

## به کارگیری نرم افزارهای متن باز در تحلیل خطر لرزه‌ای احتمالاتی در منطقه شیراز

نیوشا مقدم اصلان پور<sup>۱</sup>، نیما دولت آبادی<sup>۲</sup>، احمد سدید خوی<sup>۳</sup>.

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، [Niyousha.moghadam@ut.ac.ir](mailto:Niyousha.moghadam@ut.ac.ir)

<sup>۲</sup> کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، [n\\_dolatabadi@ut.ac.ir](mailto:n_dolatabadi@ut.ac.ir)

<sup>۳</sup> استادیار گروه آموزشی فیزیک زمین، دانشگاه تهران، [asadid@ut.ac.ir](mailto:asadid@ut.ac.ir)

### چکیده

هدف از این پژوهش، پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه و تعیین بیشینه شتاب زمین به روش احتمالاتی در استان فارس و بوشهر به مرکزیت شهر شیراز انجام گردید. فهرست نامه یکنواختی تا سال ۲۰۲۰ شامل زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی با بزرگای بین ۳/۱ - ۷ در مقیاس  $M_w$  تهیه شد. با توجه به روند گسل‌ها و زمین‌شناسی، ۳ چشمه بالقوه زمین‌لرزه به صورت پهنه‌ای در این منطقه در نظر گرفته شد و پارامترهای لرزه‌خیزی محاسبه گردید. در روش احتمالاتی با استفاده از افزونه Zmap7، نرم افزار Open quake و QGIS بیشینه شتاب جنبش زمین (PGA)، برای دوره بازگشت‌های ۵۰ سال، ۴۷۵ سال و ۲۴۷۵ سال و نمودار پاسخ شتاب طیفی (SA)، برای دوره بازگشت‌های ۵۰ سال، ۴۷۵ سال و ۲۴۷۵ سال در پریودهای ۰/۲ و ۰/۴ ثانیه رسم شد. نتایج نشان می‌دهد که بیش‌ترین سطح شتاب جنبش زمین (PGA)، در شهر شیراز (g) ۰/۸ و حداکثر پاسخ شتاب منحنی (SA)، (g) ۱/۵ در پریود ۰/۲ ثانیه می‌باشد. لرزه‌خیزترین چشمه‌ها در نزدیکی گسل‌های کازرون، قیر و زاگرس مرتفع برآورد شد که سابقه زمین‌لرزه‌های بزرگ تاریخی و دستگاهی را دارا هستند. به طور کلی می‌توان گفت که این مناطق با تراکم جمعیت بالا و شهرهای مهم استان به دلیل نزدیک بودن به گسل‌های منطقه در مناطق با خطر بالا قرار دارند.

**واژه‌های کلیدی:** زمین‌لرزه، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه، استان فارس، شیراز، رهیافت احتمالاتی، افزونه Zmap7، نرم افزار Open quake.

## Using Open Source Software in Seismic Hazard Analysis in Shiraz Region.

Niyousha Moghadam Aslanpour<sup>1</sup>, Nima dolat Abadai<sup>2</sup>, Ahmad Sadidikhoy<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Master of Science in Geophysics, University of Tehran, [Niyousha.moghadam@ut.ac.ir](mailto:Niyousha.moghadam@ut.ac.ir)

<sup>2</sup> Master of Science in Geophysics, University of Tehran, [n\\_dolatabadi@ut.ac.ir](mailto:n_dolatabadi@ut.ac.ir)

<sup>3</sup> Assistant Professor, Institute of Geophysics, University of Tehran, [asadid@ut.ac.ir](mailto:asadid@ut.ac.ir)

### Abstract

The purpose of this research is to zoning the seismic hazard and determine the maximum ground acceleration by the probabilistic method in Shiraz area. The list of Earthquakes until March 2020, including historical and instrumental earthquakes with a magnitude between  $M_w = 3.1 - 7$  was prepared. According to the fault trends and geology, 3 potential seismic sources were considered (area source) and seismic parameters were calculated. In the probabilistic method by using Zmap7 plugin, Open quake and QGIS softwares, maximum ground motion acceleration (PGA) for probability of exceedance in 50-year, 475-year and 2475-year and hazard curve response (SA) diagrams for probability of exceedance in 50-year, 475-year and 2475-year in a period of 0.2 and 0.4 seconds were calculated. The results show that the highest level of ground motion acceleration (PGA) in Shiraz is 0.8 (g) and the maximum response curve acceleration (SA) is 1.5 g in a period of 0.2 seconds. The most seismic areas near Kazerun, Qir and Zagros faults were estimated to have a history of major historical and instrumental earthquakes. In general, it can be concluded that these areas with high population density and important cities of the province are in high seismic hazard areas due to their proximity to the regional faults.

