

تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی با برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک

سید علی فعال رستگار^۱، عبدالرحیم جواهریان^{۱*}، ناصر کشاورز فرج‌خواه^۲، مهرداد سلیمانی منفرد^۳ و عباس زارعی^۴

۱- دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۲- موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

۳- گروه پژوهش ژئوفیزیک، پژوهشکده علوم زمین، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

۴- دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران

۵- اداره ژئوفیزیک، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۲۷

چکیده

نوفه زمین‌غلت نوعی از امواج سطحی است که با فرکانس و سرعت کمتر و دامنه و انرژی قوی‌تر از بازتاب‌ها، آنها را می‌پوشاند و نسبت سیگنال به نوفه را به‌شدت کم می‌کند. بنابراین تضعیف آن در پردازش داده‌های لرزه‌ای بازتابی از اهمیت زیادی برخوردار است. در این مقاله، الگوریتم برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک تعمیم داده شد تا نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی تضعیف گردند. عملگر برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک، به شکل یک هذلولی می‌باشد. این عملگر بر هر پدیده با زمان سیر هذلولی مانند بازتاب‌ها در داده‌های پیش از برانبارش منطبق می‌باشد. زمانی که این عملگر روی داده‌های لرزه‌ای پیش از برانبارش اعمال شود، می‌توان به‌وسیله تحلیل همدوسی بازتاب‌ها را از پدیده‌های دیگر تشخیص داد. مقادیر همدوسی بالا مربوط به بازتاب‌ها بوده و مقادیر همدوسی پایین نشانگر این است که پدیده‌ای با زمان سیر هذلولی وجود ندارد. بنابراین وقتی پدیده‌های لرزه‌ای شناخته شوند، می‌توان پدیده‌هایی که زمان سیر غیرهذلولی دارند، را تضعیف کرد. نوفه‌های زمین‌غلت در برداشت‌های نقطه میانی مشترک و برداشت‌های چشمه مشترک شکل خطی و نوفه‌های زمین‌غلت بدون شکل هستند. بنابراین به کمک راهبرد بیان شده می‌توانند تضعیف شوند. روش پیشنهادی بر روی داده‌های واقعی امتحان و کارآیی روش با فیلتر فرکانس- عدد موج مقایسه گردید. نتایج بررسی‌های کمی و کیفی نشان می‌دهند که برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک نوفه‌های زمین‌غلت دگرنامی شده و نشده را به‌خوبی تضعیف می‌کند، در حالی که فیلتر فرکانس- عدد موج قادر به تضعیف امواج زمین‌غلت دگرنامی شده نیست. همچنین برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک هم‌زمان با نوفه زمین‌غلت، نوفه اتفاقی را نیز تضعیف می‌کند. تضعیف نوفه اتفاقی قبل از برانبارش نهایی دورافت صفر باعث افزایش سیگنال به نوفه و بهبود تصویر نهایی می‌گردد.

کلمات کلیدی: سطح بازتاب مشترک، دورافت مشترک، تضعیف، اتفاقی، زمین‌غلت

مقدمه

در حال حاضر، برداشتهای لرزه‌نگاری در اکتشافات هیدروکربنی، به سمت مناطق پیچیده از نظر زمین‌شناسی ساختمانی و ناهموازی‌های سطحی کشیده شده است. برداشت لرزه‌ای در این مناطق باعث دریافت سیگنال کمتر و نوفه قوی‌تر در گیرنده‌ها می‌شود [۱]. نوفه‌های لرزه‌ای به دو دسته همدوس و ناهمدوس (اتفاقی) تقسیم می‌شوند. یکی از نوفه‌های همدوس امواج زمین‌غلت هستند که با دامنه و انرژی زیاد و سرعت و فرکانس کم، رخداد‌های بازتابی را در داده‌های لرزه‌ای بازتابی می‌پوشانند [۲]. روش‌های رایج تضعیف نوفه‌های همدوس شامل انواع فیلتر سرعت، فیلتر فرکانس - عدد موج، فیلتر تاو - پی و برای نوفه اتفاقی شامل برانبارش نقطه میانی مشترک و فیلتر فرکانس - دورافت هستند. هرکدام از این روش‌ها مزایا و معایب خود را دارند. اغلب روش‌های تضعیف امواج زمین‌غلت زمانی که این امواج دچار دگرگانی مکانی می‌شوند، قادر به تضعیف این دسته از امواج نیستند [۳]. روش‌های دیگری نیز برای تضعیف امواج زمین‌غلت مانند تصویر مشخصه تبدیل موجک گسسته [۴]، تبدیل کرولت [۵]، تبدیل شیرلت [۶] و برای تضعیف نوفه اتفاقی فیلتر زمان - دورافت [۷]، تجزیه حالت [۸]، دسته‌بندی فازی [۹] و تکرار منظم کرولت برگمان [۱۰] معرفی شده‌اند که نشان می‌دهد تضعیف نوفه هم‌چنان یکی از مسائل مهم پیش روی محققین و لرزه‌شناسان است.

دست‌آورد این مقاله تعمیم برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک برای تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی است. این فرض که به‌جای یک نقطه بازتاب از یک سطح بازتاب نام برده شود، بر این حقیقت استوار است که ردلرزه‌های ثبت شده در باند کوتاه سیگنال، نه تنها از نقطه بازتاب اطلاعات می‌آورد، بلکه از سطوح مجاور موسوم به ناحیه فرنل نیز حامل اطلاعات است [۱۱]. برانبارش

سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک روشی برای تبدیل داده‌های پیش از برانبارش چند پوششی به مدل دوبعدی در مقطع دورافت مشترک خاصی است. اولین بار ژانگ و همکاران [۱۲] رابطه برانبارش سطح بازتاب مشترک را برای دورافت‌های مشترک معرفی کردند. آن‌ها دو رابطه زمان‌سیر هذلولی و سهمی برای برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک به‌دست آورده و روی داده‌های مصنوعی امتحان کردند. نتایج اعمال برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک روی داده‌های مصنوعی نشان داد که رابطه زمان‌سیر هذلولی می‌تواند دقیق‌تر از رابطه زمان‌سیر سهمی بازتاب‌ها را تخمین بزند. مان و هوشت [۱۳] نشان دادند کشیدگی و انحراف سیگنال که در برانبارش و تصحیح نقطه میانی مشترک به‌وجود می‌آید، در برانبارش سطح بازتاب مشترک وجود ندارد. این یکی از مزایای برانبارش سطح بازتاب مشترک بر روش‌های رایج برانبارش مانند تصحیح نقطه میانی مشترک می‌باشد. ایزنبرگ - کلین و همکاران [۱۴] نوفه‌های اتفاقی دو و سه‌بعدی را با استفاده از برانبارش سطح بازتاب مشترک تضعیف کردند. بایکولوف و همکاران [۱۵] از ضرایب برانبارش سطح بازتاب مشترک برای پردازش داده‌های لرزه‌ای شامل تضعیف چندگانه‌ها، افزایش کیفیت داده‌های پیش از برانبارش، درون‌یابی ردلرزه‌ها، ساخت مدل سرعتی، برانبارش دورافت صفر و تبدیل مقاطع زمانی به عمقی استفاده کردند. در ادامه، تئوری روش برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک بیان شده است. سپس به منظور استفاده از آن در تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی بهینه‌سازی گردیده است. به دنبال آن، روش پیشنهادی بر روی داده‌های واقعی اعمال و کارایی آن در مقایسه با فیلتر فرکانس - عدد موج مورد ارزیابی قرار گرفته است. در انتها بررسی‌های کمی شامل طیف میانگین دامنه، نسبت سیگنال به نوفه و حساسیت‌سنجی آورده شده است.

