

تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت در حوزه ردلرزه شعاعی

مجید باقری^۱ و محمدعلی ریاحی^{۲*}

^۱ مربی، گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
^۲ دانشیار، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۸۶۶۲۱، پذیرش نهایی: ۸۷۴۳)

چکیده

در این مقاله تضعیف نوفه‌های زمین‌غلت با استفاده از تبدیل ردلرزه شعاعی و روش شناخته شده بسامد- عدد موج مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. مقایسه نتایج به دست آمده از این دو روش نشان می‌دهد که تبدیل ردلرزه شعاعی به خوبی روش بسامد- عدد موج عمل می‌کند، ضمن اینکه محتوای بسامدی پدیده‌های بازتاب را، که از اهمیت خاصی برخوردارند، بسیار کمتر از روش بسامد- عدد موج کاهش می‌دهد و این، مزیت اصلی و بارز این روش نسبت به روش بسامد- عدد موج است. در این روش، داده‌های لرزه‌ای، چنانچه در ادامه ذکر خواهد شد، از حوزه دورافت- زمان سیر به حوزه ردلرزه شعاعی برده می‌شوند. این حوزه برای حذف نوفه‌های خطی همدوس، شامل امواج زمین‌غلت، بسیار مؤثر است. چرا که شناسایی و تفکیک نوفه‌های خطی همدوس به منظور حذف آنها، به دلیل کشیدگی در این حوزه، بسیار راحت‌تر از حذف آنها در حوزه دورافت- زمان است.

واژه‌های کلیدی: حوزه رد لرزه شعاعی، سرعت ظاهری، بسامد ظاهری، امواج زمین‌غلت، صافی بسامدی میان‌گذر

Ground roll attenuation in the radial trace domain

Bagheri, M¹. and Riahi, M. A².

¹Instructor, Faculty of Physics Group of Payame Noor University, Tehran, Iran

²Associate Professor, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

(Received: 12 Sep 2007, Accepted: 23 Jun 2008)

Abstract

The radial trace transform was introduced by the Stanford Exploration Project many years ago (Ottolini, 1979 and Claerbout, 1983), primarily for use in migration and imaging applications. It has been shown subsequently, because of its particular geometry, to be very useful for wavefield separation (Claerbout, 1983) and coherent noise attenuation (Henley, 1999). The radial trace transform, unlike such transforms as the F-K transform, is a mapping transform which takes each point of the X-T plane into a point of the R-T plane, and vice versa for the inverse.

R-T coherent noise techniques rely on the fact that separation of linear noise from reflections can be achieved in the radial trace domain by aligning the transform coordinate trajectories with the linear noise wavefronts in the X-T domain. This causes linear noises which spread across all the traces of an X-T gather to be isolated into small groups of radial traces. In addition, the apparent frequencies of these events are shifted from the seismic band to much lower frequencies (Henley, 1999) by the geometric

distortion of the transform.

The Radial Trace Transform (RTT), is a simple coordinate transform of normal (t, x) domain seismic gathers; $x=vt$. The radial coordinate is termed “v” because the RTT sorts the data by apparent velocity. Neglecting dispersion effects, ground roll maps to zero temporal frequency in the RT domain. A linear noise distributed across many traces of an X-T gather maps into relatively few radial traces; and the apparent frequencies of these noise traces shift from the seismic band to sub-seismic frequencies (Henley, 1999). Both these effects of the R-T transform can be used to attenuate the noise relative to reflection signal in the R-T domain. The most straightforward way to attenuate coherent noise in the R-T domain is to apply a high-pass (low-cut) filter to the radial traces, which directly suppresses coherent noises mapped by the R-T transform to sub-seismic frequencies.

Filtering seismic data in the radial trace (R-T) domain is an effective technique for attenuating coherent noise on ensembles of seismic traces. In some applications R-T filtering can be more effective than more established methods like F-K filtering. One of the important advantages of the radial transform with respect to F-K transform is the ability to transform non-uniformly sampled data, such as a shot gather with irregular source-receiver offset values.

Key words: Radial trace domain, Apparent velocity, Apparent frequency, Ground roll, Band pass frequency filtering

۱ مقدمه

بعد از تبدیل ردلرزه شعاعی، نوفه‌های زمین‌غلت در این حوزه کشیده می‌شوند و فرکانس ظاهری این پدیده‌ها در حوزه جدید، به دلیل کشیدگی، کاهش پیدا می‌کند. این در حالی است که محتوای بسامدی دیگر پدیده‌ها مثل بازتاب‌ها در حوزه جدید تا حد بسیار زیادی دست‌نخورده باقی می‌ماند. با توجه به این مسئله با عبور صافی‌های پایین‌نگذر و میان‌گذر در حوزه ردلرزه شعاعی از روی داده‌های لرزه‌ای، بخش وسیعی از این نوفه‌های خطی همدوس، شامل امواج سطحی، حذف خواهد شد. اکنون با بازگشت به حوزه قدیمی، یعنی حوزه دورآفت- زمان، مشاهده می‌شود که بسیاری از این نوفه‌های خطی همدوس به صورت قابل توجهی کاهش پیدا کرده‌اند.

۲ روش

تبدیل رد لرزه شعاعی عبارت است از یک طرح ساده برای تبدیل دامنه ردهای لرزه‌ای در حوزه دورآفت- زمان که تابعی از x و t است که x مختصات فاصله منبع- گیرنده یا

تبدیل ردلرزه شعاعی (radial trace transform) اولین بار در گزارش‌های انجمن اکتشاف نفت دانشگاه استنفورد معرفی شد و برای مهاجرت دادن داده‌های لرزه‌ای و کاهش تکراری‌ها، (اوتولینی، ۱۹۷۹ و کلریات، ۱۹۷۵ و ۱۹۸۳)، مورد استفاده قرار گرفت. اما این تبدیل هیچ‌گاه در پردازش داده‌های ژئوفیزیکی، جایگاهی مثل تبدیلات بسامد- عدد موج و تاو- پی پیدا نکرد و مورد توجه قرار نگرفت. در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۱ دیوید هنلی دوباره به منظور کاهش نوفه‌های خطی همدوس این روش را راه‌اندازی کرد و مورد استفاده قرار داد.

همواره نوفه‌های زمین‌غلت، پدیده‌های اصلی روی داده‌های لرزه‌ای، مانند بازتاب‌ها را می‌پوشاند و مشاهده و تشخیص این پدیده‌ها روی داده‌های لرزه‌ای را مشکل می‌سازد. یکی از روش‌های تضعیف و حذف نوفه‌های زمین‌غلت از روی داده‌های لرزه‌ای، استفاده از تبدیل ردلرزه‌ای شعاعی است. بدین ترتیب که داده‌های لرزه‌ای از حوزه دورآفت- زمان به حوزه ردلرزه شعاعی برده می‌شود،

ممکن است منطبق بر مبدأ مجموعه داده در حوزه دورآفت-زمان باشد یا نباشد.

در شکل ۱، طرح‌واره‌ای از خطوط شعاعی مربوط به تبدیل RT، که برداشت منبع مشترک را در نور دیده، نشان داده شده است. در این شکل پنج عدد از خطوط شعاعی که به صورت خط‌چین هستند شماره‌گذاری و برای بررسی انتخاب شده‌اند.

لازم به ذکر است که هر خط شعاعی، سرعت ثابتی دارد. این خطوط از شروع امواج لرزه‌ای تا لبه انتهایی داده‌ها در حوزه x-t انتخاب شده‌اند (۱ تا ۵). مقدار دامنه مربوط به ردلرزه‌ها در حوزه RT با درونیابی دامنه‌های دو تا از نزدیک‌ترین ردلرزه‌ها در حوزه x-t به دست آمده‌اند.

دورآفت و t زمان سیر دو طرفه است، به حوزه جدید یعنی سرعت ظاهری و زمان سیر تغییر یافته است. روابط مربوط در زیر آمده است.

