

## تعیین پارامترهای لرزه‌ای زمین‌لرزه‌های ایران به کمک نظریه شبکه

◆◆◆◆◆◆

سارا تقوی، دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه فیزیک، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، taghavisara44@gmail.com

فتانه تقی‌زاده فرهمند، نویسنده مسئول، دانشیار زلزله‌شناسی، گروه فیزیک، واحد قم، دانشگاه آزاد اسلامی، f\_farahmand@Qom-iau.ac.ir

صغری رضایی، دکتری فیزیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه زنجان، s.rezaee@znu.ac.ir

◆◆◆◆◆◆

### چکیده:

زمین‌لرزه‌ها از لحاظ زمانی و مکانی پدیده‌ای پیچیده هستند که به طور ناگهانی به خاطر جابه‌جایی گسل‌ها در پوسته زمین به وقوع می‌پیوندند. از آنجایی که تعداد زمین‌لرزه‌ها زیاد است و همبستگی‌های پیچیده‌ای از لحاظ فضایی، زمانی و همین‌طور شدت، بین زمین‌لرزه‌ها وجود دارد، زمین‌لرزه را می‌توان سامانه‌ای پیچیده در نظر گرفت. از این‌رو در این تحقیق از ابزارهای تعریف شده برای بررسی سامانه‌های پیچیده که همان شبکه‌های پیچیده می‌باشد، از زمین‌لرزه‌های ایران (ثبت شده در ایستگاه‌های لرزه‌نگاری وابسته به موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، <http://irsc.ut.ac.ir>, ISC) استفاده شد. برای ساخت شبکه، زمین‌لرزه‌ها را به صورت گره در نظر گرفته و برای ایجاد یال بین گره‌ها از کمیت معرفی شده توسط بایسی و پاکزوسکی استفاده کردیم. نتایج حاصل نشان دادند که تابع توزیع درجات شبکه به صورت توانی تغییر می‌کند که نشان دهنده بدون مقیاس بودن شبکه زمین‌لرزه‌ها است. همچنین تابع توزیع احتمال همبستگی نیز به صورت توانی تغییر می‌نماید و با افزایش بزرگی زمین‌لرزه‌ها مقدار توان کاهش می‌یابد. با استفاده از مفهوم ضریب خوشه‌ای مقدار آستانه تابع همبستگی محاسبه گردید و در ادامه، توزیع فواصل  $l$  برای آستانه‌های مختلف  $m$  محاسبه گردید و با برونیایی مقیاس مناسب، تابع آن محاسبه گردید.

**کلید واژه‌ها:** شبکه‌های پیچیده، زمین‌لرزه، تابع توزیع درجات، ایران

### Determination of Seismic Parameters of Iranian Earthquakes by Network Theory

Sara Taghavi, M. Sc. student, Department of Physics, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran.

Fataneh Taghizadeh-Farahmand, Associate Professor of Seismology, Department of Physics, Qom Branch, Islamic Azad University, Qom, Iran.

Soghra Rezaei, Ph.D in Physics, Department of Physics, Zanjan University, Zanjan, Iran.

### Abstract:

Earthquakes manifest spatio-temporal complex behavior that can be studied using complex networks, which enabled us to recognize the global features of Earthquake. Studies on the earthquakes using the network method are based on how the network is constructed. In this project, by constructing the network, the parameters of

seismicity (a-value, b-value), fractal dimension and correlation ratio in the Iran region. We use data which is recorded at all the broadband and short-period stations of the Iranian Seismological Center (ISC, <http://irsc.ut.ac.ir>). The results showed that b-value  $\approx 0.93$ , a-value  $\approx 6.9$  and  $d_f \approx 1.56$ . By the way, the results also showed that, for any magnitude, the aftershock rates follow the Omori law with the line gradient of  $p \approx -1$  and the earthquake degree distribution function in Iran from the power relationship ( $P(k) \sim k^{-\gamma}$ ) with a  $\gamma = 1.59$ . In addition, the distribution function showed that the correlation relation is also a power relationship.

**Keywords:** Complex Network, Earthquake, Iran, Distribution Function



## مقدمه:

فلات ایران به دلیل موقعیت ویژه آن در روی کمربند کوه‌زایی و لرزه‌خیز آلپ-همالیا در گذشته‌های دور و همین‌طور در سال‌های اخیر به دلیل رخداد زلزله متحمل خسارات زیادی از نظر جانی و اقتصادی شده است. زمین‌لرزه‌ها از لحاظ زمانی و مکانی یک پدیده پیچیده هستند که به طور ناگهانی به خاطر جابه‌جایی گسل‌ها در سنگ کره زمین به وقوع می‌پیوندند (Stein and Wyssession, 2003). در نظر گرفتن تمام فاکتورهایی که موجب جابه‌جایی گسل‌ها می‌شود و قرار دادن آن‌ها در یک مجموعه معادلات ریاضی که بتواند پدیده زمین‌لرزه را توصیف کند، کار دشواری است و به دلیل عدم دسترسی به اعماق زمین که محل وقوع زمین‌لرزه می‌باشد با عدم قطعیت روبرو هستیم. از آنجایی که تعداد زمین‌لرزه‌ها زیاد است و همبستگی‌های پیچیده‌ای از لحاظ فضایی، زمانی و همین‌طور شدت، بین زمین‌لرزه‌ها وجود دارد لذا زمین‌لرزه‌ها را می‌توان سامانه‌ای پیچیده در نظر گرفت. دو قانون کلاسیکی شناخته شده، گوتنبرگ-ریشتر و اوموری تاییدی بر پیچیدگی زمین‌لرزه‌ها می‌باشند (Gutenberg and Richter, 1941; Omori, 1984). در نظریه شبکه‌های پیچیده نیازی به دانستن جزئیات سیستم گسلی نیست بلکه تنها با دانستن بزرگا، زمان و مکان رخداد زمین‌لرزه‌ها می‌توان جنبه‌های مختلف پدیده زمین‌لرزه را بررسی کرد. در این روش اجزاء سامانه، رومرکز زمین‌لرزه به عنوان گره و برهم‌کنش میان آن‌ها به صورت یال‌های بین گره‌های شبکه نشان داده می‌شوند و به دلیل عدم وابستگی اجزاء سامانه به پارامترهای گسلش، نسبت به تحلیل سینماتیکی و دینامیکی زمین‌لرزه‌ها بسیار ساده‌تر بوده و به دور از محاسبات سنگین و حل معادلات پیچیده ریاضی است و تنها با داشتن اطلاعات کاتالوگی زمین‌لرزه‌ها، جنبه‌های مختلف پدیده‌ی پیچیده زلزله مورد مطالعه قرار می‌گیرد. تحلیل دوره بازگشت زمین‌لرزه‌های بزرگ، با روند دینامیکی گسل لرزه‌ای ارتباط نزدیکی دارد و یک پارامتر کلیدی برای ارزیابی خطر لرزه‌ای در یک منطقه گسلی است (Yeats, Sieh, and Allen, 1997; McCalpin, 2009). در این مطالعه سعی بر این است تا با استفاده از روش شبکه‌بندی، ضرایب لرزه‌خیزی و پارامترهای آماری همچون تابع توزیع درجات، تابع همبستگی، ضریب خوشه‌ای و تابع توزیع فاصله بین زمین‌لرزه‌های رخ داده در ایران که در ایستگاه‌های شبکه‌های لرزه‌نگاری وابسته به موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران ثبت شده‌اند، مورد بررسی قرار دهیم.



## روش تحقیق: