# استفاده از تبدیل موجک پاکتی در تضعیف هواموج از رکوردهای لرزه‌ای

هاله عزیزی[۱] و حمیدرضا سیاهکوهی[۲]

[۱] دانشجوی دکتری ژئوفیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
[۲] استادیار گروه فیزیک زمین، مؤسسهٔ ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران

## چکیده

داده‌های لرزه‌ای همیشه با نوفه همراه‌اند. نوفه‌های لرزه‌ای حاصل از عملکرد چشمهٔ لرزه‌ای به نوع چشمه به‌کار رفته (چه در پروژه‌های نفتی و چه در لرزه‌نگاری مقیاس کوچک) بستگی دارد. به عنوان مثال می‌توان به ایجاد هواموج توسط چشمه‌های انفجاری (یا ضربه‌ای) اشاره کرد که به عنوان یک نوفه همدوس بر روی رکورد لرزه‌ای ظاهر می‌شود. این موج به علت طی مسافت کوتاه در هوا، با سیگنال‌های مطلوب بر رکورد لرزه‌ای (یعنی امواج بازتابی) همپوشانی فرکانسی قابل توجهی دارد. لذا فیلترهای فرکانسی برای تضعیف این نوفه مناسب نخواهد بود. روش‌های مختلفی همچون فیلترهای سرعتی در حوزه فوریه دو بعدی F-K و فیلتر K-L برای این منظور ابداع و مورد استفاده قرار گرفته است (Deighan and watts,1997؛ سیاهکوهی، ۱۳۷۹؛ گودرزی، ۱۳۸۱).

روشی که در این تحقیق برای تضعیف هوا موج مد نظر است، استفاده از تبدیل موجک پاکتی و انتقال داده به حوزه زمان ـ فرکانس است. این روش به علت دقت بالا در تفکیک موج به مولفه‌های سازنده آن و امکان بازسازی مجدد موج با ترکیب‌های متنوعی از مولفه‌ها، زمینه حذف نوفه هوا را با کمترین صدمه به سیگنال‌های بازتابی نسبت به روش‌های فیلترینگ فرکانسی و سرعتی فراهم آورده است.

**Abstract**

Seismic data always contaminated by noise. Source generated noises are mostly dependent to the type of utilized seismic source. Air waves are example of the source generated noise that propagates along the surface in the air. Due to their acceptable spectral overlap with seismic reflections, it is hard to suppress them by frequency filters. Conventional tools to remove air waves are F-K or K-L filters.

In this study we use a wavelet packet transform as a tool to design a filter in time-frequency domain. Due to the multi-resolution properties of filter banks, it is possible to attenuation air waves from seismic records without damaging the signals.

## مقدمه

هوا موج بخشی از انرژی لرزه‌ای است که با سرعت تقریبی صوت در هوا در امتداد سطح زمین حرکت می‌کند. این موج به‌خاطر صدای حاصل از عملکرد چشمه در عملیات لرزه‌ای خشکی ایجاد و توسط ژئوفون‌ها ثبت می‌گردد. چون هوا موج در امتداد سطح زمین منتشر می‌شود، بنابراین در رکورد لرزه‌ای روند خطی خواهد داشت. هوا موج‌ها با اینکه مقداری از انرژی خود را به هنگام انتشار در هوا از دست می‌دهند، با این وجود همپوشانی فرکانسی زیادی با امواج بازتابی موجود در رکورد لرزه‌ای دارند. بنابراین حذف آنها بسیار حساس بوده و باید با احتیاط صورت گیرد. حضور این گونه امواج بر روی مقاطع لرزه‌ای می‌تواند به‌عنوان رویدادهای غیر واقعی مفسر را تا حد زیادی دچار اشتباه در تشخیص صحیح وقایع بر روی رکورد لرزه‌ای نماید.

روش پیشنهادی ما در این مطالعه برای حذف هوا موج‌ها از رکورد لرزه‌ای، استفاده از امکانات حوزه زمان ـ فرکانس است. تبدیل‌های زمان ـ فرکانس که بهبود یافته ایده فوریه هستند، اجازه حذف یک فرکانس خاص در موقعیت زمانی معین را می‌دهند. در این تحقیق برای حذف نوفه هوا موج از داده‌های لرزه‌ای، از تبدیل موجک پاکتی WPT که نوع خاصی از تبدیل زمان ـ فرکانس است، استفاده شده است.