برابارشی سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک

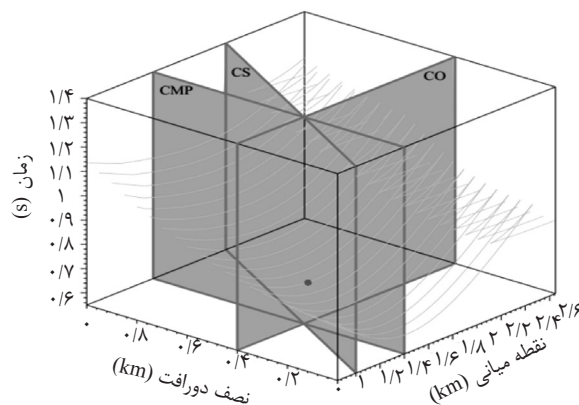
رابطه زمان سیر هذلولی برای برابارشی سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک به صورت زیر است [۱۲]:

$$T^2(\Delta x_m, \Delta h) = \left[t_0 + \left(\frac{\sin \beta_S}{v_S} + \frac{\sin \beta_G}{v_G} \right) \Delta x_m + \left(\frac{\sin \beta_G}{v_G} - \frac{\sin \beta_S}{v_S} \right) \right]^2 + 2t_0 \left[\Delta x_m \left(K_3 \frac{\cos^2 \beta_G}{v_G} + K_2 \frac{\cos^2 \beta_S}{v_S} \right) \Delta h + \frac{1}{2} \Delta x_m \left((4K_1 - 3K_3) \frac{\cos^2 \beta_G}{v_G} - K_2 \frac{\cos^2 \beta_S}{v_S} \right) \Delta x_m + \frac{1}{2} \Delta h \left(K_3 \frac{\cos^2 \beta_G}{v_G} - K_2 \frac{\cos^2 \beta_S}{v_S} \right) \Delta h \right] \quad (1)$$

که T زمان سیر موج از چشمه تا گیرنده، $\Delta x_m = x_m - x_0$ که x_m نقطه میانی یک جفت چشمه و گیرنده دلخواه و x_0 نقطه میانی نزدیکترین جفت چشمه و گیرنده، $\Delta h = h - h_0$ که h نصف فاصله بین چشمه و گیرنده اختیاری و h_0 نصف فاصله بین نزدیکترین چشمه و گیرنده، t_0 زمان سیر موج در حالت دورافت صفر، β_S زاویه پرتو موج با محور قائم در محل چشمه است که در حالت دورافت صفر با β_G (زاویه پرتو موج با محور قائم در محل گیرنده) برابر می شود، v_S و v_G سرعت نزدیک به سطح در محل گیرنده و محل چشمه است که در حالت دورافت صفر $v_S = v_G$ انحنای جبهه موج در نقطه گیرنده G مربوط به برداشت چشمه مشترک، K_2 و K_3 انحنای جبهه موج در نقطه چشمه S و در نقطه گیرنده G مربوط به مقطع نقطه میانی

مشترک هستند.

پنج نشانگر زوایای β_S و β_G و انحنای جبهه موج K_1, K_2, K_3 تحت عنوان ضرایب برابارشی سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک نامیده می شوند [۱۶]. به منظور استفاده از رابطه زمان سیر برابارشی سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک، این پنج نشانگر شامل دو زاویه و سه انحنای جبهه موج باید مشخص شوند. جستجوی هم زمان پنج ضریب از لحاظ محاسباتی پرهزینه و پیچیده خواهد بود. بنابراین جستجوها را به چند قسمت جداگانه تقسیم می کنند تا زمان و هزینه کاهش پیدا کند. برای یک نمونه (x_0, h_0, t_0) در برداشت دورافت مشترک که قرار است شبیه سازی شود، می توان پنج ضریب برابارشی را فقط در امتداد منحنی هایی که قسمتی از سطح برابارشی سه بعدی هستند مشخص کرد. این منحنی ها توسط تقاطع سطح برابارشی با برداشت نقطه میانی مشترک در x_0 ، با مقطع دورافت مشترک در h_0 و با برداشت چشمه مشترک به دست می آیند (شکل ۱) که در آن ها عملگرهای برابارشی ساده سازی می شوند. به عبارت دیگر، یک جستجوی پنج ضریبی به دو جستجوی دوضریبی و یک جستجوی یک ضریبی تبدیل می شود [۱۷]. رابطه ۱ نشان دهنده معادله یک هذلولی است که بر هر پدیده با زمان سیر هذلولی مانند بازتابها در داده های پیش از برابارشی منطبق است.



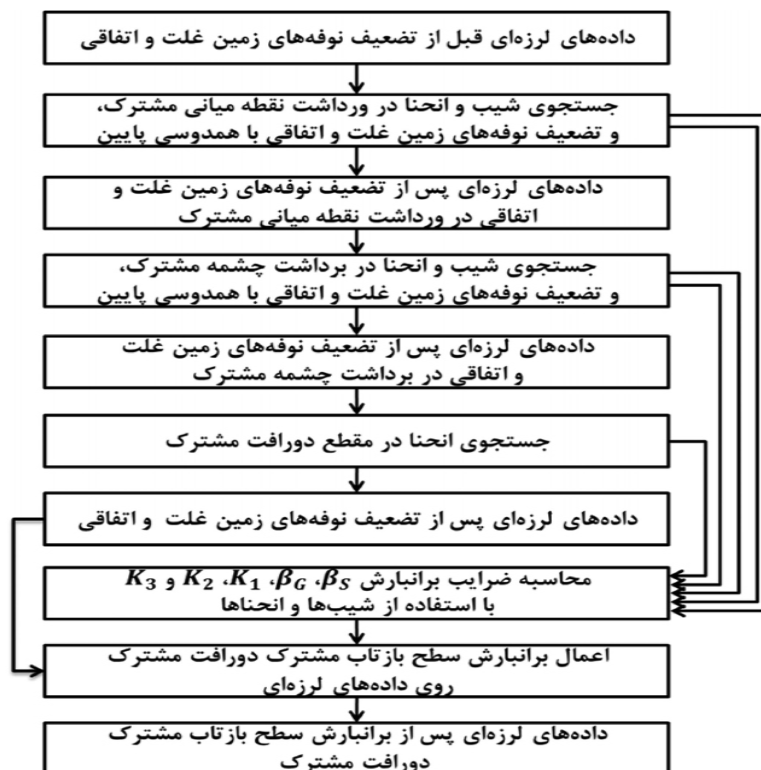
شکل ۱ برداشت نقطه میانی مشترک، مقطع دورافت مشترک و برداشت چشمه مشترک در حجم داده های چندپوششی برای محاسبه پنج ضریب برابارشی در نقطه مشخص شده در شکل [۱۷]

تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی نشان می‌دهد. چون امواج زمین‌غلت در وردشت‌های نقطه میانی مشترک و برداشت‌های چشمه مشترک شکل خطی دارند، در روش مفروض جستجوی ضرایب برانبارش در آن‌ها قبل از مقطع دورافت مشترک انجام می‌شود. شکل ۳ نمای مصنوعی تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی با استفاده از برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک را نشان می‌دهد. در ابتدا برداشت‌های نقطه میانی مشترک و برداشت‌های چشمه مشترک وارد الگوریتم می‌شوند. روی آن‌ها محدوده تضعیف امواج زمین‌غلت توسط پنج نقطه (محدوده خاکستری رنگ در شکل ۳-ب) مشخص می‌شود. این کار به دو دلیل انجام می‌شود:

