

## هندسه و سازوکار گسل گرمسار از دوره نئوژن تا به امروز

سید آرمان هروی<sup>۱\*</sup>، حمید نظری<sup>۲</sup>، علی‌رضا شهیدی<sup>۳</sup> و مرتضی طالبیان<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.  
<sup>۲</sup> استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.  
<sup>۳</sup> دکتری، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۶/۱۲

### چکیده

گسل گرمسار با درازایی نزدیک به ۷۵ کیلومتر با راستای تقریبی خاوری - باختری در شمال گرمسار و در دامنه جنوبی بخش خاوری البرز مرکزی با شیب رو به شمال، در ادامه خاوری گسل ایوانکی دیده می‌شود. بر پایه مطالعات ریخت‌زمین ساختی انجام شده در این پژوهش سامانه گسلی گرمسار به ۵ قطعه ساختاری قابل تقسیم است که از خاور (روستای ده‌نمک) به باختر (ایوانکی) گسترش می‌یابد و با توجه به این قطعه‌بندی می‌توان پاره گسل کوه سرخ در بخش باختری گرمسار در تقادیس کوه سرخ را به عنوان گسلی مستقل با شیب به سوی شمال و سازوکار فشاری همراه با مؤلفه کوچک برشی چپ‌گرد در نظر گرفت. بر پایه مشاهدات و اندازه‌گیری تنش دیرین در گستره گسل گرمسار، در ایستگاه بن کوه و در بخش خاوری گسل گرمسار می‌توان چنین انگاشت که سوی تنش دیرین در محدوده زمانی نئوژن شمالی - جنوبی با مؤلفه فشاری بوده است. در حالی که بر پایه داده‌های به دست آمده از مطالعات ریخت‌زمین ساخت سازوکار جوان و چیره گسل گرمسار در پاره خاوری (پاره گسلی ۱) چپ بر همراه با مؤلفه فشاری است. از سوی دیگر در تقادیس کوه سرخ در بخش باختری گستره مورد پژوهش، سوی تنش را می‌توان در دوره کواترنری خاوری - باختری و تحت تأثیر گسل راندگی با مؤلفه چپ‌گرد در نظر گرفت. بر پایه این پژوهش از دیدگاه هندسی گسل گرمسار گسلی با شیب به سوی شمال و قابل قطعه‌بندی به ۵ پاره گسلی است که با توجه به راستا و هندسه هر پاره گسلی، سازوکار آن از چپ‌بر با مؤلفه فشاری تا کششی قابل تقسیم‌بندی است و گسل گرمسار در ردیف گسل‌های فعال در بازه زمانی کواترنری به‌شمار می‌رود. بیشینه و کمینه جابه‌جایی افقی چپ‌بر اندازه‌گیری شده بر روی این گسل برابر ۲۲۰ متر و ۴ متر بر روی پاره‌گسل‌های ۱ و ۳ از سامانه گسلی گرمسار بر روی آبراهه‌های جابه‌جا شده قابل مشاهده است.

**کلیدواژه‌ها:** البرز مرکزی، گسل گرمسار، ریخت‌زمین ساخت، تنش دیرین

\*نویسنده مسئول: سید آرمان هروی

E-mail: heravi\_arman@yahoo.com

### ۱- مقدمه

گسل گرمسار، گسلی است با راستای خاوری - باختری و درازای بیش از ۷۵ کیلومتر که از شمال شهرستان گرمسار می‌گذرد. اولین بار بربریان و همکاران (۱۳۷۵) از این گسل به عنوان یک گسل با احتمال جنبش جوان یاد کرده‌اند. آراین (۱۳۸۴) این راندگی را با درازای حدود ۶۰ کیلومتر و راستای چیره خاوری - باختری می‌داند. از آنجا که هندسه و آرایش گسل یادشده می‌تواند در لبه جنوبی البرز متأثر از تغییرات سوی تنش در وابستگی با هندسه امروزه گسل باشد، بررسی تغییرات میدان تنش پیرامون آن در درازمدت سبب شناخت بهینه دوره فعالیت این گسل می‌شود.

الگوی قطعه‌بندی در این پژوهش بر پایه قطعه‌بندی ساختاری است. تکه‌بندی ساختاری (Structural Segmentation) روشی است که با توجه به تغییرات زمین‌ریخت‌شناسی منطقه گسلی یا جهت‌گیری اثر گسل مانند جدایش‌ها (Separations)، خم‌ها، نبودها (Gaps) و پله‌ای شدن‌ها (Stepovers) انجام‌پذیر است (Depolo et al., 1989).

تکه‌بندی ساختاری در محل‌هایی که تکه‌ها توسط دیگر گسل‌ها و چین‌ها قطع شده‌اند، نیز امکان‌پذیر است و همچنین می‌تواند نتیجه تغییرات مشخص در جنس مصالح زمین‌شناسی (Geologic Materials) در درازای یک منطقه گسلی یا ناهمگن محلی در درازای یک صفحه گسلی باشد.

در این پژوهش مطالعات ریخت‌زمین ساختی با بهره‌گیری از نگاره‌های ماهواره‌ای (IRS 5.5m, Land Sat 15m)، عکس‌های هوایی (۱/۴۰۰۰۰) و مشاهدات صحرائی در راستای سامانه گسلی گرمسار، با هدف دست‌یابی به الگوی جدید قطعه‌بندی برای این سامانه گسلی به همراه بررسی‌های درزه‌نگاری به انجام رسیده و برای ساده‌نگاری بیشتر و فراهم آمدن امکان تطابق هندسی با سازوکار جنبشی هر تکه، از تقسیمات بسیار کوچک که با به‌گفتاری از به‌کارگیری ریزتکه‌بندی گسلی پرهیز شده است.

### ۲- زمین‌شناسی و زمین‌ساخت

منطقه مورد مطالعه از دید جغرافیایی در بخش جنوبی کوه‌های البرز مرکزی قرار دارد و شهر گرمسار بزرگ‌ترین و نزدیک‌ترین مرکز جمعیتی در پهنه جنوبی سامانه گسلی گرمسار رو به گسترش است.

منطقه مورد مطالعه جزئی از رشته‌کوه البرز و در جنوب مرکزی آن است که ناحیه گرمسار و ایوانکی که به عنوان دروازه کاسپین معروف است را نیز دربرمی‌گیرد. کهن‌ترین واحدهای قابل مشاهده در این ناحیه واحدهای ائوسن سازند کرج هستند. پس از آن واحد نمکی الیگوسن سازند سرخ زیرین است. سازند سرخ بالایی با سن میوسن بر روی رسوبات سازند سرخ زیرین نهشته شده است. سازند هزاردره و رسوبات کواترنری نیز در مراحل پایانی نهشته شدند.

وجود واحد نمکی سازند سرخ زیرین به عنوان یک سطح جداکننده خمیری روی لایه‌های رویی بسیار تأثیرگذار بوده است. همچنین در اثر زمین‌ساخت و عوامل دیگر مانند فرسایش و نیروی گرانش این توده نمکی به صورت یک نمک‌شار بیرون‌ریزی داشته که یکی از بزرگ‌ترین نمک‌شارهای قاره‌ای است.

این برون‌ریزی نمک در محدوده میان گرمسار - ایوانکی سبب تشکیل یکی از گسترده‌ترین صفحات نمکی نابرجا در سطح خشکی شده است. این پدیده زمین‌شناسی نمایانگر لایه نمکی با اهمیتی در میان رسوبات سنوزویک است.

از دیدگاه پیشینه زمین‌شناختی برای این بخش از دامنه جنوبی البرز، دیرینه‌جغرافیا و زمین‌ساخت، افراد مختلف جایگاه‌های گوناگونی برای آن پیشنهاد کرده‌اند. برای نمونه Berberian & King (1981) آن را در ایران مرکزی و گروه دیگری چون Stocklin (1968)، افتخارنژاد (۱۳۵۹) و نبوی (۱۳۵۵) در تقسیم‌بندی خود این منطقه را تقریباً مرز تدریجی میان ایران مرکزی - البرز و کپه‌داغ می‌دانند.

### ۳- ریخت‌زمین ساخت گسل گرمسار

با به کارگیری داده‌های به دست آمده از نگاره‌های ماهواره‌ای IRS (5.5m)، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱/۴۰۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی گستره گرمسار در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ و مطالعات پیشین گسل گرمسار به ۶ قطعه ساختاری قابل‌قطعه‌بندی است (شکل ۲). حال در این پژوهش با انجام بازدید صحرایی سعی در تعیین دقیق و در صورت نیاز تصحیح هندسه، سازوکار گسلی و ارائه الگویی نوین از گسل گرمسار برپایه نرخ جنبش در بازه زمانی کوتاه‌تری است.

گسل گرمسار در این پژوهش با در نظر گرفتن مطالعات پیشین و قطعه‌بندی آن، همچنین بررسی‌های انجام شده بر روی نقشه زمین‌شناسی گستره گرمسار در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، نگاره‌های هوایی- ماهواره‌ای و برداشت‌های صحرایی، از بیابانک (جنوب تهران- سمنان) در خاور تا خاور روانه سنگ‌های تبخیری (گنبد سنگ‌های تبخیری) گرمسار نزدیک به ۷۵ کیلومتر درازا دارد.

