

افزایش تفکیک پذیری داده لرزه‌ای با استفاده از نیلی‌سازی طیفی

مصطفی لطفی^۱، عبدالرحیم جواهریان^۲

^۱ دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، masoumelotfi@aut.ac.ir

^۲ استاد بازنشسته، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، استاد، دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، javaherian@aut.ac.ir

چکیده

دسترسی به داده لرزه‌ای با کیفیت بالا در تفسیر داده‌های لرزه‌ای و طبقه‌بندی خواص مخزنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نیلی‌سازی طیفی یکی از روش‌هایی است که به منظور افزایش تفکیک پذیری داده لرزه‌ای به داده اولیه اعمال می‌شود. بهبود کیفیت داده لرزه‌ای باعث کاهش عدم قطعیت در خصوص حضور سیال هیدرولوگی، تعیین دقیق موقعیت پدیده‌های کانالی، شناسایی گسل‌ها و شکستگی‌های کوچک مقیاس و دیگر رخدادهای ساختمانی می‌گردد. نیلی‌سازی طیفی، طیف متوسط داده لرزه‌ای را در یک پهنه‌ای باند تعریف شده با طیف سری بازتاب حاصل از داده‌های چاه تطبیق می‌دهد و با طراحی عملگرهای مخصوص، فرکانس‌های بالای تضعیف شده موجود در پهنه‌ای باند فرکانسی داده لرزه‌ای را تقویت می‌کند. در این مطالعه ضمن طراحی یک عملگر نیلی‌ساز با فاکتور نیلی‌سازی مناسب و اعمال آن بر داده لرزه‌ای، مشاهده گردید که میزان تفکیک پذیری قائم تا حد قابل قبولی بهبود یافته است.

واژه‌های کلیدی: داده لرزه‌ای، پهنه‌ای باند لرزه‌ای، تفکیک پذیری قائم، عملگر نیلی‌ساز، نیلی‌سازی طیفی

Increasing seismic resolution using spectral bluing

Masoume Lotfi¹, Abdolrahim Javaherian²

¹ Department of Petroleum Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

² Formerly Institute of Geophysics, University of Tehran, presently Department of Petroleum Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

Accessibility to high-resolution seismic data is necessary in seismic interpretation and reservoir characterization. Spectral bluing is one of the efficient methods used in increasing the vertical seismic resolution. Improving the quality of seismic data reduces uncertainty about the presence of hydrocarbons, detecting the accurate location of channel features, identifying small-scale faults and fractures and other tectonic events. Spectral bluing, matches the mean seismic spectrum to the reflectivity series spectrum in order to design a bluing operator to boost the attenuated higher frequencies within the seismic band. In this study, the effect of bluing operator performance on the seismic data has been investigated. The results of spectral bluing show that increasing seismic bandwidth improves the vertical seismic resolution.

Keywords: seismic data, seismic bandwidth, vertical resolution, bluing operator, spectral bluing

۱ مقدمه

از آنجا که داده‌های لرزه‌ای برداشت شده به روش‌های مرسوم اغلب باند محدود هستند، اطلاعات زمین‌شناسی تحت‌الأرضی محدودی بدست می‌دهند. علاوه بر این، فرکانس‌های بالای موجود در باند فرکانسی داده لرزه‌ای نسبت به فرکانس‌های پایین بیشتر تضعیف می‌شوند که این امر خود منجر به کاهش تفکیک پذیری قائم و از دست رفتن جزئیات می‌گردد. از این رو، تقویت فرکانس‌های بالای تضعیف شده تا حدی می‌تواند در بازیابی جزئیات از دست رفته مؤثر باشد. نیلی‌سازی طیفی روشی است که با طراحی یک یا چند عملگر ضمن تقویت فرکانس‌های بالای تضعیف شده موجود در باند فرکانسی، منجر به بهبود تفکیک پذیری می‌گردد. بلیچ-فریزر و نیپ (۲۰۰۴)، از مکعب وارون‌سازی رنگی حاصل از نتایج نیلی‌سازی طیفی به منظور استخراج جزئیات بیشتری از رخدادهای زمین‌شناسی کوچک مقیاس و نیز پدیده‌های کانالی موجود در داده لرزه‌ای متعلق به

