

# کاربرد نشانگرهای طیفی لحظه‌ای برای شناسایی کانال‌های نفت‌گیر

## پژوهش‌نفت

سال بیست و سوم

شماره ۷۴

صفحه، ۹۹-۱۰۸ ۱۳۹۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۷/۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۱۲/۱۵

رضا محبیان\*، مصطفی یاری و محمد علی ریاحی

موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

mohebianir.@ut.ac.ir

### چکیده

نشانگرهای لرزه‌ای ابزار مفیدی در تفسیر پدیده‌های چینه‌شناسی هستند. استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای این امکان را فراهم می‌آورد که پدیده‌های زمین‌شناسی که به شکل معمول در مقطع لرزه‌ای قابل مشاهده نیستند را مشاهده کنیم. یکی از این پدیده‌ها کانال‌های مدفون رودخانه‌ای می‌باشد. کانال‌های پر شده توسط سنگ‌های متخلخل که به وسیله یک خمیره ناتراوا محصور شده‌اند، در اکتشافات چینه‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. نشانگرهای لرزه‌ای مانند همدوسی که به لبه‌های کانال حساس هستند، نشانگرهای خوبی برای تشخیص عرض کانال‌های نفت‌گیر می‌باشند، اما این نشانگرها به ضخامت کانال‌ها حساس نیستند. در مقابل، نشانگرهای طیفی لحظه‌ای که از روش‌های تجزیه طیفی به دست می‌آیند، با توجه به حساسیتی که به تغییرات ضخامت کانال دارند، می‌توانند در نشان دادن این پدیده به ماکمک کنند. هدف از این تحقیق، بررسی کارایی نشانگرهای طیفی لحظه‌ای حاصل از روش تجزیه طیفی برای تشخیص کانال‌ها می‌باشد. در این

تحقیق از داده‌های یکی از میادین نفتی جنوب ایران استفاده شده است. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که چگونه نشانگرهای دامنه لحظه‌ای و فرکانس لحظه‌ای که از روش‌های تجزیه طیفی به دست می‌آید، می‌تواند در نشان دادن محدوده کانال به ما کمک کند. همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با ترکیب تصاویر حاصل از نشانگرهای طیفی لحظه‌ای با نشانگر همدوسی که لبه‌های کانال را به خوبی نمایش می‌دهد، می‌توان یک تصویر ترکیبی مورد استفاده برای نمایش هرچه بهتر و دقیق‌تر کانال تهیه نمود.

واژه‌های کلیدی: همدوسی، نشانگرهای طیفی لحظه‌ای، تعقیب تطابق، تجزیه طیفی، کانال‌های نفت‌گیر

### مقدمه

کانال‌ها یکی از مهم‌ترین پدیده‌های چینه‌شناسی به حساب می‌آیند. کانال‌های مدفون رودخانه‌ای عمدتاً از جنس ماسه سنگ هستند و اگر این کانال‌ها در موقعیت

لایه‌های نازک استفاده نمودند [۸]. از جمله افراد دیگری که در این زمینه فعالیت داشته‌اند، می‌توان لیو و مارفورت را نام برد که از نشان‌گرهای حاصل از این روش برای شناسایی کانال‌ها در خلیج مکزیک استفاده نمودند. از کارهای مشابه دیگر می‌توان به پژوهش وانگ اشاره نمود که از این روش برای تعیین محدوده مخازن هیدروکربنی بهره گرفت [۹].

در این تحقیق، در مرحله اول کارایی روش تعقیب تطابق برای شناسایی کانال‌ها در یکی از میدین نفتی جنوب غرب ایران مورد بررسی قرار گرفته و تصاویر نشانگرهای تک-بسامد حاصل از این روش با روش STFT مقایسه شده است. در ادامه از نشانگرهای طیفی لحظه‌ای حاصل از روش تعقیب تطابق و ترکیب این نشان‌گرها با نشان‌گر همدوسی، نقشه‌های ترکیبی حاصل می‌شود که با استفاده از این نقشه‌ها می‌توان علاوه بر محدوده داخلی کانال، لایه‌های کانال را نیز به خوبی شناسایی نمود.

### تحلیل زمان-بسامد

در تحلیل داده‌های لرزه‌ای، طیف زمان-فرکانس در خصوص کاربردهای داده‌های لرزه‌ای در زمینه زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پدیده‌های زمین‌شناسی عامل تولید بسیاری از ناهنجاری‌های فرکانسی در داده‌های لرزه‌ای هستند که از آن جمله می‌توان به تضعیف، جذب [۱۰]، سایه‌های کم فرکانس مخازن هیدروکربن و کاهش ضخامت یا هم‌کوکی اشاره کرد [۱۱].

در تبدیل فوریه زمان کوتاه، یک پنجره با طول ثابت و دلخواه  $g(t)$  برای تحلیل زمان-بسامد، استفاده شده و فرض می‌گردد که سیگنال ناپایای واقعی (سیگنالی که ماهیت فرکانسی آن با زمان تغییر می‌کند) تقریباً پایا است. تبدیل فوریه زمان کوتاه، یک چنین سیگنال شبه پایای  $x(t)$  را با استفاده از پنجره متحرک  $g(t)$  از زمان‌های متفاوت  $\tau$  به حیطه زمان-فرکانس  $S(\tau, f)$  تجزیه می‌کند. بنابراین به وسیله تبدیل فوریه، سیگنال پنجره شده  $x(t)g^*(t-\tau)$  STFT به دست

مناسبی مانند وجود یک بخش نفوذناپذیر در بالا، وجود پوش سنگ و یا محصور شدن در یک بخش ناتراوا قرار گیرند، می‌توانند مخازن نفتی و گازی مناسبی را به وجود آورند.

