مجموعه مقالات
بیستمین همایش انجمن زمین شناسی ایران
۱۸-۱۶ شهریور ۱۳۹۵، دانشگاه تهران

تخمین سریع فاصله رومرکز زمین لرزه به روش B-Delta در استان تهران

امید عسگروند*، احمد سدیدخوی[۱]، عطیه اسحاقی[۲]

*دانشجوی کارشناسی ارشد زلزله شناسی، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، Omid.asgarvand@ut.ac.ir
[۱]استادیار گروه فیزیک زمین، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، Asadid@ut.ac.ir
محقق در شبکه شتابنگاری مرکز تحقیقات، راه، مسکن و شهرسازی، Attieh.eshaghi@gmail.com

چکیده

امروزه باوجود افزایش جمعیت در شهرها و بلاخص کلانشهرها، بشر بجای مقابله با این پدیده به زندگی در کنار این پدیده می‌اندیشد و سعی او در به حداقل رساندن تلفات مالی و جانی این پدیده است. در چند دهه‌ی گذشته با افزایش جمعیت و توسعه شهرهای صنعتی در مناطق لرزه‌خیز در اثر زمین‌لرزه، خسارت‌های مالی و جانی بسیاری به جهان تحمیل‌شده است. اگرچه هنوز پیش‌بینی پدیده‌ی زمین‌لرزه امکان‌پذیر نیست، اما امروزه تکنولوژی و دستاوردهای علمی، تشخیص و هشدار سریع زمین‌لرزه را در هنگام وقوع آن میسر کرده است. ازاین‌رو سامانه هشدار سریع زمین‌لرزه برای کمک به کاهش تلفات جانی و مالی رویداد زمین‌لرزه اهمیت ویژه‌ای یافته است. برای تخمین سریع و هرچه دقیق‌تر ویژگی‌های رخداد زمین‌لرزه به هنگام وقوع آن روش‌های مختلفی وجود دارد، روش‌هایی از قبیل محاسبه بزرگی به‌وسیله‌ی میانگین پریود اولیه موج فشارشی (P-wave) در پنجره زمانی ۳ ثانیه (ناکامورا[۲۱] ۱۹۸۸،آلن[۲۲] وکاناموری[۲۳] ۲۰۰۳،وو[۲۴] و کاناموری ۲۰۰۵) و یا اندازه‌گیری بزرگی به‌وسیله‌ی بزرگ‌ترین دامنه موج فشارشی (زولو[۲۵] ۲۰۰۶، بوس[۲۶] ۲۰۰۷) و روش B-Delta برای تخمین بزرگی و فاصله کانونی رومرکز(Δ). در این پژوهش با استفاده از اطلاعات رخدادهای زمین‌لرزه به‌دست‌آمده از شبکه شتابنگاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی کشور با استفاده از روش B-Delta تلاش می‌کنیم تا پارامترهای فاصله کانونی رومرکز زمین‌لرزه را محاسبه کنیم و رابطه‌ای در جهت تخمین سریع فاصله رومرکز زمین‌لرزه به دست آوریم.

واژه‌های کلیدی: سیستم هشدار سریع، B-Delta، زمین‌لرزه، فاصله رومرکز.

مقدمه

واژه "هشدار سریع" با تعبیرهای مختلفی در جوامع مختلف علمی، اقتصادی، صنعتی و جامعه‌شناسی به کار می‌رود. اما در فضای علمی با اندکی تفاوت نسبت به سایر جوامع "هشدار سریع" به معنی تمام فرایندهای رخداده برای تشخیص و اطلاع‌رسانی یک پدیده در فاصله زمانی اولین لحظات رخداد یک پدیده تا وقوع کامل آن است. عمدتاً این فاصله زمانی می‌تواند از چند ثانیه تا چند ده ثانیه برای زمین‌لرزه و از چند دقیقه تا چند ساعت برای تسونامی و از چند ساعت تا چند روز برای سیل و انفجارهای آتشفشانی باشد.

در یک بیان کلی می‌توان گفت که هدف از "هشدار سریع" می‌تواند شناسایی و به دست آوردن اطلاعات یک رخداد به هنگام وقوع آن و اعلام هشدار و قرار دادن این اطلاعات در اختیار سازمان‌ها و اشخاص باشد، تا آن‌ها در جهت مقابله با بلایا و مخاطرات آن پدیده، واکنش‌های لازم را انجام دهند (گاسپارینی[۲۷]، ۲۰۰۷).

