تخمین موجک چشمه لرزه‌ای با استفاده از تبدیل موجک گسسته

امین روشندل کاهو[۱] و حمیدرضا سیاهکوهی[۱]

[۱] دانشجوی دکتری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران
[۲] استادیار موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

چکیده

تخمین درست و دقیق موجک چشمه لرزه‌ای در پردازش و تفسیر داده‌های لرزه‌ای بازتابی بخصوص در وارون‌سازی داده‌ها از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. تا کنون روش‌های مختلفی برای تخمین موجک معرفی شده است. در این مقاله روش جدیدی بر مبنای تبدیل موجک گسسته برای تخمین موجک چشمه معرفی می‌شود. در این روش با تجزیه لگاریتم طیف دامنه ردلرزه، طیف دامنه موجک بدست می‌آید، سپس با فرض فاز کمینه یا فاز صفر برای موجک، موجک چشمه تخمین زده می‌شود. روش بر روی داده‌های مصنوعی و واقعی اعمال گردید. نتایج نشان می‌دهند که روش مذکور می‌تواند با دقت خوبی موجک چشمه را تخمین بزند.

Abstract

An accurate estimation of seismic source wavelet is very important in seismic data processing and interpretation especially in seismic inversion. Various methods have been introduced for wavelet estimation. In this paper we introduce a new method based on discrete wavelet transform for wavelet estimation. This method decompose amplitude spectrum of seismic trace, and compute the amplitude spectrum of seismic wavelet. Then with assuming the minimum-phase or zero-phase spectrum for wavelet, seismic source was estimated. We apply this method on synthetic and real seismic data. Results show that this method can estimate the source wavelet accurately.

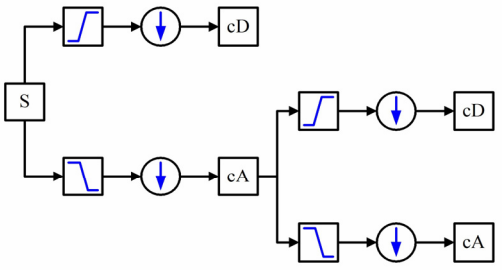
مقدمه

امروزه در پردازش داده‌های لرزه‌ای تخمین موجک به منظور طراحی عملگر واهامیخت بسیار مهم می‌باشد. تخمین دقیق موجک باعث افزایش کارآیی واهامیخت و افزایش قدرت تفکیک زمانی داده‌ها می‌گردد. از طرفی در مرحله تعبیر و تفسیر مهمترین مرحله وارون سازی داده‌ها به منظور تهیه مدل امپدانسی می‌باشد. کیفیت وارون سازی به همبستگی ردلرزه‌های مصنوعی و واقعی در اطراف چاه‌ها بستگی دارد. با افزایش دقت در تخمین موجک چشمه، این همبستگی افزایش می‌یابد.

محققان مختلف، روش‌های متفاوتی برای تخمین موجک معرفی نموده‌اند. از این جمله می‌توان به روش هوموморفیک (اولریچ، ۱۹۷۱)، روش حداقل مربعات (برخوت، ۱۹۷۷)، روش خودبرگشتی (نیر، ۱۹۸۳) و روش شبکه عصبی هاپفیلد (ونگ و مندل، ۱۹۹۲) اشاره نمود. در این مقاله از خاصیت حذف نوفه تبدیل موجک گسسته (مالات، ۱۹۹۹) برای تخمین موجک چشمه لرزه‌ای استفاده شده است. روش مذکور بر روی داده‌های مصنوعی و واقعی اعمال گردید و نتایج حاصل دقت این روش در تخمین موجک را نشان داد.

