

مدل های سرعت موج برشی ناحیه جنوب غرب تهران براساس مطالعه نوفه

غلام جوان دلویی^۱، رامین موقری^۲، احمد سدیدخوی^۳

استادیار، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران (Javandoloei@iiees.ac.ir)

دانشجوی دکتری ژئوفیزیک-زلزله شناسی، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

استادیار، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

چکیده

در مطالعه پیش رو، براساس تابع گرین نوفه لرزه ای ثبت شده در ایستگاههای لرزه نگاری مستقر در منطقه البرز مرکزی، مدل های سرعت موج برشی برای جنوب غرب تهران محاسبه و ارائه شده است. با عنایت به دسترسی به داده های پیوسته ثبت شده در لرزه نگارهای سه مولفه ای ایستگاههای لرزه نگاری دائمی و موقت این منطقه و همچنین استفاده از روش انتخاب نوفه گوسی، توابع گرین بدست آمده بین همه جفت ایستگاه های لرزه نگاری موجود منطقه که سه سال متوالی (۲۰۱۳-۲۰۱۵) داده ثبت نموده اند، فرصت بسیار مناسبی برای مطالعه مدل های سرعت موج برشی را فراهم نموده است. بنابراین با استفاده از محاسبه نقشه های سرعت گروه برای هر دوره معین، منحنی پاشندگی محلی در هر سلول شبکه مش بندی شده جغرافیایی تعیین گردید و با انجام فرایند وارون سازی غیر خطی، مدل های عمقی سرعت موج برشی در پوسته زمین ناحیه جنوب غرب تهران و منطبق بر موقعیت ایستگاههای لرزه نگاری آرایه بلند دوره ایلپا محاسبه و ارائه شد. انتخاب این سناریو، زمینه مقایسه نتایج مدل های برآورد شده برای سرعت موج برشی را با سایر نتایج مطالعه سرعت موج تراکمی به روش تابع انتقال گیرنده لرزه ای برای پوسته ناحیه جنوب غرب استان تهران تا عمق ۵۰ کیلومتر فراهم نموده است.

واژه های کلیدی: موج برشی، نوفه، همبستگی متقابل، جنوب غرب تهران

Shear Velocity Structure of South West of Tehran Based on Ambient Noise

Javan-Doloei, G.¹, Movaghari, R.², Sadidkhouy, A.³

¹Assistant Professor in Seismology, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran (Javandoloei@iiees.ac.ir)

²Ph.D. Student in Geophysics, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology

³Assistant Professor in Seismology, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

Abstract

The crustal structure study based on ambient noise processing is become popular and reliable technique in seismology in recent years. In present study, we apply ambient noise analysis to image the crust and uppermost mantle shear velocity structure beneath south west of Tehran area. Data from all stations that have been employed in Alborz and central zones by Institute of Geophysics-University of Tehran (IGUT) and International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES) were used in this study. These data were recorded during 2013 to 2015. After receiving the continuous waveforms, we preprocessed and segmented the data into one hour time windows. Hourly cross correlation of ambient noise between all station pairs were calculated and group velocity of Rayleigh waves dispersion curve in periods between three to ten seconds are measured from the Green's function resulting cross correlations. To determine dispersion curves of surface waves we have used the Frequency-Time Analysis technique (FTAN). Because of our new Gaussian noise selection proposed method; all Green functions had acceptable SNR ratio and greater than 10. Then using dispersion map in each period, we extracted a local dispersion curve for each grid point. Finally, local dispersion curves for 7 grid points exactly coincide with ILPA station locations were extracted by means of Shapiro et al., (2005) technique. The results of this research indicate a reliable image from upper crust of south east of Tehran region in consistent with the results of Javan-Doloei and Roberts (2003) from teleseismic P-waveform time domain receiver function (RF) method. Moreover, the upper crustal structural model proposed for this area is agreement with surface geological setting.

Keywords: ambient noise, cross correlation, Shear waves velocity, Tehran

۱ مقدمه

روش های پردازش نوفه محیطی، یکی از روش های جدید برای مطالعه وضعیت هندسه و مشخصات دینامیکی لایه های زیرزمینی، ساختارهای زمین شناسی و همچنین بررسی اثرات ساختگاه و بر آورد خطرات ناشی از بزرگنمایی امواج زمین لرزه می باشد. گسترش کاربرد نوفه محیطی در چند سال اخیر مورد توجه محققان علوم زمین بوده است. مطالعاتی مانند شاپیرو و کامپیو (۲۰۰۴)؛ شاپیرو و همکاران (۲۰۰۵)؛ بنزن و همکاران (۲۰۰۷)؛ موقری و همکاران (۱۳۹۳)، شمالی و شیرزاد (۲۰۱۵) و موقری و جوان (۱۳۹۷) نشان دادند با محاسبه ی تابع همبستگی متقابل سری های زمانی نوفه های ثبت شده در دو ایستگاه لرزه نگاری، می توان تابع گرین بین آنها را به دست آورد.