برپایه شواهد موجود از دیدگاه زمین‌شناختی و داده‌های بالا، سازوکار این گسیختگی راستالغز چپ‌گرد همراه با مؤلفه فشارشی است. راستای گسل گرمسار خاوری- باختری و شیب صفحه گسلی آن به سوی شمال است. در راستای این گسل، لایه‌های میوسن و نهشته‌های پلیوسن - کواترنری بر روی نهشته‌های کواترنری رانده شده‌اند. افزون بر این موارد، سنگ‌های تبخیری اتوسن پسین به صورت دباپیری در طول گسل مزبور به سطح راه یافته‌اند.

قطعه‌های ساختاری ۵، ۴ و ۶ از شکل ۲ نیز از درازای گسل گرمسار به دلیل نبود شواهد ریختاری در سطح زمین، حذف می‌شوند و پایانه باختری آن از قطعه ۳ به سوی باختر احتمالاً با عبور از زیرروانه‌های تبخیری گنبد گرمسار به گسل ایوانکی می‌پیوندد (هروی، ۱۳۹۰). در شکل ۳ نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد پژوهش بر روی SRTM منطقه نیز تهیه شده است.

### ۳-۱- پاره‌گسلی خاوری گرمسار

این پاره‌گسلی از مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 16' 24/9''$  N,  $52^{\circ} 29' 41/5''$  E در خاور روستای دهنمک آغاز و به مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 25' 40/3''$  N,  $52^{\circ} 17' 04/3''$  E در باختر روستای دهنمک با درازای نزدیک به ۷/۵ کیلومتر محدود می‌شود. پاره‌گسلی خاوری گرمسار در مرز میان نهشته‌های آبرفتی عهدحاضر و سازند هزاردره قرار گرفته است.

این پاره‌گسلی در گذشته به صورت راندگی در نقشه زمین‌شناسی گستره گرمسار به نمایش درآمده است. اما مشاهدات صحرایی این پژوهش نشان از جنبش راستالغز چپ‌گرد با مؤلفه فشارشی دارد (شکل‌های ۴ و ۵).

اندازه‌گیری‌های ریخت‌زمین‌ساختی بر روی سامانه آبراه‌های نشان از بیشینه میزان جابه‌جایی تجمعی افقی در راستای گسل گرمسار در پاره‌گسلی ۱ در حدود ۲۲۰ متر است (شکل ۶).

### ۳-۲- پاره‌گسلی ۲

این پاره‌گسلی از مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 16' 36/1''$  N,  $52^{\circ} 25' 05/2''$  E در خاور گرمسار آغاز و به مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 15' 2/9''$  N,  $52^{\circ} 23' 30/4''$  E در باختر با درازای نزدیک به ۵/۵ کیلومتر و راستای شمال خاوری- جنوب باختری محدود می‌شود. پاره‌گسلی ۲ گرمسار در مرز میان پادگانه‌های آبرفتی جدید و سازند سرخ پایینی قرار گرفته و تغییراتی نیز در رودخانه سراب‌رود ایجاد کرده است.

این پاره‌گسلی در گذشته به صورت راندگی در نقشه زمین‌شناسی گستره گرمسار به نمایش درآمده است اما مشاهدات صحرایی این پژوهش نشان از جنبش راستالغز چپ‌گرد این پاره‌گسلی دارد (شکل ۷). به سبب ویژگی‌های ریخت‌زمین‌ساختی و ویژگی‌های نهشته‌های تبخیری همچون سنگ‌گچ، مارن، مارن‌آهکی، شیل و گاه همراه با میان‌لایه‌های آهکی، در این بخش امکان برآورد میزان جابه‌جایی افقی حاصل از مؤلفه برشی سامانه گسلی گرمسار نیست.

### ۳-۳- پاره‌گسلی ۳

این پاره‌گسلی از مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 15' 1/1''$  N,  $52^{\circ} 21' 25/2''$  E آغاز و به مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 15' 15/5''$  N,  $52^{\circ} 16' 52/53''$  E در باختر گرمسار با درازای نزدیک به ۱۲/۵ کیلومتر و راستای خاوری- باختری محدود می‌شود (شکل‌های ۸ و ۹).

پاره‌گسلی ۳ گرمسار، سازند سرخ پایینی را از پهنه‌های نمکی- گچی عهدحاضر جدا ساخته است. این پاره‌گسلی در گذشته به صورت راندگی در نقشه زمین‌شناسی گستره گرمسار به نمایش درآمده است اما مشاهدات صحرایی این پژوهش نشان از جنبش راستالغز چپ‌گرد با مؤلفه فشارشی دارد و آبراه‌های چپ‌گرد این قطعه، جابه‌جایی افقی نزدیک به ۳/۷۰ متر را نشان می‌دهند (شکل ۱۰).

### ۳-۴- پاره‌گسلی ۴

این پاره‌گسلی از مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 15' 18/4''$  N,  $52^{\circ} 16' 20/7''$  E آغاز و به مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 11' 6/3''$  N,  $52^{\circ} 13' 54/3''$  E در باختر گرمسار با درازای نزدیک به ۹ کیلومتر و راستای شمال خاوری- جنوب باختری محدود می‌شود.

پاره‌گسلی ۴ گرمسار، سازند سرخ بالایی و پایینی را از مخروط‌افکنه‌های جدید جدا می‌سازد. این گسل از درون واحد Q1s نیز عبور می‌کند.

این پاره‌گسلی در گذشته به صورت راندگی در نقشه زمین‌شناسی گستره گرمسار به نمایش درآمده است (شکل ۱۱). اما مشاهدات صحرایی این پژوهش هیچ‌گونه شواهدی را مبنی بر وجود پاره‌گسلی ۴ در رسوبات عهد حاضر نشان نمی‌دهد (شکل ۱۲). به سبب ویژگی‌های ریخت‌زمین‌ساختی و ویژگی‌های نهشته‌های تبخیری همچون سنگ‌گچ، مارن، مارن‌آهکی، شیل و گاه همراه با میان‌لایه‌های آهکی، در این بخش امکان برآورد میزان جابه‌جایی افقی حاصل از مؤلفه برشی سامانه گسلی گرمسار وجود ندارد. در حقیقت ادامه باختری قطعه ۳ به دو دسته راندگی در جهت شمالی و جنوبی تقسیم شده که سوی شمالی آن به گسل ایوانکی می‌پیوندد.

### ۳-۵- پاره‌گسلی ۵

این پاره‌گسلی از مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 10' 11/7''$  N,  $52^{\circ} 10' 59/09''$  E آغاز و به مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 09' 41/1''$  N,  $52^{\circ} 05' 56/6''$  E در جنوب باختر گرمسار با درازای نزدیک به ۷ کیلومتر و راستای تقریباً خاوری- باختری محدود می‌شود.

پاره‌گسلی ۵ گرمسار، سازند هزاردره را از مخروط‌افکنه‌های جدید جدا می‌سازد. این پاره‌گسلی در گذشته به صورت راندگی در نقشه زمین‌شناسی گستره گرمسار به نمایش درآمده است. اما برپایه مشاهدات صحرایی این پژوهش، می‌توان این‌گونه انگاشت که به دلیل نبود شواهد کافی در رسوبات کواترنری مبنی بر وجود پاره‌گسلی ۴ فرض شده در شکل ۲ و همچنین وجود توده‌های نمک در این میان، ارتباط ساختاری گسل گرمسار از قطعه ۳ به سوی جنوب باختر قطع شده و در حقیقت قطعه ۵ نوعی راندگی با شیب به سوی شمال همراه با مؤلفه راستالغز چپ‌گرد است که با گسل پیشوا به صورت پله‌ای قرار گرفته است (شکل ۱۳) و به سبب ویژگی‌های ریخت‌زمین‌ساختی و ویژگی‌های نهشته‌های تبخیری همچون سنگ‌گچ، مارن، مارن‌آهکی، شیل و گاه همراه با میان‌لایه‌های آهکی، در این بخش امکان برآورد میزان جابه‌جایی افقی حاصل از مؤلفه برشی سامانه گسلی گرمسار وجود ندارد.

### ۳-۶- پاره‌گسلی ۶

این پاره‌گسلی از مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 09' 26/7''$  N,  $52^{\circ} 05' 31/1''$  E آغاز و به مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 11' 4/2''$  N,  $52^{\circ} 01' 50/1''$  E در جنوب باختر گرمسار با درازای نزدیک به ۹ کیلومتر و راستای شمال باختری- جنوب خاوری محدود می‌شود. پاره‌گسلی ۶ گرمسار، واحدهای M3c و M3ab را از هم جدا کرده است. این پاره‌گسلی در گذشته به صورت راندگی در نقشه زمین‌شناسی گستره گرمسار به نمایش درآمده است. اما برپایه مشاهدات صحرایی این پژوهش، همان‌گونه که در مورد قطعه ۵ گفته شد، می‌توان چنین انگاشت که به دلیل نبود شواهد کافی در

از نرم افزار آماری- تخصصی RockWorks 2006 (<http://www.rockware.com>) انجام شد.

بر اساس برداشت‌های انجام شده در بن کوه (تکه اول خاوری گسل گرمسار - شکل ۲)، در ۵ ایستگاه درزه‌نگاری، برداشت صورت گرفت که محل ایستگاه‌ها در نگاره ماهواره‌ای شکل ۱۶ با حروف P1 تا P5 مشخص شده است بنابراین با توجه به مقایسه نمودارهای یادشده با یکدیگر به خوبی اشتراک شکستگی‌های شمالی- جنوبی در همه ایستگاه‌ها را می‌توان مشاهده کرد. نمودار هم‌ارزی در شکل ۱۷ آمده است.