میدان گازی کنوبال واقع در حوضه رسوی کلمبوس استفاده نمودند. کاظمینی و همکاران (۲۰۰۸)، با بهره‌گیری از شیوه نیلی‌سازی طیفی پیش از برآنبارش ضمن ممانعت از ایجاد پردازش‌ماندهای حلقه‌ای، تفکیک‌پذیری داده لرزه‌ای برداشت شده از محل تزریق و ذخیره‌سازی گاز کربن دی اکسید واقع در شهر کترین آلماں را ارتقاء دادند. یاداو و همکاران (۲۰۱۰)، از نیلی‌سازی طیفی به منظور افزایش تفکیک‌پذیری نواحی همکوک در گوههای نازک موجود در داده لرزه‌ای برداشت شده از سواحل شرقی هند استفاده نمودند. باباصفری و همکاران (۲۰۱۶)، از تلفیق نتایج نیلی‌سازی طیفی و همامیخت مجدد جهت افزایش تفکیک‌پذیری بازتابندهای نازک استفاده نمودند. در این مطالعه به بررسی تأثیر عملگر نیلی‌سازی طیفی بر تفکیک‌پذیری قائم داده لرزه‌ای پس از برآنبارش پرداخته شده است.

۲ نیلی‌سازی طیفی

نیلی‌سازی طیفی، طیف متوسط داده لرزه‌ای را با طیف سری بازتاب حاصل از داده‌های چاه تطبیق می‌دهد. این فرآیند موجک لرزه‌ای را به منظور ارتقای تفکیک‌پذیری داده لرزه‌ای، سفید می‌سازد و با اطمینان نسبتاً بالایی بیان می‌کند که داده لرزه‌ای آبی شده نشان دهنده بازتابی واقعی از زیر سطح زمین است (لانکستر و کنولی، ۲۰۰۷). اگرچه این روش طیف فرکانسی را تنها در محدوده فرکانسی داده لرزه‌ای بررسی می‌کند، اما با بازیابی فرکانس‌های بالای تضعیف شده قادر است تفکیک‌پذیری قائم را به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود دهد (بلیچ-فریزر و نیپ، ۲۰۰۴). طیف متوسط دامنه هموار شده با متعادل‌سازی طیف توان حاصل می‌شود. توان \bar{z} امین ردلرزه در فرکانس f و برش زمانی t ، طبق رابطه (۱) برابر با مجذور دامنه نمونه ردلرزه در پنجره زمانی تعریف شده می‌باشد (زنگ، ۲۰۱۰):

$$(1) \quad P_j(t, f) = a_j^2(t, f),$$

که a بزرگی طیف زمان-فرکانس \bar{z} امین ردلرزه است. به منظور بدست آوردن توان متوسط در بازه زمانی مورد نظر، کافی است متوسط طیف دامنه ردلرزه‌های $J = 1, \dots, J$ برای $1 + 2K$ نمونه موجود در پنجره‌های تحلیل عمودی محاسبه گردد (زنگ، ۲۰۱۰):

$$(2) \quad P_{avg}(t, f) = \frac{1}{J(2K+1)} \sum_{k=-K}^K \sum_{j=1}^J P_j(t + \Delta t, f).$$

طیف دامنه متوسط بیشینه و طیف دامنه نیلی شده طبق روابط (۳) و (۴) محاسبه می‌گردد (چی، ۲۰۱۷):

