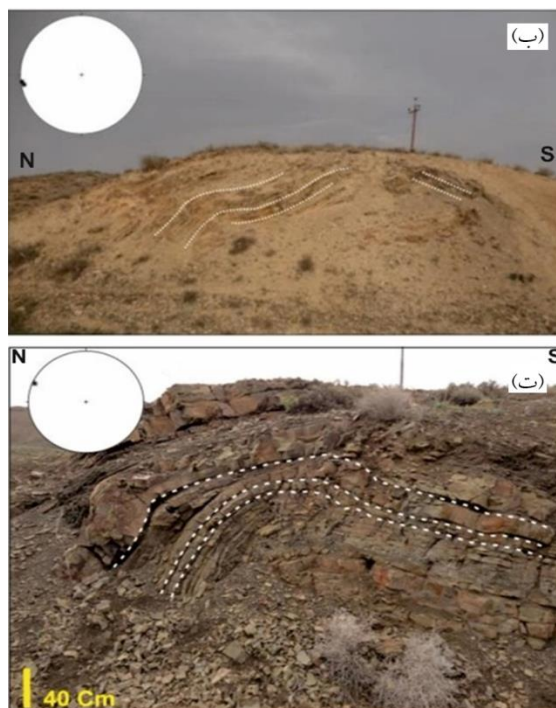
چند نمونه از گسل های فرعی با سازوکار فشاری و برداشت شده در مجاورت گسله عرضی - برشی عزالدین - راهجرد، در شکل (۱۲) نشان داده شده است. امتداد سطح این گسل ها همانند روند محور چین های فرعی، شرقی - غربی است و بیشتر در غرب پایانه شمالی و بخش های میانی گسله عرضی - برشی رخنمون دارند.



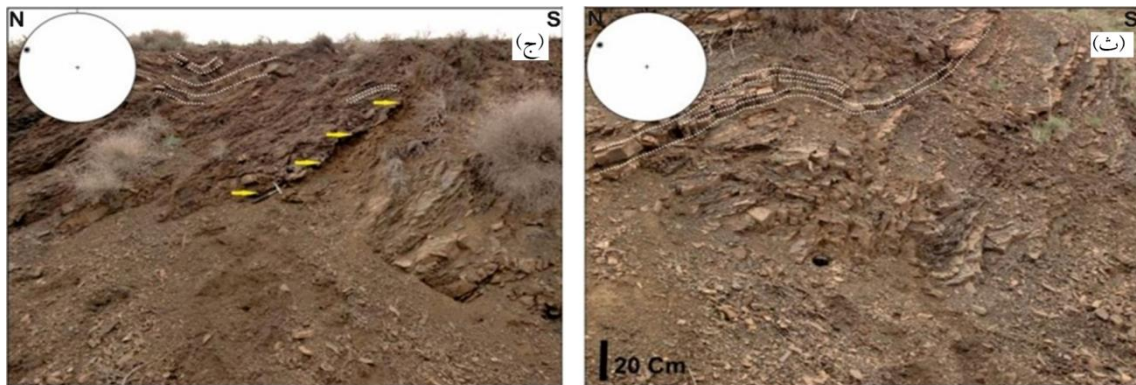
شکل (۱۰): تاقدیس سرهرود واقع در غرب پایانه جنوبی گسله عزالدین - راهجرد. خمس محور چین در مواجهه با گسله و همسو شدن آن با روند گسله مشهود است.