با توجه به نمودار دایره بزرگ (ContourDiagram) جهت تنش حاصل را می‌توان در محدوده بن کوه در فاصله دوره‌نژون تا عهد حاضر نشان از تنش چپ گرد در نظر گرفت. بر اساس برداشت‌های انجام شده از تاقدیس کوه سرخ در جنوب باختری گستره مورد مطالعه (تکه ششم گسل گرمسار - شکل ۲) از ۶ ایستگاه درزه‌نگاری، برداشت صورت گرفت که محل ایستگاه‌ها در نگاره ماهواره‌ای شکل ۱۸ مشخص شده است. هندسه دسته‌درزه‌ها تحت تأثیر متغیرهای بسیاری هستند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به جنس سنگ، سترای لایه‌بندی و موقعیت نسبت به ساختارهای اصلی مانند چین‌ها و گسل‌ها، اشاره کرد.

یک رگه (Veins) هنگامی شکل می‌گیرد که درزه‌ها یا شکستگی‌های دیگر سنگ (با مقدار برش کم) با مواد نهشته شونده از یک ماده دیگر نیز بر شوند. سه ایستگاه از ۶ ایستگاه برداشت شده در تاقدیس کوه سرخ دارای چنین ویژگی هستند (ایستگاه‌های ۲-۳-۴) که ماده پرشونده آن از جنس ژئیت است.

بنابراین با توجه به مقایسه نمودارهای رسم شده با یکدیگر به خوبی اشتراک شکستگی‌های خاوری- باختری در همه ایستگاه‌ها را می‌توان مشاهده کرد. نمودار دایره بزرگ (ContourDiagram) در شکل ۱۹ آمده است. در نتیجه این شکستگی‌ها متأثر از گسل موجود بوده و می‌توان تنش حاصل را در دوره کوآترنری در نظر گرفت. در شکل ۲۰ قطعه‌بندی پایانی به همراه نمودارهای گل سرخی مربوط به قطعه خاوری گسل گرمسار و قطعه گسلی کوه سرخ مشخص شده است.

## ۵- نتیجه‌گیری

گسل گرمسار مهم‌ترین ساختار زمین‌ساختی در محدوده مورد مطالعه با راستای خاوری - باختری در شمال گرمسار است. این گسل بر اساس بررسی‌های انجام شده از دید زمین‌ریخت‌شناسی و تکه‌بندی صورت گرفته در این پژوهش با درازای نزدیک به ۷۵ کیلومتر به گسل ایوانکی می‌پیوندد.

در این پژوهش نتایج زیر حاصل از تکه‌بندی ساختاری گسل گرمسار به دست آمد:  
- پاره گسلی اول: پاره گسلی با درازای نزدیک به ۷/۵ کیلومتر و شیبی به سوی شمال و سازوکار فشاری - برشی چپ گرد است.

- پاره گسلی دوم: پاره گسلی با درازای نزدیک به ۵/۵ کیلومتر و شیبی به سوی شمال باختری و سازوکار کششی است.

- پاره گسلی سوم: پاره گسلی با درازای نزدیک به ۱۲/۵ کیلومتر و شیبی به سوی شمال و سازوکار چپ گرد- فشاری است.

گسل گرمسار در پاره گسلی سوم از توده‌های نمکی ائوسن بالایی- الیگوسن عبور می‌کند که می‌تواند نشانگر یک سفره روراندگی نمکی در شمال ایران مرکزی باشد، از این رو می‌توان چنین انگاشت که گسل گرمسار از این پاره گسلی به دو شاخه گسلی در ایوانکی متصل می‌شود.

- پاره گسلی چهارم: پاره گسلی در ادامه گسل گرمسار است که با عبور از زیرروانه‌های تبخیری گنبد گرمسار به گسل ایوانکی می‌پیوندد که با درازای نزدیک به ۲۵ کیلومتر و شیبی به سوی شمال خاور و سازوکار فشاری - چپ گرد است.

- پاره گسلی پنجم: پاره گسلی است که به احتمال می‌توان آن را دنباله خاوری گسل

روسبات کوآترنری مینی بر وجود پاره گسلی ۴ فرض شده در شکل ۲ و همچنین وجود توده‌های نمک در این میان، ارتباط ساختاری گسل گرمسار از قطعه ۳ به سوی جنوب باختر قطع شده و در حقیقت قطعه ۶ نوعی راندگی با شیب به سوی شمال و شمال خاور در سوی جنوبی تاقدیس کوه سرخ است که با گسل پیشوا به صورت پله‌ای قرار گرفته است (شکل ۱۴). به سبب ویژگی‌های ریخت‌زمین‌ساختی و ویژگی‌های نهشته‌های تبخیری همچون سنگ گچ، مارن، مارن‌آهکی، شیل و گاه همراه با میان‌لایه‌های آهکی، در این بخش امکان برآورد میزان جابه‌جایی افقی حاصل از مؤلفه برشی سامانه گسلی گرمسار وجود ندارد.

## ۴- قطعه‌بندی پیشنهادی گسل گرمسار

قطعه‌بندی ارائه شده در شکل ۲ که بر اساس انگاره داده‌های از پیش منتشر شده بوده است، قابل تجدیدنظر و تصحیح به انگاره ارائه شده در شکل ۱۵ است. از این دید گسل گرمسار به ۵ قطعه ساختاری قابل قطعه‌بندی است.

### ۴-۱- پاره گسلی خاوری گرمسار

این پاره گسلی از مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 16' 24/9'' N, 52^{\circ} 29' 41/5'' E$  در خاور روستای ده‌نمک آغاز و به مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 17' 04'' N, 52^{\circ} 25' 40/3'' E$  در باختر روستای ده‌نمک با شیبی به سوی شمال و سازوکار فشاری - برشی چپ گرد با درازای نزدیک به ۷/۵ کیلومتر محدود می‌شود.

### ۴-۲- پاره گسلی ۲

این پاره گسلی از مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 16' 36/1'' N, 52^{\circ} 25' 05/2'' E$  در خاور گرمسار آغاز و به مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 15' 2/9'' N, 52^{\circ} 23' 30/4'' E$  در باختر و با شیبی به سوی شمال باختری و سازوکار کششی با درازای نزدیک به ۵/۵ کیلومتر محدود می‌شود.

### ۴-۳- پاره گسلی ۳

این پاره گسلی از مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 15' 8/1'' N, 52^{\circ} 21' 25/2'' E$  آغاز و به مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 15' 15/5'' N, 52^{\circ} 16' 52/3'' E$  در باختر گرمسار و با شیب به سوی شمال و سازوکار چپ گرد- فشاری با درازای نزدیک به ۱۲/۵ کیلومتر محدود می‌شود.

### ۴-۴- پاره گسلی ۴

این پاره گسلی از مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 16' 15/3'' N, 52^{\circ} 14' 17/7'' E$  آغاز و در مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 22' 17'' N, 52^{\circ} 00' 00'' E$  با عبور از زیر روانه‌های تبخیری گنبد گرمسار به گسل ایوانکی می‌پیوندد. شیبی به سوی شمال خاور و سازوکار فشاری - چپ گرد با درازای نزدیک به ۲۵ کیلومتر دارد.

### ۴-۵- پاره گسلی ۵

این پاره گسلی از مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 16' 15/3'' N, 52^{\circ} 14' 17/7'' E$  آغاز و به مختصات جغرافیایی  $35^{\circ} 16' 8'' N, 52^{\circ} 00' 00'' E$  باختری با شیبی به سوی جنوب و سازوکار چپ گرد- فشاری با درازای نزدیک به ۲۴/۵ کیلومتر محدود می‌شود که می‌تواند به عنوان دنباله خاوری گسل ایوانکی منظور شود. برپایه این مشاهدات، باید پاره گسلی کوه سرخ را که در شکل ۲ به عنوان قطعه‌های ۵ و ۶ معرفی شده بود، گسل مستقل با شیب به سوی شمال و سازوکار فشاری همراه با مؤلفه کوچک برشی چپ گرد (به دلیل سینوسی بودن گسل) در نظر گرفت.

با هدف بررسی امکان تغییر سوی بردار تنش در بازه زمانی ۵ میلیون سال گذشته تاکنون سعی در به‌کارگیری روش درزه‌نگاری بر روی سنگ‌نهشته‌های دگرشکل پیرامون سامانه گسلی گرمسار بوده است که با توجه به اثر ساختاری نهشته‌های تبخیری در بیشتر راستای گسل گرمسار تنها در بخش خاوری (پاره گسلی ۱) و باختری (تاقدیس کوه سرخ) این مطالعات به همراه مقایسه سوی بردار تنش بر روی نهشته‌های منسوب به میوسن و سازوکار چیره قابل مشاهده امروزی با استفاده

