



# فصلنامه زمین ساخت

پاییز ۱۴۰۱، سال ششم، شماره ۲۳

doi 10.22077/JT.2023.6009.1149

## بررسی فعالیت زمین ساختی بخش های مختلف گسل باغستان (سربیشه) بر مبنای ابعاد فرکتالی

غزل شمشیری<sup>۱\*</sup>، محمود رضا هیهات<sup>۲</sup>، محمدمهدی خطیب<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد تکنونیک، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳- استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۶

### چکیده:

گسل باغستان از سرشاخه های اصلی پهنه گسلی نهندان، در بخش میانی زون زمین درز سیستم دارای دو روند، شمال غرب- جنوب شرق و شرقی- غربی، است. به دلیل اینکه گسل باغستان از قطعات مختلف تشکیل شده است، ابعاد فرکتالی آبراهه ها در چهار قطعه بیژانم، باغستان، رومشک و دستقیچ محاسبه شد. میانگین ابعاد فرکتالی آبراهه ها به منظور مقایسه پویایی تکنونیک در این پهنه گسلی، در قطعه باغستان به میزان ۱/۹۸ نسبت به قطعات دستقیچ، رومشک و بیژانم به میزان ۱/۹۶ به دلیل خطی شدن آبراهه ها و دانسیته تراکمی سطحی کمتر در این سه قطعه است که حاکی از فعالیت تکنونیک بیشتر این بخش ها نسبت به قطعه باغستان پهنه ی گسل است. مقایسه ابعاد فرکتالی آبراهه ها و به تبع آن جنبایی گسل در بخش های مختلف و شواهد به دست آمده، نشان می دهد که پیشروی دگرریختی عهد حاضر به سمت بخش شرقی گسل است.

**کلید واژه ها:** بعد فرکتالی آبراهه ای، خاور ایران، قطعه بندی گسل، سربیشه، گسل باغستان.

\* ایمیل: shamshiri.ghazal@yahoo.com

تلفن تماس: ۰۹۱۰۵۴۹۸۷۷۱



## Investigation on tectonic activity of different parts of the North Sarbisheh fault (East of Iran) based on fractal dimensions

Ghazal Shamshiri<sup>1\*</sup>, Mahmood Reza Hayat<sup>2</sup>, Mohammad Mehdi Khatib<sup>3</sup>

1- M.Sc. in Tectonics, Department of Geology, University of Birjand, Birjand, Iran

2- Assistant professor, Department of Geology, Faculty of science, University of Birjand, Birjand, Iran

3- Professor, Department of Geology, Faculty of science, University of Birjand, Birjand, Iran

### Abstract:

The active fault of Baghestan from the main branches of the Nehbandan fault zone, in the middle part of the Sistan suture zone has two trends, northwest-southeast and east-west. Due to the fact that the Baghestan fault consists of different segmentation, the fractal dimensions of the streams were calculated in four parts of Bijaem, Baghestan, Rumashk and Dastghich. The average fractal dimensions of the streams in order to compare the tectonic dynamics in this fault zone, in the Baghestan segment, is 1.98 compared to the parts of the Dastghich, Rumashk and Bijaem at 1.96 due to the linearity of the waterways and the density of the lower surface congestion in these three parts, indicating Most of these tectonic activities are related to Baghestan fault zone. Comparing the fractal dimensions of the waterways and, accordingly, the direction of the fault in different parts and the evidence obtained, shows that the deformation progress of the present era is towards the eastern part of the fault.

**Keywords :** Fractal Waterway Dimension, East of Iran, Fault segmentation, Sarbisheh, Baghestan fault

---

\*Email: shamshiri.ghazal@yahoo.com

Tel: +989105498771

## ۱- مقدمه

(al, 1997). مطالعه الگوهای آبراهه ای می تواند به عنوان یک ابزار مناسب در مناطقی که حرکات زمین ساختی باعث بالا آمدگی و فرونشست نسبی شده است، مورد استفاده قرار گیرد. توزیع آبراهه ها در این مناطق به گونه ای است که منطبق بر بالا آمدگی یا فرونشست می باشد؛ برای مثال یک آبراهه ممکن است با عبور از یک زون گسله، دسته ای، شاخه شاخه و یا دچار تغییر مسیر شود. البته عوامل غیر تکتونیکی از جمله آب و هوا، لیتولوژی و توپوگرافی می توانند نقش مهمی در نحوه انتشار الگوی آبراهه ها داشته باشند (Leeder and Jackson, 1993). توزیع فرکتالی آبراهه ها توسط (Tur-cotte, 1992) ارائه شده است. در این الگوها با استفاده از تکنیک مربع شمار (Box-Counting) ابعاد فرکتالی آبراهه ها را در جهت توزیع پراکندگی در مناطق فعال محاسبه می کنند. اصول این روش، ترسیم نمودارهای لگاریتمی است که در آن تعداد مربع های حاوی آبراهه NS، برحسب طول شبکه اندازه گیری (S) رسم شده است. هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی میزان پویایی نوزمین ساختی قطعات گسل باغستان به کمک مقایسه ابعاد فرکتالی آبراهه ها در آنهاست. در نوشتار حاضر، بر اساس ویژگیهای ساختاری، ناپیوستگی های هندسی و ریخت شناسی، پهنه مورد اشاره در تقسیم بندی طولی به چهار قطعه بیژانم، باغستان، رومشک و دستقیچ تفکیک شد و ابعاد فرکتالی در این بخش ها باهم مقایسه شدند. در پایان با توجه به ارتباط بین طرح کلی آبراهه ها و بعد فرکتالی در بخش های مختلف پهنه گسلی، تحلیل کلی از میزان برخاستگی و فعالیت تکتونیکی و همچنین تعیین بخش های فعال گسل ارائه می شود.

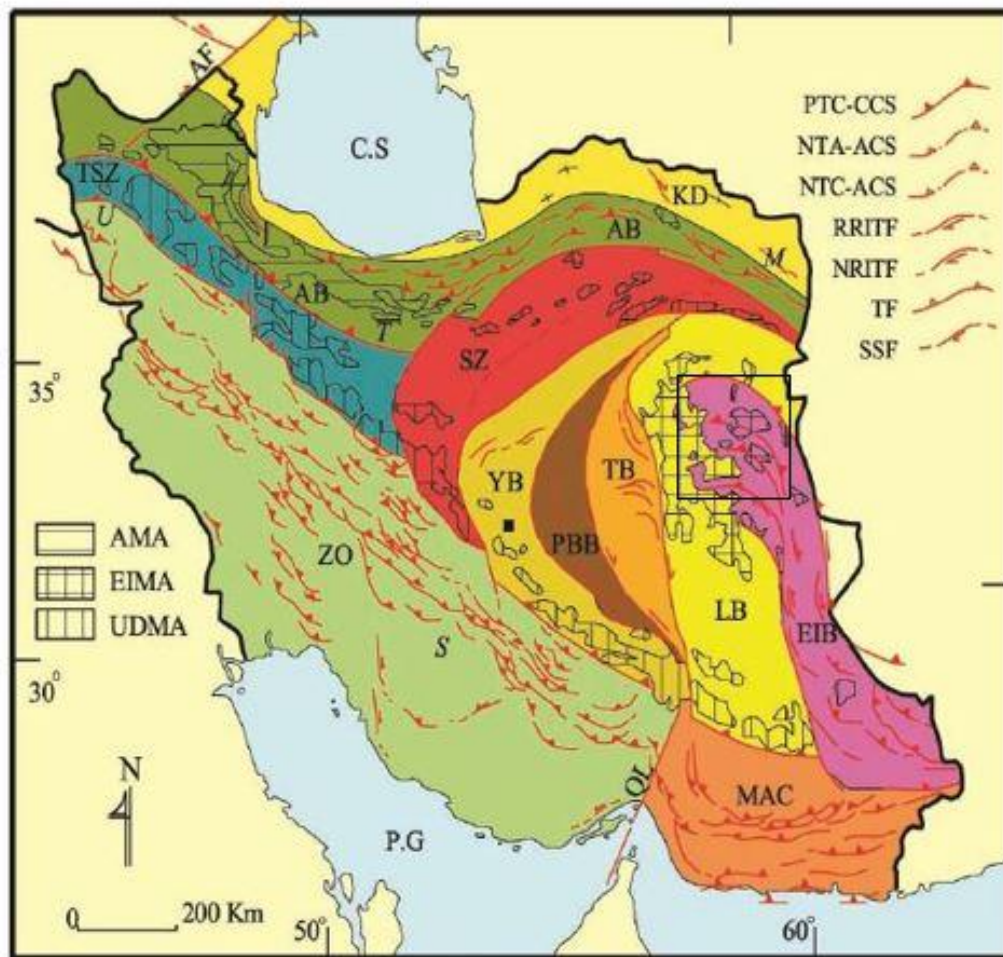
## ۲- زمین شناسی و موقعیت زمین ساختی منطقه مورد مطالعه

