

استفاده از تحلیل فرکتالی برای تعیین پویایی تکتونیک شمال منطقه لالی در شمال شرق خوزستان

عباس چرچی

استادیار دانشکده علوم زمین - دانشگاه شهید چمران اهواز

محمد مهدی خطیب

استادیار گروه زمین شناسی - دانشگاه بیرجند

محمد مظفر خواه

کارشناس ارشد تکتونیک

آرش برجسته

دکتری تکتونیک - سازمان آب و برق خوزستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۶/۰۲

Charchi38@scu.ac.ir

چکیده

تحلیل فرکتالی برخی عوارض و ساختارهای زمین شناسی می تواند برای تعیین پویایی تکتونیک یک منطقه مورد استفاده گردد. محاسبه ابعاد فرکتالی از تغییرات تراکم شکستگی در شمال منطقه لالی واقع در شمال شرق خوزستان بیانگر افزایش بعد فرکتالی شکستگی ها از جنوب به شمال می باشد. در جنوبی ترین بخش مطالعه شده، بعد فرکتالی حدود ۱/۳۹۸ و در شمالی ترین بخش به ۱/۶۱۷ افزایش می یابد. افزایش بعد فرکتالی آبراهه ها از شمال به جنوب است. در شمالی ترین بخش مطالعه شده بعد فرکتالی حدود ۱/۸۰۵ و در جنوبی ترین بخش به ۱/۸۶۲ افزایش می یابد. ابعاد فرکتالی مرکز سطحی زمین لرزه ها از خاور به باختر افزایش چشمگیری دارد. انطباق ابعاد فرکتالی تراکم شکستگی و مرکز سطحی زمین لرزه ها نشان می دهد که از جنوب شرق به سمت شمال شرق تراکم شکستگی و زلزله های منطقه افزایش می یابد. از جنوب غرب به سمت شمال شرق تراکم آبراهه های منطقه کاهش می یابد. عامل تاثیر گذار وجود راندگی ها می باشد که باعث افزایش ارتفاع و تراکم شکستگی و زمین لرزه در منطقه شده است.

کلمات کلیدی: فرکتال، تراکم شکستگی، منطقه لالی، تراکم آبراهه، زمین لرزه

مقدمه

خمش ها و یا میزان فرسایش پذیری و رسوبگذاری را می توان با استفاده از تحلیل فرکتالی مورد بررسی قرار داد (Turcotte, 1997) و آقاشاهی اردستانی، ۱۳۸۵).

برای تحلیل جزئی و عددی شکستگی ها و مقایسه آن در محدوده مورد مطالعه، تحلیل فرکتالی ابزار مناسبی به نظر می رسد، زیرا به کمک این فرآیند می توان توزیع تراکم شکستگی ها و همچنین زلزله های گسترده مورد مطالعه را مورد بررسی قرار داد (آقاشاهی اردستانی، ۱۳۸۵ و Turcotte, 1997). تحلیل آبراهه ها و 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 دهد (Hovius, 1996 و Jackson and Leeder, 1994). شبیه سازی بر مبنای ریاضی الگوی آبراهه ها می تواند دید مناسبی از

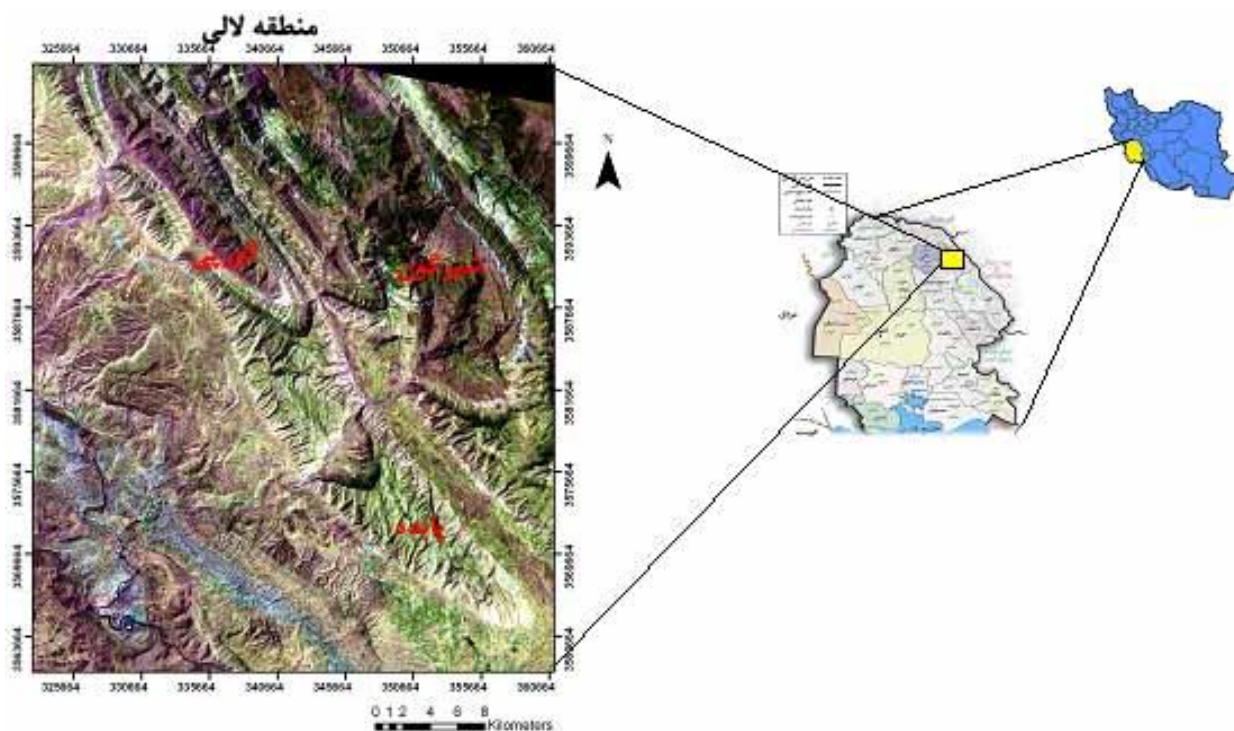
هندسه فرکتالی یا هندسه فرکتال ها پدیده ایست که چندی پیش پا به دنیای ریاضیات گذاشت. واژه فراکتال مشتق گرفته شده از واژه لاتینی فراکتوس به معنای سنگ است که به شکل نا منظم شکسته و خرد شده که در سال ۱۹۷۶ توسط ریاضیدان لهستانی به نام بنوئیت مندلیبرات وارد دنیای ریاضیات شد. بسیاری از پدیده های زمین شنایی دارای متغیرهای فراوانی هستند که برقراری رابطه بین آنها با استفاده از روش های معمول ریاضی مشکل است، به عنوان مثال فراوانی و اندازه ذرات تشکیل دهنده سنگ ها، زمین لرزه ها، آتشفشان ها، ذخایر معدنی و میدان های نفتی از جمله آن پدیده ها هستند. یک توزیع فرکتالی می تواند بیانگر نحوه توزیع متغیرها و اندازه متغیرها نسبت به کل فضای اشغال شده باشد. به عنوان مثال، رابطه بین توپوگرافی ایجاد شده در اثر فرآیند های تکتونیک، مانند گسل ها، چین ها و

