

شناسایی کانال‌های مدفون با استفاده از روش برانبارش رنگی (RGB)

مهدی صادقی^۱، امین روشندل کاهو^{۱*}، حمیدرضا سیاه‌کوهی^۲ و علیرضا حیدریان^۲

^۱دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران
^۲موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۲۸)

چکیده

تجزیه طیفی داده‌های لرزه‌ای، حجم زیادی از داده در بسامدهای مختلف تولید می‌نماید که می‌توان آن‌ها را بصورت مکعب‌های تک‌بسامد تجزیه نمود. از این مکعب‌ها که حاوی اطلاعات مفیدی از روندهای ساختاری و نهشته‌های رسوبی می‌باشند، می‌توان جهت نمایش این روندها استفاده نمود. در این مقاله سه روش نمایش این روندها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در روش اول با استفاده از برش زمانی از مکعب‌های تک‌بسامد، تغییرات ناشی از این الگوها نمایش داده می‌شود. در این روش مقاطع تک‌بسامد مختلف بررسی می‌گردند و یک مفسر با تجربه می‌تواند با مشاهده تغییرات این مقاطع با بسامد از تغییرات عرض و محتویات کانال اطلاعاتی بدست آورد. از آنجایی که فرکانس‌های پایین و بالا دارای اطلاعات متفاوتی از رویدادها می‌باشند، تصاویر تک‌بسامد نمی‌توانند اطلاعات مورد نیاز از رویداد را بطور همزمان نمایش دهند. در دو روش دیگر مورد بررسی در این مقاله با استفاده از برانبارش رنگی، مقاطع RGB از این برش‌ها تهیه می‌شود که به دلیل داشتن محتویات بسامدی مختلف دارای اطلاعات بیشتری از نمایش تک‌بسامد می‌باشند. در این مقاله مقاطع RGB به دو صورت RGB معمولی و RGB با توابع پایه تهیه شده است. در روش RGB معمولی با استفاده از سه برش تک‌بسامد مجزا به ازای فرکانس‌های مختلف، مقاطع برانبارش رنگی تهیه می‌گردد. در این حالت اگرچه مشکل روش تصاویر تک‌بسامد تا حدودی برطرف می‌گردد، اما فقط از سه مقطع تک‌بسامدی استفاده شده و در عمل قسمت اعظمی از اطلاعات مقاطع تک‌بسامد دیگر همچنان نادیده گرفته شده‌اند. در روش RGB با توابع پایه با استفاده از پنجره‌هایی محدوده‌های بسامدی خاصی به عنوان مولفه‌های قرمز، آبی و سبز در نظر گرفته می‌شوند و مقاطع RGB به تصویر درمی‌آیند. مقایسه نتایج این سه روش نمایش برای نمایش کانال‌های مدفون نشان داد که روش برانبارش رنگی نسبت به روش تک‌بسامد با دقت بیشتری کانال‌ها را نشان می‌دهد و همچنین استفاده از توابع پایه بدلیل استفاده از اطلاعات بیشتر نتایج بهتری نسبت به روش RGB معمولی در نمایش کانال‌های مدفون ایجاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: کانال‌های مدفون، تجزیه طیفی، تبدیل فوریه زمان کوتاه، تبدیل S، برانبارش رنگی، مقاطع تک‌بسامد

Detection of buried channels using color stack method (RGB)

Mehdi Sadeghi¹, Amin Roshandel Kahoo^{1*}, Hamid Reza Siahkoochi² and Alireza Heydarian²

¹School of Mining, Petroleum and Geophysics, Shahrood University of Technology, Iran

²Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

(Received: 10 February 2012, accepted: 18 September 2012)

*Corresponding author:

roshandel@shahroodut.ac.ir

*نگارنده رابط:

Summary

Spectral decomposition of time series has a significant role in seismic data processing and interpretations. Since the earth acts as a low-pass filter, it changes the frequency content of the passing seismic waves. Conventional methods of representing signals in a time domain and frequency domain cannot show the time information and the frequency information simultaneously. Time-frequency transforms an upgraded spectral decomposition to a new step and can show time and frequency information simultaneously.

Time-frequency transforms generate a high volume of spectral components, which contain useful information about the reservoir and can be decomposed into single frequency volumes. These single frequency volumes can overload the limited space of a computer hard disk and are not easy for an interpreter to investigate them individually; therefore, it is important to use methods to decrease the volume without losing information. The frequency slices are thus separated from these volumes and used for an interpretation.

In this study, three different methods were used to represent a buried channel. In the first method, the numbers of the single frequency slices were investigated, variations of the frequency amplitudes in the slices were observed, and an expert interpreter could obtain some information about the channel content and lateral variation. Since different frequencies contain different types of information (low frequencies are sensible to channel content and high frequencies are sensible to channel boundaries), none of the slices were able to show all information simultaneously. In the next two methods using a color stacking method, the RGB plots were constructed which, due to the different frequency content, resulted in more information than the frequency slice representation method.

An RGB image, sometimes referred to as a true color image, is an image that defines red, green, and blue color components for each individual pixel and has an intensity between 0 and 1. In this study, RGB plots were constructed in two different manners, RGB plots based on conventional RGB plot methods and RGB plots using basis functions. In the conventional method, three different frequency slices were mapped against the red, green and blue components. Although this method obviates some drawbacks of the single frequency plots, it uses only three slices and practically ignores a big part of information. Using basis functions and defining windows, the interpreter was able to introduce some frequency intervals and plot them against the primary components and use the total bandwidth or its major part. Three simple raised cosine functions having different frequency centers and different periods were chosen. The image quality strongly depended on these two parameters. Longer window widths will introduce longer frequency widths into every primary component and resulted in smoother color combinations for images and very short periods had the same results as the conventional RGB plot method. Different centers showed different details. Low frequency centers showed channel content properties, and high frequency centers showed channel boundaries and fine branches.

