

تحلیل پویایی تکتونیکی گسل مروارید در پهنه گسلی جوان اصلی زاگرس با استفاده از داده‌های دورسنجی و تحلیل فرکتالی

رضا علی‌پور^{۱*}، امیرحسین صدر^۲ و پریسا امینی^۳

۱، ۲ و ۳- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

نویسنده مسئول: *rezaalipoor116@gmail.com

دریافت: ۹۵/۶/۲۰ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۳

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی پویایی تکتونیکی شکستگی‌ها و خطواره‌های مرتبط با گسل مروارید، قطعه میانی پهنه گسلی جوان اصلی زاگرس (MRF) است. MRF یک گسل راستالغز راستگرد با روند شمال‌باختری-جنوب‌خاوری می‌باشد که از چندین قطعه گسلی تشکیل شده است. گسل مروارید یکی از قطعات MRF می‌باشد که با طول حدوداً ۳۰ کیلومتری در قسمت میانی و در ادامه گسل صحنه قرار گرفته است. در این مطالعه با استفاده از تکنیک‌های دورسنجی و تحلیل‌های فرکتالی، گسل‌ها و خطواره‌های مرتبط با پهنه گسلی مروارید مورد بررسی قرار گرفته که روش مورد استفاده در این مطالعه، استخراج نیمه اتوماتیک خطواره‌ها برپایه الگوریتم STA از تصاویر ماهواره‌ای لندست و مدل‌های سایه ارتفاعی بوده است. با استفاده از تحلیل‌های فرکتالی، خطواره‌ها و گسل‌های بدست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته که افزایش بعد فرکتالی نشان‌دهنده تراکم شکستگی‌ها در اطراف پهنه گسلی MRF می‌باشد و این تراکم در یک روند شمال‌باختری - جنوب‌خاوری و به موازات گسل است. بعد فرکتالی گسل‌ها از شمال باختر به جنوب خاور به تدریج از ۱/۶۲۶ به ۱/۸۴۷ تغییر می‌یابد و این روند افزایشی بعد فرکتالی، در مورد خطواره‌ها نیز قابل مشاهده است که از ۱/۸۱۱ در شمال باختر به ۱/۹۴۱ در جنوب خاور افزایش می‌یابد. در واقع عامل موثر در افزایش بعد فرکتالی در منطقه مورد مطالعه، شکستگی‌های مرتبط با پهنه گسلی جوان اصلی زاگرس می‌باشد که با دورشدن از این پهنه تراکم گسل‌ها کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: پهنه گسلی جوان اصلی زاگرس، گسل مروارید، تکنیک‌های دورسنجی، فرکتال

۱- مقدمه

به صورت شمال‌باختری - جنوب‌خاوری است که عموماً از روند گسل معکوس اصلی زاگرس (MZRF) پیروی می‌کند [۱۱]. این گسل اولین بار توسط ولمن [۴۶]، شناسایی و سپس چالنگو و برود [۴۳]، با جزئیات بیشتر آن را توصیف نمودند. MRF از قطعات مختلفی تشکیل شده است و زمین‌لرزه‌های رخ داده در اطراف این گسل نشان‌دهنده ارتباط نزدیک قطعات گسلی با یکدیگر است و به صورت یک گسل امتدادلغز راستگرد تفسیر شده است. همه قطعات گسلی در سه دسته شکستگی‌های برشی نوع R (گسل دورود، گسل نهاوند و گسل مروارید)، شکستگی‌های برشی نوع P (گسل صحنه و گسل قیلاباد) و ساختارهای کششی (گسل قلعه حاتم، فرونشست دشت سیلاخور و نهاوند) قرار دارند [۴۲].

با توجه به عوارض زمین‌شناسی، یک جابجایی راستگرد حدوداً ۱۰ تا ۶۰ کیلومتری در قطعات نهاوند و دورود [۸] و با استفاده از الگوهای آبراهه‌ها، نشانه‌های زمین‌شناسی، و عوارض ژئومورفولوژی احتمالاً یک جابه‌جایی راستگرد

کوهزایی زاگرس بخشی از کمربند آلپ - هیمالیا است که در نتیجه برخورد بین صفحه عربی و اوراسیا و بسته شدن اقیانوس تتیس جوان ایجاد شده است [۳۹، ۳۶، ۳۴، ۱۸، ۱۵، ۱۴، ۱۰، ۵، ۴ و ۳] دگرشکلی ناحیه‌ای کرتاسه پسین-سنوزوییک، برخورد قاره‌ای ایران-عربی ایجاد کننده دگرشکلی از نوع چین‌خوردگی و گسلش در مقیاس بزرگ مرتبط با کوتاه‌شدگی پوسته، در کوه‌زایی زاگرس می‌باشد [۳۵، ۳۲، ۵] این کوتاه‌شدگی پوسته تا امروز فعال است [۴۱، ۴۰، ۲۹، ۱۹، ۷] و با یک همگرایی N-S به میزان تقریباً ۲۰ میلی‌متر در سال می‌باشد [۴۵، ۲۷].

گسل جوان اصلی زاگرس (MRF) یکی از مهم‌ترین گسل‌های فعال امتدادلغز در پس‌بوم این کمربند چین‌خورده و رانده با شیب به سمت شمال‌خاور است [۴۰] و از سه بخش اصلی شمال‌باختری، میانی و جنوبی و با روندهای متفاوت تشکیل شده است. روند کلی MRF

مدل سایه ارتفاعی می‌باشند، به استخراج و تعیین هندسه شکستگی‌ها و خطواره‌ها می‌پردازند. تصاویر ماهواره‌ای و مدل‌های رقومی ارتفاع ابزار مناسبی برای استخراج خطواره‌ها می‌باشند و استفاده از روش نیمه‌اتوماتیک برای استخراج خطواره‌ها باعث می‌شود نتایج کلی از دقت بالایی برخوردار باشد. همچنین مطالعه ویژگی‌های آماری، هندسی و فرکتالی شکستگی‌های ساختاری و خطواره‌ها به‌ویژه برای مناطق فعال زمین‌ساختی، جهت شناسایی و تحلیل مکانسیم پهنه‌های شکستگی و ساختارهای مربوطه امری ضروری است.

بنابراین در این مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، مدل‌های سایه ارتفاعی، عکس‌های هوایی و مدل‌های زمین‌رقومی و به کمک تکنیک‌های دورسنجی یک مطالعه زمین‌شناسی ساختاری دقیقی در جهت استخراج خطواره‌ها انجام گرفته و سپس الگوی فرکتالی حاکم بر خطواره‌های منطقه مورد مطالعه در پهنه گسل جوان اصلی زاگرس (MRF) و شکستگی‌های مرتبط با آن محاسبه شده است و نهایتاً با اطلاعات و برداشت‌های حاصل از مطالعات صحرایی مورد تایید قرار گرفته است.