#### ۴-۲-۳- ساختارهای فرعی

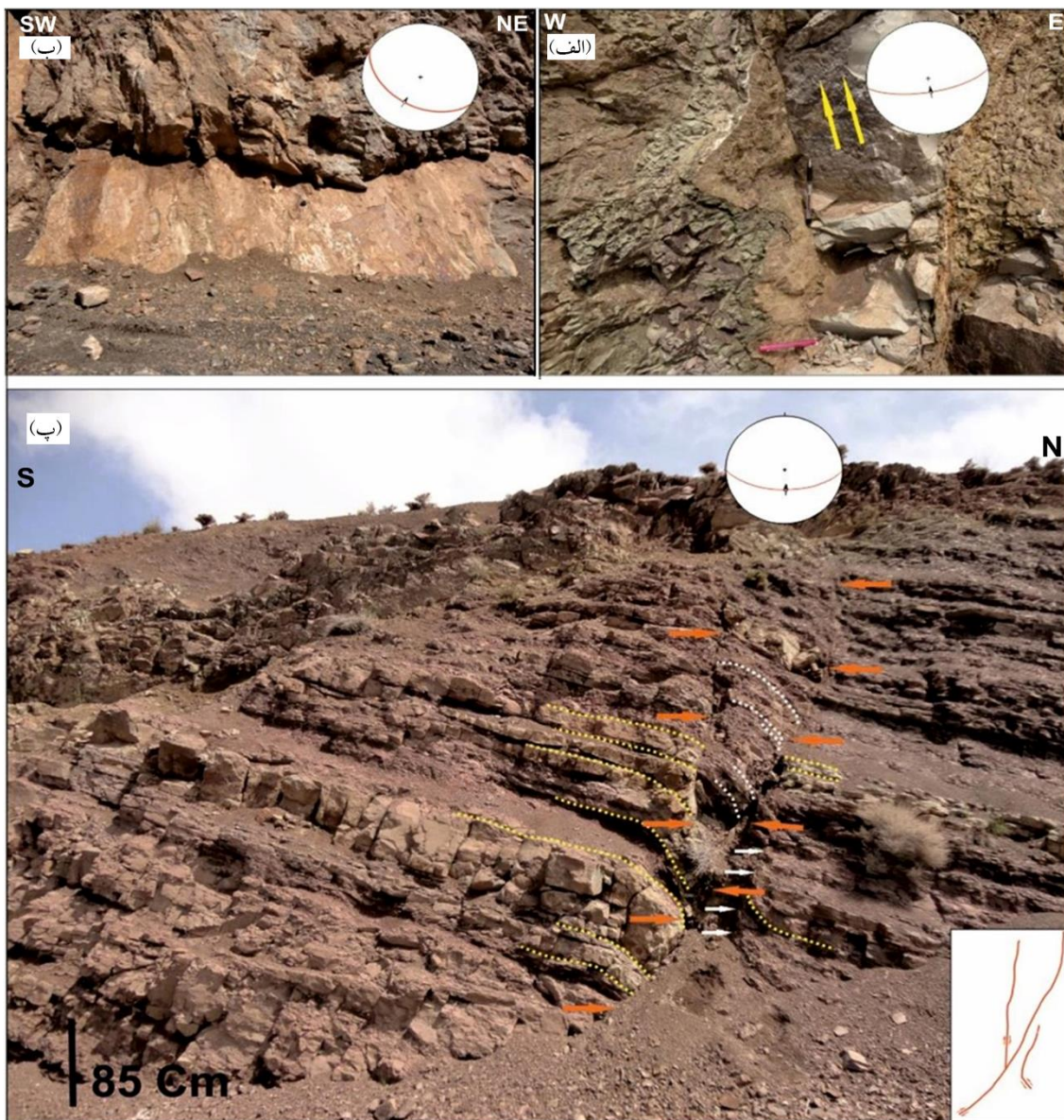
ساختارهای فرعی تنها در مشاهدات صحرایی قابل شناسایی هستند. در پیمایش های صحرایی از طول و عرض منطقه مورد مطالعه ساختارهای فرعی شامل چین خوردگی ها و گسل های