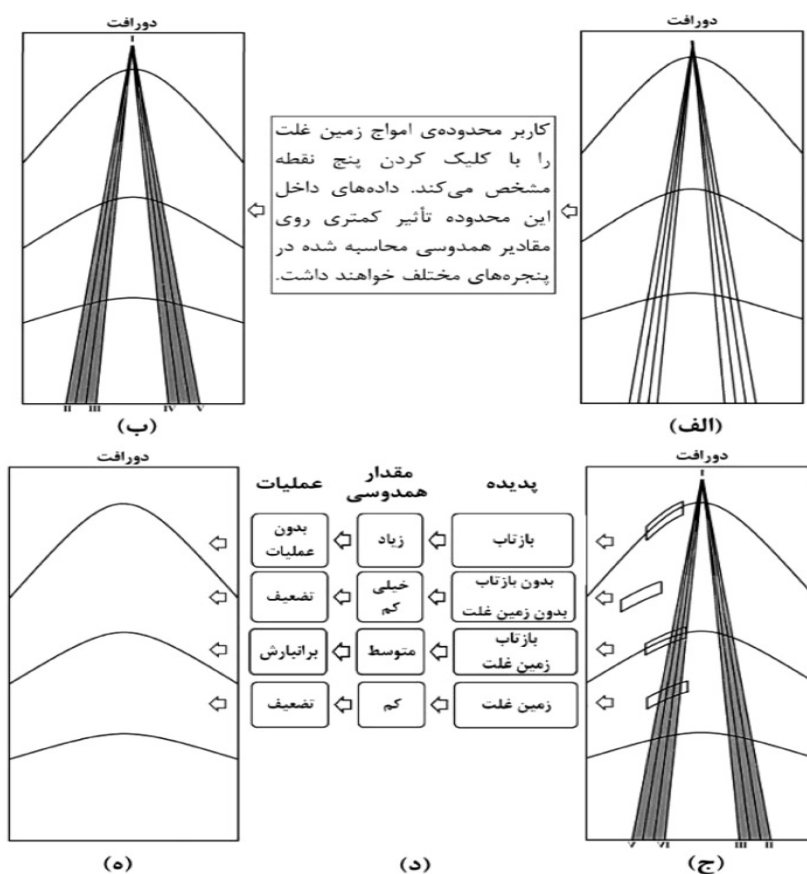
۱- با اعمال ضریب کاهنده دامنه، داده‌های داخل این محدوده تأثیر کمتری روی مقادیر همدوسی محاسبه شده در پنجره‌های مختلف خواهند داشت. در نتیجه مقادیر همدوسی تحت تأثیر دامنه‌های زیاد امواج زمین‌غلت قرار نمی‌گیرند.

هنگامی که این عملگر روی داده‌های لرزه‌ای پیش از برانبارش اعمال شود، می‌توان به‌وسیله تحلیل همدوسی، بازتاب‌ها را از پدیده‌های دیگر تشخیص داد. مقادیر همدوسی بالا مربوط به بازتاب‌ها و مقادیر همدوسی پایین نشان‌دهنده عدم وجود پدیده‌ای با زمان‌سیر هذلولی است. بنابراین با شناسایی پدیده‌های لرزه‌ای، می‌توان به تضعیف پدیده‌های با زمان‌سیر غیرهذلولی پرداخت [۱۸].

نوفه زمین‌غلت در برداشت‌های نقطه میانی مشترک و برداشت‌های چشمه مشترک شکل خطی دارند. نوفه اتفاقی نیز زمان‌سیر مشخصی ندارد. بنابراین به کمک راهبرد پیشنهادی می‌توان نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی را از بازتاب‌ها تفکیک و تضعیف کرد. برای اعمال روش پیشنهادی، برنامه‌ای در محیط نرم‌افزار MATLAB تهیه شد. به‌منظور افزایش سرعت پردازش از الگوریتم پردازش موازی MATLAB استفاده گردید. شکل ۲ طرح‌واره روش برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک را در



شکل ۲ طرح‌واره تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی با برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک



شکل ۳ نمای مصنوعی تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی با استفاده از برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک. الف) برداشت نقطه میانی مشترک یا برداشت چشمه مشترک، ب) تعیین محدوده امواج زمین‌غلت توسط کاربر با انتخاب پنج نقطه، ج) برای هر نمونه روی این شکل، چندین پنجره با شیب و انحنای مختلف تعریف و مقدار هم‌دوسی آن‌ها محاسبه می‌شود، د) بسته به مقدار هم‌دوسی و محل قرارگیری پنجره‌ها برانبارش یا تضعیف می‌شوند و یا دست نخورده باقی می‌مانند و ه) برداشت خروجی پس از تضعیف امواج زمین‌غلت و اتفاقی و افزایش نسبت سیگنال به نوفه.

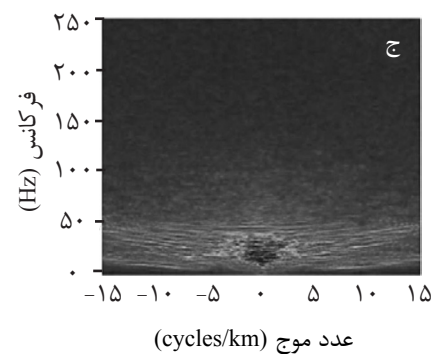
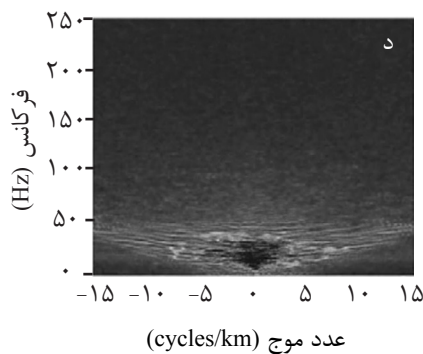
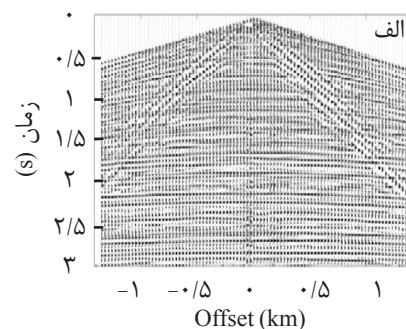
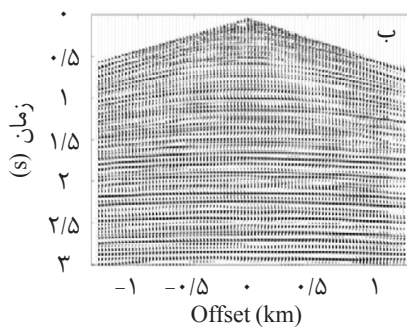
هم‌دوسی آن‌ها محاسبه می‌شود. بسته به مقدار هم‌دوسی و محل قرارگیری، پنجره‌ها برانبارش یا تضعیف می‌شوند و یا دست نخورده باقی می‌مانند. در نتیجه امواج زمین‌غلت با زمان سیر خطی و نوفه اتفاقی، تضعیف و بازتاب‌ها با زمان سیر هذلولی، تقویت می‌شوند. نکته‌ای که وجود دارد این است که در هنگام جستجوی ضرایب برانبارش روی برداشت نقطه میانی مشترک و برداشت چشمه مشترک، مقدار بیشینه شیب و انحنای، نباید از حداکثر شیب و انحنای بازتاب‌ها تجاوز کند. بنابراین بیشینه شیب و انحنای مورد جستجو، با قرار دادن محدوده کران بالا کنترل می‌شود. در صورت عدم استفاده از محدوده کران بالا، عملگر برانبارش سطح بازتاب

۲- همچنین در مراحل جستجوی ضرایب برانبارش روی برداشت‌های نقطه میانی مشترک و برداشت‌های چشمه مشترک، تنها داده‌های موجود در محدوده تعیین شده برانبارش خواهند شد. در این راهبرد، حداقل آسیب به دامنه‌ی بازتاب‌ها در مرحله جستجوی ضرایب وارد می‌شود. لازم به ذکر است که به مانند سایر تحلیل‌های سرعت که بر روی داده‌های لرزه‌ای صورت می‌گیرد، تضعیف امواج زمین‌غلت به روش پیشنهادی، تنها بر روی تعداد محدودی از برداشت‌ها انجام خواهد گرفت و بر روی سایر برداشت‌ها به کمک درون‌یابی ادامه می‌یابد. سپس برای هر نمونه در برداشت نقطه میانی مشترک و برداشت چشمه مشترک چندین پنجره با شیب و انحنای مختلف تعریف و مقدار

مشترک دورافت مشترک نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل می‌توان دید، برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی را به‌خوبی تضعیف کرده، پدیده‌های بازتابی را تقویت و پیوستگی آن‌ها را نیز زیاد کرده است. شکل‌های ۴-ج و ۴-د طیف فرکانس-عددموج شکل ۴-الف و ۴-ب را نشان می‌دهد.

