

افزایش قدرت تفکیک طیف سرعت داده لرزه‌ای با استفاده از روش خودراه‌انداز

صیام صفایی، امین روشندل کاهو* و فرید کریمی

دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، سمنان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱۰

چکیده

امروزه روش شباهت برای تخمین سرعت به کار گرفته می‌شود که بر مبنای جمع نمونه‌ها در پنجره تحلیل سرعت استوار است. طیف سرعت حاصل از این روش در مورد رویدادهای بازتابی عمیق و در مواردی که دورافت برداشت داده‌ها کم می‌باشد، دارای قدرت تفکیک پایین است. افزایش قدرت تفکیک در محاسبه شباهت سبب می‌شود که دقت تخمین سرعت تصحیح برون راند نرمال و برانبارش بهبود یابد. در این مقاله روش آماری خودراه‌انداز برای افزایش قدرت تفکیک طیف سرعت معرفی شده است. در روش شباهت، چنانچه سرعت انتخاب شده برای پنجره تحلیل دارای تفاوت کمی نسبت به سرعت واقعی باشد، ردلرزه‌های درون پنجره به طور کامل افقی نمی‌شوند، اما با این حال به دلیل اختلاف زمانی بسیار اندک ردلرزه‌های مجاور، مقدار شباهت محاسبه شده برای این حالت نیز، به مقدار شباهت مربوط به سرعت واقعی نزدیک است و باعث پهنشدگی قله طیف سرعت حول سرعت و زمان دقیق می‌شود. چنانچه سرعت پنجره تحلیل متفاوت از سرعت صحیح انتخاب شود، روش خودراه‌انداز با جابجایی ردلرزه‌ها درون پنجره تحلیل، اختلاف زمانی بین دو ردلرزه مجاور را افزایش می‌دهد. با تعریف یک معیار جدیدتر برای محاسبه میزان شباهت، این فرآیند در برآورد سرعت صحیح مفید می‌باشد و باعث افزایش دقت و قدرت تفکیک طیف سرعت می‌گردد. کارآیی روش تحلیل سرعت خودراه‌انداز بر روی داده‌های لرزه‌ای مصنوعی و واقعی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن با روش متداول شباهت مقایسه گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که قدرت تفکیک طیف سرعت حاصل از روش خودراه‌انداز به مراتب بالاتر از نتیجه حاصل از روش متداول شباهت است.

کلمات کلیدی: تحلیل سرعت، قدرت تفکیک، طیف سرعت، شباهت، روش خودراه‌انداز

مقدمه

می‌تواند در شناسایی جنس و پارامترهای پتروفیزیکی لایه مفید واقع شود این اطلاعات سرعتی معمولاً در مرحله پردازش داده‌های لرزه‌ای بازتابی با استفاده از روش تحلیل هذلولی. بر روی رکورد نقطه میانی مشترک، برآورد می‌شوند. این مرحله با عنوان تحلیل سرعت بخشی از مرحله تصحیح برونراند نرمال

یکی از اطلاعات با ارزشی که از روشهای لرزه‌نگاری حاصل می‌شود، سرعت لایه‌های زمین می‌باشد که

شبهات متداول، روشی ارائه کردند که کشیدگی طیف سرعت را کاهش داد [۸]. سلیس و لارنر (۲۰۰۲) نیز با کمک انتخاب همبستگی‌های خاص، قدرت تفکیک طیف سرعت را افزایش دادند [۹]. روش خودراه‌انداز یک روش آماری می‌باشد که مشخصات آماری داده‌ها نظیر میانگین، واریانس و فاصله اطمینان را به وسیله نمونه‌برداری تصادفی برآورد می‌کند [۱۰]. در روش محاسبه همدوسی بر مبنای شبهات، چنانچه سرعت انتخاب شده برای پنجره تحلیل دارای تفاوت کمی نسبت به سرعت واقعی باشد، ردلرزه‌های درون پنجره به طور کامل افقی نمی‌شوند، اما با این حال به واسطه اختلاف زمانی بسیار اندک ردلرزه‌های مجاور، مقدار شبهات محاسبه شده برای این حالت نیز، به مقدار شبهات مربوط به سرعت واقعی نزدیک است و باعث پهن‌شدگی قله طیف سرعت حول سرعت و زمان دقیق می‌شود. برای افزایش قدرت تفکیک طیف سرعت می‌توان از خاصیت نمونه‌برداری مجدد روش خودراه‌انداز و با استفاده از ضربی که به چیدن تصادفی ردلرزه‌ها در پنجره تحلیل سرعت حساس می‌باشد، بهره گرفت. چیدن تصادفی ردلرزه‌ها باعث افزایش اختلاف زمانی دو ردلرزه مجاور می‌گردد. لذا معیاری که به اختلاف زمانی ردلرزه‌ها حساس باشد، در مورد اخیر می‌تواند، سرعت صحیح را از ناصحیح بیشتر مشخص نماید. برای افزایش بیشتر قدرت تفکیک طیف سرعت می‌توان روش خودراه‌انداز را چندین بار استفاده نمود. البته در استفاده چندباره از این الگوریتم احتمال تضعیف بازتابنده‌های ضعیف و با انحنای بیشتر وجود دارد. این روش در عین افزایش قدرت تفکیک طیف سرعت، از محاسبات ساده و سریعی برخوردار است که یکی از نقاط قوت این روش محسوب می‌شود.