## بحث

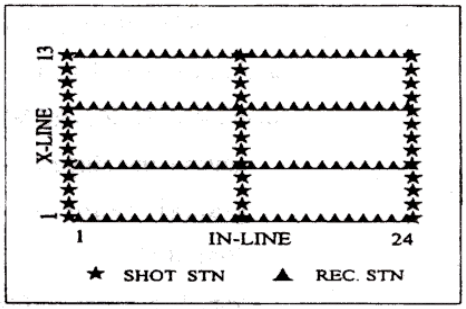
داده‌های لرزه‌ای بازتابی سه بعدی مورد بحث، با استفاده از آرایش متعامد چشمه و گیرنده در منطقه‌ای واقع در شرق شهر تورنتو (کانادا) برداشت شده است. در این برداشت موقعیت چشمه‌های مجاور از هم ۶ متر و فاصله موقعیت گیرنده‌های مجاور از هم ۳ متر تعیین شده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

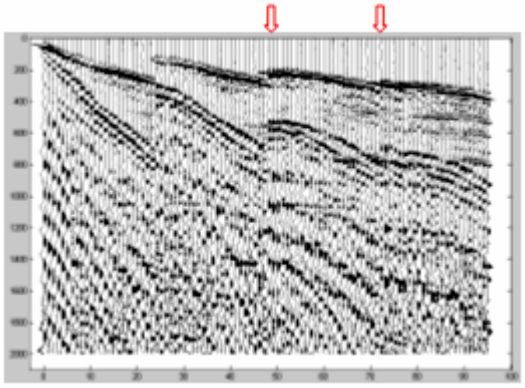
رکوردهای صحرایی با فاصله نمونه‌برداری ۰/۱۲۵ میلی‌ثانیه و با استفاده از لرزه‌نگار ۹۶ کاناله OYO-GEOSPACE مدل DAS-1 ثبت گردیده‌اند. در طول برداشت از Buffalo gun و گلوله شکاری کالیبر ۱۲ به عنوان انرژی لرزه‌ای استفاده شده است.

شکل (۱) محدوده فعال از آرایش متعامد به کار رفته را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل (۱) پیداست، به ازای هر چشمه تعداد ۹۶ گیرنده فعال وجود داشته است. به عبارت دیگر هر رکورد لرزه‌ای با چشمه مشترک شامل ۹۶ رد بوده که نمونه‌ای از آن در شکل (۲) نشان داده شده است. جزئیات بیشتر در مورد متغیرهای برداشت، مراحل پردازش و نتایج حاصله در مقاله سیاهکوهی و وست (۱۹۹۸) ارائه شده است.




**شکل ۱.** محدوده فعال از آرایش چشمه و گیرنده نوع متعامد که در براشت داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی مورد استفاده قرار گرفته است. محدوده شامل چهار خط (یا کابل) گیرنده هر کدام با ۲٤ دستگاه و سه خط چشمه هر کدام با ۱۲ ایستگاه است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، توزیع موقعیت چشمه‌ها و گیرنده‌ها سطحی است (سیاهکوهی، ۱۳۷۹).

بر خلاف برداشت‌های دو بعدی، در برداشت لرزه‌ای سه‌بعدی به خاطر توزیع سطحی موقعیت چشمه‌ها و گیرنده‌ها، امکان نمونه‌برداری یکنواخت در حیطه مکان از امواج رسیده وجود ندارد. علاوه بر آن، در رکوردهای حاصل از چشمه‌های قرارگرفته در x-line وسطی در شکل (۱) امواج منتشره در امتداد سطح مثل ریلی و هواموج دیگر بصورت رویدادهای خطی ظاهر نمی‌شوند بلکه در رکوردهای لرزه‌ای به صورت هذلولی ظاهر می‌شوند. این امر باعث می شود نتوان این امواج را به راحتی با فیلترهای سرعتی حذف کرد.

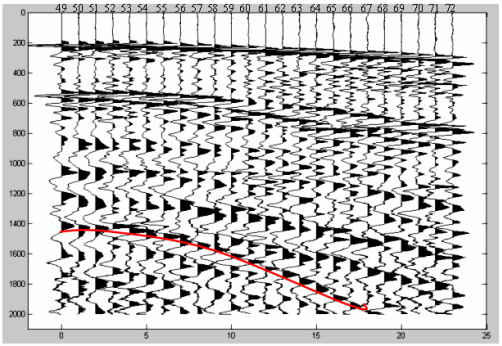


**شکل ۲.** رکورد لرزه‌ای سه‌بعدی چشمه مشترک. این رکورد توسط ۹٦ گیرنده موج P (هر ۲٤ گیرنده متصل به یک کابل گیرنده) ثبت شده است (سیاهکوهی، ۱۳۷۹)

شکل (۳) بخشی از رکورد شکل (۲) است (محدوده بین دو پیکان) که شامل ۲۴ گیرنده از شماره ۴۹ تا ۷۲ بوده و برای این مطالعه در نظر گرفته شده است.