زمانی که زمین‌لرزه بزرگی روی می‌دهد، سامانه هشدار سریع زمین‌لرزه می‌تواند به مردم، سازمان‌ها و مراکز حساسی از قبیل راکتور هسته‌ای، سیستم‌های انتقال نیرو و انرژی و سیستم های حمل‌ونقل عمومی هشدار دهد و خسارت‌های جانی و

[21] Nakamura
[22] Allen
[23] Kanamori
[24] Wu
[25] Zolo
[26] Boose
[27] Gasparini

مالی را به حداقل برساند. بیش از یک قرن پیش برای اولین بار این سامانه توسط کوپر[28](۱۸۶۸) برای شهر سانفرانسیسکو در ایالت کالیفرنیا در کشور ایالات‌متحده آمریکا پیشنهاد داده شد (آلن، ۲۰۰۹).

حال در پی پیشرفت سامانه هشدار سریع زلزله می‌توان روش‌های گوناگونی را موردبررسی قرارداد. روش‌هایی که با استفاده از اطلاعات اولیه لازم، در جهت تخمین سریع و هرچه دقیق‌تر پارامترهای زمین‌لرزه از قبیل بزرگی و یا شدت و یا موقعیت و... برای سامانه هشدار سریع زلزله به کار می‌آیند که تخمین سریع هرکدام از پارامترهای زمین‌لرزه می‌تواند در کم کردن خسارات ناشی از آن نقش بسزایی داشته باشند (آلن، ۲۰۰۳).

سامانه هشدار سریع زلزله، مجموعه‌ای از ایستگاه‌های لرزه‌نگاری یا شتاب‌نگاری، دستگاه‌های ارتباطاتی و مخابراتی و سیستم‌های تجزیه‌وتحلیل سریع داده‌ها را شامل می‌شود که با بهره‌گیری از این مجموعه‌ها، اطلاعات و پارامترهای مربوط به زمین‌لرزه را سریع‌تر از رسیدن امواج مخرب زمین‌لرزه گزارش می‌دهد (آلن،۲۰۰۹).

در کل سیستم هشدار سریع زمین‌لرزه اساس فیزیکی ساده‌ای دارد، در هنگام وقوع رخداد زمین‌لرزه از کانون زمین‌لرزه امواج مختلفی از قبیل امواج فشارشی (P-wave)، امواج برشی (S-wave) و امواج سطحی ساطع می‌شوند. امواج فشارشی نسبت به امواج برشی و امواج سطحی سرعت بیشتری داشته (تقریباً دو برابر) و همچنین نسبت به امواج برشی و امواج سطحی از قدرت تخریب کمتری برخوردارند. در این سیستم می‌توان با بررسی اولین اطلاعات دریافتی از امواج فشارشی در اولین ثانیه‌های رسیدن این امواج پارامترهای زمین‌لرزه در حال وقوع را هرچه دقیق‌تر تخمین زده و با استفاده از امواج الکترومغناطیسی (که سرعت آن‌ها خیلی بیشتر از امواج فشارشی است) پارامترهای تخمین زده را گزارش داد (گاسپاریني،۲۰۰۷).

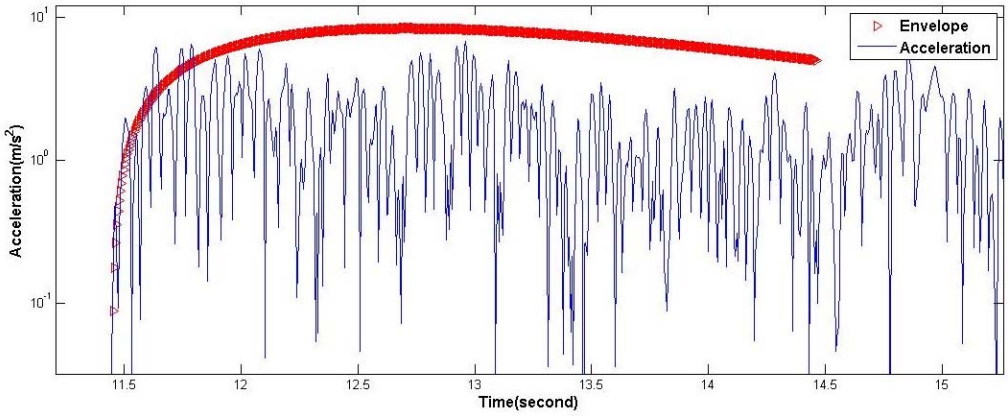
روش B-Delta

در این پژوهش با استفاده از اطلاعات رخدادهای زمین‌لرزه‌های استان تهران با بزرگی حداقل ۴ در مقیاس محلی، در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ به‌دست‌آمده از شبکه شتاب‌نگاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی کشور با استفاده از روش B-Delta (اوداکا[29]، ۲۰۰۳،۲۰۰۵) تلاش می‌کنیم تا پارامترهای فاصله کانونی رومرکز زمین‌لرزه را محاسبه می‌کنیم و رابطه‌ای در جهت تخمین سریع فاصله رومرکز زمین‌لرزه به دست آوریم.

