

قطعه‌بندی پهنه‌ی گسله شتری با استفاده از تحلیل‌های ساختاری، ریخت زمین‌ساختی، لرزه‌ای و فرکتالی

سید مرتضی موسوی^(۱)، راضیه عباس پور^۲ و محمود رضا هیهات^۳

۱. دکتری تکتونیک، استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بیرجند

۲. دانشجوی دکتری تکتونیک، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بیرجند

۳. دکتری تکتونیک، استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۲۹

چکیده

پهنه‌ی فعال گسله شتری (در پایانه‌ی شمالی گسل نایبند)، دارای سازوکار معکوس با مؤلفه‌ی امتدادلغز راستگرد است. مطالعه تصاویر ماهواره‌ای، عدم یکپارچگی گسل و قطعه-قطعه بودن آن را نشان می‌دهد. در این پژوهش، قطعه‌بندی گسل براساس ناپیوستگی هندسی انجام و دو قطعه‌ی شمالی (امتداد N40W) و جنوبی (امتداد N20W) معرفی شد که کلیه قطعات سازوکار معکوس با مؤلفه‌ی امتدادلغز راستگرد دارند. در میزان ارزیابی فعالیت گسل، با تکیه بر ابعاد فرکتالی زمین لرزه‌ها ($D_s = 1/60$, $D_N = 1/73$) و شکستگی‌ها ($SL_s = 1703/27$) و شاخصه‌های ریخت زمین‌ساختی از قبیل شاخص شیب رودخانه ($D_s = 0/43$, $D_N = 0/68$)، سینوسیته‌ی کانال رودخانه ($SL_N = 1526/7$)، سینوسیته‌ی پیشانی کوهستان ($S_{mfs} = 1/1$)، نسبت V ($V_s = 0/7$, $V_N = 0/9$) و داده‌های ساختاری و لرزه‌ای، قطعه جنوبی به عنوان فعال‌ترین بخش معرفی می‌شود. بیش‌ترین فراوانی زلزله‌های ثبت شده و بزرگترین زلزله دستگامی ثبت شده با بزرگای $7/4$ بیشتر مربوط به قطعه‌ی جنوبی است، که نشان دهنده‌ی پتانسیل بالای لرزه‌خیزی گسل در این قطعه می‌باشد. **واژه‌های کلیدی:** پهنه‌ی راندگی شتری، تحلیل فرکتالی، تحلیل ریخت زمین‌ساختی، قطعه‌بندی گسلی، لرزه‌خیزی.

مقدمه

که تقریباً از همین روند تبعیت می‌کنند. پهنه‌ی راندگی شتری با روند NW-SE یکی از ساختارهای اصلی منطقه به شمار می‌آید و در حال حاضر یکی از ساختارهای فعال منطقه و مسبب زمین لرزه‌ی مخرب سال ۵۷ می‌باشد (Niazi and Shoja-Taheri, 1985).

تفکیک مکانی دگرشکلی در طول ساختارهای فعال، توسط قطعه‌بندی گسل انجام می‌شود که به موجب آن

گستره‌ی مورد مطالعه در جنوب خاور طبس (استان خراسان جنوبی) و در بخشی از رشته کوه شتری بین عرض جغرافیایی $20^{\circ} 33'$ تا $40^{\circ} 33'$ شمالی و طول جغرافیایی $57^{\circ} 20'$ تا $57^{\circ} 20'$ شرقی واقع شده است. رشته کوه شتری با روند NW-SE دارای عناصر ساختاری شامل چین‌ها و شکستگی‌ها (اعم از گسل‌های راندگی و امتدادلغز) می‌باشد

* نویسنده مرتبط: mmoussavi@birjand.ac.ir

قطعه‌بندی پهنه‌ی گسله شتری با استفاده از تحلیل‌های ساختاری ...

- پهنه گسلش براساس ویژگی‌های هندسی، ساختاری، ریخت زمین‌ساختی و لرزه‌ای قابل تقسیم به بخش‌های پشت سر هم تحت عنوان قطعات گسلی می‌باشد (Barka and Kadinsky-Cade, 1988). سازوکار اصلی گسل شتری راندگی با مؤلفه‌ی امتدادلغز راستگرد می‌باشد و گسل‌های راندگی دارای سیمای خمیده می‌باشند (Berberian et., 1979).
- قطعه‌بندی گسلی براساس شواهد هندسی، ساختاری و فرکتالی
- مطالعه شاخصه‌های ریخت زمین‌ساختی و نوزمین ساختی مرتبط با راندگی شتری
- مطالعه لرزه خیزی گسل و پارامترهای مرتبط با آن در مرحله بعد، با توجه به اهداف تعیین شده، اطلاعات بدست آمده ترکیب و در نهایت نتایج حاصل ارائه شد.

بحث

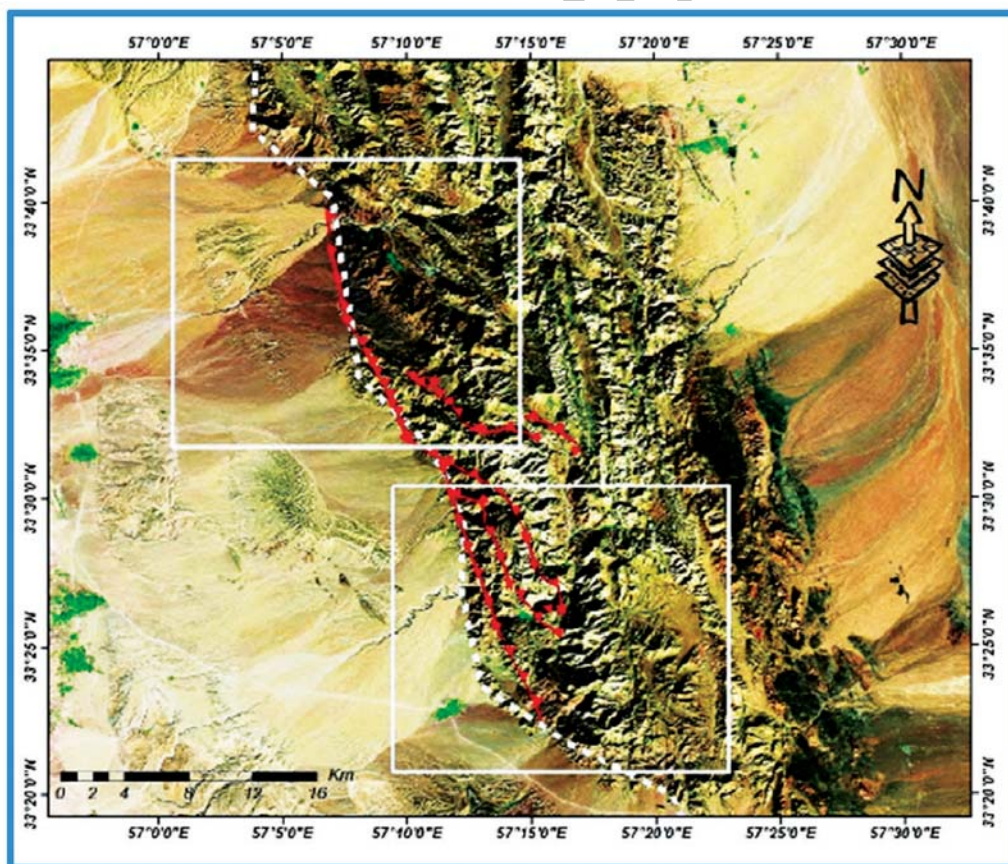
قطعه‌بندی براساس ناپیوستگی‌های هندسی

یکی از روش‌های متداول برای قطعه‌بندی پهنه‌های گسلی استفاده از ناپیوستگی‌های هندسی می‌باشد (Sanders and Magistrale, 1997). در این پژوهش پهنه‌ی گسلی شتری براساس ناپیوستگی‌های هندسی و تغییر روندهای گسل، از جنوب به سمت شمال به دو قطعه شمالی و جنوبی تقسیم می‌شود (شکل ۱).