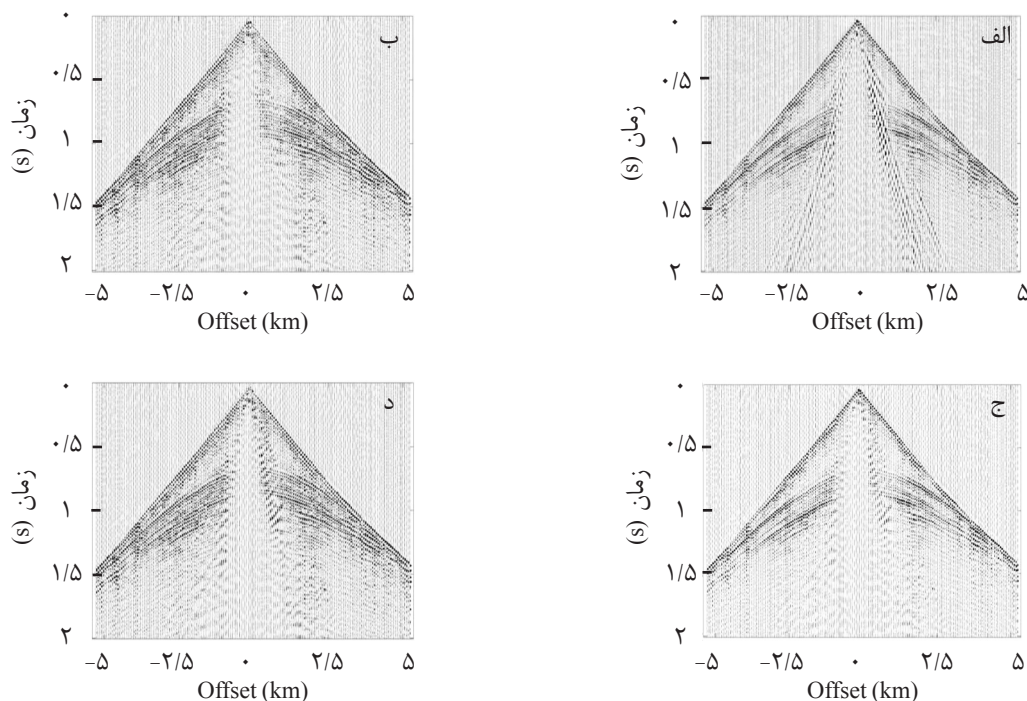
برای اعمال روش روی داده واقعی دارای امواج زمین‌غلت دگرنامی‌شده، از داده واقعی دیگری مربوط به یک میدان نفتی واقع در غرب ایران استفاده گردید. نرخ نمونه‌برداری زمانی ۴ ms و فاصله بین ردلرزه‌ها ۶۰ m است. شکل ۵-الف یک برداشت چشمه مشترک را نشان می‌دهد که دارای پدیده‌های بازتابی، شکست مرزی و زمین‌غلت است. شکل ۵-ب همان برداشت را بعد از تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت دگرنامی‌شده به‌وسیله برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک

تعمیم داده شده نشان می‌دهد.



۰ ۲۰۰ ۴۰۰ ۶۰۰ ۸۰۰ ۱۰۰۰

شکل ۴ اعمال برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک روی داده‌های واقعی. (الف) و (ب) برداشت چشمه مشترک قبل و بعد از تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی. برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک علاوه بر تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت و اتفاقی، بازتاب‌ها را نیز تقویت و پیوستگی آن‌ها را زیاد کرده است. (ج) و (د) طیف فرکانس-عددموج قسمت‌های (الف) و (ب).



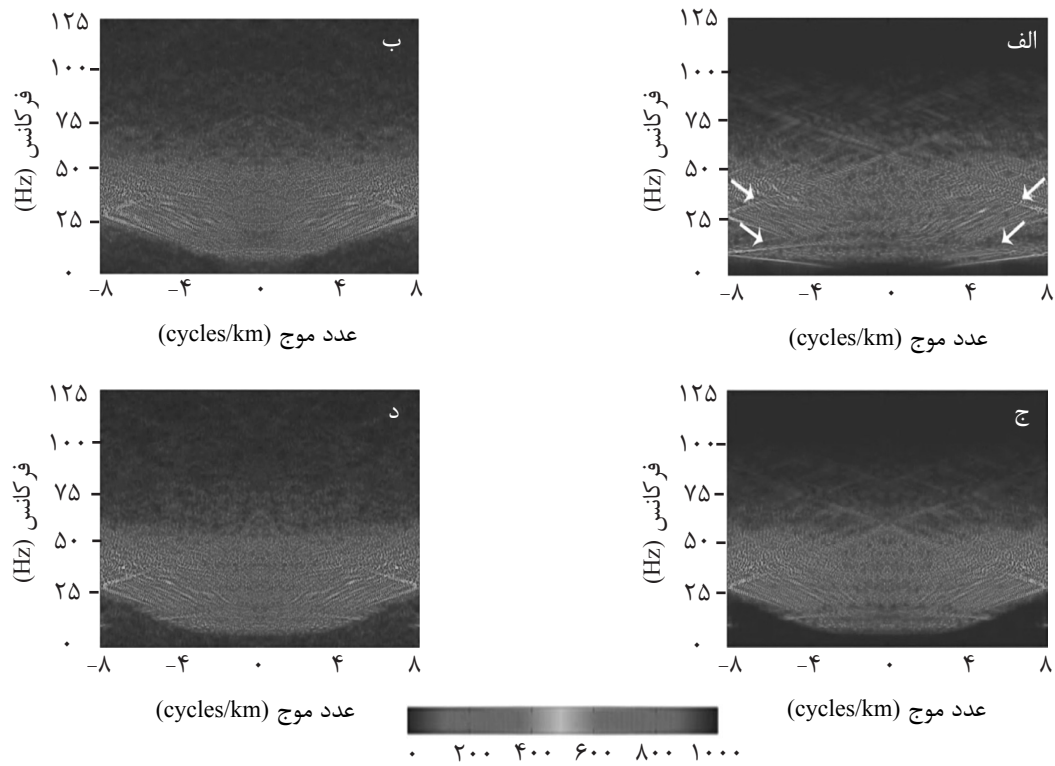
شکل ۵ مقایسه برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک و فیلتر فرکانس- عدد موج در تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت دگرنامی شده. (الف) برداشت چشمه مشترک قبل از تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت. (ب) و (ج) همان برداشت چشمه مشترک (الف) به ترتیب پس از تضعیف نوفه زمین‌غلت با برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک و فیلتر فرکانس- عدد موج. (د) اعمال برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک مرسوم روی (ج)

دورافت مشترک تعمیم داده شده، فیلتر فرکانس- عدد موج و برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک مرسوم (شکل‌های ۵- ب تا - د) را نشان می‌دهد. شکل ۸ طیف فرکانس- عدد موج شکل ۷ را نشان می‌دهد. با توجه به شکل‌های ۷ و ۸، میزان تضعیف نوفه زمین‌غلت با برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک تعمیم داده شده بیشتر از دو روش دیگر است. همچنین برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک تعمیم داده شده پدیده‌های بازتابی (و شکست مرزی) را نیز تقویت کرده است.