تبدیل موجک گسسته

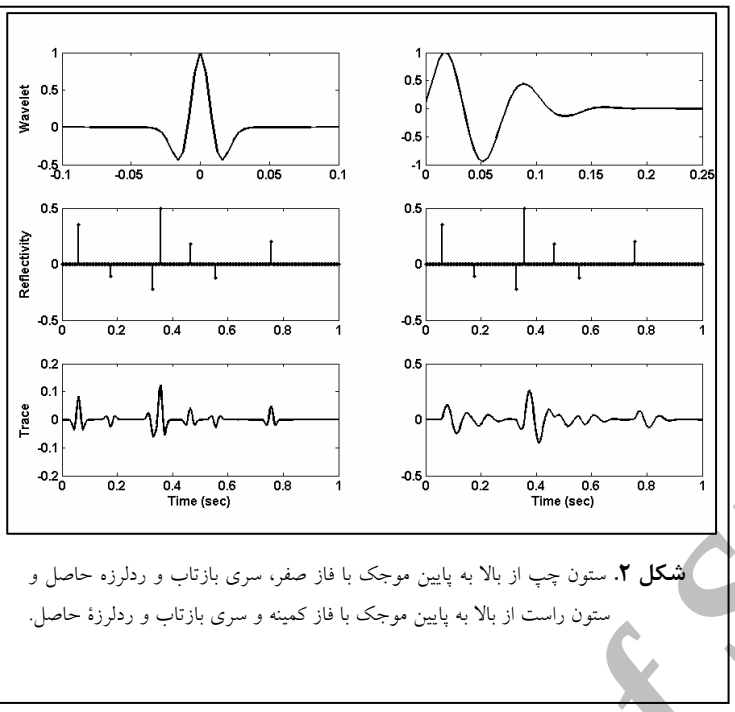
در تبدیل موجک پیوسته محاسبات برای تمام مقیاس‌ها انجام می‌شود. اما در تبدیل موجک گسسته بجای تمام مقیاس‌ها، مقیاس‌هایی از توان ۲ برای محاسبات انتخاب می‌شود. مالات (۱۹۹۹) تبدیل موجک گسسته را کاملاً توضیح داده است. اما به صورت خلاصه تبدیل موجک گسسته را می‌توان به صورت یک سری بانک‌های فیلتر تعریف نمود که روی سیگنال اعمال می‌شوند. در شکل ۱ تبدیل موجک گسسته به صورت شماتیک



شکل ۱. شمای کلی تبدیل موجک گسسته (موندیم و همکاران، ۲۰۰۶).

Archive of SID
www.SID.ir

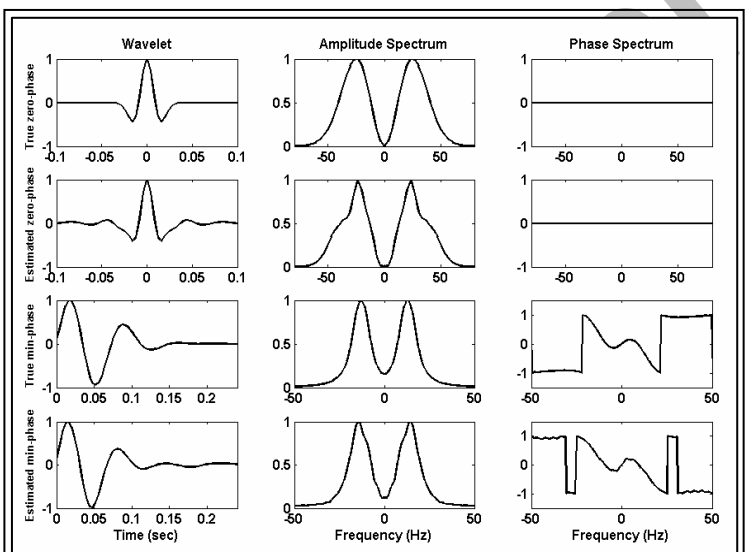
نشان داده شده است. این فیلترها به صورت جفت فیلترهای بالاگذر و پایین‌گذر در هر مرحله از تجزیه بر روی سیگنال اعمال و پس از آن تعداد نمونه‌ها کاهش می‌یابد. نتایج حاصل شامل یک سیگنال تقریب کلی و یک سیگنال جزئیات می‌باشد. در مرحله بعد می‌توان دوبار سیگنال تقریب کلی را تجزیه و عمل را تا هر مرحله از تجزیه ادامه داد. در این مقاله از تبدیل موجک گسسته پایا استفاده می‌شود. این تبدیل مانند تبدیل گسسته معمولی می‌باشد با این تفاوت که دیگر کاهش تعداد نمونه‌ها صورت نمی‌گیرد و سیگنال پس از تجزیه تعداد نمونه‌هایش ثابت است.



شکل ۲. ستون چپ از بالا به پایین موجک با فاز صفر، سری بازتاب و ردلرزه حاصل و ستون راست از بالا به پایین موجک با فاز کمینه و سری بازتاب و ردلرزهٔ حاصل.