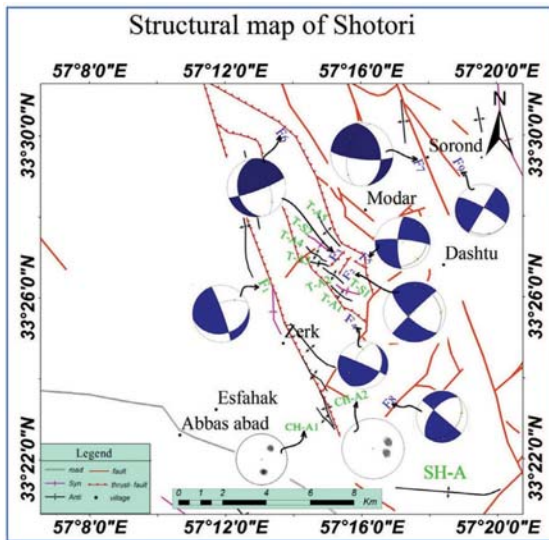
تفکیک قطعات و مرز بین آنها توسط روش‌های متفاوتی تعیین می‌شود که در این پژوهش پهنه‌ی شتری براساس شواهد ریخت زمین‌ساختی به قطعات مجزا تقسیم شده و سپس قطعات گسلی با کمک داده‌های ساختاری و لرزه‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

روش تحقیق

ابتدا کتب، مقالات و سایت‌های مرتبط، مطالعه و اطلاعات بدست آمده از مباحث ذیل، دسته‌بندی شد:



شکل ۱. قطعه‌بندی پهنه راندگی شتری با توجه به تغییر روندهای گسلی



شکل ۲. نقشه‌ی ساختاری منطقه‌ی مورد مطالعه

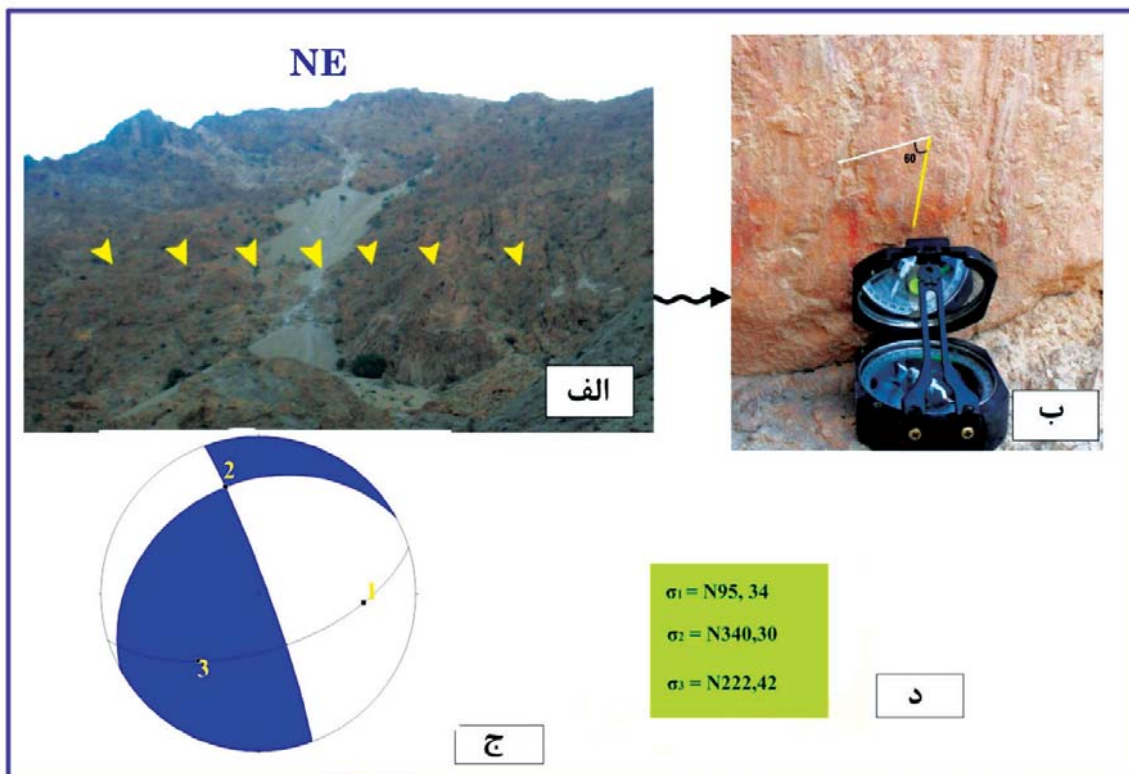
قطعه‌بندی براساس داده‌های ساختاری

یکی دیگر از روش‌های قطعه‌بندی پهنه‌های گسلی، استفاده از داده‌های ساختاری و تحلیل تنش در قطعه‌های مختلف است.

گسل‌های برداشت شده در منطقه‌ی مورد مطالعه

گسل F_1

این گسل شاخه‌ای از راندگی شتری در مرز کوه و دشت می‌باشد. موقعیت هندسی صفحه گسل در موقعیت $33^{\circ} 13' 38'' N$ و $33^{\circ} 25' 2'' E$ ، $N160/85 NE$ و در سازند شتری برداشت شده است. خش لغزهای روی آن دارای ریک ۶۰ درجه به سمت جنوب است. سازوکار گسل با توجه به استریوگرام رسم شده، معکوس با مؤلفه‌ی امتدادلغز راستگرد است (شکل ۳).



