تعیین رابطه بزرگی برای زمین‌لرزه‌های محلی ثبت شده در ایستگاه‌های منتخب لرزه‌نگاری باند پهن پژوهشگاه

غلام جوان دلوئی

دانشیار پژوهشکده زلزله‌شناسی javandoloei@iiees.ac.ir

انوشیروان انصاری، بهزاد گلیکانلوی

رابطه مقیاس بزرگی محلی که توسط ریشتر معرفی شد، تنها برای جنوب کالیفرنیا قابل کاربرد است. این رابطه برای سایر نقاط با خطا همراه است. زیرا از یک طرف استفاده از دستگاه‌های وود-اندرسون توسط ریشتر به دلیل تضعیف سریع‌تر دامنه‌ها در این دستگاه‌ها تابع تصحیح قابل اعتمادی ارائه نمی‌دهد و از طرف دیگر متأثر از ویژگی‌های زمین‌شناسی (ضخامت، سن و جنس لایه‌های زمین، میزان چین‌خوردگی، جریانات گرمایی و...) همان منطقه است. بنابراین به دلیل اینکه تابع کالیبراسیون (تصحیح مسیر) آن که تأثیرات فاصله طی شده بر روی دامنه موج را جبران می‌کند، صرفاً برای جنوب کالیفرنیا تهیه شده است با مناطق مختلف، اندکی متفاوت است، ممکن است تا ۱ واحد در محاسبه میزان بزرگی رخدادهای زمین‌لرزه تفاوت ایجاد نماید. به همین خاطر، پس از ریشتر در بسیاری از مناطق جهان، محققین روابط کالیبراسیون مخصوص آن مناطق را بدست آورده‌اند تا بزرگی محاسبه شده، به اندازه واقعی آن نزدیکتر باشد.

در ایران نیز تلاش‌هایی به صورت جزئی و محدود به مناطق کوچک جغرافیایی مانند بخشی از البرز یا آذربایجان صورت گرفته است. اما تاکنون رابطه کلی که شامل فلات ایران شود، معرفی نشده است. برای مثال، ناتلی (۱۹۸۰) دو رابطه بزرگی متفاوت را بر اساس تضعیف دامنه و دوره تناوب فازهای پوسته‌ای برای زمین‌لرزه‌های ایران ارائه کرده بود. رضاپور (۲۰۰۵) کالیبراسیون ضرایب زمین‌لرزه‌های بزرگ در ایران را برای دامنه‌های مختلف عمق تا ۵۰۰ کیلومتر مطالعه کرده است. البته ویژگی گستره عمق زمین‌لرزه‌ها در فلات ایران شناخته شده است که اغلب زمین‌لرزه‌ها در عمق کمتراز ۵۰ کیلومتر رخ می‌دهند، بنابراین ممکن است به دلیل خطای زیاد در عمق رویدادهای مطالعه شده توسط ایشان، نتایج آن از قابلیت اعتماد بالائی برخوردار نباشد. اخیراً حیدری و همکاران (۲۰۱۳) رابطه M_L را برای زمین‌لرزه‌های منطقه تهران بزرگ از طریق بررسی مؤلفه عمودی لرزه‌نگاری‌ها محاسبه نموده‌اند که به شرح زیر است:

$$M = 7.34 \log_{10} (\tau_p^{max}) + 6.36 \pm 1.0$$

که از دوره تناوب غالب (τ_p^{max}) و دوره تناوب متوسط (τ_c) استفاده شده است. همان‌طور که در مطالعه آنها اشاره شده است، این رابطه فقط برای مؤلفه‌های عمودی لرزه‌نگاری‌های ثبت شده در منطقه تهران برای سامانه‌های هشدار زودهنگام (EWS) کاربرد دارد.

در پژوهش حاضر، دامنه، پریود، فاصله رومرکزی و بزرگی متوسط مربوط به حدود ۳ هزار رخداد درگستره ۳٫۵ تا ۶ ریشتر که دارای حدود ۶۸۰۰ لرزه نگاشت باند پهن بوده‌اند، مورد آنالیز قرار گرفته است، تا نزدیکترین مقدار

Determining the Magnitude Relationship for Local Earthquakes Recorded in Seismic IIEES Broadband Stations

Gholam Javan-Doloei

Associate Professor, Seismology Research Center

javandoloei@iiees.ac.ir

Anooshirvan Ansari, Behzad Gelikanloy

The Local Magnitude (M_L) formula introduced by Gutenberg and Richter is applicable only to Southern California area, however, for the other regions it will show considerable errors. Because of the fast attenuation of the amplitude of waveform on the first seismograph (i.e. the Wood-Anderson) in comparison to present seismographs and different geological conditions (Thicknesses of surface layers, age and lithology of the earth's crust, heat flow and so on) around a seismic station makes the magnitude formula individual for different regions. Therefore, the calibration function used in Richter's formula that compensates the effect of distance is unique only to Southern California region and for other regions may be slightly different. It may lead to one unit difference in the calculation of the earthquake magnitude in some regions.

After Gutenberg and Richter, researchers presented some new calibration functions in many parts of the world in order to obtain a more accurate amount of magnitude. In Iran, studies limited to small geographic areas, such as Alborz or Azerbaijan has been done as well. For example, Nuttli (1980) had presented two different magnitude relations based on the attenuation of seismic crustal phases of regional earthquakes in Iran. Rezapour (2005) studied the calibration of coefficients for large earthquakes in Iran for different depth ranges down to 500Km. It is well known that, there is no earthquake with a depth larger than 50 km within Iran plateau, so his results may be biased due to the large error in depth of events. More recently, Heidari et al (2013) have presented M_L relation for Tehran region for vertical component of seismograms as follows:

$M = 7.34 \log10 (\tau_p^{max}) + 6.36 \pm 1.0$, based on predominant period (τ_p^{max}) and the averaged period (τ_c). As they mentioned, this relation is only applicable to vertical components of seismograms that are recorded in Tehran region for Early Warning Systems (EWS) purposes.