**Keywords:** Earthquake, Seismic hazard map, Seismic hazard analysis, Shiraz region, Zmap, Open quake software.

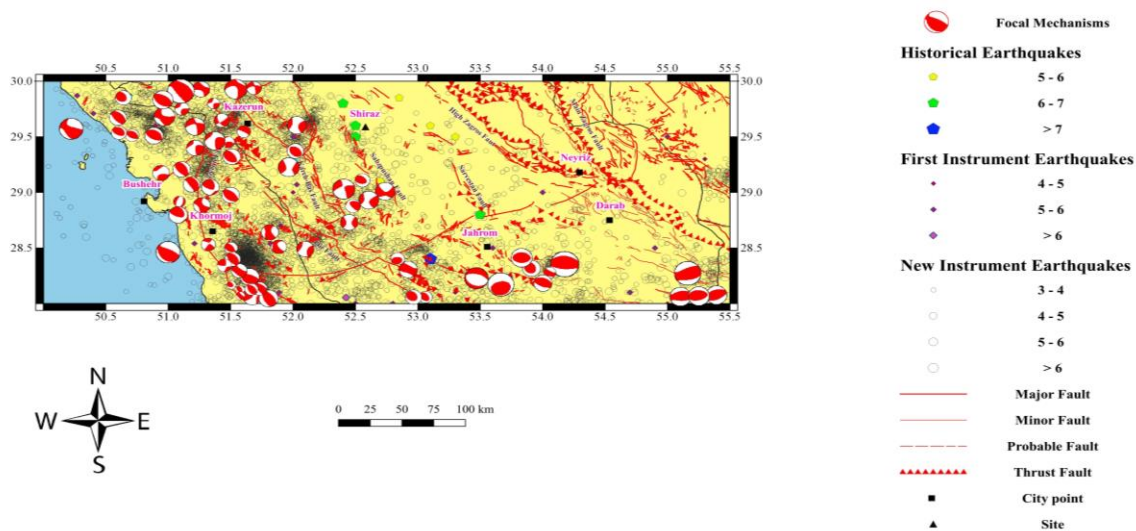
## ۱. مقدمه

موقعیت استان فارس در جنوب منطقه مرکزی ایران در ایالت لرزه‌زمین‌ساخت زاگرس واقع شده است که یکی از لرزه‌خیزترین نواحی این ایالت به شمار می‌رود (امبرسیز و ملویل، ۱۹۸۲). استان فارس و نواحی اطراف آن شامل گسل‌هایی است که هر کدام به خودی خود توان تولید زمین‌لرزه‌های بزرگی را دارند و تاکنون زمین‌لرزه‌های بزرگی را نیز شاهد بوده‌اند. گسل‌های مهم منطقه عبارتند از: گسل اصلی زاگرس، گسل زاگرس مرتفع، گسل اصلی عهد حاضر، گسل سروستان، گسل کازرون، گسل سبز پوشان، گسل کره بس، گسل قیر، گسل بریز و گسل لار. در این پژوهش سعی شده است که داده‌های لرزه‌ای ثبت شده در منطقه شیراز در طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۰ به روشی نوین با در نظر گرفتن درخت منطقی تجزیه و تحلیل آماری شود، تا بر اساس آن‌ها پهنه‌های خطر لرزه‌ای مشخص گردد.

## ۲. روش تحقیق

در این پژوهش برای تحلیل خطر و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی، نخست نیاز به تهیه کاتالوگی کامل از زلزله‌های دستگامی با عرض جغرافیایی ۲۸ تا ۳۰ و طول جغرافیایی ۵۰ تا ۵۵/۵ (از سال ۱۹۰۰ به بعد)، که داده‌های آن از نقشه‌های زمین‌شناسی شهرهای شیراز، کازرون، نیریز، داراب، جهرم، خورموج و بوشهر به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، کاتالوگ موسوی و بسایت‌های USGS، IRSC و ISC گرفته شده است. با توجه به داده‌های به دست آمده حدود ۵۷۰۰ مورد گزارش زمین‌لرزه از سال ۱۹۰۰ تا ماه مارس ۲۰۲۰ با بزرگای  $M_W = 3/1$  تا  $M_W = 7$  ثبت گردید. برای انجام این تحقیق، ابتدا در نرم افزار Excel تعداد و فراوانی و پراکندگی زمانی زمین‌لرزه‌های رخ داده منطقه ارزیابی و تحلیل شدند سپس در محیط QGIS به ایجاد پایگاه داده اقدام شد. بعد از تهیه کاتالوگ مربوطه با استفاده از نرم افزار QGIS نقشه لرزه‌زمین‌ساخت مورد نظر تهیه شد (شکل ۱).

