

بررسی خطرپذیری به روش احتمالاتی در منطقه کرمانشاه با در نظر گرفتن درخت منطقی و تهیه طیف طرح

امین آقایی نائینی^۱، نیما دولت‌آبادی^۲، احمد سدیدخوی^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران amin.aghai@stu.iiees.ac.ir

^۲دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران n_dolatabadi@ut.ac.ir

^۳استادیار، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران asadid@ut.ac.ir

چکیده

هدف از این مطالعه پهنه بندی خطر لرزه‌ای در منطقه کرمانشاه به روش احتمالاتی می‌باشد. در این راستا پس از شناسایی گسل‌های موجود در منطقه و تهیه نقشه‌های لرزه‌خیزی و لرزه‌زمین‌ساخت مربوطه، تعداد سه چشمه ناحیه‌ای بالقوه زمین‌لرزه‌زا برای گستره مورد مطالعه تشخیص داده شده است. سپس پارامترهای لرزه‌خیزی هر چشمه محاسبه و در نهایت به همراه سایر اطلاعات موجود در هر سه ناحیه از جمله عمق زون لرزه‌زا و یا پارامترهای هندسه گسل، به عنوان اصلی‌ترین پارامترهای ورودی نرم‌افزار Openquake داده شده تا برآورد خطر لرزه‌ای صورت گیرد. سرانجام نقشه‌های تحلیل خطر و محاسبات مربوط به دوره بازگشت‌های ۵۰، ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال برای سازه‌هایی با دوره تناوب‌های ۰/۲، ۰/۸، ۱ و ۲ ثانیه انجام شده که نتایج حاصله نشان می‌دهد بیش‌ترین شتاب متحمل بر این منطقه برابر با $۱/۵۳g$ برای دوره تناوب ۰/۲ و دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پهنه بندی خطر لرزه‌ای، روش احتمالاتی، لرزه‌زمین‌ساخت، چشمه ناحیه‌ای، پارامترهای لرزه‌خیزی، دوره بازگشت

Probabilistic seismic hazard assessment in Kermanshah by logic tree method and generation of spectral design

Amin Aghae Naeini¹, Nima Dolatabadi², Ahmad Sadidkhouy³

¹M.Sc. student, international institute of earthquake engineering and seismology, Tehran, Iran

²M.Sc., Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

³ Assistant professor, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

Abstract

The purpose of this study is probabilistic seismic hazard zoning in Kermanshah region. To do this, after identifying the faults in the area and preparing seismicity and seismotectonic maps, three potential seismic regional sources have been recognized for the study area. Then, the seismic parameters of each source are calculated and along with other information available in all three areas, including the depth of the seismic zone and the parameters of the fault geometry, are given as the main input parameters of Openquake software to assess the seismic risk. Eventually, hazard maps and calculations related to the return periods of 50, 475 and 2475 years for structures with periods of 0.2, 0.8, 1 and 2 seconds have been performed. The results show the maximum acceleration in this area is equal to 1.53 g for the periodicity of 0.2 with the return period of 2475 years.

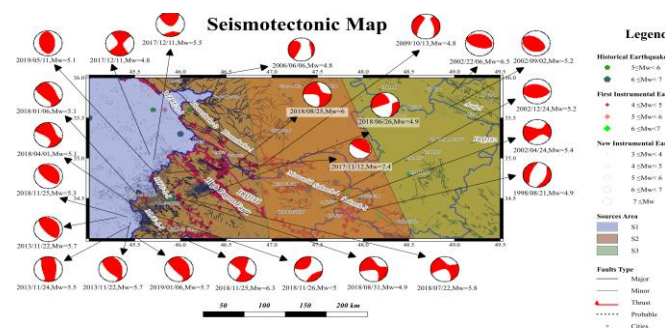
Keywords: seismic hazard zoning, probabilistic, seismotectonic, regional source, seismic parameters, return period

