پیش بینی شدت برای زمین‌لرزه‌های ایران

نگاراقبالی قهیازی [۱]، الهام شعبانی [۲]
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، eghbali.n@ut.ac.ir
[۲] استادیار، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، eshabani@ut.ac.ir

چکیده

ایران بدلیل قرار داشتن در کمربند لرزه‌خیز آلپ- هیمالیا و زون همگرایی صفحات عربستان و اوراسیا و همچنین وجود گسل‌های فراوان، پهنه فشاری بسیار لرزه‌خیزی است. لذا تحلیل خطر لرزه‌خیزی همواره امری مهم برای این کشور است تا خسارات حاصل از این حادثه طبیعی را به حداقل برساند. بررسی رابطه میان شدت و بزرگا برای بررسی بزرگای زلزله‌های تاریخی که فاقد داده‌های دستگاهی هستند و جهت برآیند فوری میزان خرابی‌های حاصل از زمین‌لرزه‌های آتی یکی از روش‌های تحلیل خطر زمین‌لرزه است که از گذشته همواره مد نظر محققین بوده است. در این مطالعه با به‌روزرسانی کاتالوگ شدت- بزرگا برای زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای بالای ۵.۵M_W تا پایان سال۲۰۲۱ در ایران، رابطه جدیدی برای تبدیل بزرگا به شدت ارائه شده است. همچنین رابطه حاصل با چند رابطه ارائه شده توسط محققین برای ایران مورد مقایسه قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: شدت زمین‌لرزه، لرزه‌خیزی، رابطه پیش‌بینی بزرگا، ایران، رگرسیون خطی، تضعیف شدت.

Intensity prediction for earthquakes in Iran

Negar Eghbali ghahyazi[1] and Elham Shabani[2]
[1]*University of Tehran, Institute of Geophysics, M.Sc. Student, eghbali.n@ut.ac.ir*
[2]*University of Tehran, Institute of Geophysics, Assistant professor, eshabani@ut.ac.ir*

Abstract

Iran is a very seismic pressure zone due to its location in the Alpine-Himalayan seismic belt and the convergence zone of Arabian and Eurasian plates, as well as the presence of numerous faults. Therefore, seismic hazard analysis is always important for this country to minimize the damage caused by this natural disaster. Investigating a relationship between intensity and magnitude to investigate the magnitude of historical earthquakes and the immediate outcome of the damage caused by future earthquakes has been noticed in seismic risk analysis. In this study, by updating the intensity-magnitude catalog for earthquakes with magnitudes greater than 5.5 M_W by the end of 2021 in Iran, a new relationship for intensity-magnitude conversion is presented. The resulting relationship also compared with several relationships provided by researchers for Iran.

Keywords: Earthquake Intensity, Seismicity, Magnitude prediction relationship, Iran, Linear regression, Intensity attenuation.

۱ مقدمه

ایران بدلیل قرار داشتن در کمربند لرزه‌خیز آلپ- هیمالیا و زون همگرایی صفحات عربستان و اوراسیا کشوری بسیار لرزه‌خیز است. از این رو تحلیل خطر زمین‌لرزه بسیار حائز اهمیت است. یکی از روش‌های تحلیل خطر لرزه‌خیزی، بررسی بزرگا و شدت زلزله‌های آن منطقه در طول سالیان است که از گذشته همواره جهت بررسی بزرگای زمین‌لرزه‌های تاریخی که فاقد داده‌های دستگاهی هستند و همچنین تخمین سریع میزان خرابی‌های زلزله‌های بعدی در منطقه مورد توجه قرار گرفته است. شدت زمین‌لرزه، کمیتی غیر دستگاهی است که بر اساس آثار خرابی‌های بر جای مانده بر افراد، سازه‌ها و محیط در یک ساختگاه برآورد می‌شود و تحلیل میزان خرابی‌ها (میزان شدت) آسان‌تر صورت می‌گیرد. در هر منطقه بدلیل ویژگی‌های خاص لرزه‌خیزی منحصر بفرد، روابط تضعیف شدت متفاوتی حاکم است که می‌بایست برای همان محل تعیین شود. جهت پیش‌بینی شدت در ایران روابطی ارائه شده است که در ادامه به بررسی چند مورد پرداخته خواهد

