

Determination of Essential Parameters for Earthquake Early Warning System in Zagros Seismotectonic Region

Mohammadreza Ghayamghamian
Professor, Risk Management Research Center
mrgh@iiees.ac.ir

Mohammad Sassani

In this study, the relationships required to design an earthquake early warning system algorithm in the Zagros seismotectonic region are investigated with the aim of reducing earthquake damage and losses. In this regard, the records of the Road, Housing and Urban Development Research Center recorded in the Zagros seismotectonic region have been used for earthquakes that occurred between 1948 and 2013. For this purpose, the average period (τ_c) and peak displacement (P_d) of the first few seconds of the P wave are used to estimate the magnitudes of earthquakes in the Zagros region. Although the strength of developed relationships is the use of Zagros seismic data, but after different periods and the occurrence of numerous earthquakes in this region, the database should be updated and be based on the new database to increase the accuracy of these relationships. In this data structure, specifications such as time of occurrence (year, month, day, hour, minute and second), epicenter coordinates, station name, station coordinates, moment magnitude and accelerometer in three main directions with corresponding azimuth are given and located in different fields of data. Thus, each record in the database contains all the required specifications. Also, by using MATLAB, it is possible to write the calculation steps as a function, which can be called in other codes. The data of this study consist of 879 recorded in 87 accelerometer stations belonging to the Road, Housing and Urban Development Research Center, which include earthquakes with magnitude 4.8 to 6.5 in the period 1994 to 2013. All analyses have been performed on these data and various parameters such as the average period (τ_c) and peak displacement (P_d) of the first few seconds of the P wave have been calculated for these records, which has ultimately led to the development of magnitude relationships. The epicentral distance distribution and magnitude of these earthquakes are shown in the figure below.

In the present study, the reduction of the estimated time of the parameters without loss of accuracy has also been achieved, and only one second after receiving P wave the earthquake magnitude could be determined with high precision. By comparing the proposed relationships, which are extracted based on the frequency content as well as the

تعیین پارامترهای مورد نیاز به منظور ایجاد سامانه هشدار به هنگام زلزله در ناحیه لرزه زمین ساختی زاگرس

محمد رضا قائم مقامیان
استاد پژوهشکده مدیریت خطرپذیری و بحران
mrgh@iiees.ac.ir

محمد ساسانی

در این مطالعه، روابط مورد نیاز جهت طراحی الگوریتم سامانه هشدار به هنگام زلزله در ناحیه لرزه زمین ساختی زاگرس با هدف کاهش خسارات و تلفات ناشی از زلزله، مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، از شتابنگاشت‌های مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ثبت شده در ناحیه لرزه زمین ساختی زاگرس برای زلزله‌های رخ داده در بازه زمانی ۱۹۴۸ تا ۲۰۱۳ استفاده شده است. بدین منظور از پارامترهای پریود میانگین (τ_c)، بیشینه جابه‌جایی (P_d) برای ثانیه‌های ابتدایی موج P استفاده گردید و روابط تخمین بزرگا برای ناحیه زاگرس بومی سازی و توسعه داده شد. اگرچه نقطه قوت روابط استخراجی، استفاده از داده‌های لرزه‌ای زاگرس بوده، لیکن پس از دوره‌های مختلف و وقوع زلزله‌های متعدد در این منطقه، به منظور افزایش دقت روابط مذکور می‌بایست پایگاه داده به روز شده و این روابط بر مبنای بانک داده‌های جدید استخراج شود. لازم به ذکر است بانک اطلاعاتی مربوطه توسط آقای دکتر انصاری در پژوهشگاه زلزله تهیه گردیده و در اختیار نگارندگان این تحقیق قرار گرفته است که بدون وجود این بانک اطلاعاتی و ساختاری که این بانک بر مبنای آن بنیان نهاده شده، انجام این مطالعه میسر نبوده و مستلزم صرف زمان زیادی برای تهیه بانک مذکور بوده است. در این ساختار مشخصاتی همچون زمان وقوع (سال، ماه، روز، ساعت، دقیقه و ثانیه)، مختصات رومرکز زلزله، نام ایستگاه، مختصات ایستگاه، بزرگای گشتاوری و شتابنگاشت در سه جهت اصلی به همراه آزمون مربوطه در فیلدهای مختلف برای تمام نگاشت‌های مورد مطالعه ساخته شده و در قالب یک ساختار به نگاشت مربوطه منتسب گردید. بدین ترتیب، هر نگاشت در بانک داده‌ها، یک ساختار بوده که با وارد شدن به آن تمامی مشخصات مورد نیاز قابل مشاهده می‌باشد. ضمناً با برنامه‌نویسی در متلب امکان نوشتن مراحل محاسبات به صورت تابع وجود دارد که این توابع در متن سایر کدها قابلیت فراخوانی دارند. داده‌های این مطالعه متشکل از ۸۷۹ نگاشت ثبت شده در ۸۷ ایستگاه شتاب‌نگار متعلق به مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی بوده که شامل زلزله‌های با بزرگای گشتاوری مابین ۴/۸ تا ۶/۵ در بازه زمانی ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۳ می‌باشد. تمامی تحلیل‌های این بخش بر روی این داده‌ها انجام یافته و پارامترهای مختلفی همچون پریود میانگین و بیشینه جابه‌جایی موج P برای این نگاشت‌ها محاسبه شده که در نهایت به استخراج روابط تعیین بزرگا و سایر پارامترهای زلزله منجر شده است. توزیع فاصله رومرکزی و بزرگای این زلزله‌ها به همراه نمودار میلی‌های فراوانی این توزیع در شکل زیر نشان داده شده است.