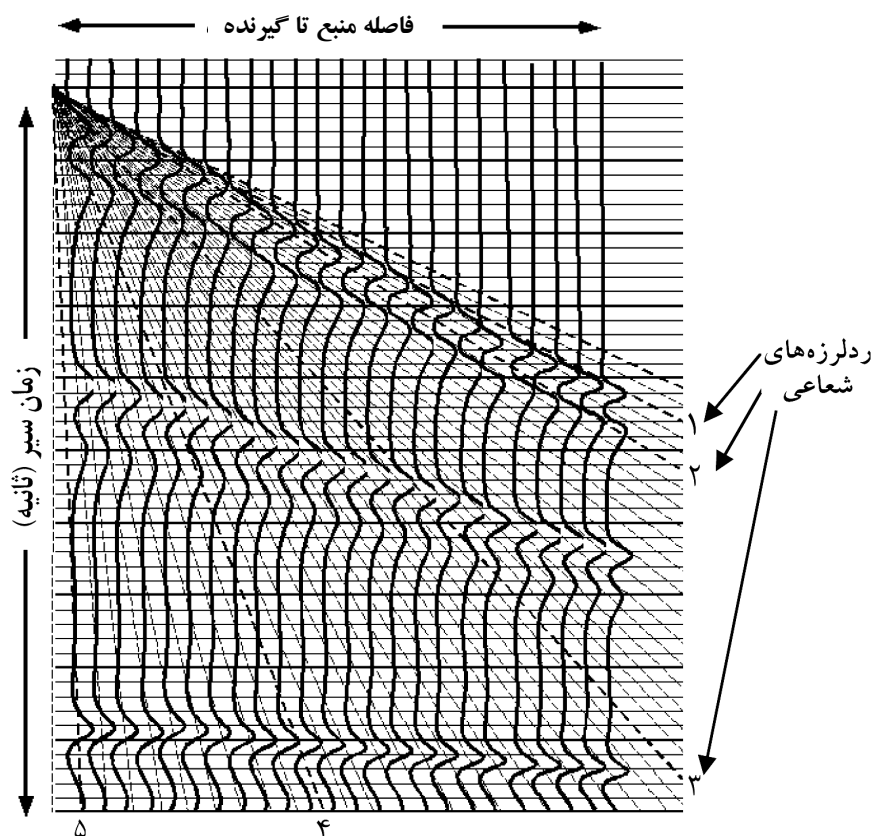
$$R \{S(x, t)\} = S'(v, t') : RT \text{ تبدیل} \quad (1)$$

$$R^{-1} \{S'(v, t')\} = S(x, t) : RT \text{ عکس تبدیل} \quad (2)$$

که در آن V, t' برابر است:

$$\begin{cases} t' = t - t_0 \\ V = \frac{x - x_0}{t - t_0} \end{cases} \quad (3)$$

در این رابطه t_0, x_0 مختصات مبدأ تبدیل RT هستند و



شکل ۱. نقشه طرح‌واره ردلرزه‌های از حوزه دور آفت-زمان به حوزه RT خطوط شعاعی (Radial Trajectories) انتخاب شده در شکل شماره‌گذاری شده‌اند. برای به دست آوردن نقشه RT خطوط شعاعی از شروع امواج لرزه‌ای شروع و تا لبه انتهایی داده‌ها در حوزه x-t انتخاب مقدار شده‌اند، از شماره‌های ۱ تا ۵. دامنه‌های نمونه‌های هر ردلرزه در حوزه ردلرزه شعاعی در هر نمونه زمانی با درونیابی دامنه‌های دو تا از نزدیک‌ترین ردلرزه‌ها در x-t به دست آمده‌اند (اقتباس از هنلی، ۱۹۹۹).

بازتاب در حوزه ردلرزه شعاعی تقریباً بدون تغییر باقی می‌ماند و بسامد ظاهری آنها در این حوزه دست‌نخورده می‌ماند. لازم به ذکر است که با توجه به نکات ذکر شده فقط زمان دوام مربوط به پدیده‌های موازی محور زمان در هر دو حوزه دورآفت-زمان و ردلرزه شعاعی یکسان است.

خطوط شعاعی با سرعت زیاد ردلرزه‌های با دورآفت‌های دور را قطع می‌کنند، بنابراین ردلرزه‌های سرعت زیاد RT، تعداد نمونه‌های کمتری نسبت به ردلرزه‌های کم‌سرعت دارند. بنابراین طول ردلرزه‌ها در حوزه ردلرزه شعاعی در سرعت‌های زیاد، کوتاه و در سرعت‌های کم، بلند است و این شکل حوزه ردلرزه شعاعی را توجیه می‌کند. چنانچه در شکل ۲ ملاحظه می‌کنیم، در منطقه‌ای که به صورت خط چین جدا شده است داده نداریم.

۳ اعمال روش روی داده‌های مصنوعی و واقعی

مدل مصنوعی

(synthetic model): به منظور بررسی کاهش نوفه‌های زمین‌غلت در حوزه ردلرزه شعاعی یک برداشت منبع مشترک مصنوعی مطابق با مدل مصنوعی زمین به صورت چند لایه افقی ایجاد شده است.

شکل ۳، یک برداشت منبع مشترک تولید شده طبق مدل مصنوعی زمین شامل ۵ لایه افقی با سرعت‌های ۵۰۰، ۱۵۰۰، ۱۷۰۰، ۲۰۰۰ و ۲۵۰۰ متر بر ثانیه و به ترتیب با ضخامت‌های ۲۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۵۵۰ و ۴۰۰ متر را نشان می‌دهد. در این شکل طبق مدل در نظر گرفته شده، پنج پدیده شبه‌بازتاب به صورت هذلولی و امواج زمین‌غلت به‌وجود آمده قابل مشاهده است.

شکل ۴، برداشت منبع مشترک مصنوعی بالا در حوزه ردلرزه شعاعی را نشان می‌دهد. چنانچه در شکل ملاحظه می‌شود بسامد ظاهری پدیده‌های بازتاب، تغییرات چندانی نکرده است. اما اگر چه شکل ظاهری نوفه‌های زمین‌غلت تغییر چندانی نکرده ولی بسامد ظاهری آنها

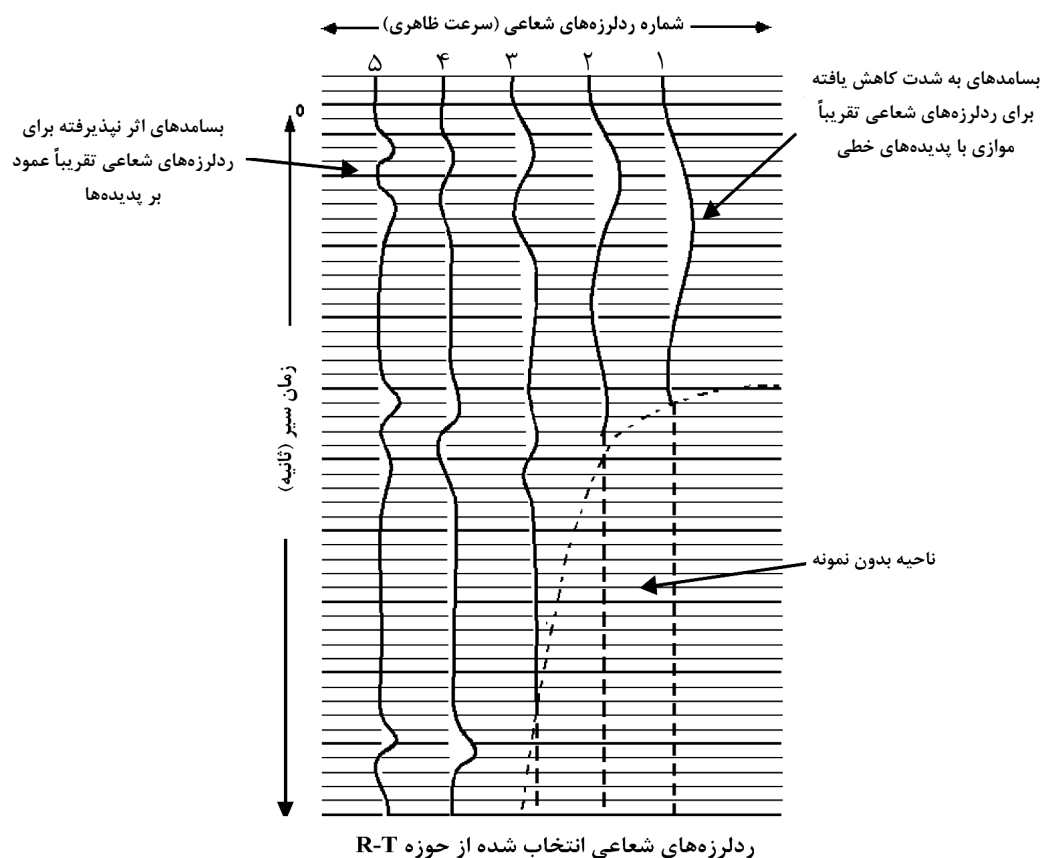
شکل ۲، نمایی از ردلرزه‌های شعاعی انتخاب شده از شکل ۱ را نشان می‌دهد، که شماره ردلرزه‌های آن با شماره شعاع‌ها در شکل ۱ متناظر است. چون شعاع‌های دارای سرعت زیاد، جبهه موج پدیده‌های خطی را به صورت تقریباً موازی قطع می‌کنند، این پدیده‌های خطی در حوزه ردلرزه‌های شعاعی (radial trace domain) به‌صورت پدیده‌های با بسامد بسیار کم درمی‌آیند. همان‌طور که می‌دانیم زمان دوام (time duration) یک پدیده در حوزه دورآفت-زمان عبارت است از بازه زمانی در دورآفت ثابت (x) که زمان یک پدیده را در برمی‌گیرد و در حوزه RT عبارت است از بازه زمانی در سرعت ثابت (v) که زمان یک پدیده را شامل می‌شود. در هر صورت، هر پدیده در حوزه ردلرزه شعاعی، از نظر زمانی می‌تواند کشیده یا فشرده شود که این امر به زاویه بین جبهه موج پدیده مدنظر و خطوط شعاعی موردنظر که پدیده را قطع می‌کند بستگی دارد. با مراجعه به شکل ۱ متوجه می‌شویم که خط شعاعی شماره ۵ پدیده رسید مستقیم خطی را در زاویه زیاد و در طول یک بازه زمانی کوتاه قطع می‌کند. وقتی که زاویه بین جبهه موج و خطوط شعاعی کوچک باشد، مثلاً شعاع‌های ۱ و ۲، مسیر شعاع رسید مستقیم (اول) را در زمان بیشتری قطع می‌کند و باعث زمان دوام بیشتری در حوزه ردلرزه شعاعی می‌شود.

