

## تصحیح برونراند شیب با استفاده از تبدیل رادن

مهدی قاسم زاده دیوا<sup>۱</sup> و دکتر عبدالرحیم جواهریان<sup>۲</sup>

### چکیده

در مراحل پردازشی داده های لرزه نگاری برای حذف اثر دور افت از برونراند نرمال استفاده می شود. بدین معنی که با حذف اثر دور افت فرض بر این می شود که نقاط گیرنده و چشمه بر روی هم منطبق می شوند. این تصحیح زمانی که بازتابنده ها بصورت افقی باشند بخوبی عمل می کند ولی در صورتی که بازتابنده ها شیب دار بوده و یا دارای شیب های مخالف باشند بخوبی عمل نکرده و پردازش صحیحی صورت نمی پذیرد، بنابراین برای رفع این مشکل از یک مرحله پردازشی دیگری به نام تصحیح برونراند شیب استفاده می شود. روش های مختلفی برای انجام تصحیح برونراند شیب، از قبیل تصحیح برونراند شیب با استفاده از تبدیل فوری و روش های انتگرال گیری و ... وجود دارد. در این مقاله روش برونراند شیب رادن مورد بررسی قرار می گیرد. این عملگر بصورت مستقیم داده های برونراند نرمال شده در حوزه زمان را در حوزه رادن به نقشه در می آورد. روش فوق بر اساس تبدیل یک رد لرزه تصحیح برونراند نرمال شده، به چند رد لرزه ای که در طول هذلولی هایی در حوزه رادن گسترده شده اند، بنا شده است. در این مقاله تصحیح برونراند شیب رادن بر روی سه مدل لایه بندی زمین شناسی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده یکی از خواص بسیار خوب تصحیح برونراند شیب رادن این است که پس از اعمال این پالایه دامنه ی رخدادها تقویت شده و نوفه ها تضعیف می شود و با توجه به نوع نمونه برداری، برای داده هایی که به صورت نامنظم نمونه برداری شده اند بسیار مناسب می باشد.

کلید واژه ها: تبدیل رادن، تصحیح برونراند شیب، تصحیح برونراند نرمال، بازتابنده ها شیب دار

## Dip Moveout by Radon Transform

Mehdy Ghasemzadeh and Dr. Abdolrahim Javaherian

### Abstract

In seismic data processing to remove the effect of offset we apply the normal moveout correction. This correction does not perform well through the reflectors which have large dip or intersecting dips beneath the surface. In this case, to solve this problem dip moveout correction (DMO) is performed. Different procedures are performed to do this correction. They are DMO with Fourier transform, Integral DMO methods and DMO by Radon transform. The Radon DMO operator directly maps data from the NMO-corrected time domain to the DMO wave field in the Radon domain. The method is built upon a process that transforms a single NMO-corrected trace into multiple traces spread along hyperbolas in the Radon domain. These hyperbolas are a linear Radon map of the DMO ellipses in the time domain. In this paper, DMO by Radon transform are used for 2D synthetic data. According to

<sup>1</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

<sup>2</sup> دانشیار گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

results, Radon DMO is very good operation for amplitude and high frequency preserving and suitable for irregularly sampled dataset.

**Keywords:** Radon transform, dip moveout, normal moveout, dipping reflector

#### مقدمه:

روش نقطه عمقی مشترک (CDP) شامل: دسته بندی ردهای لرزه ای، پردازش قبل از برانبارش ردهای لرزه ای از قبیل برونراند نرمال و جمع کردن ردهای لرزه ای دارای نقاط سطحی میانی یکسان، اما با موقعیت چشمه و گیرنده متفاوت که برای کاهش سیگنالهای ناخواسته (نوفه) می باشد.

لازم به ذکر است در بیشتر موقعیت ها، بازتابنده های مورد نظر افقی نیستند. یک بازتابنده شیب دار، تصویری را که توسط روش برانبارش نقطه عمقی مشترک بوجود آمده است را تضعیف می کند. بنابراین علاوه بر مراحل قبلی پردازش، یک مرحله به پردازش قبل از برانبارش به نام تصحیح برونراند شیب (DMO) جهت تصحیح شیب بازتابنده های شیب دار اضافه می شود. برونراند شیب (DMO) یک مرحله مهم برای بدست آوردن دامنه های صحیح و موقعیت شیب بازتابنده ها می باشد. از زمانی که بازتابنده های شیب دار مورد توجه قرار گرفته است تصحیح برونراند شیب یکی از مراحل استاندارد پردازشی شده است. برونراند شیب، داده های لرزه ای با دور افت محدود را به مجموعه ای متناظر از داده های لرزه ای با دور افت صفر تصحیح کرده و انجام برانبارش بازتابنده های شیب دار و افقی با یک تصحیح برونراند نرمال یکسان را فراهم می آورد.