ناحیه مورد مطالعه در جنوب غرب استان تهران واقع شده است که توسط گسل های کهریزک از شرق، اشتهارد از شمال و پرندک و کوشک نصرت از غرب و جنوب احاطه شده است. از مطالعات پیشین این منطقه به عنوان نمونه می توان به مطالعه جوان و رابرتز (۲۰۰۳) اشاره کرد که در آن با استفاده از تحلیل توابع گیرنده ۲۰ زمینلرزه دورلرژ ثبت شده در شبکه ایلپا (ILPA)، ساختار سرعت موج تراکمی تا عمق تقریباً ۵۰ کیلومتری پوسته زمین، مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس، ساختار پوسته به سه لایه اصلی تقسیم شده است. اولین لایه مربوط به پوسته بالایی با ضخامت ۱۴ کیلومتر است که با لیتولوژی منطقه تطابق دارد. پوسته میانی تا عمق حدود ۳۰ کیلومتر و پوسته زیرین نشانگر عمق موهو در حدود ۴۶ کیلومتر است.

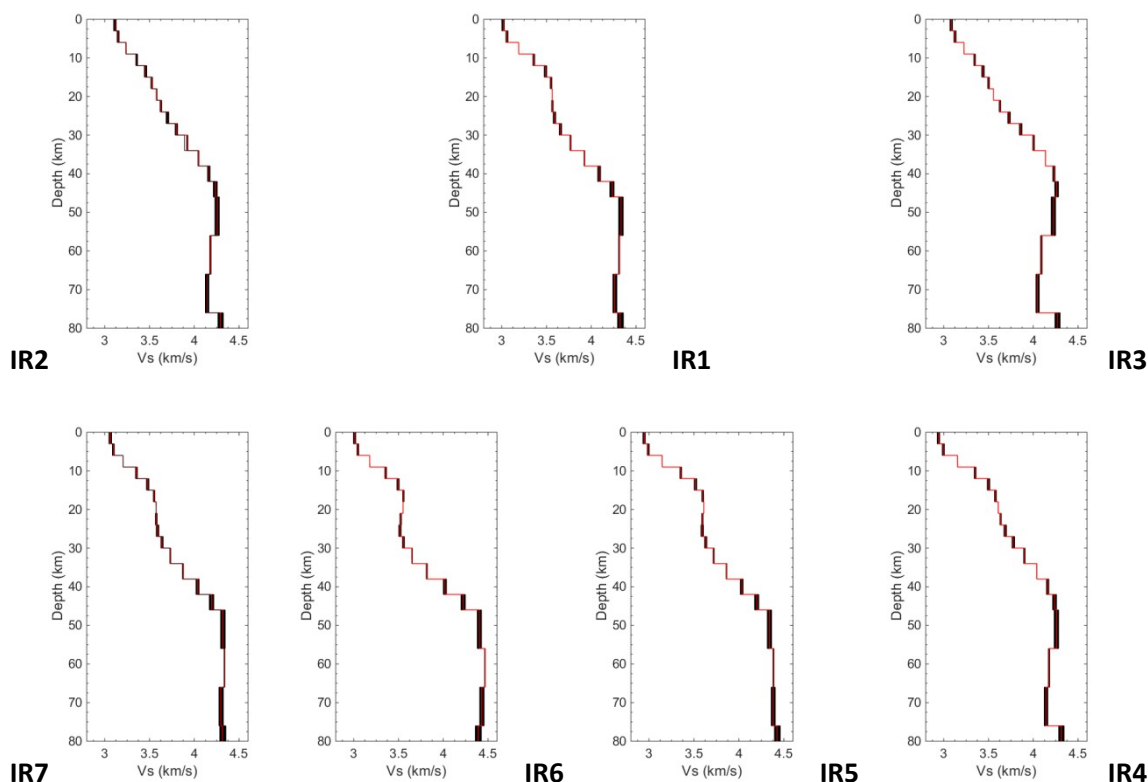
در مطالعه حاضر ساختار سرعتی موج برشی پوسته در زیر آرایه بلند دوره ایلپا بررسی شده است. با پردازش نوفه های پیوسته ثبت شده در همه ایستگاههای لرزه نگاری البرز مرکزی، تابع گرین موج ریلی بین هر جفت ایستگاه لرزه نگاری استخراج و سپس منحنی پاشندگی آنها به روش آنالیز فرکانس-زمان برای مسیرهای جفت ایستگاهی محاسبه شده است. بر اساس این منحنی ها نقشه های دوبعدی سرعت موج ریلی در پریود بین ۳ تا ۱۰ ثانیه با استفاده از روش وارون سازی تکرار شونده و غیر خطی توموگرافی موج سطحی بر اساس ردیابی سریع (راولینسون، ۲۰۰۵) محاسبه شده است. در خاتمه با استخراج منحنی پاشندگی محلی در هر سلول جغرافیایی، مدل های سرعت موج برشی در موقعیت ایستگاههای شبکه بلند دوره ایلپا محاسبه و ارائه شده است.