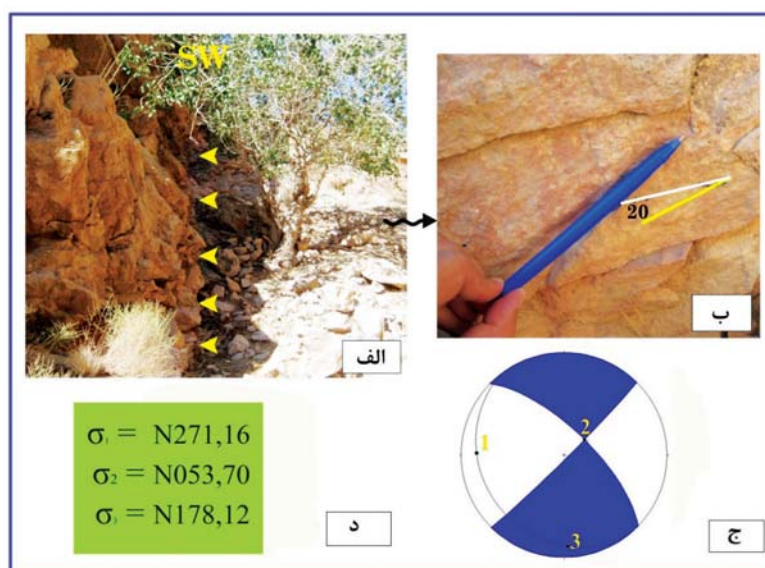
شکل ۳. رخنمون گسل F_1 . الف) موقعیت گسل در نزدیکی روستای زرک که خط اثر گسل توسط پیکان‌های زرد مشخص شده است (دید: به سمت شمال شرق)، ب) نمایی از خش لغزها روی صفحه گسل، ج) استریوگرام مربوط به گسل، د) موقعیت محورهای تنش

گسل F_2

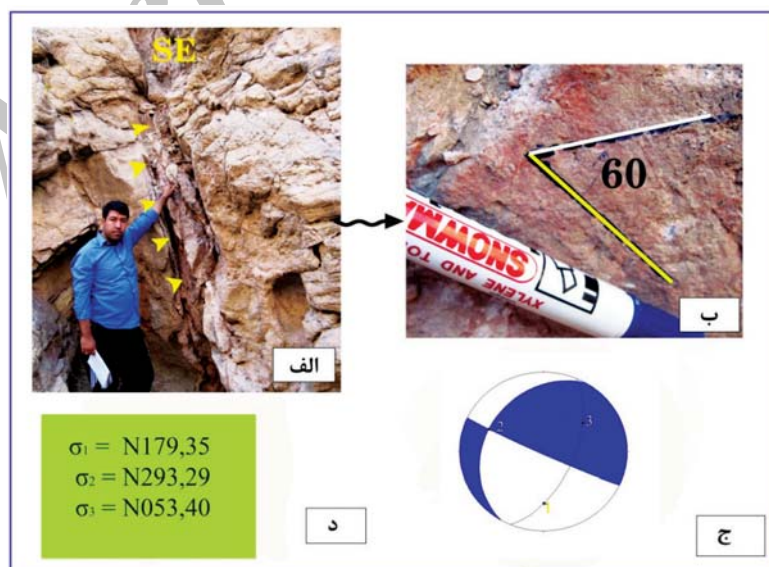
موقعیت هندسی این صفحه گسل در نقطه‌ی $17^{\circ} 15' N$ و $33^{\circ} 26' 34'' E$ می‌باشد و با توجه به خش لغزهای موجود روی آیینه گسل، مقدار ریک اندازه‌گیری شده آن حدود ۲۰ درجه به سمت جنوب است. گسل مزبور در مسیر تنگل ماودر و در سازند شتری برداشت شده است. سازوکار گسل با توجه به استریوگرام به دست آمده امتداد لغز راستگرد با مؤلفه‌ی معکوس است (شکل ۴).

گسل F_3

موقعیت هندسی صفحه گسل در نقطه‌ی $14^{\circ} 57' N$ و $33^{\circ} 26' 30'' E$ می‌باشد خش لغزهای روی آن مقدار ریک ۶۰ درجه به سمت جنوب را نشان می‌دهند. استریوگرام حاصله سازوکار معکوس با مؤلفه امتداد لغز راستگرد را برای گسل نشان می‌دهد (شکل ۵).



شکل ۴. الف) رخنمون گسل F_2 ، ب) نمایی از خش لغزهای روی صفحه گسل، ج) استریوگرام و محورهای تنش گسل مربوطه، د) موقعیت محورهای تنش



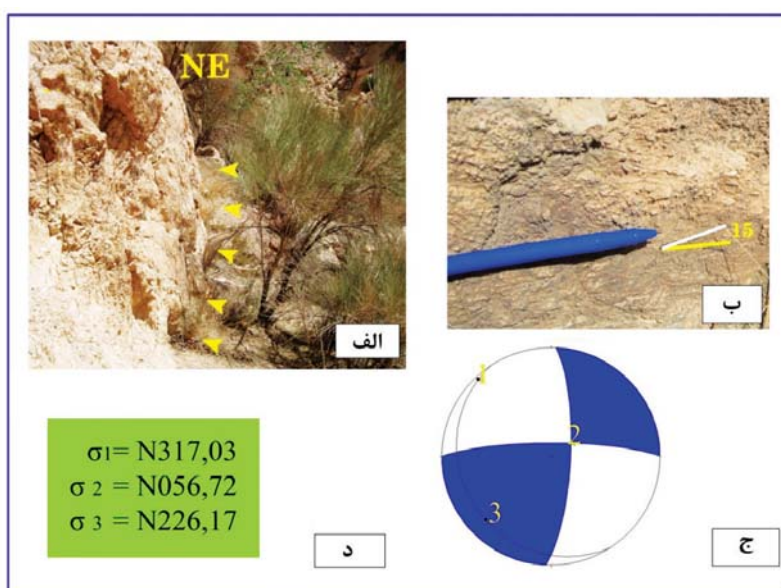
شکل ۵. الف) رخنمون گسل F_4 (دید: به سمت جنوب شرق)، ب) نمایی از خش لغزهای روی صفحه گسل، ج) استریوگرام و موقعیت محورهای تنش مربوط به صفحه گسل، د) موقعیت محورهای تنش

گسل F₄

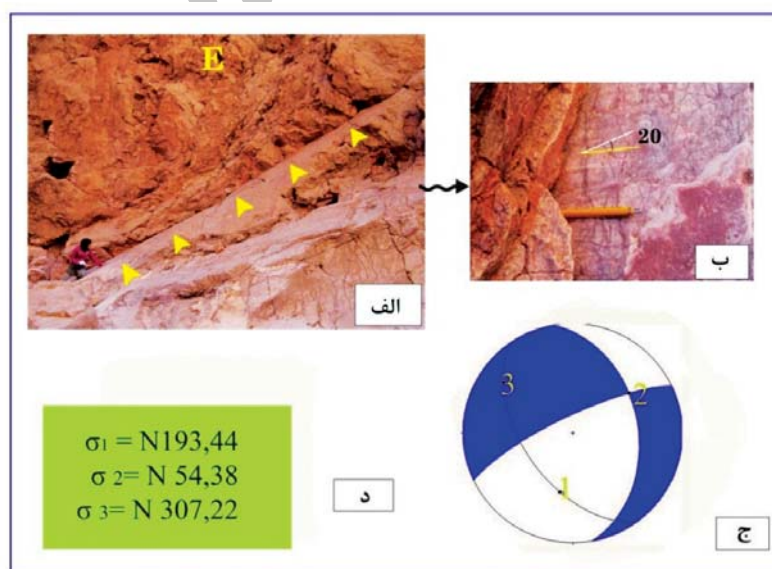
این گسل در نقطه ی ۵۷° ۱۵' ۵۹" N و ۲۶' ۴۷" E و ۳۳° NE، ۹۵/۸۰ قرار دارد و خش لغزهای روی صفحه ی گسل مقدار ریک ۱۵ درجه به سمت غرب را نشان می دهند. سازوکار این گسل مطابق استریوگرام، امتداد لغز با مؤلفه ی معکوس تشخیص داده شده است (شکل ۶).