آنالیز سرعت

مطابق تقریب دیکس، منحنی زمان سیر یک رویداد بازتابی در رکورد نقطه میانی مشترک

و برانبارش داده‌های لرزه‌ای می‌باشد و سرعت ریشه میانگین مجموع مربعات را تعیین می‌نماید. در واقع تحلیل سرعت، ابزار قدرتمندی برای تشخیص بازتاب‌های اولیه و تعیین سرعت. برانبارش داده‌های لرزه‌ای می‌باشد [۱]. بنابراین دقت بیشتر در این مرحله به طور مستقیم بر مقطع برانبارش و سایر مراحل پردازش و تفسیر تاثیر می‌گذارد. روش‌های گوناگونی برای تحلیل سرعت معرفی شده‌اند. به طور کلی اساس اکثر این روش‌ها بر انتخاب بیشینه همدوسی از طیف سرعت بدست آمده، می‌باشد. از جمله این روش‌ها می‌توان به برانبارش دامنه‌ها، همبستگی عرضی دامنه و همبستگی انرژی اشاره کرد [۲]. شبهات یکی از معیارهای اندازه‌گیری همدوسی است [۲ و ۳]. روش تحلیل سرعت مذکور که یک روش متداول می‌باشد، به دلیل استفاده از تقریب دیکس^۱ و فرض هذلولی بودن زمان سیرهای مربوط به یک نقطه میانی مشترک، دارای معایبی می‌باشد که از آن جمله می‌توان به قدرت تفکیک پایین آن در رویدادهای بازتابی عمیق، سرعت بالا، دارای دورافت کم، فولد پایین و نوفه بالا اشاره نمود. تلاش‌های مختلفی برای رفع این مشکل و افزایش قدرت تفکیک طیف سرعت معرفی شده‌اند. بیوندی و کاستوف در سال ۱۹۸۹ با استفاده از مقادیر ویژه^۲ [۴] و کی و اسمیتسون در سال ۱۹۹۰ بر اساس محاسبه ماتریس کوواریانس پنجره تحلیل سرعت و مقادیر ویژه آن [۵]، قدرت تفکیک طیف سرعت را افزایش دادند ساچی در سال ۱۹۹۸ از الگوریتم خودراه‌انداز به منظور افزایش دقت و قدرت تفکیک در طیف سرعت استفاده نمود [۶]. این روش برای افزایش کیفیت طیف سرعت، نیاز به تعداد زیادی از خروجی روش خودراه‌انداز و محاسبات سنگین مقادیر ویژه دارد که کاربرد آن را تا حد زیادی محدود کرده است. روش‌سندل و همکاران در سال ۱۳۸۷ خورشیدی با استفاده از تجزیه مقادیر تکین^۳ در پنجره تحلیل سرعت و ضرب نسبت مقدار ویژه اول به مقدار ویژه دوم، گستردگی طیف سرعت را در روش شبهات کاهش دادند [۷]. لیو و هیل (۲۰۱۲) با وزن‌دار کردن مقادیر

1. Dix

2. Eigen Values

3. Singular Values

واقعی، رویداد بازتابی دچار بیش تصحیح^۱ خواهد شد و در حالتی که سرعت بیشتر از سرعت واقعی انتخاب شود، رویداد بازتابی دچار زیر تصحیح^۲ خواهد شد. در واقع در این دو حالت، رویداد بازتابی پس از تصحیح کاملاً به صورت افقی تبدیل نخواهد شد. این سه حالت در شکل ۱ نشان داده شده است. در شکل (الف) یک رویداد بازتابی با سرعت ۸۰۰ m/s نشان داده شده است. در شکل‌های (ب) تا (د) به ترتیب پنجره‌های تحلیل سرعت برای سه سرعت ۷۹۰، ۸۰۰ و ۸۱۰ m/s در زمان دورافت صفر، ۰/۵ s نشان داده شده است. مشکل بیش تصحیح و زیر تصحیح در دو شکل ۱-ب و ۱-د به دلیل انتخاب نادرست سرعت مشاهده می‌شود. چنانچه سرعت نادرست، اختلاف چندانگی با سرعت واقعی نداشته باشد، مقدار شباهت محاسبه شده برای آنها، بسیار به شباهت سرعت واقعی نزدیک خواهد بود و باعث افت قدرت تفکیک طیف سرعت می‌شود.

روش خودراه انداز

اگر در یک رکورد نقطه میانی مشترک از تاثیر دورافت و نوفه صرف نظر شود، می‌توان گفت که موجک‌های بازتابی ناشی از یک نقطه میانی مشترک به یکدیگر شبیه و دارای دامنه‌های برابر می‌باشند. در شکل ۱ یک رکورد نقطه میانی مشترک با یک رویداد بازتابی با سرعت ۸۰۰ m/s همراه با سه پنجره تحلیل برای سرعت‌های ۷۹۰، ۸۰۰ و ۸۱۰ متر بر ثانیه نشان داده است. چنانچه در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در پنجره تحلیل مربوط به سرعت واقعی، دو ردلرزه مجاور تقریباً یکسان می‌باشند در صورتی که در دو پنجره تحلیل دیگر، یک جابجایی زمانی (هر چند ناچیز) بین دو ردلرزه مجاور دیده می‌شود.

روش تحلیل سرعت مبتنی بر شباهت حساسیت زیادی به اختلاف زمانی جزئی بین دو موجک در دو ردلرزه مجاور ندارد و تفاوت زیادی بین این سه پنجره تحلیل قائل نمی‌شود و همین عامل سبب افت قدرت تفکیک طیف سرعت می‌گردد.

به صورت یک هذلولی مشاهده می‌شود. معادله این

$$t(x) = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{V_{stack}^2}} \quad (1)$$

که $t(x)$ زمان سیر دوطرفه در دورافت x برای هر بازتابنده با سرعت برانبارش V_{stack} و زمان دورافت صفر (t_0) می‌باشد.