این کشیدگی پدیده، بسامد ظاهری (apparent frequency) در حوزه ردلرزه شعاعی را کاهش می‌دهد، چنانچه در شکل ۲ برای شعاع‌های ۱ و ۲ رخ داده است. این در حالی است که شعاع‌های ۳، ۴ و ۵ که رسید اول را درزواپای بیشتری قطع کرده‌اند، نسبتاً این پدیده را کمتر کشیده‌اند. پس به این نتیجه می‌رسیم که اگر زاویه بین خطوط شعاعی و جبهه موج یک پدیده بیشتر مدنظر باشد آن پدیده در حوزه ردلرزه شعاعی فشرده می‌شود؛ و برعکس اگر این زاویه کوچک باشد، پدیده مدنظر کشیده خواهد شد. چنانچه مشاهده می‌شود این زاویه بین پدیده‌های بازتاب و اکثر خطوط شعاعی زیاد است و در نتیجه پدیده‌های

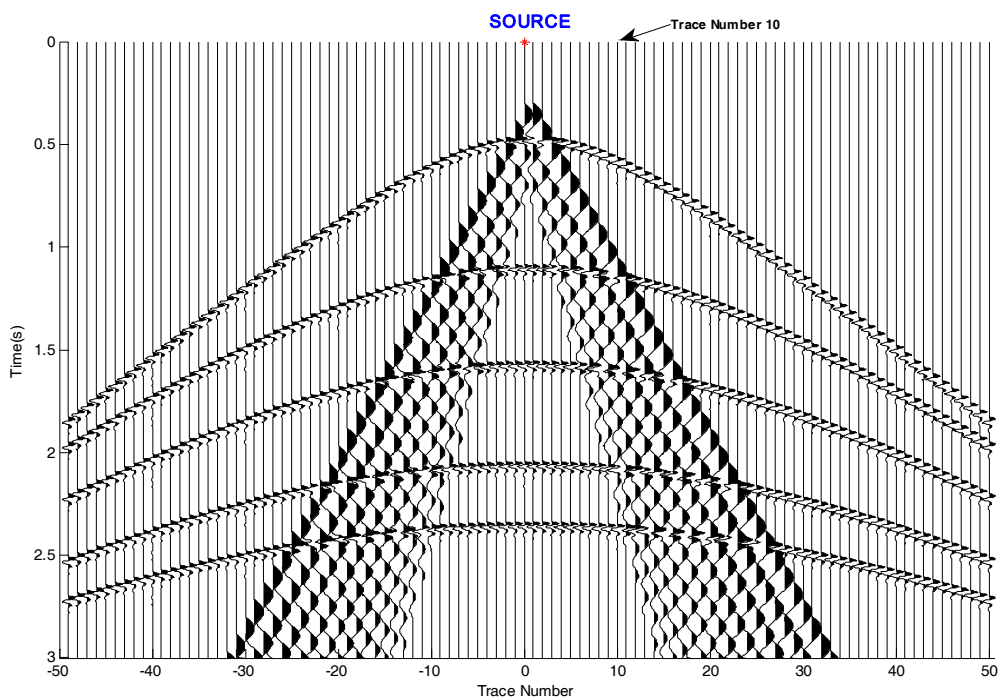
شکل ۵، داده مصنوعی در حوزه دورآفت- زمان بعد از عبور صافی میان‌گذر ۷-۱۰-۵۰-۵۵ هرتز در ردلرزه شعاعی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، عبور صافی میان‌گذر از روی داده‌ها در حوزه ردلرزه شعاعی، باعث کاهش قابل توجه نوفه‌های زمین‌گلت شده است، در حالی که پدیده‌های بازتاب تقریباً دست‌نخورده باقی مانده‌اند.

کاهش پیدا کرده است و استعداد حذف این نوفه‌ها با اعمال صافی‌های بسامدی پایین‌نگذر و میان‌گذر در حوزه ردلرزه شعاعی را افزایش داده است.

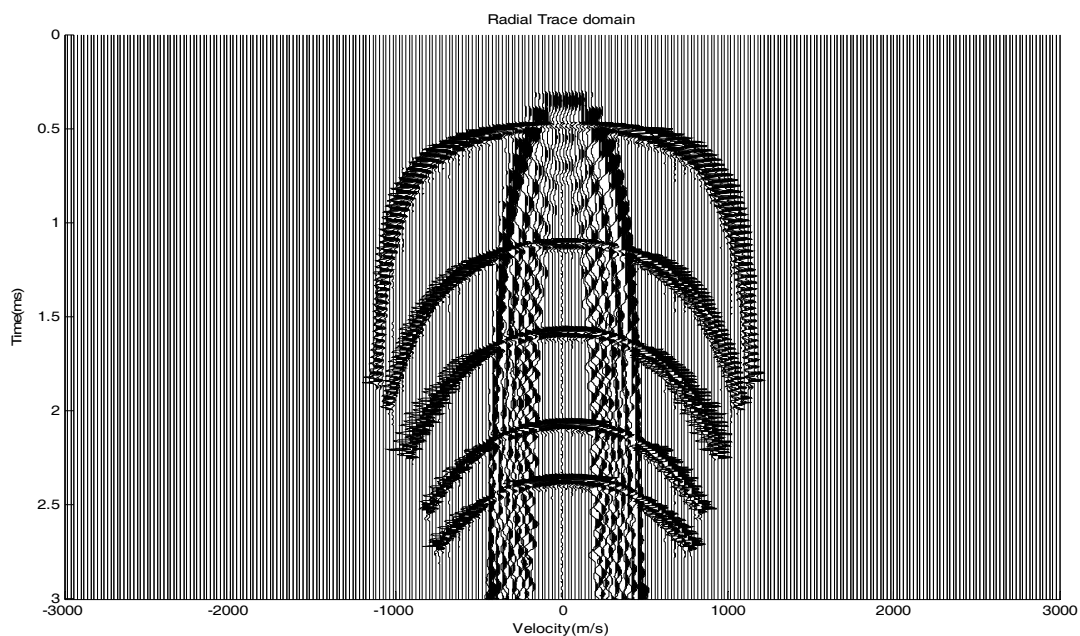
با توجه به مطالب ذکر شده، بسامد قطع صافی‌های پایین‌نگذر و میان‌گذر کاهش پیدا کرده است که در این حالت عبور صافی‌های بسامدی باعث کاهش کمتر محتوای بسامدی پدیده‌های بازتاب مد نظر ما خواهد شد.