گسل باغستان با فاصله کمینه ۱۴ کیلومتر از مرکز شهر سریشه، به عنوان یک منبع فعالیت لرزه ای برای این شهر شمرده می شود (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی پهنه گسلی باغستان در انتهای شمالی « $36^{\circ}36'59''$  طول شرقی و « $32^{\circ}50'34''$  عرض شمالی و انتهای جنوبی به صورت: « $32^{\circ}57'59''$  طول شرقی و « $33^{\circ}32'00''$  عرض شمالی قرار دارد. منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیم بندی واحدهای ساختاری پوسته ایران زمین در بخش شمالی زمین درز سیستم قرار

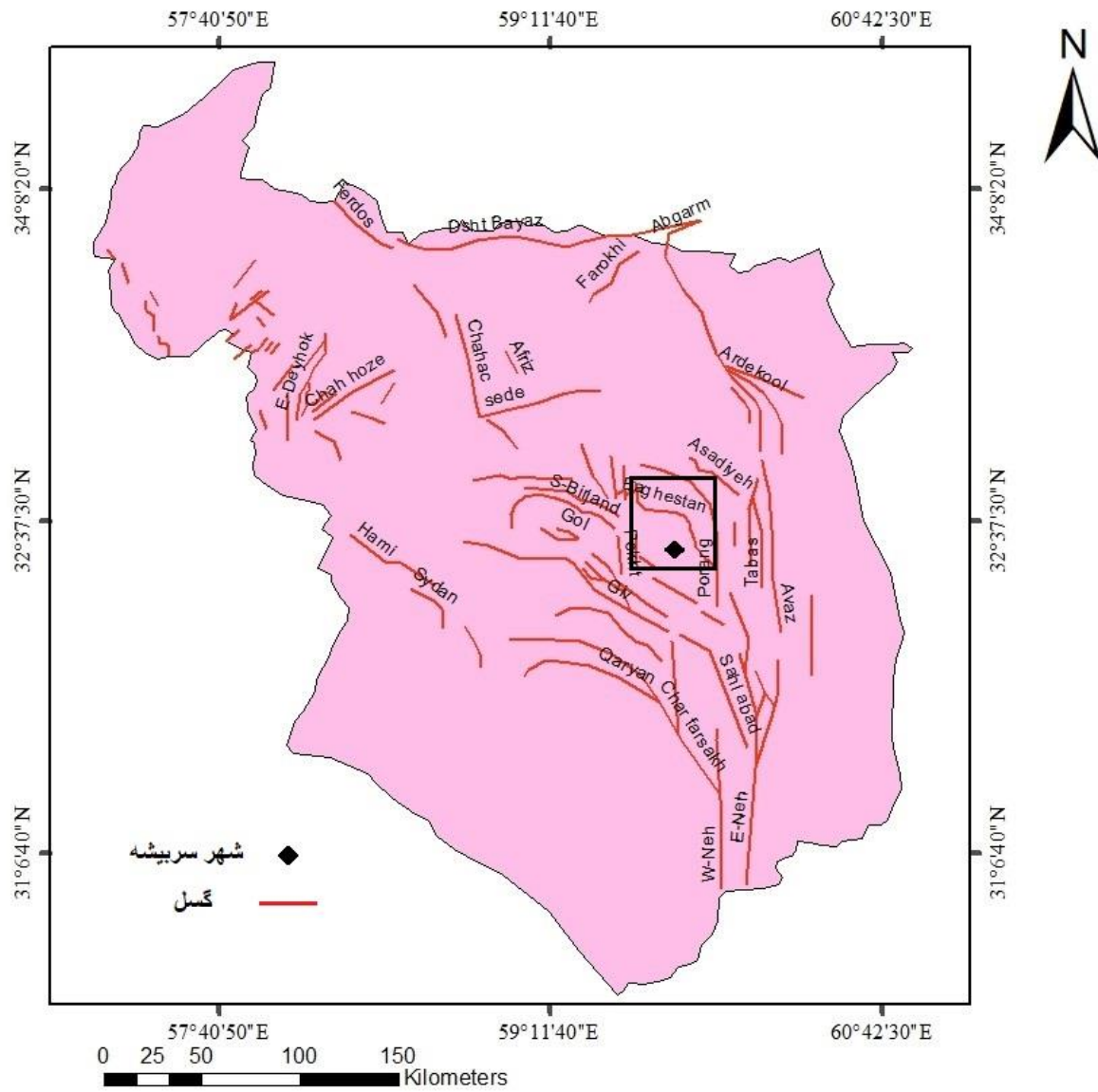
لغت فرکتال (Fractal) یک واژه ی نسبتاً جدید است که توسط مندلبروت (Mandelbrot, 1982) برای بیان اشکال یا پدیده هایی که طول شاخص ندارند بکار برده شد. منشاء این لغت صفت لاتین fractal به معنی شکسته است. لغات fractional (کسری) و fracture (شکستگی) از این لغت لاتین مشتق شده است. هیچ تعریف دقیقی برای لغت فرکتال وجود ندارد. فرکتال اسمی عام و قابل شمارش است و گاهی اوقات هم به عنوان یک صفت به کار می رود. فرکتال برای توصیف یک شکل هندسی بکار می رود، که با تفکیک آن به اشکال هندسی کوچکتر، یک شکل هندسی همانند حفظ می شود. به عنوان مثال، رابطه بین توپوگرافی ایجاد شده در اثر فرایندهای تکتونیکی، مانند گسل ها و راندهای ها، چین ها و خمش ها و یا میزان فرسایش پذیری و رسوب گذاری را می توان با استفاده از تحلیل فرکتالی مورد بررسی قرار داد (Okubo and Aki, 1987:332). فرکتال های زیادی در طبیعت شکل می گیرد که می توان آنها را در رشته های گوناگون از قبیل زمین شناسی، زیست شناسی، فضا، فیزیک و شیمی یافت. یکی از روش های بررسی توزیع ناحیه ای آبراهه ها، تحلیل فرکتالی آنهاست. تحلیل آبراهه ها وضعیت تراکم آنها در صورتی که شواهد مناسبی از تکتونیک ناحیه در دسترس نباشد، می تواند کلیدی برای شناسایی پویایی یک منطقه باشد. آبراهه های همراه با یک سیستم گسله فعال، اطلاعات ساختاری مفیدی را نشان می دهند (Hovius, 1996). شبیه سازی بر مبنای ریاضی الگوی آبراهه ها، می تواند دید مناسبی از این دست ارائه دهد (Tomkin and Braun, 1999). طرح آبراهه ها تحت تأثیر عوامل مختلف مانند آب و هوا، تغییرات سنگ شناسی و فرایندهای تکتونیکی قرار می گیرند که مهم ترین این فرایندها، فرایندهای زمین ساختی است (Hack, 1973). هندسه طرح آبراهه ها در یک منطقه بیانگر میزان فعالیت تکتونیکی و تکوین عناصر ساختاری آن منطقه است (Adams, 1999). بعد فرکتال با پارامترهای ساز و کار گسلش همانند وضعیت تنش، درجه گسلش و تراکم انرژی شکستگی رابطه داشته و تفاوت در ابعاد فرکتالی نشانگر تفاوت در تکتونیک قطعات مختلف یک پهنه گسلش است (Sukmono et

شمال غرب - جنوب شرق و شرقی - غربی نشان می دهند (خطیب، ۱۳۷۷). در واقع گسل شمال شهر سریشه یکی از گسل های شرقی - غربی سرشاخه نهپندان است که به سمت شرق خمیده شده است (شکل ۲). بررسی زمین لرزه های تاریخی و دستگامی ثبت شده، شاخصه های ریخت زمین ساختی و مطالعه تصاویر ماهواره ای در منطقه باغستان، نشان از عدم یکپارچگی گسل و قطعه قطعه بودن آن است (شکل ۳). با وجود نقش انکار ناپذیر گسل باغستان در دگرریختی کلی منطقه، اثر سطحی این گسل به دلیل پوشیده شدن با آبرفت های عهد حاضر در اکثر نقاط قابل دیدن نیست.