جنوب شرق و شرق به شهرستان اندیکا محصور می گردد (شکل ۱). فرفرافتادگی دز فول توسط ساختار بالارود از ناحیه لرستان و گسل قطر-کازرون از ناحیه فارس جدا می گردد (مطیعی، ۱۳۷۴). منطقه دارای اقلیم نیمه مرطوب معتدل می باشد. مهمترین تاقدیس های موجود در منطقه عبارتند از: پایده -گورپی، شیرگون، مهال بخ و منگ رضا می باشد. سازندهای منطقه مورد مطالعه از قدیم به جدید شامل، آهک های ایلام -سروک، سازند شیلی-آهکی پایده، سازند دولومیتی شهبازان، سازند مارنی-آهکی گورپی، آسماری، لایه های گچ و مارن سازند گچساران، تناوب لایه های مارنی-آهکی میشان، سازند ماسه سنگی-مارنی آغاچاری، بخش لهری، کنگلومرای بختیاری، کنگلومرای توکک و نهشته های آبرفتی عهد حاضر به ترتیب قدمت، با سن های کرتاسه ائوسن - پلیوسن و الیگوسن میوسن پلیوسن تا کواترنر می باشد (شکل ۲). در این تحقیق برای ارزیابی دقیق و روشن فعالیت منطقه و تحلیل شکستگی، از تغییرات هندسه فرکتالی در منطقه استفاده شده است.

روش مطالعه

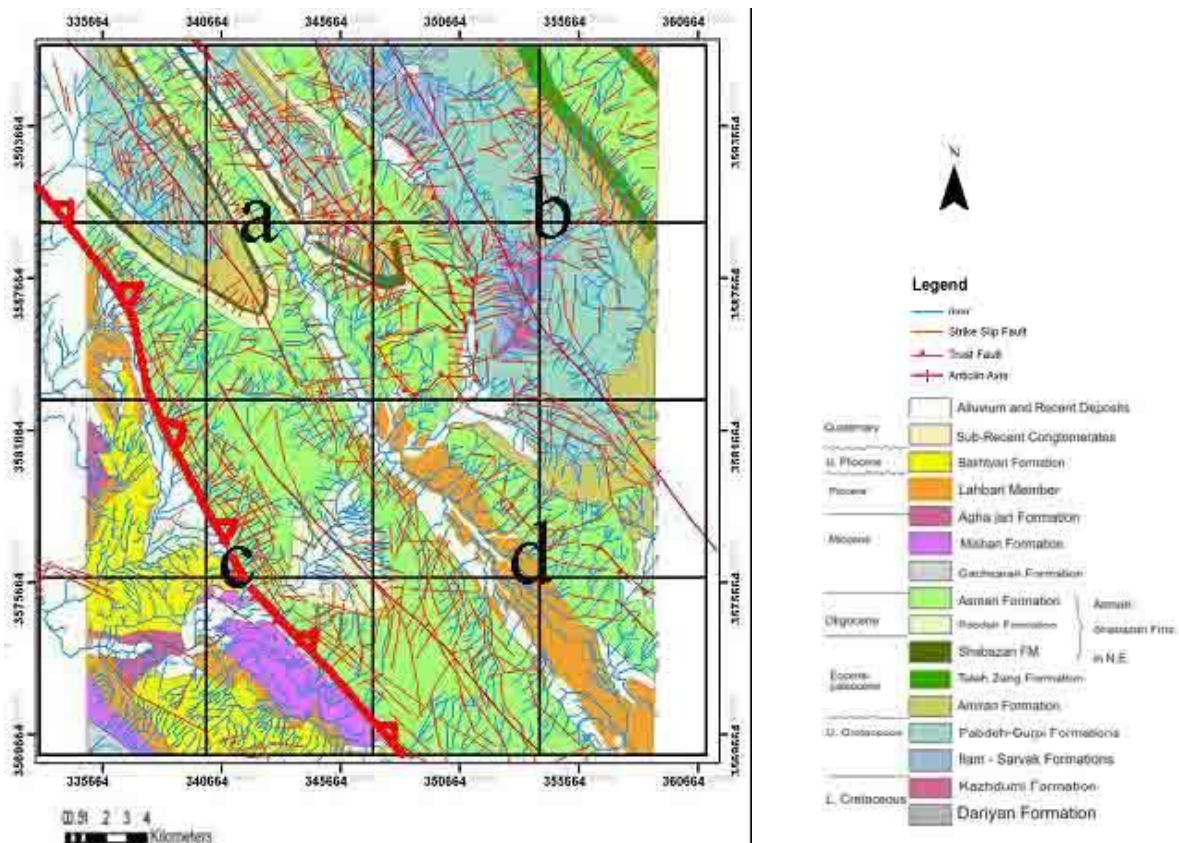
مبنای روش مطالعه در فرکتال، محاسبه ابعاد فرکتالی برای عناصر هندسی است. بر اساس مفاهیم هندسی اقلیدسی ابعاد عناصر هندسی اعداد صحیح ۳،۲،۱،۰ برای نقطه، خط، صفحه و حجم هستند، که هر کدام از اینها بیانگر عناصر هندسی نامحدود می باشند. در طبیعت مادی همه عناصر محدود بوده و عملاً پاره خط، پاره صفحه و پاره حجم هستند. بنابراین ابعاد هندسی اقلیدسی بخوبی نمی توانند بیانگر ویژگی پدیده ها با هم و یا مقایسه آنها با یکدیگر باشند، ولی ابعاد فرکتالی می تواند اعداد اعشاری بوده، بدین ترتیب محدودیتی در اندازه گیری هیچکدام از پدیده های طبیعی با این روش وجود ندارد.