$$(3) \quad P_{peak}(t) = \max_f \lfloor P_{avg}(t, f) \rfloor$$

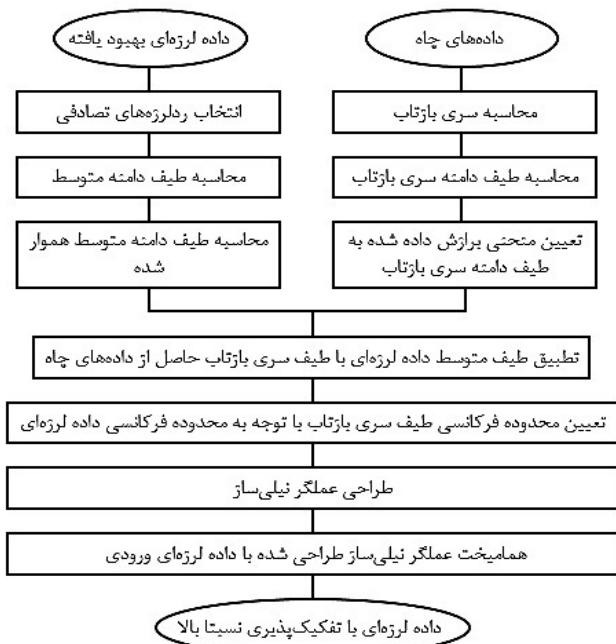
$$(4) \quad a_j^{blue}(t, f) = \left[\frac{P_{peak}(t)}{P_{avg}(t, f) + \varepsilon P_{peak}(t)} \right]^{\frac{1}{2}} f^\beta a_j(t, f),$$

که β فاکتور سفیدسازی (بر حسب درصد) و ε فاکتور نیلی‌سازی است ($0.0 < \beta < 0.4$). پس از متعادل‌سازی و نیلی-سازی طیف دامنه داده لرزه‌ای، ضمن ثابت ماندن فاز، ردلرزه‌های با تفکیک‌پذیری بالاتر بازسازی می‌گردند.

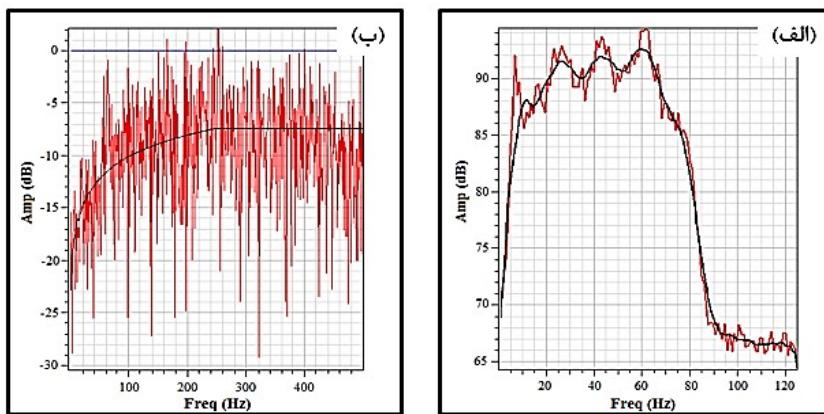
۳ روش تحقیق

برای بررسی تأثیر عملکرد نیلی‌سازی طیفی در افزایش تفکیک‌پذیری، از یک داده لرزه‌ای سه بعدی متعلق به بلوك هلندی دریای شمال استفاده شده است. داده لرزه‌ای توزیعی از زمان و مکان می‌باشد به طوری که بازه زمانی ۴ میلی‌ثانیه و بازه مکانی ۲۵ متر (به صورت خطوط چشمی و خطوط گیرنده) است. حجم کوچکی از داده‌ی لرزه‌ای با محدوده خطوط چشمی ۳۰۰-۴۰۰ و محدوده خطوط گیرنده ۱۰۰-۱۵۰۰ میلی‌ثانیه انتخاب شده است. در ابتدا یک مکعب هدایت شیب از داده لرزه‌ای که دربردارنده شیب و آزمیوت محلی رخدادهای لرزه‌ای در هر نقطه نمونه است، تهیه گردید. سپس با اعمال فیلتر میانه و جایگزینی مقدار میانه دامنه ردلرزه‌های مجاور هر نقطه داده، نوفه تصادفی موجود در داده لرزه‌ای تضعیف گردید. در ادامه به منظور بازیابی فرکانس‌های بالای تضعیف شده و تطبیق طیف دامنه متوسط داده لرزه‌ای با طیف دامنه سری بازتابی که محدوده فرکانسی آن منطبق بر محدوده فرکانسی داده‌های لرزه‌ای می‌باشد، عملگر نیلی‌سازی طراحی شده است. مراحل طراحی فیلتر نیلی‌سازی طیفی و اعمال آن به داده لرزه‌ای با استفاده از نرمافزار اپن دیتکت، به طور مختصر شرح داده شده است.