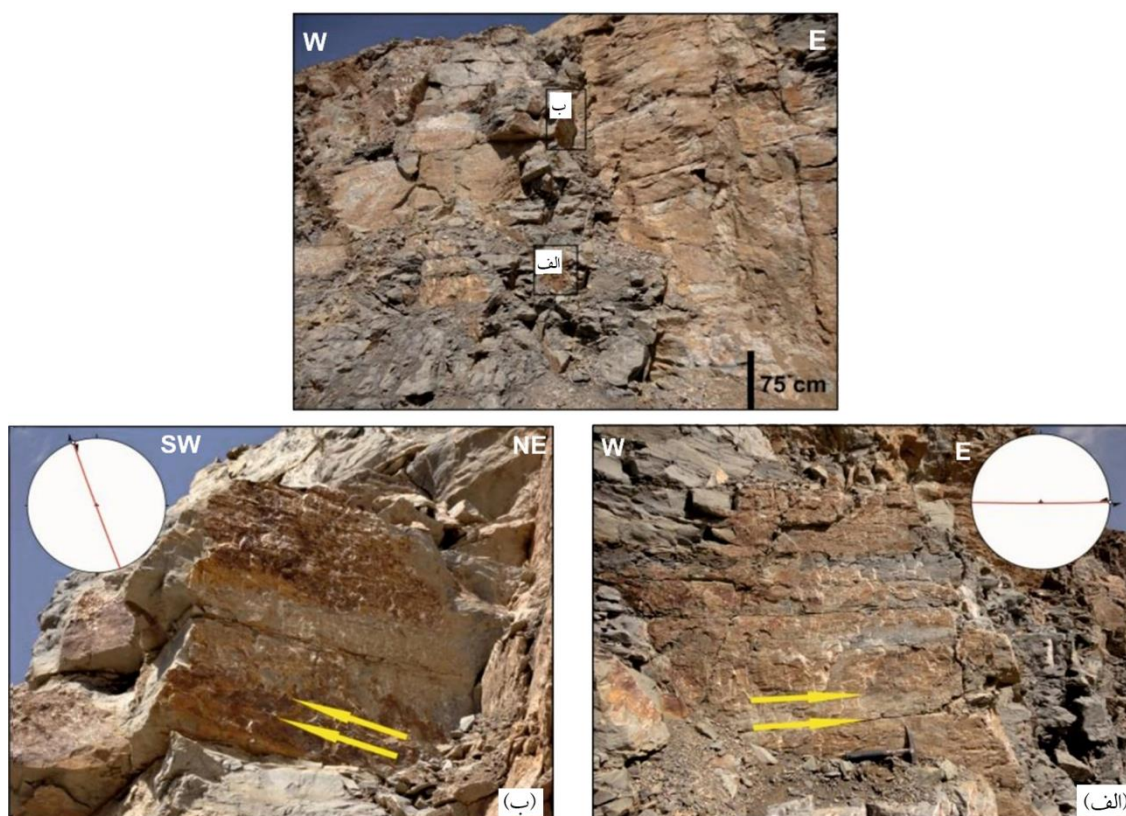
شکل (۱۱): نمونه ای از چین های فرعی منطقه مورد مطالعه در پایانه شمالی گسله عزالدین - راهجرد (الف و ب)، در بخش میانی گسله (پ) و در مجاورت پایانه جنوبی گسله (ت، ث، ج). استریونت ها موقعیت محور چین های فرعی را نشان می دهد. جهت دید عکس ها به سمت غرب و به موازات محور چین ها است. موقعیت این چین ها بر روی شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۱۱): ادامه



شکل (۱۲): نمونه‌ای از گسل‌های معکوس فرعی منطقه مورد مطالعه که در پایانه شمالی گسله عزالدین- راهجرد - (الف) با جهت دید به سمت شمال و در بخش میانی گسله (ب) با جهت دید به سمت شمال غرب و (پ) با جهت دید به سمت غرب- رخنمون دارند. استریونتها موقعیت صفحات گسلی و سازوکار آنها را نشان می‌دهد. موقعیت این شکل‌ها بر روی شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۱۳): نمونه‌ای از گسل‌های امتدادلغز فرعی منطقه مورد مطالعه. (الف) امتدادلغز چپ بر با جهت دید به سمت شمال و (ب) امتدادلغز راست بر با جهت دید به سمت شمال غرب که در بخش میانی گسله عزالدین-راهجرد رخنمون دارند. استریونت‌ها موقبت صفحات گسلی و سازوکار آنها را نشان می‌دهد. موقبت این شکل‌ها بر روی شکل (۲) نشان داده شده است.

ارومیه-دختر را قطع می‌کند (شکل‌های ۲ و ۶). اثر دگرریختی این پهنه عرضی-برشی بر روند ساختارهای اصلی منطقه اعم از چین‌ها و گسل‌ها؛ با روند غالب شمال غرب-جنوب شرق که حاصل جنبش زمین‌ساختی آلپی هستند؛ به‌صورت خمش محور چین‌ها و تغییر روند یا قطع‌شدگی گسل‌های معکوس است (شکل ۱۴). علاوه بر ساختارهای اصلی که متأثر از فعالیت گسله عرضی-برشی عزالدین-راهجرد هستند، ساختارهای فرعی منطقه، محدود به پهنه گسلی است و در اثر فعالیت این پهنه ایجاد شده‌اند (شکل ۱۴). خمش راست بر محور چین‌های اصلی، روند تقریبی شرقی-غربی چین‌ها و گسل‌های معکوس فرعی و وجود گسل‌های فرعی امتدادلغز به‌صورت همسو و ناهمسو با پهنه برشی، شواهدی بر فعالیت امتدادلغزی راست بر گسله عرضی-برشی عزالدین-راهجرد است. در چنین پهنه عرضی-برشی راست بر، توسعه شکستگی‌های کششی با روند  $N_{20} - N_{30}$  دور از انتظار نیست [۳۶] (شکل ۱۴).