شد. به عنوان مثال، بررسی نقشه‌های هم‌لرز ۱۰زمین‌لرزه رخداده در طول سال‌های ۱۹۵۷ تا ۱۹۷۷در بازه بزرگا $5.3M_w$ تا $7.5M_w$ در بازه شدت VI^+ تا IX^+ توسط چاندرا و همکاران (۱۹۷۹) رابطه (۱) را بدست آوردند. امبرسیز و ملویل (۱۹۸۲) با تحلیل ۸۲ خط هم‌لرز حاصل از زمین‌لرزه‌های سال‌های۲۶ قبل از میلاد تا ۱۹۰۰ میلادی رابطه (۲) را با در نظر گرفتن زمین‌لرزه‌هایی که شدت آنها در محدوده VI^+ تا XI بود، ارائه دادند. زارع (۲۰۱۶) با ایجاد رابطه بین شدت و قله شتاب زمین و با چشم‌پوشی از دیگر پارامترهای مهم مانند فاصله و عمق برای ۵۰ زمین‌لرزه در سال‌های ۱۹۷۵ الی ۲۰۱۴ با بزرگای $4.6M_w$ تا $7.8M_w$ رابطه (۳) و یغمایی سابق (۲۰۱۸) با استفاده از داده شدت ۱۱۳ زمین‌لرزه با بزرگای $4.1M_w$ تا $7.4M_w$ در سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۳ رابطه (۴) را مطرح کردند. رابطه شماره (۵)، با بررسی ۳۱ زمین‌لرزه در ایران با بزرگای $5.1M_w$ تا $7.4\ M_w$ در طول سالیان ۱۹۳۹ الی ۲۰۱۷ توسط احمدزاده و همکاران (۲۰۱۹) ارائه شده است. روابط ارائه شده توسط چاندرا و همکاران در سال۱۹۷۹ (رابطه شماره۱) و امبرسیز و ملویل در سال ۱۹۸۲(در رابطه شماره ۲)، به علت ناکافی بودن تعداد زلزله‌های بکار برده شده رابطه مناسبی از فاصله_ شدت را ارائه نمی‌دهند. روابط شماره (۳) (زارع، ۲۰۱۶) و شماره (۴) (یغمایی سابق، ۲۰۱۸) بدلیل بررسی زمین‌لرزه‌هایی با بزرگاهای زیر$5M_W$ عدم قطعیت زیادی دارند.

$$I = I_0 + 6.453 - 0.00121R - 4.960\log(R+20)$$ Chandra et al.(1979) (۱)

$$I = I_0 + 3.44 - 0.002R - 3.10\log(R)$$ Ambraseys and Melville(1982) (۲)

$$I_0 = 1.077M_w + 0.924$$ Zare (2016) (۳)

$$I = 1.124M_w - 0.244 - 3.62\log\sqrt{\frac{R^2+h^2}{h^2}} - 0.0028(\sqrt{R^2+h^2} - h)$$ Yaghmaei-Sabegh(2018) (۴)

$$I = -0.841 + 1.583M_w - 1.344\ln\sqrt{R_{epi}^2 + h^2} - 0.0027\sqrt{R_{epi}^2 + h^2}$$ Ahmadzadeh et al (2019) (۵)

در روابط فوق M_w بیانگر بزرگا، R و R_{epi} فاصله رومرکز و h عمق مرکز است.

اطلاعات کاتالوگ امینی و همکاران (۲۰۱۷) شامل داده‌های جمع‌آوری شده شدت زمینلرزه‌های ایران در مقیاس‌های European Macroseismic Scale (EMS) و Environmental Seismic Intensity (ESI) است به طوری که برای زمین‌لرزه‌هایی که شدتشان با هر دو مقیاس EMS و ESI ارزیابی شده باشد، مقدار شدت نهایی، بزرگ‌ترین مقدار بین این دو در نظر گرفته شده است. بطوریکه در مواردی که اطلاعاتی کافی از مقیاس EMS که بر اساس تخریب ساختمان‌ها عمل می‌کند، در دسترس نبوده است اما شرح کاملی از اثرات محیطی گزارش شده باشد از مقیاسESI استفاده نموده‌اند. این کاتالوگ بر اساس مقادیر شدت ۵۱۲ زمین‌لرزه که از سال ۶۵۸ تا سال ۲۰۱۳ در بازه بزرگیM_W ۴.۱ تا M_W ۷.۷ و بازه شدتی IV تا XI گردآوری شده است. اطلاعات مربوط به شدت مهلرزه‌ای غالباً بر اساس مطالعات آمبرسیز (۲۰۰۱) و بربریان (۲۰۰۱) و یا بر اساس گزارشات، بدست آمده است. مطابق با نظر یغمایی سابق (۲۰۱۸) انتخاب شدت رومرکز (I_0) به آسانی صورت نمی‌گیرد و اطلاعات اندکی از فاصله رومرکز برای زلزله‌های ایران در دسترس است. در مطالعه حاضر اطلاعات کاتالوگ موجود تا پایان سال ۲۰۲۱ برای زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای بالای Mw ۵.۵ با مراجعه به منابع موجود مانند گزارشات سازمان زمین‌شناسی ایران (GSI)، United States Geological Survey (USGS)، مرکز تحقیقات