In this study, the spectral decomposition was first performed on land seismic data from an oil field in Iran using a short time Fourier (STFT) transform and an S transform. Then three demonstration methods were applied for channel detection. Finally it was shown that how RGB color stacking method represented buried channels in more precise images and how a basis function based RGB represents better results than the conventional RGB method.

Key words: Buried channels, spectral decomposition, color stack, short time Fourier transform, S transform, single frequency slices

۱ مقدمه

به اطلاعات موجود آسیبی وارد نسازند، بسیار حائز اهمیت هستند. در این مقاله، سه روش برای نمایش داده‌های تجزیه طیفی به منظور اکتشاف کانال‌های مدفون مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش اول، که یکی از معمول‌ترین روش‌ها است، داده‌های حاصل از تجزیه طیفی به تعدادی مکعب تک‌بسامد سه‌بعدی تجزیه می‌شود و بُرش‌های زمانی بسته به موقعیت زمانی الگوهای موجود در داده لرزه‌ای، در هر مکعب ایجاد می‌شود. در این روش این مقاطع به‌ازای بسامدهای گوناگون مورد بررسی قرار می‌گیرند و می‌توان تغییرات تدریجی در محتویات و ابعاد رویدادهای موجود را تا حدودی مشاهده کرد (فاهمی و همکاران، ۲۰۰۵).

از آنجاکه بسامدهای گوناگون حاوی اطلاعات متفاوتی هستند، برای مثال بسامدهای زیاد مرزها را به‌خوبی نمایش می‌دهند و بسامدهای کمتر، حساسیت بیشتری به محتوای درون کانال دارند، لذا نمایش هم‌زمان این اطلاعات در یک تصویر می‌تواند کمک شایانی به مفسر کند. در روش دوم با استفاده از روش برانبارش رنگی (اونستوت و همکاران، ۱۹۸۴؛ تفانیس و کوئین، ۲۰۰۰؛ لیو و مارفورت، ۲۰۰۷) مقاطع RGB از مقاطع تک‌بسامد تهیه می‌شود. در این روش تصاویر RGB با استفاده از سه مقطع تک‌بسامد مجزا (بسامد کم درحکم مولفه سرخ، بسامد میانی درحکم مولفه سبز و بسامد زیاد درحکم مولفه آبی) تهیه و اطلاعات مورد استفاده در نمایش نسبت به روش تک‌بسامد سه برابر می‌شود. با وجود استفاده از تعداد بیشتری از مقاطع تک‌بسامد نسبت به روش قبل، حجم زیادی از اطلاعات هنوز نادیده گرفته می‌شود. در روش سوم (استارک، ۲۰۰۵) با استفاده از تابع‌های پایه، مجموع حاصل ضرب تابع‌های پایه و مقاطع تک‌بسامد در محدوده‌های بسامدی گوناگون درحکم مولفه‌های رنگی سرخ (محدوده بسامدهای کم)، آبی (محدوده بسامدهای متوسط) و سبز (محدوده بسامدهای

امروزه تحلیل طیفی سری‌های زمانی دارای کاربرد فراوانی در پردازش و تفسیر داده‌های لرزه‌ای است. با توجه به اینکه زمین به هنگام انتشار امواج لرزه‌ای، رفتاری چون فیلتر پایین‌گذر دارد، موجب تغییر محتوای بسامدی امواج لرزه‌ای با زمان می‌شود. شیوه‌های مرسوم نمایش سیگنال‌ها در حوزه زمان و حوزه فوری، علی‌رغم کاربردهای گسترده‌ای که دارند، نمی‌توانند به‌طور هم‌زمان اطلاعات زمانی و بسامدی را به‌صورت متمرکز نمایش دهند. با معرفی تبدیل‌های زمان - بسامد و نمایش سیگنال‌ها در حوزه‌ای که هم‌زمان اطلاعات زمانی و بسامدی به‌صورت متمرکز در اختیار است، پردازش سیگنال‌ها وارد مرحله جدیدی شد که کارایی آن را بسیار افزایش داد. تبدیل‌هایی نظیر تبدیل فوری زمان کوتاه (گابور، ۱۹۴۶)، توزیع ویگنر - وایل (ویگنر، ۱۹۳۲؛ وایل، ۱۹۴۸)، تبدیل موجک (مالات، ۱۹۹۹) و تبدیل S (استاک‌ول و همکاران، ۱۹۹۶) در چند دهه اخیر در زمینه‌های متفاوتی از علوم، به‌خصوص لرزه‌شناسی که با سیگنال‌ها و پردازش آنها سر و کار دارند، به‌صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند (ماتوس و همکاران، ۲۰۰۵؛ کستگنا و همکاران، ۲۰۰۳؛ سینها و همکاران، ۲۰۰۵؛ لیته و همکاران، ۲۰۰۸؛ عسکری و سیاه‌کوهی، ۲۰۰۸؛ فدی و کوارتا، ۱۹۹۸؛ مارتلت و همکاران، ۲۰۰۱؛ لیریو و همکاران، ۲۰۰۴؛ کوپر، ۲۰۰۶، روش‌شناسی کاهو و سیاه‌کوهی، ۲۰۰۹).