گسل F₅

مشخصات صفحه گسل در نقطه ی ۵۷° ۱۶' ۵" N و ۳۳° NE، ۱۷۰/۴۰ قرار دارد و خش لغزهای روی صفحه گسل مقدار ریک ۲۰ درجه به سمت جنوب را نشان می دهند. استریوگرام رسم شده، سازوکار گسل را امتداد لغز راستگرد با مؤلفه ی نرمال نشان می دهد (شکل ۷).



شکل ۶. الف) رخنمون گسل F₅، ب) خش لغزهای روی صفحه گسل از نمای نزدیک، ج) استریوگرام و محورهای تنش گسل مربوطه، د) موقعیت محورهای تنش



شکل ۷. الف) رخنمون گسل F₆، ب) خش لغزهای روی صفحه گسل از نمای نزدیک، ج) استریوگرام و محورهای تنش گسل مربوطه، د) موقعیت محورهای تنش

قطعه‌بندی پهنه‌ی گسله شتری با استفاده از تحلیل‌های ساختاری ...

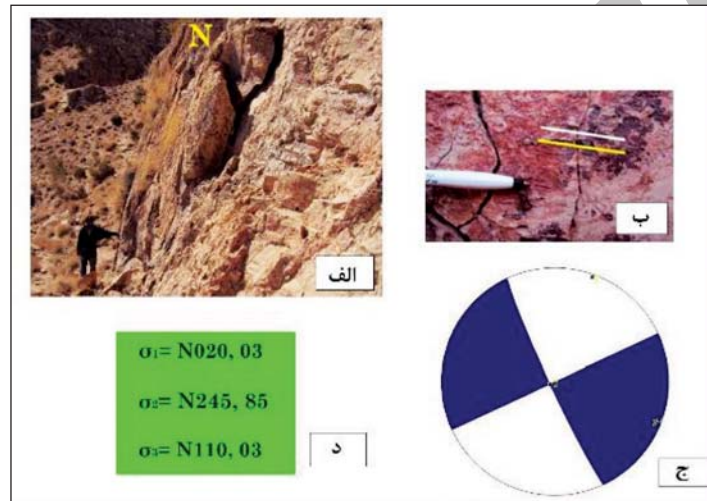
گسل F₆

موقعیت هندسی صفحه گسل در نقطه‌ی $N 19^{\circ} 19' 57''$ و $E 27^{\circ} 15' 33''$ می‌باشد و خش لغزهای روی صفحه گسل، ریک صفر درجه را نشان می‌دهند. سازوکار این گسل مطابق استریوگرام، امتداد لغز راستگرد تشخیص داده شده است. همان طور که در شکل مشخص است، اختلاف ارتفاع فرادیواره و فرودیواره در این گسل زیاد می‌باشد (شکل ۸).

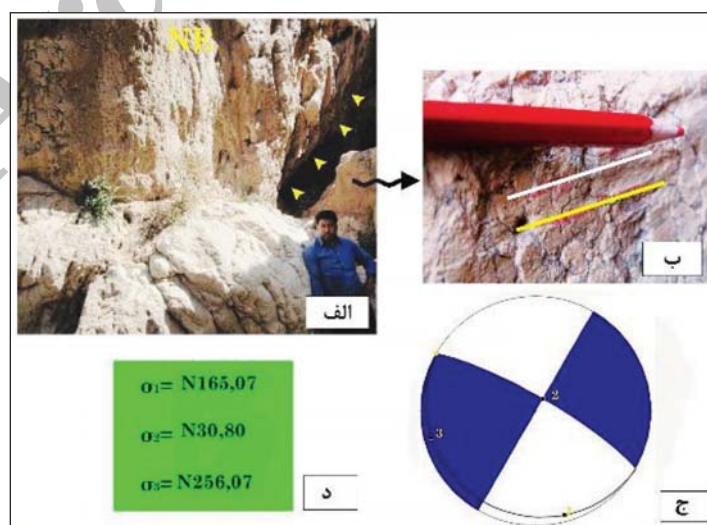
خش لغزهای روی صفحه گسل بیانگر حرکتی راستگرد برای گسل است. استریوگرام گسل مربوطه همانطور که در شکل نشان داده شده، گسل را امتداد لغز راستگرد معرفی می‌کند. چشمه‌ی سرند که یکی از چشمه‌های اصلی در محدوده‌ی روستا است، در پای همین گسل ظهور پیدا کرده است (شکل ۹).

گسل F₇

این گسل در نقطه‌ی $N 18^{\circ} 25' 57''$ و $E 29^{\circ} 33''$



شکل ۸. الف) رخنمون گسل F₇، ب) نمایی از خش لغزهای روی صفحه گسل، ج) استریوگرام و محورهای تنش گسل مربوطه، د) موقعیت محورهای تنش

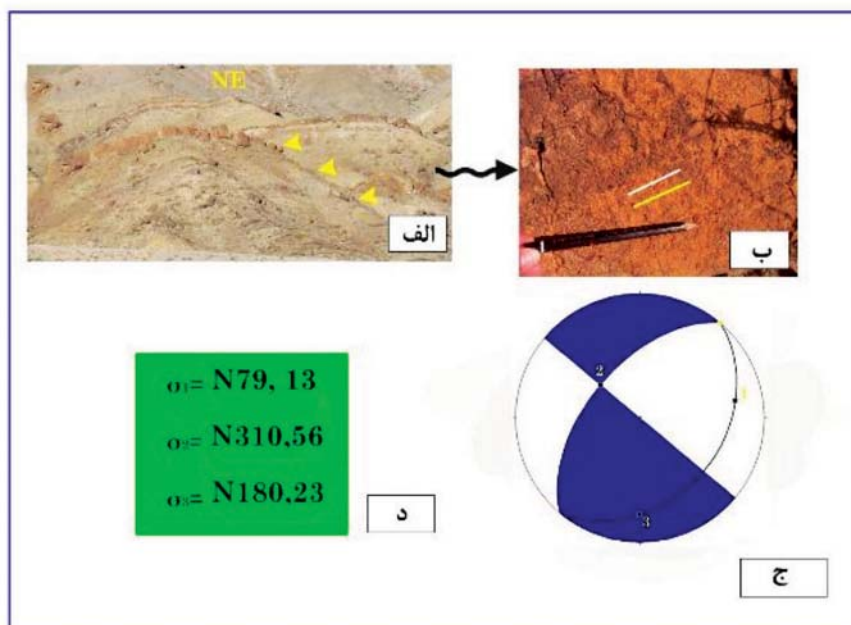


شکل ۹. الف) رخنمون گسل F₈، ب) نمایی از خش لغزهای روی صفحه گسل، ج) استریوگرام و محورهای تنش گسل مربوطه، د) موقعیت محورهای تنش

صفحه گسل، ریک صفر درجه را نشان می‌دهند. سازوکار این گسل مطابق استریوگرام ترسیم شده، امتداد لغز راستگرد تشخیص داده شده است (شکل ۱۰).