این دست ارائه دهد (Tomkin and Braun, 1999). مطالعات الگو های آبراهه ای می تواند بعنوان 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 گردد (Han et al, 1998). البته عوامل غیر تکتونیکی از جمله آب و هوا، لیتو لوژی و توپوگرافی می توانند نقش مهمی در نحوه انتشار الگوی آبراهه ها داشته باشند (Leeder and Jackson, 1993). تراکم شکستگی و آبراهه ها در آهک های آسماری و سازند های قدیمی تر در منطقه لالی و همچنین فراوانی مرکزسطحی زمین لرزه ها تغییرات محسوسی را نشان می دهد. آیا این تغییرات دارای تابع فرکتالی هستند؟ هدف از این تحقیق بررسی تعدادی از پدیده ها جهت تعیین فعالیت تکتونیکی منطقه لالی در شمال شرق خوزستان به روش فرکتال می باشد. رشته کوه زاگرس در قسمت جنوب و جنوب غرب ایران به عنوان بخشی از کمربند آلپ-همیالیا محسوب می گردد. این کمربند چین و راندگی روی حاشیه شمال شرقی صفحه عربی و روی پی سنگ پرکامبرین واقع شده است. ناحیه زاگرس با احتساب کمربند دگرگونی بین ۲۰۰ تا ۳۵۰ کیلومتر پهنا و ۱۲۰ کیلومتر طول دارد (Falcon, 1974). این کمربند یک منطقه جوان است که در اثر برخورد صفحات عربی و ایران مرکزی دچار کوتاه شدگی و ضخیم شدگی است (Berberian and King, 1981). منطقه مورد مطالعه، تاقدیس پایده- لالی و محدوده اطراف آن می باشد که در عرض شمالی ۳۳°۳۰' - ۳۳°۱۵' و طول شرقی ۴۹°۳۰' - ۴۹°۱۵' در حومه شهرستان لالی در استان خوزستان و جنوب غرب ایران درحاشیه شمال شرق فرو افتادگی دزفول که قسمتی از حوضه رسوبی زاگرس می باشد قرار گرفته است. این محدوده از شمال و غرب به شهرستان دزفول و از جنوب غرب به شهرستان شوشتر و از



شکل ۱. تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه که با مختصات جغرافیایی بر اساس UTM و ترکیب باندی

۷۴۱ می باشد.



شکل ۲. نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه به همراه گسل ها و شکستگی ها

رابطه کلی برای محاسبه ابعاد فرکتالی عبارت است از:

بحث

تحلیل فرکتالی منطقه

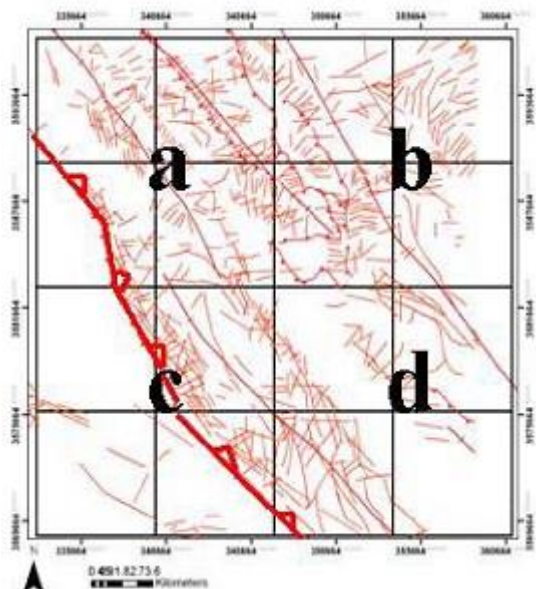
$$N_n = \frac{C}{r_n^D} \quad \text{معادله ۱}$$

فرکتال شکستگی ها

توزیع فرکتالی شکستگی ها و یا ابعاد فرکتال یک گسل بیانگر نحوه فعالیت گسل و گسترش آن می باشد. مدل های فرکتالی زیادی برای توزیع گسل ها در سطح پوسته زمین در یک منطقه ارائه شده است. در این میان گویا ترین روش برای توزیع فرکتالی گسل در معرفی ضریب b (K) ارائه شده است (آقاشاهی اردستانی، ۱۳۸۵ و Turcotte, 1997). ضریب خط K در نمودار ها همان بعد فرکتالی است. در صورتی که $k=1$ باشد، بعد فرکتالی برابر هندسه اقلیدسی خواهد بود و از نظر تحلیل گسلش به معنای وجود گسلش پیوسته و خط مستقیم است. برای تحلیل ابعاد فرکتالی شکستگی ها در منطقه با استفاده از نرم افزار Arc GIS، نقشه زمین شناسی و توزیع شکستگی ها از روی تصویرماهواره ای استخراج گردید (شکل ۲).