۱ مقدمه

یکی از اصلی ترین اهداف زلزله شناسی اندازه گیری احتمال خطر وقوع زمین لرزه هاست. بویژه این مسئله در کشورهای لرزه خیز جهان از جمله ایران، از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا زمین لرزه ها خسارت های مالی و جانی قابل ملاحظه ای در مناطق مختلف کشور بر جای می گذارند، از این رو لزوم ارزیابی خطر لرزه ای به خصوص در مناطقی که دارای سازه های مهم مهندسی مانند سدها، پل ها و غیره هستند، بیش از پیش ضروری است. به طور کلی دو روش مختلف برای تحلیل خطر وجود دارد. روش اول روش تعیینی می باشد که در این روش، تمام پارامترها از جمله بزرگای زمین لرزه در چشمه و فاصله از سایت به طور قطعی انتخاب می شوند. روش دوم، روش احتمالاتی است که عدم قطعیت ها را در عوامل فوق دخیل می کند. از آنجایی که زلزله و پدیده های مرتبط با آن فرایندهایی غیر قطعی می باشند انتظار می رود روش احتمالاتی نتایج منطقی تری را ارائه دهد لذا در تهیه این پژوهش صرفا تحلیل خطر به روش احتمالاتی برای چشمه های موجود در منطقه استفاده شده است. این مطالعه قصد دارد علاوه بر محاسبات مربوط به دوره بازگشت های ۵۰ سال (۶۳ درصد احتمال وقوع در ۵۰ سال)، ۴۷۵ سال (۱۰ درصد احتمال وقوع در ۵۰ سال) و ۲۴۷۵ سال (۲ درصد احتمال وقوع در ۵۰ سال) برای سازه هایی با دوره تناوب های ۰/۲، ۰/۸، ۱ و ۲ ثانیه، منحنی های طیف طرح را در شرایطی که عمر مفید سازه ۵۰ سال در نظر گرفته می شود را بر حسب دوره بازگشت های مختلف بررسی کند.

۲ روش تحقیق

قدم اول پژوهش حاضر به شناسایی ویژگی های زمین ساختی محدوده ای به طول جغرافیایی ۴۵ تا ۴۹/۵ درجه و عرض ۳۴ تا ۳۶ درجه به مرکزیت شهر کرمانشاه می پردازد که متشکل از دو ایالت لرزه زمین ساختی مختلف زاگرس و ایران مرکزی (میرزایی و همکاران، ۱۹۹۸) می باشد. بدین منظور برای شناسایی چشمه های بالقوه زمین لرزه، با استفاده از نقشه گسل های فعال ایران (حسامی و همکاران، ۲۰۰۳) و نقشه های زمین شناسی (وبسایت سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور) تمام گسل های منطقه شناسایی و رسم شده اند. پس از آن کاتالوگ زمین لرزه های رخ داده در منطقه برای زلزله هایی با بزرگی های بیش از ۲/۵، شامل زمین لرزه های تاریخی، دستگاهی دوره اول و دوم تا سال ۲۰۱۲ از کاتالوگ موسوی (موسوی و همکاران، ۲۰۱۵) و ادامه ای آن تا سال ۲۰۲۰ از سایت های مرتبط به جستجوی زمین لرزه (وبسایت های موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و ISC)، جمع آوری شده است. در آخرین قسمت این بخش، از میان کاتالوگ موجود، زمین لرزه هایی که برای آن ها سازوکار کانونی حل شده است از سایت های مربوط به جستجوی سازوکار کانونی (وبسایت Global CMT Catalog Search)، مشخص و سرانجام نقشه لرزه زمین ساخت تهیه شده است. در نهایت به کمک نقشه های گسل ها، لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت سه چشمه ناحیه ای بالقوه زمین لرزه را برای این مطالعه تشخیص داده شده است (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه گسل ها، لرزه خیزی، لرزه زمین ساخت و چشمه بندی منطقه

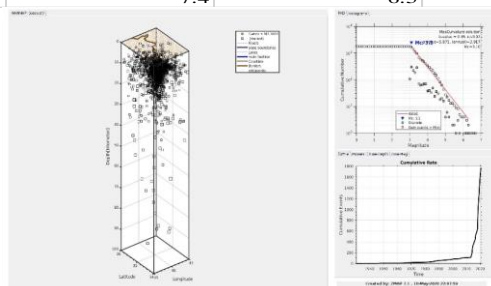
همانطور که در شکل فوق مشاهده می کنید سعی بر آن بوده تا در هر چشمه روند گسل ها، توزیع لرزه خیزی و همچنین سازوکار کانونی، تقریبا مشابه باشند. به عنوان مثال، اکثر زمین لرزه های چشمه شماره یک (چشمه سمت چپ) دارای سازوکار معکوس با کمی مولفه امتداد لغز می باشند از طرفی توزیع لرزه خیزی در این چشمه بیش تر در نیمه جنوبی، و روند گسل ها به صورت شمال غربی-جنوب شرقی مشاهده می شود که تمامی موارد ذکر شده دلیلی است تا انتخاب این

چشمه معقول بنظر آید.