گسل F₈

موقعیت هندسی صفحه گسل در نقطه N ۱۶' ۰۰" ۵۷° و E ۳۷' ۵۹" ۳۳° NW ۴۰/۵۶ و خش لغزهای روی



شکل ۱۰. الف) رخنمون گسل F₈، ب) خش لغزهای روی صفحه گسل از نمای نزدیک، ج) استریوگرام و محورهای تنش گسل مربوطه، د) موقعیت محورهای تنش

ابداع گردیده، توصیف کمی الگوهای پیچیده گسل‌ها را میسر می‌سازد. هندسه فرکتالی که Mandelbrot (1982) اشکال اقلیدسی استاندارد یعنی نقاط، خطوط، سطوح و سه بعدی‌ها را توصیف می‌کند. روش مربع شمار یکی از روش‌های متداول در تشخیص هندسه فرکتالی پهنه‌های گسلش بوده و بر اساس این روش بعد فرکتالی در هر منطقه محاسبه شده و تفاوت‌های موجود در ابعاد فرکتالی مناطق مختلف مشخص می‌شود.

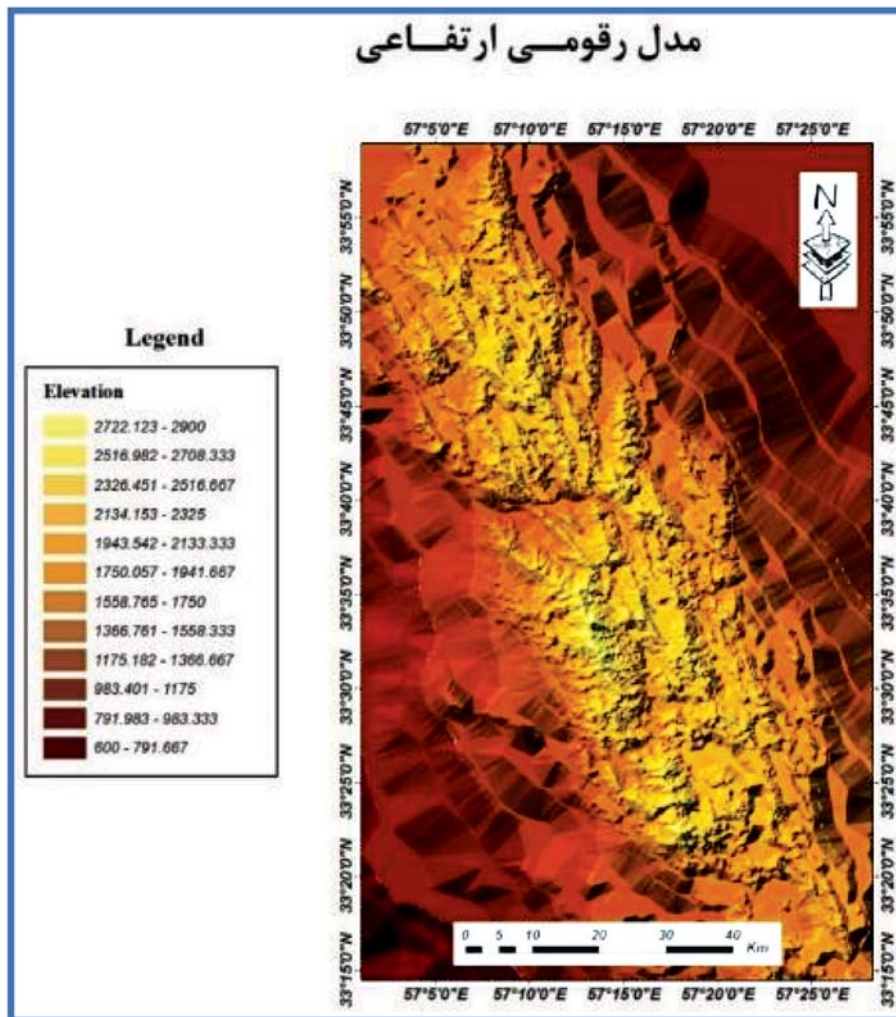
مراحل محاسبه بعد فرکتالی

۱. ساختار مورد نظر برای تحلیل فرکتالی، مانند گسل، آبراهه، داده‌های لرزه‌ای و ... رسم شد.
۲. منطقه مورد مطالعه در اندازه‌های مربعی (S) با مقیاس‌های مختلف، شبکه‌بندی شد (شکل ۱۲).
۳. تعداد مربع‌های حاوی ساختار مورد نظر (Ns) در هر مقیاس، شمارش و به صورت جدولی تنظیم شد.
۴. نمودارهای لگاریتمی-لگاریتمی به قسمی که (Ns) بر

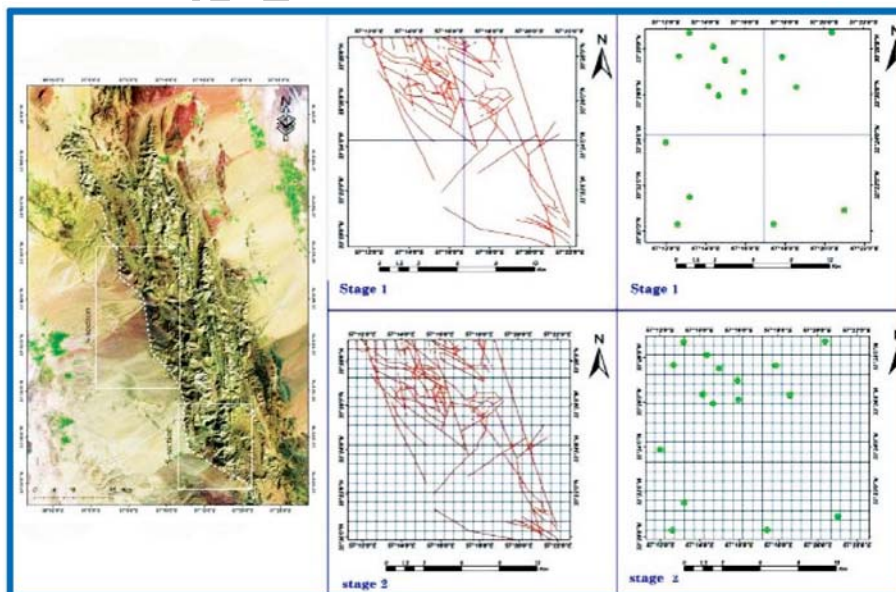
با توجه به استریوگرام‌های ارائه شده بیش‌تر گسل‌های قطعه‌ی جنوبی سازوکار معکوس با مؤلفه‌ی امتدادلغز راستگرد دارند و به سمت قطعه‌ی شمالی پیش رویم بر مؤلفه‌ی امتدادلغزی افزوده شده و از میزان مؤلفه‌ی معکوس گسل‌ها کاسته می‌شود (شکل ۲). همانطور که در نقشه‌ی ساختاری مشاهده می‌شود تراکم گسل‌های معکوس در قطعه‌ی جنوبی بسیار چشمگیر و تراکم گسل‌های امتدادلغز در قطعه‌ی شمالی بیشتر می‌باشد (شکل ۲). بنابراین در قطعه‌ی جنوبی بدلیل تأثیر بیش‌تر مؤلفه‌ی قائم گسل‌های معکوس در منطقه بیش‌ترین برخاستگی مشاهده می‌شود. مدل رقومی تهیه شده از منطقه تأیید کننده‌ی تفاوت برخاستگی در دو قطعه‌ی جنوبی و شمالی می‌باشد. همانطور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود بیش‌ترین برخاستگی (محدوده‌های زرد رنگ) در قطعه‌ی جنوبی رخ داده است.