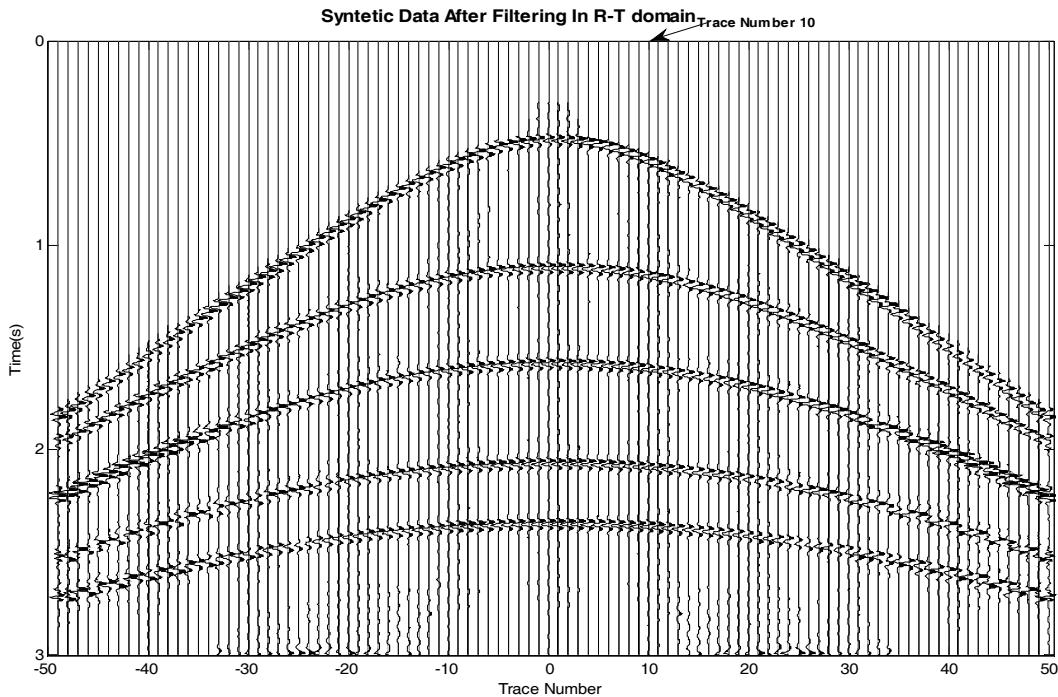
شکل ۲. نمای طرح‌واره از ردلرزه‌های شعاعی انتخاب شده در شکل ۱ در حوزه ردلرزه شعاعی. شماره ردلرزه‌ها با شماره خطوط شعاعی انتخاب شده در شکل ۱ متناظر است. چون برای خطوط شعاعی با سرعت زیاد مثل شماره ۲ و ۱ روی $x-t$ راستای این خطوط با جبهه موج پدیده‌های خطی بسیار موازی است، این پدیده‌های خطی در حوزه ردلرزه شعاعی با بسامد بسیار کم ظاهر می‌شوند. پربند نقطه‌چین، لبه خارج شده $x-t$ را نشان می‌دهد (اقتباس از هنلی، ۱۹۹۹).



شکل ۳. برداشت منبع مشترک تولید شده طبق مدل مصنوعی زمین شامل ۵ لایه افقی با سرعت‌های ۵۰۰، ۱۵۰۰، ۱۷۰۰، ۲۰۰۰ و ۲۵۰۰ متر بر ثانیه و به ترتیب با ضخامت‌های ۲۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۵۵۰ و ۴۰۰ متر. در این شکل طبق مدل در نظر گرفته شده پنج پدیده شبه بازتاب به صورت هذلولی و امواج زمین‌غلت به وجود آمده قابل مشاهده است.



شکل ۴. برداشت منبع مشترک مصنوعی بالا در حوزه ردلرزه شعاعی. بسامد ظاهری پدیده‌های بازتاب تغییرات چندانی نکرده است. شکل ظاهری آنها تغییر چندانی نکرده است، در حالی که بسامد ظاهری امواج زمین‌غلت کاهش پیدا کرده و استعداد حذف آنها با اعمال صافی‌های بسامدی را افزایش داده است.



شکل ۵. داده مصنوعی در حوزه دورآفت- زمان بعد از عبور صافی میان‌گذر ۷-۱۰-۵۰-۵۵ هرتز. عبور صافی میان‌گذر از روی داده‌ها در حوزه ردلرزه شعاعی باعث کاهش قابل توجه نوفه‌های زمین‌غلت شده است.

نتیجه روش بسامد- عدد موج و طیف دامنه آن، آورده شده است.

مقایسه طیف دامنه داده ورودی در شکل (a) و طیف دامنه نتیجه روش ردلرزه شعاعی در شکل (b) نشان می‌دهد که این روش باعث کاهش قابل توجه نوفه‌های زمین‌غلت شده است در حالی که محتوای بسامدی داده ورودی تقریباً دست‌نخورده باقی مانده است. در حالی که با مقایسه طیف دامنه داده ورودی در شکل (a) و طیف دامنه نتیجه روش بسامد- عدد موج در شکل (c) متوجه می‌شویم که این روش باعث کاهش قابل توجه محتوای بسامدی داده ورودی شده است. با بحث صورت گرفته، به مزیت روش ردلرزه شعاعی نسبت به روش بسامد- عدد

به منظور مقایسه این روش با روش بسامد- عدد موج، شکل ۶ داده مصنوعی ایجاد شده در بالا را بعد از حذف نوفه‌های زمین‌غلت به روش بسامد- عدد موج را نشان می‌دهد. این شکل روشن می‌سازد که روش بسامد- عدد موج به طور قابل توجهی نوفه‌های زمین‌غلت را کاهش داده است ولی چنانچه در ادامه مشخص خواهد شد محتوای بسامدی پدیده‌های بازتابی را کاهش داده است.

در شکل ۷، یک ردلرزه دلخواه دست‌نخورده از داده مصنوعی در سمت چپ، ردلرزه شماره ۱۰، و طیف دامنه آن در سمت راست، به همراه نتیجه روش ردلرزه شعاعی روی همین ردلرزه و طیف دامنه آن، به همراه

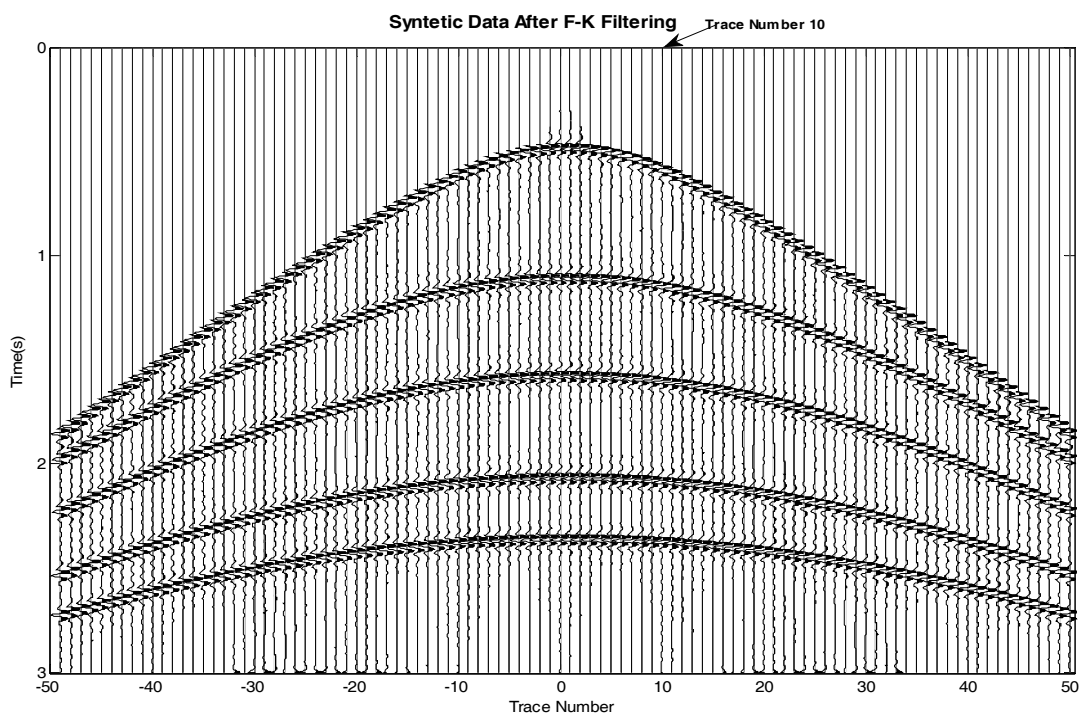
۴ داده واقعی

در ادامه بررسی کاهش نوفه‌های زمین‌غلت در حوزه رد لرزه شعاعی در این بخش یک دسته داده واقعی برداشت شده طی عملیات صحرایی در نظر گرفته شده است.

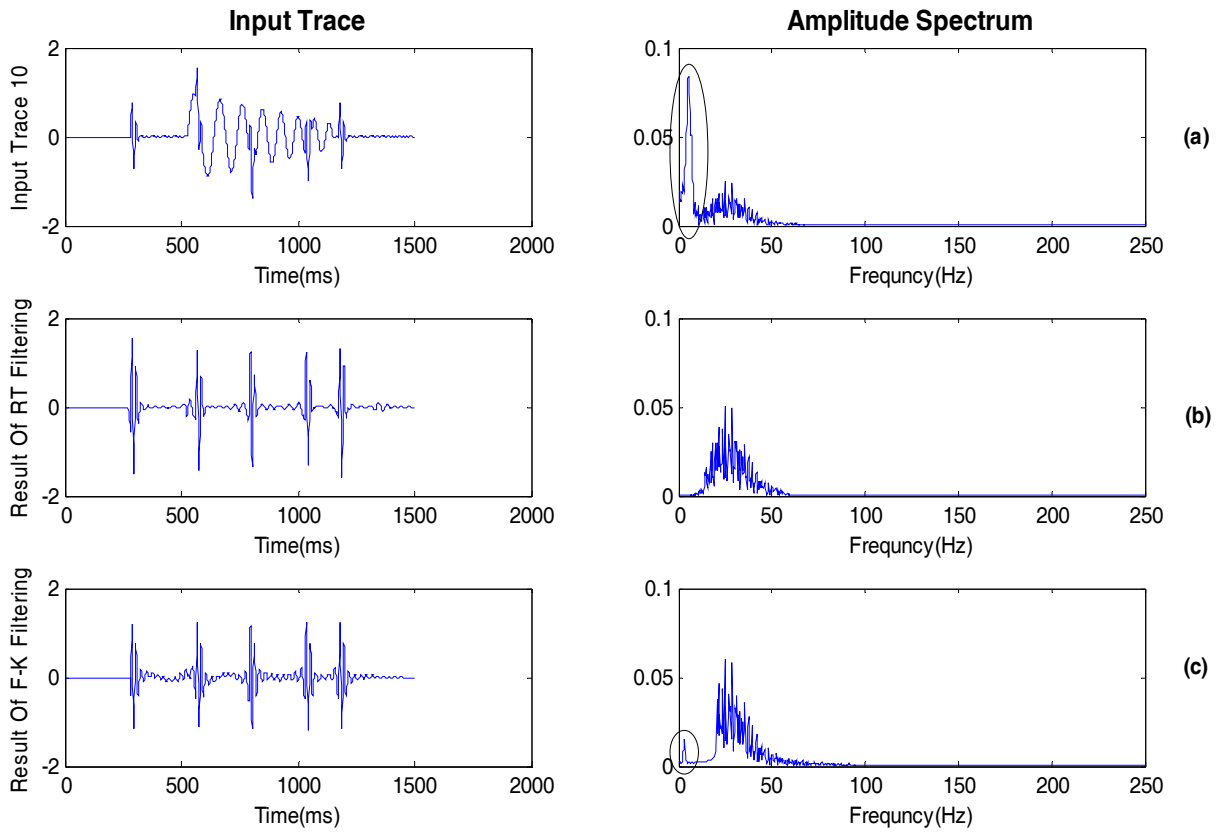
شکل ۹، یک دسته داده منبع مشترک برداشت شده طی عملیات صحرایی را نشان می‌دهد. وجود امواج زمین‌غلت در دورافت‌های کم و در قسمت مرکزی شکل بسیار قابل توجه است، که باعث پوشیده شدن پدیده‌های بازتاب شده‌اند و ملاحظه این پدیده‌ها را مشکل ساخته‌اند.

موج در حذف امواج زمین‌غلت پی خواهیم برد.

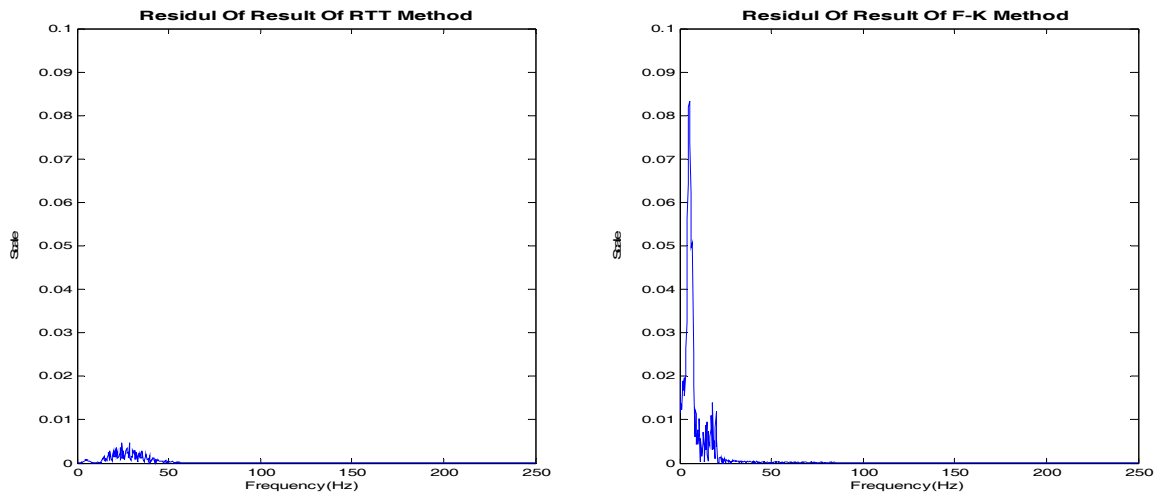
در شکل ۸، تفاضل طیف دامنه رد لرزه دلخواه دست‌نخورده از طیف دامنه داده مصنوعی نتیجه روش رد لرزه شعاعی (شکل چپ) و تفاضل طیف دامنه رد لرزه دلخواه دست‌نخورده از طیف دامنه داده مصنوعی نتیجه روش بسامد- عدد موج (شکل راست) نشان داده شده است. مقایسه دو شکل روشن می‌سازد که کاهش نوفه‌ها در حوزه رد لرزه شعاعی نسبت به کاهش نوفه‌ها با روش بسامد- عدد موج، محتوای بسامدی بازتابنده‌ها، که دارای اهمیت هستند، را کمتر کاهش داده است.



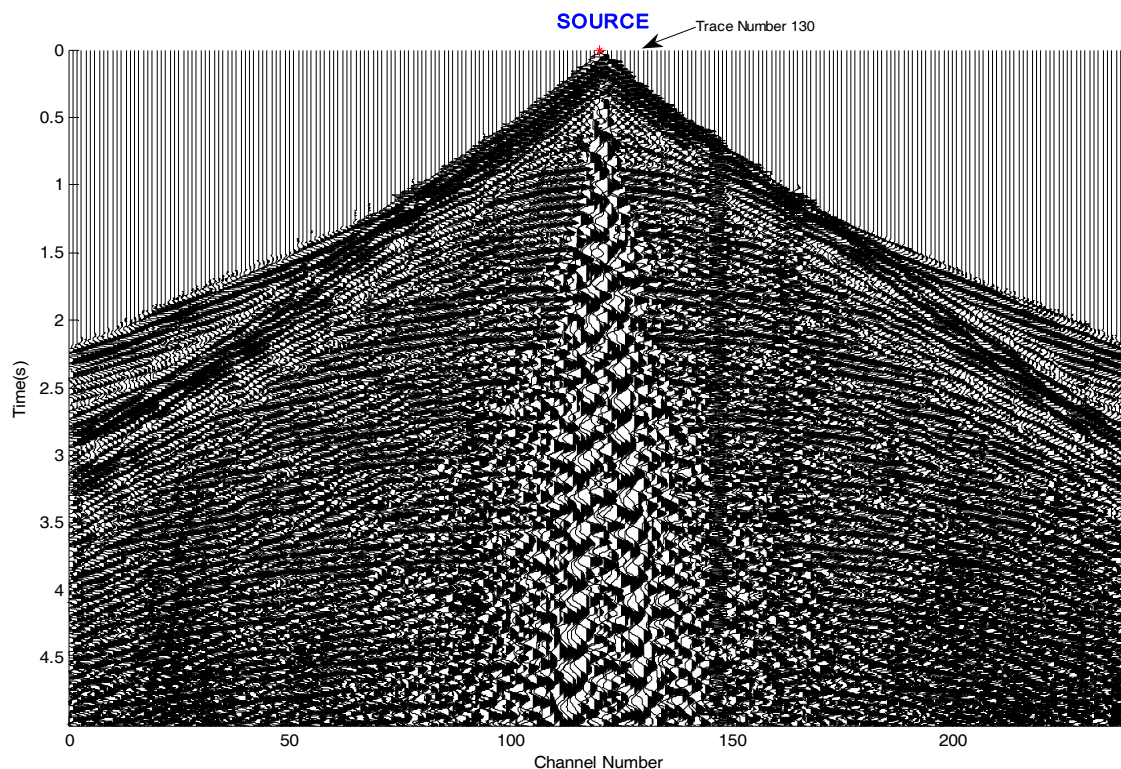
شکل ۶. داده مصنوعی ایجاد شده در بالا بعد از حذف نوفه‌های زمین‌غلت به روش بسامد- عدد موج. نوفه‌های زمین‌غلت به طور قابل توجهی کاهش پیدا کرده است.



شکل ۷. (a): یک ردلرزه دلخواه دست‌نخورده از داده مصنوعی در سمت چپ، ردلرزه شماره ۱۰، و طیف دامنه آن در سمت راست، (b): نتیجه روش ردلرزه شعاعی روی همین ردلرزه و طیف دامنه آن. (c): نتیجه روش بسامد-عدد موج و طیف دامنه آن.