N_n تعداد متغیر های معلوم برای یک پدیده، r_n بعد خطی ویژه، C ثابت و D بعد فرکتالی است. روش به کار گرفته شده، مربع شمار می باشد (Turcotte, 1997). به منظور استفاده از این روش ایجاد شبکه بندی مناسب در محدوده مورد مطالعه مورد نیاز می باشد. تحلیل ها براساس نمودار \log/\log از تعداد مربع های ساختار (N_s) بر حسب اندازه شبکه به کارگرفته شده (S) و یا عکس آن $1/S$ صورت گرفته است. دیاگرام های ترسیم شده، تغییرات ابعاد فرکتالی منطقه را نشان می دهد. برای به دست آوردن بعد فرکتالی رابطه زیر تعریف شده است:

$$\text{LOG}(N_s) = a + K \log(1/S) \quad \text{معادله ۲}$$



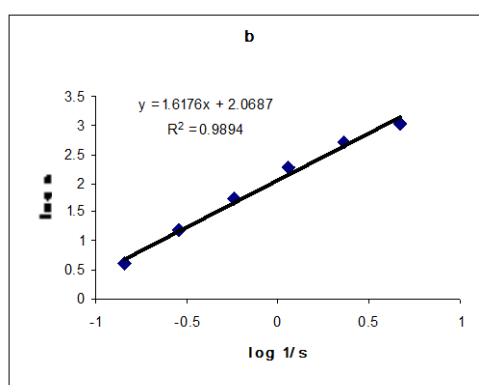
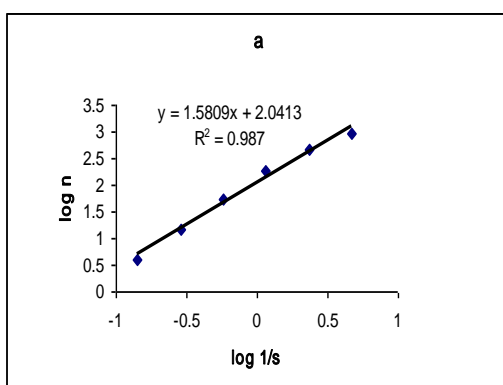
برای تحلیل فرکتال شکستگی ها نقشه تهیه شده از منطقه به ۴ مربع با ابعاد ۱۴ کیلومتر تقسیم گردید. که شبکه رسم شده همانند شکل ۲ کل نقشه را پوشش می دهد. در بررسی فرکتال منطقه هر کدام از این چهار مربع، جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و برای هر مربع یک بعد فرکتالی محاسبه شد (Da تا Dd). به این ترتیب هر مربع به طول ضلع ۱۴ کیلومتر به ۴ مربع به طول ضلع ۷ کیلومتر تقسیم گردید و به همین ترتیب شبکه بندی هایی با ۶۴ مربع با طول ضلع ۳٫۵ کیلومتر، ۲۵۶ مربع با ابعاد ۱٫۷۵ کیلومتر، ۱۰۲۴ مربع به ابعاد ۸۷۵ متر، ۴۰۹۶ مربع با ابعاد ۴۳۰ متر و ۱۶۳۵۴ مربع با ابعاد ۲۱۵ متر تشکیل شد. در جدول ۱ ابعاد مربع ها (r) و تعداد مربع هایی که حاوی شکستگی هستند (N) برای ۴ مربع از شمال به جنوب منطقه نشان داده شده است (شکل ۳). با رسم دیاگرام های مربوطه برای هر مربع یک بعد فرکتال به دست می آید. دیاگرام های رسم شده (شکل های ۴ و ۵) بعدهای فرکتالی زیر را برای هر قلمرو نشان می دهد.

$$Da = 1/5809, Db = 1/6176, Dc = 1/4254, Dd = 1/3983$$

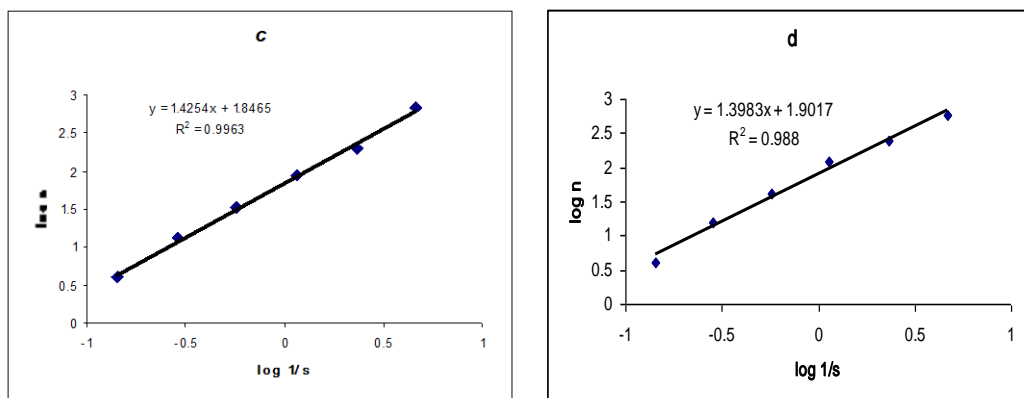
شکل ۳. نقشه شکستگی های منطقه مورد مطالعه و شبکه ها که برای اعمال روش مربع شمار در بدست آوردن بعد فرکتالی رسم شده است.