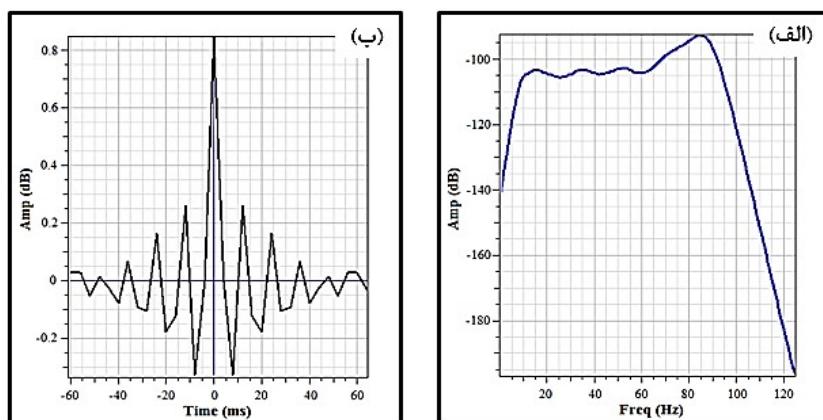
- محاسبه طیف دامنه متوسط و طیف دامنه متوسط هموار شده برای ردلرزهای تصادفی انتخابی از هر دو راستای خط چشم و خط گیرنده در پنجره زمانی مورد مطالعه،
 - تخمین طیف دامنه سری بازتاب حاصل از داده‌های چاه‌پیمایی در پنجره زمانی مورد مطالعه و تعیین تابعی نمایی (f^β) که بیشترین برآش را با طیف دامنه سری بازتاب زمین داشته باشد،
 - همامیخت عملگر نیلی‌ساز طراحی شده با داده لرزه‌ای ورودی به منظور ایجاد یک حجم بهبود یافته.
- طرحواره‌ای از مراحل کار در شکل ۱ ترسیم شده است. در شکل ۲-الف طیف دامنه متوسط (رنگ قرمز) و طیف دامنه متوسط همواره شده (رنگ مشکی) برای ۴۰ ردلرزه تصادفی در پنجره زمانی ۵۰۰ میلی ثانیه نمایش داده شده است. در شکل ۲-ب طیف دامنه متوسط سری بازتاب (رنگ قرمز) و منحنی برآش داده شده به آن (رنگ مشکی) در پنجره زمانی مورد مطالعه به تصویر کشیده شده است. لازم به ذکر است که مقدار β در این مطالعه برابر 0.343 برآورد گردیده است. شکل‌های ۳-الف و ۳-ب به ترتیب نشان دهنده عملگر نیلی‌ساز در حیطه فرکانس و حیطه زمان می‌باشند. در شکل‌های ۴-الف و ۴-ب داده لرزه‌ای اولیه قبل و بعد از اعمال عملگر نیلی‌ساز طیفی در برش طولی 360 با یکدیگر مقایسه شده است. افزایش تفکیک-پذیری قائم به خصوص در نواحی مشخص شده به وضوح قابل مشاهده است.