دارد (شکل ۱). این زون جوش خورده به عنوان بقایایی از یک سنگ کره اقیانوسی است که در شرق ایران با روند کلی شمالی - جنوبی، بین بلوک افغان و پهنه لوت وجود داشته است (Tirrul et al., 1983). وجود سیستم گسلی نهپندان در مرز ایالت ساختاری سیستان و پهنه لوت موجب دگرشکلی شدید واحدهای سنگی در حاشیه و درون این پهنه ساختاری شده است. سیستم گسلی نهپندان با روند کلی شمالی - جنوبی و سازوکار غالب امتداد لغز راستگرد، دارای سرشاخه های فرعی زیاد، بخصوص در پایانه های شمالی و جنوبی است. پایانه های شمالی این گسل با چرخش به سمت غرب، روندهای

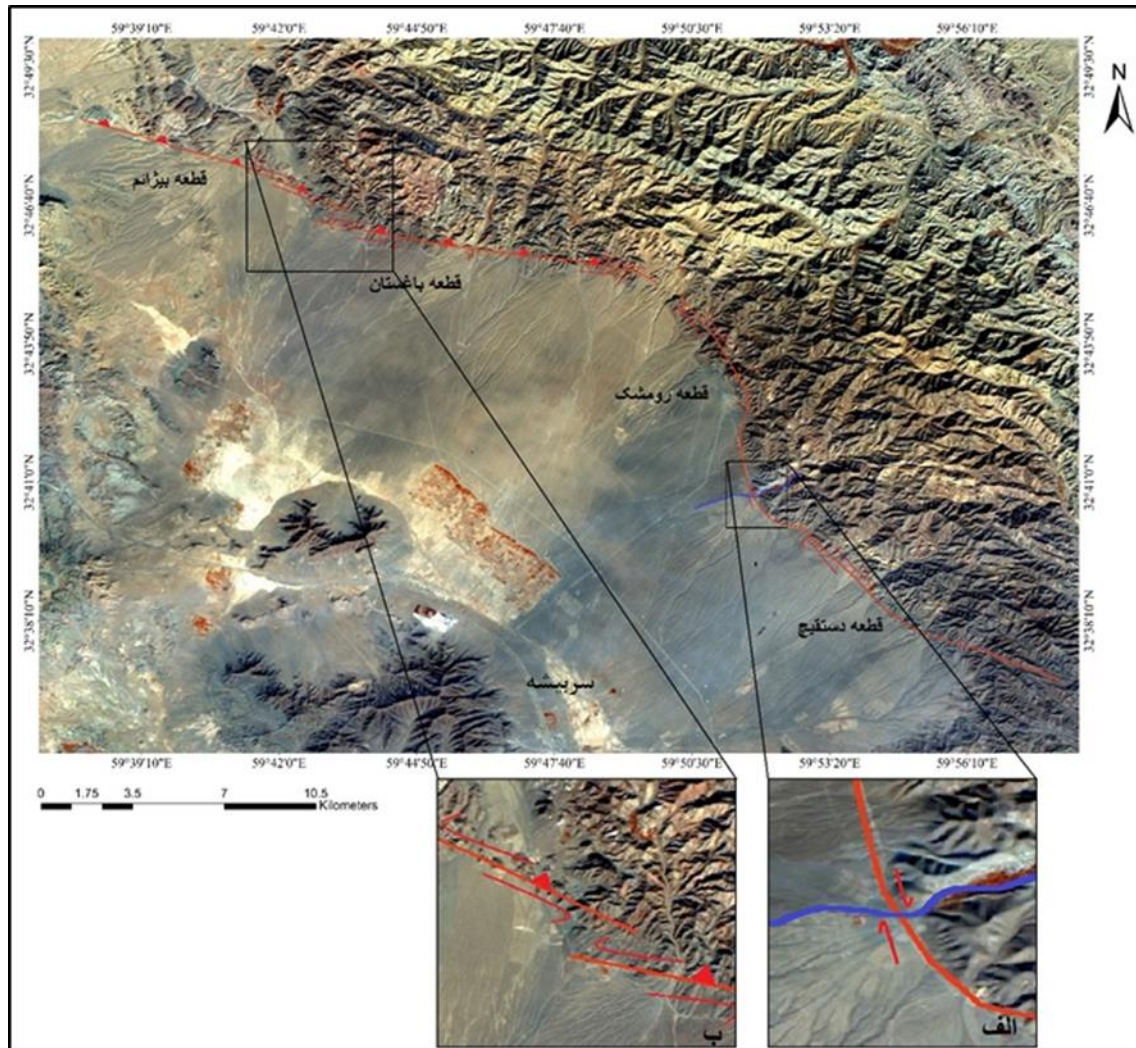


شکل ۱. نقشه زیرپهنه ایران از دیدگاه (علوی، ۱۹۹۱)، کادر مشکی منطقه خراسان جنوبی



شکل ۲. منطقه خراسان جنوبی، کادر مشکی منطقه مورد مطالعه در شمال شهر سریشه





شکل ۳. تصویر ماهواره ای از موقعیت پهنه گسلی واقع در شمال شهر سربیشه و قطعات گسلی بیژانم، باغستان، رومشک و دستقیچ (الف) جابجایی آبراهه ها، (ب) ناپیوسته بودن مسیر گسل و شروع قطعه بعدی با فاصله ای معین از سمت راست

### ۳- روش تحقیق

بر اساس هندسه اقلیدسی، عناصر هندسی شامل نقطه، خط، صفحه و حجم بوده و به ترتیب با ابعاد هندسه ۰، ۱، ۲، ۳ مشخص و هر کدام از اینها بیانگر عناصر هندسی نامحدود است، در صورتی که در طبیعت مادی همه عناصر محدود بوده و عملاً پاره خط، پاره صفحه و پاره حجم هستند. بنابراین ابعاد هندسه اقلیدسی به خوبی نمی توانند بیانگر ویژگی های پدیده ها و مقایسه آنها با یکدیگر باشند. در حالی که ابعاد فرکتالی می تواند اعداد اعشاری باشد، بدین ترتیب محدودیتی در اندازه گیری هیچکدام از پدیده های طبیعی ایجاد نمی کنند. برای به دست آوردن ابعاد فرکتالی آبراهه های یک منطقه با استفاده از عکس های هوایی نقشه ای تهیه می شود. در این روش نقشه را به شبکه های مختلف تقسیم کرده و تعداد مربع های حاوی ساختار آبراهه

(N) و اندازه مربع ها (S) را به دست می آوریم و نمودار  $\text{Log}(N)$  را در برابر  $\text{Log} 1/S$  رسم می کنیم. برای هر الگوی فرکتالی که در این کار انجام شود منحنی حاصل و یا قسمتی از آن خطی می شود که دارای معادله زیر است که K همان بعد فرکتالی است.  $\text{Log}(N) = a + K \text{Log} 1/S$  در صورتی که K برابر با ۱ باشد، بعد فرکتالی برابر هندسه اقلیدسی، و از نظر تحلیل، به معنای وجود گسلش پیوسته و خط مستقیم است. مقدار کم بعد فرکتالی نشانگر محدود بودن سیستم گسله و دگرشکلی نهایی آن و مقدار زیاد بعد فرکتالی نشانگر گستره سطحی زیاد سیستم گسلی و بلوغ کمتر آن است. وجود اختلاف بعد فرکتالی در بخش های متفاوت پهنه گسلش نشانگر تفاوت هندسه سیستم گسلی آن بخش ها با یکدیگر است. تفاوت در ابعاد فرکتالی آبراهه ها، با تغییرات