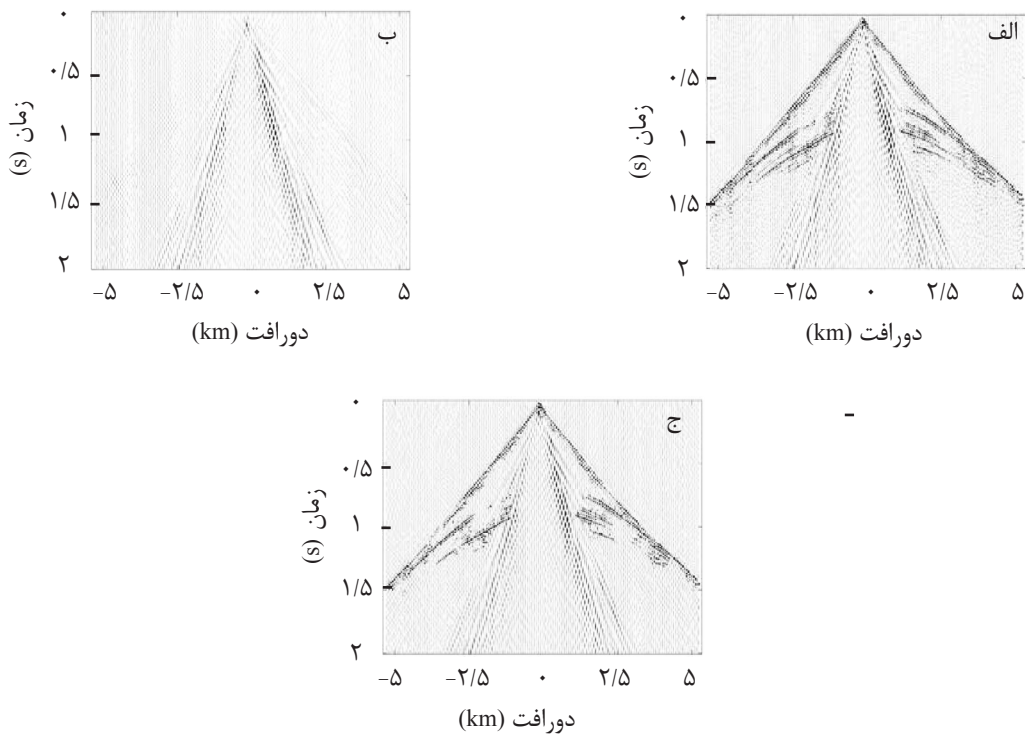
بررسی‌های کمی

به منظور تحلیل کمی برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک و فیلتر فرکانس- عدد موج در تضعیف امواج زمین‌غلت، طیف دامنه میانگین شکل ۵ محاسبه و در شکل ۹ رسم گردید.

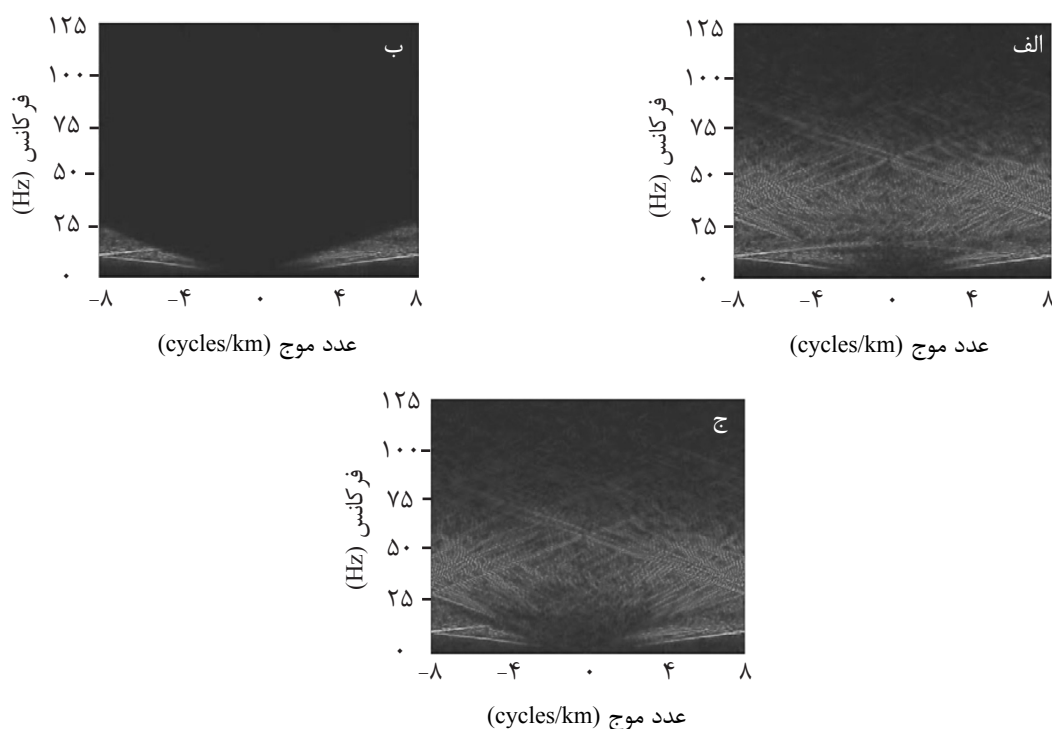
شکل ۵- ج تضعیف نوفه زمین‌غلت به وسیله فیلتر فرکانس- عدد موج را نشان می‌دهد. شکل ۵- د اعمال برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک مرسوم بعد از تضعیف نوفه زمین‌غلت با فیلتر فرکانس- عدد موج را نشان می‌دهد. طیف فرکانس- عدد موج شکل ۵ در شکل ۶ رسم شده است. همان‌طور که در شکل‌های ۵ و ۶ می‌توان مشاهده کرد، برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک به خوبی نوفه‌های زمین‌غلت دگرنامی شده را تضعیف می‌کند، اما فیلتر فرکانس- عدد موج نوفه زمین‌غلت دگرنامی شده را به دلیل هم‌پوشانی با بازتاب‌ها در حیطه فرکانس- عدد موج به صورت کامل تضعیف نمی‌کند. اگر این نوفه‌ها به خوبی تضعیف نگردند، با اعمال برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک مرسوم دوباره تقویت می‌گردند (شکل ۵- د). شکل ۷ اختلاف مقطع ورودی (شکل ۵- الف) و خروجی‌های تضعیف نوفه زمین‌غلت با برانبارش سطح بازتاب مشترک



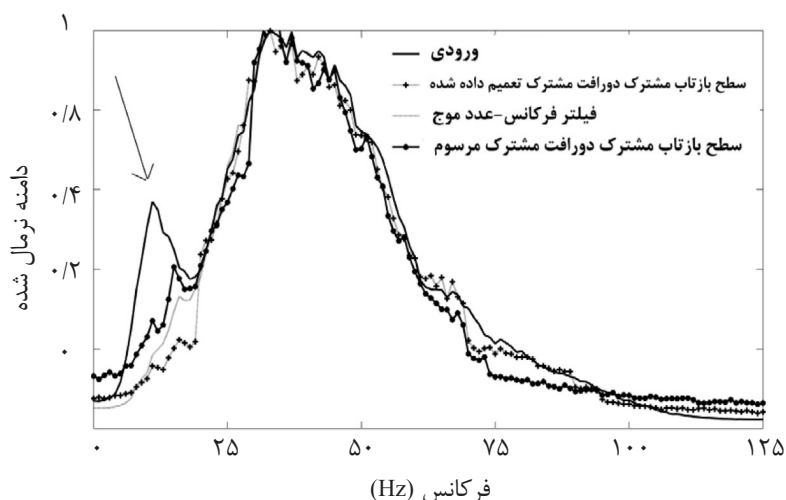
شکل ۶ طیف فرکانس- عدد موج شکل ۵. پیکان‌ها، نوفه‌های زمین‌غلت دگرنامی شده را نشان می‌دهند