۲- جایگاه ساختاری منطقه مورد مطالعه

کوهزایی زاگرس یک کوهزایی برخوردی خطی و قسمتی از کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا است [۴۷، ۳۷، ۳۶، ۲۵، ۲۰، ۱۶، ۱۲، ۱۰] که از شمال باختر تا جنوب خاور ایران امتداد دارد و از لحاظ تکنیکی چندین پهنه موازی هم در این راستا تشکیل شده است. این برخورد احتمالاً در میوسن میانی اتفاق افتاده و بعد از آن چرخش خلاف عقربه‌های ساعت صفحه عربی باعث تشکیل گسل‌های راستالغز در پهنه برخوردی شده است [۲۸، ۱۷، ۹، ۶]. هم‌چنین فلات ایران از چندین قطعه قاره‌ای با گسل‌های بزرگ فعال تشکیل شده است. گسل MRF یکی از مهم‌ترین ساختارهای برخورد قاره‌ای عربی-اوراسیا است و چندین زلزله مهم در امتداد آن اتفاق افتاده است. به طور کلی پهنه سندنج - سیرجان یکی از پهنه‌های فعال شناخته شده در فلات ایران است. این کمربند دگرگونی یکی از واحدهای تکنونیک اصلی کوهزایی زاگرس است [۳۳، ۳۲، ۳۱، ۳۰، ۲۶] و یک پهنه از گسل‌های رانده شده است که قطعه‌های فراوانی از

۵۰ تا ۷۰ کیلومتری در امتداد MRF همراه با یک نرخ لغزش افقی حداقل ۱۰ تا ۱۷ میلی‌متر در سال در این گسل، با داده‌های GPS، بدست آمده است [۴۰]. ورنانت و همکاران [۴۵] جابجایی راستگرد در امتداد MRF در شمال زاگرس را حدود 2 ± 3 میلی‌متر در سال و علی‌پور و همکاران [۹]، پیشنهاد کردند حداکثر جابه‌جایی کلی راستگرد در MRF حدود ۱۶ کیلومتر است که منجر به نرخ لغزش حدود $1/6 - 3/2$ میلی‌متر در سال شده است. چندین زلزله قابل توجه نزدیک به MRF در بیش از ۱۰۰ سال گذشته [۴۰] رخ داده است. از مهم‌ترین زلزله‌های رخ داده در امتداد MRF می‌توان به زلزله ۱۳ دسامبر سال ۱۹۵۷ در منطقه دینور با بزرگی ۶.۷ و ۲۳ ژانویه ۱۹۰۹ در منطقه سیلاخور با بزرگی ۷.۴ اشاره کرد. زمین‌لرزه‌های شدید بین سال‌های ۱۹۵۷ - ۱۹۶۳ و چند مورد دیگر در امتداد این گسل در منطقه بین نهند و مروارید اتفاق افتاده است [۴۲].

در منطقه مورد مطالعه MRF به‌صورت یک پهنه گسلی است و از قطعاتی به موازات هم تشکیل شده است. یکی از این قطعات، گسل مروارید است که دارای روند کلی N130 و حرکت امتدادلغز راستگرد می‌باشد. خش‌لغزهای سطح گسل گویای حرکات جوان آن است و با توجه به شواهد موجود درازای این قطعه گسلی حدوداً ۳۰ کیلومتر می‌باشد. بنابراین در این مطالعه برای بررسی شکستگی‌ها و خطواره‌های پهنه گسلی MRF و بویژه گسل مروارید از روش‌های دورسنجی و تحلیل فرکتالی استفاده شده است.

روش‌های دورسنجی به طور گسترده‌ای در مطالعات ساختاری و زمین‌شناسی ساختمانی جهت بررسی شکستگی‌ها و خطواره‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. خطواره‌ها به طور طبیعی پدیده‌هایی با الگوهای ساده یا پیچیده از ساختارهای سطحی قابل رویت در سطح زمین هستند که هندسه‌های خطی یا خمیده از خود نشان می‌دهند. منشأ اصلی آن‌ها از واکنش حاصل از تجمع تنش در اطراف شکاف‌ها و شکستگی‌ها است که نمایانگر گسل‌ها، شکستگی‌ها، دسته‌های درزه و دایک‌ها می‌باشد. پژوهشگران علوم زمین با استفاده از اطلاعات سنجش از دور که شامل تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، مدل زمین‌رقومی یا DTM^۱، مدل ارتفاع رقومی یا DEM^۲ و

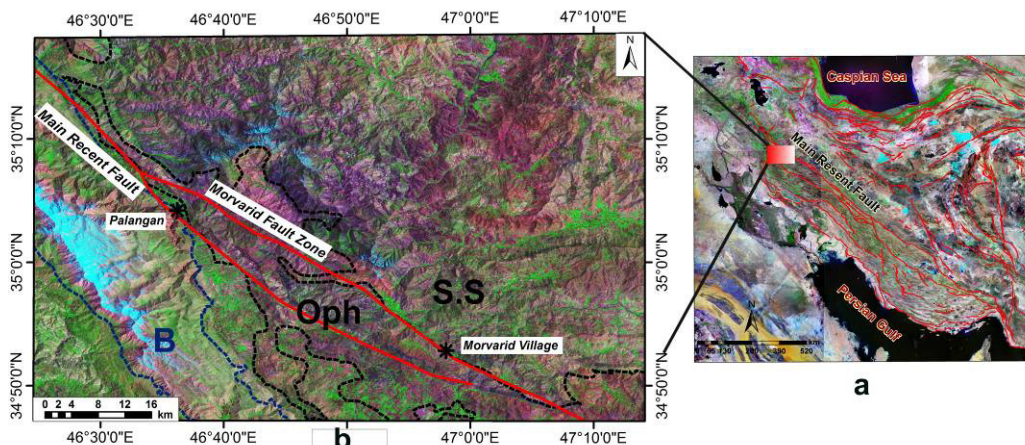
^۲ Digital Elevation Model

^۱ Digital Terrain Model

جنوب‌خاوری است. از سمت شمال‌خاور به جنوب‌باختر، از توالی ماسه‌سنگ فلیشی همی‌پلاژیک کرتاسه، سنگ‌های دگرگونی کرتاسه، افیولیت‌ها و ماسه‌سنگ قرمز یا قهوه‌ای، شیل، سنگ‌آهک نازک لایه تا ضخیم لایه الیگومیوسن، سنگ‌آهک نومولیتی متوسط تا ضخیم لایه پالئوسن - ائوسن، سنگ‌آهک توده‌ای تا متوسط لایه (آهک بیستون) ژوراسیک - کرتاسه تشکیل شده است.

واحدهای چینه‌شناسی دگرگون شده فانروزوییک را جابه‌جا کرده است [۳۲].

منطقه مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی $34^{\circ}50'$ تا $35^{\circ}15'$ شمالی و $46^{\circ}25'$ تا $47^{\circ}15'$ خاوری در شمال‌باختر ایران واقع شده که گسل مروارید (یکی از قطعات MRF) در آن رخمون دارد (شکل ۱). این منطقه در پهنه‌های ساختاری سنندج - سیرجان، زمین‌درز و زاگرس مرتفع واقع شده و روند کلی آن شمال‌باختری -



شکل ۱. (a) تصویر ماهواره‌ای و گسل‌های اصلی فلات ایران [۱] در پهنه برخوردی عربی - اوراسیا. (b) چهار گوش، موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. منطقه مورد مطالعه در زیر پهنه‌های S.S: سنندج - سیرجان، Oph: افیولیت و B: بیستون، قرار گرفته است.

بنابراین با اعمال فیلترهای مناسب قابل شناسایی هستند. هم‌چنین با اعمال تکنیک‌های مختلف پردازش تصاویر مانند فیلترهای بالاگذر می‌توان استخراج خطوط را به صورت چشمی، نیمه‌اتوماتیک تا اتوماتیک انجام داد. هم‌چنین اعمال فیلترهای خاصی که لبه و حاشیه مرزها را واضح‌تر نشان می‌دهند، کمک زیادی به استخراج خطوط را می‌کند. تفسیر چشمی و تفسیر به‌صورت اتوماتیک هر کدام دارای نواقصی هستند که با استفاده از روش نیمه‌اتوماتیک می‌توان این نواقص را برطرف نمود. مطالعات متعددی در زمینه استخراج خطوط از روی تصاویر ماهواره‌ای انجام گرفته است و هر کدام با توجه به نوع تصاویر مورد استفاده و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه نتایج متعددی به‌دست می‌دهد [۱۳]. کویکه و همکاران [۲۲] برای تعیین خطوط از تصاویر ماهواره‌ای، روشی جدید ارائه کرده و آن را الگوریتم STA نامیدند. اساس این روش، نمایان ساختن یک خط از پیکسل‌ها به صورت یک عنصر برداری به وسیله تغییرات محلی در باند خاکستری عکس‌های رقومی است.