شکل ۸. تفاضل طیف دامنه ردلرزه دلخواه دست‌نخورده از طیف دامنه داده مصنوعی، نتیجه روش ردلرزه شعاعی (شکل چپ). تفاضل طیف دامنه ردلرزه دلخواه دست‌نخورده از طیف دامنه داده مصنوعی نتیجه روش بسامد-عدد موج (شکل راست).



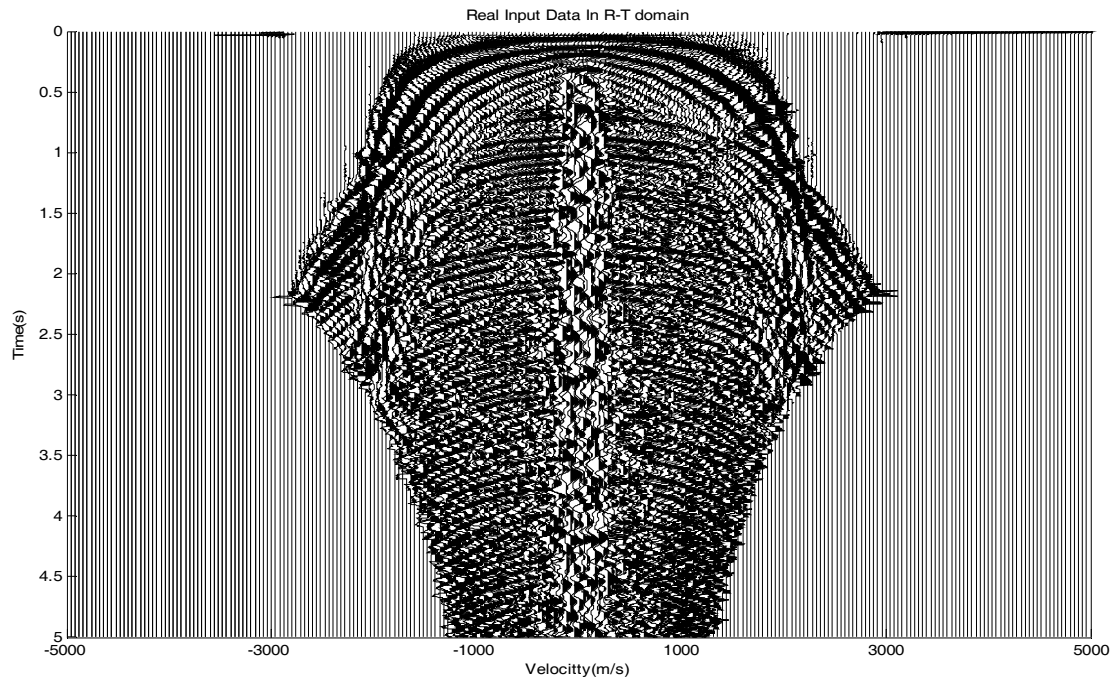
شکل ۹. یک دسته داده منبع مشترک برداشت شده طی عملیات صحرایی. وجود امواج زمین‌غلت در دورافت‌های کم و در قسمت مرکزی شکل قابل ملاحظه است.

حوزه ردلرزه شعاعی، شکل ۱۱ حاصل می‌شود. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود در اثر عبور صافی میان‌گذر، انرژی از روی مجموعه داده خارج شده است. با اعمال صافی AGC و جبران انرژی خارج شده و باز گرداندن داده‌ها به حوزه دورافت-زمان شکل ۱۲ حاصل می‌شود.

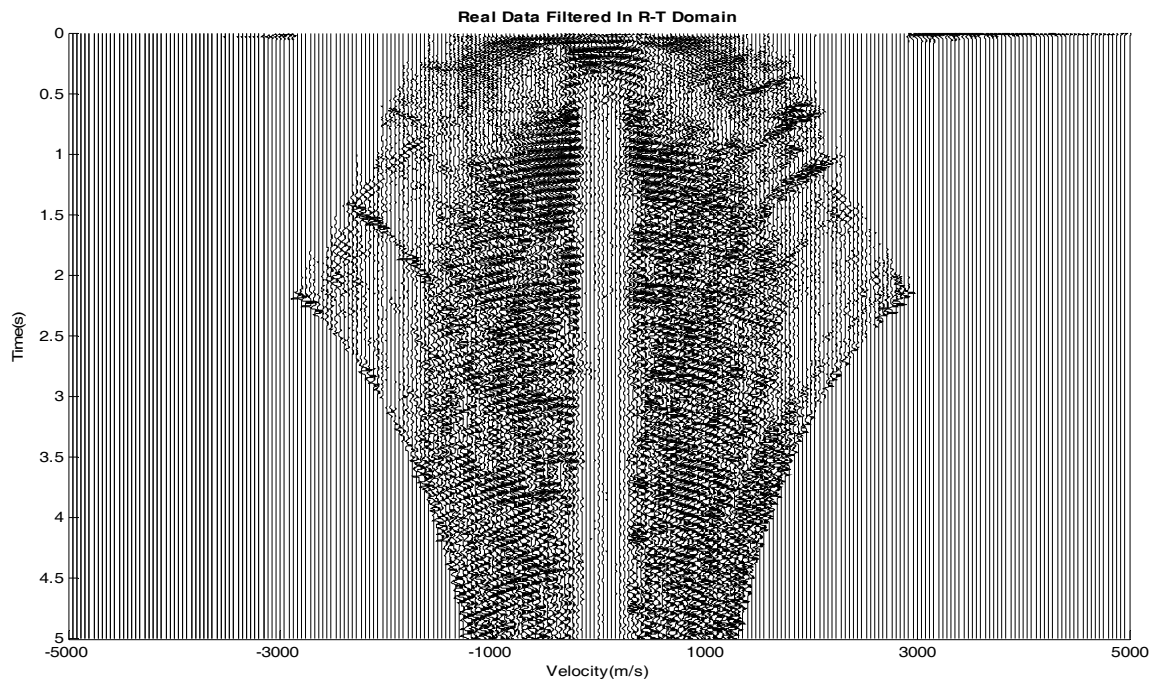
این شکل نشان می‌دهد که امواج زمین‌غلت به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرده‌اند و پدیده‌های بازتاب که با این پدیده‌ها پوشیده شده بودند آشکار شده‌اند، ضمن اینکه پیوستگی این پدیده‌ها تا حد بسیار خوبی افزایش پیدا کرده است.

با انتخاب مبدأ تبدیل ردلرزه شعاعی در محل منبع و انتخاب شکل پنکه‌ای تبدیل، شکل ۱۰ حاصل می‌شود، که مجموعه داده در حوزه ردلرزه شعاعی است. چنانچه در شکل ملاحظه می‌شود، بسامد ظاهری پدیده‌های بازتاب تغییرات چندانی نکرده است. اما اگر چه شکل ظاهری نوفه‌های زمین‌غلت تغییر چندانی نکرده ولی بسامد ظاهری آنها کاهش پیدا کرده است و استعداد حذف آنها با اعمال صافی‌های بسامدی پایین‌نگذر و میان‌گذر در حوزه ردلرزه شعاعی را افزایش داده است.

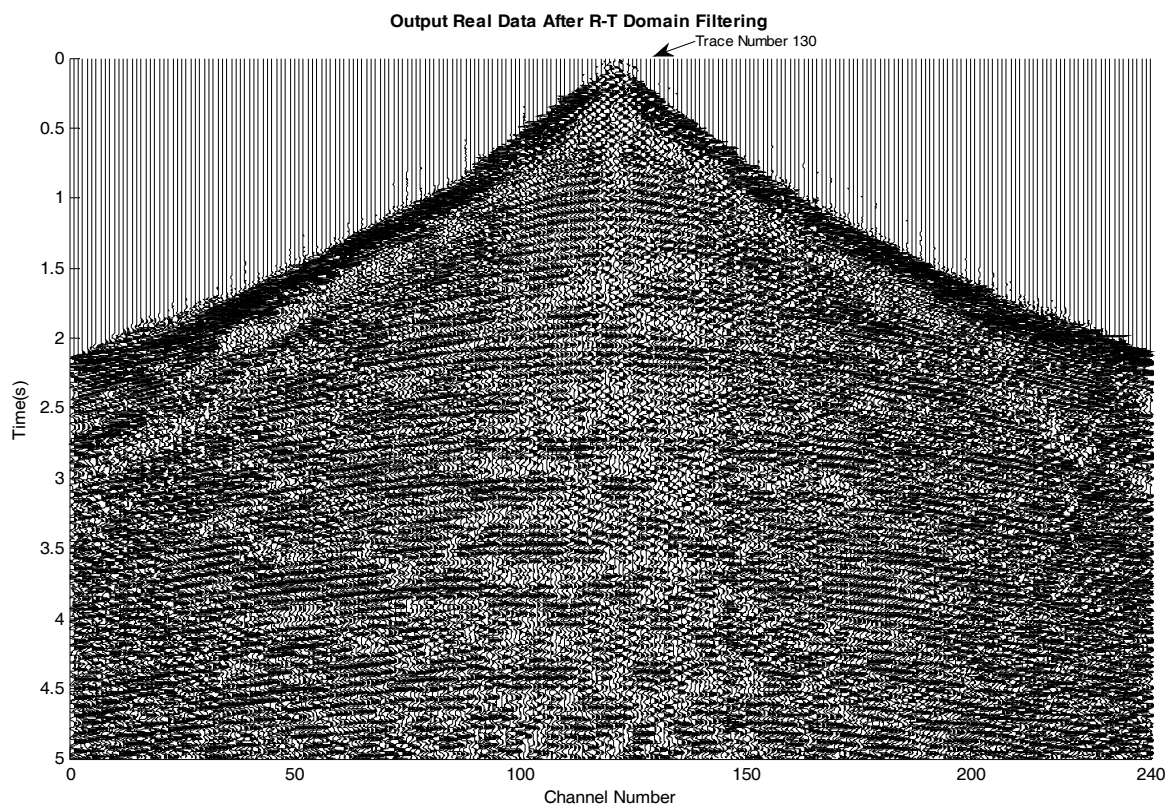
بعد از عبور صافی میان‌گذر ۸-۱۲-۵۵-۶۰ هرتز در