چپگرد آبراهه‌ها (شکل ۴)، وجود کج‌شدگی در رسوبات کواترنری، گسترش مخروطه‌افکنه‌های جوانتر (Qf1) که در رأس پیشانی کوهستان تشکیل شده‌اند (شکل ۸)، مجموعه خطی پوشش گیاهی (شکل ۷)، وجود سه نسل از تراس‌های رودخانه‌ای بریده شده (شکل ۶) و همچنین وجود پرتگاه‌های گسلی (شکل ۵)، حاکی از فعالیت گسل در طی کواترنر هستند (Walker and Khatib, 2006)؛ بنابراین، در این نوشتار، پویایی گسل باغستان با استفاده از محاسبه ابعاد فرکتالی آبراهه‌ها در بخش‌های مختلف پهنه گسل انجام می‌گیرد. با استفاده از جدیدترین عکس‌های هوایی تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور، رقوم‌سازی و نقشه تراکم آبراهه‌ها بر روی پهنه گسلی باغستان انجام شد. در این بررسی با شبکه‌بندی نقشه‌های آبراهه‌ای ۱/۱۰۰۰۰۰، بُعد فرکتالی آبراهه به صورت زیر محاسبه شد: برای محاسبه شاخص فوق به نحوی که همه قطعات گسلی پوشش داده شود، شبکه‌بندی در امتداد گسل بر روی نقشه حاوی عنصر آبراهه ترسیم شد. براساس ویژگی‌های ساختاری، ناپوستگی‌های هندسی و ریخت‌شناسی، پهنه گسلی باغستان به چهار قطعه بیژانم، باغستان، رومشک و دستقیچ تقسیم شد (شمشیری، ۱۳۹۷). و ابعاد فراکتالی آبراهه‌ای به منظور ارزیابی میزان فعالیت زمین‌ساختی در این بخش‌ها نسبت به هم مقایسه شد.

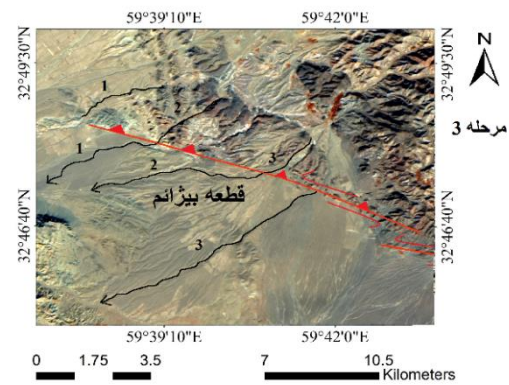
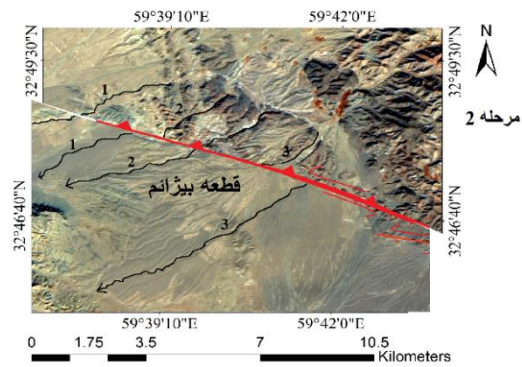
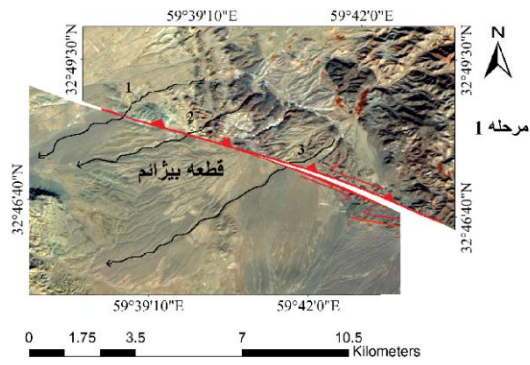
توپوگرافی قابل توجه است. هرچه توپوگرافی بلندتر باشد، آبراهه‌ها به طرح موازی و خطی بودن تمایل پیدا کرده و باعث کاهش بُعد فرکتالی و نزدیک شدن آن به عدد ۱ می‌شوند.

#### ۴- بحث

**بررسی بُعد فرکتالی آبراهه‌ها در گسل باغستان به منظور تعیین پویایی زمین‌ساختی**  
معمولاً برای بررسی و مقایسه پویایی یک پهنه گسلی، علاوه بر محاسبه بُعد فرکتالی آبراهه‌ها، سایر اندیس‌های مورفوتکتونیک گسل، محاسبه می‌شوند. محاسبه شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی در این پهنه گسل دلالت بر پویایی کل پهنه گسل و همچنین نشان دهنده قطعه قطعه بودن گسل است. تغییرات فعالیت قطعات دارای روند منظمی در راستای گسل نیست ولی بخش شرقی گسل فعالترین و دو بخش میانی و غربی گسل کم فعالترین بخش‌ها معرفی می‌گردند. در این بخش با جمع بندی و تجزیه تحلیل شاخص‌ها، مقدار هر یک از شاخص‌ها در قطعات بیژانم، باغستان، رومشک و دستقیچ گسل باغستان بدست آمده است. (جدول ۱). طبق اعداد محاسبه شده، میزان فعالیت تکتونیک در قطعه گسلی دستقیچ، بیشتر است. از این رو می‌توان رده ۱ پویایی نوزمین‌ساختی را برای منطقه در نظر گرفت. همچنین شواهد نوزمین‌ساختی از جمله برش در رسوبات کواترنری، جابه‌جایی متناوب

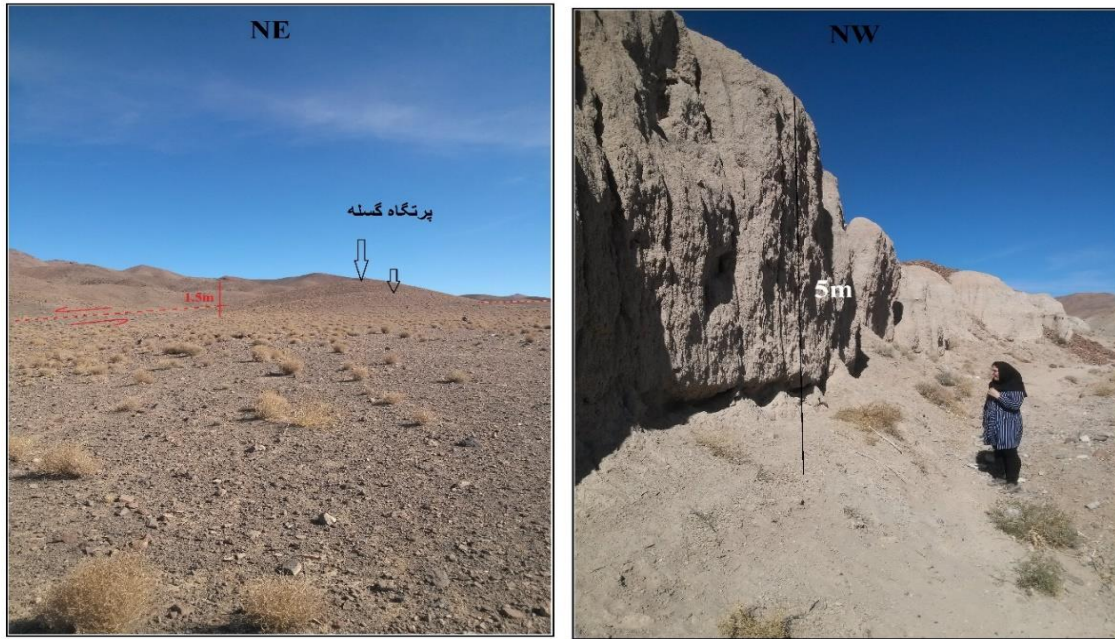
جدول ۱. میانگین شاخص‌های مورفومتری در هر یک از بخش‌های گسل باغستان.