همدوسی لرزه‌ای و بقیه نشانگرهای حساس به لبه کانال از جمله معروف‌ترین شیوه‌های تشخیص مرزهای کانال می‌باشند. اگرچه این نشانگرها می‌توانند به آسانی لبه‌های کانال را تشخیص دهند، اما به ضخامت کانال حساس نیستند. به همین منظور از تجزیه طیفی برای مشخص کردن کانال‌ها استفاده می‌شود. تصاویر تجزیه طیفی می‌تواند مکمل خوبی برای نشانگرهای همدوسی و تشخیص لبه باشد، به طوری که این تصاویر نسبت به تعیین ضخامت کانال حساسیت خوبی از خود نشان می‌دهند [۱]. به همین دلیل روش‌های تجزیه طیفی می‌تواند در تعیین هرچه بهتر محدوده کانال به ما کمک کند. در ابتدا تجزیه طیفی در طول یک پنجره ثابت (تبدیل فوریه پنجره کوتاه (STFT))<sup>۱</sup> مورد استفاده قرار گرفته است، در این رابطه وایدز نشان داد که برای لایه‌هایی با ضخامت کمتر از ضخامت هم‌کوکی، دامنه لرزه‌ای مرکب به طور خطی با ضخامت کاهش می‌یابد [۲]. چوانگ و لاون این کار را به طیف فرکانسی تعمیم داده و مشاهده کردند که بیشینه فرکانسی با کاهش ضخامت لایه، کم کم افزایش می‌یابد [۳]. در روش STFT با توجه به اینکه از یک پنجره با طول ثابت استفاده می‌شود، تفکیک‌پذیری زمان-بسامد در طول کل سیگنال ثابت است. در حالی که به دلیل طبیعت ناپایای سیگنال‌های لرزه‌ای، یک تفکیک‌پذیری متغیر با زمان مورد نیاز است. از این رو باید از روش‌هایی بهره گرفت که طول پنجره در آنها متغیر با فرکانس باشد. استاکول و همکاران در سال ۱۹۹۶ تبدیل S را معرفی نمودند [۴]. همچنین روش تبدیل موجک پیوسته (CWT)<sup>۲</sup> یکی دیگر از روش‌های تجزیه طیفی است که اولین بار توسط سینها و همکاران مورد استفاده قرار گرفت [۵]. از جمله روش‌هایی که اخیراً مورد توجه قرار گرفته روش تجزیه با تعقیب تطابق (MPD)<sup>۳</sup> می‌باشد که الگوریتم آن اولین بار توسط ملات و ژانگ نوشته شد [۶]. کاستاگنا و همکاران از این روش برای شناسایی مخازن هیدروکربنی بهره گرفتند [۷]. همچنین مارفورت و کرلین از این روش برای تشخیص

1. Short-time Fourier Transforms (STFT)  
2. Continuous Wavelet Transform (CWT)  
3. Matching Pursuit Decomposition (MPD)

تصویر بهترین موجک هم‌بسته شده از سیگنال لرزه‌ای کم می‌شود. موجک‌های بانک سپس در باقی‌مانده سیگنال لرزه‌ای، دگرهمبسته شده و مجدداً تصویر بهترین موجک هم‌بسته شده کسر می‌گردد. فرآیند به‌طور تکراری انجام می‌شود تا زمانی که سیگنال لرزه‌ای باقی‌مانده زیر یک حد آستانه مورد قبول قرار گیرد.

یک بانک موجک از اتم‌های زمان-فرکانس را می‌توان با مقیاس‌دهی، انتقال و مدوله کردن یک تک تابع پنجره‌ای تولید کرد:

$$g_{\gamma}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} g\left(\frac{t-u}{s}\right) e^{i\zeta t} \quad (3)$$

در رابطه بالا S مقیاس،  $\zeta$  فرکانس مدولاسیون و u انتقال می‌باشد.

برای بانک‌های اتم‌های زمان-فرکانس، تعقیب تطابق یک تبدیل زمان-فرکانس تطبیقی می‌دهد و هر تابع را به یک مجموع از اتم‌های زمان-فرکانس مختلط تجزیه می‌کند که بهترین قیاس را با باقی‌مانده‌اش داشته باشد. تعقیب تطابق، هر تابع را به صورت زیر تجزیه می‌کند:

$$f = \sum_{n=0}^{\infty} \langle R^n f, g_m \rangle g_m \quad (4)$$

از تجزیه هر  $f(t)$  در یک بانک زمان-فرکانس، یک توزیع انرژی زمان-فرکانس جدید با اضافه کردن توزیع ویگنر هر اتم انتخاب شده به دست می‌آید [۱۴]. توزیع ویگنر متقاطع دو تابع  $f(t)$  و  $h(t)$  که توسط رابطه ۵ تعریف می‌شود، فرا خوانده می‌شود:

$$W[f, h](t, \omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f(t + \tau/2) \bar{h}(t - \tau/2) e^{-i\omega\tau} d\tau \quad (5)$$

می‌آید [۱۲].