#### ۴-۲-۳- گسل‌های امتدادلغز

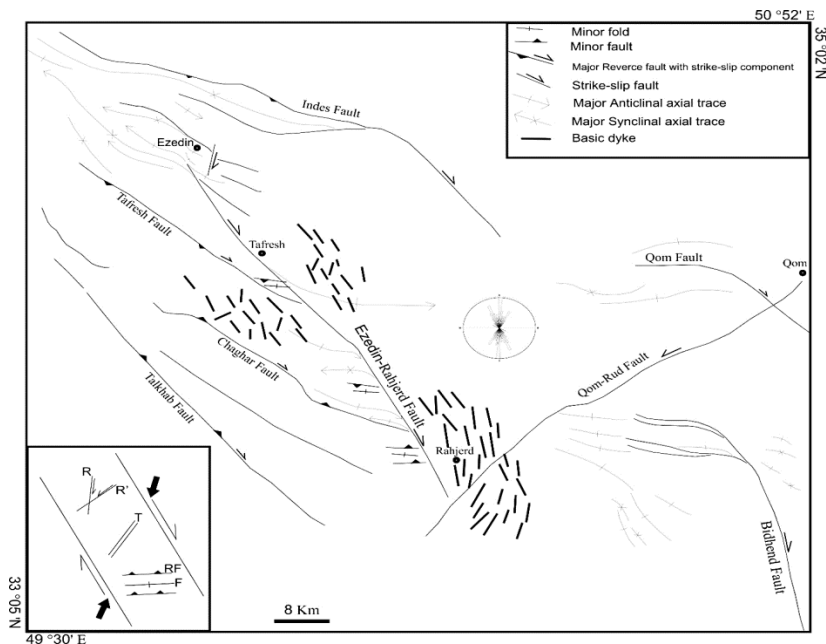
گسل‌های امتدادلغز از جمله ساختارهای فرعی منطقه مورد مطالعه هستند که همانند سایر ساختارهای فرعی بیشتر در مجاورت گسله عرضی-برشی رخنمون دارند. این گسل‌ها به دو صورت راست بر با روند  $N_{05}$  تا روند موازی گسله عزالدین-راهجرد و چپ بر با روند  $N_{05}$  تا  $N_{08}$  برداشت شد. نمونه‌ای از این گسل‌ها که در بخش میانی گسله عزالدین-راهجرد برداشت شده‌اند در شکل (۱۳) آمده است.

#### ۵- بحث

##### ۵-۱- شواهد ساختاری و جنبشی گسله عرضی-برشی

##### عزالدین-راهجرد

مطالعه تصویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد پهنه گسلی عزالدین-راهجرد با روند کلی  $N_{15}$  به‌صورت عرضی، کمان‌ماگمایی



شکل (۱۴): نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه. آرایش ساختارهای اصلی و فرعی نسبت به گسله عرضی- برشی عزالدین- راهجرد، حرکت امتداد لغز راست بر این گسله را نشان می‌دهد. رز دیاگرام روند دایک‌های نفوذی منطقه بر روی نقشه آمده است. R: گسله همسو یا ریدل؛ R': گسله ناهمسو یا آنتی ریدل؛ T: شکستگی کششی؛ RF: گسله معکوس و F: چین در یک پهنه برشی راست بر.

جنوب جریان دارد و از روستاهای بارزجان، دادغان و عزالدین می‌گذرد و بعد از گذر از شهر تفرش در جلایر با رودخانه قره‌چای یکی می‌شود.

#### ۵-۲-۲- شواهد لرزه‌خیزی

از دیدگاه لرزه‌خیزی، منطقه مورد مطالعه در ایالت لرزه‌خیز ایران مرکزی واقع است. زمین‌لرزه‌های دستگاهی منطقه (شکل ۱۶) مراکز سطحی زمین‌لرزه‌های با بزرگای  $2 < Mw < 6$  را نشان می‌دهد. با مقایسه روند گسله‌های مهم منطقه مورد مطالعه و مراکز سطحی زمین‌لرزه‌ها، فراوانی ابرگونه‌ای بین گسله عزالدین- راهجرد و گسله ایندس و نیز فراوانی ابرگونه دیگر ما بین گسله چاقر و تلخاب مشاهده می‌شود. علاوه بر آن، مراکز سطحی زمین‌لرزه‌های با بزرگای  $2 < Mw < 4$  پیرامون گسله عزالدین- راهجرد فراوانی ابرگونه‌ای دارند. هرچند با توجه به خطای مکان‌یابی بالای این گونه رخداد‌های کوچک، نمی‌توان به‌درستی چشمه‌مسبب آنها را تعیین کرد؛ اما چنین ابری نباید بی‌معنا باشد و ممکن است نشان از فعالیت امروزی این گسله و گسله‌های اطراف آن داشته باشد.