جدول ۱. ابعاد مربع ها (r) و تعداد مربع هایی که حاوی شکستگی ها هستند (N) برای ۴ مربع از جنوب به شمال

r(km)	Na	Nb	Nc	Nd
$r_1 = 7$	۴	۴	۴	۴
$r_2 = 3.5$	۱۵	۱۶	۱۳	۱۶
$r_3 = 1.75$	۵۵	۵۴	۳۴	۴۱
$r_4 = 0.875$	۱۸۰	۱۸۵	۸۶	۱۲۳
$r_5 = 0.4375$	۴۵۷	۵۲۱	۱۹۵	۲۴۱
$r_6 = 0.21875$	۹۱۲	۱۰۳۸	۳۸۷	۵۸۱



شکل ۴. دیاگرام لگاریتمی عکس طول ضلع مربع ها به تعداد مربع هایی که حاوی شکستگی هستند در مربع a و b.



شکل ۵. دیاگرام لگاریتمی عکس طول ضلع مربع ها به تعداد مربع هایی که حاوی شکستگی هستند در مربع C و d.

چون قسمت های شمالی از واحدهای رسوبی قدیمی تر با سن کرتاسه تشکیل تشکیل شده اند، معمولاً باید دارای بعد فرکتالی بیشتری نسبت به قسمت جنوبی باشد. علت این است که قسمت جنوبی دارای واحدهای رسوبی با سن جوانتر و دارای شکل پذیری بیشتر نسبت به قسمت های شمالی می باشد. البته نکته دیگری که علاوه بر جنس و سن واحد های تشکیل دهنده منطقه حائز اهمیت است، رخنمون واحد ها می باشد. هرچه واحد های قدیمی تر نسبت به واحد های جوانتر در منطقه، رخنمون بیشتری داشته باشند تراکم شکستگی و بعد فرکتالی افزایش خواهد یافت. مثلاً در قسمت جنوب غربی منطقه، حضور شکستگی کمتر نشان دهنده گسلیده شدن کمتر منطقه نمی باشد، بلکه به علت پوشیده شدن واحد های قدیمی تر با رسوبات کواترنر، واحد های گسلیده رخنمون کمتری پیدا کرده اند، پس در محاسبه بعد فرکتالی باعث کاهش عدد محاسبه شده گردیده اند (شکل ۷).

با توجه به ابعاد فرکتالی به دست آمده، آشکار می شود که این ابعاد در قسمت های مختلف منطقه مورد مطالعه برابر نیستند. هرچه بعد فرکتالی که از شکستگی های منطقه به دست آمده است بزرگتر باشد، نشان دهنده افزایش تراکم شکستگی ها در آن منطقه است. با این تفسیر چون بعد فرکتالی قسمت های جنوبی (C و d) عددی کوچکتر را نشان می دهد، پس تراکم شکستگی ها نیز در آنجا کمتر است. تفاوت در تراکم شکستگی های منطقه به دو عامل وابسته است:

(۱) جنس؛ هرچه جنس سنگ های منطقه شکننده تر باشد، تراکم شکستگی ها بیشتر و بعد فرکتالی بزرگتر است (شکل ۶).

(۲) سن؛ هرچه سن سنگ های منطقه بیشتر باشد به علت تحمل تنش های بیشتر و توزیع متفاوت محلی آنها، دارای شکستگی های بیشتر و بعد فرکتالی بزرگتر می باشد (Cello and Malamud, 2006 و Leeder and Jackson, 1993).



ب



الف

شکل ۶. نمایی از تراکم درزه ها در ناحیه B (جهت دید عکس الف جنوب) در مقایسه با ناحیه C (جهت دید عکس ب شمال).



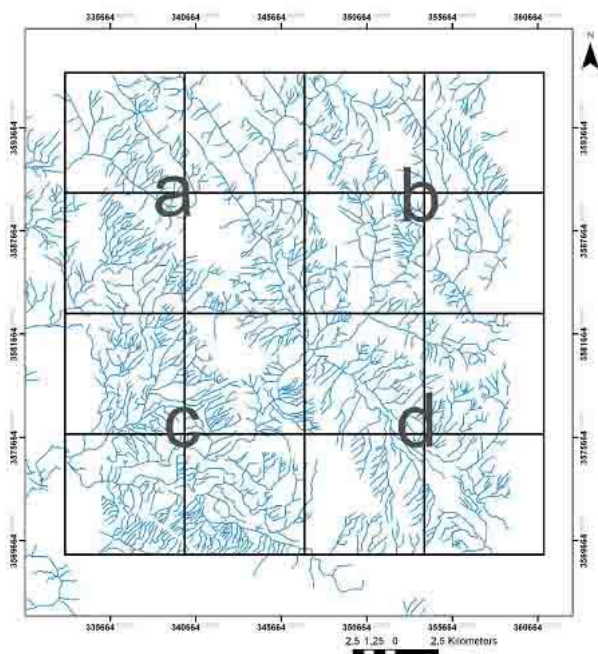
شکل ۷. نمای از گسل خوردگی و درزه ها در ناحیه B (دید عکس شمال غرب).