۱. قطعه‌بندی بر اساس تحلیل هندسه فرکتالی

هندسه جدید فرکتالی که توسط Mandelbrot (1982)



شکل ۱۱. مدل رقومی ارتفاعی منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۱۲. مراحل محاسبه ابعاد فرکتالی

محور عرض‌ها و $1/S$ بر محور طول‌ها قرار داده شوند رسم می‌شوند.

۵. بعد فرکتالی، با استفاده از فرمول حاصل از نمودارهای لگاریتم-لگاریتم، از رابطه زیر بدست آمد:

$$\text{Log}(Ns) = a + D \text{Log}(1/s)$$

در این رابطه D شیب خط و نشان دهنده بعد فرکتالی آن بخش پهنه گسلش می‌باشد (شهریاری و خطیب، ۱۳۷۶، Hiraia; 1989). وجود اختلاف بعد فرکتالی در بخش‌های متفاوت پهنه گسلش، نشانگر تفاوت هندسه سیستم گسلش آن بخش‌ها با یکدیگر می‌باشد (شهریاری و خطیب، ۱۳۷۶،

تحلیل فرکتال سیستم گسلی در گستره مورد مطالعه

جهت بررسی بعد فرکتالی سیستم گسلی گستره‌ی مورد مطالعه، ساختارهای خطی پهنه گسلش مورد مطالعه به کمک نقشه‌ها و به کمک تصاویر ماهواره‌ای شناسایی شده و به طور دقیق به کمک نرم‌افزار ArcGIS رسم شد، سپس گستره‌ی مورد مطالعه در این نرم‌افزار به کمک ابزار Fishnet به موازات طول و عرض جغرافیایی شبکه‌بندی شد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳. نمودار Log-Log و جداول مربوط به محاسبه ابعاد فرکتالی در دو قطعه‌ی جنوبی

تحلیل فرکتالی زمین لرزه‌های گستره مورد مطالعه به روش مربع شمار

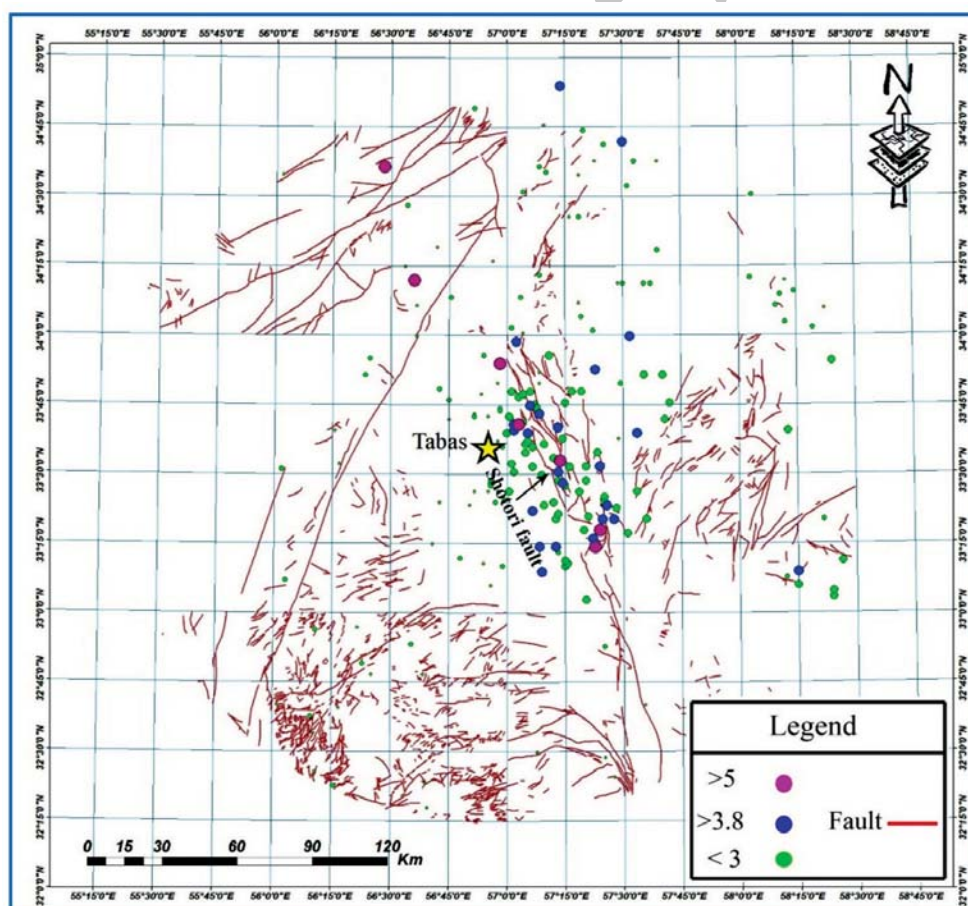
جهت بررسی ارتباط بین گسل‌های منطقه با زمین لرزه‌های رخ داده در گستره مطالعاتی، بعد از محاسبه بعد فرکتال برای سیستم‌های گسلی در منطقه مورد مطالعه، فرکتال زمین لرزه نیز در منطقه مطالعاتی محاسبه شد. تحلیل فرکتالی در این بخش نیز با استفاده از روش مربع شمار صورت گرفت. بدین منظور در محیط نرم‌افزار Arc Gis، شبکه‌بندی با طول ضلع‌های مشخص صورت گرفت و تعداد مربع‌های حاوی کانون سطحی زمین لرزه‌ها در ۵ مرحله شمارش شده و در نهایت نمودارهای Log-Log در برنامه اکسل تهیه شد و بعد فرکتالی زمین

لرزه‌ها محاسبه شد (شکل ۱۴). تفاوت در ابعاد فرکتالی سیستم‌های گسلی، الگوی لرزه‌خیزی متفاوتی را در منطقه ایجاد کرده است به نحوی که مناطق با بعد فرکتالی سیستم گسلی پایین، دارای بعد فرکتالی زمین لرزه‌های بالایی هستند. یعنی فراوانی رومرکز زمین لرزه‌ها در مناطق با بعد فرکتالی پایین، بیش‌تر می‌باشد. کاهش بعد فرکتالی در قطعه‌ی جنوبی در نتیجه تراکم شکستگی‌ها باعث شده که در این منطقه دگرشکلی به حد نهایی رسیده و موجب بالا رفتن توان لرزه‌زایی در این قطعه شود (شکل ۱۶) و احتمال وقوع زلزله در آینده در این قطعه دور از انتظار نیست.

قطعه‌بندی پهنه‌ی گسله شتری با استفاده از تحلیل‌های ساختاری ...