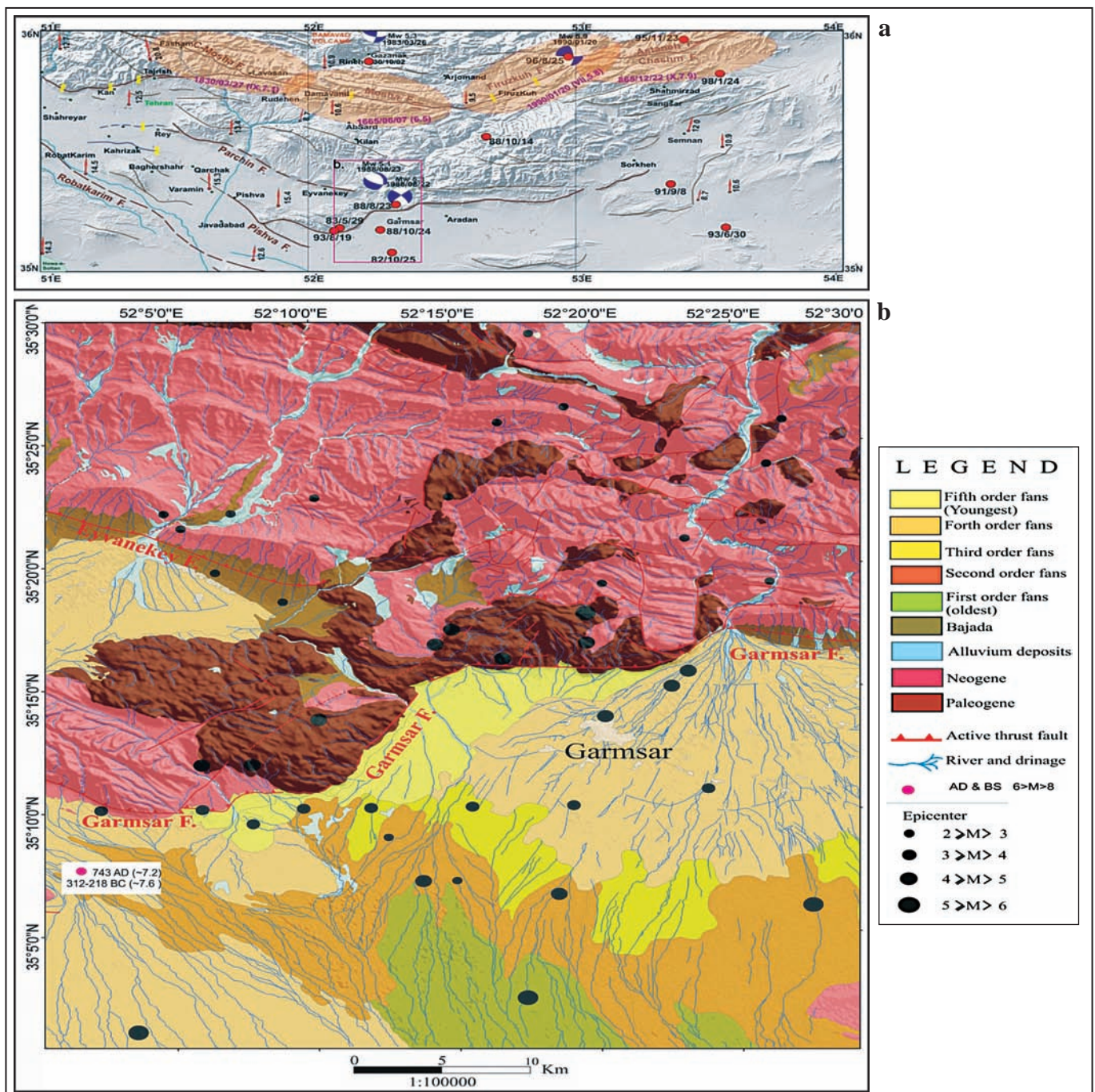
جایگاه قرارگیری ایستگاه‌های انتخاب شده در این پژوهش که میان گسل راندگی سرخ کلوت به طول ۵۳ کیلومتر (بربریان و همکاران، ۱۳۷۵) و گسل قریبک (با درازای تقریبی ۲۴ کیلومتر که میان گسل سرخ کلوت و گسل گرمسار قرار دارد، احتمالاً تحت تأثیر این دو گسل قرار گرفته و می‌توان تنش حاصل را در محدوده زمانی نئوژن - کواترنری در نظر گرفت.

پردازش سامانه شکستگی در تقادیس کوه سرخ نیز نشان از روند خاوری - باختری درزه‌های کشتی اندازه‌گیری شده متأثر از راستای عمومی گسل مستقل کوه سرخ (در قطعه‌بندی پیشنهادی در این پژوهش) به عنوان یکی از روندهای اصلی دیده می‌شود. بنابراین می‌توان این گونه نتیجه گرفت که این شکستگی‌ها متأثر از گسل موجود بوده و می‌توان تنش حاصل را در دوره کواترنری در نظر گرفت.

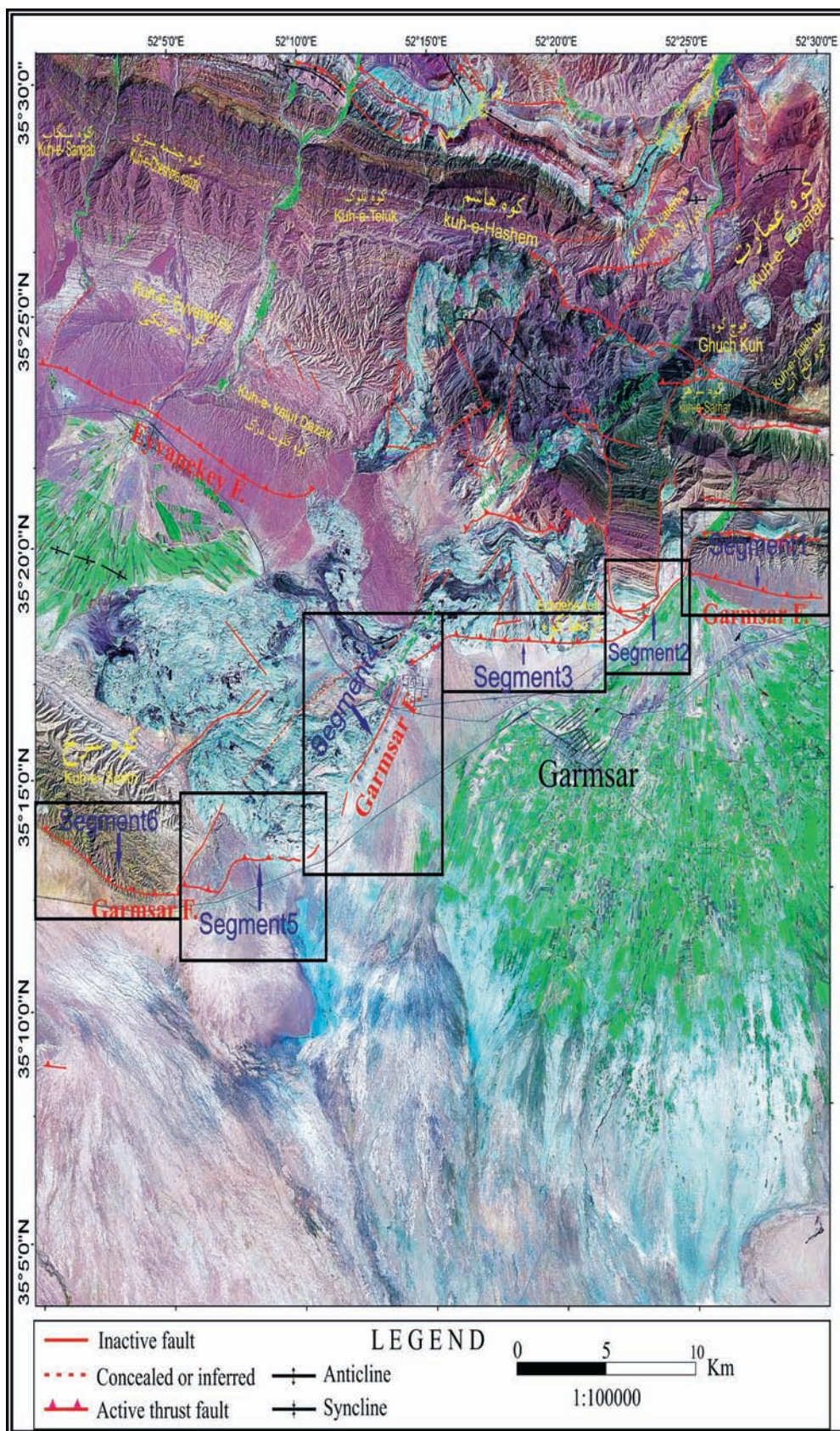
ایوانکی نیز در نظر گرفت که با درازای نزدیک به ۲۴/۵ کیلومتر و شیبی به سوی جنوب و سازوکار چپ‌گرد - فشاری قرار دارد.

پاره‌گسلی چهارم (در تکه‌بندی بر اساس مطالعات پیشین) با توجه به نبود شواهد ریخت‌زمین‌ساختی در دوره کواترنری از قطعه‌بندی حذف می‌شود و پاره‌گسلی‌های ۵ و ۶ (در تکه‌بندی پیشین) را می‌توان با عنوان پاره‌گسلی‌های کوه سرخ به صورت مستقل، دارای شیبی به سمت شمال و سازوکار فشاری همراه با مؤلفه کوچک برشی چپ‌گرد (به دلیل سینوسی بودن گسل) در نظر گرفت.