فرکتال آبراهه ها

برای به دست آوردن ابعاد فرکتالی آبراهه های منطقه، با استفاده از عکس های هوایی با مقیاس ۱:۴۵۰۰۰ و تصاویر ماهواره ای نقشه الگوی آبراهه ای منطقه تهیه شده و بر روی این نقشه، برای اعمال روش مربع شمار، شبکه هایی منظور گردید (شکل ۸). این تقسیم بندی مانند تقسیم بندی فرکتال شکستگی ها می باشد. در بررسی فرکتال آبراهه ها هر کدام از این شبکه ها، جداگانه مورد بررسی قرار گرفت و برای هر یک، بعد فرکتالی محاسبه شده است (Da تا Dc) . در جدول ۲ ابعاد مربع ها (۲) و تعداد مربع هایی که حاوی آبراهه هستند (N) نشان داده شده است. با رسم دیاگرام های مربوطه برای هر مربع یک بعد فرکتال به دست می آید. دیاگرام های رسم شده (شکل های ۹ و ۱۰) بعدهای زیر را برای هر محدوده نشان می دهد:

$$Da = 1/7815, Db = 1/8053, Dc = 1/7868, Dd = 1/8629$$

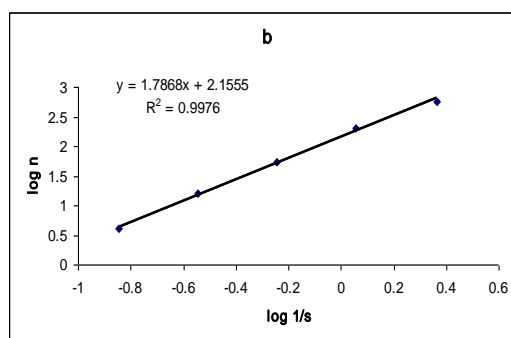
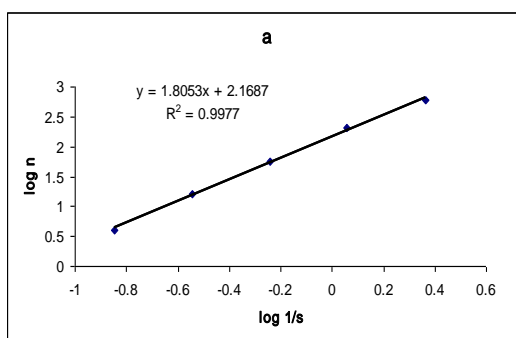
جهت تحلیل فرکتالی آبراهه ها با توجه به نتایج ابعاد فرکتالی محاسبه شده، مشاهده می شود که این اعداد دارای تفاوت هایی می باشد، منطقه C دارای بیشترین بعد فرکتالی می باشد در حالی که منطقه a, b دارای بعد فرکتالی کمتری می باشند. این تفاوت با تغییرات توپوگرافی قابل توجیه است، به این ترتیب که هر چه توپوگرافی بلند تر باشد، آبراهه ها به طرح موازی و خطی بودن تمایل پیدا می کنند، در این صورت بعد فرکتالی، کاهش یافته و به عدد یک نزدیک تر می شود و برعکس (شکل ۱۱). پس می بایست ارتفاع کوهها در قسمت d نسبت به قسمت C بیشتر باشد، این نتیجه با آنچه در نقشه های توپوگرافی مشاهده می شود همخوانی دارد.



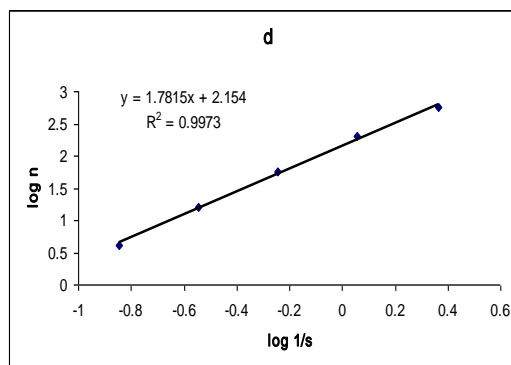
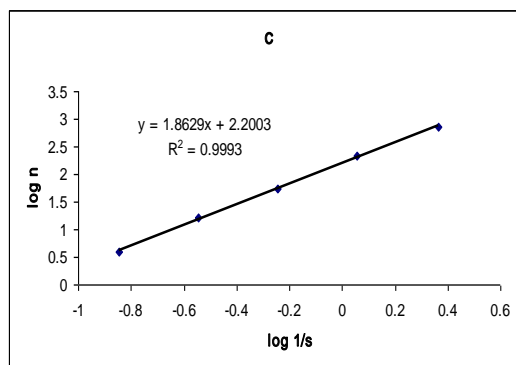
شکل ۸. نقشه آبراهه های منطقه و موقعیت شبکه های در نظر گرفته شده در منطقه لالی برای اعمال روش مربع شمار در به دست آوردن بعد فرکتالی.

جدول ۲. ابعاد مربع ها (r) و تعداد مربع هایی که حاوی آبراهه هستند (N).

r(km)	Na	Nb	Nc	Nd
۷	۴	۴	۴	۴
۳/۵	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶
۱/۷۵	۵۶	۵۵	۵۵	۵۶
۰/۸۷۵	۲۰۹	۲۱۸	۲۰۲	۲۰۱
۰/۴۳۰	۶۰۱	۷۱۹	۵۷۳	۵۶۴



شکل ۹. دیاگرام لگاریتمی عکس طول ضلع مربع ها به تعداد مربع هایی که حاوی آبراهه های هستند در مربع های a و b.



شکل ۱۰. دیاگرام لگاریتمی عکس طول ضلع مربع ها به تعداد مربع هایی که حاوی آبراهه های هستند در مربع C و d.