لذا می‌توان بیان داشت دایک‌های دسته دوم با روند N 20-30 E که از نوع دایک‌های کم‌عمق هستند، علاوه بر سنگ‌های قدیمی، سنگ‌های آتش‌فشانی- رسوبی میوسن، سازند قم و سازند قرمز پایینی را نیز بریده‌اند و در داخل این شکستگی‌های کششی حاصل از فعالیت گسله عرضی- برشی جای گرفته‌اند. درحالی‌که به نظر می‌رسد دایک‌های دسته اول با روند N 40-45 W که از نوع نیمه‌عمیق بوده و واحدهای قدیمی‌تر از ائوسن را بریده‌اند، نسبت به دایک‌های دسته دوم قدیمی‌تر و در اثر ساختارهای اصلی کمر بند ماگمایی ارومیه- دختر ایجاد شده باشند.

#### ۵-۲- شاخص‌های پتانسیل فعالیت جوان گسله عرضی-

##### برشی عزالدین- راهجرد

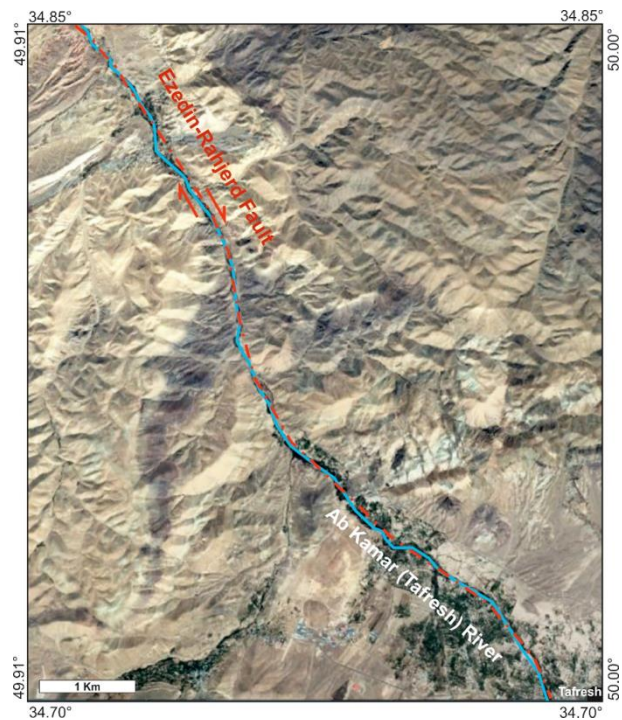
#### ۵-۲-۱- شواهد زمین‌ریخت‌شناسی

مهم‌ترین عارضه زمین‌ریخت‌شناسی که در راستای گسله عزالدین- راهجرد مشاهده می‌شود انطباق مسیر رودخانه آب کمر (تفرش) به‌عنوان رودخانه اصلی منطقه بر روند این گسله است (شکل ۱۵). رودخانه آب کمر که از بلندی‌های گیان سرچشمه می‌گیرد در امتداد گسله عزالدین- راهجرد از شمال به سمت

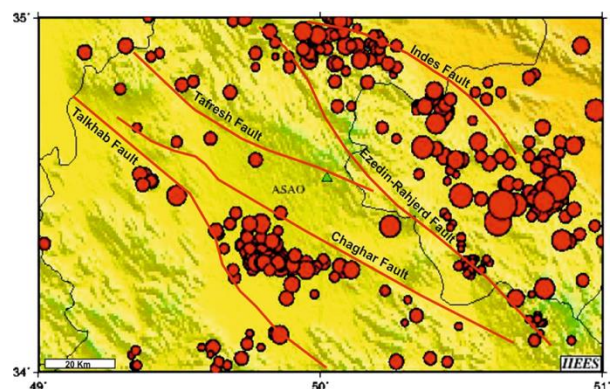
برداشت های میدانی نشان داد که تأثیر فعالیت این گسله در کمر بند ارومیه دختر به صورت تغییر روند ساختارهای اصلی همانند خمش محور چین ها و تشکیل ساختارهای فرعی با روندی متفاوت از روند ساختارهای اصلی بوده است. برداشت ویژگی های هندسی و جنبشی ساختارها گویای حرکت راست بر گسله عرضی - برشی عزالدین - راهجرد است. این گسله بر روی تصویر ماهواره ای نیز به صورت خطی منطبق بر روند رودخانه آب کمر (تفرش) مشخص است. انطباق مرکز سطحی زمین لرزه ها بر روی این گسله، اهمیت شناسایی و معرفی این پهنه گسلی را در مطالعات لرزه خیزی منطقه نشان می دهد. گسله عزالدین - راهجرد یکی از گسله های راست بر عرضی - برشی با پتانسیل فعالیت در کمر بند ارومیه دختر است که هم راستا با گسله های فعال بیدهند، قم زفره و دهشیر [۳۷، ۳۰] (شکل ۱) با آرایش پله ای نسبت به هم سبب بریده شدن کمر بند ارومیه دختر شده است. گسله عزالدین - راهجرد می تواند به عنوان یک گسله مهم در تحلیل خطر لرزه ای منطقه تفرش و مناطق هم جوار نقش داشته باشد. از این رو، بررسی های کامل تر برای تعیین آهنگ فعالیت و توان لرزه زایی گسله، ضروری است.

