

## بازیابی تابع گرین با استفاده از همبستگی متقابل امواج کدا در گستره تهران

نسیم عطایی<sup>۱</sup>، سمانه مظفری<sup>۲</sup>، رامین نیکروز<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجو کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، [st\\_sa.mozaffari@urmia.ac.ir](mailto:st_sa.mozaffari@urmia.ac.ir)

<sup>۲</sup>دانشجو کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه

<sup>۳</sup>دانشیار، دانشگاه ارومیه

### چکیده

هدف از این مطالعه بازیابی تابع گرین بین جفت ایستگاه‌ها با استفاده از همبسته‌سازی امواج کدا می‌باشد، که در تعیین ساختار پوسته و گوشته بالایی دقیق می‌باشد، زیرا شکل موج‌های ثبت شده علاوه بر نوفه‌های محیطی دارای امواج کدای پراکنده نیز می‌باشند. در این پژوهش با استفاده از همبسته‌سازی امواج کدا در منطقه تهران با موقعیت جغرافیای  $35.55^\circ$  تا  $35.85^\circ$  درجه شمالی و  $51.15^\circ$  تا  $51.6^\circ$  درجه شرقی با ابعاد تقریبی  $100 * 100$  کیلومتر و ۱۰ ایستگاه شتاب‌نگار با داده‌های پیوسته یک ماهه تابع گرین را بازیابی کرده‌ایم. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که تابع گرین حاصل از همبستگی نوفه‌های محیطی دارای نوسانات و نویزهای آلوده بوده و تابع گرین بدست آمده از این روش متقارن نمی‌باشد و برخی مسیرها بدلیل عدم ثبت انرژی حذف شده‌اند، اما تابع گرین حاصل از همبستگی متقابل امواج کدا متقارن‌تر بوده و در هر دو قسمت علی و غیر علی بازه انرژی مشخص است. در نتیجه به تابع گرین واقعی نزدیک‌تر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تابع گرین، امواج کدا، همبستگی متقابل، نوفه‌های محیطی، شبکه شتاب‌نگاری تهران

## Estimate Green's Function using coda waves cross-correlations in Tehran Region

Nasim Ataie<sup>1</sup>, Samaneh Mozafari<sup>2</sup>, Ramin Nikrouz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Msc student, Urmia University, [st\\_sa.mozaffari@urmia.ac.ir](mailto:st_sa.mozaffari@urmia.ac.ir)

<sup>2</sup>Msc student, Urmia University

<sup>3</sup>Associate professor, Urmia University

### Abstract

The purpose of this study is to restore the Green's Function between pairs of stations by using the correlation of coda waves, since the waveforms recorded in addition to the ambient noises have scattered waves. In this research, the correlation of the coda waves in the Tehran region with a geographical position of 35.55 to 35.85 degrees North and 51.15 to 51.5 degrees East with an approximate dimension of 100 \* 100 kilometers and 10 accelerated stations with continuous data. We reconstruct the Green's Function during one month. The results of these studies show that Green's Function is due to the correlation of ambient noise with fluctuations and noise pollution, and the Green's Function obtained from this method is not symmetric and some of the paths are eliminated due to the lack of energy recording, but the Green's Function The result of the mutual correlation of the coda waves is more symmetrical and it is clear in both the causal and non-causal intervals of the energy range. As a result, it is closer to the actual Green Function and this method can help to reduce noise by cross correlation coda wave.

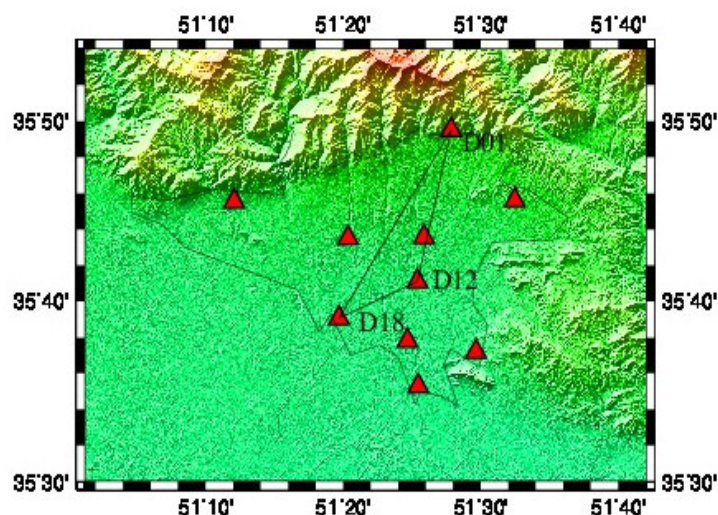
**Keywords:** Green Function, Coda wave, Cross-correlations, Ambient noise, Tehran