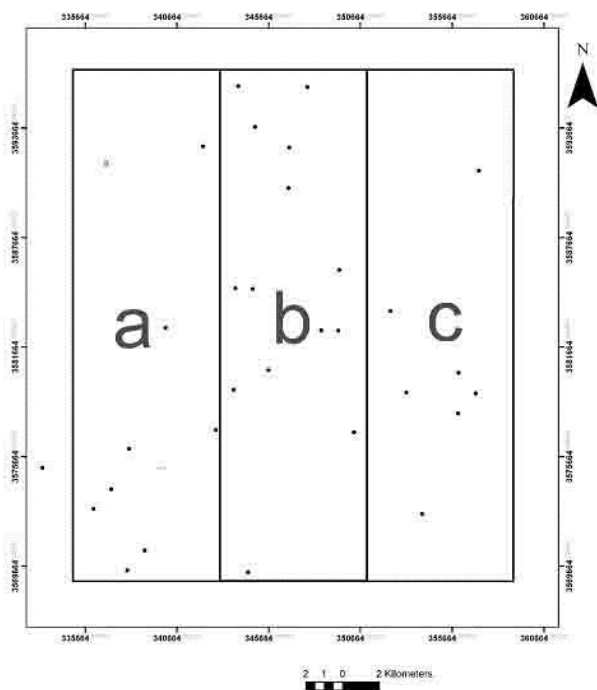


شکل ۱۱. تغییرات توپوگرافی و تاثیر آن در تراکم آبراهه ها در مناطق A و B (دید عکس الف جنوب غرب) نسبت به C و D (دید عکس ب شمال غرب).

فرکتال زمین لرزه ها

برای بدست آوردن بعد فرکتالی زمین لرزه ها (Cello and Malamud, 2006)، ابتدا مرکز سطحی زلزله های رخ داده، براساس طول و عرض جغرافیایی آنها بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ پیاده گردید. سپس منطقه به سه قسمت a, b, c و با ابعاد ۸ در ۲۴ کیلومتر تقسیم گردید (شکل ۱۲). سپس با کاهش طول ضلع مربعات، شبکه های با طول ضلع کمتر ایجاد شده اند. در اینجا نیز به کمک روش مربع شمار برای هر قسمت یک بعد فرکتال محاسبه شد. در جدول ۳ ابعاد مربعات و مقدار مربع های حاوی مرکز سطحی زمین لرزه ها قابل مشاهده است. با رسم دیاگرام های مربوطه (شکل های ۱۳ و ۱۴) برای هر مربع یک بعد فرکتال به دست می آید. ابعاد فرکتالی سه منطقه شامل: $Da = 0.1679$ $Db = 0.2019$ $Dc = 0.1679$.

از لحاظ تغییرات بعد فرکتالی زمین لرزه ها در منطقه، می توان سه منطقه را از نظر توزیع مرکز سطحی زمین لرزه ها با هم مقایسه کرد. از آنجا که هر چه بعد فرکتالی در این منطقه بزرگتر باشد نشان دهنده وفور زلزله های رخ داده در منطقه است پس به صراحت می توان گفت که قسمت میانی دارای زلزله های فراوان تری نسبت به قسمت های شرقی و غربی می باشد. علت این امر را می توان وجود راندگی های موجود در منطقه میانی دانست (شکل ۱۵).

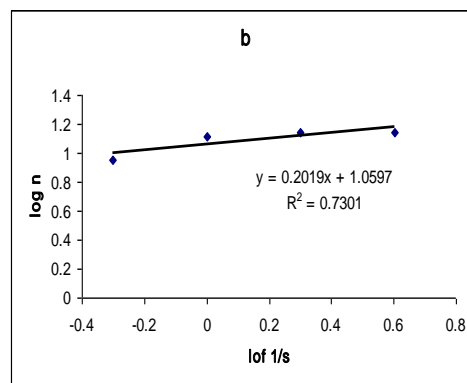
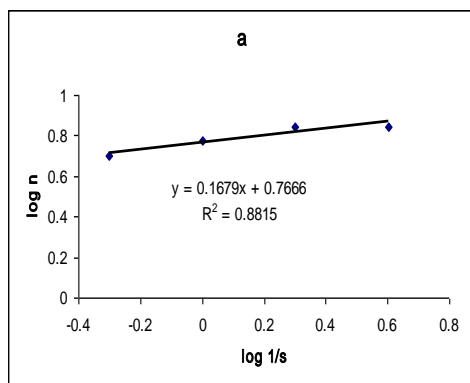


شکل ۱۲. نقشه مرکز سطحی زلزله های منطقه مورد مطالعه و شبکه های

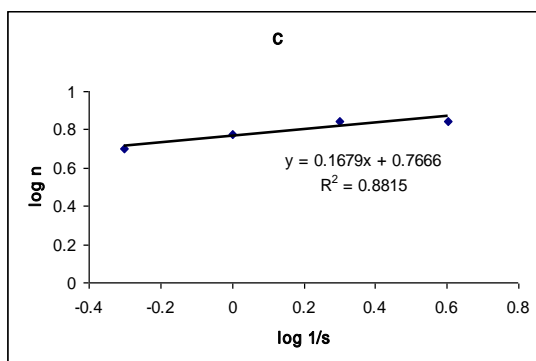
رسم شده برای اعمال روش مربع شمار در بدست آوردن بعد فرکتالی.

جدول ۳. ابعاد مربعات و مقدار مربع های که حاوی مرکز سطحی زمین لرزه ها هستند را نشان می دهد.