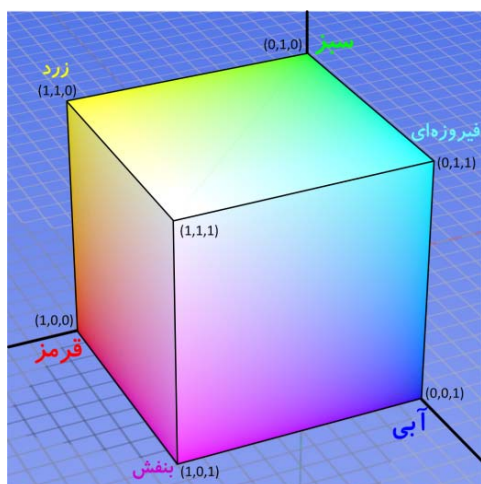
داده‌های تجزیه طیفی با تبدیل‌های زمان - بسامد را می‌توان به روش‌های گوناگونی نمایش داد. تجزیه طیفی مکعب سه‌بعدی داده‌های لرزه‌ای، به‌ازای هر بسامد مکعبی هم‌بعد با داده لرزه‌ای ورودی ایجاد می‌کند. استفاده هم‌زمان از این حجم زیاد داده، هم از نظر محاسباتی و هم از نظر تفسیری بسیار مشکل است. لذا روش‌هایی که بتوانند این حجم زیاد داده را کاهش دهند و در عین حال

به صورت رابطه (۲) نشان داده می شود (استاکول و همکاران، ۱۹۹۶):

$$\phi_{\tau,f} = \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{-f^2(t-\tau)^2}{2}\right)} e^{-2\pi i f \tau}. \quad (2)$$

رابطه تبدیل S برای سیگنال مانند $x(t)$ به صورت رابطه (۳) است (استاکول و همکاران، ۱۹۹۶):

$$S_x(t,f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(\tau) \left\{ \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{-f^2(t-\tau)^2}{2}\right)} e^{-2\pi i f \tau} \right\} d\tau. \quad (3)$$



شکل ۱. نمایش رنگ‌های اصلی براساس شدت مولفه‌های موجود.

۳ برانبارش رنگی

اولین تصویر چندنشانگری در دهه ۱۹۶۰ با برهم‌نهی تصاویر لرزه‌ای و سرعت بازه‌ای پدید آمد (چوپرا و مارفورت، ۲۰۰۵). پس از آن تصاویر برانبارشی به سرعت توسعه یافت و از مقاطع برانبارشی دو بُعدی قائم یا افقی به مکعب‌های حجمی ارتقا یافت. هم‌زمان با پیشرفت این تصاویر، رنگ‌ها نیز توسعه پیدا کرد و از تصاویر یک بیت (دو رنگی) به تصاویر هشت بیت (۲۵۶ رنگی) ارتقا یافت. مدل رنگی RGB مدلی برانبارشی است که در آن رنگ‌های سرخ، سبز و آبی به منظور تولید رنگ‌های دیگر

(بالا) در نظر گرفته می‌شود. روش تجزیه طیفی مورد استفاده در این مقاله، تبدیل فوریه زمان کوتاه و تبدیل S است که در اینجا نتایج حاصل از آنها با سه روش پیش گفته نمایش داده شده و با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

۲ تبدیل فوریه زمان کوتاه و تبدیل S

تبدیل فوریه زمان کوتاه برای یک سیگنال مانند $x(t)$ به صورت رابطه (۱) به دست می‌آید (گابور، ۱۹۴۶):

$$STFT(t,f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(\tau) g^*(\tau-t) e^{-i2\pi f \tau} d\tau, \quad (1)$$

که $g(t)$ یک پنجره حقیقی و متقارن است. پنجره‌ای کردن سیگنال در این تبدیل، براساس اصل عدم قطعیت هایزنبرگ سبب اعمال محدودیت در قدرت تفکیک صفحه زمان - بسامد می‌شود. کوچک بودن این پنجره سبب افزایش قدرت تفکیک در راستای زمان و کاهش قدرت تفکیک در راستای بسامد می‌شود و برعکس. از طرفی ابعاد جعبه هایزنبرگ در این تبدیل ثابت است (روشندل، ۱۳۸۸).

تبدیل S (استاکول و همکاران، ۱۹۹۶) یکی از تبدیل‌های زمان - بسامدی است که از جهاتی دارای شباهت‌هایی با تبدیل فوریه زمان کوتاه و از جهاتی دارای شباهت‌هایی با تبدیل موجک (مالات، ۱۹۹۹) است. در تبدیل S مانند تبدیل فوریه زمان کوتاه، از تبدیل فوریه پنجره‌ای استفاده شده است با این تفاوت که در این تبدیل مانند تبدیل موجک، عرض و دامنه پنجره به بسامد f وابسته است. این ارتباط در مورد عرض پنجره با بسامد به صورت معکوس و در ارتباط با بزرگی به صورت مستقیم است. در تبدیل S برخلاف تبدیل موجک از اتم زمان - بسامد سینوس وار فوریه مختلط استفاده شده است. این اتم برخلاف موجک‌هایی که در تبدیل موجک از آنها استفاده می‌شود، شکل قسمت حقیقی و موهومی‌اش با انتقال، تغییر می‌کند. اتم زمان - بسامد در تبدیل S

سبز و B مولفه آبی هر پیکسل است و شدت هر مولفه بین صفر و یک قرار می‌گیرد. بنابراین (۰،۰،۰) بیانگر رنگ سیاه و (۱،۱،۱) بیانگر رنگ سفید برای یک پیکسل مشخص خواهد بود. مطابق شکل ۱، هنگامی که شدت یکی از مولفه‌ها از دو مولفه دیگر بیشتر باشد، رنگ نهایی آن پیکسل به آن مولفه متمایل می‌شود و هنگامی که دو مولفه دارای شدت یکسانی باشند، رنگ نهایی به سمت رنگ‌های فرعی تمایل می‌یابد.