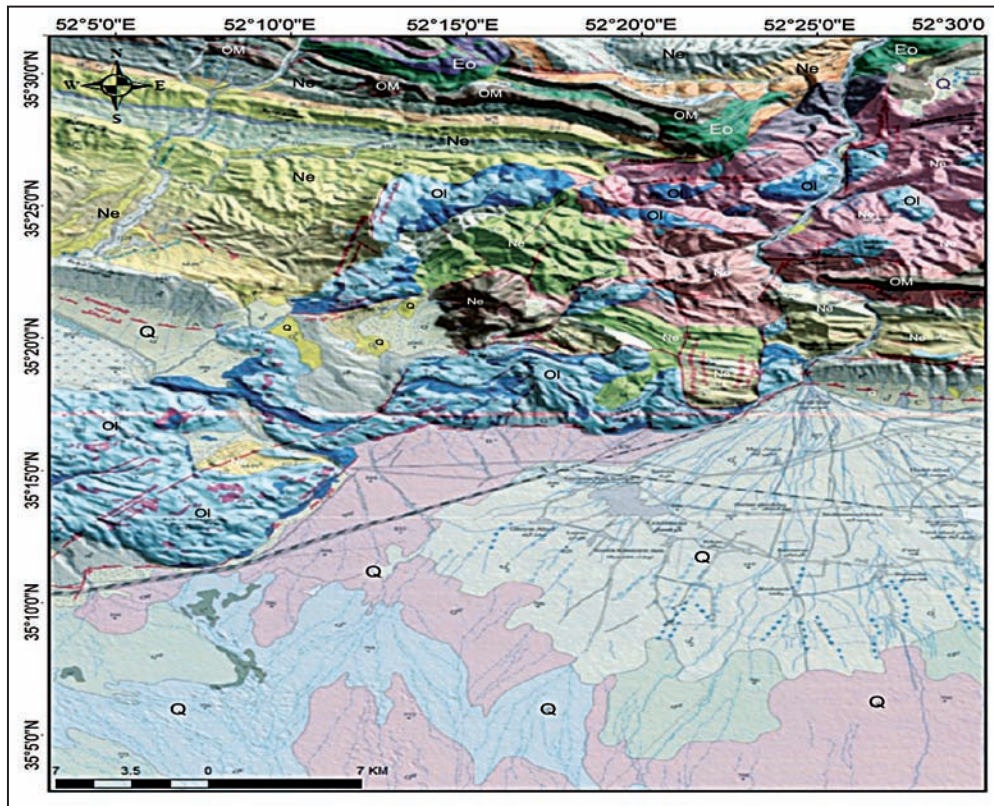
از بررسی و پردازش سامانه شکستگی نیز می‌توان چنین انگاشت که: در پاره‌گسلی اول آنچه از بررسی نمودارهای درزه‌برداری‌های ایستگاه‌های مختلف قابل برداشت است، روند چیره درزه‌های کشتی شمالی - جنوبی است که با توجه به



شکل ۱- (a) نقشه لرزه‌زمین‌ساخت از بخش خاوری البرز مرکزی برگرفته از (Nazari et al. (2011)، چهار گوش سفیدرنگ نشانگر موقعیت نقشه b است و (b) نقشه ساده شده لرزه‌زمین‌ساخت از گستره گسلی گرمسار، تصویر زمینه از نگاره ماهواره‌ای Landsat 15m (<http://www.landsat.com>) و نقشه زمین‌شناسی برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گرمسار (امینی، ۱۳۸۳).

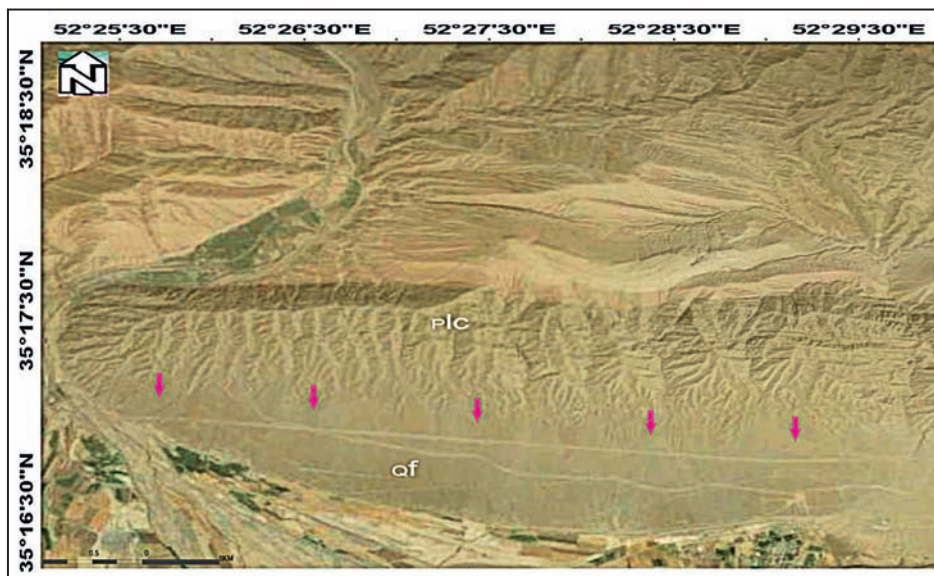
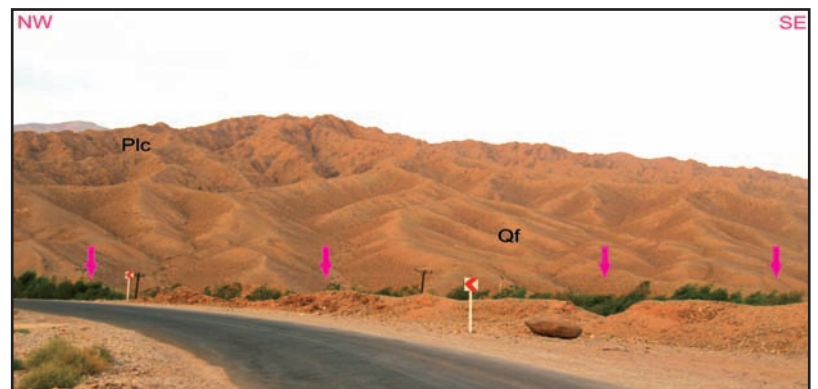


شکل ۲- قطعه‌بندی احتمالی گسل گرمسار برپایه داده‌های از پیش موجود همچون نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گرمسار و نگاره‌های ماهواره‌ای در زمینه‌ای از نگاره (15m) Landsat که به عنوان پیش‌فرض در این پژوهش استفاده شده است.

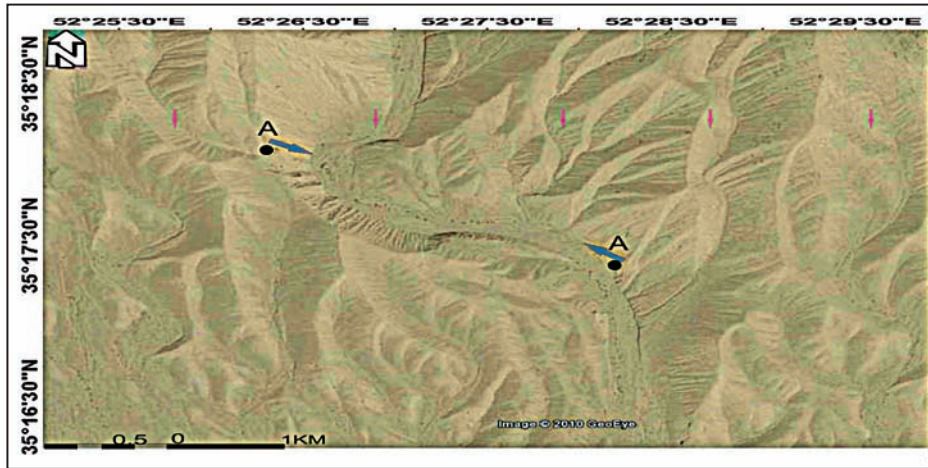


شکل ۳ - نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد پژوهش برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گرمسار (امینی، ۱۳۸۳) بر روی داده‌های ارتفاعی رقومی SRTM (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtmBibliography.html>) در این نگاره، Q: کواترنر، Eo: اتوسن، Ol: الیگوسن، OM: الیگوسن-میوسن، Ne: نوژن است.

شکل ۴- موقعیت پاره‌گسلی خاوری ۱ گرمسار (پیکان‌های سرخ‌رنگ) بر پایه شواهد صحرایی و نقشه زمین‌شناسی. واحد Q<sup>f</sup> (نهشته‌های آبرفتی عهد حاضر) و واحد pl<sup>c</sup> (سازند هزاردره) سوی دید در این نگاره شمال‌خاور و مختصات جغرافیایی آن: ۳۵° ۱۷' ۲۰/۴" N, ۵۲° ۲۴' ۴۳/۹" E

