تحلیل بعد فرکتالی از زمین لرزه‌ها و خطواره های گسلی در تهران

غلامرضا جعفری[۱]، محمد رضا قیطانچی[۲]، محسن پورکرمانی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری زلزله شناسی، گروه ژئوفیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

[۲] استاد، گروه ژئوفیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

[۳] استاد، گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

چکیده

از آنجایکه فلات ایران بخشی از کمر بند آلپ –هیمالیا می‌باشد، دوران های مختلف زمین شناسی و شرایط زمین ساختی فعالی را تجربه کرده است و در این دوران پوسته شکننده آن دچار شکستگی‌ها و گسلش‌های فراوانی، به خصوص گسل‌های رانده و امتداد لغز فراوانی، شده است. موضوع از آنجایی دارای اهمیت است که شهرهای بزرگ و پرجمعیت، مانند تهران، در امتداد و مجاورت این گسل‌های بزرگ و لرزه زا شکل گرفته اند. بنابراین محاسبات قطعی و احتمالاتی ابزارهایی مهم در تعیین براورد و پیش بینی خطرات لرزه ای می‌باشند. یکی از این روش‌ها محاسبات بعد فرکتالی از توزیع گسل‌ها و زمین لرزه‌ها رخ داده در یک منطقه می‌باشد. در این منطقه بعد فرکتالی از رویدادهای لرزه ای برابر ۱.۳۱، بعد فرکتالی از خطواره های گسلی برابر ۱.۵۴ و مقدار b-value برابر۱.۲۹ بدست آمد.

کلید واژه‌ها: خطواره های گسلی، زمین لرزه‌های رخ داده، تهران، D_f -value، b-value.

Analysis of Fractal dimension of earthquakes and fault traces in Tehran

Gholam-Reza Jafari[1], Mohammad-Reza Gheitanchi[2], Mohsen Pour Kermani[3]

[1]Ph.D. Student, Department Geophysics, Islamic Azad University North Tehran Branch, Tehran,Iran

[2]Professor, Department Geophysics, Islamic Azad University North Tehran Branch,Tehran,Iran

[3]Professor, Department Geology, Islamic Azad University North Tehran Branch, Tehran,Iran

Since the Iranian plateau is part of the Alpine-Himalayan belt, it has experienced different geological periods and active tectonic conditions, and in this period have occurred fractures and faults in its brittle crust, especially thrust and strike-slip faults. The issue is important, because large and densely populated cities, such as Tehran, have been formed along these large and seismic faults. Therefore, probabilistic and deterministic calculations are important tools to analysis seismic hazards.

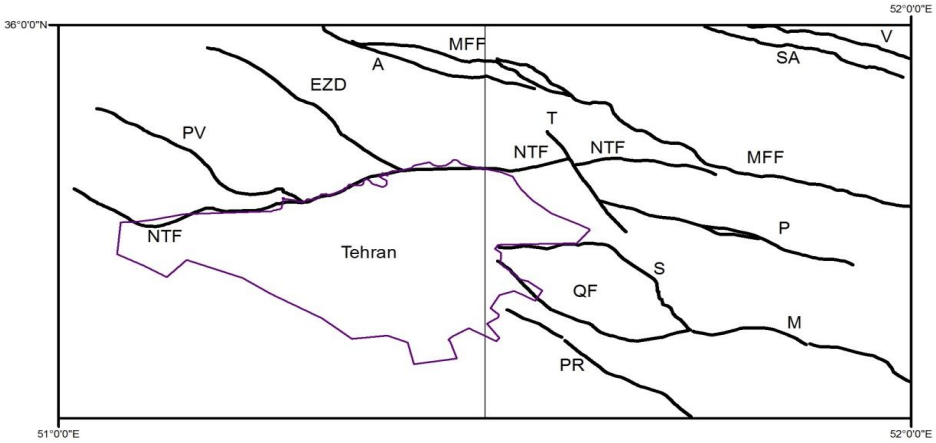
One of these methods is calculating fractal dimension of faults and earthquakes propagation in an area. In this study, the fractal dimension of seismic events, the fractal dimension of fault traces and the b-value were calculated 1.31,1.54 and 1.29 respectively.

Keywords: Fault traces, seismic events, Tehran, D-value, b-value.

