بهبود تخمین تابع گرین حاصل از نوفه‌های محیطی در شبکه شتابنگاری تهران

سمانه مظفری[۱]، نسیم عطایی[۲]، رامین نیکروز[۳]

[۱] کارشناسی ارشد ژئوفیزیک ، دانشگاه ارومیه، st_sa.mozaffari@urmia.ac.ir
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه ارومیه، n.ataie70@yahoo.com
[۳] دانشیار، دانشگاه ارومیه، r.nikrouz@urmia.ac.ir

چکیده

با استفاده از همبستگی همگرایی نوفه‌های محیطی ثبت شده بین جفت ایستگاه‌ها در حوزه زمان توابع گرین بین ایستگاهی استخراج می‌شوند که با استفاده از آنها می‌توان ساختار زیر سطح زمین را مورد مطالعه قرار داد، برای همین منظور باید تخمین درستی از توابع همبستگی نوفه‌ای به دست آورد. در این مطالعه که مربوط به شبکه شتابنگاری تهران (طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی) است و شامل ده ایستگاه شتابنگاری می‌باشد. با تقسیم پنجره‌های زمانی به بازه‌های کوتاه مدت، استفاده از همپوشانی در تمامی پنجره‌های زمانی و با بهره‌گیری از برش حد آستانه که بر اساس جذر میانگین مربعات دامنه تعیین می‌شود، بهینه‌ترین تخمین از همبستگی همگرایی نوفه‌ای در تمام مسیرها ارائه شده است، که از برانباشت نهایی آنها توابع گرین تخمین زده شده بهبود یافته است.

واژه‌های کلیدی: تهران- همبستگی همگرایی نوفه‌های محیطی- توابع گرین- هم‌پوشانی- برش حد آستانه

Improving Green's Function estimation of seismic ambient noise in Tehran Accelerograph Network

Samaneh Mozaffari [1], Nasim Ataei [2], Ramin Nikrouz[3]

[1] *Master of science in geophysics, Urmia University, st_sa.mozaffari@urmia.ac.ir*
[2] *Master of science student in geophysics, Urmia University, n.ataie70@yahoo.com*
[۳] *Associate Professor, Urmia University, rnikrouz@gmail.com*

Abstract

By cross-correlating the ambient noise recorded at two stations over a period of time, the Green's Function between the two stations can be extracted that can use for studding surface down. The study area is Tehran (35°41′21″N 51°23′20″E) and this area consists of ten accelerator stations. In the current method using by dividing into short time period windows with overlap and Clipping threshold which is determined based on the root mean square of the domain, we were able to obtain the best possible method for noise cross correlation, and after stacking for all of the station-pair paths we improved the final Green's Functions.

Keywords: Tehran, cross-correlating the ambient noise, Green's Functions, Overlapping, Clipping threshold.