شاخص	قطعه بیژانم	قطعه باغستان	قطعه رومشک	قطعه دستقیچ
S <sub>mf</sub>	۱/۵۵	۱/۴۳	۱/۴۴	۱/۳۷
F%	۶۵/۷۱	۶۳/۷۱	۶۵/۹۳	۸۰/۰۰
V	۱/۰۸	۱/۴۶	۰/۶۵	۰/۵۱
V <sub>f</sub>	۲/۵۷	۱/۵۷	۱/۵۷	۱/۵۴
S	۱/۰۵	۱/۰۸	۱/۰۶	۱/۰۴
AF	۴۳/۴۵	۴۹/۲۷	۴۴/۹۱	۵۰/۹۵
T	۰/۳۸	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۵۳

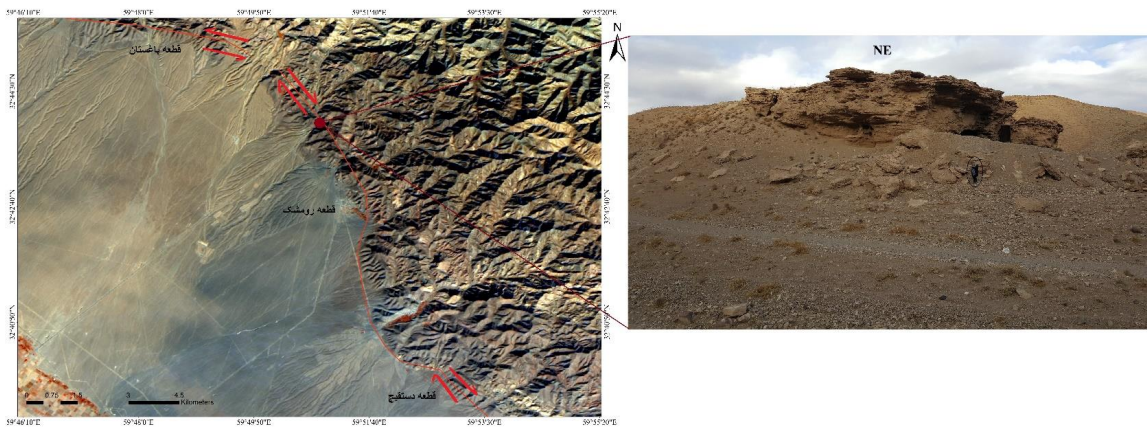


شکل ۴. نمونه ای از شواهد نوزمین ساختی در شمال شهر سریشه، باز سازی مراحل جابجایی شماره ۱، ۲، ۳ در قطعه گسلی بیژانم. مولفه افقی حرکتی گسل چپگرد است.

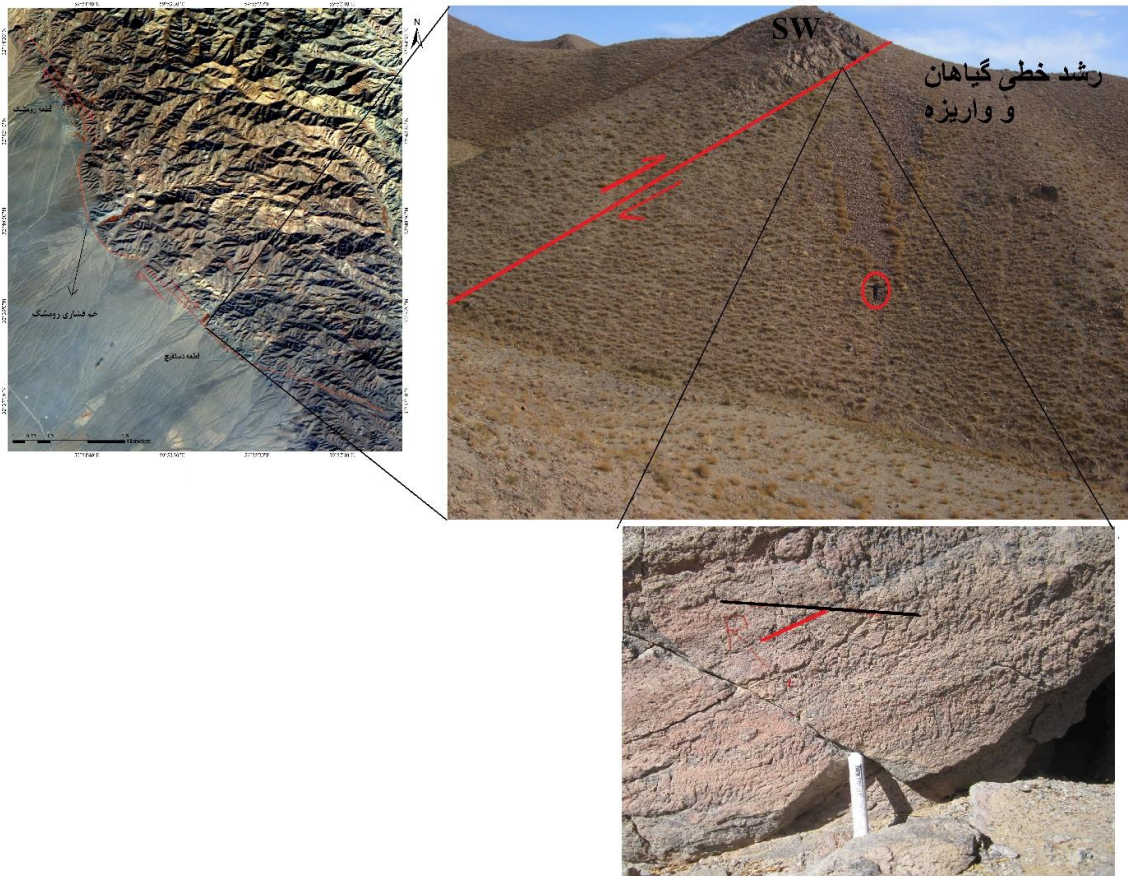




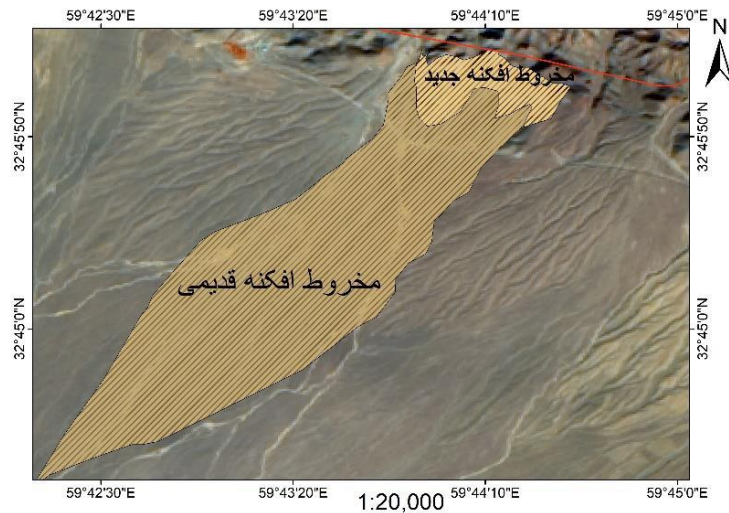
شکل ۵. تناوب پرتگاه گسله با ارتفاع قائم ۱/۵ متر و برخاستگی در رودخانه به میزان ۵ متر در قطعه گسلی باغستان که بیانگر تکتونیک فعال و عملکرد معکوس این قطعه از گسل است.



شکل ۶. تشکیل پادگان های رودخانه ای در قطعه گسلی رومشک در شمال شهر سریشه نشان دهنده تکتونیک فعال



شکل ۷. رویش پوشش گیاهی به موازات خط گسلی قطعه دستقیچ دارای سازوکار امتدادی راست بر با مولفه راندگی



شکل ۸. نمونه ای از مخروط افکنه های تشکیل شده در راستای گسل. مخروط افکنه جدید در راس مخروط افکنه قدیمی تشکیل شده و نشان دهنده افزایش فعالیت تکتونیکی است.