### ۱. مقدمه

منطقه تهران با جمعیت بالای ۱۵ میلیون نفر که در دامنه کوه‌های البرز واقع شده است و بوسیله گسل‌های فعال احاطه گردیده است از طرفی وجود رسوبات و نهشته‌های آبرفتی باعث تشدید امواج زلزله می‌شود بنابراین، از آنجا که جنبش نیرومند زمین به

سبب تشدید انرژی لرزه ای توسط لایه های سطحی زمین، دلیل اصلی آسیب های مخرب زمین لرزه ها در مناطق شهری می باشند، برای پیش بینی حرکات نیرومند زمین و شناخت ساختار سرعتی لایه های سطحی، تخمین قابل اعتمادتری از توابع گرین بین ایستگاهی ضرورتی اجتناب ناپذیر است روش های کلاسیک مربوط به زلزله شناسی و مطالعات ساختار سرعتی، براساس رکوردهای زمین لرزه ها می باشند، که در آنها فاصله طولانی بین چشمه و گیرنده اطلاعات مربوط به دوره های تناوب پایینتر تضعیف شده یا بطور کامل از بین رفته اند و از طرفی عدم قطعیت مکانی چشمه ها، که ما را با خطای قابل توجهی در شناخت چشمه زمین لرزه مواجه می سازد و عدم وجود شبکه لرزه نگاری متراکم باعث تضعیف دقت در این مطالعات می شود. شاپیرو و همکاران، سابرا و همکاران در سال ۲۰۰۵ با استفاده از نوفه های محیطی در کالیفرنیا جنوبی توانستند نقشه های از سرعت گروه در دوره تناوب پایین را بدست بیاورند. (۱۵-۷/۵ ثانیه) این مطالعات در سرتاسر کالیفرنیا، شمال غرب اقیانوس آرام، کره جنوبی (چو و همکاران ۲۰۰۷ و ماستی و همکاران ۲۰۰۷)، و در پهنه نیوزلند (لین و همکاران ۲۰۰۷) و سایر نقاط دنیا گسترش یافت.

کارهای شاپیرو در سال ۲۰۰۵ در باندهای که دارای دوره تناوب ۲۰ ثانیه داشتند انجام می گرفت اما از سال ۲۰۰۵ به بعد کارهای باند پهن با دوره تناوب طولانی تر توسعه پیدا کرد که در این مورد می توان به کارهای یائو در سال ۲۰۰۶، بنسن در سال ۲۰۰۷، یانگ در سال ۲۰۰۷ اشاره کرد. در این روش تابع گرین بدست آمده از همبستگی نوفه های محیطی بین دو ایستگاه دارای محدودیت های کاربردی می باشند و تابع گرین برای حالتی که نوفه ها همگن نباشند، کامل نخواهد بود (برینگر و همکاران ۲۰۰۸). بنابراین در این مطالعه، با توجه به محدودیت ناهمگن بودن چشمه های نوفه ای و احتمال ناکامل بودن توابع گرین بین ایستگاهی، بازیابی توابع گرین با استفاده از همبستگی امواج کدا حاصل از همبستگی نوفه های محیطی انجام خواهد گرفت (استلی و همکاران ۲۰۰۸). این امواج، انرژی پنهان قابل استفاده ای دارند که می توانند همان تابع گرین بین ایستگاهی را بدون نوسانات قابل توجه تخمین بزنند. بازیابی تابع گرین از همبستگی امواج کدا حاصل از همبستگی نوفه های محیطی که به میانگین دوره های طولانی نوفه های محیطی و ارتباط آن با کاراکتر انتشار امواج کدا از همبستگی اولیه وابسته است، باعث بدست آمدن تابع گرین با وضوح بالا و مشخص تر می شود نویزهای مخرب موجود در تابع گرین اولیه حذف می شوند و چون توزیع چشمه در همه جا یکنواخت می باشد تابع گرین به تابع گرین واقعی نزدیک تر است (استلی و همکاران ۲۰۰۸).