شکل ۹. مجموعه داده شکل ۹ در حوزه ردلرزه شعاعی. بسامد ظاهری پدیده‌های بازتاب تغییر چندانی نکرده است ولی بسامد ظاهری نوفه‌های زمین‌غلت کاهش پیدا کرده است.



شکل ۱۰. مجموعه داده در حوزه ردلرزه شعاعی بعد از عبور صافی میان‌گذر ۸-۱۲-۵۵-۶۰ هرتز. در اثر عبور صافی انرژی از روی مجموعه داده خارج شده است.



شکل ۱۲. امواج زمین غلت به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرده‌اند و پدیده‌های بازتاب که با این پدیده‌ها پوشیده شده بودند آشکار شده‌اند، ضمن اینکه پیوستگی این پدیده‌ها تا حد بسیار خوبی افزایش پیدا کرده است.

نتیجه روش بسامد- عدد موج و طیف دامنه آن، آورده شده است.

مقایسه طیف دامنه داده ورودی در شکل (a) و طیف دامنه نتیجه روش ردلرزه شعاعی در شکل (b) نشان می‌دهد که این روش باعث کاهش قابل توجه نوفه‌های زمین غلت شده است، درحالی‌که محتوای بسامدی داده ورودی تقریباً دست‌نخورده باقی مانده است. حال با مقایسه طیف دامنه داده ورودی در شکل (a) و طیف دامنه نتیجه روش بسامد- عدد موج در شکل (c) متوجه می‌شویم که این روش باعث کاهش قابل

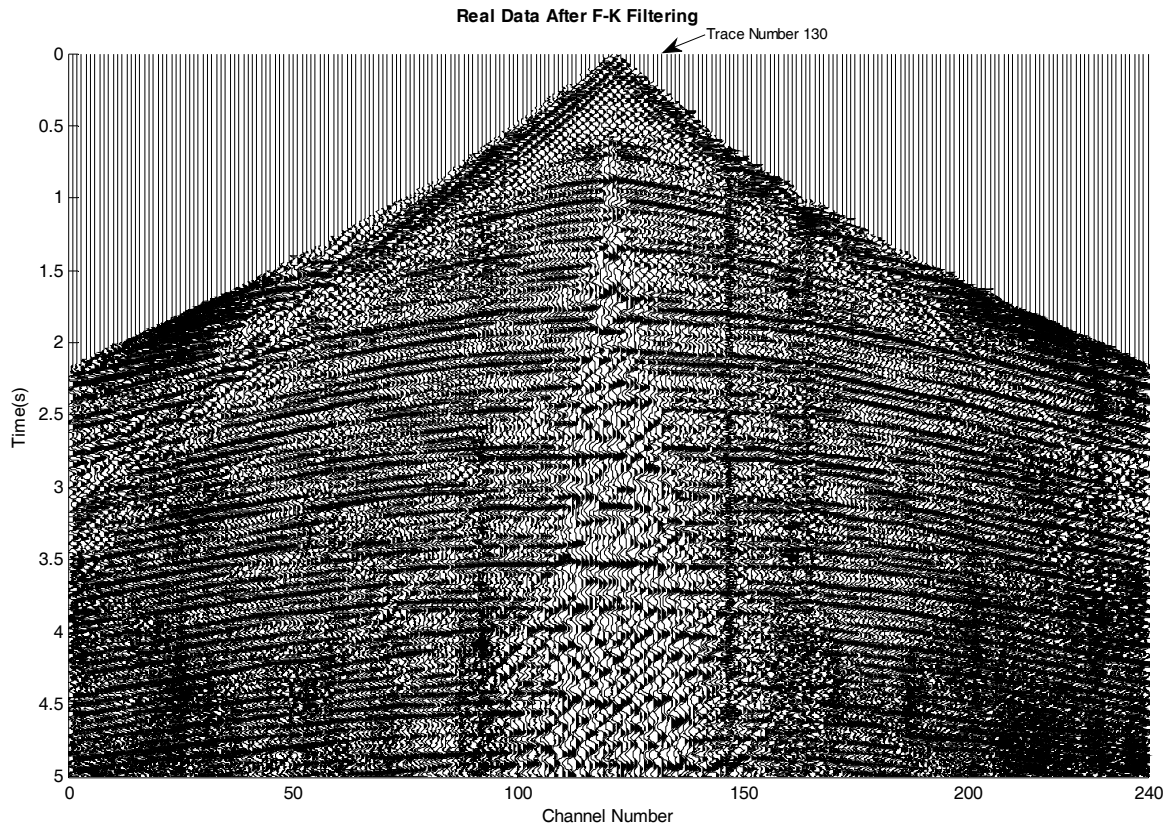
برای مقایسه کار صورت گرفته، مجموعه داده بالا بعد از کاهش امواج زمین غلت به روش بسامد- عدد موج در شکل ۱۳ آورده شده است. چنانچه دیده می‌شود امواج زمین غلت به طور قابل قبولی، ولی نه به اندازه روش ردلرزه شعاعی، کاهش و پیوستگی هندلولی‌های بازتاب افزایش پیدا کرده است.

در شکل ۱۴، یک ردلرزه دلخواه دست‌نخورده از داده واقعی در سمت چپ، ردلرزه شماره ۱۳۰، و طیف دامنه آن در سمت راست، به همراه نتیجه روش ردلرزه شعاعی روی همین ردلرزه و طیف دامنه آن، به همراه با