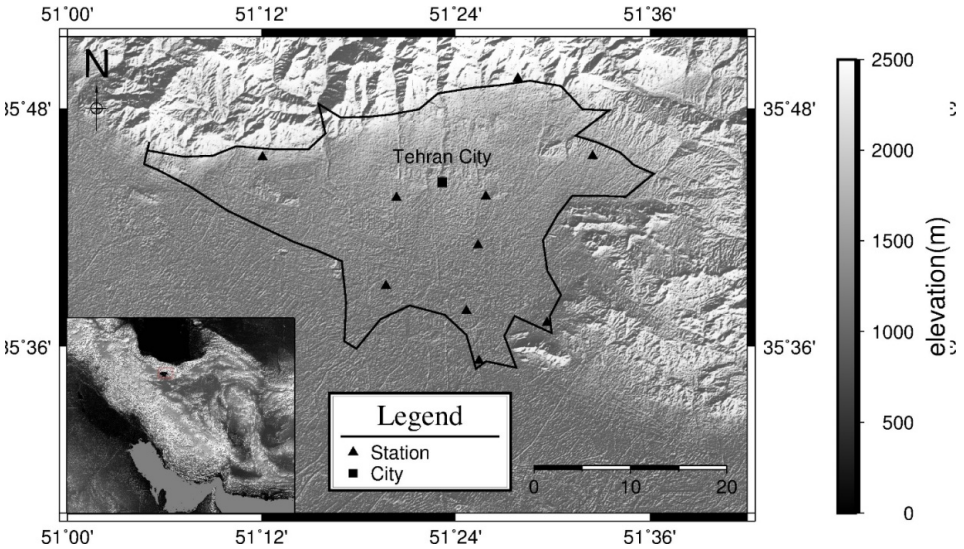
۱ مقدمه

روش همبستگی نوفه محیطی (ANC) یکی از محبوب‌ترین روشها در دانش زلزله‌شناسی است که با استفاده از همبستگی همگرایی امواج سطحی ناشی از نوفه‌ها به جای امواج سطحی حاصل از زمینلرزه‌ها برای تعیین ساختار سرعتی زیر سطحی با وضوح بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد (سویچ و همکاران ۲۰۱۳، بنسن و همکاران ۲۰۰۷) . این روش نخستین بار در محیط آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد که بر پایه آن مشخص شد که خروجی همبستگی متقابل میدان آکوستیک بین دو گیرنده مشابه تابع گرین است (ویور و لوبیکس ۲۰۰۱) بعدها این روش در دانش زلزله‌شناسی با استفاده از امواج کدا ناشی از زمینلرزه برای بازیابی امواج سطحی مورد استفاده قرار گرفت (پائول و کمپیلو ۲۰۰۳)، اما موفقیت اصلی مربوط به استفاده از نوفه‌های لرزه‌ای در ارتباط با امواج سطحی برای تعیین توابع گرین بین ایستگاهی بود که برای اولین بار در سال ۲۰۰۴ مورداستفاده قرار گرفت (شاپیرو و کامپیلو ۲۰۰۴). برخلاف روش‌های قبلی که مبتنی بر وجود چشمه لرزه‌ای است، در این روش نیازی به وجود

چشمه خاصی نیست و هر کدام از جفت ایستگاه‌ها در یک شبکه لرزه‌نگاری به عنوان چشمه مجازی برای ایستگاه مقابل محسوب می‌شود و همبستگی متقابل بین جفت ایستگاه‌ها به عنوان تابع همبستگی نوفه‌ای در نظر گرفته می‌شود (NCF) (بنسن و همکاران ۲۰۰۷)، از برانباشت توابع همبستگی نوفه‌ای در یک بازه زمانی یک ماهه تا یک سال می‌توان توابع گرین بین جفت ایستگاه‌ها را تخمین زد (بنسن و همکاران ۲۰۰۷ و پریتو و همکاران ۲۰۰۹). با توجه به نقش مهم توابع گرین در تعیین ساختارهای زیر سطحی نیاز به استفاده از توابع همبستگی نوفه‌ای قوی و با ثبات ضرورت دارد (کوین و همکاران ۲۰۱۱). هدف از این مطالعه استفاده از بهترین روش‌ها برای تعیین با ثبات‌ترین توابع همبستگی نوفه‌ای و در نتیجه آن تخمین بهترین توابع گرین می‌باشد.