شکل ۷ اختلاف مقطع ورودی (شکل ۵-الف) و خروجی‌ها در شکل ۵. اختلاف ورودی و خروجی پس از تضعیف نوفه زمین‌غلت با: (الف) برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک تعمیم داده شده، (ب) فیلتر فرکانس-عدد موج و (ج) اعمال برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک مرسوم



شکل ۸ طیف فرکانس- عدد موج شکل ۷



شکل ۹ طیف میانگین دامنه داده‌های واقعی. طیف میانگین دامنه برداشت چشمه مشترک قبل نمودار ساده و بعد نمودار خاکستری با علامت به علاوه از تضعیف امواج زمین‌غلت با برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک نشان داده شده در شکل ۵. پیکان نمایانگر طیف میانگین دامنه برداشت چشمه مشترک دورافت مشترک مرسوم که فرکانس‌هایی کمتر از فرکانس بازتاب‌ها دارند

نمودارهای ساده و ساده همراه با علامت به علاوه به ترتیب طیف میانگین برداشت چشمه مشترک قبل و بعد از تضعیف امواج زمین‌غلت با برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک را نشان می‌دهد. نمودارهای نقطه‌چین و ساده همراه با علامت دایره به ترتیب طیف میانگین برداشت چشمه مشترک بعد از تضعیف امواج زمین‌غلت با فیلتر فرکانس- عدد موج و برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک رایج را نشان می‌دهند. پیکان نمایانگر طیف میانگین دامنه امواج زمین‌غلت هستند که معمولاً فرکانس‌هایی کمتر از فرکانس بازتاب‌ها دارند. همان‌طور که در شکل ۹ می‌توان دید، بیشترین تضعیف طیف میانگین امواج زمین‌غلت مربوط به روش برانبارش

نمودارهای ساده و ساده همراه با علامت به علاوه به ترتیب طیف میانگین برداشت چشمه مشترک قبل و بعد از تضعیف امواج زمین‌غلت با برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک را نشان می‌دهد. نمودارهای نقطه‌چین و ساده همراه با علامت دایره به ترتیب طیف میانگین برداشت چشمه مشترک بعد از تضعیف امواج زمین‌غلت با فیلتر فرکانس- عدد موج و برانبارش سطح بازتاب مشترک رایج را نشان می‌دهند. پیکان نمایانگر طیف میانگین دامنه امواج زمین‌غلت هستند که فرکانس‌هایی کمتر از فرکانس بازتاب‌ها دارند

و خروجی را در شکل ۵ نشان می‌دهد. با توجه این جدول می‌توان دید نسبت سیگنال به نوفه در برابارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک (شکل ۵-ب) بیشتر از دو روش دیگر (شکل ۵-ج و ۵-د) است. شکل ۱۰ به صورت کمی حساسیت‌سنجی روش پیشنهادی به نسبت سیگنال به نوفه را روی تضعیف امواج زمین‌غلت نشان می‌دهد [۲۰]. در این شکل کمترین هم‌دوسی بازتاب‌ها و بیشترین هم‌دوسی امواج زمین‌غلت در مقابل نسبت سیگنال به نوفه (dB) دامنه بازتاب‌ها، رسم شده است. ۲ محاسبه گردیده است. برای تضعیف بهتر امواج زمین‌غلت، باید کمترین هم‌دوسی بازتاب‌ها از بیشترین هم‌دوسی امواج زمین‌غلت بیشتر باشد.

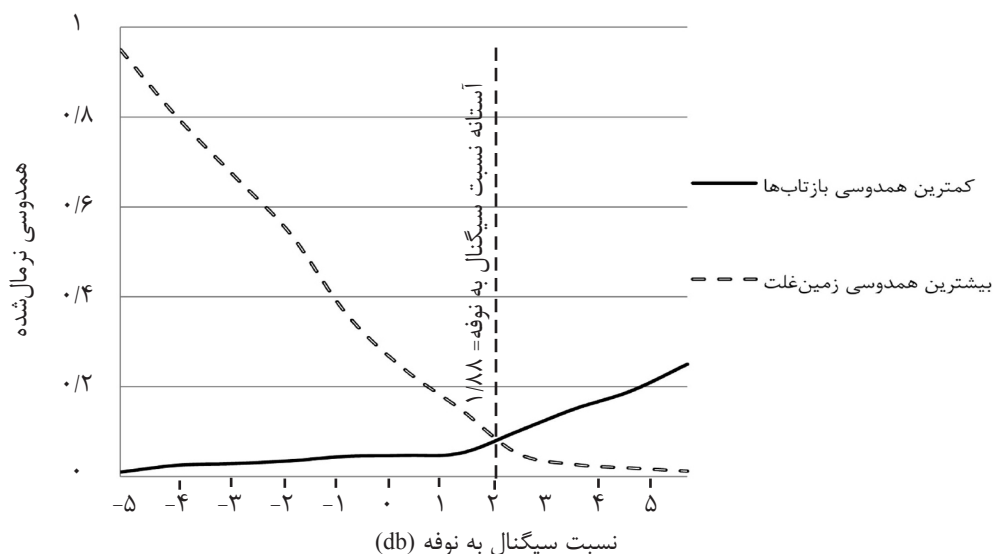
سطح بازتاب مشترک (نمودار خاکسری) است. دامنه میانگین امواج زمین‌غلت باقی‌مانده پس از اعمال فیلتر فرکانس- عدد موج مربوط به امواج زمین‌غلت دگرنامی شده هستند که به دلیل هم‌پوشانی با بازتاب‌ها در حیطه فرکانس- عدد موج به صورت کامل تضعیف نمی‌شوند. برای ارزیابی کمی تاثیر نوفه اتفاقی بر تضعیف امواج زمین‌غلت، از رابطه نسبت سیگنال به نوفه زیر استفاده گردید [۱۸]:

$$\frac{S}{N} (dB) = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{i,n} [d_n(t)]^2}{\sum_{i,n} [d_n(t) - r_n(t)]^2} \right) \quad (2)$$

که $d_n(t)$ نمونه داده‌ها در برداشت بعد از تضعیف نوفه و در برداشت نوفه‌دار است. جدول ۱ نسبت سیگنال به نوفه مقاطع چشمه مشترک ورودی

جدول ۱ نسبت سیگنال به نوفه (dB) برداشت‌های چشمه مشترک در شکل ۵

شکل ۹	(الف)	(ب)	(ج)	(د)
نسبت سیگنال به نوفه ورودی (db)	۱/۹۶	۲/۹۸	۲/۵۵	۲/۴



شکل ۱۰ حساسیت‌سنجی روش پیشنهادی به نسبت سیگنال به نوفه. در این شکل کمترین هم‌دوسی بازتاب‌ها و بیشترین هم‌دوسی امواج زمین‌غلت در مقابل نسبت سیگنال به نوفه (dB) رسم شده است. برای تضعیف بهتر، باید کمترین هم‌دوسی بازتاب‌ها از بیشترین هم‌دوسی امواج زمین‌غلت بیشتر باشد [۲۰]

نتیجه گیری

حالت تضعیف آن‌ها توسط فیلتر فرکانس - عدد موج به خوبی امکان پذیر نیست. برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک از نظر شکل (هذلولی، خطی یا بدون شکل) به عنوان یک معیار برای جداسازی نوفه‌ها از بازتاب‌ها استفاده می‌کند. نوفه‌های زمین غلت دگرنامی نشده و شده از لحاظ شکل هر دو خطی و نوفه اتفاقی بدون شکل هستند. در نتیجه هر دو به خوبی توسط برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک تضعیف می‌گردند. نتایج بررسی‌های کمی نشان داد برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک علاوه بر تضعیف نوفه‌های زمین غلت و اتفاقی، بازتاب‌ها را نیز تقویت می‌کند و نسبت سیگنال به نوفه را بیشتر از دو روش دیگر افزایش می‌دهد.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت و بخش ژئوفیزیک آن، به خاطر همکاری و در اختیار گذاشتن امکانات مورد نیاز در این تحقیق طی قرارداد پژوهشی شماره ۸۹۲۳۵ تشکر و قدردانی می‌گردد.