### Legend

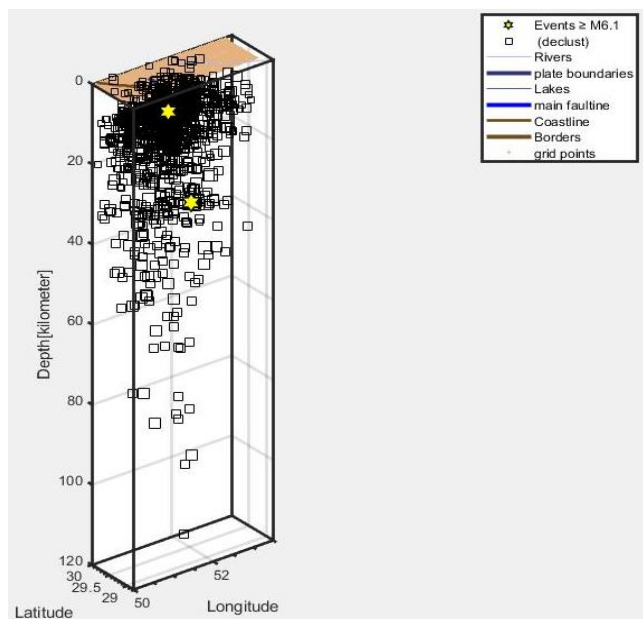


شکل ۱. نقشه لرزه‌خیزی و لرزه‌زمین‌ساخت منطقه مورد مطالعه.

## برآورد خطر زمین‌لرزه به روش آماری

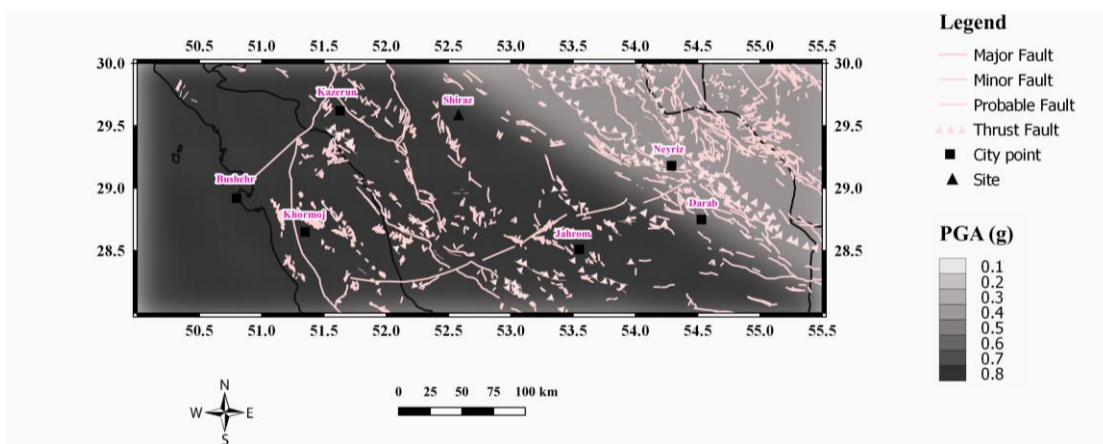
در زلزله‌شناسی آماری کاربرد روش‌های آماری بر روی مسائل زلزله‌شناسی تعریف می‌گردد. توزیع تجربی زلزله‌ها از دیدگاه مکان زلزله، زمان زلزله و انرژی زلزله در زلزله‌شناسی آماری بررسی می‌شود. در حقیقت هدف تعیین بزرگای زلزله‌ای با دوره بازگشت مشخص، با توجه به طول عمر مفید سازه و زلزله‌ای با درصد خطر مشخص، با توجه به اهمیت سازه می‌باشد تا احتمال وقوع زلزله‌ای بزرگتر از آن درصد مشخص، بیشتر نباشد. مراحل تحلیل خطر احتمالی زمین‌لرزه به روش ۴ چشمه بندی منطقه، برآورد بیشینه بزرگای چشمه (Mmax)، به دست آوردن بیشینه شتاب جنبش زمین (PGA)، محاسبه احتمال وقوع زلزله با دوره بازگشت مشخص صورت می‌گیرد (Tera, 1980). در تحلیل خطر به روش