Archive of SID

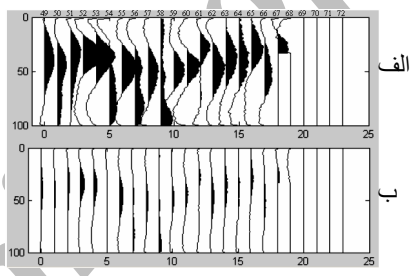
www.SID.ir



**شکل ۳.** بخشی از رکورد لرزه‌ای سه‌بعدی شکل (۲) مربوط به گیرنده‌های ٤٩ تا ٧٢

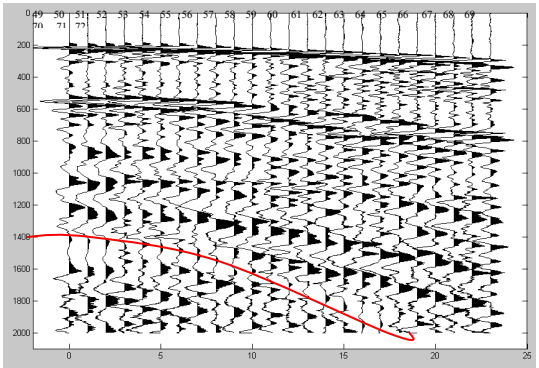
به منظور اعمال تبدیل موجک پاکتی، ابتدا تصحیح برونداد خطی بر روی رکورد لرزه‌ای چشمه مشترک اعمال شد. تصحیح برونداد خطی باعث شد تا موجک‌های مربوط به هواموج در این رکورد به صورت افقی درآمده و در همهٔ تریس‌ها تقریبا زمان رسید یکسانی داشته باشند.

همان‌طور که در شکل (۴. الف) نشان داده شده است، پس از اعمال این تصحیح، موجک‌های مربوط به هواموج در رکورد لرزه‌ای چشمه مشترک به صورت افقی ظاهر شده است. بخش انرژی لرزه‌ای مربوط به هوا موج تحت آنالیز موجک پاکتی قرار گرفت، تا انرژی این موج حتی‌المقدور تضعیف گردد. نتیجه در شکل (۴. ب) آمده است.




**شکل ۴.** الف. انرژی لرزه‌ای مربوط به هواموج پس از اعمال برونراند خطی ب. بخش باقی‌مانده از هواموج پس از اعمال فیلترموجک پاکتی.

در ادامه با عکس تبدیل موجک پاکتی و بازسازی رکورد لرزه‌ای نتیجه نهایی در شکل (۵) آمده است.



**شکل ۵.** رکورد لرزه‌ای سه‌بعدی چشمه مشترک پس از تضعیف هوا موج با استفاده از تبدیل موجک پاکتی.

Archive of SID

www.SID.ir

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج می‌توان اظهار داشت که تبدیل موجک پاکتی در حذف نوفه هوا موج کارایی نسبتاً قابل قبولی را ارائه می‌دهد. برتری این تبدیل نسبت به تبدیل‌های جایگزین مثل تبدیل K-L، محدود نبودن آن به انرژی‌های همدوس است.

## منابع


رسائی، م. ر.، ۱۳۸۴، " افزایش مقیاس مدل‌های زمین‌شناسی به مدل‌های شبیه‌سازی با استفاده از توابع موجک"، رساله دکتری، دانشکده فنی دانشگاه تهران

سیاهکوهی، ح. ر.، ۱۳۷۹، " استفاده از تبدیل Karhunen-Love در پردازش داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی"، نشریه فیزیک زمین و فضا، جلد ۲۶، شماره ۱، صفحه ۹۷-۱۰۶

گودرزی، ر.، ۱۳۸۱، " مقایسه کارایی تبدیل موجک در تضعیف امواج ریلی با فیلترهای فرکانسی و سرعتی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

مرادی، م. ح.، ۱۳۸۰، "ویولت، فیلتر بانک، تبدیل‌های زمان فرکانس و کاربرد آنها"، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

Ahmadi, D.H., 2001, "Principles and applications in signal processing", University of California at Berkely, Prentice Hall Press

Daubechies, I., 1992, "Ten lectures on wavelets", Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia, Pennsylvania, Capital City Press

Deighan, J.A., and Watts, R.D. 1997, "filtering of seismic data in 1-D using a wavelet packet transform", Department of Geology and Applied Geology, University of Glasgow, Geophysics, Vol 60, No. 7

Deighan, A. J., and Watts, D. R., (Nov. - Dec. 1997), 'ground – roll suppression using the wavelet transform", Geophysics. Vol 62, No. 6

Mallat, S. R., 1999, "A wavelet tour of signal processing", Harcourt science and technology company, Academic Press

Strange, G. and Nguyen, T., 1996, "wavelets and filler banks", Wellesley – Cambridge press

Vetterli, M., 1997, "wavelets and subband coding", University of California at Berkely, Prentice Hall PTR Press


Archive of SID

www.SID.ir