۳- مواد و روش‌ها

یکی از روش‌های مورد استفاده برای مشخص کردن شکستگی‌ها، خطوط و تعیین چگالی و جهت‌گیری آن‌ها، استفاده از روش‌های سنجش از دور می‌باشد که با استفاده از تحلیل این خطوط می‌توان به زمین‌ساخت کلی یک منطقه پی‌برد. خطوط در سطح زمین، به صورت خطی یا خمیده بوده و پدیده‌هایی در پوسته هستند که شکسته شده و نمایانگر گسل‌ها، شکستگی‌ها، درزه‌ها و دایک‌ها می‌باشند. یکی از روش‌های استخراج خطوط از تصاویر ماهواره‌ای استفاده از تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای مختلف سنجش از دور است که با توجه به برخی ویژگی‌های طیفی این خطوط می‌توان آن‌ها را شناسایی کرد. در واقع در تصاویر ماهواره‌ای با توجه به نوع باند که در طول موج خاصی اقدام به تصویربرداری از سطح زمین می‌کند، طیف خاکستری تصاویر نشان‌دهنده انعکاس اجسام سطح زمین به سنجنده ماهواره است. شکستگی‌ها یا خطوط خطوطی هستند که در تغییرات طیف خاکستری در دو طرف آن‌ها یکسان نیست و یا یک ناپوستگی خطی روی طیف خاکستری ایجاد می‌کنند و

¹ Segment Tracing Algorithm

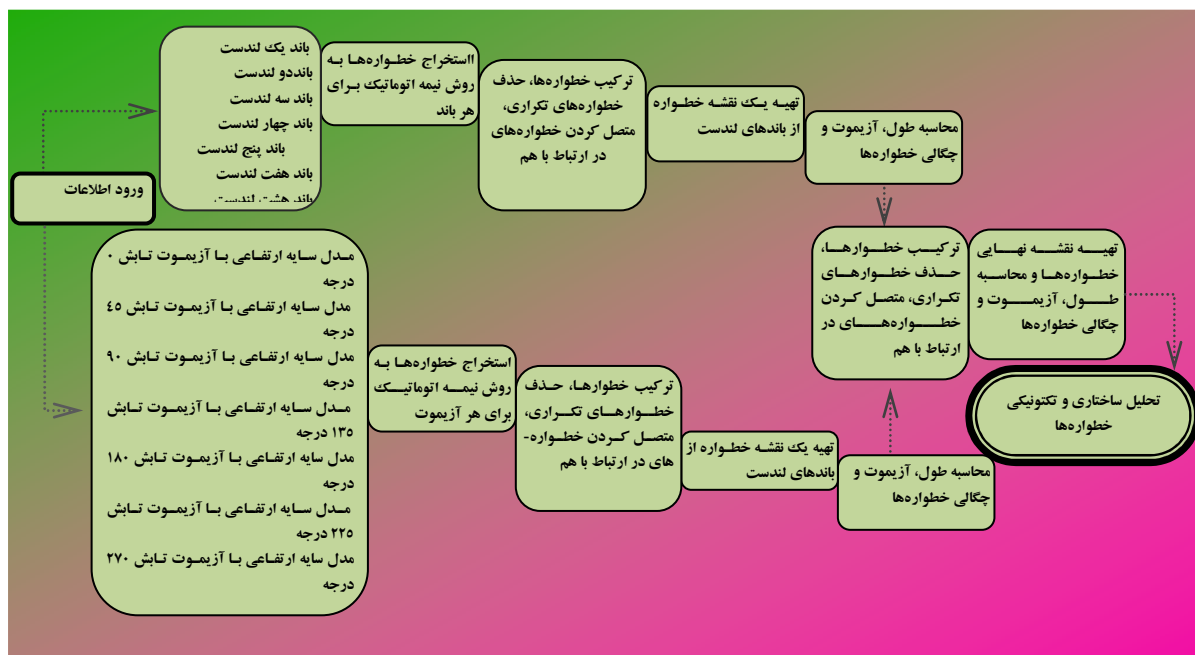
بلندی‌های سطح زمین پرداخت. اضافه کردن پدیده‌هایی چون رودخانه، گسل و آبراهه به این نمایش سه‌بعدی، ابزار قدرتمندی برای تحلیل و بررسی فرآیندهای زمین‌ساختی فراهم می‌کند که به این مدل‌ها، مدل زمین رقومی گفته می‌شود و البته برحسب نوع استفاده و به طور کلی از یک لایه DEM و لایه‌های دیگر ساخته می‌شوند.

در این مطالعه، هشت مدل سایه رقومی برای استخراج خطوط‌ها با زاویه تابش ۳۰ درجه از سطح افق و آزیموت‌های ۲۷۰، ۲۳۵، ۱۸۰، ۱۳۵، ۹۰، ۴۵، ۰ درجه استفاده گردیده است. برای تهیه نقشه کلی خطوط‌های منطقه مورد مطالعه، هفت باند از تصاویر Landsat و هشت مدل از تصاویر سایه رقومی استفاده شده است. سپس با ترکیب این لایه‌های اطلاعاتی و حذف خطوط‌های تکراری نقشه شکستگی‌های مرتبط با گسل جوان اصلی زاگرس تهیه گردیده است. الگوریتم نشان داده شده در شکل ۲ نحوه تهیه نقشه کلی خطوط‌ها را نشان می‌دهد:

در روش استخراج نیمه‌اتوماتیک، خطوط‌ها با استفاده از الگوریتم‌هایی مانند STA توسط نرم‌افزارهای سنچس از دور مثل PCI Geomatica به دست می‌آیند [۲۴، ۲۳].

۳-۱- استخراج خطوط‌های منطقه مورد مطالعه

برای استخراج خطوط‌های مرتبط با گسل جوان اصلی زاگرس از روش نیمه‌اتوماتیک بر پایه الگوریتم STA استفاده شده است. در این مطالعه، از تصاویر دو ماهواره لندست ۷ (سنجده ETM⁺) که شامل ۶ باند طیفی ۵، ۴، ۳، ۲، ۱ و ۷ با قدرت تفکیک ۳۰ متر و باند ۸ با قدرت تفکیک ۱۵ متر که پانکروماتیک است) و همچنین از مدل سایه ارتفاعی، مدل زمین رقومی (DTM) و مدل ارتفاع رقومی (DEM) استفاده گردیده است. در مدل سایه ارتفاعی، نور مصنوعی از یک منبع نقطه‌ای با زاویه‌ای از سطح افق (Inclination) و زاویه‌ای با جهت شمال (آزیموت) بر سطح تابیده می‌شود و سایه‌ای از اطلاعات ارتفاعی سطح زمین را تهیه می‌کند. با استفاده از مدل زمین رقومی، می‌توان به نمایش سه‌بعدی پستی و



شکل ۲. الگوریتم نحوه تهیه نقشه کلی خطوط‌ها. یک نقشه خطوط‌ها از باندهای مختلف تصاویر لندست و یک نقشه از مدل‌های سایه ارتفاعی با آزیموت تابش متفاوت بدست آمده و با هم ترکیب و نقشه نهایی تهیه شده است.