تصحیح برونراند شیب بعد از سال ۱۹۷۸ در مراحل پردازشی مورد استفاده قرار گرفت. روش های قبلی تصحیح برونراند شیب (DMO) روش های تفاضل متناهی، انتگرالی (کیرشهف) و فوریه هستند. روش انتگرال توسط دروگوفسکی و روکا در سال ۱۹۸۱ و روش فوریه توسط هیل در سال ۱۹۸۴ بنا شده بود.

روش انتگرالی در صنایع، برای مجموعه داده های سه بعدی که بطور نامنظم نمونه برداری شده اند ترجیح داده می شود. برونراند شیب انتگرالی از تداخل مفید و مخرب

هدف از برداشت لرزه نگاری به نقشه در آوردن ساختارهای زیر سطحی زمین توسط ارسال امواج صوتی به زمین و جمع آوری امواج منعکس شده با استفاده از آرایه های گیرنده در سطح زمین می باشد. پردازش لرزه ای در پی پردازش داده های طبقه بندی شده و ارائه یک تخمین درست از موقعیت ساختارها و انعکاس پذیری آنها می باشد.

ردهای لرزه ای بوسیله برداشت لرزه نگاری گرد آوری می شوند. یک رد لرزه ای نمودار زمان انرژی منعکس شده ای می باشد که توسط گیرنده ثبت شده است. هر رد لرزه ای دارای ۳ مؤلفه دور افت، آزیموت و نقطه میانی می باشد که دور افت بیانگر فاصله بین چشمه و گیرنده بوده و آزیموت بیانگر راستای چشمه و گیرنده و نقطه میانی نیز بیانگر نصف فاصله بین چشمه و گیرنده می باشد. یک رد لرزه ای بیانگر زمان سیر یک سیگنال صوتی می باشد که این خط سیر از موقعیت چشمه آغاز شده و پس از برخورد با منعکس کننده های (لایه ها) زیر سطحی به موقعیت گیرنده می رسند.

پردازش لرزه ای هر رد لرزه ای را بصورتی اصلاح می کند که رد لرزه ای ثبت شده، نشان دهنده انطباق مکان چشمه و گیرنده بر روی یکدیگر می باشد. هنگامی که بازتابنده های زیر سطحی افقی هستند، تصحیح برونراند نرمال برای به نقشه در آوردن هر نقطه روی یک رد لرزه ای به زمان دور افت صفر متناظر با آن بکار برده می شود.

برانبارش نقطه عمقی مشترک، همچنین نقطه میانی مشترک و نقطه بازتابی مشترک، روش های پردازش داده های لرزه ای می باشند، که بصورت گسترده در صنایع پردازش لرزه ای مورد استفاده قرار می گیرند.

برونراند نرمال و سپس بر انباشش، رد لرزه ها به صورت یک رد لرزه در آمده و در موقعیت آن گروه با نقطه عمقی مشترک قرار می گیرند. در اینجا منظور از بکار بردن عملگر تصحیح برونراند نرمال از بین بردن اثر دورافت چشمه و گیرنده و حذف زمان عبوری که بواسطه دورافت چشمه و گیرنده ایجاد شده است می باشد. اگر عمل برونراند نرمال بدرستی صورت گیرد بازتابنده ها برای همه دورافت ها در یک زمان قرار می گیرند (وقتیکه تاخیر زمانی که بر اثر دورافت ایجاد شده است بدرستی برداشت شود). مشکل اصلی هنگامی خود را در این مرحله پردازشی نشان می دهد که نقطه بازتاب در یک نقطه روی سطح بازتابنده قرار ندارد و بر روی یک محدوده قرار می گیرد.

در انجام تصحیح برونراند نرمال، شیب بازتابنده ها ثابت فرض می شود. در صورتیکه ممکن است در زیر سطح زمین چند شیب وجود داشته باشد که همدیگر را نیز قطع بکنند. در این صورت برونراند نرمال به صورت یک فیلتر گزینش شیب عمل کرده و یک شیب ویژه را تقویت نموده در مقابل شیبهای دیگر را تضعیف می کند (لینر ۱۹۹۹) این مسئله در مناطقی همانند گنبدهای نمکی که لایه های با شیب ملایم به لایه های با شیب زیاد تقاطع پیدا می کنند دیده می شود.

برای دانستن چگونگی عمل کردن این پالایه شیب به این مسئله توجه شود که سرعت برونراند نرمال برای بازتابنده های شیب دار بیشتر از بازتابنده های با شیب افقی می باشد. دیکس (۱۹۵۵) و لوین (۱۹۷۱) نشان دادند که برای یک بازتابنده شیب دار زیر سطحی با سرعت

ثابت، سرعت برانباشش آن برابر  $VNMO = V/\cos\theta$  می شود. که در آن  $\theta$  شیب بازتابنده در مسیر دورافت چشمه و گیرنده و  $VNMO$  سرعت  $NMO$  نامیده می شود. این رابطه بیان می کند که تصحیح برونراند نرمال برای بازتابنده های شیب دار در حالتی به بهترین شکل انجام می شود که بکار برده شود و این سرعت بیشتر از سرعت واقعی لایه ( $V$ ) می باشد. از طرفی مراحل پردازشی عبوری در یک گروه با نقطه میانی

برای بهبود بازتابنده های با دورافت صفر استفاده می کند. وقتی که داده ها بصورت غیر منظم نمونه برداری شوند، نقاطی که باید حذف شوند حذف نشده و نوفه های پردازشی را ایجاد می کنند. این نوفه های پردازشی اثر کاربرد تصحیح برونراند شیب انتگرالی را محدود میکند.