احتمالاتی، از مدل پواسونی استفاده می‌شود. در مدل پواسونی داده‌ها مستقل از هم در نظر گرفته می‌شوند. بدین منظور باید داده‌ها را خوشه بندی (Dcluster) کنیم. در این پژوهش برای خوشه بندی زمین‌لرزه‌ها از افزونه Zmap7 از روش (Resenberg) استفاده شده است. همان طور که در (شکل ۲)، پیداست بیشتر زمین‌لرزه‌های منطقه تا عمق بین ۳۰ کیلومتری می‌باشند.

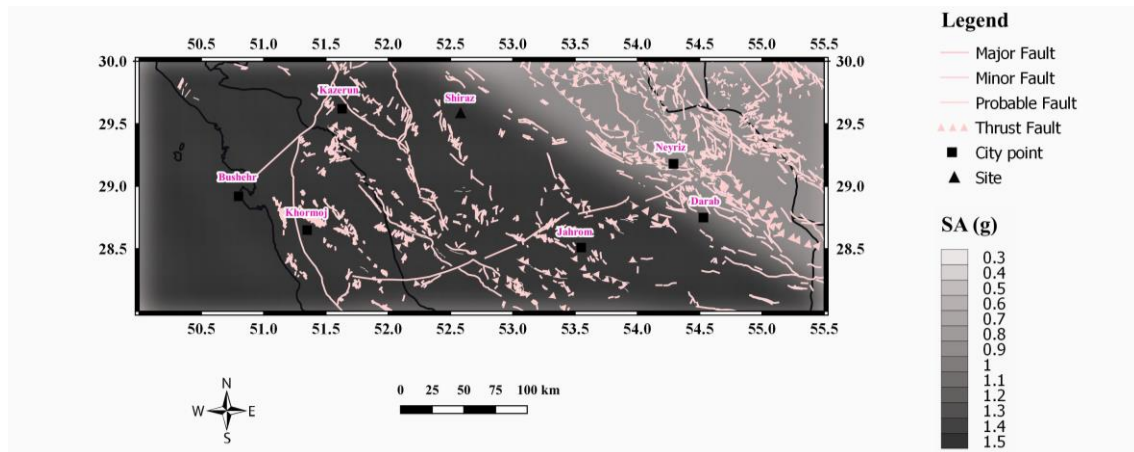


شکل ۲. نقشه سه بعدی خوشه بندی منطقه مورد مطالعه.

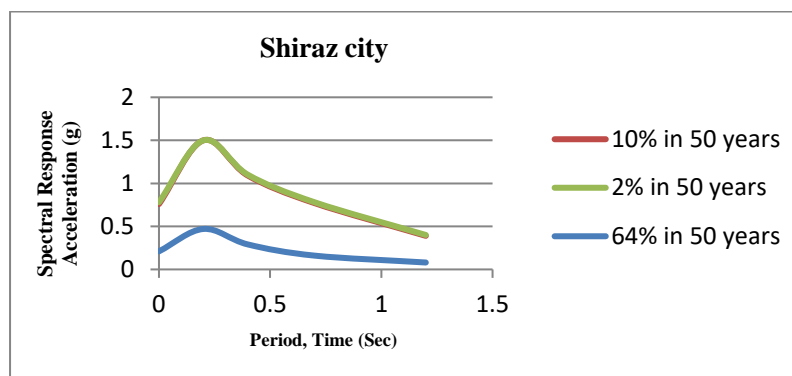
در تحلیل خطر به روش احتمالاتی اثر توان هرکدام از چشمه‌های لرزه‌ای تعریف شده (برای منطقه شیراز ۳ چشمه پهنه‌ای در نظر گرفته شده است)، در منطقه را در مجموعه‌ای از نقاط بررسی کردیم؛ به طوری که خروجی تحلیل خطر، به صورت یک نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه ارائه خواهد شد. داده‌های مربوط برای تهیه نقشه بیشینه شتاب جنبش زمین (PGA) و شتاب طیفی (SA) منطقه مورد مطالعه در دوره بازگشت ۴۷۵ سال و ۲۴۷۵ سال با استفاده از نرم افزار QGIS و Open Quake تهیه شده است. و همچنین از فرآیند شبیه‌سازی مونت کارلو که به مفهوم استفاده از زلزله‌های گذشته برای ارائه رفتار زلزله‌های بعدی در منطقه مورد نظر می‌باشد، برای تحلیل خطر احتمالی زمین‌لرزه استفاده شده است.