در دومین مرحله از تهیه این مقاله پس از شناسایی چشمه‌ها، نوبت به محاسبه پارامترهای لرزه‌خیزی مرتبط با هر چشمه می‌رسد. برای این کار باید در ابتدا کاتالوگ مرتبط با هر چشمه جدا و سپس حذف خوشه بندی صورت گیرد. منظور از خوشه بندی یک کاتالوگ، فرایند مجزا کردن زلزله‌های مستقل (زلزله اصلی) از زلزله‌های وابسته (پیش‌لرزه و پس‌لرزه) است که در این پژوهش برای حذف فرآیندهای وابسته، از روش رزنیبرگ استفاده شده است. در نهایت پارامترهای لرزه‌خیزی (a, b value) و همچنین (Magnitude of Completeness) M_c برای هر چشمه محاسبه شده که نتایج آن مطابق جدول زیر و یک شکل نمونه از چشمه‌ی شماره یک ارائه خواهد شد.

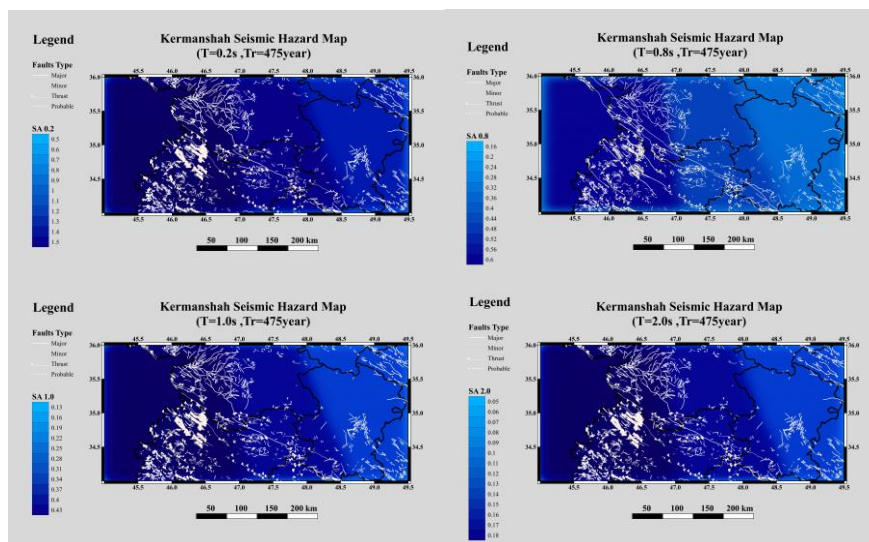
جدول ۱. پارامترهای لرزه‌خیزی و بزرگی حداقل و حداکثر مربوط به هر چشمه

| | Source number one | Source number two | Source number three |
|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|
| a-value | 5.87 | 4.2 | 4.1 |
| b-value | 0.85 | 0.61 | 0.62 |
| M_c | 3.1 | 3.1 | 3.3 |
| M_{max} | 7.4 | 6.5 | 6.3 |



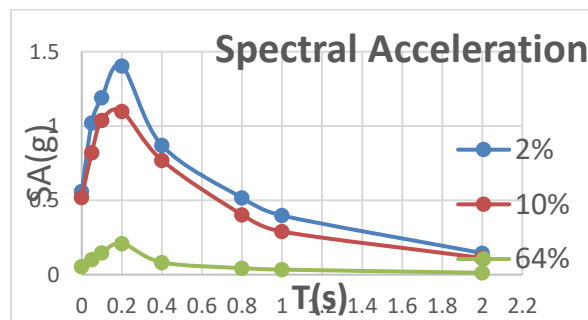
شکل ۲. نمودار گوتنبرگ-ریشتر و لرزه‌خیزی سه بعدی زمین‌لرزه‌های اصلی چشمه شماره یک