### مراجع

- Zanchi, A., Zanchetta, S., Balini, M., and Ghassemi, M.R. (2016) Oblique convergence during the Cimmerian collision: Evidence from the Triassic Aghdarband Basin, NE Iran. *Gondwana Research*, **38**, 149-170.
- Pirozi, H., Davoodi, Z., and Asiabanha, A. (2015) Tectonic setting of the analcime basalts of Taleghan area. *33<sup>th</sup> Geosciences Congress, Geological Society of Iran, Tehran* (in Persian).
- Davoodi, Z. (2016) Influence of the basement strike-slip fault on the 2005 and 2014 Earthquakes, Qeshm Island, Iran. *Journal of Seismology and Earthquake Engineering*, **18**(4), 219-230.
- Cornell, C.A. (1968) Engineering seismic risk analysis. *Bull. Seis. Soc. Am.*, **58**(5), 1583-1606.
- Talebian, M., Biggs, J., Bolourchi, M., Copley, A.,



شکل (۱۵): تصویر ماهواره ای لندست ۷ (ETM+) از انطباق مسیر رودخانه آب کمر (تفرش) با راستای گسله عزالدین - راهجرد.



شکل (۱۶): مرکز سطحی زمین لرزه های دستگاهی در بازه زمانی ۱۹۴۵ تا ۲۰۱۸ با  $M_w = 2-6/2$  در منطقه مورد مطالعه (برگرفته از IIEES). روند گسله های مهم منطقه از جمله گسله عزالدین - راهجرد با خط قرمز بر روی نقشه نشان داده شده است.

### ۶- نتیجه گیری

سنگ های آتشفشانی سنوزوئیک منطقه تفرش به سن ائوسن که به طور دگرشیب با سازندهای سرخ زیرین و بالایی و سازند قم پوشیده شده اند، با گسله عرضی - برشی عزالدین - راهجرد با راستای  $N-150$  و طول ۷۰ کیلومتر بریده شده است. بررسی الگو و هندسه ساختارها به کمک تصویر ماهواره ای و