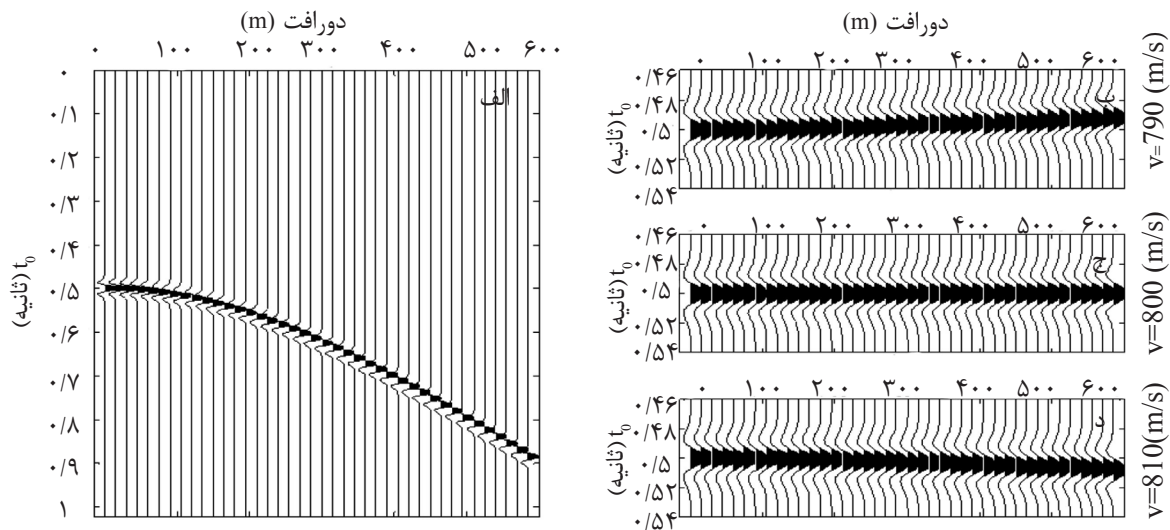
در روش تحلیل سرعت بر مبنای محاسبه شباهت به ازای زمان‌های دورافت صفر و سرعت برانبارش متعدد، هذلولی‌های زمان سیر مختلفی حاصل می‌شود. بهترین سرعت برانبارش و زمان دورافت صفر مربوط به آن هذلولی می‌باشد که بهترین برازش یا بیشترین مقدار شباهت را دارا باشد. مقدار شباهت درون پنجره تحلیل سرعت حول هذلولی مذکور، مطابق رابطه ۲ محاسبه می‌گردد [۳].

$$S = \frac{\sum_{\tau=t-(\lambda/2)}^{t+(\lambda/2)} (\sum_{i=1}^N d(\tau, x_i))^2}{N \sum_{\tau=t-(\lambda/2)}^{t+(\lambda/2)} (\sum_{i=1}^N d^2(\tau, x_i))} \quad (2)$$

که S شباهت، N تعداد ردلرزه‌های رکورد نقطه میانی مشترک، $d(\tau, x_i)$ دامنه ردلرزه در دورافت x_i و زمان τ و λ برابر طول پنجره تحلیل سرعت می‌باشد. طول پنجره معمولاً حدود ۱/۵ برابر طول زمانی موجک در نظر گرفته می‌شود [۲]. در تحلیل سرعت با استفاده از روش طیف سرعت به ازای هر سرعت و زمان دورافت صفر، به کمک رابطه ۲ یک مقدار بین صفر و یک محاسبه می‌گردد، هرچه مقدار اختصاص داده شده به ازای سرعت و زمان دورافت صفر به مقدار یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده احتمال بیشتر وجود لایه با سرعت و زمان دورافت صفر مذکور می‌باشد. برای تسهیل پردازش، نمودارهای پربندی بر مقادیر شباهت محاسبه شده رسم می‌شود. این مقادیر بر روی یک نمودار که محور عمودی آن نشان دهنده زمان‌های دورافت صفر و محور افقی مربوط به سرعت‌های مختلف می‌باشد، نمایش داده می‌شود. چنانکه در تحلیل سرعت برای یک بازتابنده، سرعت واقعی در نظر گرفته شود، رویداد بازتابی هذلولی بعد از اعمال تصحیح برنراند نرمال در رکورد نقطه میانی مشترک. به صورت رویداد بازتابی افقی تبدیل می‌شود. در صورت اختصاص سرعت کمتر از سرعت

1. Overcorrection

2. Undercorrection



شکل ۱- تاثیر تصحیح برون راند نرمال با سرعت‌های متفاوت. (الف) رکورد نقطه میانی مشترک با یک رویداد بازتابی با سرعت ۸۰۰ m/s. پنجره‌های آنالیز برای سرعت‌های (ب) ۷۹۰ m/s، (ج) ۸۰۰ m/s و (د) ۸۱۰ m/s.

موقعیت ردلرزه در پنجره بازچینی شده می‌باشد. با ضرب مقدار (D-1) در مقدار شباهت محاسبه شده مطابق رابطه ۴، ضریب شباهت اختلاف خودرا اندازه‌گیری می‌آید که جایگزین مناسبی برای شباهت متداول است. قبل از به کارگیری این روش باید به هم فاز بودن تمام ردلرزه‌ها در یک رکورد نقطه میانی مشترک توجه نمود، همچنین وجود ضریب شباهت معمول در این رابطه حساسیت این روش را نسبت به.