شکل ۳. نقشه پهنه‌بندی بیشینه شتاب زمین (PGA) منطقه مورد مطالعه با احتمال ۱۰٪ با دوره بازگشت ۴۷۵ سال (عمر مفید سازه ۵۰ سال).



شکل ۴. نقشه شتاب طیفی (SA) منطقه مورد مطالعه با احتمال ۱۰٪ و پریود ۰/۲ ثانیه (عمر مفید سازه ۵۰ سال).



شکل ۵. نمودار شتاب طیفی (SA) منطقه مورد مطالعه.

همان طور که ملاحظه می‌فرمایید بیشینه شتاب جنبش زمین با احتمال ۱۰٪ با دوره بازگشت ۴۷۵ سال و احتمال ۲٪ به شرطی که عمر مفید سازه ۵۰ سال باشد، حدود (۰/۸g) می‌باشد (شکل ۳)، که شهرهای شیراز، کازرون، جهرم، خورموج و بوشهر در معرض این شتاب خواهند بود بنابراین توصیه می‌شود در این مناطق ساختمان‌های مهم مثل نیروگاه‌ها، سد و پل‌های بزرگ ساخته نشود و نیز در این محدوده شهرهای داراب با شتاب ۰/۶g و نیریز با شتابی حدود ۰/۴g خطر کمتری نسبت به شهرهای ذکر شده دارند. همچنین در نمودار (شکل ۵)، مشخص است که بیشترین شتاب وارده (۱/۵g)، در دوره تناوب ۰/۲ تا ۰/۳ ثانیه در محدوده شهرهای شیراز، کازرون، جهرم، خورموج و بوشهر می‌باشد لذا توصیه می‌شود در این محدوده پریودی (۰/۲ تا ۰/۳ ثانیه)، ساخت و ساز صورت نگیرد.

### ۳. نتیجه‌گیری

برای برآورد خطر زمین‌لرزه در محدوده جغرافیایی به طول ۵۰ - ۵۵/۵ و عرض جغرافیایی ۲۸ - ۳۰ و به مرکزیت شهر شیراز با روش احتمالاتی با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی و نیز تهیه کاتالوگی از زلزله‌های تاریخی و دستگاهی و دستگاهی مدرن با استفاده از نرم افزارهای Openquake, Qgis, و افزونه Zmap7 اقدام و تهیه گردید. برای برآورد خطر زمین‌لرزه به روش احتمالاتی در منطقه مربوطه ۳ چشمه انتخاب شد. با توجه به نقشه (PGA) با احتمال ۱۰٪ و ۲٪ و دوره بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال شهرهای شیراز، کازرون، جهرم، خورموج و بوشهر در معرض بیشینه شتاب (۰/۸g) خواهند بود. در نقشه و نمودار (SA) با دوره تناوب ۰/۲ ثانیه برای احتمال ۱۰٪ و ۲٪ مشاهده شد که بیشترین شتاب (۱/۱g) - (۱/۵g) در محدوده شهر داراب، شیراز، کازرون، جهرم، خورموج و بوشهر می‌باشد. این مناطق در نزدیکی گسل‌های سبزپوشان، کره بس، کازرون، قیر و زاگرس مرتفع واقع شده‌اند.

Mousavi-Bafrouei, S.H., Mirzaei, N., Shabani, E., Eskandari-Ghadi, M., 2014. A declustered earthquake catalog for the Iranian Plateau. *Ann. Geophys.* 57, S0653, <http://dx.doi.org/10.4401/ag-6395>.

Pagani, M., D. Monelli, G. Weatherill, and J. Garcia (2014b). Testing procedures adopted in the development of the hazard Component of the OpenQuake-engine. Technical report. GEM Technical Report

Pagani, M., D. Monelli, G. Weatherill, and J. Garcia (2014b). Testing procedures adopted in the development of the hazard Component of the OpenQuake-engine. Technical report. GEM Technical Report

Reiter, L. (1990). *Earthquake Hazard Analysis*, New York, Colombia University Press, 254 pp.