تخمین موجک با تبدیل موجک گسسته

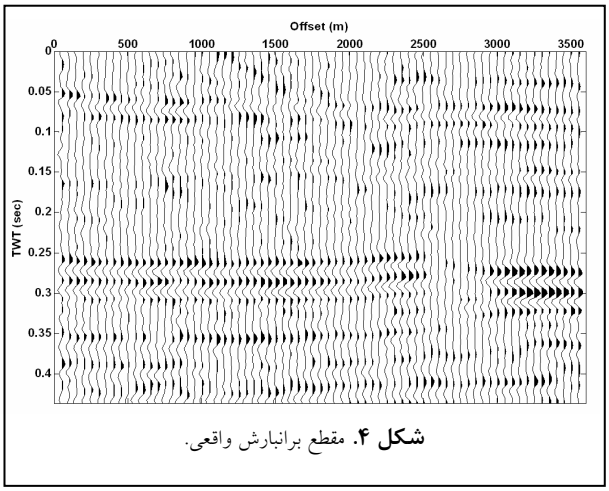
یکی از کاربردهای تبدیل موجک گسسته حذف نوفه می‌باشد. برای حذف نوفه سیگنال پس از تجزیه به سیگنال تقریب کلی و سیگنال جزئیات حاصل از مراحل مختلف تجزیه، با حذف قسمت‌های مربوط به نوفه که اغلب دارای فرکانس بالا می‌باشند، بازسازی می‌شود و بدین وسیله نوفه حذف می‌شود. در این مقاله از این خاصیت استفاده شده و با در نظر گرفتن سری بازتاب به عنوان نوفه و حذف آن موجک چشمه تخمین زده می‌شود. البته بدلیل اینکه ردلرزه حاصل همامیخت موجک و سری بازتاب زمین می‌باشد و این روش برای حذف نوفه‌های جمع‌شونده بکار می‌رود، نمی‌توان این روش را مستقیماً بر روی ردلرزه بکار برد. بنابراین ابتدا بایستی داده‌ها را به نوعی برای بکارگیری روش آماده نمود. برای این منظور ابتدا ردلرزه به حوزه فوریه منتقل و طیف دامنه آن محاسبه می‌شود. با این عمل همامیخت در حوزه زمان به ضرب در حوزه فوریه تبدیل می‌شود. با گرفتن لگاریتم از طیف دامنه ردلرزه که ضرب طیف دامنه‌های موجک و سری بازتاب می‌باشد به جمع تبدیل می‌شود. با توجه به خاصیت فرکانس بالا بودن سری بازتاب و طیف دامنه آن می‌توان، سری بازتاب را به عنوان نوفه در نظر گرفته و با روش تبدیل موجک گسسته آن را حذف و باقیمانده را به موجک نسبت داد و با معکوس نمودن



شکل۳. از بالا به پایین به ترتیب موجک واقعی با فاز صفر، موجک تخمینی با فاز صفر، موجک واقعی با فاز کمینه و موجک تخمین با فاز کمینه. از چپ به راست به ترتیب موجک، طیف دامنه و طیف فاز.

www.SID.ir

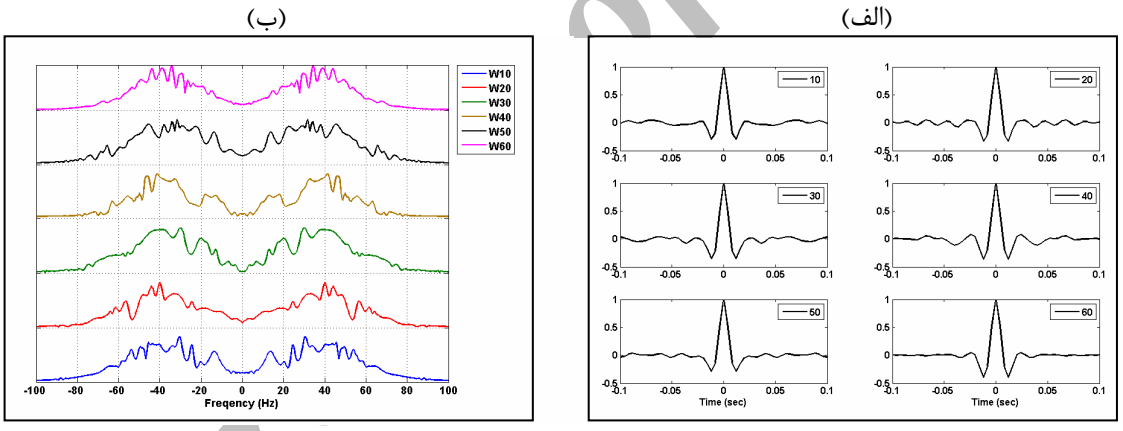
عملگر لگاریتم و تبدیل فوریه موجک را تخمین زد. لازم به ذکر است در این روش طیف دامنه موجک بدست می‌آید و طیف فاز آن را یا بایستی صفر (موجک با فاز صفر) در نظر گرفت یا با استفاده از طیف دامنه طیف فاز را برای موجک (موجک با فاز کمینه) تخمین زد.