نوفه‌های زمین غلت و اتفاقی بازتاب‌ها را در داده‌های لرزه‌ای بازتابی می‌پوشانند و باید تضعیف گردند. در این مقاله، روش برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک برای تضعیف نوفه‌های زمین غلت و اتفاقی تعمیم داده شد. روش مفروض روی داده‌های واقعی امتحان و کارایی روش با فیلتر فرکانس - عدد موج مقایسه گردید. نتایج نشان داد که برانبارش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک نوفه‌های زمین غلت دگرنامی شده و نشده را تضعیف می‌کند، اما فیلتر فرکانس - عدد موج نوفه‌های زمین غلت دگرنامی شده را نمی‌تواند تضعیف نماید. تمام روش‌های تضعیف نوفه از معیاری برای فیلتر و جداسازی نوفه‌ها از بازتاب‌ها مانند فرکانس، سرعت، همدوسی، دامنه و شکل ظاهری پدیده‌ها استفاده می‌کنند. فیلتر فرکانس - عدد موج از فرکانس و عدد موج به عنوان وجه تمایز نوفه‌های زمین غلت فرکانس پایین از بازتاب‌ها استفاده می‌کند. حال اگر نوفه‌های زمین غلت دچار دگرنامی شوند، معمولاً دارای فرکانس‌های بیشتر می‌شوند و بازتاب‌ها را می‌پوشانند. در این

مراجع

- [1]. Krohn C., Ronen S., Deere J. and Gulunay N., "Introduction to this special section—Seismic noise," The Leading Edge, pp. 163-165, 2008.
- [2]. Halliday D. F., Curtis A., Vermeer P., Strobba C., Glushchenko A., Manen D. and Robertsson J., "Interferometric ground-roll removal: Attenuation of scattered surface waves in single-sensor data," Geophysics, Vol. 75, No. 2, pp. SA15-SA25, 2010.
- [3]. Faval Rastegar S. A., Javaherian A., Keshavarz Farajkhah N., Soleimani Monfared M. and Zarei A., "Ground-roll attenuation using modified common offset—common-reflection-surface stacking," Applied Geophysics, Vol. 13, No. 2, pp. 353-363, 2016.
- [4]. Hamidi R., Javaherian A. and Reza A. M., "Eigenimage wavelet transform for ground roll attenuation; a case study on an Iranian oilfield," Journal of Seismic Exploration, Vol. 22, No. 1, pp. 251-270, 2013.
- [5]. Boustani B., Torabi S., Javaherian A. and Mortazavi S. A., "Ground roll attenuation using a curvelet-SVD filter: a case study from the west of Iran," Journal of Geophysics and Engineering, Vol. 10, No. 055006, pp. 1-10, 2013.

- [6]. Hosseini S. A., Javaherian A., Hassani H., Torabi S., and Sadri M., "Adaptive attenuation of aliased ground roll using the shearlet transform," *Journal of Applied Geophysics*, Vol. 112, pp. 190–205, 2015.
- [7]. Chen Y. and Ma J., "Random noise attenuation by f-x empirical-mode decomposition predictive filtering," *Geophysics*, Vol. 79, No. 3, pp. V81-V91, 2014.
- [8]. Bekara M. and van der Baan M., "Random and coherent noise attenuation by empirical mode decomposition," *Geophysics*, Vol. 74, No. 5, pp. V89-V98, 2009.
- [9]. Hashemi H., Javaherian A. and Babuska R., "A semi-supervised method to detect seismic random noise with fuzzy GK clustering," *Journal of Geophysics and Engineering*, Vol 5, No 4, p. 457, 2008.
- [10]. Lari H. H. and Gholami A., "Curvelet-TV regularized Bregman iteration for seismic random noise attenuation," *Journal of Applied Geophysics*, Vol. 109, p. 233, 2014.
- [۱۱]. گودرزی ع., "کاربرد روش برانبارش سطح مشترک در پردازش داده‌های لرزه‌ای بازتابی دوبعدی," پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ایران، ۱۳۸۸.
- [12]. Zhang Y., Bergler S. and Hubral P., "Common-reflection-surface (CRS) stack for common offset," *Geophysical Prospecting*, Vol. 49, pp. 709-718, 2001.
- [13]. Mann J. and Höcht G., "Pulse stretch effects in the context of data-driven imaging methods," 65th EAGE Conference & Technical Exhibition, Extended Abstracts, Stavanger, Norway, Session, p. 007, 2003.
- [14]. Eisenberg Klein G., Pruessmann J., Gierse G. and Trappe H., "Noise reduction in 2D and 3D seismic imaging by the CRS method," *The Leading Edge*, pp. 258-265, 2008.
- [15]. Baykulov M., Dummong S. and Gajewski D., "From time to depth with CRS attributes," *Geophysics*, Vol. 76 No 4, Spp151–S155, 2011.
- [16]. Bergler S., "On the determination and use of kinematic wavefield attributes for 3D seismic imaging", Logos Verlag, Berlin, 2004.
- [17]. Bergler S., "The Common reflection surface stack for common offset: theory and application," Ph.D. Thesis, University of Karlsruhe, Germany, 2001.
- [18]. Faal Rastegar S. A., Javaherian A., Keshavarz Farajkhah N., Soleimani Monfared M. and Zarei A., "Effective parameters in ground roll attenuation using FO CRS stacking," *Journal of Applied Geophysics*, Vol. 135, pp. 249-260, 2016.
- [19]. U. S. G. S., United States Geological Survey, "<http://energy.usgs.gov/GeochemistryGeophysics/SeismicDataProcessingInterpretation/NPRASeismicDataArchive.aspx>," 2016.
- [۲۰]. فعال رستگار س. ع., "تضعیف نوفه‌های همدوس خطی و اتفاقی به روش سطح بازتاب مشترک دورافت مشترک," رساله دکتری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ایران، ۱۳۹۵.



Petroleum Research

Petroleum Research 2018 (July-September), Vol. 28, No. 100. 1-3

DOI: 10.22078/pr.2018.2475.2146

Ground Roll and Random Noise Attenuation Using Common Offset Common Reflection Surface Stacking

Seyed Ali Fa'al Rastegar¹, Abdolrahim Javaherian^{*1,2}, Naser Keshavarz Farajkhah³, Mehرداد Soleimani Monfared⁴, and Abbas Zarei⁵

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

2. Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

3. Exploration and Production Research Center, Research Institute of Petroleum Industry (RIPI), Tehran, Iran

4. Department of Mining, Petroleum and Geophysics, Shahrood University of Technology, Iran

5. Department of Geophysics, Exploration Directorate of National Iranian Oil Company, Iran

javaherian@aut.ac.ir

DOI: 10.22078/pr.2018.2475.2146

Received: January/12/2017

Accepted: January/17/2018

Abstract

Seismic noise can be divided to random and coherent in reflection survey. The ground roll is a coherent noise in land seismic data that has high energy, high amplitude, low frequency and low velocity. It usually masks the reflections. Therefore, it must be attenuated in the seismic data processing. In this paper, we proposed a modification on the common offset common reflection surface method to attenuate ground roll and random noise. The CO CRS stacking operator is a hyperbola; therefore, it fits the hyperbolic reflections in the prestack data. Ground roll and random noise has linear and uncorrelated traveltime respectively. When the CO CRS operator is applied to the data, the reflection events can be detected by the coherency analyses. High coherency values belong to the reflection events, and low values indicate that no events with hyperbolic traveltime are detected. As a result, when the events are distinguished, any event with non-hyperbolic traveltime can be muted. We applied the proposed method on two real land data sets. The new method was compared with the f-k filtering and conventional CO CRS stacking after the f-k filtering. Results showed that the proposed method attenuated aliased ground roll better than the f-k filtering and conventional CRS. Further investigation was the effect of reflection amplitudes on ground roll attenuation by the CO CRS stacking. For a better attenuation, the minimum coherency of reflections had to be higher than the maximum coherency of the ground roll. Therefore, the intersection of the minimum reflections coherency and the maximum ground roll coherency is an SNR threshold (dB) for ground roll attenuation with FO CRS stacking.