۲ روش تحقیق

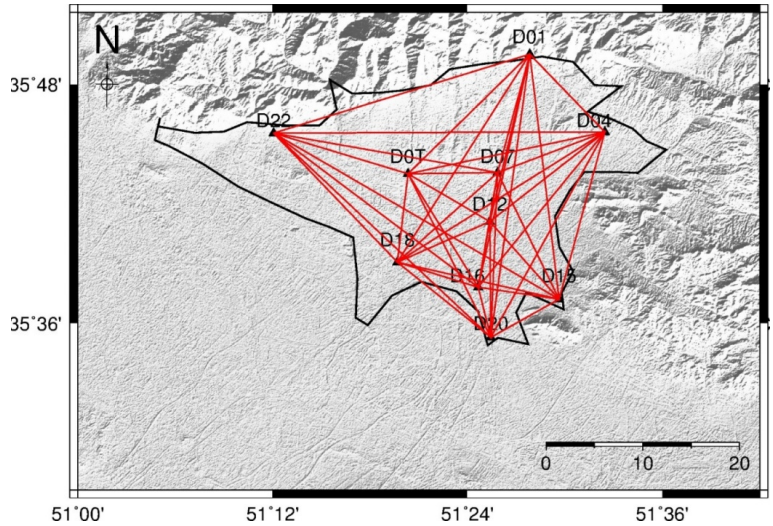
داده‌های استفاده شده در تحقیق موردنظر نگاشت‌های پیوسته یک ماهه سال ۲۰۱۰ مربوط به شبکه شتابنگاری تهران می‌باشد که شبکه شتابنگاری تهران شامل ده ایستگاه شتابنگاری می‌باشد که در شکل ۱ نقشه توپوگرافی منطقه و موقعیت ایستگاه‌ها مشخص شده است. بازه فواصل بین ایستگاهی در این مطالعه، ۵ تا ۳۵ کیلومتر است.



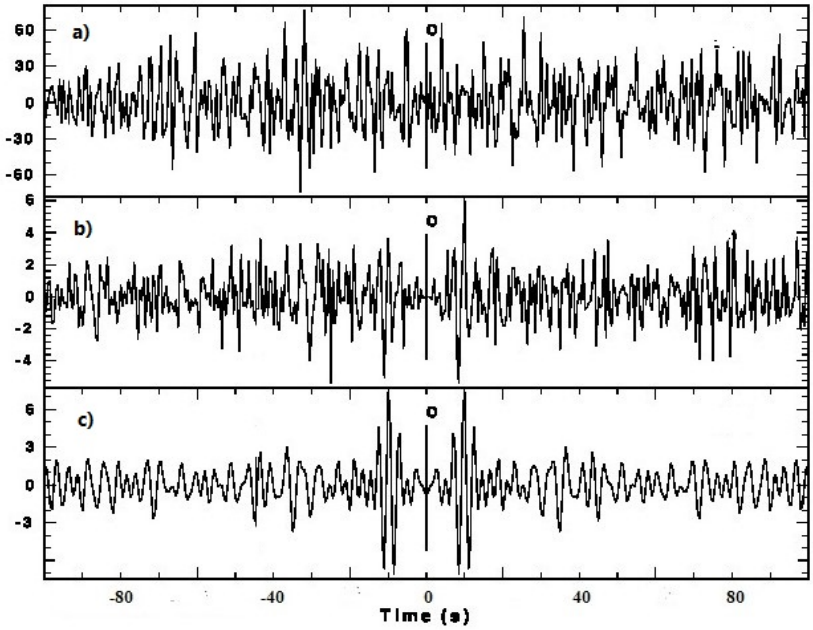
شکل ۱. نقشه توپوگرافی منطقه تهران و موقعیت ایستگاه‌های شتابنگاری شبکه شتابنگاری تهران.