روش برونراند شیب فوریه یک استاندارد صنعتی، برای داده های دو بعدی که به صورت یکسان نمونه برداری شده است می باشد. این روش نسبتاً ساده بوده و دقت آن از روش تفاضل متناهی دقیق تر می باشد و برای دورافت های بزرگ و شیبهای زیاد بکار برده می شود. هر چند که برونراند شیب فوریه فرکانس سیگنالهای بازتابهایی که دارای شیبهای زیاد هستند را کاهش داده و برای داده های سه بعدی که به صورت نامنظم نمونه برداری شده اند مناسب نمی باشد.

تبدیل رادون اولین بار توسط یوهان رادون در سال ۱۹۱۷ ارائه شد و در بسیاری از حوزه های ریاضی دارای اهمیت بسزایی می باشد. تبدیل تعمیم یافته رادون به صورت گسترده در بسیاری از علوم مورد استفاده قرار می گیرد. تبدیل رادون به عنوان **Slant Stack** در ژئوفیزیک، از دهه ۱۹۵۰ در روشهای لرزه نگاری اکتشافی مورد استفاده قرار گرفته است.

در این پایان نامه به بررسی تصحیح برونراند شیب با استفاده از تبدیل رادون پرداخته می شود. به این صورت که ابتدا تئوری برونراند شیب با استفاده از تبدیل رادون ذکر خواهد شد. سپس به بررسی عملکرد برونراند شیب بر روی داده های مصنوعی پرداخته خواهد شد.

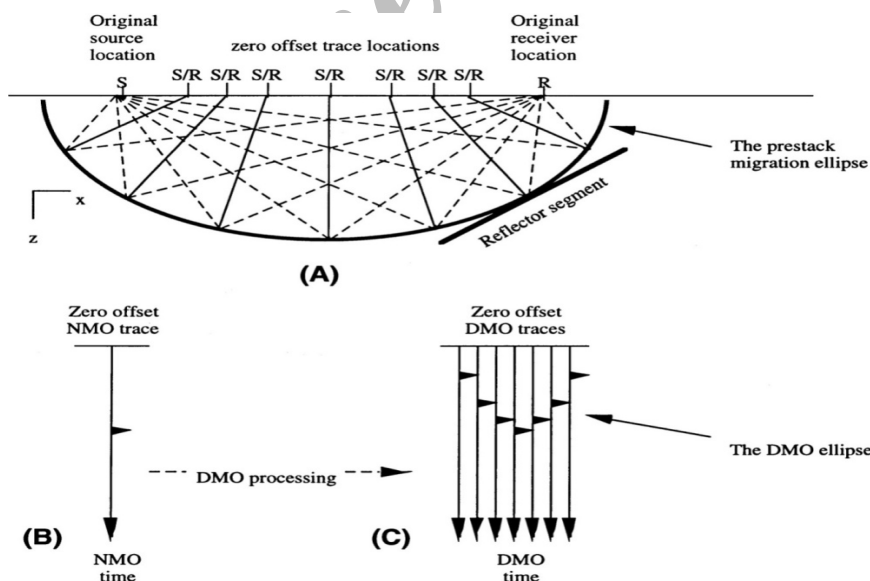
### تصحیح برونراند شیب

در روشهای مرسوم لرزه بازتابی برای بدست آوردن تصویر مطلوب تر از ساختهای زیر سطحی و افزایش نسبت سیگنال به نوفه، عملیات لرزه نگاری به صورتی انجام می شود که از یک نقطه چند بازتاب حاصل شود و این مسئله با افزایش فاصله بین چشمه و گیرنده همراه است. نهایتاً این رد لرزه ها که در یک خانواده یعنی گروه با نقطه عمقی مشترک قرار می گیرند با انجام تصحیح

می دهد که در مرکز بیضی قرار دارد و تصحیح برونراند نرمال بر روی آن اعمال شده است و شکل ۱-۱ C نتایج برونراند شیب بر روی این رد لرزه را نشان می دهد. همانطوریکه دیده می شود زمان رخداد میانی که برونراند شیب روی آن انجام شده است با زمان رخداد اولیه که تصحیح برونراند نرمال بر روی آن اعمال شده بود تفاوتی ندارد ولی با دور شدن از رد لرزه مرکزی تغییر در زمان رخدادها نسبت به رخداد اولیه مشاهده می شود. برونراند نرمال یک مرحله پردازشی است که یک رخداد در ورودی می گیرد و یک رخداد در خروجی می دهد. در مقابل برونراند شیب متفاوت از این عمل می کند و رخداد ورودی را به چند رخداد تبدیل می کند که همه این رخدادها در بین موقعیت چشمه و گیرنده قرار دارند. این مسئله در شکل ۱-۱ C نشان داده شده است ترکیب مراحل برونراند نرمال و برونراند شیب اثر دورافت را برای همه شیبهای ممکن بر می دارد و داده ها را برای مهاجرت بعد از بر انباشت آماده می کند.