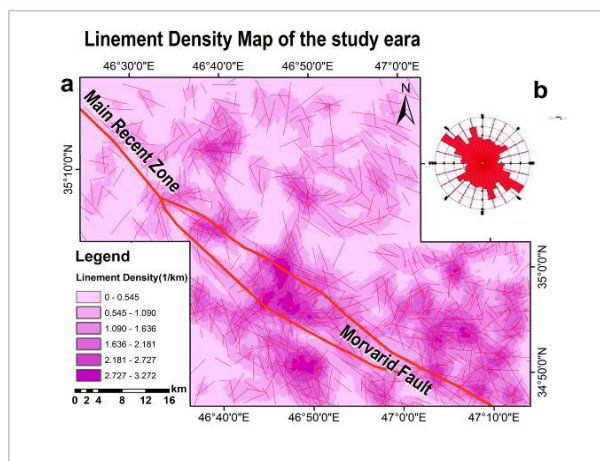
تراکم به دست آمده از خطوط‌ها نشان دهنده مقدار بالای تراکم نسبی در پهنه MRF است و با فاصله گرفتن از گسل اصلی این مقدار کاهش می‌یابد و

۴- تحلیل خطوط‌ها

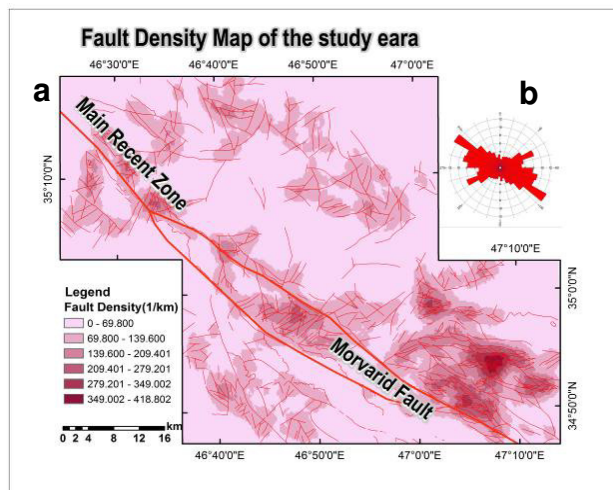
با توجه به استخراج خطوط‌ها بر طبق الگوریتم اشاره شده، مناطق با تراکم خطوط‌های بالا بوسیله نقشه تراکم نسبی مورد بررسی قرار گرفته است.

شده، قسمتی که گسل مروارید به گسل جوان اصلی زاگرس می‌پیوندد، به علت نزدیکی دو شاخه گسلی با هم، شکستگی‌ها در هم تداخل پیدا کرده و تراکم نسبی بالایی از شکستگی‌ها در آن قسمت دیده می‌شود. نمودار گل‌سرخي شکستگی‌ها روند غالب N30W تا N40W را نشان می‌دهد که روند شمال‌باختری-جنوب‌خاوری گسل اصلی را مشخص می‌کند (شکل ۴).

این به دلیل شکستگی‌های مرتبط با MRF می‌باشد که با دور شدن از این پهنه گسلی تراکم شکستگی‌ها کاهش می‌یابد. با توجه به نمودار گل‌سرخي خطوطارها روند غالب N30W تا N40W است که با روند MRF منطبق می‌باشد. شکل ۳ نقشه تراکم خطوطارها در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. هم‌چنین در این روش تراکم نسبی شکستگی‌های منطقه نیز مورد بررسی قرار گرفت. در نقشه بررسی



شکل ۳. (a) نقشه تراکم خطوطارها و (b) دیاگرام گل‌سرخي مربوط به این خطوطارها روند غالب N30W تا N40W را نشان می‌دهد.



شکل ۴. (a) نقشه تراکم شکستگی‌ها و (b) دیاگرام گل‌سرخي مربوط به این شکستگی‌ها روند غالب N30W تا N40W را نشان می‌دهد.

عناصر هندسی نامحدود می‌باشند. در طبیعت مادی همه عناصر محدود بوده و عملاً پاره‌خط، پاره صفحه و پاره حجم هستند. بنابراین ابعاد هندسی اقلیدسی به خوبی نمی‌توانند بیانگر ویژگی پدیده‌ها با هم و یا مقایسه آن‌ها با یکدیگر باشند، ولی ابعاد فرکتالی می‌تواند اعداد

۵- محاسبه و تحلیل بعد فرکتال

مبنای روش مطالعه فرکتال، محاسبه ابعاد فرکتالی برای عناصر هندسی است. بر اساس مفاهیم هندسی اقلیدسی ابعاد عناصر هندسی اعداد صحیح ۰، ۱، ۲، ۳ برای نقطه، خط، صفحه و حجم هستند، که هر کدام از این‌ها بیانگر

گسلی فعال در منطقه، به ۴ مربع با ابعاد ۲۹ کیلومتر تقسیم گردید. شبکه رسم شده همانند شکل ۵ کل نقشه را پوشش می‌دهد. در این بررسی هر کدام از این چهار مربع، جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و برای هر مربع یک بعد فرکتالی محاسبه شد (Da تا Dd). در جدول ۱ ابعاد مربع‌ها (r) و تعداد مربع‌هایی که حاوی شکستگی هستند (N)، برای ۴ مربع در منطقه نشان داده شده است (شکل ۶). با رسم نمودارهای مربوطه برای هر مربع یک بعد فرکتال به دست می‌آید. نمودارهای رسم شده بعدهای فرکتالی زیر را برای هر ناحیه نشان می‌دهد:

$$Da = 1/7614, Db = 1/6264, Dc = 1/8168, Dd = 1/8479$$

در نتیجه بعد فرکتال مربوط به پهنه b حداقل مقدار (۱/۶۲۶۴) و فرکتال مربوط به پهنه d حداکثر مقدار (۱/۸۴۷۹) را نشان می‌دهد و از این مقادیر بدست آمده می‌توان استنباط نمود که مقدار شکستگی‌ها از سمت شمال‌باختر به جنوب‌خاور افزایش یافته است که مرتبط با شکستگی‌های پهنه گسلی MRF است.

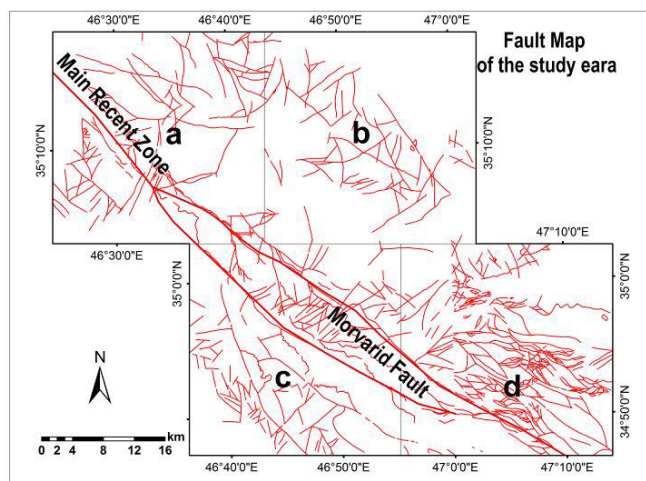
اعشاری بوده، بدین ترتیب محدودیتی در اندازه‌گیری هیچکدام از پدیده‌های طبیعی با این روش وجود ندارد. رابطه کلی برای محاسبه ابعاد فرکتالی عبارت است از:

$$Nn = C / r_n^D \quad (\text{معادله ۱})$$

Nn تعداد متغیرهای معلوم برای یک پدیده، r_n بعد خطی ویژه، C ثابت و D بعد فرکتالی است. روش به کار گرفته شده، مربع شمار می‌باشد [۴۴] و به منظور استفاده از این روش ایجاد شبکه‌بندی مناسب در محدوده مورد مطالعه مورد نیاز است. تحلیل‌ها براساس نمودار log - log از تعداد مربع‌های ساختار (Ns) بر حسب اندازه شبکه به کارگرفته شده (S) و یا عکس آن 1/S صورت گرفته است. نمودارهای ترسیم شده، تغییرات ابعاد فرکتالی منطقه را نشان می‌دهد. برای به دست آوردن بعد فرکتالی رابطه زیر تعریف شده است:

$$\text{Log}(Ns) = a + K \text{Log}(1/S) \quad (\text{معادله ۲})$$

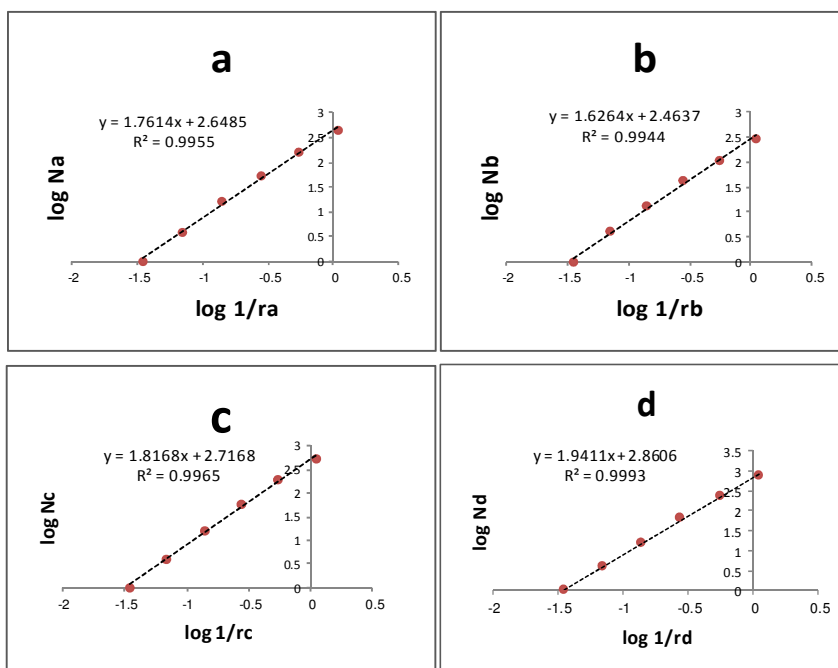
برای تحلیل ابعاد فرکتالی شکستگی‌ها و خطواره‌ها در منطقه با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS و نقشه‌های زمین‌شناسی، توزیع شکستگی و خطواره‌ها از روی تصویر ماهواره‌ای استخراج شده است. نقشه تهیه شده از شبکه



شکل ۵. نقشه شکستگی‌ها و پهنه‌بندی با شبکه‌بندی منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. ابعاد مربع‌ها (r) و تعداد مربع‌های دارای شکستگی (N) برای چهار پهنه منطقه مورد مطالعه

ra (km)	Na	Nb	Nc	Nd
29	1	1	1	1
14.5	4	4	4	4
7.25	16	13	16	15
3.625	54	44	59	57
1.8125	162	108	188	198
0.90625	438	290	515	577



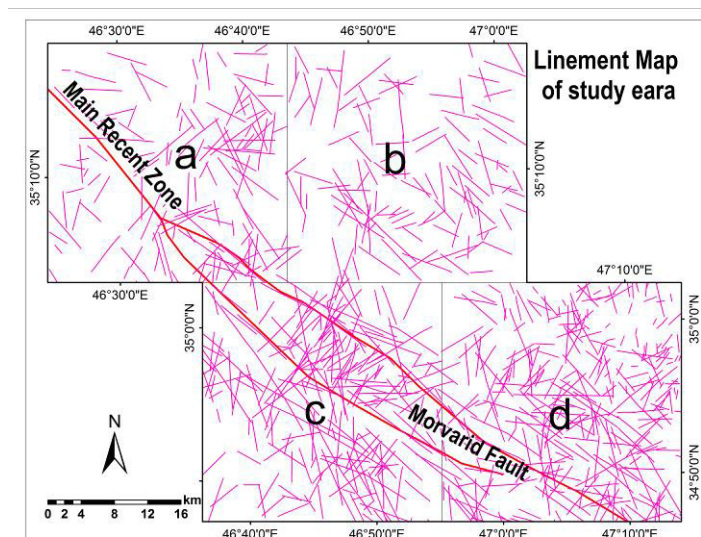
شکل ۶. نمودار لگاریتمی عکس طول ضلع مربع‌ها به تعداد مربع‌هایی که حاوی شکستگی هستند در چهار پهنه منطقه مورد مطالعه

(پهنه) یک بعد فرکتال به دست می‌آید. نمودارهای رسم شده (شکل ۸) بعدهای زیر را برای هر محدوده نشان می‌دهد:

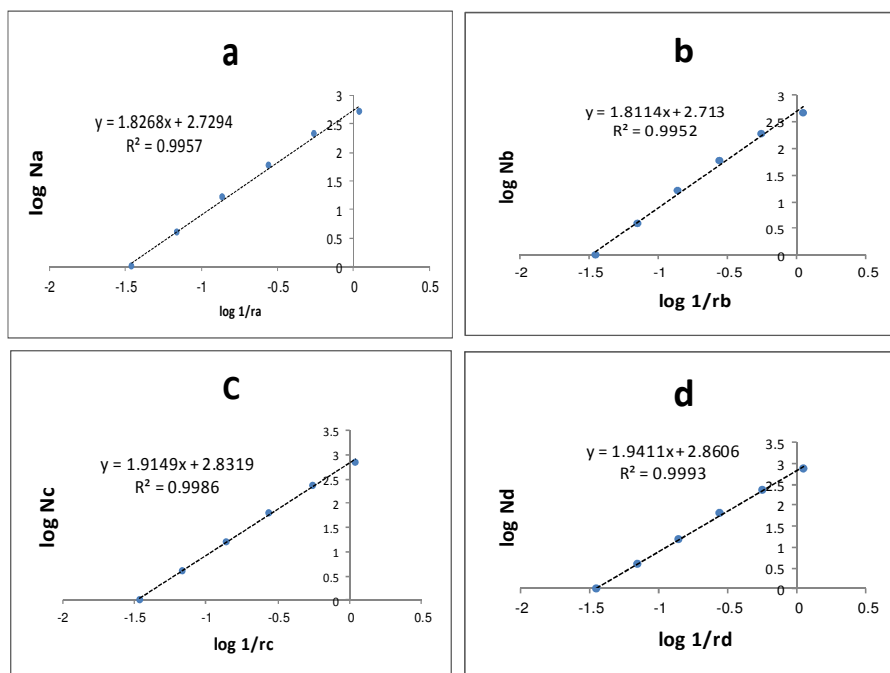
$$Da = 1/8268, Db = 1/8114, Dc = 1/9149, Dd = 1/9411$$

از مقادیر بدست آمده نتیجه می‌گیریم که بعد فرکتال در پهنه b حداقل مقدار (۱/۸۱۱۴) و در پهنه d مقدار حداکثر (۱/۹۴۱۱) را نشان می‌دهد. این مقادیر بعد فرکتالی بدست آمده از خطوط‌های منطقه مورد مطالعه، روند گسل اصلی را در منطقه مشخص می‌کند.

برای به دست آوردن ابعاد فرکتالی خطوط‌های منطقه، نقشه خطوط‌های منطقه تهیه شده و بر روی این نقشه، شبکه‌هایی ایجاد شده است (شکل ۷). این تقسیم‌بندی مانند تقسیم‌بندی فرکتال شکستگی‌ها (شکستگی‌های ساختاری یا شبکه گسلی فعال در منطقه) می‌باشد. در بررسی فرکتال خطوط‌ها هرکدام از این پهنه‌ها، جداگانه مورد بررسی قرار گرفت و برای هر یک، بعد فرکتالی محاسبه شده است. (N) تعداد مربع‌هایی که حاوی خطواره هستند و (r) ابعاد مربع‌ها را نشان می‌دهد (جدول ۲). با رسم نمودارهای مربوطه برای هر مربع



شکل ۷. نقشه خطوط‌ها و پهنه‌بندی یا شبکه‌بندی منطقه مورد مطالعه



شکل ۸. نمودار لگاریتمی عکس طول ضلع مربع‌ها به تعداد مربع‌هایی که حاوی خطواره هستند در چهار پهنه منطقه مورد مطالعه

جدول ۲. ابعاد مربع‌ها (r) و تعداد مربع‌های دارای خطواره (N) برای چهار پهنه منطقه مورد بررسی

ra (km)	Na	Nb	Nc	Nd
29	1	1	1	1
14.5	4	4	4	4
7.25	16	16	16	16
3.625	58	60	64	64
1.8125	209	195	234	241
0.90625	509	489	715	798

کیلومتری است و در امتداد آن آبراهه‌ها به صورت موازی آرایش پیدا کرده‌اند (شکل ۹).