اختلاف دامنه‌های شدید ناشی از افزایش دورافت و نوفه زیاد در داده‌ها را کاهش داده و مقادیر هموارتری را ارائه می‌دهد. با توجه به رابطه ۳ و ۴ می‌توان محاسبات ساده و کم حجم را جزء مزایای این روش محسوب نمود.

$$BDS=(1-D) S \quad (4)$$

می‌توان عمل بازچینی تصادفی را چندین بار تکرار نمود و برای هر بار جابجایی یک مقدار اختلاف خودرا اندازه‌گیری D_i به دست آورد. در چنین حالتی مقدار ضریب شباهت اختلاف خودرا اندازه‌گیری به صورت رابطه ۵ به دست می‌آید

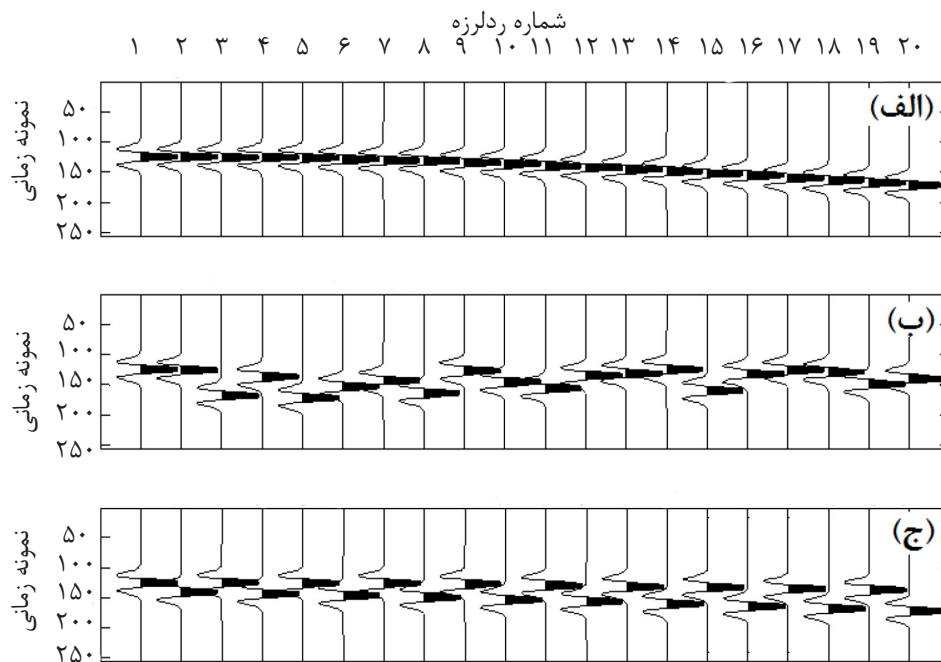
$$BDS=[\prod_{i=1}^M (1-D_i)] S \quad (5)$$

در رابطه (۵)، M تعداد دفعات جابجایی تصادفی می‌باشد.

چنانچه ردلرزه‌های درون پنجره‌های تحلیل مطابق شکل ۲ به حالت تصادفی در راستای محور دورافت بازچینی شوند، مقادیر شباهت سه پنجره تغییری نخواهد نمود. عدم تفاوت میان مقادیر شباهت قبل و بعد از بازچینی ناشی از عملگر جمع در رابطه ۲ می‌باشد. این بازچینی در پنجره تحلیل سرعت مربوط به سرعت واقعی، تاثیری ندارد و میزان اختلاف زمانی بین دو ردلرزه مجاور تغییر نمی‌کند، اما در پنجره تحلیل با سرعت نادرست، میزان اختلاف زمانی بین دو موجک در دو ردلرزه مجاور افزایش پیدا می‌کند. بنابراین اگر معیاری وجود داشته باشد که به اختلاف زمانی بین دو موجک در دو ردلرزه مجاور حساس باشد و میان پنجره‌های تحلیل با سرعت‌های متفاوت بعد از بازچینی، تفاوت چشمگیری قائل شود، می‌توان انتظار داشت که تحلیل سرعت دقیقتر با قدرت تفکیک بالاتری بدست آورد. بر همین اساس معیار اختلاف نرمال شده مطابق رابطه ۳ برای تفاوت گذاشتن بین سه پنجره تحلیل با یک زمان دورافت صفر یکسان و سه سرعت نزدیک به یکدیگر معرفی شد [۱۱]

$$D = \frac{N \sum_{\tau=t-(\lambda/\nu)}^{t+(\lambda/\nu)} \left\{ \sum_{i=\nu}^N \left[d(\tau, x_i) - d(\tau, x_{i-1}) \right]^2 \right\}}{\xi(N-1) \sum_{\tau=t-(\lambda/\nu)}^{t+(\lambda/\nu)} \left[\sum_{i=1}^N d(\tau, x_i) \right]^2} \quad (3)$$

که علامت «-» در بالای دورافت نشان دهنده



شکل ۲- (الف) رویداد بازتابی بدون بازچینی، (ب) رویداد بازتابی پس از بازچینی تصادفی و (ج) رویداد بازتابی پس از بازچینی دور- نزدیک.

پنجره تحلیل مذکور به ترتیب در شکل‌های (۲-ب) و (۲-ج) به نمایش در آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود، روند هذلولی بازتابنده در نتایج مربوط به بازچینی‌های تصادفی و دور- نزدیک به صورت کامل از بین رفته است و اختلاف زمانی میان دو موجک در دو ردلرزه مجاور افزایش یافته است. این اختلاف در بازچینی دور- نزدیک بیشینه مقدار می‌باشد. به منظور بررسی بیشتر و درک عمیق‌تر روش خودراه‌انداز در جدول ۱ برای سه پنجره تحلیلی با سرعت‌های مختلف که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند، مقادیر شباهت متداول، شباهت اختلاف خودراه‌انداز برای یک تا پنج بار بازچینی تصادفی و بازچینی دور افت دور- نزدیک آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مقادیر شباهت متداول برای هر سه سرعت تقریباً نزدیک به یکدیگر بوده و باعث کاهش قدرت تفکیک طیف سرعت می‌گردد. اما در بازچینی‌های مختلف، مقدار شباهت اختلاف خودراه‌انداز در دو سرعت نادرست افت داشته و نسبت به سرعت درست متمایز گردیده‌اند. بنابراین می‌توان افزایش قدرت تفکیک طیف سرعت را در این روش انتظار داشت.