برای محاسبه همبستگی همگرایی در بین جفت ایستگاه‌ها ابتدا باید داده‌ها را در تک ایستگاه‌ها آماده‌سازی کرد برای همین منظور داده‌ها به بازه‌های ده دقیقه تقسیم می‌شوند با این تفاوت که به جای شروع پنجره بعد از انتهای پنجره قبلی از همپوشانی ۷۵٪ پنجره قبلی شروع می‌شود، برای کاهش اثر نوفه‌های مخرب فیلتر میانگذر در محدوده فرکانسی منطقه که با توجه به عمق مورد مطالعه که ده کیلومتر می‌باشد و فواصل بین ایستگاهی تعیین می‌شود، بین 1/. تا ۱ قرار دارد، اعمال می‌شود و به جای استفاده از روش تک-بیت که پرکاربردترین و سریع‌ترین روش برای کاهش اثر زمین‌لرزه می‌باشد (پدرسن ۲۰۰۷) ، روش برش دامنه (صابرا ۲۰۰۵) مورد استفاده قرار گرفت که در این روش نیاز به تعیین حد آستانه (که با استفاده از جذر میانگین مربعات دامنه تعیین می شود) می‌باشد و بر طبق آن دامنه های بالای 1/5 RMS~ در نظر گرفته نمی‌شود که مقدار حد آستانه به صورت تجربی و با استفاده از روش آزمون و خطا در تعدادی از پنجره‌های زمانی نمونه تعیین می‌شود و به این ترتیب اثر زمینلرزه‌ها کاهش می‌یابد. در ادامه برای هموارسازی انرژی در ایستگاه‌ها و در محدوده فرکانسی روش سفید کردن (Whitening) مورد استفاده قرار می‌گیرد که برای سفید کردن محدوده فرکانسی بین 0/1 تا 1 می‌باشد. با تعیین تعداد مسیرها بین جفت ایستگاه‌ها که برای منطقه تهران شامل ۴۵ مسیر می‌باشد (شکل۲)، می‌توان همبستگی متقابل بین جفت ایستگاه‌ها را تعیین کرد و از برانباشت همبستگی متقابل در یک ماه می‌توان توابع گرین تجربی بین جفت ایستگاه‌ها را به دست آورد اما با دقت در قسمت b شکل ۳ می‌توان به این نتیجه رسید که اثر نوفه‌های مخرب به صورت کامل کاهش پیدا

نکرده‌اند به همین دلیل فیلتر میانگذر اعمال می‌شود و در بخش c شکل ۳ می‌توان تابع گرین بهبود یافته بین جفت ایستگاه مورد نظر را مشاهده کرد. و تابع گرین بهبود یافته بین جفت ایستگاه D12D16 در بخش c شکل ۳ مشاهده می‌شود.

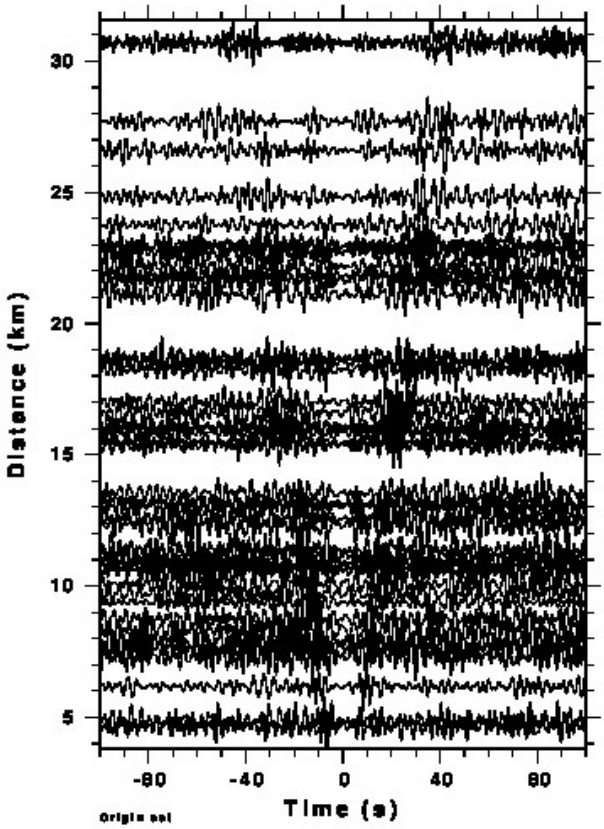


شکل 2. تمامی ۴۵ مسیر برای محاسبه همبستگی متقابل بین جفت ایستگاه‌ها



شکل ۳. a) داده‌های پیوسته یک ماهه بین جفت ایستگاه D12D16 b) همبستگی متقابل بین جفت ایستگاهی بعد از اعمال برش دامنه c) توابع گرین نهایی بین جفت ایستگاه D12D16

از برانباشت توابع گرین یک ماهه بین تمامی جفت ایستگاه‌ها که براساس جدایش بین ایستگاهی و زمان رسید توابع گرین تجربی حاصل شده است می‌توان مشاهده کرد که توابع گرین به صورت چشمگیری بهبود یافته است (شکل۴).