شکل ۱. مکان ایستگاه ها

## ۲. روش تحقیق

در این مطالعه ابتدا داده های (شکل موج های پیوسته) مورد نظر ما برای بازه زمانی یک ماه از محل آرشیو شتاب نگاشت های وابسته به سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران تهیه شدند. این شبکه شامل ۱۰ ایستگاه شتاب نگاری با حسگر CMG-5TD در داخل شهر تهران تهیه گردید. بازه فواصل بین ایستگاهی بین ۴ تا ۳۰ کیلومتر می باشد، که موقعیت

ایستگاه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. فرآیند کلی پردازش داده‌ها طبق فرآیند ارائه شده توسط بنسن و همکاران می‌باشد. داده‌های یک ماهه را به بازه‌های زمانی ده دقیقه‌ای تقسیم کرده و بعد از حذف اثر روند روزانه (trend) و مقدار میانه (mean)، سیگنال‌های مخرب و کاهش اثر زمین‌لرزه‌ها بمنظور یکنواخت‌سازی داده‌ها، سیگنال‌ها را در بازه فرکانسی ۰.۱-۰.۲۵ هرتز فیلتر کرده‌ایم و توابع همبستگی متقابل برای بازه‌های زمانی ده دقیقه‌ای را بدست آوردیم و با برانباشت آنها تابع گرین حاصل از نوفه‌های محیطی بدست آمد، که تمام این مراحل با استفاده از نرم افزارهای gmt, gsac, gsac انجام گرفته است. در شکل ۲ نمونه‌ای از تابع گرین حاصل از همبستگی نوفه‌های محیطی، را برای مسیر D12D18 نشان داده‌ایم.

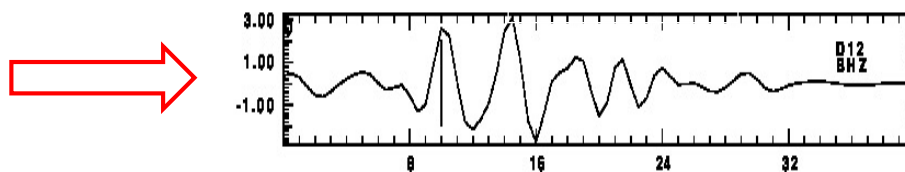
شکل ۲. تابع گرین حاصل از همبستگی نوفه‌های محیطی برای مسیر D12D18

بعد از همبسته‌سازی نوفه‌های محیطی لرزه‌نگارها شامل امواج کدا و ریلی می‌باشند که بدلیل نفوذ نوفه‌های محیطی آلوده شده‌اند که این موجب خطا در تخمین تابع گرین می‌شود. با توجه به نتایج حاصل مشخص می‌شود که بیشترین مقدار انرژی مربوط به بازه زمانی ۵۰-۰ ثانیه بوده و بازه زمانی ۱۰۰-۵۰ ثانیه مربوط به امواج کدا می‌باشد، پس از ایستگاه سوم (D01) بعنوان ایستگاه مرجع استفاده می‌کنیم و بعد از انتخاب پنجره زمانی امواج کدا، در آن بازه زمانی همبسته‌سازی انجام داده‌ایم که پاسخ مربوط به ایستگاه مرجع توسط دو ایستگاه دیگر ثبت می‌شوند یا بعبارت دیگر بدلیل خاصیت پراکندگی و پاشش امواج کدا در تمامی جهات، که بر روی تمام ایستگاه‌ها تاثیر می‌گذارد با انجام همبستگی متقابل در بازه امواج کدای دو مسیر D01D12, D12D18 تابع گرین نهایی برای مسیر D12D18 بدست آمد. با مقایسه تابع گرین حاصل از دو روش برای مسیر D12D18 مشخص می‌شود که تابع گرین حاصل از همبستگی امواج کدا کم نوسان‌تر و زمان ورود انرژی مشخص‌تر است.