استفاده از بازچینی چندباره و محاسبه مقدار اختلاف خودراه‌انداز و ضرب آن در شباهت (رابطه ۵) اگرچه باعث افزایش قدرت تفکیک طیف سرعت می‌شود، اما می‌تواند علاوه بر افزایش میزان محاسبات و زمان اجرا، باعث تضعیف رویدادهای بازتابی با دامنه کم یا انحنای بیشتر شود. برای رفع این مشکل می‌توان به جای جابجایی تصادفی چند باره، نحوه بازچینی را به گونه‌ای تنظیم نمود که دو ردلرزه مجاور، یکی مربوط به دورافت‌های نزدیک و دیگری مربوط به دورافت‌های دور شود. چنین شیوه بازچینی، بازچینی دور- نزدیک نامیده و باعث ایجاد حداکثر اختلاف زمانی میان دو موجک در دو ردلرزه مجاور می‌شود و همچنین محاسبات و زمان اجرای کمتری نسبت به استفاده از بازچینی چندباره را دارد. برای روشن‌تر شدن مفهوم بازچینی تصادفی و دور- نزدیک ردلرزه‌های درون پنجره تحلیل، در شکل (۲-الف) تعداد ۲۰ ردلرزه مربوط به یک رویداد هذلولی در پنجره تحلیل سرعت را بدون هیچگونه جابجایی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، به دلیل انتخاب سرعت نادرست، رویداد بازتابی به صورت افقی نمی‌باشد. حاصل یکبار جابجایی تصادفی و بازچینی دورافت دور- نزدیک در

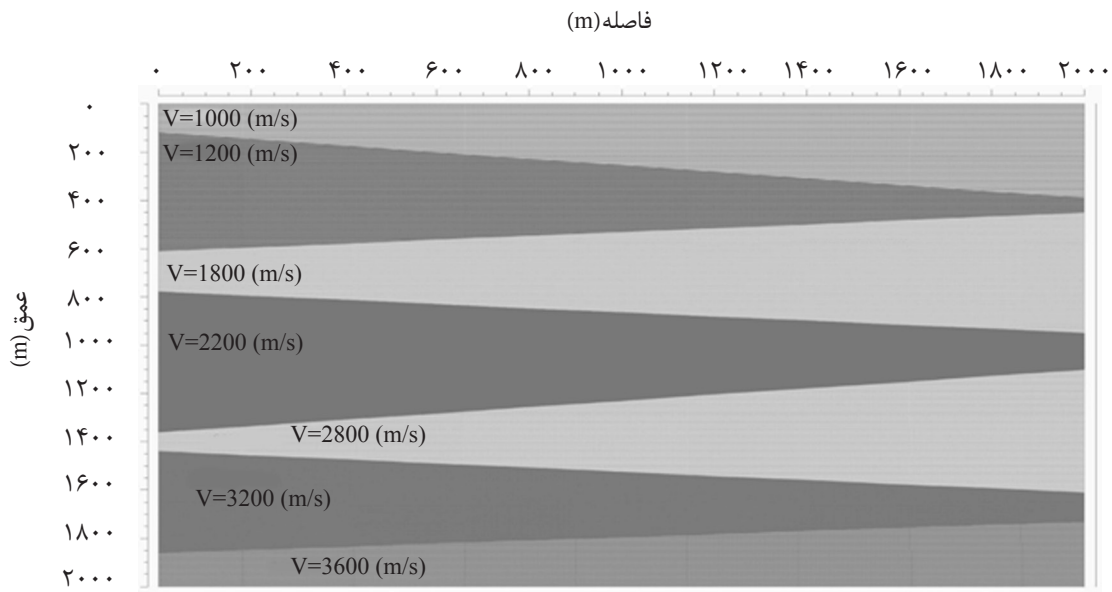
جدول ۱- مقادیر شباهت متداول، شباهت اختلاف خودراه‌انداز برای ۱ تا پنج بار بازچینی و شباهت اختلاف خودراه‌انداز برای بازچینی دور - نزدیک برای پنجره‌های تحلیل سرعت در شکل ۱.

پنجره تحلیل با سرعت ۷۹۰ (متر بر ثانیه)	پنجره تحلیل با سرعت ۸۰۰ (متر بر ثانیه)	پنجره تحلیل با سرعت ۸۱۰ (متر بر ثانیه)	
۰/۹۳۲۱	۱	۰/۹۳۵۹	شباهت متداول
۰/۹۰۰۹	۱	۰/۹۱۰۷	شباهت اختلاف خودراه‌انداز برای یک بار بازچینی
۰/۸۷۱۹	۱	۰/۸۸۴۳	شباهت اختلاف خودراه‌انداز برای دو بار بازچینی
۰/۸۵۱۹	۱	۰/۸۶۲۰	شباهت اختلاف خودراه‌انداز برای سه بار بازچینی
۰/۸۱۳۰	۱	۰/۸۲۷۱	شباهت اختلاف خودراه‌انداز برای چهار بار بازچینی
۰/۷۸۳۲	۱	۰/۸۰۱۳	شباهت اختلاف خودراه‌انداز برای پنج بار بازچینی
۰/۸۸۰۲	۱	۰/۸۸۷۶	شباهت اختلاف خودراه‌انداز برای بازچینی دور - نزدیک