- Abdolghafourian, M., Hajian, M., Waples, D., Warren, J., Otterdoorn, H., Srisuriyon, K., and Kazemi, H. (2009) Structural development of a major late Cenozoic basin and transpressional belt in central Iran: the central basin in the Qom-Saveh area. *Geosphere*, **5**, 1-38.
16. Stöcklin, J. (1974). Possible ancient continental margins in Iran. In: *The Geology of Continent Margins* (Eds. Burke, C.A. and Darke, C.L.), 873-887.
17. Farhoudi, G.H. (1978) A comparison of Zagros geology to island-arcs. *Journal of Geology*, **86**, 323-334.
18. Berberian, M. (1981) The south Caspian: a compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust. *Canadian Journal of Earth Science*, **20**, 163-183.
19. Berberian, M. and King, G. (1981) Towards a palaeogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **18**, 210-265.
20. Berberian, F., Muir, F.I.D., Pankhurst, R.J., and Berberian, M. (1982) Late cretaceous and early Miocene Andean type plutonic activity in northern Makran and central Iran. *Journal of Geological Society*, **139**, 605-614.
21. Alavi, M. (1994) Tectonic of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics*, **229**, 211-238.
22. Shahabpour, J. (2005) Tectonic evolution of the orogenic belt located between Kerman and Neyriz. *Journal of Asian Earth Sciences*, **24**, 405-417.
23. Ghasemi, A. and Talbot, C.J. (2006) A new scenario for the Sanandaj-Sirjan zone (Iran). *Journal of Asian Earth Sciences*, **26**, 683-693.
24. Alavi, M. (2007) Structures of the Zagros fold thrust belt in Iran. *American Journal of Science*, **307**, 1064-1095.
25. Hassanzadeh, J. (1993) *Metallogenic and Tectono-Magmatic Events in the SE Sector of the Cenozoic Active Continental Margin of Iran*. Ph.D. Thesis, University of California, Los Angeles.
26. Nilforoushan, F., Vernant, P., Masson, F., Vigny, C., Martinod, J., Abbassi, M., Nankali, H., Gassemi, A., Ghorashi, M., Hollingsworth, J., Jackson, J., Nissen, E., Oveisi, B., Parsons, B., Priestley, K., and Saiidi, A. (2006) The Dahuyeh (Zarand) earthquake of 2005 February 22 in central Iran: reactivation of an intra-mountain reverse fault. *Geophysical Journal International*, **164**, 137-148.
6. Sella, F., Dixon, H., and Mao, A. (2002) REVEL: A model for Recent plate velocities from space geodesy. *Journal of Geophysical Research*, 107(B4).
7. Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abassi, M., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ghafory-Ashtiany, M., Bayer, R., Tavakoli, F., and Chéry, J. (2004) Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. *Geophys. J. Int.*, **157**, 381-398.
8. Kohansal, R. and Radfar, J. (2003) *Geological Map of Farmahin in 1:100000*, Geological Survey of Iran.
9. Alai Mahabadi, S. (2000) *Geological Map of Salafcheghan in 1:100000*, Geological Survey of Iran.
10. Radfar, J. and Kohansal, R. (2004) *Geological Map of Arak in 1:100000*, Geological Survey of Iran.
11. Hadjian, J. (1970) *Geological Map of Tafresh in 1:100000*, Geological Survey of Iran.
12. Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., and Mouthereau, F. (2005) Convergence history across Zagros (Iran): constraints from collisional and earlier deformation. *International Journal of Earth Sciences*, **94**, 401-419.
13. Allen, M. and Armstrong, H.A. (2008) Arabia-Eurasia collision and the forcing of Mid-Cenozoic global cooling. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **265**(1), 52-58.
14. Horton, B.K., Hassanzadeh, J., Stockli, D.F., Axen, G.J., Gillis, R.J., Guest, B., Amini, A., Fakhari, M.D., Zamanzadeh, S.M., and Grove, M. (2008) Detrital zircon provenance of Neoproterozoic to Cenozoic deposits in Iran: Implications for chronostratigraphy and collisional tectonics. *Tectonophysics*, **451**(1-4), 97-122.
15. Morley, C.K., Kongwung, P., Julapour, A.,

37. Nadri, R., Mohajjel, M., and Bahroudi, A. (2010) Bidhand strike-slip fault system (South of Qom). *Geosciences*, **18**(74), 177-184 (in Persian).

### واژه‌نامه

Transverse Fault	۱- گسله عرضی - برشی
Major Structure	۲- ساختار اصلی
Minor Structure	۳- ساختار فرعی
En-echelon Arrangement	۴- آرایش ناهم‌ردیف یا نردبانی
Geomorphology	۵- زمین‌ریخت‌شناسی
Seismic Source	۶- چشمه لرزه‌ای

- Hatzfeld, D., Bayer, R., Tavakoli, F., Ashtiani, A., Doerflinger, E., Daignières, M., Collard, P., and Chéry, J. (2003) GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran. *Journal of Geodesy*, **77**, 411-422.
27. Berberian, M. (1976) *Documented Earthquake Faults in Iran*. Rep. 39, Geological Survey of Iran, Tehran (in Persian).
28. Nogol-e Sadat, M.A.A. (1978) *Shear Zones and Structural Bending in Iran, Achievements of Structural Analysis of Qom Area*. Rep.55, Geological Society of Iran, Tehran (in Persian).
29. Mohajjel, M. (2000) Role of the en-echelon extensional spaces in intrusive of igneous rocks in Kashan-Ardestan area, a pattern for formation of the Urmia-Dokhtar magmatic arc. *19<sup>th</sup> Geosciences Congress*, Geological Society of Iran, Tehran (in Persian).
30. Mohajjel, M. and Porouhan, N. (2005) Geometry and kinematics of Qom-Zefreh fault system and its significance in transpression tectonics. *Geosciences*, **14**(59), 167-173 (in Persian).
31. Meyer, B., Mouthereau, F., Lacombe, O., and Agard P. (2006) Evidence of Quaternary activity along the Deshir Fault: implication for the Tertiary tectonics of Central Iran. *Geophys. J. Int.*, **164**, 192-201.
32. Emami, M. and Hadjian, J. (1370) *Geological Map of Qom in 1:250000*, Geological Survey of Iran.
33. Khademi, F. (2014) *The Study of Facies and Geochemistry of Magmatic Rocks in the Shahrab-Feshk districts, NE Farmahin*. Ms. Thesis, Imam Khomeini International University, Qazvin (in Persian).
34. Kazemi, H. (2005) *Petrology of Dykes in East of Tafresh*. Ms. Thesis, Shahid Beheshti University, Tehran (in Persian).
35. Rajabion, J. (2005) *Brittle Deformation Analysis in Tafresh Area*. M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran (in Persian).
36. Ramsay, J.G. and Huber M.I. (1987) *The Techniques of Modern Structural Geology*. **2**, Folds and Fractures, Academic Press, London.