مشترک را می دهد. به همین علت انتخاب یک سرعت برونراند نرمال معادل است با انتخاب یک شیب به طور بهینه در آن زمان برای یک گروه با نقطه میانی مشترک و باعث تضعیف بقیه شیبها می شود.

مورد دیگری که در پردازش داده های لرزه ای در نظر گرفته می شود این است که هر رد لرزه ای در وسط فاصله بین چشمه و گیرنده قرار می گیرد. لذا در این حالت برونراند نرمال که اثر دورافت را از بین می برد فرض می کند که رد لرزه از یک سطح افقی بازتابیده شده است. بعد از انجام تصحیح برونراند نرمال، رخداد در طول زمان بالا می آید ولی در عرض جابجا نمی شود. حال اگر بازتابنده زیر سطحی افقی نباشد محل رخداد مورد نظر مشخص نمی باشد. ولی این رخداد می تواند در طول یک بیضی قرار داشته باشد که چشمه و گیرنده در کانون های این بیضی قرار دارند. این مسئله در شکل ۱-۱ A نشان داده شده است. در این شکل هر نقطه که با S/R علامت گذاری شده است محل دورافت صفر را تشکیل می دهد. شکل ۱-۱ B رد لرزه ای را نشان



شکل ۱. نمایش چگونگی عملکرد تصحیح برونراند شیب بر روی رخداد لرزه ای (لینر، ۱۹۹۹). (A) نمایش مسیرهای احتمالی حرکت موج برای رد لرزه با دورافت صفر موقعیت چشمه و گیرنده با S و R نشان داده شده اند. هر جا که S/R علامت گذاری شده است می تواند محل یک رد لرزه با دورافت صفر باشد. برونراند نرمال فرض می کند بازتابنده زیر سطحی افقی بوده لذا رخداد لرزه ای را فقط در جهت بالا حرکت می دهد. در صورتیکه برونراند شیب نقطه بازتابش را بر روی یک بیضی فرض می کند و در نتیجه همه مسیرهای عبوری ممکن را بازسازی می کند (در نتیجه حرکت رخداد فقط در جهت قائم صورت نمی گیرد)، (B) رخداد اولیه و (C) نمایش عملکرد برونراند شیب بر روی رخداد اولیه را نشان می دهد. همانطوریکه دیده می شود بعد از انجام برونراند شیب رخداد اولیه به صورت چند رخداد که بر روی رد لرزه های مجاور پخش شده دیده می شود.

## تصحیح برونراند شیب راژن

تصحیح برونراند شیب راژن شامل موارد زیر است.

۱. تصحیح برونراند نرمال بر روی داده های لرزه ای دو بعدی و سه بعدی برداشت شده.  
 ۲. منظم کردن داده هایی که تصحیح برونراند نرمال بر روی آنها انجام شده است به گروه هایی به نام آزمون یکسان بطوریکه در مورد داده های دو بعدی فقط یک گروه ردلرزه ها با آزمون یکسان وجود دارد و در مورد داده های سه بعدی تعداد زیادی زیر گروه به نام ردلرزه ها با آزمون یکسان وجود دارد.

۳. مرتب کردن این زیر گروه هایی که دارای آزمون یکسان هستند و تصحیح برونراند نرمال بر روی آنها انجام شده است به زیر گروه های دیگری بنام زیر گروه های دور افت مشترک.

۴. بکار بردن یک تبدیل برونراند شیب راژن بر روی رد لرزه ها

۵. تبدیل برونراند شیب راژن با به نقشه در آوردن هر نقطه بر روی هر ردلرزه ورودی به یک هذلولی در حوزه راژن مشخص می شود. این هذلولی ها متناظر با انعکاسات از یک منعکس کننده در عمق می باشند و با توجه به این که دارای شیب یکسان می باشند در یک نقطه در حوزه راژن همدیگر را قطع می کنند که تغییر محسوسی در دامنه و فرکانس های بالای ردهای لرزه ای بوجود نمی آید و برای طیف های وسیعی از گروههای مختلف دورافت و همچنین داده هایی که بصورت نامنظم نمونه برداری شده است استفاده می شود. برونراند شیب راژن بصورت ریاضی با معادله زیر نشان داده می شود (ونگ، ۱۹۹۸).

$$R(\tau, \theta) = \int f_n(x_n \sqrt{t_n^2 - h^2 \tan^2 \theta}) \delta(L(\tau, \theta, x_n, t_n)) \cdot J_T dx_n dt_n \quad (1)$$