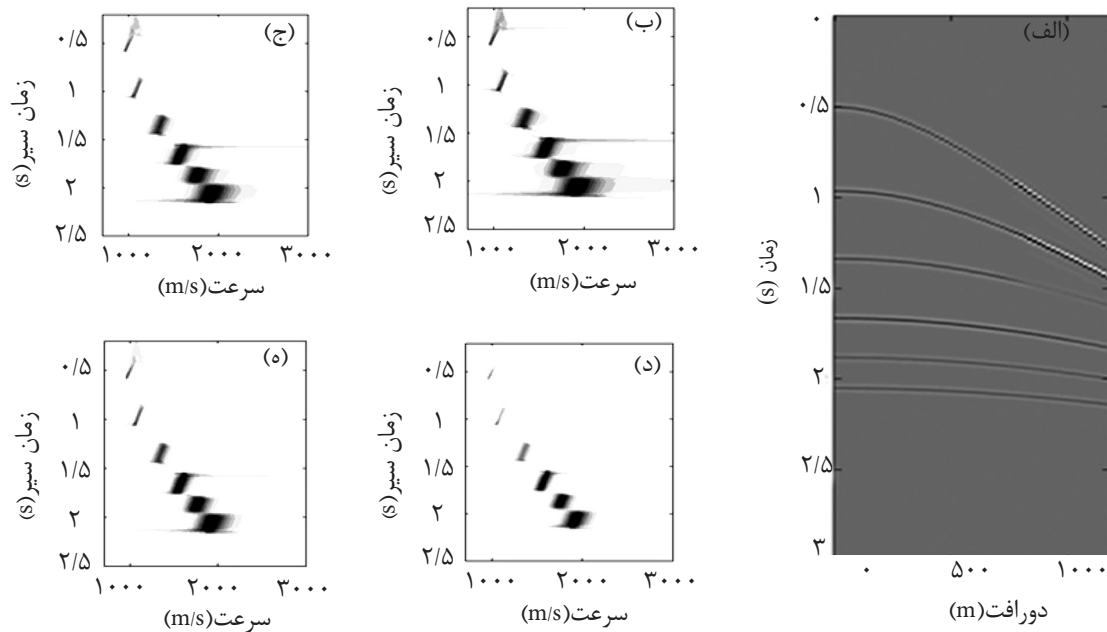
اعمال روش خودراه‌انداز بر روی داده‌های لرزه‌ای مصنوعی و واقعی

به منظور بررسی عملکرد روش معرفی شده برای تحلیل سرعت، روش بر روی داده‌های لرزه‌ای مصنوعی و واقعی اعمال گردید و نتایج با روش شباهت متداول مورد مقایسه قرار گرفت. مدل مصنوعی در شکل ۳ و رکورد نقطه میانی مشترک بدون حضور نوفه مربوط به این مدل در شکل ۴ - (الف) نشان داده شده است. برای ساخت رکورد نقطه میانی مشترک از مدل مصنوعی شکل ۳ از نرم‌افزار GXII و روش ردیابی پرتو استفاده شده است. فرکانس غالب موجک لرزه‌ای ریکر برابر ۲۵Hz در نظر گرفته شده است. همچنین به منظور نزدیک بودن داده تولید شده به واقعیت، دامنه رویداد بازتابی بر اساس ضرایب بازتاب بوده و در مواردی تغییر فاز موجک در دورافت‌های مختلف قابل مشاهده می‌باشد. بازچینی دور - نزدیک نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، با افزایش تکرار بازچینی‌های تصادفی، قدرت تفکیک طیف سرعت افزایش یافته است. با این حال در طیف سرعت حاصل از پنج بار بازچینی تصادفی، رویداد بازتابی اول و دوم که دارای سرعت کمتر و انحنای بیشتری هستند، تا حدی ضعیف شده‌اند. اما در روش بازچینی دور - نزدیک نه تنها قدرت تفکیک طیف سرعت افزایش یافته است، بلکه تضعیفی نیز در رویدادهای با سرعت کم و انحنای بیشتر دیده نمی‌شود.