D01D12



D12D18



شکل ۳. تابع گرین نهایی برای مسیر D12D18 با استفاده از همبستگی امواج کدای حاصل از همبستگی نوفه‌های محیطی

## ۳. نتیجه گیری

در این مطالعه از داده‌های ۱ ماه از محل آرشیو شتاب‌نگاشت‌های وابسته به سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران که شامل ۱۰ ایستگاه می‌باشد استفاده کرده‌ایم. با توجه به طول کوتاه‌تر پنجره امواج کدا در مقایسه با طول پنجره‌های زمانی در روش نوفه لرزه‌ای محیطی (۱۰ دقیقه)، نتایج حاصل از همبسته سازی کدای نوفه لرزه‌ای محیطی سریع‌تر از، توابع گرین تجربی را نتیجه می‌دهد. بازیابی تابع گرین جفت ایستگاهی از همبستگی امواج کدای حاصل از همبستگی نوفه‌های محیطی تعداد مسیرهای جفت ایستگاهی قابل کاربرد را تا ۹۰ درصد افزایش می‌دهد و تابع گرین کم نوسانی را تخمین می‌زند و توابع حاصل متقارن‌تر می‌باشند که بازه انرژی در آنها به وضوح قابل رویت است و همین باعث می‌شود به تابع گرین واقعی نزدیک‌تر بوده و نتایج مطالعات دیگر که در ارتباط با تابع گرین هستند همچون منحنی پاشش، سرعت گروه و سرعت فاز امواج سطحی بین ایستگاهی، که از آنها در توموگرافی لرزه ای، سیستم هشدار سریع زلزله و تخمین جنبش نیرومند زمین استفاده می‌شود بهبود یابند.

## منابع

1. 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.*, doi:10.1111/j.1365-246X.2007.03374.169,1239–1260.
2. Brenguier, F., N. Shapiro, M. Campillo, V. Ferrazzini, Z. Duputel, O. Coutant, and A. Nercessian, 2008, Towards forecasting volcanic eruptions using seismic noise, *Nat. Geosci.*, 1, 126–130, doi:10.1038/ngeo104.
3. Cho, K. H., Herrmann, R. B., Ammon, C. J., and Lee, K., 2007. Imaging the upper crust of the Korean Peninsula by surface – wave tomography. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 97, 198 – 207.
4. Lin, F., Ritzwoller, M. H., Townend, J., Savage, M., and Bannister S., 2007. Ambient noise Rayleigh wave tomography of New Zeland, *Geophys. J. Int.*, 18, doi:10.1111/j.1365–246X.2007.03414.x.
5. Moschetti, M. P., Ritzwoller, M. H., and Shapiro, M. N., 2007. Surface wave tomography of the western United States from ambient seismic noise: Rayleigh wave group velocity, *Geochem. Geophys. Geosys.*, 8, doi:10.1029/2007GC001655.
6. Sabra, K. G., Gerstoft, P., Roux, P., Kuperman, W. A., & Fehler, M. C., 2005a. Extracting time-domain Green's function estimates from ambient seismic noise, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L03310, doi:10.1029/2004GL021862
7. Shapiro, N. M., Campillo, M., Stehly, L., and Ritzwoller, M. H., 2005. High-resolution surface – wave tomography from ambient seismic noise. *Science*, 307, 1615- 1618.
8. Stehly, L., Campillo, M., Froment, B., Weaver, R. L., 2008. Reconstructing Green function by correlation of the coda of the correlation of ambient seismic noise. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L07306, doi:10.1029/2007GL031009.
9. Yang, Y., Ritzwoller, M. H., Levshin, A. L., & Shapiro, N. M., 2007. Ambient noise Rayleigh wave tomography across Europe. *Geophys. J. Int.*, 168, 259–274.