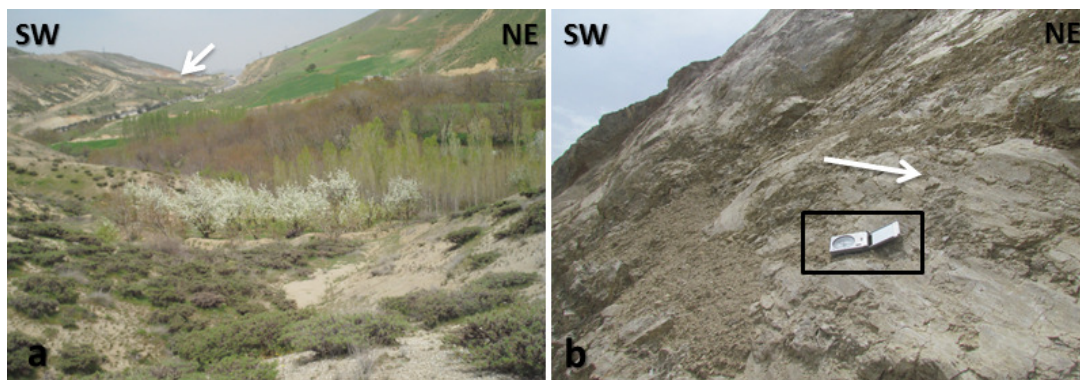
به طور کلی با توجه به برداشتهای صحرائی، در دره مروارید روند شمال‌باختری - جنوب‌خاوری گسل مروارید قابل مشاهده است که افیولیت‌ها را از فلیش‌های کرتاسه جدا می‌کند و با توجه به پهنه‌بندی انجام شده در شکل ۱، در مرزی که پهنه سندنج - سیرجان از افیولیت‌ها جدا شده گسل مروارید رخنمون دارد. صفحه گسل مروارید با روند N130/58NE و با ریک بردار لغزش 30NW در مشاهدات صحرائی قابل مشاهده است. شکل ۱۰ تصاویری از این صفحه گسلی را نشان می‌دهد و برداشتی که از این صفحه انجام شد با روند حداکثر بدست آمده از خطواره‌ها و گسل‌ها (N30W تا N40W) در نمودار گل‌سرخ مطابقت داشت.

۶- تحلیل نقشه نهایی خطواره‌ها و شکستگی‌ها و مقایسه با اطلاعات صحرائی

جهت‌گیری کلی شکستگی‌ها و خطواره‌ها در منطقه مورد مطالعه که نمودار گل‌سرخ آن نشان داده شد، دارای امتدادهای N30W تا N40W می‌باشد و با توجه به نقشه تراکم خطواره‌ها و شکستگی‌ها، تراکم نسبی در امتداد MRF قابل ملاحظه است. نمودار گل‌سرخ به دست آمده، روند شمال‌باختر - جنوب‌خاور MRF را نشان می‌دهد که با پیمایش‌های صحرائی این روندهای کلی مورد بررسی دقیق قرار گرفته است. یکی از مهم‌ترین ساختارهای شکستگی در منطقه مورد مطالعه که تراکم بالای شکستگی و خطواره‌ها در امتداد آن وجود دارد، گسل مروارید است و یکی از قطعات MRF می‌باشد. این گسل دارای طول حدوداً ۳۰



شکل ۹. تشکیل آبراهه‌های موازی در پهنه گسلی مروارید



شکل ۱۰. (a) نمای دور از پهنه گسلی مروارید که محل شکل (b) به صورت پیکان نشان داده شده است. (b) نمای نزدیک از صفحه گسل مروارید

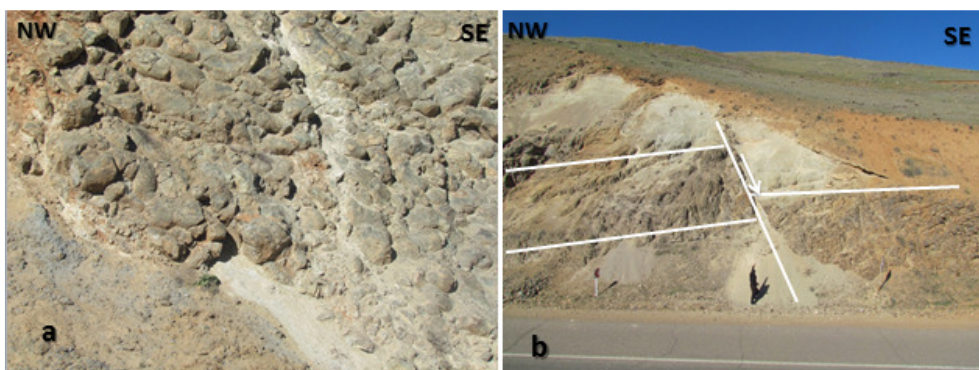
و زاگرس مرتفع یا در پهنه سنندج - سیرجان رخنمون دارند، اما با توجه به شکستگی و جدایش توالی‌های افیولیتی ناشی از فعالیت گسل مروارید، واضح است که در این بخش از ایران این گسل در مرز بین پهنه‌های سنندج - سیرجان و زاگرس قرار گرفته است.

با توجه به مشاهدات صحرائی و برداشت صفحات گسلی، حرکت گسل‌های اصلی امتداد لغز راستگرد می‌باشد که دارای مولفه است. در محل اتصال گسل مروارید با MRF مناطق ترافشارش یا خم‌های فشاری ایجاد شده است که در خم‌های فشاری یا انقباضی جابه‌جایی همگرا هستند و دو گسل به سمت همدیگر نزدیک می‌شوند و به طور معمول اتصال قطعات گسل فرعی به گسل اصلی از نوع شکستگی‌های فرعی است. در پهنه دگرشکلی ترافشارشی کوتاه‌شدگی سطحی ایجاد می‌شود و باعث افزایش ارتفاع و بالآمدگی می‌شود.

در مشاهدات صحرائی گسل‌های نرمال در توالی افیولیتی و بویژه در گدازه‌های بالشی قابل مشاهده است که این سنگ‌ها متعلق به توالی خروجی مجموعه افیولیتی کرمانشاه هستند و در کرتاسه بالایی جایگزین شده‌اند. امتداد کلی این گسل‌های نرمال N60W می‌باشد که شیب آن‌ها از ۴۰ تا ۷۰ درجه متغیر است و جهت شیب آن‌ها به سمت شمال باختر است. آثار فرورانش تئیس جوان و برخورد قاره‌ای همراه آن در این منطقه، با جایگیری افیولیت‌های کرمانشاه همراه بوده که در امتداد راندگی اصلی زاگرس [۳۸، ۱۰، ۵] معروف به زون خرد شده جای گرفته‌اند (شکل ۱۱). با توجه به این که MRF در این قسمت از منطقه توالی افیولیتی را قطع کرده است، مولفه نرمال این بخش از MRF باعث تشکیل این گسل‌های نرمال گردیده است. به طور کلی قطعات گسلی MRF در بعضی قسمت‌ها منطبق بر گسل اصلی جوان زاگرس (MZRF) و در بعضی قسمت‌ها در پهنه افیولیتی

افزایش ضخامت پوسته و دوپلکس‌های کششی باعث نازک‌شدگی در پوسته می‌شوند. این تغییرشکل‌ها (فشارشی و کششی) می‌تواند به همدیگر تبدیل شوند. در یک دوپلکس امتدادلغز فشاری حرکت گسل ترکیبی از امتدادلغز و معکوس و در یک دوپلکس امتدادلغز کششی ترکیبی از امتدادلغز و نرمال است [۲۱].