سومین بخش از پژوهش حاضر، مربوط به تحلیل خطر زمین‌لرزه‌های رخ داده در منطقه توسط نرم‌افزار Openquake می‌باشد. در این راستا پارامترهای هندسه گسل (امتداد، شیب و زاویه ریک) و همچنین عمق زون لرزه‌زای مرتبط با هر چشمه محاسبه و به همراه مقادیر بدست آمده از قسمت قبل، به عنوان اصلی ترین پارامترهای ورودی به نرم‌افزار مذکور داده می‌شوند تا محاسبات مربوط به دوره بازگشت‌های ۵۰، ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال برای سازه‌هایی با دوره تناوب ۰/۲، ۰/۸، ۱ و ۲ ثانیه که غالب سازه‌های ساخته شده در منطقه مورد بررسی دارای این دوره تناوب‌ها می‌باشند (ساختمان‌های دو، هشت، ده و بیست طبقه)، انجام گیرد. در نهایت نتایج حاصله در قالب شکل‌های زیر برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال قرار داده شده است.



شکل ۳. پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای برای دوره تناوب‌های ۰/۲، ۰/۸، ۱، ۲ و ۰/۲ ثانیه در دوره بازگشت ۴۷۵ سال

در آخرین بخش از این مطالعه، پس از اتمام مراحل قسمت قبل، برای یک سایت فرضی که در اینجا تقریباً در مرکز گستره مورد مطالعه می‌باشد، و برای هر دوره بازگشت منحنی شتاب طیفی بر حسب دوره تناوب‌های مختلف محاسبه و رسم شده‌اند.



شکل ۴. نمودار شتاب طیفی بر حسب دوره تناوب‌های مختلف

۳ نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعه انجام شده، پس از محاسبه و رسم نقشه‌های تحلیل خطر (مانند آنچه در شکل ۳ ارائه شد) و مقایسه آن‌ها می‌توان دریافت که چشمه ناحیه‌ای شماره یک که شامل گسل‌های اصلی MFF, MZRF, HZF می‌باشد متحمل بیشترین سطح شتاب در دوره بازگشت‌های مختلف است و در میان تمامی این دوره بازگشت‌ها بیشترین شتاب برابر با $1/53g$ در دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال و برای سازه‌های با دوره تناوب $0/2$ ثانیه مشاهده می‌شود. همچنین از نمودار شتاب طیفی مطرح شده (شکل ۴) می‌توان دریافت که در محل سایت مورد نظر به ساختمان‌های یک طبقه تا سه طبقه شتاب بسیار بیشتری نسبت به سازه‌های چهار طبقه تا بیست طبقه وارد می‌شود. بنابراین خسارت به ساختمان‌های کم ارتفاع محسوس‌تر می‌باشد.

منابع

1. Dziejowski, A. M., T.-A. Chou and J. H. Woodhouse, Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity, *J. Geophys. Res.*, 86, 2825-2852, 1981. doi:10.1029/JB086iB04p02825
2. Earthquake catalogue retrieved from <http://irsc.ut.ac.ir/bulletin.php?lang=fa>
3. Ekström, G., M. Nettles, and A. M. Dziejowski, The global CMT project 2004-2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 200-201, 1-9, 2012. doi:10.1016/j.pepi.2012.04.002
4. Geology maps retrieved from <https://www.gsi.ir/fa/map>
5. Hessami, K., Jamali, F., & Tabassi, H. (2003). Major active faults of Iran (map), scale 1: 2, 5000, 000, Ministry of Science, Research and Technology, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology.
6. Mirzaei, N., Mengtan, G., & Yuntai, C. (1998). Seismic source regionalization for seismic zoning of Iran: major seismotectonic provinces. *Journal of earthquake prediction research*, 7, 465-495.
7. Mousavi-Bafrouei, S. H., Mirzaei, N., & Shabani, E. (2015). A declustered earthquake catalog for the Iranian Plateau. *Annals of Geophysics*, 57(6).
8. Pagani, M., Monelli, D., Weatherill, G., Danciu, L., Crowley, H., Silva, V., ... & Simionato, M. (2014). OpenQuake engine: An open hazard (and risk) software for the global earthquake model. *Seismological Research Letters*, 85(3), 692-702.
9. R J Willemann, D A Storchak (2001). Data Collection at the International Seismological Centre, *Seis. Res. Lett.*, 72,, 440-453, doi: <https://doi.org/10.1785/gssrl.72.4.440>