این روش بر اساس به دست آوردن تابع‌نمایی پوش داده‌های شتاب‌نگاری و به دست آوردن هرچه دقیق‌تر شیب اولیه این تابع پوش (B) که در چند ثانیه ابتدایی نگاشت قرار می‌گیرد طرح‌شده است. در ابتدا تمامی مقادیر منفی رکورد شتاب‌نگاری را به مقادیر مثبت تبدیل کرده و پس‌ازآن تابع‌نمایی پوش $y = Bt.\exp(-At)$ را مانند شکل ۱ در پنجره زمانی ۳ ثانیه به روش کمترین مربعات برازش می کنیم.

به همین طریق برای تمامی رکوردهای موجود شیب اولیه‌ی تابع پوش (B) را محاسبه کرده و می‌توان با رسم کردن نمودار لگاریتمی بر اساس دو پارامتر شیب اولیه تابع پوش B و فاصله کانونی رومرکز (Δ) برای زمین‌لرزه‌های مختلف بافاصله کانونی‌های مختلف و سپس با برازش کردن خطی، یک رابطه خطی بین شیب اولیه تابع پوش و فاصله کانونی رومرکز به دست آورد و از این رابطه برای به دست آوردن فاصله رومرکز زمین‌لرزه در سیستم هشدار سریع زمین‌لرزه استفاده کرد (اوداکا، ۲۰۰۳).

[28] Cooper
[29] Odaka

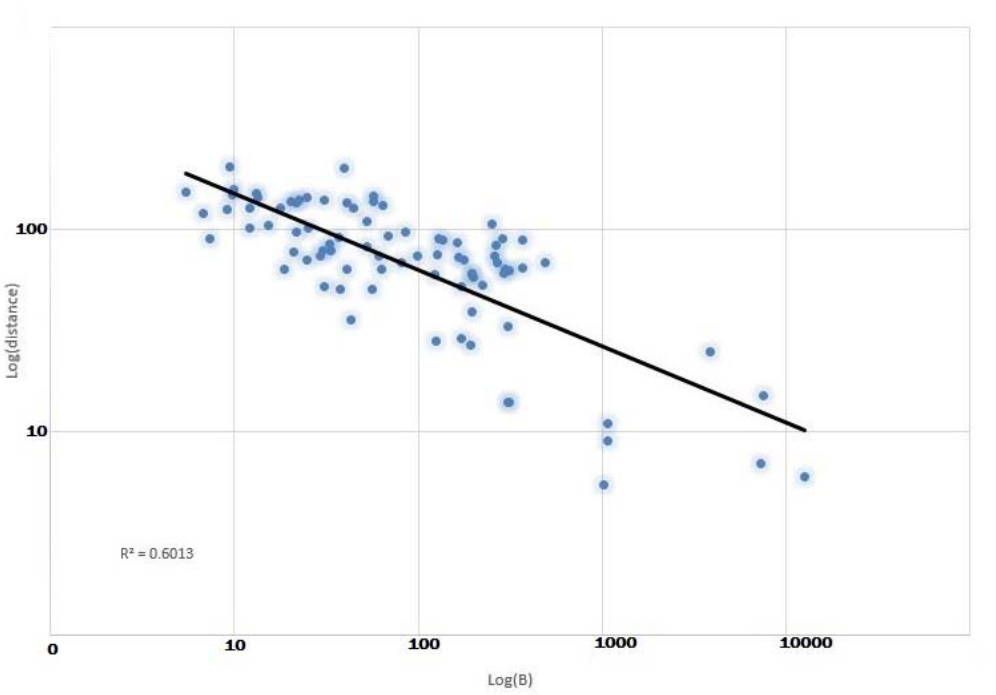


شکل ۱۰. نمایش لگاریتمی شکل شتاب‌نگاشت زمین‌لرزه ۲۵ آگوست در ایستگاه فیروزکوه و تابع پوش به‌دست‌آمده از آن در پنجره زمانی ۳ ثانیه