۶. بکار بردن یک تبدیل راژن معکوس معمول بر

روی ردلرزه های تبدیل راژن شده

۷. مرتب کردن ردلرزه های تبدیل معکوس شده از

دورافت مشترک به نقطه میانی مشترک بین

چشمه و گیرنده

۸. اعمال برونراند نرمال معکوس با استفاده از

سرعت های قبل از اعمال برونراند شیب

۹. انجام تحلیل سرعت جدید

۱۰. اعمال برونراند نرمال معکوس با استفاده از

سرعت های پس از اعمال برونراند شیب

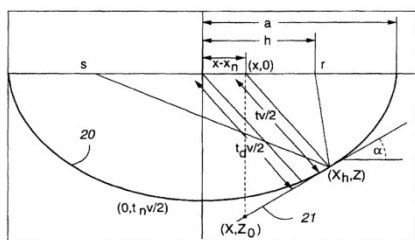
۱۱. برانبارش داده ها

## گروه های آزمون یکسان

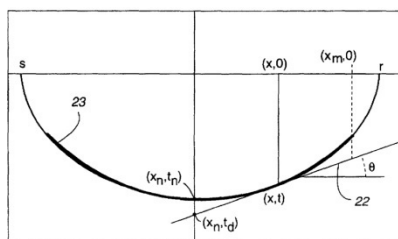
آزمون معرف راستای خطوط سطحی از گیرنده ها و چشمه ها می باشد. ردلرزه هایی که دارای گستره آزمون هستند در یک گروه قرار می گیرند که گستره هر گروه یکسان می باشد. بطور مثال این گستره می تواند ۵ درجه در نظر گرفته شود و اندازه این گستره ها به تخمین عمق بازتاب کننده و هدف بستگی دارد. برداشت دو بعدی شامل مورد ویژه ای می باشد بطوری که اگر ردلرزه ها در یک راستای چشمه و گیرنده قرار گرفته باشند تنها دارای یک راستای آزمون بوده و در یک گروه جای می گیرند. ولی اگر ردلرزه ها در دو سمت چشمه قرار گرفته باشند دارای دو گروه یکسان آزمون می باشند بطوریکه یک گروه دارای آزمون ۱۸۰ درجه نسبت به گروه دیگر می باشد. اگر هر دو گروه ها همزمان با هم در یک گروه مورد پردازش قرار گیرند گروهی که دارای آزمون ۱۸۰ درجه می باشد دارای مختصات X منفی خواهد بود.

## زیر گروه های دور افت مشترک

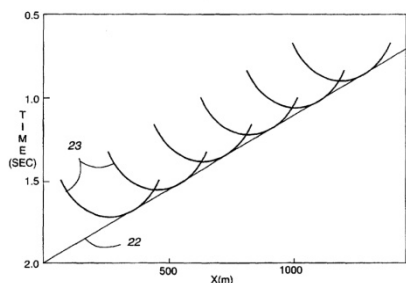
دور افت به معنای فاصله بین چشمه و گیرنده می باشد. ردلرزه های واقع در هر گروه آزمون یکسان به زیر گروه هایی تقسیم می شوند. هر کدام از این گروه ها شامل ردلرزه هایی با دورافت یکسان می باشد. زیر گروه های دورافت یکسان در شکل ۳-۲-A نشان داده شده



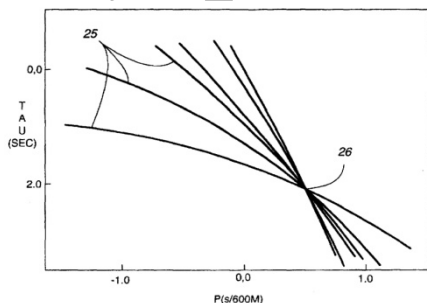
شکل ۲. بیضی منعکس کننده. بیضی بازتاب کننده ۲۰ و خط بازتاب کننده ۲۱ قبل از تصحیح برونراند شیب در حوزه مکان-زمان می باشد (ونگ، ۱۹۹۸).



شکل ۳. بیضی تصحیح برونراند شیب. بیضی برونراند شیب ۲۳ و خط مماس بر بیضی های برونراند شیب ۲۲ در حوزه مکان-زمان (ونگ، ۱۹۹۸).



شکل ۴. بیضی های تصحیح برونراند شیب دورافت های مشترک. بیضی های برونراند شیب ۲۳ و خط مماس بر تمام بیضی های برونراند شیب ۲۲ در حوزه مکان-زمان می باشد (ونگ، ۱۹۹۸).



شکل ۵. هذلولی های برونراند شیب رادُن در حوزه رادُن. محل تقاطع هذلولی های برونراند شیب می باشد که بیانگر شیب و عرض از مبدا خط بازتاب کننده در حوزه رادُن بوده و ۲۵ هذلولی هایی حاصل از تبدیل رادُن بیضی های شیب در حوزه رادُن می باشد (ونگ، ۱۹۹۸).