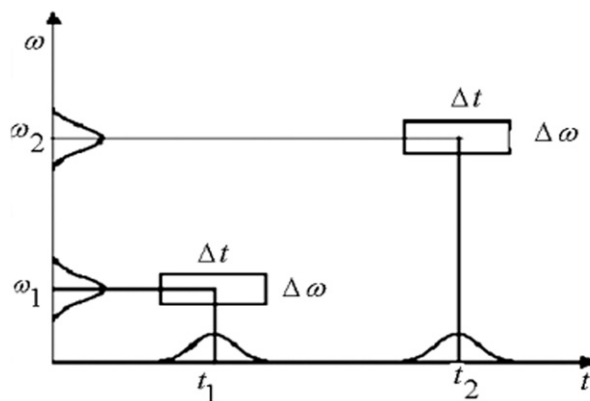
$$STFT_x(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) g^*(t - \tau) e^{-i2\pi ft} dt \quad (1)$$

در تحلیل زمان-بسامد می‌خواهیم در حد امکان به قدرت زمان-بسامد بالایی برسیم. به عبارت دیگر می‌خواهیم پنجره زمان-بسامد در حد امکان کوچک باشد. اما از طرفی بنا به اصل عدم قطعیت هایزنبرگ [۱۳] رابطه ۲ حاصل ضرب طول پنجره زمانی در طول پنجره فرکانسی مقداری ثابت است. یعنی هرچه تفکیک‌پذیری زمانی را افزایش دهیم، تفکیک‌پذیری فرکانسی کاهش می‌یابد و بالعکس.

$$\Delta t \Delta \omega \geq \frac{1}{2} \quad (2)$$

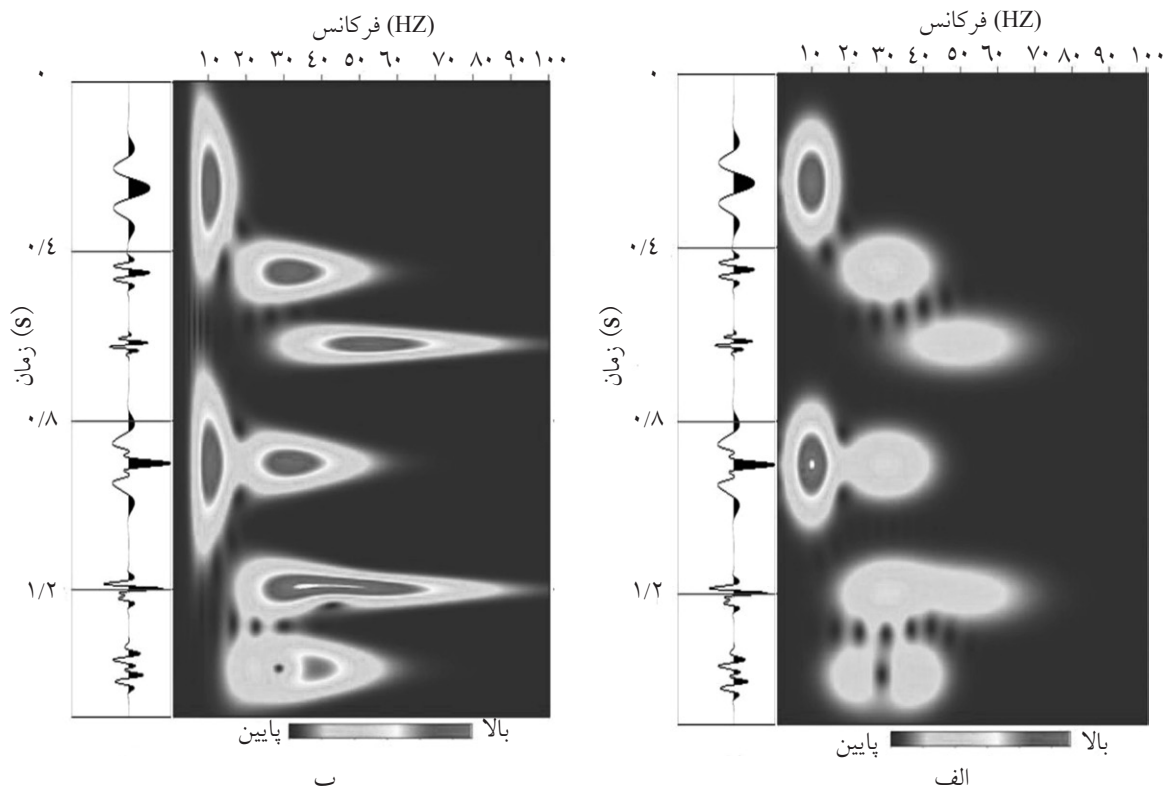
در رابطه ۲، طول پنجره زمانی (قدرت تفکیک زمانی) با پارامتر  $\Delta t$  و طول پنجره فرکانسی (قدرت تفکیک فرکانسی) با پارامتر  $\Delta \omega$  نشان داده شده است که این قضیه در شکل ۱ نمایش داده شده است. در روش STFT ما یک پنجره با طول ثابت برای همه سیگنال در نظر می‌گیریم که باعث می‌شود یک تفکیک‌پذیری ثابت برای همه سیگنال در نظر گرفته شود. اما با توجه به ماهیت ناپایای سیگنال‌های لرزه‌ای تفکیک‌پذیری متغیر با زمان مورد نیاز است که این مسأله از مشکلات بنیادی روش STFT به حساب می‌آید.

در روش تعقیب تطابق که اولین بار توسط مالات و ژانگ [۶] ارائه شد، یک بانک موجک با خصوصیات مختلف ساخته می‌شود. در مرحله بعد، از دگرهمبستگی موجک‌های بانک با سیگنال لرزه‌ای استفاده می‌گردد و



شکل ۱- نمایش اصل عدم قطعیت در صفحه زمان-فرکانس تبدیل فوریه زمان کوتاه، در کل صفحه جعبه عدم قطعیت هایزنبرگ ثابت می‌ماند [۱۳].