Keywords: Common Reflection Surface, Common Offset, Attenuation, Random, Ground Roll.

Introduction

Ground roll is a surface wave with high amplitude, high energy, low velocity and low-frequency [1]. It often covers reflections in the near offset traces and must be attenuated in the seismic data processing [2]. In this paper, the common offset common reflection surface (CO CRS) stacking was modified in order to attenuate the aliased and non-aliased ground roll. We search the dip and curvature of reflections in CS gathers prior to CO section. It is also desired to have a minimum damage to reflection amplitudes, so we only stack the multi-coverage data in the ground roll areas. Searching the CS gathers before CO section is another change with respect to the conventional CO CRS. The validity of the proposed method is tested on real oilfield shot records from the west of Iran. The modified CO CRS stacking attenuated the aliased and non-aliased ground roll well, whereas the conventional methods like f-k filtering could not attenuate the aliased ground roll.

Methodology

The CO CRS operator describes a hyperbolic surface [3]; therefore, fitting any event with a hyperbolic traveltime like a reflection event in the prestack data. Conversely, the ground roll, as well as diffractions, are linear in the common-midpoint (CMP) and common-shot (CS) gathers and can be distinguished and attenuated by the CO CRS operator. Therefore, we applied searching for parameters (i.e., dips and curvatures) and attenuating of the ground roll first in the CMP gathers, then in the CS gathers prior to curvature searching in the CO sections. This means that we first attenuate the ground roll in the CMP gather, and afterwards we attenuate the remaining ground roll re-sorting the data to CS gathers.

Before applying the CO CRS operator to the data, the ground roll and reflections had low and high coherency values, respectively. After the algorithm was specified, any event with non-hyperbolic traveltime, like the linear traveltime ground roll can be muted.

Example

We applied our proposed method on the field data that is a split-spread survey from an oilfield in the west of Iran. The sampling interval and trace spacing are 4 ms and 60 m respectively. Figures 1 c and 1 d show the field shot before and after attenuating the ground roll, respectively. Figures 1c-d display the results of the ground roll attenuation using the f-k filtering and conventional CO CRS in the f-k filtered data. As it can be seen, the conventional CO CRS amplifies the remained aliased ground roll after the f-k filtering. By making a companion between Figure 1 b with Figures 1 c and 1 d, it is revealed that the modified CO CRS stacking method can attenuate the aliased ground roll better than the other two methods. Figure 2 represents the f-k spectra of Figure 1. Ellipses in Figures 2 c and 2 d show the remained aliased ground roll after the f-k filtering and conventional CO CRS stacking in the f-k filtered data. Comparing Figure 2b with Figures 2 c and 2 d, also verifies that the modified CO CRS stacking attenuates the aliased ground roll better than the f-k filtering and conventional CO CRS stacking in the f-k filtered data.

Conclusions

In this article, the CO CRS stacking was modified to attenuate the ground roll in multi-coverage data. The CO CRS operator is based on a hyperbola; therefore, it can be used to separate hyperbola reflections from the linear ground roll.

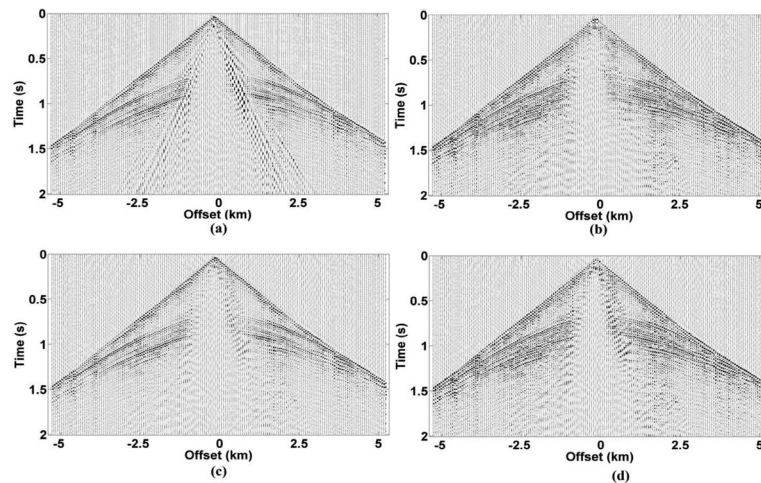


Figure 1: (a) A shot record with sampling interval and trace spacing of 4 ms and 60 m. (b) After attenuating the ground roll using the modified CO CRS stacking. (c) After attenuating the ground roll using the f-k filtering. (d) After applying traditional CO CRS stacking to (c).

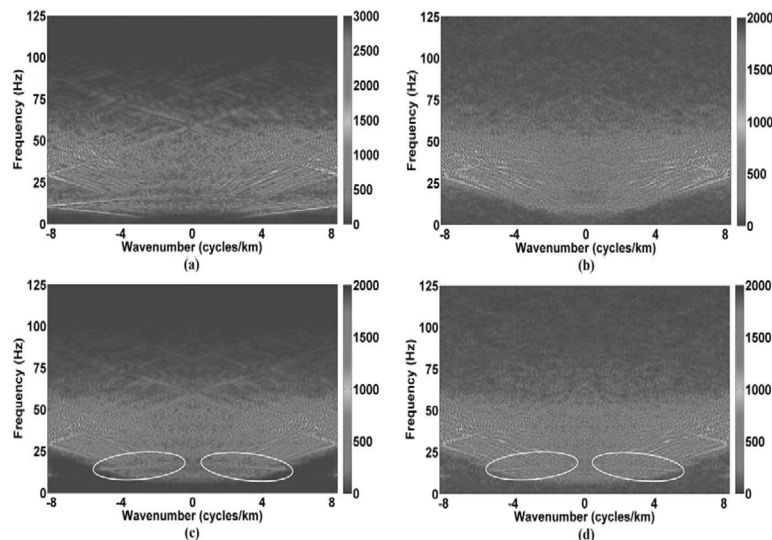


Figure 2: The f-k spectra of Figure 1. Ellipses on (c) and (d) show the remained aliased ground roll. Comparing Figure 2b with Figures 2c and 2d verifies that the modified CO CRS stacking attenuates the aliased ground roll much better than the f-k filtering and conventional CO CRS stacking.

We applied the proposed method on the field data and compared it with the f-k filtering. The result showed that the modified CO CRS stacking attenuated the aliased and non-aliased ground roll well, whereas the f-k filtering could not attenuate the aliased ground roll. The modified CO CRS did not make artificial events.

References

- [1]. Yilmaz O., "Seismic data analysis: processing, inversion and interpretation of seismic data," SEG, Tulsa, 2001.
- [2]. Halliday D. F., Curtis A., Vermeer P., Strobbia C., Glushchenko A., Manen D. and Robertsson J., "Interferometric ground-roll removal: Attenuation of scattered surface waves in single-sensor data," *Geophysics*, Vol. 75, No. 2, pp. SA15-SA25, 2010.
- [3]. Bergler S., "The Common reflection surface stack for common offset: theory and application," Ph.D. Thesis, University of Karlsruhe, Germany, 2001.