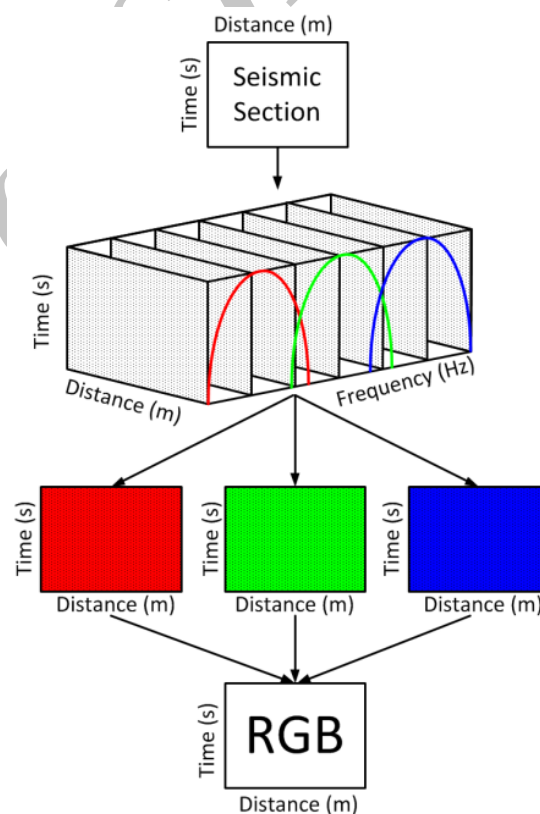
در روش RGB با تابع‌های پایه ابتدا سه تابع پایه متفاوت به‌ازای مولفه‌های سرخ، سبز و آبی با استفاده از رابطه (۴) تعریف می‌شود (لیو و مارفورت، ۲۰۰۷). که مقدار متناظر تابع پایه به‌ازای هر بسامد f ، در مقطع تک‌بسامدی همان بسامد ضرب می‌شود.

$$\text{Basis Function} = 0.5 \times \left(1 + \cos \left(\pi \frac{f - f_{\text{RGB}}}{k \times f_{\text{bandwidth}}} \right) \right), \quad (4)$$

که f بسامد، f_{RGB} بسامد مرکزی تابع‌های پایه که درحکم مولفه‌های سرخ، سبز و آبی در نظر گرفته می‌شود، $f_{\text{bandwidth}}$ پهنای نوار بسامدی داده‌های لرزه‌ای مورد استفاده و k نیز عددی ثابت است که پهنای تابع پایه مورد استفاده را در صورت ثابت ماندن پارامترهای دیگر، تغییر می‌دهد. بدیهی است که با افزایش مقدار k ، دوره و در نتیجه پهنای تابع‌های پایه افزایش می‌یابد. اگر مقدار k بسیار کوچک در نظر گرفته شود، پهنای بسامدی تابع‌های پایه بسیار کم خواهد بود و این تابع‌ها فقط به‌ازای بسامد مرکزی مقدار غیر صفر خواهد داشت و بنابراین روش نمایش RGB با استفاده از تابع‌های پایه و RGB معمولی نتیجه یکسانی خواهند داشت.

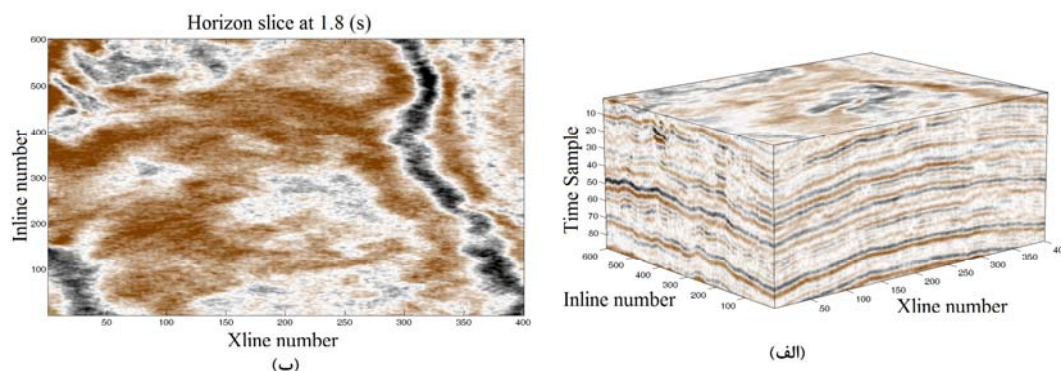
پس از تعریف تابع‌های پایه مطابق شکل ۲ این تابع‌ها در مقاطع تک‌بسامد به‌ازای هر بسامد f ضرب می‌شوند و مجموع حاصل ضرب‌ها به‌ازای هر بسامد مرکزی محاسبه، و به بسامد مرکزی مربوط به مولفه رنگی خود نسبت داده و نمایش RGB از این مولفه‌های جدید تولید می‌شود.

با هم ترکیب می‌شوند. از این مدل در رایانه‌ها و نمایشگرهای تلویزیونی نیز استفاده می‌شود. روش برانبارش رنگی در ژئوفیزیک را اولین بار اونسوتوت (۱۹۸۴) با در نظر گرفتن زوایای برانبارش دورآفت‌های نزدیک، میانه و دور به‌منزله مولفه سرخ، سبز و آبی مورد استفاده قرار داد. باهوریچ و همکاران (۲۰۰۲) روش برانبارش رنگی را روی داده‌های تجزیه طیفی اعمال کردند. از جمله افراد دیگری که در تحقیقاتشان از روش نمایش برانبارش رنگی استفاده کردند، می‌توان به استارک (۲۰۰۵) و لیو و مارفورت (۲۰۰۷) اشاره کرد.



شکل ۲. نمایش طرحوار تشکیل تصاویر RGB با تابع‌های پایه از مقاطع لرزه‌ای (با تغییر از لیو و مارفورت، ۲۰۰۷).