است. گستره دورافت های این زیر گروه ها ممکن است در روش جدید بسیار بزرگتر و وسیع تر از گستره مجاز و قابل قبول در روش های قبلی باشد. روش های قبلی به کوچکترین گستره های بدست آمده برای مجاب کردن و بدست آوردن زیر گروه های ردلرزه ها احتیاج داشت در صورتی که در روش جدید می توان پردازش برونراند شیب را با دقت بالایی انجام داد، حتی اگر تمام ردهای لرزه ای موجود در یک گروه آزیموت یکسان در یک زیر گروه دورافت مشترک و یکسان قرار گیرند.

### برونراند شیب رادُن

تبدیل برونراند شیب رادُن یک تبدیل رادُن ویژه می باشد که با به نقشه در آوردن هر نقطه بر روی یک ردلرزه به یک هذلولی در حوزه رادُن مشخص می شود. به این صورت که هذلولی های مذکور با بازتاب های حاصل از یک بازتاب کننده شیب دار اما از ردلرزه های متفاوت که در یک نقطه همدیگر را قطع می کنند متناظر هستند. تبدیل برونراند شیب رادُن طبق موارد زیر مطرح و بسط داده شده است (ونگ، ۱۹۹۸):

۱. برای هر نقطه بر روی ردلرزه یک بیضی در حوزه X-Z به نمایندگی از تمام نقاط انعکاس وجود دارد.

۲. بازتاب کننده واقعی مماس بر تمام بیضی های بازتاب کننده ذکر شده می باشد که این بیضی بازتاب کننده ها متناظر با انعکاسات مختلف بازتاب کننده واقعی می باشند.

۳. برای هر بیضی بازتاب کننده یک بیضی برونراند شیب در حوزه X-t وجود دارد که مختصات X به نمایندگی فاصله جانبی از نقطه میانی و مختصات t زمان رفت و برگشت بازتاب دورافت صفر از بازتاب کننده شیب دار می باشد.

۴. برای نقاط بازتاب قسمت های دیگر بازتاب کننده شیب دار بر روی ردهای لرزه ای مختلف مختلف بیضی های برونراند شیب متناظر، بر یک خط مماس هستند.

در طول بازتاب کننده مماس می باشد. زمان تصحیح شده برونراند شیب  $t_d$  بر روی خط عمود بر بازتاب کننده قرار دارد که از نقطه میانی می گذرد.

با استناد به شکل ۴ بیضی برونراند شیب ۲۳ دارای معادله زیر است.

$$\frac{t^2}{t_n^2} + \frac{(x - x_n)^2}{h^2} = 1 \quad (3)$$

هر نقطه  $(X_h, Z)$  بر روی بیضی بازتاب کننده ۲۰، شکل های مذکور (۲) را به یک نقطه  $(X, t)$  بر روی قسمتی از بیضی برونراند شیب ۲۳ که توسط

$$t > 0 \quad \text{و} \quad |x - x_n| \leq x_m - x_n = \frac{2h^2}{vt_r}$$

تعیین شده است، توصیف می کند. با استناد دوباره به شکل ۳،  $X$  فاصله نقطه میانی تا نقطه تقاطع باخط عمود بر بازتاب کننده شیب دار می باشد که از نقطه بازتاب عبور می کند. زمان  $t_v$  دو برابر فاصله از نقطه  $(x, 0)$  تا نقطه بازتاب  $(X_h, Z)$  می باشد. میزان تغییرات  $t$  نسبت به  $X$  در امتداد بازتاب کننده ۲۱ بصورت زیر می باشد.

$$\frac{dt}{dx} = 2 \sin \alpha / v \quad (4)$$

و

$$(t_d - t) = (x_n - x) 2 \sin \alpha / v$$

تذکر: در شکل ۳-۳  $\alpha < 0$  می باشد.

با استناد دوباره به شکل ۳، برای هر نقطه  $(x, t)$  یک خط مماس بر بیضی برونراند شیب وجود دارد. خط ۲۲ توسط معادله زیر تعریف می شود.

$$t = px + \tau \quad (5)$$

بطوریکه

$$p = \tan \theta = \frac{dt}{dx} = 2 \sin \alpha / v \quad \text{و} \quad \tau$$

تقاطع با خط عمود در  $x = 0$  می باشد. از آنجائیکه،

$$(t_d - t) = \frac{(x_n - x) 2 \sin \alpha}{v} = (x_n - x)p$$

بنابراین زمان تصحیح برونراند شیب  $(t_d)$  بر روی خط مماس ۲۲ در  $x_n$  می باشد.

نکته: در شکل ۳  $\theta < 0$  و  $p > 0$  می باشد.

در اینجا یک نقطه  $(x, z_0)$  وجود دارد که بر روی

۵. بیضی های برونراند شیب به هذلولی هایی در حوزه راژن تبدیل می شوند.