شکل ۴. انباشت نهایی همبستگی‌های متقابل بر اساس جدایش بین ایستگاهی و زمان رسید توابع گرین تجربی

۳ نتیجه‌گیری

برای بهبود هر چه بهتر توابع همبستگی نوفه‌ای پارامترهای مختلفی مورد استفاده قرار گرفت. این پارامترها شامل کوتاه کردن طول پنجره‌های زمانی تا حد ممکن، استفاده از همپوشانی پنجره‌های زمانی و استفاده از حد آستانه به جای استفاده از تبدیل دامنه‌ها به مقدار یک (روش تک-بیت) که در پنجره‌های کوتاه مدت ناکارآمد است، می‌باشد. استفاده از پنجره‌های زمانی کوتاه مدت با همپوشانی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که این روش تکنیکی مناسب در جهت کاهش اثر نوفه‌های مخرب برای حفظ بیشترین مقدار داده و تشخیص بهینه نوفه پر انرژی می‌شود.

منابع

Bensen, G. D., Ritzwoller, M. H., Barmin, M. P., Levshin, A. L., Lin, F., Moschetti, M. P., Shapiro, N. M., Yang, Y., 2007. Processing seismic ambient noise data to obtain reliable broad-band surface wave dispersion measurements, Geophys. J. Int., 169, 1239–1260.

Campillo, M. & Paul, A., 2003. Long-range correlations in the diffuseseismic coda, Science,299,547–549.

Kevin J. Seats,Jesse F. Lawrence,German A. Prieto,2011. Improved ambient noise correlation functions using Welch's method

Lobkis, O.I. & Weaver, R.L., 2001. On the emergence of the Green's function in the correlations of a diffuse field, J. acoust. Soc. Am., 110(6),3011–3017.

Pedersen, H.A., F. Kruger, & the SVEKALAPKO Seismic Tomography Working Group, 2007. Influence of the seismic noise characteristics on noise correlations in the Baltic shield, Geophys. J. Int., 168, 197–208.

Prieto, G. A., J. F. Lawrence, and G. C. Beroza ,2009.Anelastic Earth structure from the coherency of the ambient seismic field, J. Geophys. Res., 114, B07303.

Roux, P., Sabra, K.G., Gerstoft, P. & Kuperman, W.A., 2005. P-waves from cross-correlation of seismic noise, Geophys. Res. Lett., 32, L19303.

Sabra, K. G., P. Gerstoft, P. Roux, W. A. Kuperman, and M. C. Fehler, 2005. Extracting time-domain Greens function estimates from ambient seismic noise, Geophys. Res. Lett., 32, L03310

Savage, M. K., Lin, F. C., & Townend, J., 2013. Ambient noise cross-correlation observations of fundamental and higher-mode Rayleigh wave propagation governed by basement resonance. Geophysical Research Letters, 40(14), 3556-3561.

Shapiro, N.M. & Campillo, M., 2004. Emergence of broadband Rayleighwaves from correlations of the ambient seismic noise, *Geophys. Res. Lett.,* **31,** L07614, doi:10.1029/2004GL019491.

Shapiro, N.M., Campillo, M., Stehly, L. & Ritzwoller, M.H., 2005. Highresolutionsurface-wave tomography from ambient seismic noise, *Science,* **307,** 1615–1618.

Weaver, R. L. and O. I., Lobkis, 2004. Diffuse fields in open systems and the emergence of the Green"s function. J. Acoust. Soc. Am.,116,27312734.