۲ روش پردازش داده

مطالعات دهه نخست ۲۰۰۰ م. نشان داد که با فرض توزیع یکنواخت چشمه نوفه، رابطه ای بین همبستگی متقابل نوفه محیطی $C(t)$ و تابع گرین بین دو ایستگاه وجود دارد. برخی مطالعات از پاشندگی سرعت گروه استخراج شده از تابع همبستگی متقابل نوفه که به عنوان NCF شناخته می شود، استفاده کرده اند (شاپیرو و کامپیو ۲۰۰۴؛ شاپیرو و همکاران، ۲۰۰۵). عده ای دیگر مانند صبرا و همکاران (۲۰۰۵) از مشتق زمانی این تابع که معادل تابع گرین تجربی (EGF) است، استفاده کردند. از این رو، پس از محاسبه توابع همبستگی و اعمال مشتق زمانی بر آنها، توابع گرین بین هر جفت ایستگاه استخراج می گردد. با توجه به استفاده از روش انتخاب نوفه گوسی، توابع گرین بدست آمده بین همه جفت ایستگاه ها دارای $SNR > 10$ و معیار فاصله بین دو ایستگاه بنابر مطالعات لو و همکاران (۲۰۱۵) بزرگتر از یک طول موج منظور شده است. در مرحله بعد، منحنی پاشندگی توابع گرین با استفاده از روش تحلیل فرکانس-زمان (بنزن و همکاران، ۲۰۰۷) استخراج شده و سرعت فاز موج ریلی به منظور ورود به مرحله توموگرافی به زمان سیر موج ریلی تبدیل می شود.

۳ محاسبه سرعت موج برشی

در این مرحله با در اختیار داشتن نقشه های سرعت موج ریلی در هر پریود، برای هر سلول جغرافیایی یک منحنی پاشندگی که به منحنی پاشندگی محلی معروف است قابل استخراج خواهد بود. برای بدست آوردن ساختار سرعتی موج برشی، منحنی های پاشندگی بدست آمده در هر نقطه از سلول ها وارون سازی می شود. منحنی های پاشندگی محلی بدست آمده برای هفت موقعیت ایستگاههای لرزه نگاری شبکه بلند دوره ایلپا (ILPA) با استفاده از روش وارون سازی خطی شده تکرار شونده هرمن و آمون (۲۰۰۲) به مدل یک بعدی در عمق تبدیل شده اند که در شکل ۱ نمایش داده شده اند.



شکل ۱. مدل های سرعت موج برشی پوسته زمین برای منطقه جنوب غرب استان تهران.

۴ بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه سعی شد با استفاده از نوفه لرزه ای ثبت شده در ایستگاههای لرزه نگاری البرز مرکزی، مدل های ساختار سرعت موج برشی در پوسته ناحیه جنوب غرب استان تهران محاسبه و مورد ارزیابی قرار گیرد. با بکار گیری روش توموگرافی نوفه لرزه ای و با پردازش داده های مولفه قائم لرزه نگاشت ها، ابتدا منحنی های پاشندگی موج ریلی بین هر جفت ایستگاه محاسبه و توموگرافی دو بعدی به روش راولینسن و سامبریچ (۲۰۰۳؛ ۲۰۰۵) در منطقه مورد مطالعه انجام شد. با در اختیار داشتن نقشه های سرعت موج ریلی، منحنی های پاشندگی محلی استخراج و مدل یک بعدی سرعت موج برشی برای نقاط هفتگانه ایستگاههای لرزه نگاری ایلیپا (IR1, IR2, IR3, IR4, IR5, IR6, IR7) محاسبه و ارائه گردید.