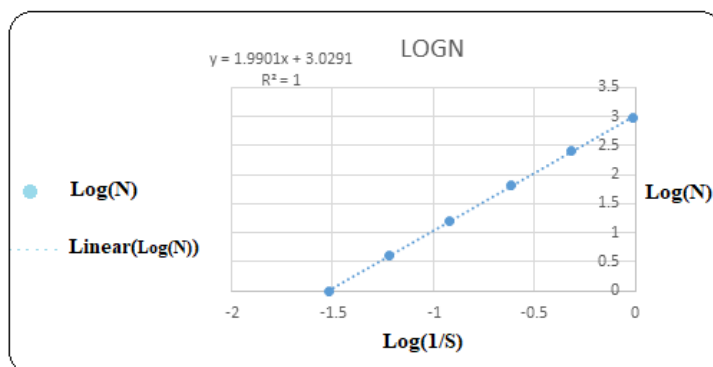
۳۳/۱۲، ۱۶/۵۶، ... و ۱/۰۳۵ کیلومتری شبکه بندی شد (شکل ۱۰). در هر مرحله تعداد مربع های حاوی آبراهه شمارش و در نهایت با تنظیم داده های حاصل (جدول ۲) و ترسیم نمودار لگاریتمی  $N_s$  به  $S/1$  مقدار بعد فرکتالی ( $k$ ) برابر ۱/۹۹۰۱ و ضریب همبستگی ۱ بدست آمد (شکل ۹).

## بررسی بعد فرکتالی آبراهه ها برای کل پهنه گسلی شمال سریشه

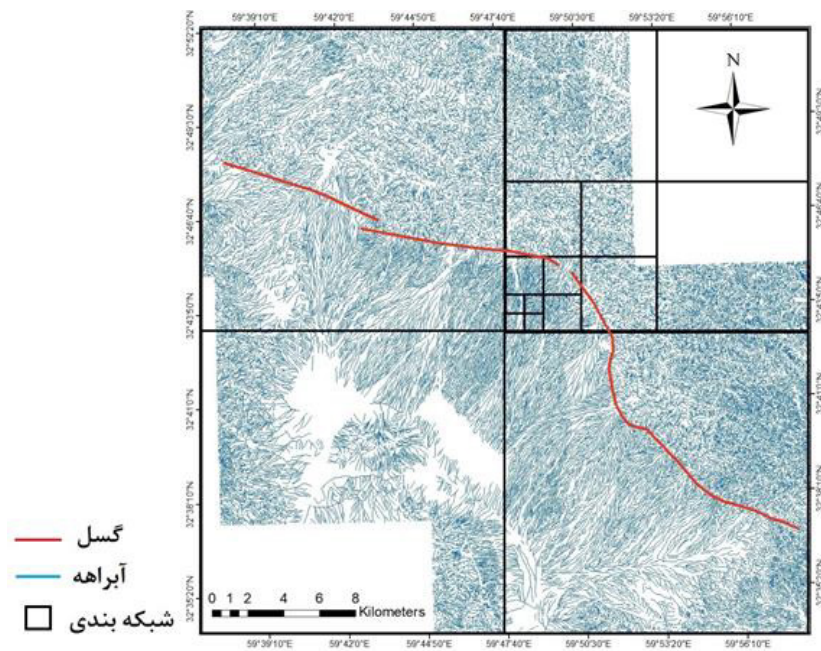
برای بررسی بعد فرکتالی آبراهه ها در کل پهنه در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، محدوده آبراهه های مجاورت گسل که از توپوگرافی نقشه های ۱:۱۰۰۰۰۰ ترسیم شده است، در ۶ مرحله و با اضلاع مربعی ( $S$ ) به ترتیب:

جدول ۲. اعداد بدست آمده به روش مربع شمار جهت محاسبه بعد فرکتالی برای کل گسل باغستان

شبکه بندی	S(KM)	N	LOG(1/S)	LOGN
۱	۳۳/۱۲	۱	-۱/۵۲۰۰۹	۰
۲	۱۶/۵۶	۴	-۱/۲۱۹۰۶	۰/۶۰۲۰۶
۴	۸/۲۸	۱۶	-۰/۹۱۸۰۳	۱/۲۰۴۱۲
۸	۴/۱۴	۶۴	-۰/۶۱۷	۱/۸۰۶۱۸
۱۶	۲/۰۷	۲۵۶	-۰/۳۱۵۹۷	۲/۴۰۸۲۴
۳۲	۱/۰۳۵	۹۷۶	-۰/۰۱۴۹۴	۲/۹۸۹۴۵



شکل ۹. دیاگرام لگاریتمی بعد فرکتالی  $k$ ، ضریب  $\text{Log}(1/S)$  آبراهه ها برای کل گسل باغستان



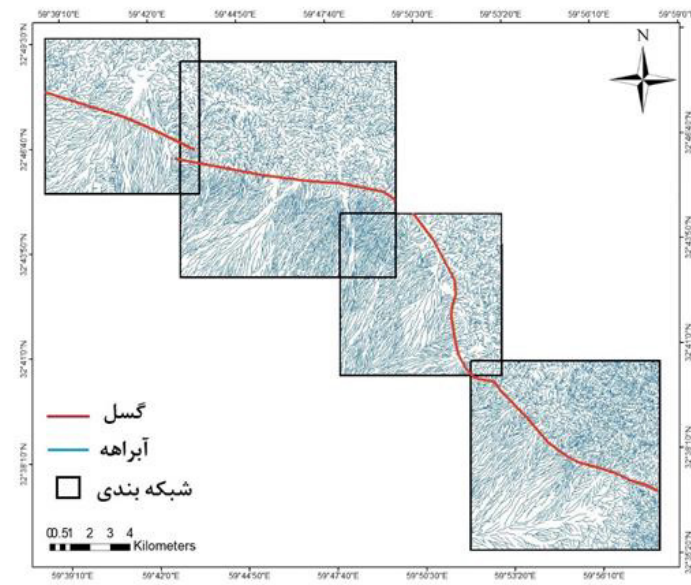
شکل ۱۰. آبراهه های مجاورت گسل باغستان و شبکه بندی آنها از مرتبه ۱ تا ۶



## محاسبه بعد فرکتالی آبراهه برای قطعات مختلف

منطقه مورد مطالعه به کمک ناپوستگی های هندسی به ۵ قطعه شبکه بندی (شکل ۱۱) و در هر کدام از این

۴ قطعه، بعد فرکتالی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. مقدار بعد فرکتالی تمام قطعات در جداول و نمودار ها آورده شده است.



شکل ۱۱. شبکه بندی آبراهه های مرتبط با هر چهار قطعه گسلی باغستان

گردید (شکل ۱۴، ب). بعد فرکتالی برای قطعه گسلی باغستان ۱/۹۸۵ می باشد.

### بررسی بعد فرکتال در قطعه گسلی رومشک

در قطعه گسلی رومشک به یک شبکه به ابعاد اولیه ۸/۱۱ کیلومتر در ۵ مرحله به چهار گوش هایی با طولهای ۴/۰۵۵، ۲/۰۲۷، ۱/۰۱۳، و ۰/۰۵۰۶ کیلومتر شبکه بندی و تعداد مربع های حاوی آبراهه در هر مرحله شمارش گردید (شکل ۱۲، ج). در شکل (۱۳، ج) ابعاد مربع ها (S) و تعداد مربع هایی که حاوی آبراهه هستند (N)، برای این قطعه گسلی رومشک نشان داده شده است. برای این قطعه گسلی نمودار  $\log N - \log 1/S$  رسم گردید (شکل ۱۴، ج). بعد فرکتالی برابر ۱/۹۶۹ است.