به طور معمول سیستم گسل‌های امتدادلغز دارای الگوی پیچیده‌تری هستند که در نتیجه خم‌های فشاری یا کششی بر اثر جابه‌جایی گسل‌های متناوب یا منفرد به وجود می‌آید. اگر حرکت گسل در قسمت هم‌پوشانی در جهت خم گسل باشد دوپلکس فشاری و حال اگر جهت حرکت گسل اصلی غیر هم‌جهت با خم باشد دوپلکس کششی ایجاد می‌کند. دوپلکس‌های فشارشی باعث



شکل ۱۱. (a) گدازه‌های بالشی (Pillow lava) و (b) گسل‌های نرمال در پهنه گسل مروارید را نشان می‌دهد. گدازه‌های بالشی متعلق به افیولیت‌های کرمانشاه هستند که این توالی در کرتاسه بالایی جایگزین شده‌اند.

سمت شمال‌باختر به جنوب‌خاور منطقه می‌باشد که این محدوده، روند گسل اصلی در منطقه را مشخص می‌کند. عامل تاثیر گذار در افزایش بعد فرکتالی منطقه مورد مطالعه، شکستگی‌های مرتبط با پهنه گسلی جوان اصلی زاگرس می‌باشد که با دور شدن از این پهنه گسلی تراکم آن‌ها کاهش می‌یابد.

با استفاده از این محاسبات (داده‌های دورسنجی و تحلیل فرکتال) و تطبیق آن با مشاهدات صحرایی می‌توان استنباط کرد که در محدوده شمال‌باختر-جنوب‌خاور، روندهای بدست آمده از نمودارهای گل‌سرخ و هم‌چنین ابعاد فرکتالی حداکثر است و می‌توان نتیجه گرفت که این روند گسل اصلی منطقه را مشخص می‌کند. در محدوده‌ای که شکستگی‌ها تراکم بیشتری دارند احتمال لرزه‌خیزی بیشتر است و این مناطق را می‌توان در دسته‌بندی نواحی پرخطر لرزه‌ای قرار داد. خش‌لغزهای روی گسل گویای حرکت جوان آن است. با این تفاسیر این گسل، یک گسل فعال است و موقعیت صفحه گسلی برداشت شده، N130/58NE است که ریک بردار لغزش آن برابر با 30NW می‌باشد. هم‌چنین این گسل باعث جابه‌جایی در توالی‌های افیولیتی شده و بنابراین در این

۷- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به الگوی بدست آمده از تراکم گسل‌ها و خطواره‌ها و نمودارهای گل‌سرخ در منطقه مورد مطالعه که با برداشت‌های صحرایی و استخراج خطواره‌ها مورد بررسی قرار گرفت، روند N30W تا N40W که مربوط به گسل مروارید و شکستگی‌های هم‌روند با آن است، شمال‌باختر-جنوب‌خاور و شکستگی‌های فرعی اطراف گسل از نوع شکستگی‌های ریدل (R) در زاگرس می‌باشد. حرکت گسل مروارید که یکی از قطعات گسل جوان اصلی زاگرس است امتدادلغز راستگرد می‌باشد که با یک آرایش پلکانی در شمال‌باختر گسل لرزه‌خیز صحنه واقع شده است. در تحلیل فرکتال شکستگی‌ها (شکستگی‌های ساختاری یا شبکه گسلی فعال در منطقه مورد مطالعه)، بعد فرکتال مربوط به پهنه b در شمال‌باختری، حداقل مقدار (۱/۶۲۶۴) و فرکتال مربوط به پهنه d در جنوب-خاور حداکثر مقدار (۱/۸۴۷۹) و مقادیر بدست آمده از تحلیل فرکتال خطواره‌ها نیز در پهنه b (شمال‌باختری) حداقل مقدار (۱/۸۱۱۴) و در پهنه d (جنوب‌خاور) مقدار حداکثر (۱/۹۴۱۱) را نشان می‌دهند.

محاسبه ابعاد فرکتالی از تغییرات تراکم شکستگی‌ها و خطواره‌ها در گسل مروارید بیانگر افزایش بعد فرکتالی از

- [11] Berberian, M (1995) Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics*. 241, 193–224.
- [12] Blanc, E.J.P., Allen, M.B., Inger, S., Hassani H (2003) Structural styles in the Zagros Simple Folded Zone. *Iran. Journal of the Geological Society of London*. 160, 401–412.
- [13] Corgne, S., Magagi, R., Yergeau, M., Sylla, D (2010) An integrated approach to hydro-geological lineament mapping of a semi-arid region of West Africa using Radarsat-1 and GIS. *Remote Sensing of Environment*, 114, p. 1863–1875.
- [14] Dercourt, J., Ricou, L.E., Vrielynck, B (1993) Atlas Tethys Palaeo environmental maps, 14 maps, 1 pl. Paris: Gauthier-Villars.
- [15] Dercourt, J., Zonenshain, L.P., Ricou, L.E., Kazmin, V.G., Le pichon, X., Knipper, A.L., Grandjacquet, C., Sbortshikov, I.M., Geyssant, J., Lepvrier, C., Pechersky, D.H., Boulin, J., Sibuet, J.C., Savostin, L.A., Sorokhtin, O., Westphal, M., Bazhenov, M.L., Lauer, J.P., BijuDuval, B (1986) Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the LIAS. *Tectonophysics*. 123, 241–315.
- [16] Dewey, J.F., Pitman III, W.C., Ryan, W.B.F., Bonini, J (1973) Plate tectonics and the evolution of the Alpine System. In: *Geological Society of America Bulletin*. 84, 3137–3180.
- [17] Falcon, N.L (1974) Southern Iran: Zagros Mountains. *Mesozoic–Cenozoic Orogenic Belts, Data for Orogenic Studies: Geol. Soc. Spec. Publ. London*, 4, pp. 199–211.
- [18] Hafkenscheid, E., Wortel, M.J.R., Spakman, W (2006) Subduction history of the Tethyan derived seismic tomography and tectonic reconstruction. *Journal of Geophysical Research* 111, B08401, doi:10.1029/2005JB003791, 26 p.
- [19] Jackson, J.A., McKenzie, D.P (1984) Active tectonics of Alpine–Himalayan belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*. 77, 185–264.
- [20] Koop, W.J., Stoneley, R (1982) Subsidence history of the Middle East Zagros Basin, Permian to Recent. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A*. 305, 149–168.
- [21] Kim, Y.S., Peacock, D.C.P., Sanderson, D.J (2002) Fault damage zones. *Journal of Structural Geology*. 26, 503–517
- [22] Koike, K., Nagano, S., Ohmi, M (1995) Lineament analysis of satellite image using a Segment Tracing Algorithm [STA]. *computer and geosciences*. 21, 1091–1104.
- بخش از ایران در مرز بین پهنه‌های ساختاری سندج – سیرجان و زاگرس قرار گرفته است.
- ### تقدیر و تشکر
- نویسندگان مقاله از داوران محترم و سردبیر و هیات تحریریه مجله یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی کمال تشکر و قدردانی را دارند.
- ### منابع
- [۱] حسامی، خ.، جمالی، ف.، طیبی، ه (۱۳۸۲) نقشه گسل‌های فعال ایران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- [۲] علی‌پور، ر.، پورکرمانی، م.، زارع، م.، اسپندار، ر (۱۳۸۹) استخراج اتوماتیک خطواره‌های مرتبط با زون گسلی جوان اصلی زاگرس در جنوب لرستان و مقایسه آن با برداشت‌های صحرایی، مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی (JSIAU)، جلد ۲۰، شماره ۷۷، ص ۱۸۴–۱۷۳.
- [3] Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Mouthereau, F (2005) Convergence history across Zagros (Iran): constraints from collisional and earlier deformation. *International Journal of Earth Sciences*. 94, 401–419.
- [4] Alavi, M (1980) Tectonostratigraphic evolution of the Zagrosides of Iran. *Geology*. 8, 144–149.
- [5] Alavi, M (1994) Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics*. 229, 211–238.
- [6] Allen, M.B., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M., Qorashi, M (2003) Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran. *Journal of Structural Geology* 25, 659–672.
- [7] Allen, M.B., Jackson, J., Walker, R (2004) Late Cenozoic reorganization of the Arabia–Eurasia collision and comparison of the short-term and long-term deformation rates. *Tectonics*. 23, TC2008, doi: 10.1029/2003TC001530.
- [8] Alipoor, R., Poorkermani, M., Zare, M., El Hamdouni, R (2012) Active tectonic assessment around Rudbar Lorestan dam site, High Zagros Belt (SW of Iran). *Geomorphology*, 128, 1–14.
- [9] Axen, G.J., Lam, P.J., Grove, M., Stockli, D.F., Hassanzadeh, J (2001) Exhumation of the west-central Alborz Mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics. *Geology* 29, 559–562.
- [10] Berberian, M., King, G.C.P (1981) Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran, *Canad. J. Earth Sci.* 18, 210–265.