تخمین سریع فاصله رومرکز زمین‌لرزه

پس از رسم لگاریتمی مقدار پارامتر B برای زمین‌لرزه‌های استان تهران با بزرگی حداقل ۴ در مقیاس محلی، در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ به‌دست‌آمده از شبکه شتاب‌نگاری مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی کشور نسبت به لگاریتم فاصله رومرکز آن‌ها، همان‌طور که در شکل شماره ۲ دیده می‌شود. می‌توان به رابطه‌ای خطی زیر برای تخمین سریع فاصله رومرکز زمین‌لرزه دست‌یافت. که مقدار خطای R^2 (root square) برای محاسبه‌ی این معادله ۰,۶ می‌باشد.

$$Log(distance) = (-0.3772)Log(B) + 2.5543$$



شکل ۲. نمودار لگاریتمی نسبت B به فاصله رومرکز زمین‌لرزه

همان‌طور که در نمودار بالا دیده می‌شود هرچه فاصله رومرکز زمین‌لرزه افزایش می‌یابد مقدار B کاهش می‌یابد و هرچه فاصله رومرکز زمین‌لرزه کم باشد مقدار B به‌دست‌آمده نیز افزایش می‌یابد. درواقع مقدار B نسبت به فاصله رومرکز زمین‌لرزه نسبت عکس دارد.

نتیجه‌گیری

امروزه سیستم هشدار سریع زمین‌لرزه در کشورهای مختلف دنیا مورداستفاده قرار می‌گیرد و فوائد آن در کاستن تلفات جانی و مالی بر کسی پوشیده نیست. روش ارائه در این پژوهش در موسسه تحقیقات ریلی ژاپن مورداستفاده قرار می‌گیرد. با این روش می‌توان در فاصله زمانی کمتر از ۳ ثانیه فاصله رومرکز زمین‌لرزه را محاسبه کرد. این روش نسبت به سایر روش‌های موجود برای تخمین فاصله رومرکز زمین‌لرزه، ازنظر سادگی و سرعت عمل الگوریتم محاسباتی، کارآمدتر است.

Reference:

Odaka, T., Ashiya, K., Tsukada, S. Y., Sato, S., Ohtake, K., & Nozaka, D. (2003). A new method of quickly estimating epicentral distance and magnitude from a single seismic record. Bulletin of the Seismological Society of America, 93(1), 526-532.
Odaka, T., Nakamura, H., & Ashiya, K. (2005). Difference in the initial slopes of the P-wave envelope waveforms of the main shock M7. 4 and foreshock M7. 1 of the 2004 off the Kii peninsula earthquakes. Earth, planets and space, 57(4), 333-337.

Odaka, T., Nakamura, H., & Ashiya, K. (2005). Difference in the initial slopes of the P-wave envelope waveforms of the main shock M7. 4 and foreshock M7. 1 of the 2004 off the Kii peninsula earthquakes. Earth, planets and space, 57(4), 333-337.

Noda, S., Yamamoto, S., Sato, S., Iwata, N., Korenaga, M., & Ashiya, K. (2012). Improvement of back-azimuth estimation in real-time by using a single station record. Earth, planets and space, 64(3), 305-308.

Noda, S., Yamamoto, S., & Sato, S. (2012). New Method for Estimating Earthquake Parameters for Earthquake Early Warning. Quarterly Report of RTRI, 53(2), 102-106.

Wu, Y. M., & Kanamori, H. (2005). Experiment on an onsite early warning method for the Taiwan early warning system. Bulletin of the Seismological Society of America, 95(1), 347-353.

Allen, R. M., & Kanamori, H. (2003). The potential for earthquake early warning in southern California. Science, 300(5620), 786-789.

Wu, Y. M., & Kanamori, H. (2008). Development of an earthquake early warning system using real-time strong motion signals. Sensors, 8(1), 1-9.

Wu, Y. M., & Kanamori, H. (2008). Exploring the feasibility of on-site earthquake early warning using close-in records of the 2007 Noto Hanto earthquake. Earth, Planets and Space, 60(2), 155-160.

Wu, Y. M., & Kanamori, H. (2005). Rapid assessment of damage potential of earthquakes in Taiwan from the beginning of P waves. Bulletin of the Seismological Society of America, 95(3), 1181-1185.

Lin, T. L., & Wu, Y. M. (2010). Magnitude determination using strong ground-motion attenuation in earthquake early warning. Geophysical Research Letters, 37(7).

Allen, R. M., Gasparini, P., Kamigaichi, O., & Böse, M. (2009). The status of earthquake early warning around the world: an introductory overview. Seismological Research Letters, 80(5), 682-693.