در مطالعه حاضر، کاهش زمان تخمین پارامترها با توجه به دقت تخمین مورد بررسی قرار گرفت و روابطی ارائه شد که قادر است پس از گذشت یک ثانیه از دریافت موج P، نسبت به برآورد بزرگای زلزله با دقت مناسب و اعلام هشدار اقدام نماید. علیرغم اینکه تخمین زمان انجام محاسبات در محدوده اهداف این مطالعه نمی‌باشد لیکن به منظور کاهش این زمان می‌توان به جای ارسال داده‌های شتاب‌نگار به مرکز پردازش، داده‌های مربوط

amplitude of P-wave displacement and also performing statistical tests, finally the relationship of magnitude determination based on P-wave displacement is selected as the final relationship for use in the earthquake early warning system in Zagros region as:

$$M_W = 3.493 + .5158 \log(P_d) + 1.659 \log(R) \pm 0.2687$$

$R = 0.78$ Time – Window = 1sec

In order to validate, a number of earthquakes occurred in the study area that were not used in the analyses are employed to validate the results. The estimated magnitude by above equation reveals a good agreement with the observed ones. Also, these relations were compared with the relations suggested by other researchers. These results emphasize and validate the use of earthquake early warning relationships of each country for that seismic region, as was done for South Alborz region of Iran.

Keywords: Earthquake early warning system, Zagros seismotectonic region, Magnitude estimation, Average period (τ_c), Peak displacement (P_d)

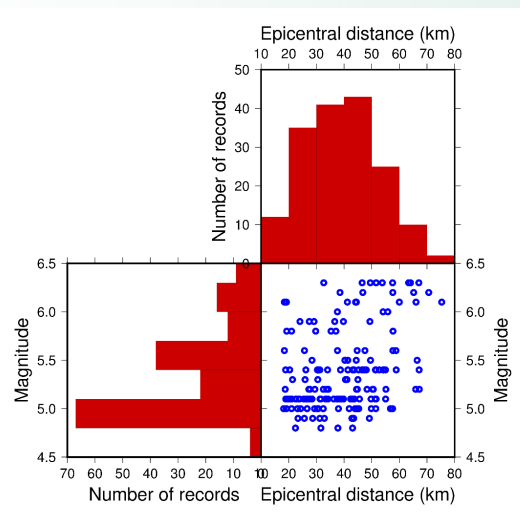
به یک ثانیه ابتدایی به مرکز پردازش ارسال گردد و با ایستگاه‌ها به نحوی تجهیز گردند که پارامترهای مورد نیاز در ایستگاه استخراج شده و فقط این پارامترها به واحد پردازش ارسال شوند که با این کار زمان تخمین پارامترها در حد یک تا دو ثانیه خواهد بود. با مقایسه روابط پیشنهادی، که بر مبنای محتوای فرکانسی و همچنین دامنه جابه‌جایی موج P استخراج شده‌اند و همچنین انجام آزمون‌های آماری، در نهایت رابطه تعیین بزرگای بر مبنای جابه‌جایی موج P به (رابطه زیر) عنوان رابطه نهایی جهت استفاده در سامانه هشدار به هنگام زلزله ایالت لرزه‌زمین‌ساختی زاگرس انتخاب گردید.

$$M_W = 3.493 + .5158 \log(P_d) + 1.659 \log(R) \pm 0.2687$$

$R = 0.78$ Time – Window = 1sec

به منظور صحت‌سنجی روابط، از تعدادی زلزله‌های رخ داده در منطقه مورد مطالعه که در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار نگرفته، استفاده شد. نتایج حاصل، تطابق خوبی را بین بزرگای مشاهده شده و برآورد شده نشان داد که دلیلی بر صحت و دقت روابط ارائه شده است. همچنین این روابط، با روابط ارائه شده برای دیگر کشورها مقایسه و ضمن نمایش تطابق مناسب در روند، اختلافاتی نیز مشاهده شد که موارد اشتراک و افتراق مورد بحث و تشریح قرار گرفت. این نتایج، استفاده از روابط بزرگای را در سامانه‌های هشدار به هنگام زلزله بر مبنای داده‌های هر کشور و حتی منطقه و بر اساس مشخصات لرزه‌خیزی آن منطقه مورد تأکید و تأیید قرار داد. همچنین نشان داد که استفاده از روابط یکسان برای یک کشور در نواحی لرزه‌زمین‌ساخت مختلف بدون بررسی‌های لازم ممکن است به نتایج گمراه‌کننده‌ای منجر گردد.

واژه‌های کلیدی: هشدار به هنگام زلزله، ناحیه لرزه‌زمین‌ساختی زاگرس، تخمین بزرگای زلزله، پیروید میانگین، بیشینه جابه‌جایی



The epicentral distance distribution and magnitude of earthquakes in Zagros region