- [34] Sengör, A.M.C., Altiner, D., Cin, A., Ustaömer, T., Hsü, K.J (1988) The origin and assembly of the Tethyside orogenic collage at the expense of Gondwana land. In Gondwana and Tethys (eds M. G. Audley-Charles & A. Hallam). Geological Society of London, Special Publication no. 37, 119-181.
- [35] Sepehr, M., Cosgrove, J.W (2005) Role of the Kazerun fault zone in the formation and deformation of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. *Tectonics* 24, TC5005, doi: 10.1029/2004TC001725.
- [36] Stampfli, G.M., Borel, G. D (2002) A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons. *Earth and Planetary Science Letters*. 196, 17-33.
- [37] Stocklin, J (1968) Structural history and tectonics of Iran. A review. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. 52, 1229-1258.
- [38] Stöcklin, J (1977) Structural correlation of the Alpine ranges between Iran and Central Asia. *Mém. Soc. géol. France*. 8: 333-353.
- [39] Takin, M (1972) Iranian Geology and Continental Drift in the Middle East. *Nature*. 235, 147-50.
- [40] Talebian, M., Jackson, J (2002) Offset on the main recent fault of NW Iran and implications on the late Cenozoic tectonics of the Arabia-Eurasia collision zone. *Geophysical Journal International*. 150, 422-439.
- [41] Tatar, M., Hatzfeld, D., Ghafory-Ashtiyani, M (2004) Tectonics of the Central Zagros (Iran) deduced from microearthquake seismicity. *Geophysical Journal International*. 156, 255-266.
- [42] Tchalenko, J.S (1970) similarities between shear zones of different magnitudes. *Bull. Ceol. Am*. 81, 1625-1640
- [43] Tchalenko, J.S., Braud, J (1974) Seismicity and structure of the Zagros [Iran] the Main Recent Fault between 33 and 35 N. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 277, 1-25.
- [44] Turcotte. D.L (1997) *Fractals and Chaos in Geology and Geophysic*. Cambridge Univ. Press.
- [45] Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M., Vigny, C., Masson, F., Nankali, HMartinod, J., Ashtiani, A., Bayer, R., Tavakoli, F., Chéry, J (2004) Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. *Geophysical Journal International*. 157, 381-398 .
- [23] Koike, K., Nagano, S., Kawaba, K (1998) Constraction and analysis of interpreted fracture plans through combination of satellite image derived lineaments and digital elevation model date. *Computer and geosciences*. 24, 573-583.
- [24] Masoud, A., Koike, K (2006) Tectonic architecture through Landsat-7 ETM+/SRTM DEM-derived lineaments and relationship to the hydrogeologic setting in Siwa region, NW Egypt. *African Earth Sciences*. 45, 467-477.
- [25] McClay, K.R., Whitehouse, P.S., Dooley, M., Richards, M (2004) 3D evolution of fold and thrust belts formed by oblique convergence. *Marine and Petroleum Geology*. 21, 857-877
- [26] Mohajjel, M., Fergusson, C.L (2000) Dextral transpression in Late Cretaceous continental collision, Sanandaj - Sirjan zone, western Iran. *Journal of Structural Geology* 22, 1125-1139.
- [27] Molinaro, M., Leturmy, P., Guezou, J.C., Frizon de Lamotte, D (2005) The structure and kinematics of the southeastern Zagros fold-thrust belt; Iran: from thin-skinned to thick-skinned tectonics. *Tectonics*. 24, TC3007, doi: 10.1029/2004TC001633.
- [28] Navabpour, P., Angelier, J., Barrier, E (2007) Cenozoic post-collisional brittle tectonic history and stress reorientation in the High Zagros Belt [Iran, Fars Province]. *Tectonophysics* 432, 101-131.
- [29] Regard, V., Bollier, O., Thomas, J.C., Abbasi, M.R., Mercier, J., Shabaniyan, E., Feghhi, K., Soleymani, S (2004) Accommodation of Arabia-Eurasia convergence in the Zagros-Makran transfer zone, SE Iran: a transition between collision and Subduction through a young deformation system. In: *Tectonics*. 23, doi: 10.1029/2003TC001599 TC4007.
- [30] Sarkarinejad, K (2007) Quantitative finite strain and kinematic flow analyses along the Zagros transpression zone. *Iran Tectonophysics* 442, 49e65.
- [31] Sarkarinejad, K., Azizi, A (2008) Slip partitioning and inclined dextral transpression along the Zagros Thrust System, Iran. *Journal of Structural Geology*. 30, 116-136.
- [32] Sarkarinejad, K., Faghih, A., Grasemann, B (2008) Transpressional deformations within the Sanandaj - Sirjan metamorphic belt (Zagros mountains, Iran). *Journal of Structural Geology*. 30, 818-826.
- [33] Sarkarinejad, K., Partabian, A., Faghih, A., Kusky, T.M (2012) Usage of strain and vorticity analyses to interpret large-scale fold mechanisms along the Sanandaj - Sirjan metamorphic belt, SW Iran. *Geological Journal* 47, 99-110.

- [46] Wellman, H.W (1966) Active wrench faults of Iran, Afghanistan and Pakistan. *Geologische Rundschau*. 55, 716–735.
- [47] Ziegler, P.A., Stampfli, G.M (2001) Late Paleozoic-Early Mesozoic plate boundary reorganization: collapse of the Variscan orogen and opening of Neotethys. In: Cassinis, R. (Ed.), *the Continental Permian of the Southern Alps and Sardinia (Italy) Regional Reports and General Correlations*, Ed. 25. *Annali Museo Civico Science Naturali, Brescia*. 17–34.

The analysis of the dynamics tectonic Morvarid Fault at Main recent Fault using remote sensing data and fractal analysis

R. Alipoor*¹, A. H. Sadr² and P. Amini³

1, 2, 3- Dept., of Geology, Faculty of Science., Bu-Ali Sina University, Hamedan

*rezaalipoor116@gmail.com

Recieved: 2016/9/10 Accepted: 2017/2/1

Abstract

The aim of this study is assessment the dynamics tectonic Linements and fractures related is to the Morvarid Fault, middle segment of the Main recent Fault (MRF). The MRF is a dextral strike-slip fault the with northwest-southeast trend, composed of several fault segments. The Morvarid Fault is one of the MRF segments with a .bout 30 kilometers length is located in middle part and continuation of the Sahneh fault. In this study, using remote sensing techniques and fractal analyzes, faults and Linements associated with the fault zone Morvarid examined the method used in this study, semi-automatic extraction Linements based on STA algorithm of images Landsat satellite and is shaded models. Using fractal analyzes, lineaments and faults were obtained analyzes the fractal dimension reflects the increasing the density of fractures around the fault zone MRF and the density in a process northwest southeast and parallel to the fault. Fractal dimension faults from northwest to southeast is gradually changed from 1.626 to 1.847 and this increase of fractal dimension, is also visible in the Linements from 1.811 in the northwest to 1.941 southeast will rise. In fact, factor in the rise fractal dimension in the study area, related fractures Main recent Fault, which away from this zone the faults density decreases.

Keywords: Main Recent Fault, Morvarid Fault, remote sensing techniques, fractal