کوتاه نشان می‌دهد که بیان کننده کارایی بهتر روش تعقیب تطابق می‌باشد. در مقابل به دلیل الگوریتم تکراری که در این روش استفاده می‌شود، زمان اجرای برنامه نسبت به روش تبدیل پنجره کوتاه بالاتر است. در ادامه از نشانگرهای تک فرکانس و نشانگرهای طیفی لحظه‌ای حاصل از این روش برای شناسایی کانال‌ها استفاده می‌گردد و نتایج حاصل از آنها با هم مقایسه می‌گردد. در مطالعاتی که قبلاً در زمینه تجزیه طیفی صورت گرفته، از نقشه‌های تک-بسامد حاصل از این روش‌ها استفاده شده است. استفاده از این نقشه‌ها باعث تولید چندین مقطع لرزه‌ای تک بسامد با بسامدهای متفاوت می‌شود که همین امر حجم داده‌های محاسباتی را بالا برده و کار تفسیر را با مشکل روبرو می‌کند. همچنین به دست آوردن اطلاعات در یک بسامد خاص هم‌زمان با از دست دادن اطلاعات در دیگر افق‌ها خواهد بود. در چنین مواردی استفاده از نشانگرهای طیفی حاصل از روش‌های زمان-بسامد می‌تواند موثر واقع شود. در این قسمت روی محاسبه نشانگرهای آماری بر اساس نقشه زمان-فرکانس سیگنال لرزه‌ای تأکید می‌کنیم.



شکل ۲- طیف زمان-فرکانس حاصل از لرزه نگاشت مصنوعی. (الف) روش تبدیل فوریه پنجره کوتاه و (ب) روش تعقیب تطابق نشانگرهای طیفی لحظه‌ای حاصل از روش تعقیب تطابق (MPD)

توزیع ویگنر  $wf(t, \omega) = w[f, f](t, \omega)$  از عبارت تست از چون توزیع ویگنر درجه ۲ است، از تجزیه اتمی (رابطه ۴)  $f(t)$  به دست می‌آید:

$$Wf(t, \omega) = \sum_{n=0}^{+\infty} |\langle R^n f, g_m \rangle|^2 Wg_m(t, \omega) + \sum_{n=0}^{+\infty} \sum_{m=0, m \neq n}^{+\infty} \langle R^n f, g_m \rangle \cdot \overline{\langle R^m f, g_m \rangle} W[g_m, g_m](t, \omega) \quad (6)$$

مجموع دوپبل، متناظر با عبارت تداخلی توزیع ویگنر می‌باشد. برای به دست آوردن یک تصویر واضح از توزیع انرژی  $f(t)$  در صفحه زمان-فرکانس این عبارت را حذف می‌کنند. بنابراین تنها اولین مجموع باقی می‌ماند و رابطه ۷ تعریف می‌شود [۶]:

$$Ef(t, \omega) = \sum_{n=0}^{+\infty} |\langle R^n f, g_m \rangle|^2 + Wg_m(t, \omega) \quad (7)$$

که بر همین اساس نقشه‌های حاصل از این روش در حیطه دو بعدی زمان-فرکانس حاصل می‌شود. شکل ۲ طیف زمان-بسامد مربوط به دو روش تبدیل پنجره زمان کوتاه و تعقیب تطابق را که برای یک لرزه نگاشت مصنوعی حاصل شده است را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، طیف زمان-بسامد حاصل از روش تعقیب تطابق تفکیک زمان-بسامدی بالاتری نسبت به روش تبدیل پنجره

با محاسبه مقادیر  $A_j$  و قرار دادن آن در رابطه ۱۲، لرزه نگاشت را به دست می‌آوریم که بعد از این مرحله به راحتی مقادیر فرکانس لحظه‌ای و دامنه لحظه‌ای بیشینه حاصل می‌شود. با توجه به اینکه موجک‌ها بر حسب فرکانس قله و زمان مربوط به این فرکانس می‌باشد، این مقادیر را فرکانس لحظه‌ای و دامنه لحظه‌ای قله یا بیشینه می‌نامیم.

همچنین در این مقاله از نشانگر همدوسی برای نشان دادن لبه‌های کانال و حاشیه‌های آن استفاده شده است. برای به دست آوردن این نشانگر روش شباهت و الگوریتم مارفورت به کار رفته [۱۶] که به دلیل محدودیت از آوردن روابط ریاضی مربوط به آن صرف نظر شده است.

شکل ۳ موقعیت کانال مورد بررسی را در یک مقطع عمودی لرزه‌ای نشان می‌دهد که هر دو شاخه کانال را قطع می‌کند. در شکل ۴ همین مقطع با خط AB نشان داده شده است.

شکل ۴ (الف) و ۴ (ب) به ترتیب مقاطع حاصل از نشانگرهای تک بسامد در بسامدهای ۲۰ و ۶۰ هرتز که از روش تعقیب تطابق حاصل شده را نشان می‌دهند. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، در فرکانس ۶۰ هرتز که فرکانس بالاتری است، شاخه‌های فرعی کانال که ضخامت کمتری دارند، خود را بهتر نشان داده‌اند. در فرکانس ۲۰ هرتز با کاهش فرکانس، شاخه‌ها محوتر شده و شاخه‌های ضخیم‌تر کانال با وضوح بیشتری قابل مشاهده می‌باشد. با توجه به رابطه معکوسی که بین ضخامت کانال و فرکانس وجود دارد، در نقشه‌های تک فرکانس با فرکانس پایین، ضخامت‌های بالاتر بهتر دیده می‌شوند و فرکانس‌های بالا، ضخامت‌های کمتر را بهتر مشخص می‌کنند. بنابراین، بررسی مقطع در یک فرکانس خاص باعث می‌شود که اطلاعات مربوط به سایر فرکانس‌ها از دست برود که این مسأله از معایب استفاده از نقشه‌های تک-فرکانس می‌باشد. با استفاده از نشانگرهای دامنه لحظه‌ای بیشینه و فرکانس لحظه‌ای بیشینه می‌توان در هر لحظه فرکانسی که بیشترین دامنه را ایجاد می‌کند، انتخاب نمود.