تصاویر RGB که گاهی اوقات با نام تصاویر با رنگ حقیقی نیز شناخته می‌شوند به‌صورت یک آرایه $m \times n \times 3$ هستند که R بیان‌کننده مولفه سرخ، G مولفه

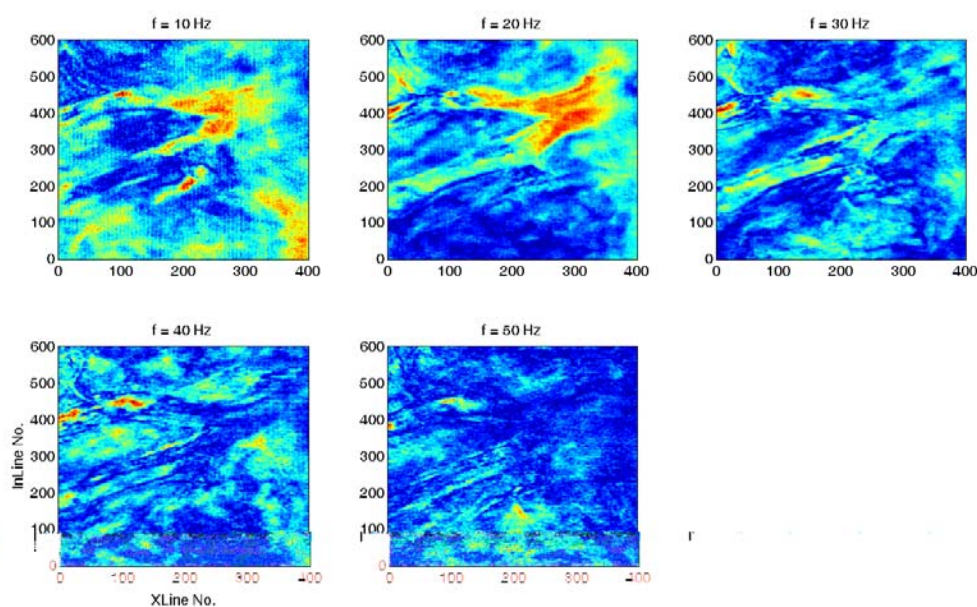


شکل ۳. (الف) مکعب لرزه‌ای داده‌ها و (ب) برش زمانی از مکعب لرزه‌ای در زمان ۱/۸ ثانیه.

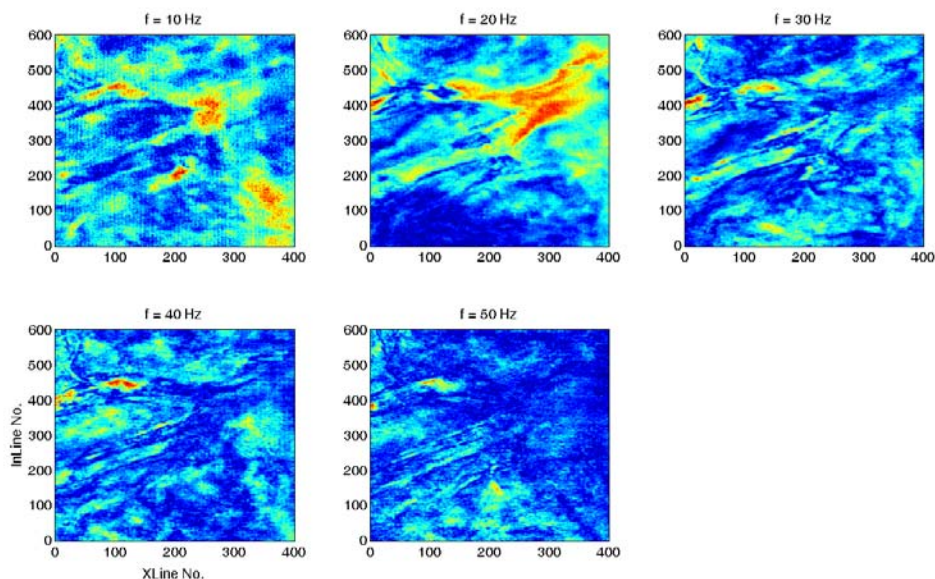
می‌شود در داده لرزه‌ای کانال به‌وضوح قابل مشاهده نیست. برای نمایش بهتر کانال از تجزیه طیفی با استفاده از تبدیل فوریه زمان کوتاه و تبدیل S بهره گرفته شده است. داده‌های لرزه‌ای مورد استفاده دارای پهنای نوار بسامدی مفید ۷۰ هرتز هستند و در شکل ۴ و ۵ برش‌های زمانی ۱/۸ ثانیه برای بسامدهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ هرتز به‌ترتیب برای تبدیل فوریه زمان کوتاه و تبدیل S نشان داده شده است. در این شکل‌ها نسبت به داده لرزه‌ای خام، کانال با وضوح بیشتری قابل مشاهده است.

۴ کاربرد روش روی داده‌های واقعی

در این مقاله از روش نمایش برانبارش رنگی برای شناسایی بهتر کانال‌های مدفون که می‌توانند محل مناسبی برای تجمع هیدروکربن باشند، استفاده می‌شود. شکل ۳-الف مکعب لرزه‌ای واقعی مورد استفاده در این مقاله را نشان می‌دهد که دارای خط چشمه و ۶۰۰ خط گیرنده و مربوط به یکی از میادین نفتی ایران است. در این منطقه یک کانال مدفون وجود دارد که در زمان ۱/۸ ثانیه داده‌های لرزه‌ای قرار دارد. در شکل ۳-ب برش زمانی ۱/۸ ثانیه نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده



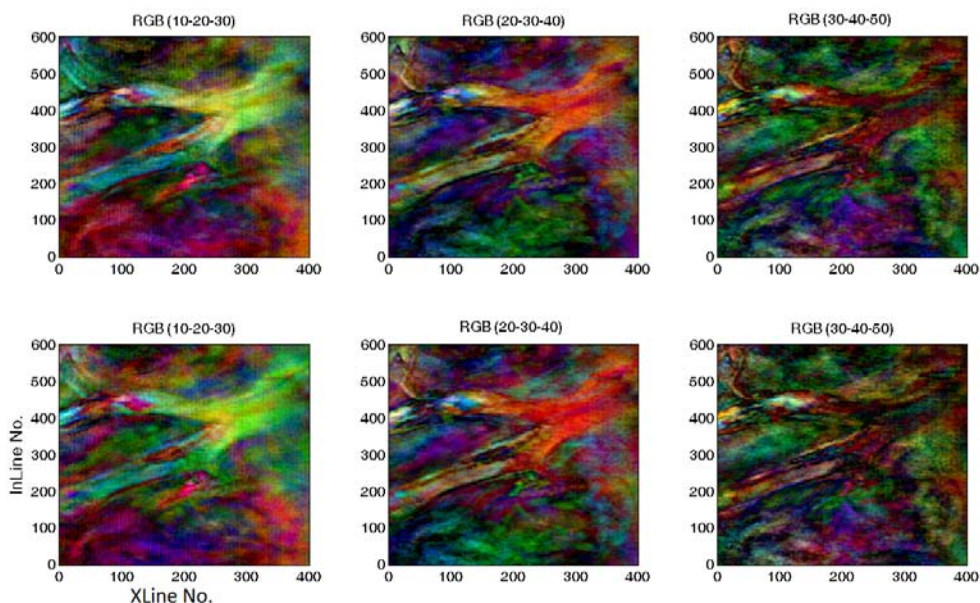
شکل ۴. برش زمانی از مکعب‌های تک‌بسامد ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ هرتز در زمان ۱/۸ ثانیه با استفاده از تبدیل فوریه زمان کوتاه.



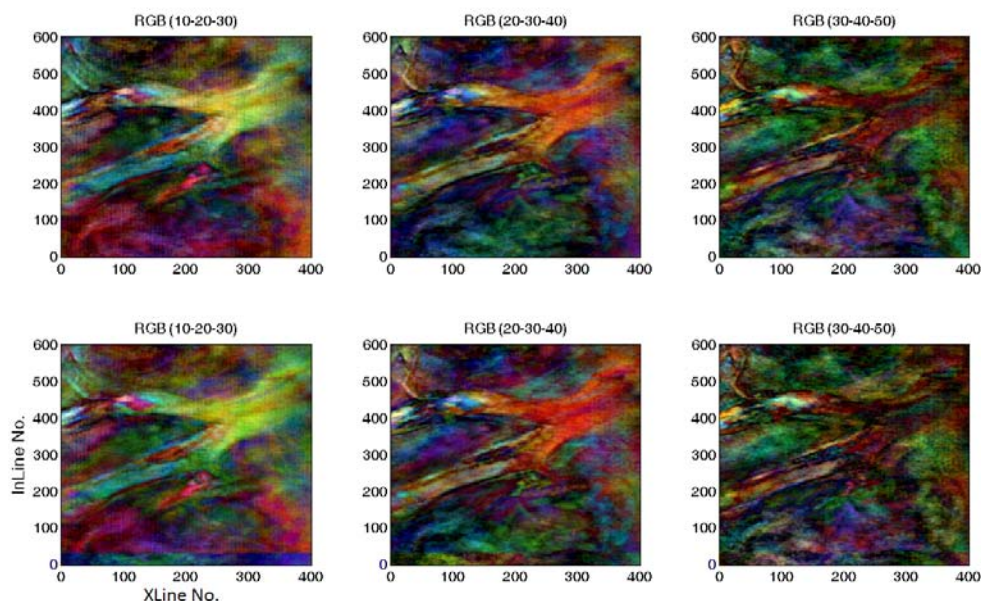
شکل ۵. بُرش زمانی از مکعب‌های تک‌بسامد ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ هرتز در زمان ۱/۸ ثانیه با استفاده از تبدیل S.

است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در ترکیب بسامدی کم، کانال به‌خوبی مشخص شده است ولی دارای قدرت تفکیک مناسبی برای شناسایی مرزها نیست. به‌محض استفاده از بسامدهای بیشتر نه‌فقط لبه‌های کانال به‌خوبی مشخص شده‌اند، بلکه شاخه‌هایی از کانال که دارای ضخامت کمی بوده‌اند و در ترکیب بسامدی پایین قابل

مقاطع حاصل از روش نمایش RGB معمولی برای ترکیب‌های بسامدی (۱۰، ۲۰، ۳۰) هرتز، (۲۰، ۳۰، ۴۰) هرتز و (۳۰، ۴۰، ۵۰) برای دو روش تبدیل فوریه زمان کوتاه و تبدیل S در شکل ۶ نشان داده شده است. در این شکل نتایج مربوط به تبدیل فوریه زمان کوتاه در ردیف بالا و نتایج مربوط به تبدیل S در ردیف پایین نشان داده شده



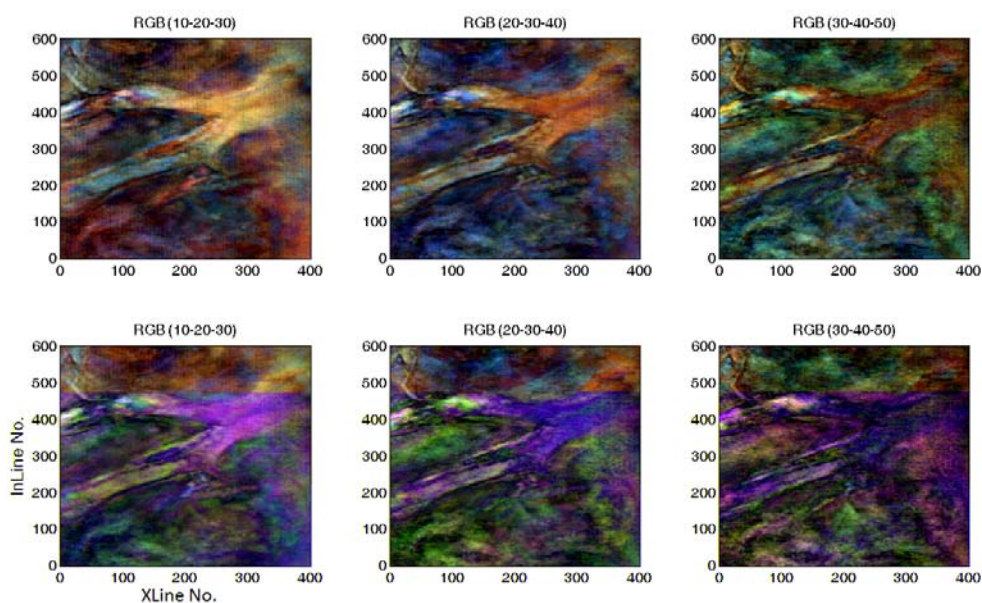
شکل ۶. تصاویر RGB معمولی حاصل از بُرش‌های زمانی مکعب‌های تک‌بسامد حاصل از تبدیل فوریه زمان کوتاه (ردیف بالا) و تبدیل S (ردیف پایین).