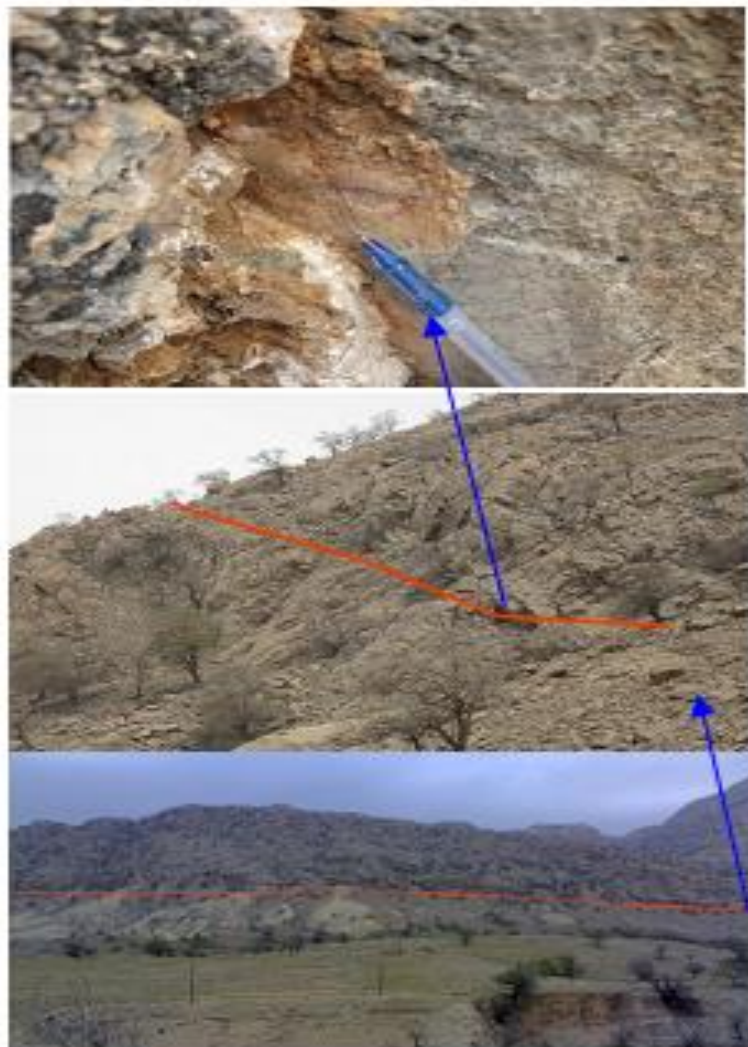
r(km)	Na	Nb	Nc
۴	۵	۹	۵
۲	۶	۱۳	۶
۱	۷	۱۴	۷
۰/۵	۷	۱۴	۷



شکل ۱۳. دیاگرام لگاریتمی عکس طول ضلع مربع ها به تعداد مربع هایی که حاوی مرکز سطحی زمین لرزه ها در مربع a و b.



شکل ۱۴. دیاگرام لگاریتمی عکس طول ضلع مربع ها به تعداد مربع هایی که حاوی مرکز سطحی زمین لرزه ها در مربع c.



شکل ۱۵. تصاویری از راندگی گسل جبهه کوهستانی (Mountain Front Fault) با موقعیت تقریبی N76W/74NE (دید عکس تقریبی شمالی).

نتیجه گیری

با تلفیق نتایج ابعاد فرکتالی بدست آمده برای منطقه، می توان چنین نتیجه گیری کرد که با توجه به راندگی های موجود که در منطقه دیده می شوند، باعث افزایش ارتفاع، افزایش شکستگی و زلزله در منطقه می شوند. بنابراین تراکم شکستگی ها و چین خوردگی در شمال منطقه نسبت به جنوب غرب منطقه بیشتر می باشد. البته نکته قابل توجه در مورد حضور شکستگی کمتر در جنوب غربی منطقه و وجود زلزله در منطقه را می توان به پوشیده شدن واحد های قدیمی تر با رسوبات کواترنر و پلیوسن، مربوط دانست. همچنین رخنمون واحد های قدیمی تر از کرتاسه بالا در قسمت شمالی منطقه و به علت تحمل تنش های بیشتر، دارای شکستگی های بیشتر و بعد فرکتالی بزرگتری نسبت به واحد های جوان تر می باشد. همچنین جنس واحد های تشکیل دهنده منطقه نیز حائز اهمیت است که وجود سازند های جوان و شکل

پذیر با سن کواترنر و پلیوسن در قسمت های جنوب غرب، باعث حضور شکستگی کمتر در منطقه شده است. بنابراین تحلیل فرکتالی برخی عوارض و ساختارهای زمین شناسی می تواند برای تعیین پویایی تکتونیکی یک منطقه مورد استفاده گردد.

قدردانی

نویسندگان مقاله از داوران محترم و سردبیر و هیات تحریریه مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته کمال تشکر و قدر دانی را دارند.

منابع

- آقاشاهی اردستانی.س، ۱۳۸۵، لرزه زمین ساخت و توان لرزه ایی گسل زاهدان و اثر آن بر گستره شهر زاهدان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- مطیعی.ه.۱۳۷۴، زمین شناسی ایران، زمین شناسی نفت زاگرس - ۱، سازمان زمین شناسی کشور.
- Berberian. M., King.G.C.P., 1981, Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran, Canadian Journal of Earth Sciences, No:18, p: 210-265.
- Cello.G., Malamud.B.D., 2006, Fractal Analysis for Natural Hazards, Geological Society Special Publication, NO:261, p: 171.
- Falcon.N,L., 1974, An outline of the geology of the Iranian Makran, Geographical Journal, p:284-291.
- Han.z., zhang. P., Wu.L., Hou.J., 1998, Charachters about the modern movement of north Qilian shan block. In: Dep. Of Geology, Peking University, Collection of international Conference on Geological Science in Peking University. Siesmological press, Beijing.
- Hovius.N., 1996, Regular spacing of drainage outlets from linear mountain belts. Basin Research. No: 8,p:29-44.
- Jackson.J., Leeder.M., 1994, Drainage systems and the development of normal faults : an example from pleasant Valley Nevada. Journal of structural Geology, No:16.p:1041-1059.
- Leeder.M., 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, No:5,p:79-102.
- Mandeibrot.B., 1983. The Fractal Geometry of nature, W.H.Freeman New york.
- Tomkin.j.H, Braun.J., 1999, Simple models of drainage reorganization on a tectonically active ridge system, New Zealand Journal of Geology and Geophysics, Vol:42,p:1-10.
- Turcotte. D.L., 1997, Fractals and Chaos in Geology and Geophysic, Cambridge Univ. Press.