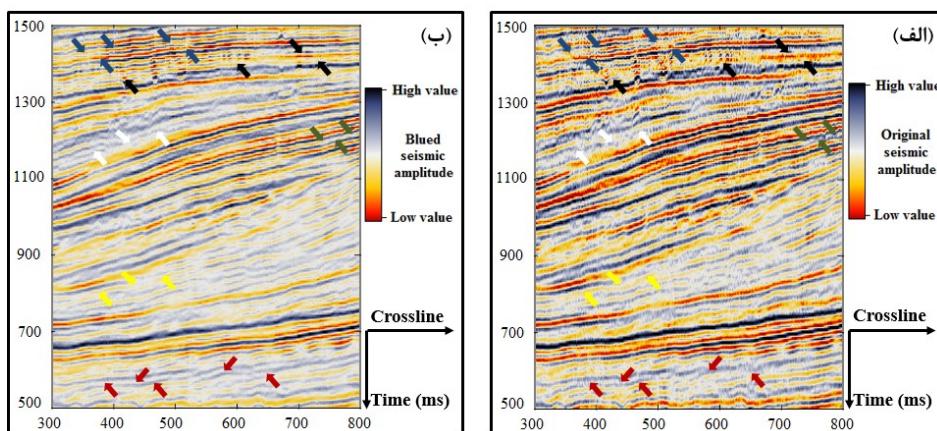
شکل ۱. طرحواره‌ای از مراحل کار.



شکل ۲. (الف) طیف دامنه متوسط (رنگ قرمز) و طیف دامنه متوسط هموار شده (رنگ مشکی) ردلرزهای تصادفی، (ب) طیف دامنه متوسط سری بازتاب (رنگ قرمز) و منحنی برآش داده شده به آن (رنگ مشکی).



شکل ۳. (الف) عملگر نیلی‌ساز در حیطه فرکانس، (ب) عملگر نیلی‌ساز در حیطه زمان.



شکل ۴. (الف) داده لرزه‌ای اولیه، (ب) داده لرزه‌ای پس از اعمال عملگر نیلی‌ساز در برش طولی ۳۶۰. تفکیک‌پذیری بازتابنده‌های لرزه‌ای موجود در داده لرزه‌ای اولیه و داده لرزه‌ای نیلی‌سازی شده در موقعیت پیکان‌های رنگی با یکدیگر مقایسه شده است.

۴ نتیجه‌گیری

از آنجا که داده‌های لرزه‌ای با کیفیت بالا در تفسیر و طبقه‌بندی خواص مخزنی، از اهمیت بالایی برخوردار است، بهبود تفکیک‌پذیری قائم داده لرزه‌ای می‌تواند با کاهش عدم قطعیت رویدادها و افزایش میزان جزئیات همراه باشد. طراحی عملگر نیلی‌ساز با تقویت فرکانس‌های بالای تضعیف شده موجود در باند فرکانسی داده لرزه‌ای و نیز افزایش نسبت سیگنال به نویه، توانسته جزئیات بالاتری از بازتابنده‌های لرزه‌ای و رخدادهای زمین‌شناسی را نمایش دهد. لازم به ذکر است که افزایش تفکیک‌پذیری قائم بدون هیچ‌گونه افزایش نویه‌ای صورت گرفته است.

منابع

- Babasafari, A., Kazemeini, H. and Bayati, F., 2016, Enhancing seismic data resolution by integrating seismic spectral Blueing and Convolution of thin bed reflectivity techniques: a new approach to resolve thin beds pay zones, International Conference and Exhibition, SEG and AAPG, Abstract, 140-140.
- Blache-Fraser, G. and Neep, J. P., 2004, Increasing seismic resolution using spectral blueing and colored inversion: Cannonball field, Trinidad, 74th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 1794–1797.
- Kazemeini S. H., Fomel, S. and Juhlin, C., 2008, Pre-stack spectral blueing: a tool for increasing seismic resolution, 78th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstract, 854–857.
- Lancaster, S., and Connolly, P., 2007, Fractal layering as a model for colored inversion and blueing, 69th Annual International Conference and Exhibition, EAGE, Extended Abstracts, B009.
- Qi, J., 2017, Attribute assisted seismic facies, faults, karst and anisotropy analysis, PHD Thesis, University of Oklahoma, Norman, Oklahoma.
- Yadav, A., Yadav, J. P., Garg, A. and Hemalatha, K., 2010, Thin bed resolution using seismic spectral bluing method: a case study from east coast of India, 8th Biennial International Conference and Exposition on Petroleum Geophysics, Hyderabad, India, 367-369.
- Zhang, K., 2010, Seismic attribute analysis of unconventional reservoirs, and stratigraphic patterns, PHD Thesis, University of Oklahoma, Norman, Oklahoma.