۱ مقدمه

فلات ایران به عنوان بخشی از رشته کوه چین خورده- رانده آلپ –هیمالیا از شمال به صفحه اوراسیا، از جنوب به صفحه عربستان و از شرق به صفحه هندوستان محدود می‌باشد. رشته کوه البرز در شمال فلات ایران، به عنوان بخشی از این کمربند به درازای تقریبی ۶۰۰ کیلومتر و پهنای تقریبی ۱۰۰ کیلومتر در امتداد ساحل جنوبی دریای خزر واقع شده است. شهر تهران پایتخت سیاسی، اقتصادی و اجتماعی، با جمعیتی در حدود یک پنجم جمعیت ایران، به دلیل قرار گیری بر روی آبرفت‌های کواترنری البرز مرکزی واحاطه شدن توسط مجموعه ای از گسل‌های پیچیده و فعال مانند شمال تهران، مشا-فشم و تلودر بخش شمال –شرقی، پارچین در شرق، گسل پیشوا در جنوب و گسل گرمسار در جنوب شرقی (شکل ۱) و وجود خلاء لرزه ای با بیش از ۱۸۰ سال، بررسی‌های لرزه ای به روش‌های قطعی و احتمالاتی در این منطقه را بسیار مهم و ضروری می‌نماید، لازم به ذکر است درمحدوده داخلی تهران گسل‌های پنهان و آشکاری شناسایی شده اند که تا به امروز فعالیت لرزه ای از این آنها مشاهده نشده است.

از آنجایی که شکستگی‌ها در پوسته زمین، به خصوص در منطقه مورد مطالعه، شکستگی‌های شکننده می‌باشند، و رشد و توسعه آنها مرتبط با فرآیند های زمین ساختی مانند لرزه خیزی می‌باشد، در نتیجه گسل‌ها نمایشی از تاریخ گذشته لرزه ای می‌باشند.



شکل ۱. نقشه گسل های با طول بزرگتر از ۲۰ کیلومتر درتهران بر اساس نقشه های زمین شناسی تهران منتشره در ۱۹۹۷ ، ۲۰۱۳ و ۱۹۹۳

PR-Parchin;M-Momlok;P-Pardis;MFF-Mosha Fasham Fault;NTF-North of Tehran Fault ;QF-Qasre Firozeh;S-Sorkhe hesar;A-Ahar;EZD-Emam zade Dawood;PV-Pourkan Vardij;SA-Sefid Abe;V-Vara rod;T-Telo

۲ روش تحقیق

از 1983 که مندلبورت مفهوم فرکتالی را در کتاب "هندسه فرکتالی طبیعت" معرفی نمود، این مفهوم تا به امروز کاربردهای فراوانی، درپهنه وسیعی ازمشاهدات زمین شناسی و ژئو فیزیکی و شاخه‌های مختلف علوم پیدا کرده است. بنابراین مفهوم بعدفرکتالی ابزاری مفید و کلیدی برای بیان و توصیف ساختارهای خود متشابه مانند ساختارهای گسلی و توزیع مکان-زمان زمین لرزه‌ها می‌باشد. ساختارهایی که می‌توان آنها را با رابطه توانی زیر بیان نمود:

$$N(r) \propto r^{-D} = \frac{1}{r^{D}} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که D بعد فرکتالی و N(r) تعداد مربع‌های اشغال شده توسط موضوعات مورد بررسی با بعد خطی r می‌باشد.

در این مطالعه ابتداء با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی، ۱:۱۰۰۰۰۰تهران، خطواره های گسلی موجود در منطقه مورد مطالعه را به صورت یک شیپ فایل استخراج و سپس زمین لرزه‌های رخ داده از ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۱ (دریافت شده از موسسه ژئو فیزیک دانشگاه تهران) را به صورت داده‌های X-Y برای استفاده درGIS آماده، و سپس بعدهای فرکتالی، D_f، D_e و مقادیرb-value را محاسبه نمودیم. در این مطالعه بعد فرکتالی از شبکه خطواره های گسلی ۱/۵۴۹ و برای خطواره های گسلی با طول بیشتر از ۲ و کمتر از ۲۰ کیلومتر ۱.۴۸ تعیین گردید. همچنین مقدار بعد فرکتالی از رو مرکز زمین لرزه‌ها،D_e -value، برابر ۱/۳۱ و مقدار b-value برابر ۰/۰۴ ± ۱/۲۹محاسبه گردید. با توجه به رابطه گریفیث در رابطه با شکست مواد داریم:

$$U=(-W+U_e)+U_s$$

که w کار لازم توسط نیروهای خارجی برای شکست،U_e توانایی یا انرژی پتانسیل داخلی وU_s انرژی لازم برای ایجاد شکستگی‌های جدید می‌باشد به طوری که:

$$J = -\frac{\partial U}{\partial A}$$

که A مجموع مساحت سطح شکست و J نرخ آزاد شدن انرژی پتانسیل می‌باشد. و با توجه به روابط فرکتالی داریم:

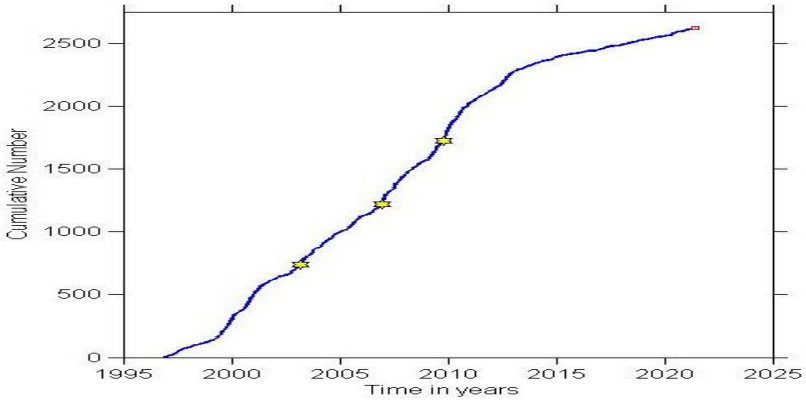
$$E \propto L$$

که E انرژی لازم برای شکست می‌باشد.

لذا بعد فرکتالی محاسبه شده از خطواره های گسلی متناسب با طول خطواره های گسلی و تعداد آنها می‌باشد. که این خود نمایشی از توزیع این خطواره های گسلی ومیزان تنش‌های مصرف شده در طول زمان برای تشکیل این خطواره های گسلی می‌باشد. با مطالعات انجام شده در مناطق مختلف مشاهده گردیده است که مقدار b-value رابطه ای عکس با مقدار تنش در مناطق مختلف مورد مطالعه دارد لذا مقدار بدست آمده برای منطقه مورد مطالعه،۱/۲۹، و با توجه به رابطه عکس b-value با تنش‌های تجمع یافته، لذا در منطقه مورد نظر باید شاهد کاهش تنش و لرزه خیزی کم با زمین لرزه‌های کوچک باشیم که در حال حاضر همین شرایط در منطقه مشاهده می‌گردد. بنابراین با توجه به بالا بودن D_f از خطواره های گسلی و کم بودن b-value می‌توان نتیجه گرفت خطواره های گسلی بین ۲ تا ۲۰کیلومتر در منطقه مورد مطالعه گسل‌های اصلی نبوده و توانایی ایجاد زمین لرزه‌های بزرگ را ندارند. که به خوبی در منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده می‌باشد. به عبارتی می‌توان بیان کرد که این خطواره های گسلی شاخه‌هایی فرعی از گسل‌های اصلی و لرزه زا می‌باشند. شاهد این امر نیز می‌تواند وقوع سه زمین لرزه ۴ تا ۴.۲ ریشتر در منطقه مورد مطالعه در سالهای ۲۰۰۳، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۹ باشد (شکل ۲).

۳ نتیجه گیری

با توجه به مقادیر محاسبه شده از بعد فرکتالی از خطواره های گسلی با طول‌های بزرگ‌تر از ۲ تا ۲۰ کیلومتر و بعد فرکتالی از خطواره های بزرگ‌تر از ۲۰ کیلومتر که به ترتیب ۱.۴۸ و ۱.۵۴ و بعد فرکتای از رومرکز زمین لرزه‌ها ۱.۳۱ و اینکه مقدارb-value برابر ۱.۲۹ بدست امده است نمایش استرس پایین می‌باشد که با توجه به تعداد زمین لرزه‌های



شکل۲. نمودار تعداد زمین لرزه ها در سال و نمایش زمین لرزه های ۴/۱، ۴/۲و۴ رخداده به ترتیب در ۲۰۰۳،۲۰۰۶ و۲۰۰۹

رخ داده که بیشتر زمین لرزه‌های کوچک می‌باشند که نمایشی از توزیع زمین لرزه‌ها در گسل‌های بزرگ‌تر از ۲۰ کیلومتر می‌باشد.

منابع

Berberian, M., 2014. *Earthquakes and Coseismic Active faulting on the Iranian plateue* (Vol. 17). Elsevier,Development in Earth Processes.

Nazari, H., 2013. Analysis and Timing Synthesize of the Probable Earthquake in the Tehran Region: A Review to Paleoseismological Studies. *Scientific Quarterly Journal,GEOSCIENCES, 24*, pp. 263-272.

Turcotte, D. L., 1997. In D. Turcotte, *Fractals and Chaos in Geology and Geophysics* (Second ed., pp. 1-78). New York: Cambridge University Press.

Hirata, T., 1989. Fractal Dimension of Fault Systems in Japan:Fractal Structure in Rock Fracture Geometry at Various Scales. In C. H. Scholz, B. B. Mandelbrot, *Fractals in Geophysics* (Vol. 131, pp. 157-170). Springer Basel AG.