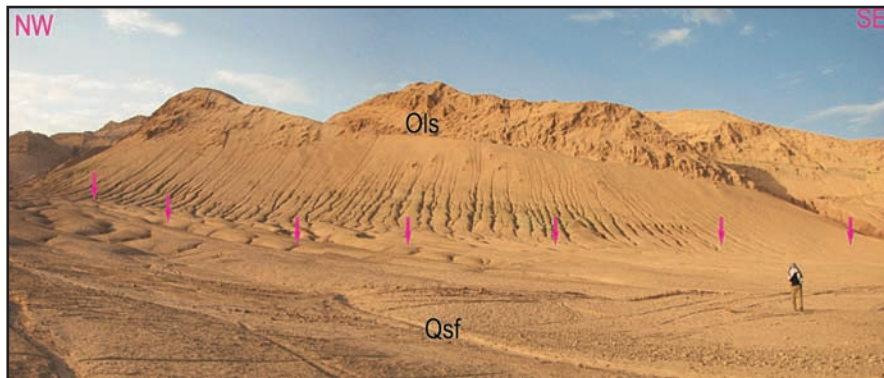
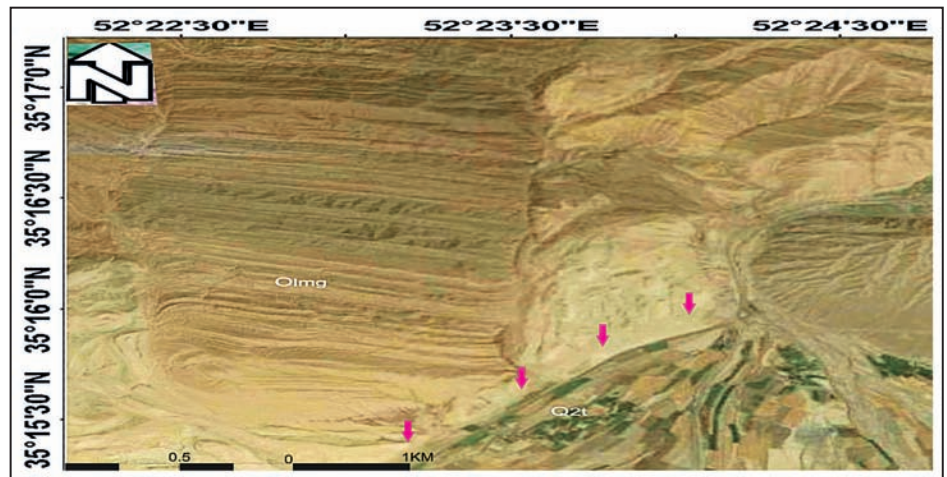


شکل ۵- موقعیت پاره‌گسلی خاوری ۱ گرمسار در زمینه‌ای از نگاره ماهواره‌ای Google Earth ([www.google.com/earth](http://www.google.com/earth)) و Q<sup>f</sup> (نهشته‌های آبرفتی عهد حاضر) و واحد pl<sup>c</sup> (سازند هزاردره) برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گرمسار (امینی، ۱۳۸۳).



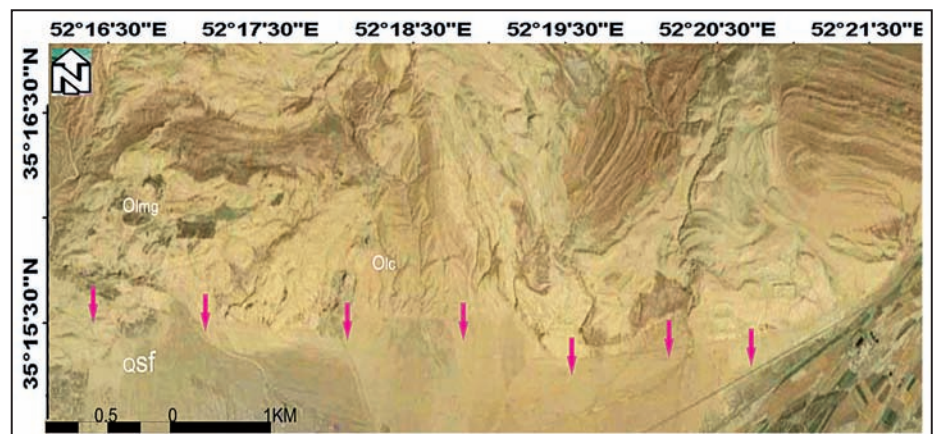
شکل ۶- نگاره‌ای از Google Earth (www.google.com/earth) بیشینه میزان جابه‌جایی تجمعی افقی (AA') در راستای گسلی گرمسار در پاره گسلی ۱ در حدود ۲۲۰ متر (پیکان‌های سرخ‌رنگ مسیر عبور گسل).

شکل ۷- موقعیت پاره گسلی ۲ گرمسار در زمینه‌ای از نگاره ماهواره‌ای Google Earth (www.google.com/earth) واحد Q2t (پادگانه‌های آبرفتی جدید) واحد Olmg (سازند سرخ پایینی) شامل تناوبی از سنگ گچ، مارن برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گرمسار (امینی، ۱۳۸۳).



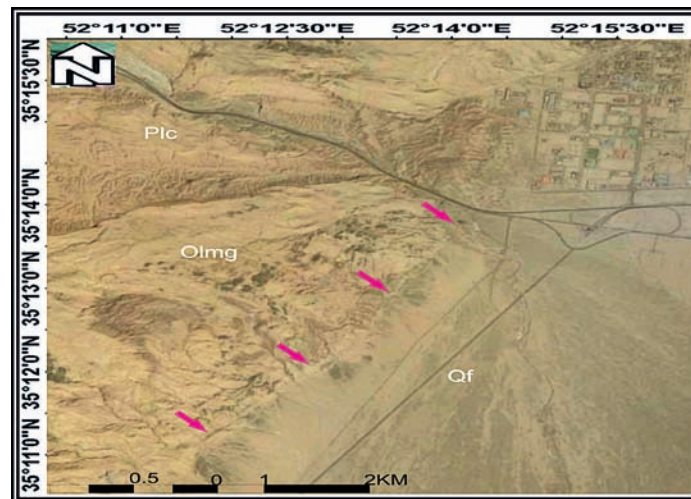
شکل ۸- موقعیت پاره گسلی ۳ گرمسار (پیکان‌های سرخ‌رنگ). واحد Ols شامل تناوب شیل‌های مارنی، سیلتی-رسی، سیلتستون واحد Q<sup>sf</sup> شامل پهنه نمکی، گچی، رسی و سیلتی دید به سوی شمال خاور.

شکل ۹- موقعیت پاره گسلی ۳ گرمسار در زمینه‌ای از نگاره ماهواره‌ای Google Earth (www.google.com/earth) واحد Ols شامل تناوب شیل‌های مارنی، سیلتی-رسی، سیلتستون واحد Q<sup>sf</sup> شامل پهنه نمکی، گچی، رسی و سیلتی برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گرمسار (امینی، ۱۳۸۳).





شکل ۱۰- نگاره و طرحی از موقعیت پاره گسلی ۳ گرمسار و اثر آن بر جابه‌جایی چپ‌گرد نسبت به محور آبراهه ۳/۷۰ متر و نسبت به جابه‌جایی بر روی خط اثر گسل حدوداً ۴ متر است (دید به سوی شمال) و مختصات جغرافیایی آن  $35^{\circ} 15' 47'' N$ ,  $52^{\circ} 18' 31'' E$ .

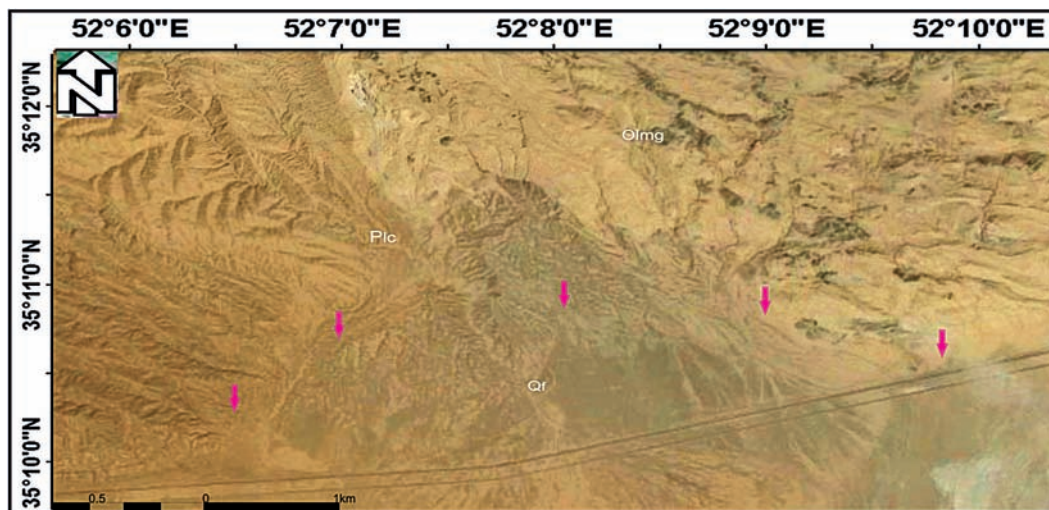


شکل ۱۱- موقعیت پاره گسلی ۴ گرمسار بر اساس پیش فرض ارائه شده در شکل ۲ در زمینه‌ای از نگاره ماهواره‌ای (www.google.com/earth) Google Earth. در این نگاره واحد Olmg شامل تناوب سنگ گچ، مارن، مارن آهکی، شیل و گاه همراه با میان‌لایه‌های آهکی و واحد Qsf شامل پهنه نمکی، گچی، رسی و سیلتی است.