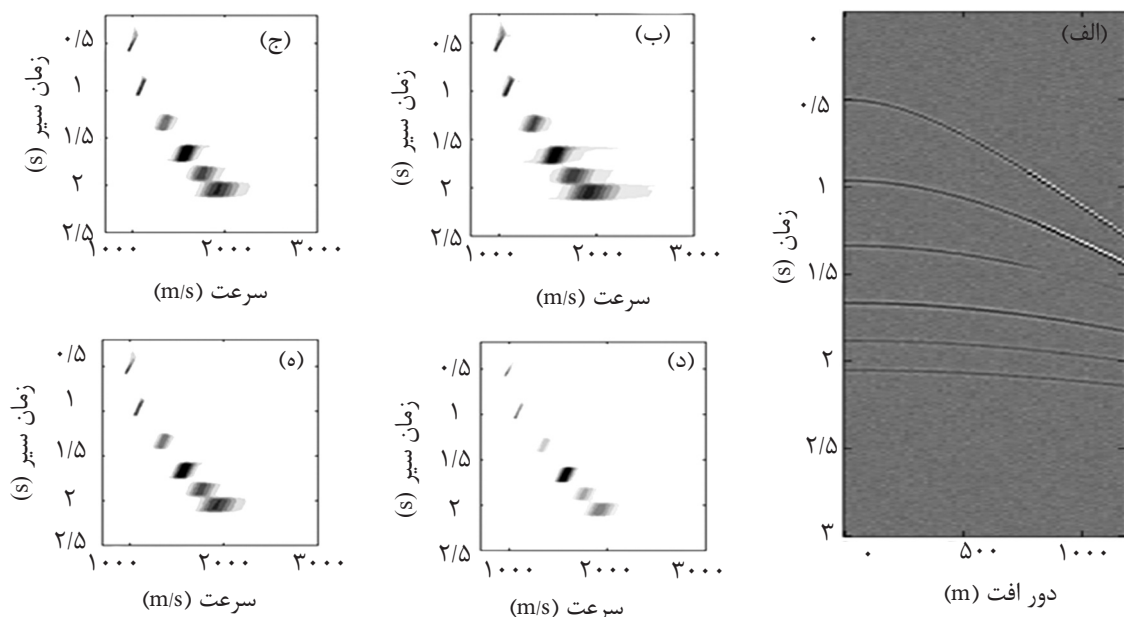
به منظور بررسی کارایی الگوریتم معرفی شده در برابر نوفه تصادفی، به میزان ۳۰ db نوفه تصادفی به رکورد نقطه میانی مشترک مصنوعی اضافه گردید و نتایج مجدداً محاسبه گردید که در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، حضور تصادفی در داده سبب افزایش قدرت تفکیک طیف داده حتی در روش شباهت می‌شود. نتایج به دست آمده در حضور نوفه تصادفی نیز، برتری دو روش بازچینی از نظر قدرت تفکیک طیف سرعت را نسبت به روش شباهت متداول نشان می‌دهد. حال که کارایی روش شباهت اختلاف خودراه‌انداز در مورد داده مصنوعی در دو حالت بدون نوفه و همراه نوفه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج قابل قبولی به دست آمد، کارایی آن بر روی داده واقعی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. رکورد نقطه میانی مشترک واقعی مربوط به یک عملیات لرزه‌نگاری دو بعدی می‌باشد. این رکورد دارای دورافت ۱۴۰۰ m بوده و ردلرزه‌های آن دارای طول زمانی ۲ s و بازه نمونه‌برداری ۲ ms می‌باشند. در شکل ۶ نتایج مربوط به این داده لرزه‌ای واقعی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، طیف سرعت حاصل از روش پیشنهادی در این مقاله باز هم نسبت به روش شباهت متداول دارای قدرت تفکیک بالاتری می‌باشد. خاطر نشان می‌شود در کلیه شکل‌های مربوط طیف مقادیر مقاطع بین صفر و یک و رنگ تیره مربوط به مقادیر بیشتر می‌باشد.



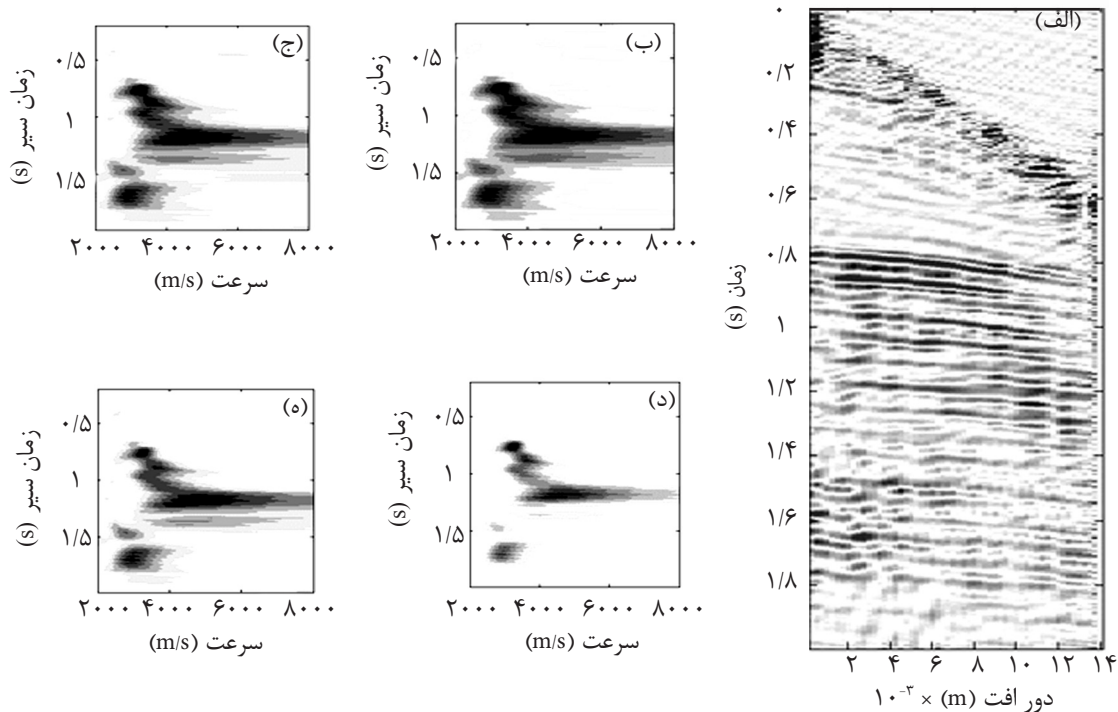
شکل ۳- مدل مصنوعی از شش لایه شیبدار با سرعت‌های بازه‌ای متفاوت



شکل ۴- (الف) رکورد نقطه میانی مشترک مصنوعی بدون نوفه و طیف سرعت حاصل شده از تحلیل سرعت با روش‌های (ب) شباهت متداول، (ج) شباهت اختلاف خودراه‌انداز با یک بار بازچینی تصادفی، (د) شباهت اختلاف خودراه‌انداز با پنج بار بازچینی تصادفی و (ه) شباهت اختلاف خودراه‌انداز با بازچینی دور- نزدیک.