این نوع نشانگرها، نشانگرهای طیفی نامیده می‌شوند. نشانگرهای طیفی لحظه‌ای را می‌توان از روش‌های مختلف تجزیه طیفی از جمله روش‌های STFT و MPD استخراج نمود. اما با توجه به مقایسه‌ای که در بخش قبل صورت گرفت، روش تعقیب تطابق تفکیک‌پذیری زمان-فرکانسی بالاتری را نسبت به روش STFT از خود نشان می‌دهد. به همین دلیل در این بخش از روش تجزیه طیفی به روش تعقیب تطابق برای استخراج نشانگرهای طیفی لحظه‌ای استفاده شده است. با توجه به روش تعقیب تطابق برای تجزیه طیفی سیگنال، ردلرزه ورودی  $u(t)$  را می‌توان به صورت ترکیب خطی از موجک‌ها نوشت [۱]:

$$u(t) = \sum_j a_j \cdot w((t-t_j), f_j, \phi_j) + noise \quad (8)$$

در رابطه بالا پارامترهای  $t_j, f_j, \phi_j$  و  $a_j$  به ترتیب نشان‌دهنده دامنه، زمان مرکزی، فرکانس قله و فاز  $j$  امین موجک  $w$  می‌باشند. در ابتدا ردلرزه مختلط با استفاده از تبدیل هیلبرت ساخته شده و زمان مرکزی هر موجک به وسیله قله دامنه در پوش لحظه‌ای تخمین زده می‌شود.

موجک مورلت در حوزه زمان بر حسب قله فرکانسی را می‌توان از رابطه ۹ به دست آورد [۱۵]:

$$W_m(t, f_j) = \exp(-t^2 f_j^2 \cdot \ln \frac{2}{k}) \cdot \exp(i2\pi f_j t) \quad (9)$$

در این رابطه  $f_j$  قله فرکانسی و  $k$  عدد ثابتی است که عرض (پهنای) موجک را کنترل می‌کند. لرزه نگاشت مختلط با استفاده از تبدیل هیلبرت از رابطه ۱۰ و موجک‌های مختلط از رابطه ۱۱ به دست می‌آید:

$$U(t) = u(t) + iu^H(t) \quad (10)$$

$$W(t, f_j) = w(t, f_j) + iw^H(t, f_j) \quad (11)$$

$w^H$  تبدیل هیلبرت از موجک  $w$  می‌باشد.

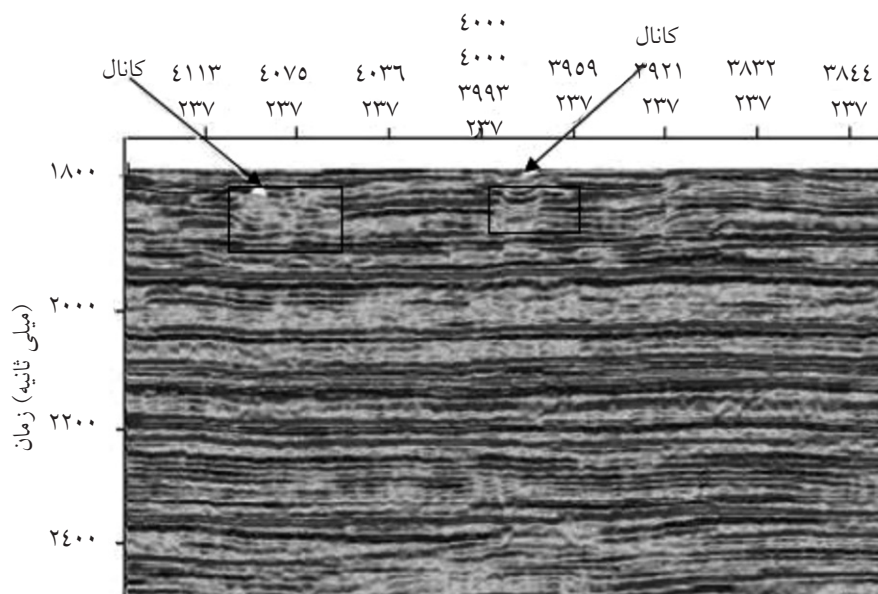
اگر به جای دامنه  $a_i$  و فاز  $\phi_j$  در معادله ۸ دامنه مختلط  $A_j$  را قرار دهیم، لرزه نگاشت مختلط زیر را خواهیم داشت:

$$U(t) = \sum_j A_j \cdot w_j(t-t_j, f_j) + noise \quad (12)$$

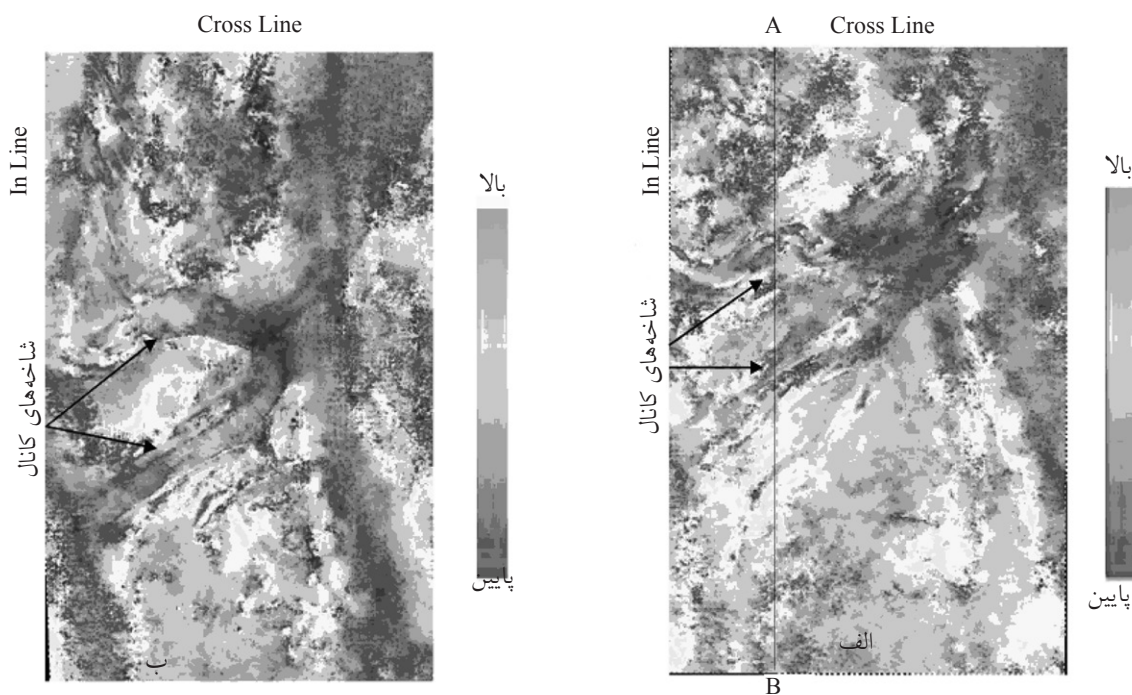
برای اینکه انرژی لرزه نگاشت باقی‌مانده  $R(t)$  به کمترین مقدار خودش برسد، اختلاف بین لرزه نگاشت و موجک‌های تطبیق داده شده باید حداقل شود.

$$R(t) = \left( u(t) - \sum_j A_j \cdot w_j(t-t_j, f_j) \right)^2 \quad (13)$$

در رابطه ۱۳ فقط مقادیر  $A_j$  مجهول می‌باشند.



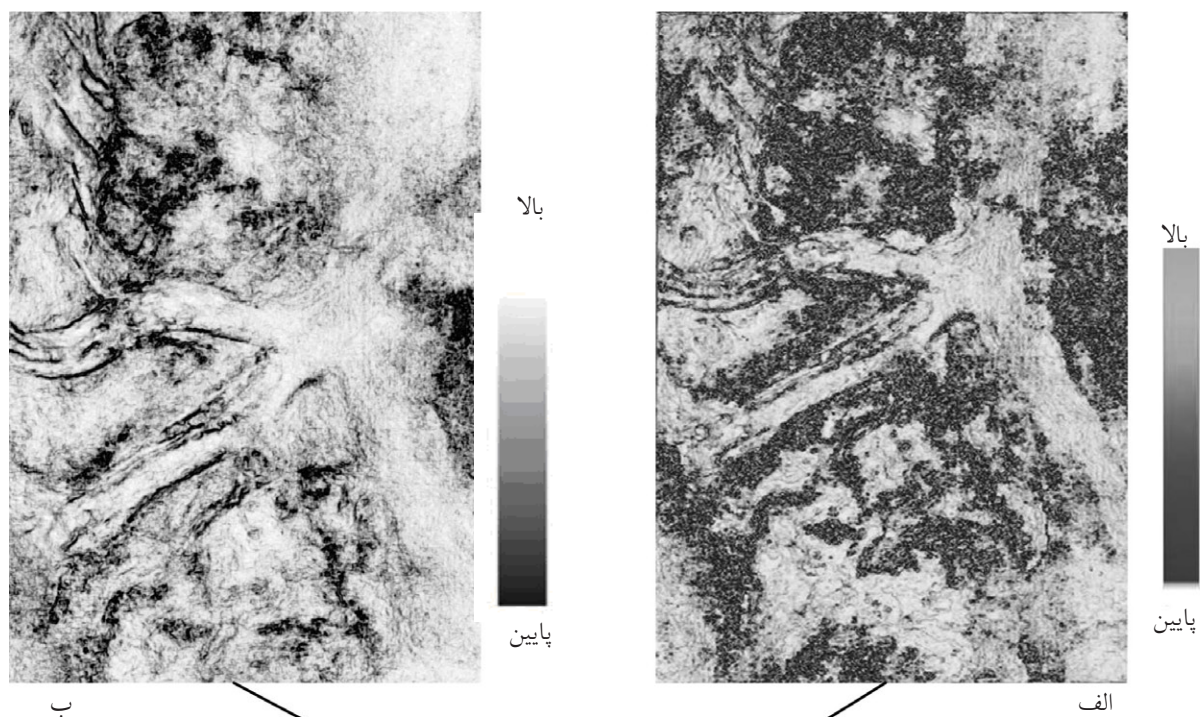
شکل ۳- یک مقطع عمودی لرزه‌ای که دو شاخه کانال بر روی آن مشخص شده‌اند. این مقطع در شکل ۴ با خط AB نشان داده شده است.