## Introduction and Structural Study of the Ezedin-Rahjerd Transverse Fault Zone, One of the Seismic Potential Structures in Tafresh Area

Zeinab Davoodi

Department of Geology, Faculty of Science, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran,  
z.davoodi@sci.ikiu.ac.ir

Accurate identification of seismic potential is the first step and one of the most important for seismic studies in each region. The study area, located in the middle part of the Urmia-Dokhtar magmatic arc belt, is one of the areas where identify and study of its seismic sources is necessary. In this study, for the first time, the Ezedin-Rahjerd fault system is introduced according to the interpretation of satellite images, field study and tectonic surveys of the area. The Cenozoic (Eocene) volcanic rocks of the Tafresh area, which are covered with Lower and Upper Red Formations have been cut by this N-150 transverse fault of 70 km. This fault system, like other transverse faults such as the Bidhend, Qom-Zefreh and Dehshir-baft faults, has cut volcanic rocks of the magmatic arc belt. Geometry pattern detection of the structures using satellite images and field observations in the area showed that the effect of this fault are observed as the change of the main structure trends such as the reverse faults and fold axes bending and the formation of minor structures with a different trend from the main structures trends of the Urmia-Dokhtar belt. The slicken lines of the fault plane and the right-lateral bending of the main fold axes along the fault zone and the formation of minor structures indicates the right lateral movement of the Ezedin-Rahjerd fault zone.

One of the prominent features of the study area is the existence of several parallel dyke sets that are not very distant and sometimes outcropping at a distance of less than 200 m. These dykes with a thickness of about 2-5 m and a length of about 15-20 m with dip of more than 80 degrees are divided into two sets with dominant trends N40-45W and N20-30E. The first set of dykes with N40-45W trending are a semi-deep dolerite and porphyro gabbro diorite that exposed around the Gyan and Lalaein villages and cutting Eocene and older units. Whereas, the second N20-30E trending shallow dikes with combining of hornblende, andesite and basaltic andesite also cuts Miocene volcanic-sedimentary rocks, Qom Formation and Lower Red Formation. Alteration of the second dyke set is significant. The trend, including rocks and tectonic setting of the dykes, show their influence in several stages. These intrusive dikes also show tension fractures, so will assist in structural analysis of the area. In such a right lateral transverse fault zone, development of the tension fractures with N20-30E trend is not unexpected. Therefore, the second shallow N20-30E dyke set are formed in these tension fractures due to the Ezedin-Rahjerd transverse fault activity. While the first set with N40-45W trending that is older than the second one, has been created due to the main structures of the Urmia-Dokhtar magmatic belt.

The most important geomorphological feature observed along the Ezedin-Rahjerd fault is the conformity of the Kamar (Tafresh) river as the main river of the area with the fault trend. The Kamar River flows north-south along the Ezedin-Rahjerd fault, passing through the Barezjan, Dadghan, and Ezedin villages, and then reaches the Ghareh-Chai River in Jalaier. Instrumental earthquakes of the area show  $2 < M_w < 6$  magnitudes. Comparing of the major fault trends with the earthquake epicenters of the study area, shows the super abundance between the Ezedin-Rahjerd and Indes faults, as well as other super abundance between the Chaghar and Talkhab faults. In addition, epicenter of  $4 < M_w < 2$  earthquakes have a super abundance around the Ezedin-Rahjerd fault. Such an abundance reflects the current activity of this fault and around faults. Geomorphological study and the conformity of the earthquake epicenters on the Ezedin-Rahjerd fault zone indicates the importance of identifying and introducing this fault zone during seismic studies of the area. Therefore, the probability of earthquake due to activity of Ezedin-Rahjerd transverse fault zone as a Quaternary fault, is not unexpected and may play a decisive role in seismic hazard of Tafresh city and neighbor areas. Therefore, more thorough investigations are needed to determine the activity rate and seismic potential of the fault.

**Keywords:** Transverse Fault Zone, Ezedin-Rahjerd Fault, Seismic Potential, Central Iran, Tafresh.