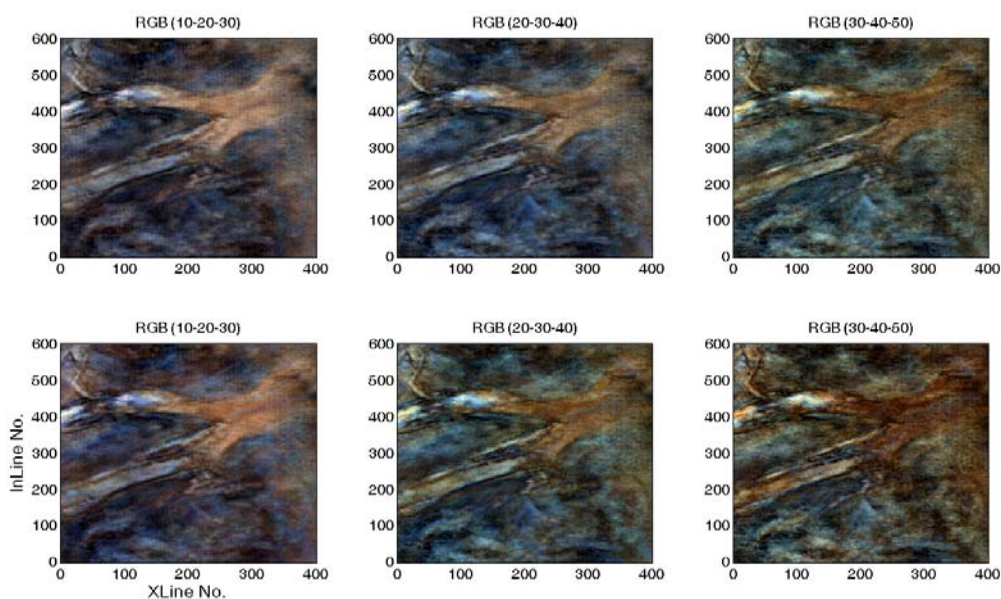
شکل ۷. تصاویر RGB با تابع پایه و مقدار $k = 0.125$ حاصل از بُرش‌های زمانی مکعب‌های تک‌بسامد حاصل از تبدیل فوریه زمان کوتاه (ردیف بالا) و تبدیل S (ردیف پایین).

و $k = 0.5$ برای ترکیب‌های بسامدی (۱۰، ۲۰، ۳۰)، (۴۰، ۳۰، ۲۰) و (۵۰، ۴۰، ۳۰) نشان داده شده است. در این شکل‌ها نتایج تبدیل فوریه زمان کوتاه در ردیف بالا و نتایج مربوط به تبدیل S در ردیف پایین است. استفاده از این شیوه نمایش سبب می‌شود تا اطلاعات بیشتری در

مشاهده نبوندند، نمایان می‌شوند. مقایسه نتایج دو روش تجزیه طیفی تفاوت چشمگیری را نشان نمی‌دهد و تقریباً نتایج برای هر دو روش یکسان است. در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ به ترتیب نتایج نمایش RGB با تابع‌های پایه رابطه (۴) برای مقادیر $k = 0.125$ ، $k = 0.25$



شکل ۸. تصاویر RGB با تابع پایه و مقدار $k = 0.25$ حاصل از بُرش‌های زمانی مکعب‌های تک‌بسامد حاصل از تبدیل فوریه زمان کوتاه (ردیف بالا) و تبدیل S (ردیف پایین).



شکل ۹. تصاویر RGB با تابع پایه و مقدار $k = 0.5$ حاصل از بُرش‌های زمانی مکعب‌های تک‌بسامد حاصل از تبدیل فوریه زمان کوتاه (ردیف بالا) و تبدیل S (ردیف پایین).

بیشتری در مقایسه با روش RGB معمولی دارد.

۵ نتیجه‌گیری

در این مقاله، سه روش متفاوت برای نمایش داده‌های تجزیه طیفی، به منظور تشخیص کانال‌های مدفون مورد استفاده قرار گرفته است. نمایش بُرش‌های تک‌بسامد، نمایش RGB معمولی و نمایش RGB با تابع‌های پایه سه شیوه مطرح شده است. در روش اول، نمایش تک‌بسامدهای حاصل از تجزیه طیفی بسیار بهتر از داده خام لرزه‌ای توانسته است کانال مدفون را آشکار کند. با این حال همچنان تشخیص کانال چندان راحت نیست. همچنین تفسیر همه بُرش‌های تک‌بسامد بسیار دشوار و تقریباً امکان‌پذیر نیست. بنابراین با استفاده از روش برانبارش رنگی در دو حالت معمولی و تابع‌های پایه برای نمایش کانال استفاده شد که اطلاعات بیشتری نسبت به بُرش‌های تک‌بسامد دارد. نتایج نشان داد که استفاده از روش برانبارش RGB بسیار بهتر از روش نمایش تک‌بسامد کانال مدفون را آشکار ساخته و شاخه‌های با

شکل‌های ایجاد شده، وجود داشته باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این روش نمایش نیز استفاده از بسامدهای مرکزی بیشتر، سبب افزایش قدرت تفکیک می‌شود و جزئیات بیشتری از شاخه‌های با ضخامت کم کانال، در این شیوه نمایش قابل مشاهده است. همچنین در این شکل‌ها با افزایش مقدار k یک زمینه خاکستری به شکل اضافه می‌شود و آن هم به سبب وارد شدن مولفه‌های بسامدی با دامنه پایین و نزدیک صفر است که زمینه را به سمت سیاه می‌کشاند. کوچک شدن مقدار k نتیجه RGB با تابع‌های پایه را به نتیجه RGB معمولی نزدیک می‌کند.