شکل ۱۴. نمودار Log-Log و جداول مربوط به محاسبه ابعاد فرکتالی در دو قطعه‌ی شمالی



شکل ۱۵. زمین لرزه‌های دستگاهی سده بیست و یکم گستره‌ی شهرستان طبس (برگرفته شده از سایت پژوهشکده لرزه‌شناسی و مهندسی زمین لرزه و USGS؛ در بازه زمانی ۲۰۱۴-۱۹۰۰) دایره بنفش رنگ مربوط به زمین لرزه‌های با بزرگی بیش از ۵ و دایره آبی رنگ مربوط به زمین لرزه‌های با بزرگی بیش از ۳/۸ ریشتر می‌باشد

قطعه‌بندی با استفاده از داده‌های لرزه‌ای

لرزه خیزی پهنه‌ی راندگی شتری

پهنه‌ی راندگی شتری دارای راستای تقریبی شمال باختر- جنوب خاور با مؤلفه‌ی امتداد لغز راستگرد است، که این مؤلفه امتداد لغز راستگرد با توجه به شواهد نوزمین ساختی و سازوکار زمین لرزه‌های رخ داده توسط این گسل به اثبات رسیده است. پهنه‌ی راندگی شتری در پایانه‌ی شمالی گسل نایبند قرار دارد و مسبب زمین لرزه‌ای با بزرگی ۷/۴ ریشتر (زمین لرزه ی ۱۹۷۸ طیس) می‌باشد که و در اثر این زمین لرزه در راستای این گسل ۸۵ کیلومتر گسیختگی ایجاد شده است (Walker et al., 2003).

زمین لرزه‌های دستگاهی

زمین لرزه‌های سده بیست و یکم، شهرستان طیس به شعاع ۱۵۰ کیلومتری به مرکزیت این شهر در شکل ۱۵ نشان داده شده است. با بررسی کاتالوگ زمین لرزه‌های دستگاهی ثبت شده در ایستگاه‌های لرزه‌نگاری کشور مشاهده می‌شود که بیش‌ترین تراکم زمین لرزه‌ها را در راستای رشته کوه شتری رخ داده است، به طوری که تراکم و بزرگی زمین لرزه‌هایی که در قطعه جنوبی ثبت شده‌اند بیش‌تر از زمین لرزه‌هایی است که از قطعه شمالی پهنه راندگی شتری گزارش شده است.



شکل ۱۶. نمودار فراوانی زمین لرزه‌ها در دو قطعه شمالی و جنوبی

تصویر نشان می‌دهد که تراکم زمین لرزه‌ها و بزرگی آنها در قطعه‌ی جنوبی بیش‌تر از قطعه‌ی شمالی می‌باشد. بنابراین قطعه‌ی جنوبی، قطعه‌ای با بیش‌ترین احتمال وقوع زمین لرزه در آینده خواهد بود.

قطعه‌بندی براساس داده‌های مورفوتکتونیک

شاخص‌های مورفومتری

یکی دیگر از روش‌های قطعه‌بندی پهنه‌های گسلی استفاده از شاخص‌های ریخت زمین ساختی و شواهد نوزمین ساختی می‌باشد. از مهم‌ترین شاخص‌های مورفومتری محاسبه شده، سینوسیته‌ی پیشانی کوهستان، شاخص شیب رودخانه، سینوسیته‌ی کانال رودخانه، شاخص مسطح شدگی کوهستان، نسبت V_f و V است. برای محاسبه شاخص‌هایی چون سینوسیته‌ی پیشانی کوهستان و شیب رودخانه و مسطح شدگی کوهستان، از تصاویر ماهواره‌ای منطقه استفاده شد و در گستره‌ی مورد مطالعه برای بررسی دقیق‌تر شاخص V_f و V در زمین ساخت منطقه، نمیرخ توپوگرافی از روی نقشه dem منطقه در محل مهم‌ترین آبراهه‌های منطقه رسم شد، که موقعیت مقاطع توپوگرافی که عمود بر امتداد آبراهه‌ها می‌باشد در شکل ۱۸ نشان داده شده است. محاسبه‌ی شاخص‌های مورفومتری نشان می‌دهند که میزان فعالیت تکتونیک از قطعه‌ی جنوبی به سمت قطعه‌ی شمالی کاهش می‌یابد که این مطلب بیانگر ارتباط بین گسل نایبند و پهنه‌ی راندگی شتری است، به طوری که هر چه از محل این ارتباط به سمت شمال منطقه حرکت شود از میزان فعالیت آن کاسته می‌شود (عباس‌پور و موسوی، ۱۳۹۳).

جدول ۱. میانگین مقادیر شاخص‌های مورفومتری محاسبه شده

قطعه	V_f	V	%F	SL	S	Smf
شمالی	۰/۴۶	۰/۹	۹۲	۱۵۲۶/۷	۱/۲۷	۱/۰۷
جنوبی	۰/۲۶	۰/۷	۸۶	۱۷۰۳/۲۷	۱/۲۴	۱/۱

با توجه به محاسبه‌ی شاخص‌های مورفومتری و جدول ۱ می‌توان به کاهش نرخ نسبی فعالیت تکتونیک از قطعه‌ی جنوبی به سمت قطعه‌ی شمالی اشاره کرد.

شواهد ریخت زمین ساختی پهنه‌ی گسل شتری

از آنجا که پهنه گسلی شتری در پایانه‌ی شمالی گسل اصلی نایبند قرار دارد و تأثیرات گسل نایبند بر روی گسل راندگی شتری به صورت مؤلفه‌ی امتداد لغز راستگرد می‌باشد، لذا در این منطقه عوارض مورفوتکتونیک مرتبط

قطعه‌بندی پهنه‌ی گسلی شتری با استفاده از تحلیل‌های ساختاری ...

دلیلی بر وجود یک گسل راستالغز باشد. منظور از آبراهه‌های منحرف شده نیز آبراهه‌هایی هستند که به‌طور مورب وارد زون گسلی شده و قبل از اینکه به مسیر اصلی خود برگردند، در مسافتی به موازات گسل جریان می‌یابند. لذا از روی آبراهه‌های منحرف شده و جابجا شده به خوبی می‌توان به جهت جابجایی نسبی حرکت در گسل راستالغز پی برد. در شکل ۱۷ نمونه‌ای از تغییر مسیر آبراهه‌ها در اثر عملکرد گسلش نشان داده شده است.