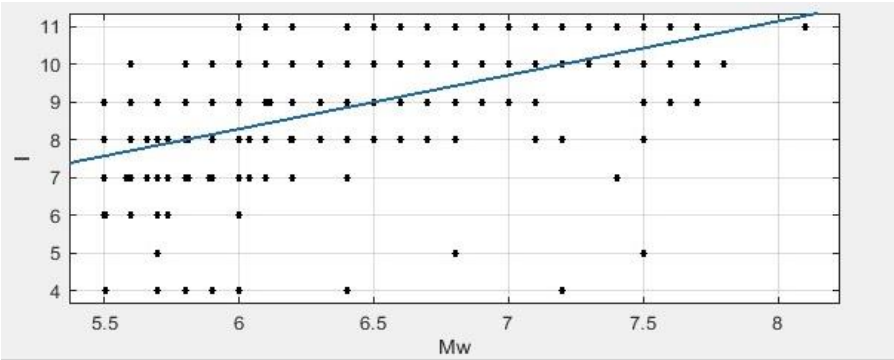
ساختمان و مسکن (BHRC) و وبسایت سپلا (سامانه پایش لرزه‌ای ایران) به‌روزرسانی شده است و رابطه پیش بینی شدت برحسب بزرگای ممان بدون در نظر گرفتن فاصله و عمق، ارائه شده است. رابطه حاصل با روابط ارائه شده برای گستره ایران مقایسه شده است.

۲ روش تحقیق

با مراجعه به منابع معتبر دردسترس مانند سایت سپلا (سامانه پایش لرزه‌ای ایران)، سازمان زمین شناسی ایران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و سایت USGS اطلاعات شدت زمین‌لرزه‌های ایران با بزرگای بالای $5.5M_w$ از ماه ۱۲ سال ۲۰۱۳ تا پایان سال ۲۰۲۱ جمع‌آوری گردید. بزرگ‌ترین زمین‌لرزه ثبت شده در کاتالوگ به‌روزرسانی شده مربوط به زمین‌لرزه ازگله استان کرمانشاه با بزرگای M_n ۷.۳ و با شدت VIII در سال ۲۰۱۷ است. بهترین رگرسیون رابطه بین بزرگا و شدت بصورت رابطه (۶) بر اساس برازش چند جمله‌ای با حداقل باقی‌مانده‌ها، با مقدار رگرسیون (R^2) معادل ۰/۹۹۲۷ بدست آمد:

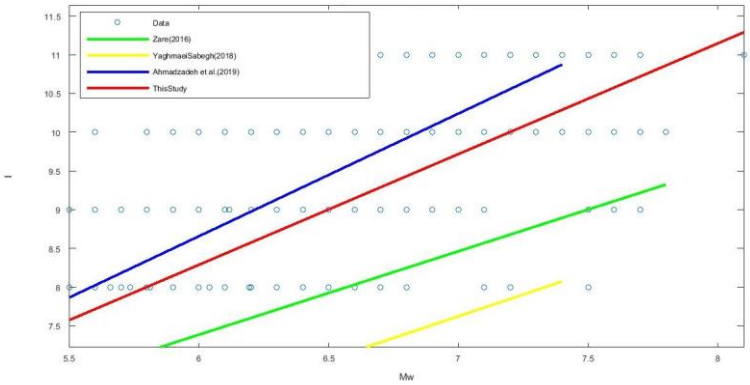
$$I = 1.429M_w - 0.2857 \quad (۶)$$

M_w بیانگر بزرگای ممان و I اشاره به شدت دارد. شکل ۱، مقادیر شدت ثبت شده بر حسب بزرگای ممان را نشان می‌دهد.



شکل ۱. برآورد رابطه خطی بین شدت ثبت شده بر حسب بزرگای ممان.