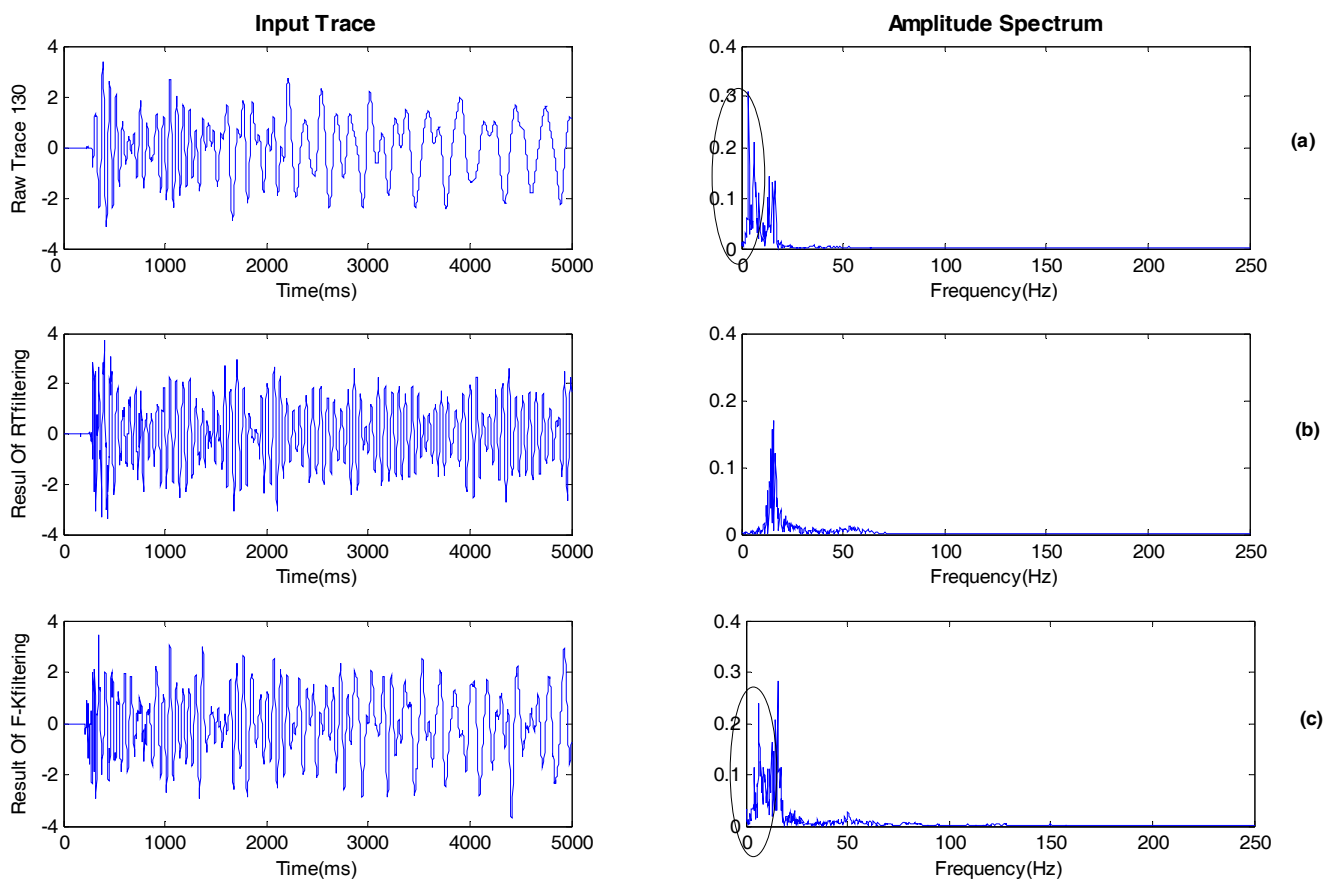
دلخواه دست‌نخورده از طیف دامنه داده واقعی نتیجه روش بسامد- عدد موج (شکل راست) نشان داده شده است. مقایسه دو شکل روشن می‌سازد که کاهش نوفه‌های زمین‌غلت در حوزه ردلرزه شعاعی، نسبت به کاهش نوفه‌های زمین‌غلت با روش بسامد- عدد موج محتوای بسامدی بازتابنده‌ها، که دارای اهمیت هستند، را کمتر کاهش داده است.

توجه محتوای بسامدی داده ورودی شده است. با بحث صورت گرفته به مزیت روش ردلرزه شعاعی نسبت به روش بسامد- عدد موج در حذف امواج زمین‌غلت پی خواهیم برد.

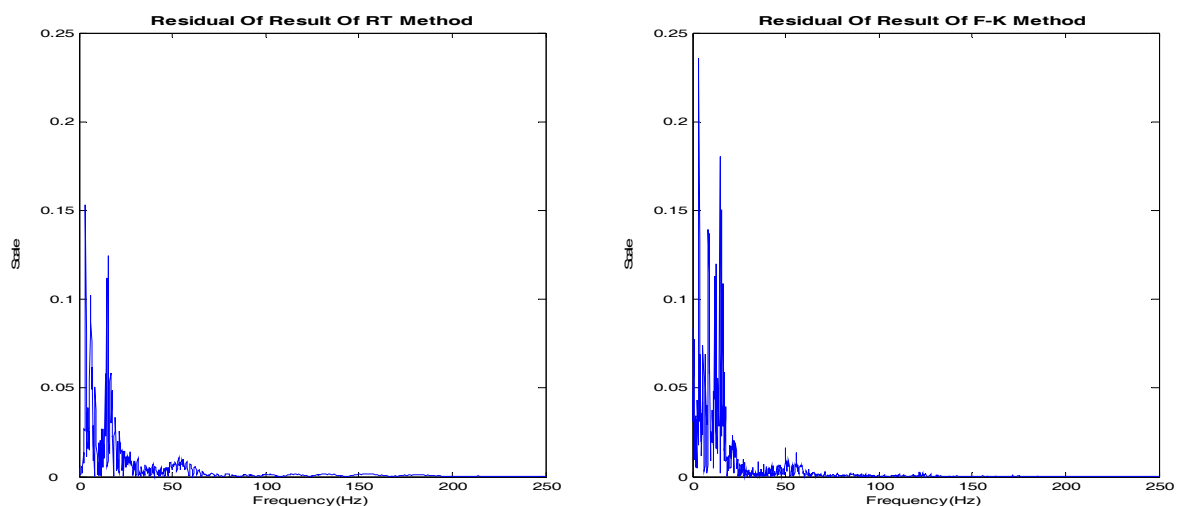
در شکل ۱۵، تفاضل طیف دامنه ردلرزه دلخواه دست‌نخورده از طیف دامنه داده واقعی نتیجه روش ردلرزه شعاعی (شکل چپ) و تفاضل طیف دامنه ردلرزه



شکل ۱۳. امواج زمین‌غلت به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرده‌اند و پدیده‌های بازتاب که با این پدیده‌ها پوشیده شده بودند آشکار شده‌اند، ضمن اینکه پیوستگی این پدیده‌ها تا حد بسیار خوبی افزایش پیدا کرده است.



شکل ۱۴. (a): یک رد لرزه دلخواه دست نخورده از داده واقعی برداشت شده در سمت چپ، رد لرزه شماره ۱۳۰، و طیف دامنه آن در سمت راست. (b): نتیجه روش رد لرزه شعاعی روی همین رد لرزه و طیف دامنه آن. (c): نتیجه روش بسامد- عدد موج و طیف دامنه آن.



شکل ۱۵. تفاضل طیف دامنه رد لرزه دلخواه دست نخورده از طیف دامنه داده واقعی با نتیجه روش رد لرزه شعاعی (شکل چپ). تفاضل طیف دامنه رد لرزه دلخواه دست نخورده از طیف دامنه داده واقعی، نتیجه روش بسامد- عدد موج (شکل راست).

۵ نتیجه‌گیری

منابع

- Claerbout, J. F., 1975, Slant-stacks and radial traces, Stanford Exploration Project Report, SEP-5, 1-12.
- Claerbout, J. F., 1983, Ground roll and radial traces, Stanford Exploration Project Report, SEP-35, 43-53.
- Henley, D. C., 1999, The radial trace transform: an effective domain for coherent noise attenuation and wavefield separation, 69th Ann. Internat. Mtg. Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 1204-1207.
- Henley, D. C., 2001a, Advance in radial trace domain coherent noise attenuation: CREWES, Department of Geology and Geophysics, University of Calgary, Calgary, AB, T2N 1N4.
- Henley, D. C., 2001b, Demonstration of radial trace domain filtering on the Shaganappi 1998 2-D geotechnical survey, CREWES Research Report 11.
- Ottolini, R., 1979, Migration of radial trace sections, Stanford Exploration Project Report, SEP-20, 97-115.

در این تحقیق یک عملگر مؤثر جدید برای کاهش نوفه‌های زمین‌غلت ارائه شد. مشاهده شد که این عملگر برای حذف نوفه‌ها زمین‌غلت، از کارایی زیادی برخوردار است. از مزیت‌های این عملگر نسبت به عملگرهای مربوط به کاربرد فوق مانند عملگر بسامد- عدد موج می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تکرارپذیر و قابل اعمال بودن چند مرحله‌ای صافی‌ها برای حذف نوفه‌ای خاص در هر مرحله.
- قابل تبدیل بودن بخشی از فضای $x-t$ به این حوزه بدون دست‌خوردن و نیاز داشتن به بقیه قسمت‌های پنل $x-t$ به‌منظور حذف قسمتی از نوفه‌های تجمع شده در بخش خاصی از پنل $x-t$ دست‌یافت. چنانچه برای حذف امواج زمین‌غلت، محدوده سرعت پنکه تبدیل RT را به صورت یک مخروط کم‌عرض در دورافت‌های نزدیک در نظر بگیریم و حذف این امواج از روی مخروط تبدیل شده در حوزه ردلرزه شعاعی بعد از عکس تبدیل گرفتن را، بدون اینکه به بقیه قسمت‌های پنل $x-t$ که دست‌نخورده‌اند آسیب رسانده شود، در جای خود در پنل $x-t$ جایگزین کنیم. (در حالی که برای استفاده از روش بسامد- عدد موج باید کل نقاط فضای دورافت- زمان به فضای بسامد- عدد موج برده شود).

- تبدیل دسته برداشت‌هایی که به‌طور نامنظم و غیرهم‌شکل در راستای x نمونه‌برداری شده‌اند، به طوری که یک چنین دسته برداشتی را می‌توان به یک دسته برداشت منظم تغییر داد.

- قابل استفاده بودن این عملگر روی مقاطع برانبارش شده علاوه بر مقاطع برانبارش نشده.

- کاهش بسیار کم محتوای بسامدی ردلرزه‌های لرزه‌ای.