### بررسی بعد فرکتال در قطعه گسلی دستقیچ

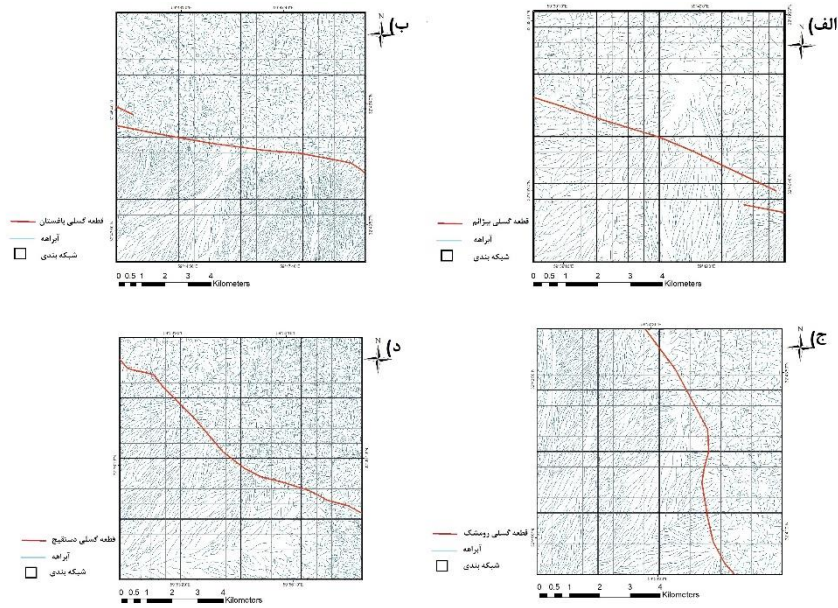
قطعه گسلی دستقیچ به یک شبکه در ۵ مرحله با چهار گوش هایی به ابعاد ۹/۴۹، ۴/۷۴۵، ۲/۳۷۲، و ۱/۱۸۶ و ۰/۵۹۳ کیلومتر، شبکه بندی گردید. سپس تعداد مربع های حاوی آبراهه در هر مرحله شمارش شد (شکل ۱۲، د). ابعاد و تعداد مربع های این قطعه در شکل (۱۳ و ۱۴، د) آورده شده است. مقدار بعد فرکتالی برای این قطعه ۱/۹۵۸ است.

### بررسی بعد فرکتال در قطعه گسلی بیژانم

در قطعه بیژانم یک شبکه به ابعاد اولیه ۷/۷۵ کیلومتر در ۵ مرحله به چهار گوش هایی با طولهای ۳/۸۷۵، ۱/۹۳۷، ۰/۹۶۸ و ۰/۴۸۴ کیلومتر، شبکه بندی و تعداد مربع های حاوی آبراهه در هر مرحله شمارش گردید (شکل ۱۲، الف). و با ترسیم نمودار لگاریتمی  $Ns$  به  $1/S$  مقدار بعد فرکتالی آن ۱/۹۶۰ بدست آمد. ابعاد مربع ها (S) و تعداد مربع هایی که حاوی آبراهه هستند (N)، برای قطعه گسلی بیژانم نشان داده شده است (شکل ۱۳، الف). برای مربع های قطعه گسلی بیژانم نمودار  $\log N - \log 1/S$  رسم گردید (شکل ۱۴، الف).

### بررسی بعد فرکتال در قطعه گسلی باغستان

قطعه گسلی باغستان به یک شبکه با اضلاعی به طول ۱۰/۷۸ تقسیم گردید. تقسیم بندی به همین ترتیب تا ۵ مرحله و با مربع های با اضلاعی به طول ۵/۳۹، ۲/۶۹۵، و ۱/۳۴۷ و ۰/۶۷۳ کیلومتر ادامه داده شده است و تعداد مربع های حاوی آبراهه در هر مرحله شمارش گردید (شکل ۱۲، ب). در شکل (۱۳، ب) ابعاد مربع ها (S) و تعداد مربع هایی که حاوی آبراهه هستند (N)، برای قطعه گسلی باغستان نشان داده شده است. برای هر کدام از مربع های اولیه نمودار  $\log N - \log 1/S$  رسم



شکل ۱۲. شبکه بندی انجام شده بر روی (الف) قطعه گسلی بیژانم (ب) قطعه گسلی باغستان (ج) قطعه گسلی رومشک (د) قطعه گسلی دستقیچ، به منظور محاسبه بعد فرکتالی

شماره بندی	S(Km)	N	LOG1/S	LOGN
۱	۱۰۷۸	۱	-۱/۰۲۲۶۲	۰
۲	۵/۳۹	۴	-۰/۷۳۱۵۹	۰/۶۰۲۰۶
۴	۲/۶۹۵	۱۶	-۰/۴۳۰۵۶	۱/۲۰۴۱۲
۸	۱/۳۴۷۵	۶۴	-۰/۱۲۹۵۳	۱/۸۰۶۱۸
۱۶	۰/۶۷۳۷۵	۲۵۶	-۰/۱۷۱۵۰۱	۲/۳۸۵۶۰۶

(ب)

شماره بندی	S(Km)	N	LOG1/S	LOGN
۱	۷/۷۵	۱	-۰/۸۸۹۳	۰
۲	۳/۸۷۵	۴	-۰/۵۸۸۲۷	۰/۶۰۲۰۶
۴	۱/۹۳۷۵	۱۶	-۰/۲۸۷۲۴	۱/۲۰۴۱۲
۸	۰/۹۶۸۷۵	۶۴	-۰/۱۳۷۸۸	۱/۸۰۶۱۸
۱۶	۰/۴۸۴۳۷۵	۲۵۶	-۰/۳۱۴۸۱۸	۲/۳۸۵۶۰۵

(الف)

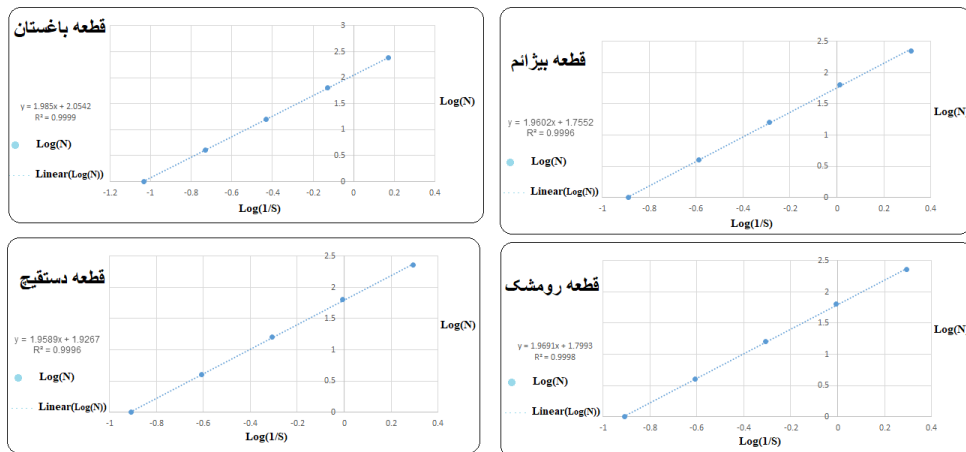
شماره بندی	S(KM)	N	LOG(1/S)	LOGN
۱	۹/۴۹	۱	-۰/۹۷۷۲۷	۰
۲	۴/۷۴۵	۴	-۰/۶۷۶۲۴	۰/۶۰۲۰۶
۴	۲/۳۷۲۵	۱۶	-۰/۳۷۵۲۱	۱/۲۰۲۱۴
۸	۱/۱۸۶۲۵	۶۴	-۰/۱۷۴۱۸	۱/۸۰۶۱۸
۱۶	۰/۵۹۳۱۲۵	۲۵۶	-۰/۲۲۴۸۵۴	۲/۳۶۲۳۲

(د)

شماره بندی	S(KM)	N	LOG1/S	LOGN
۱	۸/۱۱	۱	-۰/۹۰۹۰۲	۰
۲	۴/۰۵۵	۴	-۰/۶۰۷۹۹	۰/۶۰۲۰۶
۴	۲/۰۲۷۵	۱۶	-۰/۳۰۶۹۶	۱/۲۰۲۱۴
۸	۱/۰۱۳۷۵	۶۴	-۰/۱۰۵۹۳	۱/۸۰۶۱۸
۱۶	۰/۵۰۶۸۷۵	۲۵۶	-۰/۲۹۵۰۹۹	۲/۳۶۱۷۲۸

(ج)

شکل ۱۳. ابعاد و تعداد مربع‌های حاوی آبراهه برای شبکه مربوط به قطعات گسلی (الف) بیژانم (ب) باستان (ج) رومشک (د) دستقیچ



شکل ۱۴. نمودارهای  $\text{Log}N\text{-Log}1/S$  برای بدست آوردن بعد فرکتالی در (الف) قطعه گسلی بیژانم (ب) قطعه گسلی باغستان (ج) قطعه گسلی رومشک (د) قطعه گسلی دستقیچ