با مقایسه نتایج سه شیوه نمایش داده‌های حاصل از تجزیه طیفی به وضوح می‌توان از برتری روش‌های برانبارش رنگی RGB در مقابل نمایش تک‌بسامد نام برد. همان‌طور که در نتایج مشاهده می‌شود، کانال با وضوح و جزئیات بیشتری در روش‌های RGB نسبت به تک‌بسامد به نمایش درآمده است. همچنین روش RGB با تابع‌های پایه به سبب استفاده از مقاطع تک‌بسامد بیشتر، جزئیات

- of potential field anomalies: Geophysical Prospecting, **46**, 507-525.
- Gabor, D., 1946, Theory of communication: Journal of the Institution of Electrical Engineering, **93**, 429-457.
- Leite, F. E. A., Montagne, R., Corso, G., Vasconcelos, G. L., and Lucena, L. S., 2008, Optimal wavelet filter for suppression of coherent noise with an application to seismic data: *Physica A*, **387**, 1439-1445.
- Liu, J., and Marfurt, K. J., 2007a, Instantaneous spectral attributes to detect channels: *Geophysics*, **72**(1), 23-31.
- Liu, J., and Marfurt, K. J., 2007b, Multicolor display of spectral attributes: *The Leading Edge*, **26**, 268-271.
- Mallat, S., 1999, *A wavelet tour of signal processing*: Elsevier.
- Martelet, G., Silliac, P., Moreau, F., and Diament, M., 2001, Characterization of geological boundaries using 1-D wavelet transform on gravity data: theory and applications to the Himalayas: *Geophysics*, **66**, 1116-1129.
- Matos, M. C., Osorio, P., Mundim, E. C., and Moraces, M., 2005, Characterization of thin beds through joint time-frequency analysis applied to a turbidite reservoir in Campos Basin, Brazil: 75th SEG meeting, Houston, Expanded Abstracts, 1429-1432.
- Onstott, G. E., Backus, M. M., Wilson, C. R., and Phillips, J. D., 1984, Color display of offset dependent reflectivity in seismic data: 54th SEG meeting, Atlanta, Expanded Abstracts, 674-675.
- Roshandel Kahoo, A., and Siahkoochi, H. R., 2009, Random noise suppression from seismic data using time-frequency peak filtering: 71th EAGE meeting, Amsterdam, Extended Abstracts, 317.
- Sinha, S., Routh, P. S., Anno, P. D., and Castagna, J. P., 2005, Spectral decomposition of seismic data with continuous-wavelet transform: *Geophysics*, **70**, P19-P25.
- Stark, T. J., 2005, Anomaly detection and visualization using color-stack, cross-plot, and anomalousness volumes: 75th SEG meeting, Houston, Expanded Abstracts, 763-766.
- Stockwell, R. G., Mansinha, L., and Lowe, R. P., 1996, Localization of the complex spectrum: The S transform: *IEEE trans. signal process*, **44**, 998-1001.
- Theophanis, S., and Queen, J., 2000, Color display of the localized spectrum: *Geophysics*, **65**, 1330-1340.
- ضخامت کم را نیز نشان داده است. میزان اطلاعات موجود در شیوه نمایش RGB با تابع‌های پایه بیشتر از نمایش RGB معمولی است. بنابراین استفاده از روش RGB به‌خصوص روش استفاده از تابع‌های پایه در نمایش داده‌های تجزیه طیفی، کمک شایانی در تفسیر داده‌های لرزه‌ای و شناسایی بهتر کانال‌های مدفون می‌کند. مقایسه نتایج حاصل از دو روش تجزیه طیفی تبدیل فوریه زمان کوتاه و تبدیل S تفاوت چشمگیری را نسبت به یکدیگر نشان نداد.
- منابع
- روشندل، ا.، ۱۳۸۸، بهبود تبدیل‌های زمان-فرکانس در مطالعه داده‌های لرزه‌ای، رساله دکتری، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- Askari, R., and Siahkoochi, H. R., 2008, Ground roll attenuation using the S and x-f-k transforms: *Geophysical Prospecting*, **56**, 105-114.
- Bahorich, M., A. Motsch, K. Laughlin, and G. Partyka, 2002, Amplitude responses image reservoir: *Hart's E & P*, January, 59-61.
- Castagna, J. P., Sun, S., and Siegfried, R. W., 2003, Instantaneous spectral analysis: Detection of low-frequency shadows associated with hydrocarbons: *The Leading Edge*, **22**, 120-127.
- Cooper, G. R. J., 2006, Interpreting potential field data using continuous wavelet transforms of their horizontal derivatives: *Computers and Geosciences*, **32**, 984-992.
- Chopra, S., and Marfurt, K. J., 2005, Seismic attributes -A historical perspective: *Geophysics*, **70**, 3-28.
- De Oliveira Lyrio, J. C. S., Tenorio, L., and Li, Y., 2004, Efficient automatic denoising of gravity gradiometry data: *Geophysics*, **69**, 772-782.
- Fahmy, W. A., Matteucci, G., Butters, D., Zhang, J., and Castagna, J., 2005, Successful application of spectral decomposition technology toward drilling of a key offshore development well: 75th SEG meeting, Houston, Expanded Abstracts, 262-264.
- Fedi, M., and Quarta, T., 1998, Wavelet analysis for the regional residual and local separation

Wigner, E. P., 1932, On the quantum correlation for thermodynamic equilibrium: *Physical Review*, **40**, 749-759.

Ville, J., 1948, Theorie et applications de la notion de signal analytique: *Cables et Transm.*, **2A(1)**, 61-74.