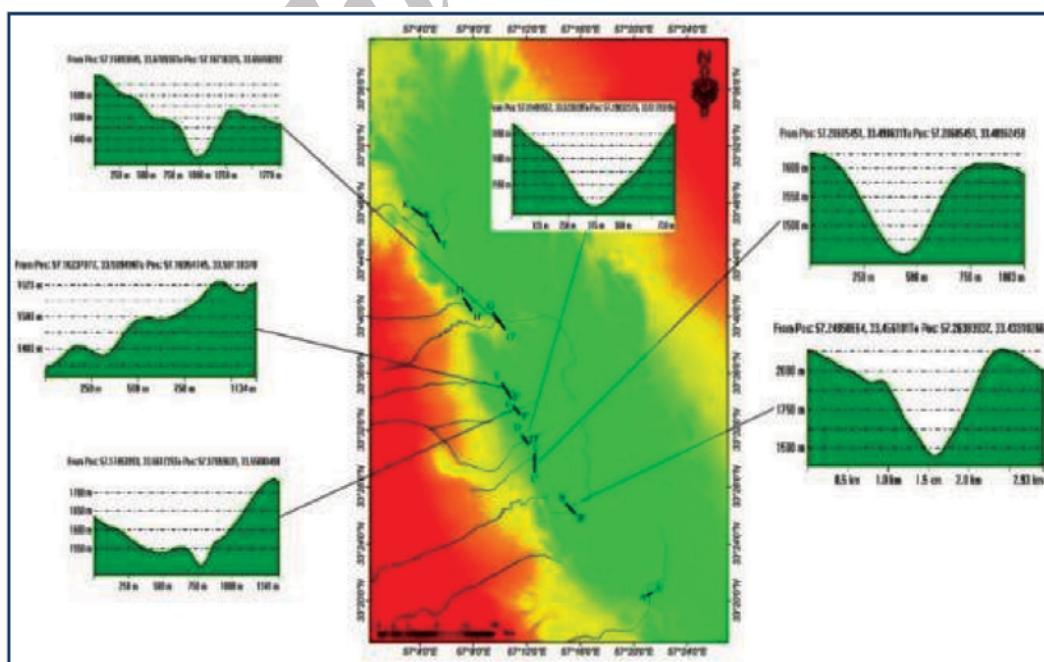
با گسل از جمله جابجایی کانال آبراهه‌ها، دره‌های خطی به وفور یافت می‌شوند.

آبراهه‌ها

تغییر شکل کانال رودها به‌صورت مختلفی مشاهده می‌گردد ولی به‌طور معمول اولین اثرات جنبش‌های زمین ساختی به‌طور محلی در کاهش و یا افزایش شیب بستر کانال و یا بریدگی کانال، حفر بستر و یا رسوب‌گذاری نمایان می‌شود. انحراف در مسیر آبراهه‌های یک منطقه می‌تواند



شکل ۱۷. الف) جابجایی راست گرد آبراهه در مخروطه افکنه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه، دید: به سمت جنوب، ب) جابجایی راستگرد آبراهه‌ها در تصویر ماهواره‌ای



شکل ۱۸. دره‌های V و U شکل در راستای پهنه‌ی تراستی شتری

کاسته می‌شود.

۳. قطعه‌ی جنوبی با بعد فرکتال سیستم گسلی پایین دارای بعد فرکتالی زمین لرزه‌ای بالایی است و احتمال وقوع زلزله در این قطعه در آینده، دور از انتظار نخواهد بود.

۴. با مشخص شدن قطعه‌ای با فعالیت بسیار بالا در طول پهنه‌ی راندگی شتری، قطعه‌ی جنوبی با احتمال فعالیت لرزه‌ای بیش‌تر در آینده معرفی شده‌است. بنابراین باید جمعیت ساکن در حاشیه‌ی این قطعه را از وقوع احتمال زمین لرزه آگاه کرد و هرگونه کار ساختمانی و توسعه شهر و روستا، راه سازی، استخراج معادن و حفر چاه آب در حاشیه گسل با توجه به میزان فعالیت آن در نظر گرفته شود تا در آینده از خسارات مالی و تلفات جانی تا حد امکان جلوگیری شود.

منابع

- شهریاری، س و خطیب، م، م، ۱۳۷۶. تحلیل فرکتالی سیستم گسلی نهبندان. فصلنامه علوم زمین، ۲۳-۲۴ ص.

- عیاس‌پور، ر و موسوی، م، ۱۳۹۳. تحلیل ریخت زمین ساختی فرازمین شتری در جنوب شرق طبس. هجدهمین انجمن زمین شناسی ایران.

- Barka, A.A. and Kadinsky-cade, K., 1988. Strike-slip geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonic*, 7, 663-684.

- Hiraia, T., 1989, Fractal dimantion of fault system in Hapan: Fractal structure in Rock fracture geomtry at various scales. *Pageoph*, 131, (1), 157-170.

- Mandelbrot. B. B., 1982, *The Fractal geometry of Nature*, W. H. Freeman, San Francisco, California, 460pp.

- Niazi, M and Shoja-Taheri, J., 1985. Source Geometry and mechanism of 1985 Tabas, Iran, earthquake from well location aftershocks.

دره‌های V و U شکل

شاخص V در واقع منعکس کننده اختلاف بین دره‌های V شکل و U شکل است، به این معنی که هر چه مورفولوژی دره به شکل V نزدیک‌تر باشد مقدار Vfw کاهش یافته و حاصل رابطه فوق به سمت عدد صفر میل می‌کند که نشان دهنده عمل تخریب و فرسایش آب‌های جاری در پاسخ به فرآیندهای زمین ساختی فعال می‌باشد. چه مورفولوژی دره به شکل U نزدیک شود مقدار Vfw افزایش یافته و حاصل رابطه بالا بزرگ‌تر برمی‌گردد که نشان دهنده تسطیح دره توسط آب‌های جاری و کاهش شدت فرآیندهای زمین ساختی است.

با توجه به مقاطع ترسیم شده در جهت عمود بر آبراهه‌های انتخاب شده در راستای پهنه‌ی راندگی شتری، در قطعه‌ی جنوبی دره‌ها V شکل و به سمت قطعه‌ی شمالی این دره‌ها U شکل می‌شوند که این نشانگر فعالیت بالای زمین ساختی در قطعه‌ی جنوبی نسبت به قطعه‌ی شمالی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از شواهد هندسی، ساختاری، لرزه‌ای، ریخت زمین ساختی و تحلیل فرکتالی، فعالیت نسبتاً بالایی را برای پهنه راندگی شتری ارائه می‌دهند و طی بررسی‌های انجام شده نتایج ذیل حاصل شده است:

۱. قطعه‌های معرفی شده که براساس شاخص‌های ریخت زمین ساختی در رده‌های فعال قرار می‌گیرند و نرخ فعالیت آنها نسبت به قطعه‌ی شمالی کاهش می‌یابد اکثراً همان قطعه‌ای می‌باشد که بیش‌ترین زمین لرزه‌های دستگاهی و بزرگترین زمین لرزه‌ها در آن گزارش شده است.

۲. با توجه به شواهد ساختاری و مطالعات صحرایی به نظر می‌رسد که قطعه‌ی جنوبی فعالیت تکتونیکی متفاوتی با قطعه‌ی شمالی دارد و نرخ فعالیت آن نسبت به قطعه‌ی شمالی بیش‌تر است که این امر به دلیل ارتباط گسل نایبند با گسل شتری می‌باشد و با دور شدن از محل اتصال این گسل‌ها از نرخ فعالیت تکتونیکی قطعه‌ها

Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam --
Printed in the Netherlands.

- Sanders, C. and Magistrale, H., 1997. Segmentation of the northern San Jacinto fault zone, southern California. *Journal of Geophysical Research*, 102.

- Walker, R., Jackson, J. and Baker, C., 2003. Surface expression of thrust faulting in eastern Iran: source parameters and surface deformation of the 1978 Tabas and 1968 Ferdows earthquake sequences. *Geophysical Journal International*, 152, 749-765.

Archive of SID