۶. هذلولی های متناظر با بازتاب ها در طول بازتاب کننده شیب دار در حوزه راژن در یک نقطه یکدیگر را قطع می کنند.

۷. تبدیل معکوس نقاط در حوزه رادن، یک خط مماس در حوزه  $X-t$  می باشند.

۸. زمان تصحیح شده برونراند شیب، محل تقاطع خط مماس و خط عمود از میان نقطه میانی در حوزه  $X-Z$  می باشد.

### بیضی بازتاب کننده

شیب بازتاب کننده ها در هنگام برداشت عملیات قابل

تشخیص نیست و نیز نمی توان از روی ردلرزه به تنهایی اندازه آن را تعیین کرد. زمان هر رخدادی بر روی هر ردلرزه بدست آمده  $(t_r)$  برابر است با مجموع زمان های چشمه تا بازتاب کننده و از بازتاب کننده تا گیرنده.

هر رخداد بر روی یک ردلرزه می تواند حاصل بازتاب

از هر نقطه بر روی یک بیضی باشد که کانون های این بیضی در موقعیت چشمه و گیرنده قرار دارد. با استناد به شکل ۲، معادله برای به شرح ذیل می باشد.

$$\frac{(X_h - X_n)^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1 \quad (2)$$

بطوریکه  $X_h$  موقعیت جانبی بوده و به مبداء

(چشمه) بستگی دارد.  $X_n$  نقطه میانی می باشد و

$$z = t_v v \quad \text{و} \quad t_v \text{ زمان سیر عمودی بر روی بیضی}$$

بازتاب کننده ۲۰ در موقعیت  $X_h$  می باشد. ثابت های  $a$  و  $b$

به ترتیب قطرهای بزرگ و کوچک بیضی ۲۰ می باشند

بطوریکه:

$$a^2 = \left(\frac{t_r v}{2}\right)^2 = h^2 + \frac{t_n^2 v^2}{4}$$

$$b = t_n v / 2$$

و

و معادله  $t_v v = x_h \tan \alpha + \tau_r$  معادله خطی

بازتاب کننده شماره ۲۱ می باشد که  $\tau_r$  عرض از مبداء و

$\alpha$  شیب بازتاب کننده می باشد. خطی که توسط این معادله

توصیف می شود مماس بر بیضی های حاصل از انعکاس

بطوریکه  $f(x,t)$  یک تابع در حوزه مکان-زمان بوده و  $t = px + \tau$  می باشد. معادله بالا ممکن با استفاده از خاصیت نمونه برداری تابع دلتا  $\delta$  بصورت یک انتگرال دو گانه نوشته شود.

$$R_{p\tau}\{f(x,t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,t) \delta[t - (\tau + px)] dx dt \quad (8)$$

شکل رادن بیضی برونراند شیب، که توسط معادله (۳-۳) تعیین شده، یک هذلولی است که توسط معادله زیر مشخص می شود.

$$(\tau - px_n)^2 = t_n^2 + p^2 h^2 \quad (9)$$

با استناد به شکل ۵ هذلولی های ۲۵ متناظر با بازتابها، در طول یک بازتاب کننده، در یک نقطه همدیگر را قطع می کنند (نقطه ۲۶).

این نقطه (محل تقاطع هذلولی ها) تصویر برونراند شیب نقاط، روی بیضی های برونراند شیب می باشد، که دارای شیب یکسان  $p$  و عرض از مبدا یکسان  $\tau$  می باشند.

با دانستن اینکه  $\Delta x = x - x_n$  معادله برای بیضی برونراند شیب ۲۳، که  $\frac{t^2}{t_n^2} + \frac{\Delta x^2}{h^2} = 1$  می باشد می تواند بر حسب  $t$  طبق معادله زیر تعریف شود.

$$t = t_n \sqrt{1 - \frac{\Delta x^2}{h^2}} \quad (10)$$

بطوریکه شیب  $(p)$  خط مماس ۲۲ در  $(x,t)$  معادله زیر می باشد.

$$p = \frac{dx}{dt} = \frac{-t_n \Delta x}{h \sqrt{h^2 - \Delta x^2}} \quad (11)$$

معادله برای شیب  $P$  ممکن است بر حسب  $\Delta x$  اینطور نوشته شود:

$$\Delta x = \frac{-ph^2}{\sqrt{t_n^2 + p^2 h^2}} \quad (12)$$

با جایگزین کردن  $\Delta x$  از معادله (۱۲) در معادله (۱۰) برای بیضی برونراند شیب معادله زیر بدست می آید.

خط بازتاب کننده ۲۲ می باشد بطوریکه  $z_0 = t_0 v = x \tan \alpha + \tau_r$  در شکل ۲،  $t_0 v \cos \alpha = tv/2$  می باشد. بطوریکه:

$$\frac{tv}{2 \cos \alpha} = x \tan \alpha + \tau_r$$

با ضرب کردن دو طرف معادله در  $2 \cos \alpha / v$

در ازاء  $\tau = 2\tau_r \cos \alpha / v$  معادله زیر بدست می آید.

$$t = \frac{2x \sin \alpha}{v} + \frac{2\tau_r \cos \alpha}{v} = px + \tau_r \quad (6)$$

حال با استناد به شکل ۴، خط ۲۲ که توسط معادله بالا توصیف می شود، یک خط مماس برای نقاط بازتاب تمام بیضی های برونراند شیب ۲۳ مطابق با تمام بازتاب ها در طول یک بازتاب کننده خاص می باشد.