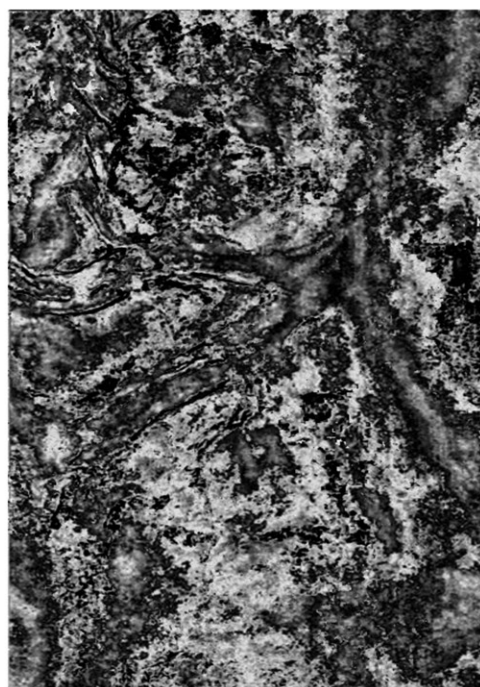
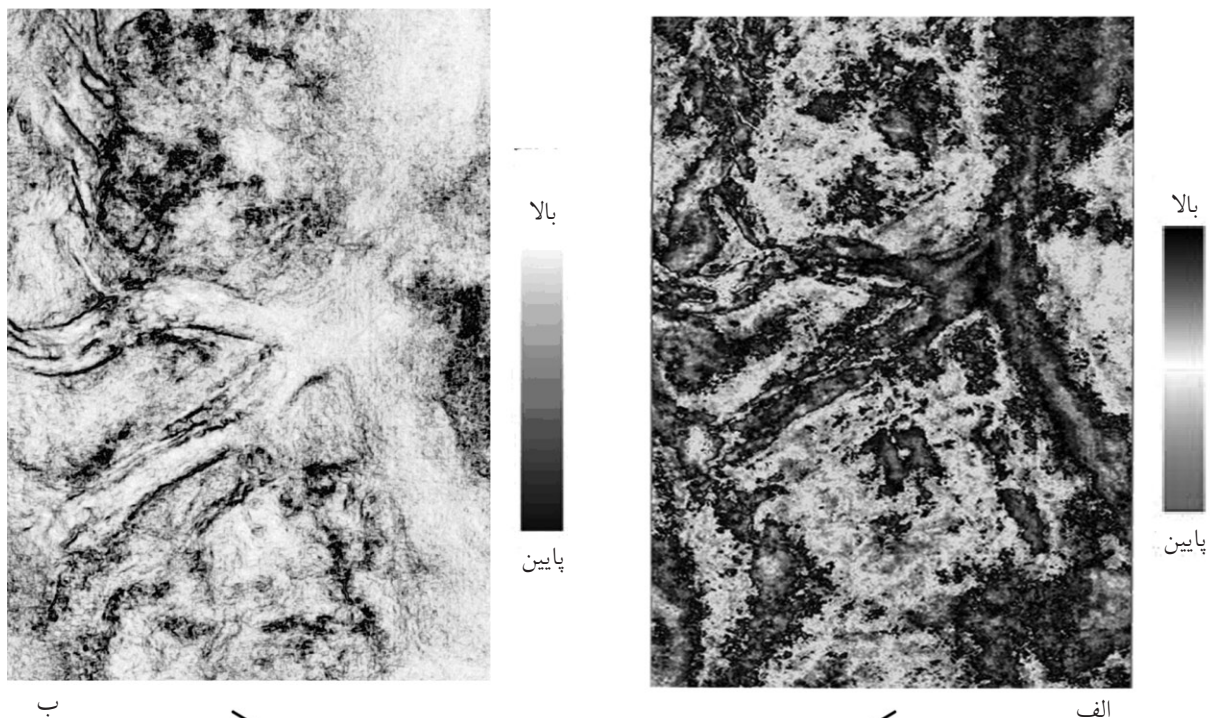
شکل ۴- مقاطع حاصل از نشانگر تک بسامد به دست آمده از روش تعقیب تطابق، الف) مربوط به فرکانس ۲۰ هرتز و ب) مربوط به فرکانس ۶۰ هرتز

خوبی و با وضوح بالایی مشخص شده است. در ادامه برای اینکه بتوانیم علاوه بر قسمت‌های داخلی کانال که در اثر تغییر ضخامت مشخص گردید، لبه‌های کانال و حاشیه‌های آن را نیز مشخص کنیم، از نشانگر همدوسی استفاده شده است. این نشانگر به دلیل حساسیتی که به ناپیوستگی‌ها دارد، می‌تواند لبه‌های کانال را به خوبی مشخص نماید.

بنابراین، برای ضخامت‌های مختلف، فرکانس‌های لحظه‌ای مختلفی انتخاب شده و می‌توان قسمت‌های ضخیم و نازک کانال را به صورت هم‌زمان مشاهده نمود. شکل‌های ۵ الف) و ۶ الف) به ترتیب مقاطع حاصل از نشانگرهای دامنه لحظه‌ای بیشینه و فرکانس لحظه‌ای بیشینه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود، شاخه‌های کانال به



شکل ۵- نقشه ترکیبی مربوط به برش زمانی ۱۸۰۰ میلی ثانیه، (الف). برش زمانی مربوط به نشانگر همدوسی، (ب) برش زمانی مربوط به نشانگر دامنه لحظه‌ای بیشینه و (ج). برش زمانی حاصل از ترکیب نشانگرهای همدوسی و دامنه لحظه‌ای بیشینه



شکل ۶- نقشه ترکیبی مربوط به برش زمانی ۱۸۰۰ میلی ثانیه، (الف). برش زمانی مربوط به نشانگر همدوسی، (ب) برش زمانی مربوط به نشانگر فرکانس لحظه‌ای بیشینه و (ج) برش زمانی حاصل از ترکیب نشان‌های همدوسی و فرکانس لحظه‌ای بیشینه