شکل ۴. مقطع برانبارش واقعی.

بکارگیری تبدیل موجک گسسته در تخمین موجک از داده‌های مصنوعی و واقعی

در ادامه نتایج حاصل از اعمال روش بر روی ردلرزه مصنوعی و واقعی نشان داده می‌شود. در شکل ۲ دو ردلرزه مصنوعی حاصل از دو موجک با فاز صفر و فاز کمینه نشان داده شده است. شکل ۳ نتیجه اعمال روش بر روی دو ردلرزه را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، موجک تخمین زده شده برای هر دو حالت فاز کمینه و فاز صفر هم دارای مشخصات زمانی و هم دارای مشخصات فرکانسی یکسانی با موجک واقعی می‌باشد. در شکل ۳ دو ردیف بالایی به ترتیب موجک واقعی و موجک تخمین زده شده را نشان می‌دهد و از چپ به راست هم موجک، طیف دامنه و طیف فاز را برای هر کدام نشان می‌دهد. دو ردیف پایین نیز نتایج مربوط به موجک با فاز کمینه را نشان می‌دهد.



شکل ۵. (الف) موجک‌های تخمین زده شده برای ردلرزه‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ و (ب) طیف دامنهٔ آن‌ها

در شکل ۴ قسمتی از یک مقطع برانبارش واقعی را نشان می‌دهد که شامل ۷۰ ردلرزه و ۱۰۱ نمونه در هر ردلرزه می‌باشد. روش تخمین موجک با استفاده از تبدیل موجک گسسته بر روی تمام ردلرزه‌های مقطع برانبارش اعمال گردید و موجک هر ردلرزه جداگانه بدست آمد. در تخمین این موجک‌ها فاز برابر صفر در نظر گرفته شد. در شکل ۵ موجک‌های تخمین زده شده برای ۶ ردلرزه نشان داده شده است. شکل ۶ نیز طیف دامنه این موجک‌ها را با یکدیگر مقایسه کرده است. همانطور که در شکل دیده می‌شود، فرکانس غالب موجک‌های تخمین زده شده همگی در حدود ۴۰ هرتز می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت تبدیل موجک گسسته به عنوان ابزار جدیدی برای تخمین موجک به خوبی عمل کرده و موجک‌های با فاز کمینه و فاز صفر را با دقت خوبی تخمین می‌زند. چنانچه بتوان از روی داده‌های لرزه‌ای فاز حقیقی موجک را تخمین زد

Archive of SID

www.SID.ir

می‌توان موجک با فاز مرکب را نیز از داده‌ها با استفاده از این روش تخمین زد.

منابع

Berkhout, A. J., 1977, Least-square inverse filtering and wavelet deconvolution: Geophysics, **42**, 1369-1383.
Mallat, S., 1999, A wavelet tour of signal processing, Academic Press, New York.
Mundim, E. C., Schots, H. A., and Araujo, J. M., 2006, WTdecon, a colored deconvolution implemented by wavelet transform: The Leading Edge, April, 398-401.
Nair, G. J., 1983, Deconvolution of seismograms by autoregressive method: Geophysics, **48**, 229-233.
Ulrich, T. J., 1971, Application of homomorpic deconvolution to seismology: Geophysics, **36**, 650-660.
Wang, L. X., and Mendel, J. M., 1992, Adaptive minimum prediction-error deconvolution and source wavelet estimation using Hopfield neural networks: Geophysics, **57**, 670-679.

Archive of SID

www.SID.ir