شکل ۵- (الف) رکورد نقطه میانی مشترک مصنوعی همراه نوفه تصادفی و طیف سرعت حاصل شده از تحلیل سرعت با روش (ب) شباهت متداول، (ج) شباهت اختلاف خودراه‌انداز با یک بار بازچینی تصادفی، (د) شباهت اختلاف خودراه‌انداز با پنج بار بازچینی تصادفی و (ه) شباهت اختلاف خودراه‌انداز با بازچینی دور - نزدیک.



شکل ۶- (الف) رکورد نقطه میانی مشترک واقعی و طیف سرعت حاصل شده از تحلیل سرعت با روش (ب) شباهت متداول، (ج) شباهت اختلاف خودراه‌انداز با یک بار بازچینی تصادفی، (د) شباهت اختلاف خودراه‌انداز با پنج بار بازچینی تصادفی و (ه) شباهت اختلاف خودراه‌انداز با بازچینی دور- نزدیک

نتیجه گیری

استفاده از رابطه اختلاف نرمال شده تاثیر بگذارد و با استفاده از این اختلاف مقدار شباهت مربوط به این سرعت نادرست را کاهش و دقت طیف سرعت افزایش یابد. علاوه بر عمده مزیت این روش که افزایش قدرت تفکیک طیف سرعت نسبت به شباهت معمول برای محاسبه سرعت می باشد، می توان محاسبات ساده و کم حجم نسبت به سایر روش های دیگر افزایش قدرت تفکیکی طیف سرعت و همچنین عدم نیاز به اطلاعات اضافی در این روش را نیز می توان جزء مزایای این روش محسوب کرد. همچنین می توان با تکرار بازچینی های تصادفی و محاسبه اختلاف نرمال شده به ازای هر بازچینی، قدرت تفکیک بیشتری در طیف سرعت بدست آورد، ولی در این حالت باید به احتمال تضعیف بازتابنده های ضعیف و با انحنای بیشتر نیز توجه نمود. برای حل این مشکل نیز می توان از روش بازچینی دور-نزدیک در جهت افزایش قدرت تفکیک نسبت به بازچینی تصادفی استفاده نمود. نتایج حاصل از اعمال الگوریتم بر روی رکوردهای لرزه ای نقطه میانی مشترک مصنوعی و واقعی افزایش قدرت تفکیک طیف سرعت روش معرفی شده را نسبت به روش شباهت متداول نشان داد.

هدف اصلی این پژوهش بهبود نتایج تحلیل سرعت با استفاده از روش طیف سرعت می باشد. در روش شباهت متداول، به دلیل حساسیت کم این روش به اختلاف دامنه دو ردلرزه مجاور، چنانچه سرعت نادرست، اختلاف چندانی با سرعت واقعی نداشته باشد، مقدار شباهت محاسبه شده برای آنها، بسیار به شباهت سرعت واقعی نزدیک خواهد بود و باعث افت قدرت تفکیک طیف سرعت می شود. در این مقاله یک الگوریتم مبتنی بر نمونه برداری مجدد که پایه آن روش آماری خودراه انداز است و نسبت به اختلاف دامنه های ردلرزه های مجاور حساس می باشد، معرفی گردید. در این روش با جابجایی ردلرزه ها درون پنجره تحلیل، سعی می شود که در پنجره های تحلیل مربوط به سرعت های نادرست، اختلاف میان دامنه دو ردلرزه مجاور حداکثر شود. این بازچینی در پنجره تحلیل سرعت مربوط به سرعت واقعی، تاثیری ندارد و میزان اختلاف زمانی بین دو ردلرزه مجاور تغییر نمی کند. بنابراین در معیار روش خودراه انداز که به اختلاف زمانی بین دو موجک در دو ردلرزه مجاور حساس می باشد. افزایش این اختلاف می تواند بر مقادیر محاسبه شده با

مراجع

- [1]. Taner M. T. and Koehler F., "Velocity spectra—digital computer derivation applications of velocity functions", Geophysics, Vol. 34, pp. 859-881, 1969.
- [2]. Yilmaz Ö. and Doherty S. M., *Seismic data Analysis: processing, inversion, and interpretation of seismic data*, Society of Exploration Geophysicists, 2001.
- [3]. Neidell N. S. and Taner M. T., "Semblance and other coherency measures for multichannel data", Geophysics, Vol. 36, pp. 482-497, 1971.
- [4]. Biondi B. L. and Kostov C., "High-resolution velocity spectra using eigenstructure methods", Geophysics, Vol. 54, pp. 832-842, 1989.
- [5]. Key S. C. and Smithson S. B., "New approach to seismic-reflection event detection and velocity determination", Geophysics, Vol. 55, pp. 1057-1069, 1990.
- [6]. Sacchi M. D., "A bootstrap procedure for high-resolution velocity analysis", Geophysics, Vol. 63, pp. 1716-

1725, 1998.

[7]. Roshandel Kahoo A., Siahkoohi H. R., and Zabihi Naeini E., *Quality improvement of the velocity analysis using singular value decomposition*, presented at the 13th Iranian Conference of Geophysics, 2008.

[8]. Luo S. and Hale D., "Velocity analysis using weighted semblance", *Geophysics*, Vol. 77, pp. U15-U22, 2012.

[9]. Celis V. and Larner K., *Selective-correlation velocity analysis*, in SEG International Exposition and 72nd Annual Meeting, 2002.

[10]. Efron B., "Bootstrap methods: another look at the jackknife", *The annals of Statistics*, pp. 1-26, 1979.

[11]. Abbad B. and Ursin B., "High-resolution bootstrapped differential semblance", *Geophysics*, Vol. 77, pp. U39-U47, 2012.