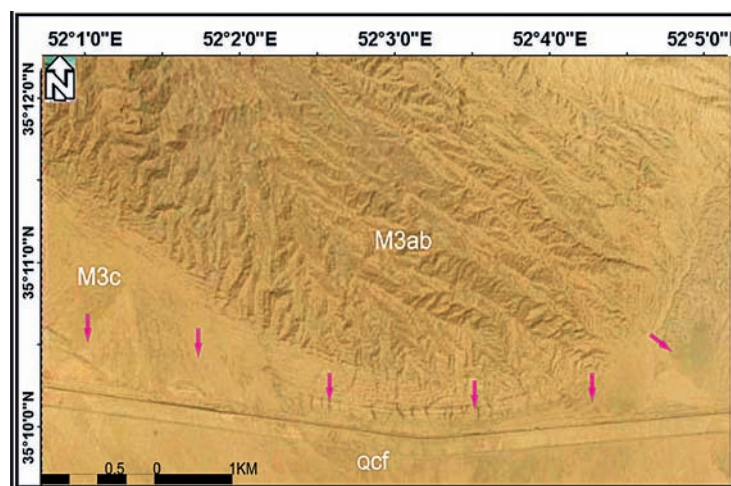




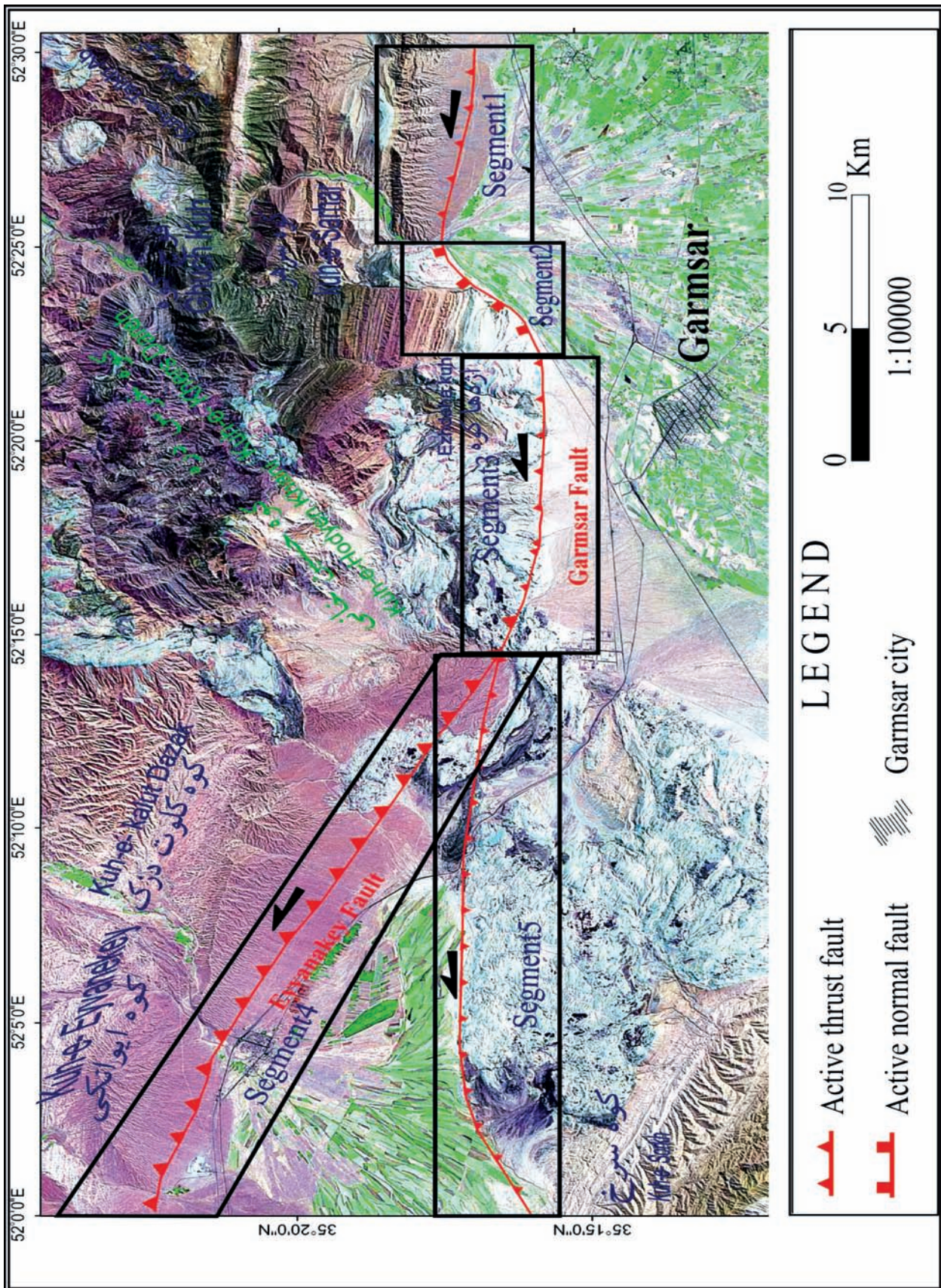
شکل ۱۲- نگاره‌ای از گستره پیشین پاره گسلی ۴، در ارتفاعات واحد<sup>۴</sup> Ols و در دامنه ارتفاعات واحد<sup>۴</sup> Qf دیده می‌شود. سوی دید شمال‌باختر و مختصات جغرافیایی آن:  $35^{\circ} 11' 43'' N$ ,  $52^{\circ} 12' 20'' E$ .



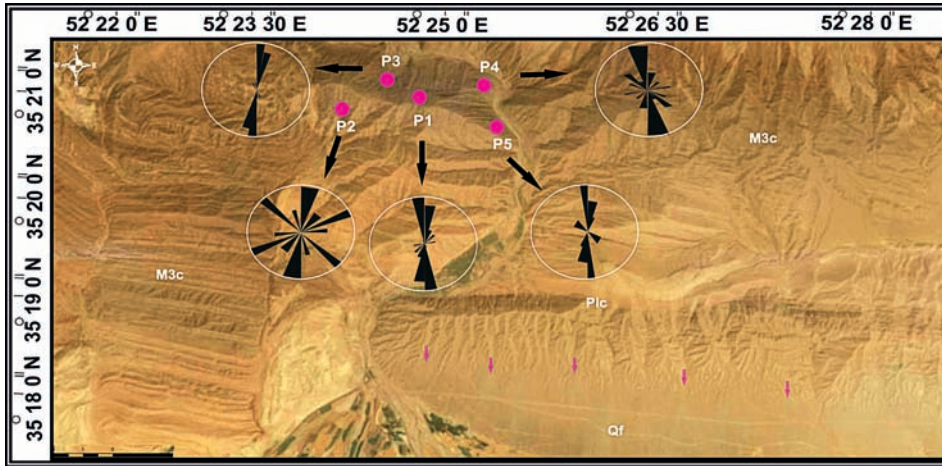
شکل ۱۳- موقعیت پاره گسلی ۵ گرمسار در زمینه‌ای از نگاره ماهواره‌ای Google Earth (www.google.com/earth) واحد<sup>۴</sup> plc (سازند هزاردره)، واحد<sup>۴</sup> Qf (نهشته‌های آبرفتی عهد حاضر) برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گرمسار (امینی، ۱۳۸۳).



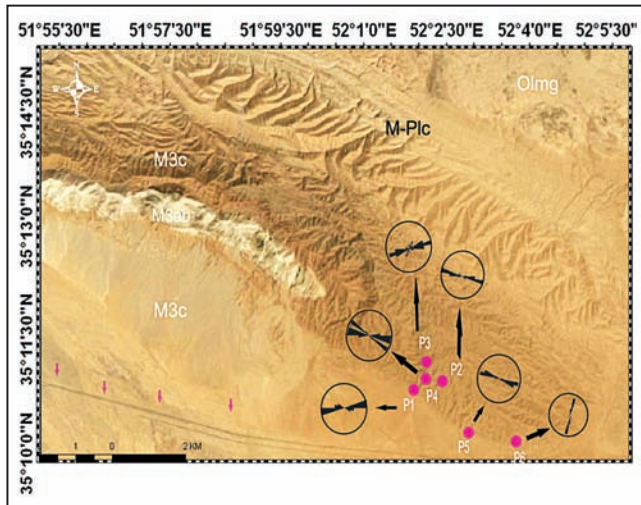
شکل ۱۴- موقعیت پاره گسلی ۶ گرمسار در زمینه‌ای از نگاره ماهواره‌ای Google Earth (www.google.com/earth) واحد<sup>۴</sup> M3ab شامل تناوب ماسه‌سنگ، شیل‌های مارنی، سیلتی-رسی واحد<sup>۴</sup> M3c شامل تناوب شیل‌های مارنی و رس گچ‌دار، مادستون با ماسه‌سنگ و کنگلومرا واحد<sup>۴</sup> Qcf شامل پهنه رسی سیلتی برگرفته از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گرمسار (امینی، ۱۳۸۳).



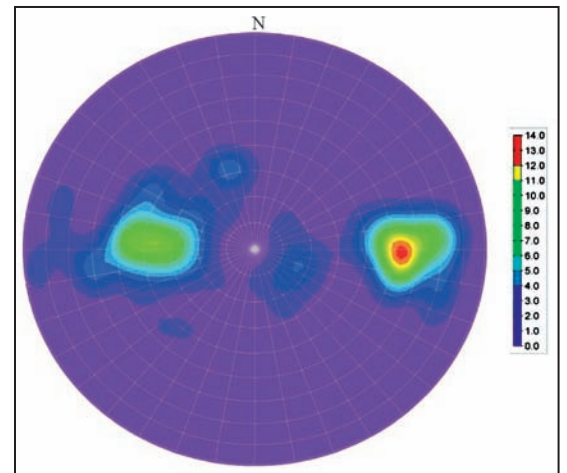
شکل ۱۵- قطعه‌بندی جدید گسل گرمسار در زمینه‌ای از نگاره ماهواره‌ای (Landsat (15m در این پژوهش.