## نتیجه گیری

بر اساس نتایج بدست آمده از محاسبه ابعاد فرکتالی آبراهه ها و با تلفیق آنها باهم، یک مقایسه نسبی از فعالیت تکتونیک در منطقه شمال شهر سریشه ایجاد شده است. با استفاده از نظرات (Hovius, 1996, Leed-) (er and Jackson, 1993, Tomkin and Braun, 1999) که بر این باورند؛ هر چه بعد فرکتالی آبراهه به ۱ نزدیکتر باشد به معنای تراکم کمتر و در نتیجه برخواستگی و پویایی بیشتر تکتونیک است، می توان همه ی بخش های گسل شمال سریشه (شکل ۱۴) را بدلیل دارا بودن مقادیر پایین ابعاد فرکتالی آبراهه ای، مناطق فعال تکتونیک معرفی کرد. در مناطقی که بالا آمدگی و فعالیت دیده شود، بدلیل اینکه آبراهه ها فرصت چندانی برای شاخه شاخه شدن و در حقیقت افزایش طول در یک مساحت معین را ندارند، آبهای جاری به سرعت و به صورت آبراهه هایی با شیب تند از حوضه خارج می شوند؛ در نتیجه محدوده کم تراکم را ایجاد می کنند و به عبارت دیگر، بعد فرکتالی در آن قسمت کمتر است. همچنین، در مناطقی که فعالیت تکتونیک کمتر است، به دلیل فرصت بیشتر برای پخش شدن آبراهه ها و افزایش تراکم آنها در سطح، بعد فرکتالی بیشتر است. در تقسیم بندی گسل شمال سریشه به ۴ قطعه و مقایسه ابعاد فرکتالی آنها، به این نتیجه می رسیم که با توجه به کمتر بودن بعد فرکتالی آبراهه ها در قطعه دستقیچ نسبت به قطعات بیژانم، باغستان و رومشک پهنه گسل، میزان فعالیت تکتونیک در قطعه گسلی دستقیچ از قطعات گسلی بیژانم، باغستان و رومشک بیشتر است. مقایسه ابعاد فرکتالی آبراهه ها و به تبع آن جنبایی گسل در بخش های مختلف و شواهد به دست آمده، نشان می دهد که پیشروی دگر ریختی عهد حاضر به سمت بخش شرقی گسل است؛ به طوری که در بخش شرقی پیشانی کوه ها (شکل ۳، قطعه دستقیچ) به خط راست نزدیکتر ( $S_{mf}$ ) (جدول ۱)، رود ها سینوسیته کمتر دارند و دره ها تنگ تر می شوند.

## منابع

- دانشگاه شهید چمران. شماره ۱. صص ۴۷-۳۷.
- خسروی، س.، ۱۳۹۵. "تحلیل هندسی- جنبشی گسل زولسک در شمال سریشه". پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشگاه بیرجند.
- خطیب، م.م. (۱۳۷۷). هندسه پایانه گسل های امتداد لغز. پایان نامه دکتری. دانشگاه شهید بهشتی.
- خطیب، م.م. (۱۳۷۹). تحلیل فراکتالی توزیع شکستگی ها در گستره گسل لرزه زای اردکول. پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله پژوهشکده زلزله شناسی و مهندسی زلزله. شماره ۳. صص ۲۵-۳۰.
- شمشیری، غ.، ۱۳۹۷. "ارزیابی فعالیت تکتونیک و قطعه بندی در گسل باغستان (شرق ایران)". پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشگاه بیرجند.
- شهریاری، س؛ خطیب، م.م. (۱۳۷۶). تحلیل فرکتالی گسل نهندان. مجله علوم زمین سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی. شماره ۲۳-۲۴. صص ۳۳-۴۰.
- رشیدی، ا؛ (۱۳۹۰). تحلیل هندسی جنبشی عناصر ساختاری کوه کمر حاجی (شمال غرب بیرجند، شرق ایران). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه بیرجند. صص ۶۰-۴۵.
- یوسفی، م؛ (۱۳۹۲). تحلیل مهاجرت پرتگاه های گسلی فعال شکرآب با استفاده از داده های ریخت زمین ساختی و نوزمین ساختی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه بیرجند.
- یوسفی، م؛ خطیب، م.م؛ غلامی، ا؛ موسوی، س.م. (۱۳۹۳). ارزیابی فعالیت گسل شکرآب (شمال بیرجند) بر مبنای داده های ریخت زمین ساختی. فصلنامه پژوهش های دانش زمین. شماره ۱۴. صص ۶۵-۵۳.
- Adams, K.D. Wesnousky, S.G. and Bills, B.G. (1999). Isostatic rebound, active faulting and potential geomorphic effects in the Lake Lahontan basin, Nevada and California. Geological Society of America Bulletin, Vol111 ., PP1739-1756 ..
- Bamsly, M, F. Devanery, R.L. Mandelbrot, B.B. Peitgen, H.O. Saupe, D., and Voss, R.F. (1988). The science of Fractal Images, Springer-Verlage, New York, Inc, P311 ..
- Cheng, Q. (1995). The perimeter-area fractal model and its application to geology, Mathematical Geology, Vol1) 27 .), PP82-69 ..
- Cheng, Q. (1997). Fractal/multifractal modeling and spatial analysis, In: Glahn, V.P. (Ed.), Proceedings

چرچی، ع؛ خطیب، م.م؛ برجسته، آ (۱۳۹۰). استفاده از تحلیل فرکتالی برای تعیین پویایی تکتونیک شمال منطقه لالی در شمال شرق خوزستان. مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته



- (1983). The Sistan suture zone of eastern Iran, G.S.A, Vol94., PP134-150..
- Tomkin.j.H.and Braun.J. (1999). Simple models of drainage reorganization on a tectonically active ridge system, New Zealand Journal of Geology and Geophysics, Vol42., PP1-10..
- Turcotte, D.L. (1992). Fractals in Geology and Geophysics, PAG, V131., PP171-196..
- Turcotte, D.L. (1986). Fractals Model for Crustal Deformationn, Tectonophysics, Vol132., PP261-269.
- Walker, R.T. and Khatib, M.M. (2006). Active faulting in the Birjand region of eastern Iran, Tectonics, Vol25., PP1-17 ..
- IAMG'97, Vol. 1, 1, PP57-72 ..
- Dimri, V. P. (2005). Fractals in geophysics and seismology: an introduction, In: Dimri, V. P. (Ed.), Fractal Behavior of the Earth System, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, PP1-22 ..
- Hack, J.T. (1973). Stream- profile analysis and stream- gradient indices,US Geological Survey Journal Research, Vol1., PP421-429..
- Hovius.N. (1996). Regular spacing of drainage outlets from linear mountain belts. Basin Research. Vol. 8, PP29-44..
- Korvin, G. (1992). Fractal models in the earth sciences, Elsevier Science Publishers B. Vol, PP191-230.
- Laubach, S. E. and Ward, M. E. (2006). Diagenesis in porosity evolution of opening-mode fractures, Middle Triassic to Lower Jurassic La Boca Formation, NE Mexico, Tectonophysics, Vol419 ., PP75-97.
- Leeder, M.and Jackson, j. (1993). The interaction between normal faulting and drainage in active extensional basins, with examples from the Western united states and central Greece, Basin Research, Vol5., PP79-102..
- Mandelbrot, B.B. (1983). The Fractal Geometry of Nature, W.H.Freeman NewYork.
- Okubo, P.and Aki, K. (1987). Fractal geometry in San Andreas Fault System, Journal of Geophysical Resarch, Vol92 ., No.B1, PP331-344..
- Monecke, T. Monecke, J. Herzig, P.M. Gemell, J. B. and Mönch, W. (2005). Truncated fractal frequency distribution of element abundance data: a dynamic model for the metasomatic enrichment of base and precious metals, Earth and Planetary Science Letters, Vol4 3-) 232 .), PP363-378 ..
- Pickering, G. Peacock, D. C. P. Sanderson, D. J. and Bull, J. M. (1997). Modeling tip zones to predict the throw and length characteristics of faults, AAPG Bulletin, Vol81 ., PP82-99 ..
- Sanderson, D. J. Roberts, S. and Gumiel, P. (1994). A fractal relationship between vein thickness and gold grade in drill core from La Codosera, Spain, Economic Geology, Vol11) 89 .), PP173-168 ..
- Tirrule.R. Bell.L.R. Griffis, R.J. and Camp, V.E.