در مقایسه با دیگر روابط موجود برای ایران، ازجمله زارع (۲۰۱۶)، یغمایی سابق (۲۰۱۸)، احمدزاده و همکاران (۲۰۱۹) همانطور که در شکل ۲ آمده است، نشان می‌دهد که این رابطه با پوشش داده‌های کافی و در مدت زمان طولانی (از سال ۶۵۸ تا ۲۰۲۱) برای زمین‌لرزه‌هایی با بزرگای بالای $5.5M_w$، نسبت به رابطه یغمایی (۲۰۱۸) سریع‌تر و نسبت به رابطه احمدزاده و همکاران (۲۰۱۹) دیرتر تضعیف می‌شود. این رابطه در مقایسه با رابطه زارع (۲۰۱۶)، با اختلاف حدود یک واحدی زودتر تضعیف می‌شود. رابطه زارع (۲۰۱۶) در قیاس با بقیه روابط با شیب ملایم‌تری تضعیف می‌شود.



شکل ۲. مقایسه برخی از روابط شدت_بزرگا تعریف‌شده برای ایران براساس بازه بزرگای مربوط به هر رابطه: خط سبز بیانگر رابطه زارع (۲۰۱۶)، خط زرد رابطه یغمائی سابق (۲۰۱۸)، خط آبی رابطه احمدزاده و همکاران (۲۰۱۹) و خط قرمز رابطه مربوط به این مطالعه را در بازه بزرگای M_w ۵.۵ تا M_w۸.۱ نشان می‌دهد.

۳ جمع بندی و نتیجه‌گیری

جهت بررسی رابطه شدت_ بزرگا که روشی برای تحلیل خطر لرزه‌خیزی است، برای ارائه رابطه جدید پیش‌بینی شدت بر حسب مرکالی (M_w) برای ایران در ابتدا با تکمیل کاتالوگ امینی و همکاران (۲۰۱۷) و انتخاب بزرگاهای بیشتر از M_w۵.۵ کار صورت گرفت. ۴۵ زمین‌لرزه با بزرگای بالای M_w۵.۵ تا پایان سال ۲۰۲۱ که گزارش‌هایی از شدت آنها در منابع معتبر در دسترس بود، به کاتالوگ اضافه شد. در این کاتالوگ بازه بزرگا از M_w۵.۵ تا M_w۸.۱ و میزان شدت از IV تا IX آورده شده است. سپس بر اساس رفتار بین شدت و بزرگا، با کمک تحلیل بر اساس رگرسیون خطی بین شدت و بزرگا و بدون در نظر گرفتن فاصله و عمق، رابطه $I = 1.429M_w - 0.2857$ با مقدار رگرسیون ۰/۹۹۲۷ برای ایران بدست آمد. در تحلیل با دیگر روابط بدست‌آمده برای ایران مشخص شد که این رابطه جدید نسبت به رابطه زارع(۲۰۱۶) با اختلافی در حدود ۱ واحد و در مقایسه با رابطه یغمایی سابق(۲۰۱۸)، با اختلاف حدود ۲ واحدی، سریع‌تر و نسبت به رابطه احمدزاده و همکاران(۲۰۱۹) با اختلافی حدود ۰.۵ واحدی دیرتر تضعیف می‌شود.

منابع

Ahmadzadeh, S., Javan Doloei, Gh.,and Zafarani, H.,2019, New Intensity Prediction Equations for Iran: https://doi.org/10.1007/s10950-019-09882-7.

Amini, H., Zare, M., and Gasperini, P., 2017,Re-assessing the intensity values of Iranian earthquakes using EMS and ESI scales: Arab J Geosci 10:504, DOI 10.1007/s12517-017-3226-3.

Yaghmaei-Sabegh,S.,2018, Macroseismic intensity attenuation in Iran: DOI: https://doi.org/10.1007/s11803-018-0430-4.

Zare, M.,2016, Recent development of the earthquake strongmotion-intensitycatalog and intensity prediction equations for Iran: J Seismol, DOI 10.1007/s10950-016-9622-4.

Chandra U., McWhorter JG., Nowroozi AA. ,(1979), Attenuation of intensities in Iran: Bull Seismol Soc Am 69(1):237–250.

Ambraseys NN., Melville C., (1982), A history of Persian earthquakes: Cambridge University Press, Cambridge

https://www.USGS.gov

https://www.sapla.ir

https://www.iiees.ac.ir

https://www.bhrc.ac.ir

https://www.gsi.ir