Therefore, there is no overall formula, including Iran's entire plateau, to be used and/or introduced. In present study, we analyzed the amplitude (A), period (T), epicentral distance (Δ), and average magnitude of about three thousand

events with magnitude range 3.5 to 6 which has about 6,800 broadband seismograms in order to obtain the nearest slope of wave attenuation in the crust of Iran plateau. The linear regression of the average magnitude difference with the logarithm of the wave amplitude in terms of the logarithm of the distance for the whole dataset, is presented in Figure (1).

Finally, the individual M_L relation was derived within five distinct seismotectonic regions as "Zagros," "Alborz and Kopet Dagh", "Central Iran", "Azerbaijan" and "Makran". Thus, for each of these five areas, the amount of attenuation of local magnitude formula is estimated as shown in Table (1).

A general distance correction relation by analyzing all of data except Makran data set is also introduced. The magnitude formula after replacing the new general distance correction of Iran was presented as follows:

$$M_L = log\left(\frac{A}{T}\right) + 2.1528Log(\Delta) - 4.225$$

In the above formula Δ is between 50 and 600 km. Finally, stations correction for Iran's broadband stations was estimated. Also, the maximum amount of station correction to Chabahar (= 0.3397), and minimum deviation for Kavosh town station as 0.1073 was presented, respectively.

Keywords: Local magnitude scale, Distance correction function, Calibration, Attenuation, Station

شیب تضعیف تدریجی دامنه موج‌های پیکری نسبت به فاصله رومرکزی به مقدار واقعی آن در پوسته ایران بدست آید. براین اساس، تفاضل بزرگای متوسط با لگاریتم دامنه برحسب لگاریتم فاصله‌ی رومرکزکل داده ایران مورد پردازش قرارگرفته است که نتیجه برازش خطی آن در شکل (۱) نشان داده شده است.

علاوه بر آن، فرم رابطه بزرگی برای ۵ ناحیه لرزه‌زمین‌ساخت مختلف تحت عنـــوان "ناحیه زاگـرس"، "البرز و کپه‌داغ"، "ایران مرکـزی"، "آذربایجان" و"مکران" مطابق جدول (۱) محاسبه و ارائه شده است.

همچنین یک رابطه تصحیح مسیر کلی با آنالیز داده‌های مربوط به زلزله‌های همه مناطق ایران به استثنای مکران نیز ارائه شد. رابطه بزرگی محلی پس از تصحیح مسیر کلی با آنالیز داده‌های مذکور به صورت زیر برای فلات ایران محاسبه شده است. در رابطه‌های ارائه شده فاصله رومرکز کمتراز ۶۰۰ کیلومتر منظور شده است.

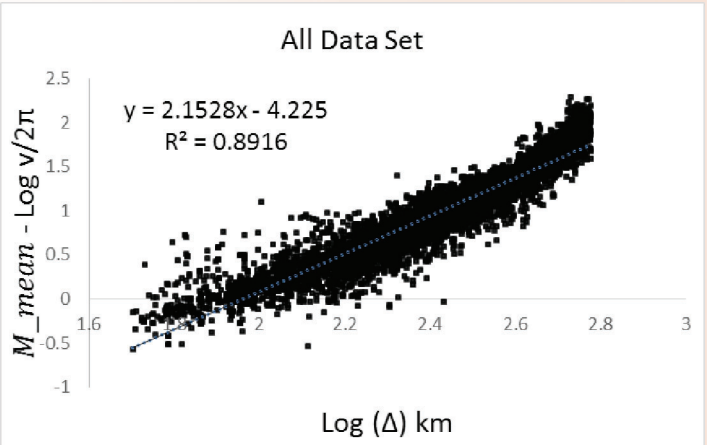
$$M_L = log\left(\frac{A}{T}\right) + 2.1528Log(\Delta) - 4.225$$

و در انتها، تصحیحات ایستگاهی نیز برای ایستگاه‌های باند پهن ایران برآورد شد که از میان آنها بیشینه مقدار تصحیح ایستگاهی برای ایستگاه چابهار (۰,۳۳۹۷)، و مقدار کمینه انحراف برای ایستگاه شهرک کاوش به اندازه ۰,۱۰۷۳ به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: مقیاس بزرگی محلی، تابع تصحیح مسیر، کالیـبراسیون، کاهندگی، تصحیح ایستگاهی

جدول(۱): رابطه‌های بزرگی محلی محاسبه شده در پژوهش حاضر برای فاصله رومرکزی کمتر از ۶۰۰ کیلومتر

ناحیه زاگرس	$M_L = log\left(\frac{A}{T}\right) + 2.1644\ Log(\Delta) - 4.1817$
ناحیه البرز و کپه داغ	$M_L = log\left(\frac{A}{T}\right) + 2.1326Log(\Delta) - 4.0912$
ایران مرکزی	$M_L = log\left(\frac{A}{T}\right) + 2.1695\ Log(\Delta) - 4.2745$
آذربایجان	$M_L = log\left(\frac{A}{T}\right) + 2.1317\ Log(\Delta) - 4.1855$
مکران	$M_L = log\left(\frac{A}{T}\right) + 1.9375\ Log(\Delta) - 3.7396$



شکل (۱): رگرسیون خطی تفاضل بزرگای متوسط و لگاریتم دامنه برحسب لگاریتم فاصله‌ی رومرکز برای کل داده ایران