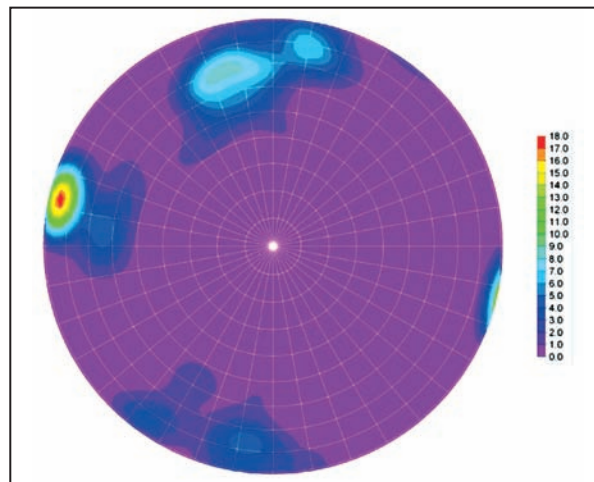
شکل ۱۶- نگاره ماهواره‌ای Google Earth (www.google.com/earth) از قطعه اول گسل گرمسار که ایستگاه‌ها به همراه نمودار گل‌سرخ‌های آنها مشخص شده است. واحد Q<sup>f</sup> (نهشته‌های آبرفتی عهد حاضر) و واحد Pl<sup>c</sup> (سازند هزاردره) واحد M3c شامل تناوب شیل‌های مارنی و رس گچ‌دار، مادستون با ماسه‌سنگ و کنگلومرا (پیکان‌های سرخ‌رنگ مسیر عبور گسل).



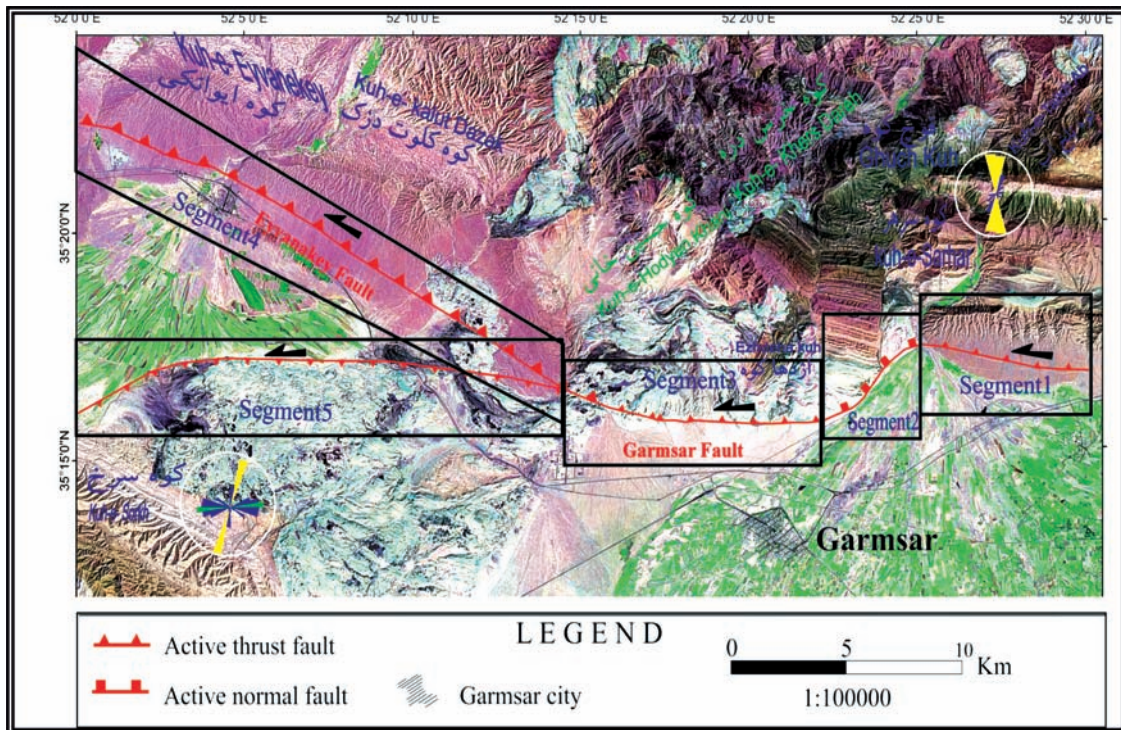
شکل ۱۸- نگاره ماهواره‌ای Google Earth (www.google.com/earth) از قطعه ششم گسل گرمسار (بر پایه مطالعات پیشین) واحد M3ab شامل تناوب ماسه‌سنگ، شیل‌های مارنی، سیلتی-رسی واحد M3c شامل تناوب شیل‌های مارنی و رس گچ‌دار، مادستون با ماسه‌سنگ و کنگلومرا (پیکان‌های سرخ‌رنگ مسیر عبور گسل).



شکل ۱۷- نمودار دایره بزرگ رسم شده در همه ایستگاه که موقعیت قطب برداشت‌ها را در همه ایستگاه‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۱۹- نمودار دایره بزرگ رسم شده ۱۶ ایستگاه که موقعیت قطب‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲۰- قطعه‌بندی پایانی به همراه نمودارهای گل سرخی

### کتابنگاری

- آرین، م.، ۱۳۸۴- تأثیر ساختاری گسل‌های گرمسار، سرخه، سمنان و عطاری در مرز مناطق ساختاری البرز- ایران مرکزی، پایان‌نامه دکتری دانشگاه شهید بهشتی، ۳۴۶ صفحه.  
 افتخارنژاد، ج.، ۱۳۵۹- تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌های رسوبی، نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲، صفحه ۱۹ تا ۲۸.  
 آقائاتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ صفحه.  
 امینی، ب.، ۱۳۸۳- نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گرمسار، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.  
 بربریان، م.، قرشی، م.، طالبیان، م. و شجاع‌طاهری، ج.، ۱۳۷۵- پژوهش و بررسی نوزمین‌ساخت، لرزه‌زمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه، گسلش در گستره سمنان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، گزارش شماره ۶۳.  
 نبوی، م. ح.، ۱۳۵۵- دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۰۹ صفحه.  
 هروی، ا.، ۱۳۹۰- فرگشت ساختاری گسل گرمسار از دوره نوژن تا به امروز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۵۵ صفحه.

### References

- Berberian, M. & King, G. C. P., 1981- Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran: Canadian Journal of Earth Sciences, v. 18, p. 210-257.  
 Depolo, C. M., Clark, D. G., Slemmons, D. B. & Ayward, W. H., 1989- Historical Basin and Range Province Surface Faulting and Fault Segmentation. USGS. open-File Rep. 89-315.  
 Global Mapper ([http://www.globalmapper.com/helpv10/Help\\_Main.html](http://www.globalmapper.com/helpv10/Help_Main.html))  
 Google Earth ([www.google.com/earth](http://www.google.com/earth))  
 Landsat (<http://www.landsat.com>)  
 Nazari, H., Ritz, J. F., Walker, R., Salamati, R., Rizza, M., Ghassemi, A., Patnaik, R., Alimohammadian, H., Hollingsworth, J., Jalali, A. & Shahidi, A., 2011- Palaeoseismicevidence for a medieval earthquake of magnitude ~ 7 in the Firouzkuh (Central Alborz) region of Iran.  
 RockWorks 2006 (<http://www.rockware.com>)  
 SRTM (<http://www.jpl.nasa.gov/srtmBibliography.html>)  
 Stocklin, J., 1968 - Structural history and tectonics of Iran. AAPG, Bulletin, 52.

## Geometry and Kinematic of the Garmsar Fault Since Neogene

A. Heravi <sup>1\*</sup>, H. Nazari <sup>2</sup>, A. Shahidi <sup>3</sup> & M. Talebian <sup>2</sup>

<sup>1</sup>M.Sc., Islamic Azad University, Sciences and Research Branch, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Ph.D., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2011 April 16

Accepted: 2011 September 03

### Abstract

The Garmsar Fault with a length of about 75 km and E-W trend is located in Garmsar. This Fault observed in north of Garmsar and eastern part of central Alborz with slope toward north, continues east of Eyvanakey Fault. Base of the morphotectonic investigation, along the Garmsar Fault this fault is divided to 5 segments from east (Dehnamak village) to the west (Eyvanakey), with attention to this segmentation we could consider the branch of kuh-e-sorkh Fault at west of Garmsar in kuh-e-sorkh anticline such as separated fault with slope toward north and pressure mechanism with small left-lateral strike slip component. Base on observations and Paleostress measurement along the Garmsar Fault in Bon-e-kuh station and eastern segment of this fault, we could consider that Paleostress direction around Neogen Time, is N-S with pressure component. However, base of data, is gain from morphotectonic investigations, young and overcome mechanism in eastern segment (Fault segment 1) left-lateral with pressure component, on the other side, in kuh-e-sorkh anticline at western part of research area, considered stress direction at quaternary period E-W under the effect of Thrust fault with left-lateral component. Base of this study from geometry point of view, the Garmsar Fault is a fault with slope toward north which is able to divide in to 5 segments that is strike and geometry of each fault segment mechanism is from left-lateral with pressure component until Tension and the Garmsar Fault is considered as an active fault in quaternary period. Maximum and minimum on the left horizontal displacement measured on the fault equal to 220 meters and 4 meters of a fault on the part of the fault system and third segment on the drainages of Garmsar displaced is visible.

**Keywords:** Central Alborz, Garmsar Fault, Morphotectonic, Paleostress.

For Persian Version see pages 175 to 186

\*Corresponding author: A. Heravi; E-mail: heravi\_arman@yahoo.com