با مطالعه مدل های سرعت موج برشی محاسبه شده در پژوهش حاضر عمق ناپیوستگی موهو در ناحیه جنوب غرب استان تهران حدود 44 ± 2 کیلومتر بدست می آید. در حالیکه مطالعه جوان و روبرتس (۲۰۰۳) عمق ناپیوستگی موهو را 46 ± 2 کیلومتر برای همین نقاط با استفاده از تابع انتقال گیرنده لرزه ای ۲۰ زمین لرزه دور لرز بدست آورده بودند. می توان اینگونه بحث نمود که پوشش پرتوهای بسیار استفاده شده در مطالعه حاضر به مراتب نتایج پایدار تری برای ساختار سرعتی موج برشی ناحیه جنوب غرب تهران در مقایسه با مطالعه جوان و روبرتس (۲۰۰۳) بدست آمده است. بنابراین حل های پایدار برای مدل های ساختار سرعتی موج برشی پوسته زمین در این ناحیه قابل مقایسه بودن نتایج آن با روش تابع انتقال گیرنده لرزه ای بیانگر آن است که روش نوفه محیطی لرزه ای تا حدود زیادی می تواند برای مناطقی که از نظر لرزه خیزی موقتا غیر فعال هستند و یا ایستگاههای لرزه نگاری دائمی در آن منطقه وجود ندارد برای مطالعه ساختار سرعتی زمین مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- موقری، ر.، جوان دلویی، غ.، نوروزی، م. و سدیدخوی، ا. ۱۳۹۳. تعیین ساختار سرعتی پوسته جنوب شرق ایران براساس نوفه محیطی لرزه نگاشت های باندهن. مجله فیزیک زمین و فضا ۴۰، ۲، ص. ۱۷-۳۰.
- موقری، ر.، جوان دلویی، غ.، ۱۳۹۷. تعیین ساختار سرعتی پوسته فوقانی جنوب غرب تهران با استفاده از توموگرافی نوفه لرزه ای درون چاهی. پذیرش شده برای چاپ در مجله فیزیک زمین و فضا .
- Bensen, G.D., Ritzwoller M.H., Barmin, M.P., Levshin, A.L., Lin, F., 2007, Processing seismic ambient noise data to obtain reliable broad-band surface wave dispersion measurements. *Geophys. J. Int.* 169:1239–60.
- Campillo, M., Roux, P. & Shapiro, N.M., 2011, Correlation of seismic ambient noise to image and monitor the solid Earth, *Encyclopedia of Solid Earth Geophysics*, Springer-Verlag. doi:10.1007/978-90-481-8702-7. Science+Business Media B.V
- Doloei, J., & Roberts, R., 2003. Crust and uppermost mantle structure of Tehran region from analysis of teleseismic P-waveform receiver functions. *Tectonophysics*, 364(3), 115-133.
- Herrmann, R.B. and Ammon, C.J., 2002, *Computer Programs in Seismology, Surface Waves, Receiver functions and Crustal structure*, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Saint Louis University, St Louis.
- Luo, Y., Yang, Y., Xu, Y., Xu, H., Zhao, K., & Wang, K., 2015, On the limitations of interstation distances in ambient noise tomography. *Geophysical Journal International*, 201(2), 652-661.
- Rawlinson, N. & Sambridge, M., 2005, The fast marching method: An effective tool for tomographic imaging and tracking multiple phases in complex layered media , *Exploration Geophysics*, 36, 341–350.
- Rawlinson, N. & Sambridge, M., 2003, Wavefront evolution in strongly heterogeneous layered media using the fast marching method , *Geophysical Journal International*, 156, 631–647.
- Sabra KG, Gerstoft P, Roux P, Kuperman WA, Fehler, M.C., 2005, Extracting time-domain Green's function estimates from ambient seismic noise. *Geophysical Research Letter*, 32:L03310.
- Shapiro, N.M., and Campillo, M., 2004, Emergence of broadband and Rayleigh waves from correlations of the ambient seismic noise. *Geophysical Research Letter*, 31, L07614.
- Shapiro, N.M., Campillo, M., Stehly L, Ritzwoller M.H., 2005, High resolution surface-wave tomography from ambient seismic noise. *Science*, 307:1615–1618.
- Shomali, Z. H., Shirzad, T., 2015, Crustal structure of Damavand volcano, Iran from ambient noise and earthquake tomography. *Journal of Seismology*, 19(1), 191-200.