گرفته شد. در ادامه توانایی مقاطع حاصل از نشانگرهای فرکانس لحظه‌ای بیشینه و دامنه لحظه‌ای بیشینه برای شناسایی کانال‌های نفت‌گیر به نمایش گذاشته شد. با استفاده از مقاطع نشانگرهای تک-بسامد با توجه به رابطه عکسی که بین فرکانس و ضخامت کانال وجود دارد، در فرکانس‌های کمتر ضخامت‌های بالاتر دیده می‌شوند و فرکانس‌های بیشتر، ضخامت‌های کمتر را بهتر نمایش می‌دهند، در صورتی که با استفاده از تصاویر حاصل از نشانگرهای طیفی لحظه‌ای می‌توان ضخامت‌های ضخیم و باریک کانال را در یک تصویر نمایش داد. همچنین در این تحقیق برای اینکه بتوانیم علاوه بر محدوده داخلی کانال، لبه‌های کانال و حاشیه‌های آن را نیز به خوبی مشاهده کنیم، از نشانگر هم‌دوسی استفاده گردید. با ترکیب نقشه‌های حاصل از نشانگرهای دامنه لحظه‌ای بیشینه و فرکانس لحظه‌ای بیشینه با نشانگر هم‌دوسی، یک نقشه ترکیبی حاصل می‌شود، که این نقشه‌ها می‌تواند یک دید جامع و سریع برای ادامه مراحل تفسیر به مفسر بدهد.

شکل‌های ۵ (ب) و ۶ (ب) مقاطع حاصل از اعمال این نشانگر را در برش زمانی ۱۸۰۰ میلی‌ثانیه نشان می‌دهند. در شکل‌های ۵ (ج) و ۶ (ج) به ترتیب نقشه‌های ترکیبی حاصل از نشانگر هم‌دوسی با نشانگرهای فرکانس لحظه‌ای بیشینه و دامنه لحظه‌ای بیشینه رسم شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با ایجاد این نقشه‌های ترکیبی قسمت‌های داخلی کانال و لبه‌های آن به خوبی مشخص گردیده است که این نقشه‌های ترکیبی می‌تواند یک دید سریع و جامع برای مفسر ایجاد نموده و او را در انجام مراحل بعدی تفسیر کمک نماید.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابتدا روش‌های تجزیه طیفی تبدیل فوریه پنجره کوتاه و تعقیب تطابق توضیح داده شد. با توجه به الگوریتم تکراری در روش تعقیب تطابق، تفکیک زمان-بسامد در این روش نسبت به روش تبدیل فوریه پنجره کوتاه بالاتر است. به همین دلیل در این تحقیق از نشانگرهای طیفی لحظه‌ای استخراج شده از این روش بهره

### مراجع

- [1]. Liu J., *Spectral decomposition and its application in mapping stratigraphy and hydrocarbons: thesis*, Ph.D., Department of Geosciences, University of Houston, 2006.
- [2]. Widess M. B., "How thin is a thin bed?: Geophysics", 38, pp. 1176-1180, 1973.
- [3]. Chuang H., and Lawton D. C., "Frequency characteristics of seismic reflections from thin beds: Canadian Journal of Exploration Geophysics", 31, pp. 32-37, 1995.
- [4]. Stockwell R. G., Mansinha L., and Lowe R. P., "Localization of the complex spectrum: The S-Transform: IEEE Transactions on Signal Processing", 44, pp. 998-1001, 1996.
- [5]. Sinha S., Routh R., Anno P., and Castagna J., "Spectral decomposition of seismic data with continuous-wavelet transform: Geophysics", 70, pp. 19-25, 2005.
- [6]. Mallat S. and Zhang Z., "Matching pursuits with time-frequency dictionaries: IEEE Transactions on Signal Processing", 41, pp. 3397-3415, 1993.
- [7]. Castagna J. P., Sun S. and Siegfrie, R., "Instantaneous spectral analysis: Detection of low-frequency shadows associated with hydrocarbons: The Leading Edge", 22, pp. 120-127, 2003.
- [8]. Marfurt K. J., and Kirin R. L., "Narrow-band spectral analysis and thin-bed tuning: Geophysics", 66, pp. 1274-1283, 2001.
- [9]. Wang, Y., *Seismic time-frequency spectral decomposition by matching pursuit: Geophysics*, 72, V13-V20, 2007.

- [10]. Taner M., Koehler F., and Sheriff R., "Complex seismic trace analysis: Geophysics", 44, pp.1041-1063, 1979.
- [11]. Barnes A., "Instantaneous frequency and amplitude at the envelope peak of a constant-phase wavelet: Geophysics", 56, pp. 1058-1060, 1993.
- [12]. Mertins A., *Signal analysis: wavelets, filterbanks, time-frequency transforms and applications: John Wiley & Sons*, West Sussex, England, 1998.
- [13]. Addison P. S., *The Illustrated wavelet transform handbook, Institute of physics publishing*, Bristol and Philadelphia, 351, 2002.
- [14]. Wigner E. P., "On the quantum correction for thermodynamic equilibrium", Phys., Rev., Vol. 40, pp. 749-759, June 1932.
- [15]. Morlet J., Arens G., Fourgeau, E. and D. Giard, "Wave propagation and sampling theory: Part I, Complex signal and scattering in multilayered media: Geophysics", 47, pp. 203-221, 1982.
- [16]. Marfurt K. J., Kirilin R. L., Farmer S. L., and Bahorich M. S., "3-D seismic attributes using a running window semblance-based algorithm: Geophysics", 63, 1150-1165, 1998.