## تبدیل رادن

تبدیل رادن یک تابع  $f(x,t)$  در حوزه زمان-مکان را به یک تابع  $U(p,\tau)$  در حوزه رادن ترسیم می کند، بطوریکه  $P$  شیب  $f(x,t)$  در حوزه زمان-مکان و  $\tau$  محل تقاطع محور زمان با خطی با شیب  $P$  می باشد که در نقطه  $(x,t)$  همدیگر را قطع می کنند. برای هر نقطه  $(x,t)$  بر روی منحنی تابع  $f(x,t)$  در حوزه زمان-مکان یک خط با معادله  $t = px + \tau$  وجود دارد. برای مثال اگر  $f(x,t)$  یک نقطه باشد و  $x = a, t = b$  بطوریکه  $a$  و  $b$  ثابت باشند، آنگاه  $f(x,t)$  خط  $\tau = b - pa$  را در حوزه رادن ترسیم می کند. اگر  $f(x,t)$  یک خط باشد،  $t = ax + b$  بطوریکه  $a$  و  $b$  ثابت هستند، سپس  $f(x,t)$  نقطه  $(b,a)$  را در حوزه رادن ترسیم می کند.

تبدیل رادن توسط معادله زیر تعریف شده است (ونگ، ۱۹۹۸).

$$R_{p\tau}\{f(x,t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} f(x,\tau + px) dx \quad (7)$$



## تبدیل معکوس راژن

تبدیل معکوس راژن طبق معادله زیر تعریف می شود.

$$f(x, t) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d}{dt} H\{R(t - x \tan \theta, \theta)\} d\theta \quad (20)$$

بطوریکه  $H\{.\}$  عملگر تبدیل هیلبرت می باشد.

تبدیل راژن بر روی داده ها در حوزه راژن بکار برده می شود به بیان دیگر یعنی ترسیم نقاط در حوزه راژن به رد لرزه هایی که تصحیح برونراند شیب بر روی آنها انجام شده است. تبدیل معکوس، تبدیل معکوس خطی راژن می باشد.

## داده های مصنوعی

مبانی ریاضی و تئوری برونراند شیب با استفاده از تبدیل راژن در مبحث قبل مورد بررسی قرار گرفت بنابراین در این مبحث به بررسی عملکرد این عملگر پردازشی بر روی داده های مصنوعی لرزه ای پرداخته شود تا چگونگی عملکرد آن روشن گردد.

داده های مصنوعی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است با استفاده از نرم افزار Omni ساخته شده اند. بدین صورت که در یک مقطع زمین شناسی دو بعدی طراحی و پس از آن یک طراحی لرزه ای واقعی بر روی این مقطع طراحی شده است که مشخصات مقطع زمین شناسی در جدول ۱ و پارامترهای برداشت در جدول ۲ شرح داده شده است. لازم به ذکر است مراحل پردازشی قبل از اعمال برونراند شیب از قبیل برونراند نرمال و تحلیل سرعت و هم چنین مراحل پردازشی بعد از برونراند شیب همانند تحلیل سرعت پس از برونراند شیب با استفاده از نرم افزار Vista انجام شده است.

$$t = t_n \sqrt{1 - \frac{\Delta x^2}{h^2}} = \frac{t_n^2}{\sqrt{t_n^2 - p^2 h^2}} \quad (13)$$

برای یک نقطه  $(x_1, t_1)$  بر روی بیضی برونراند

شیب ۲۳ خط مماس دارای معادله زیر می باشد.

$$\frac{(x-x_n)(x_1-x_n)}{h^2} + \frac{t t_1}{t_n^2} = 1 \quad (14)$$

بطوریکه در  $x = x_n$  بر روی خط  $t_d t_1 = t_n^2$

زمان تصحیح شده برونراند شیب  $t_d$  بصورت زیر می باشد.

$$t_d = \frac{t_n^2}{t} = \sqrt{t_n^2 + p^2 h^2} \quad (15)$$

از آنجائیکه نقاط  $(x, t)$  و  $(x_n, t_d)$  بر روی خط

مماس ۲۲ قرار دارند، معادله ۸ ممکن است به صورت زیر نوشته شود.

(۱۶)

$$R_{PT}\{f(x, t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x_n, t_d) \delta[t_d - (t + p x_n)] dx_n dt_n$$

از تبدیل انتگرال در حوزه  $x - t$  به حوزه

$x_n - t_n$ ، معادله زیر بدست می آید.

$$R(\tau, \theta) = \int f_n(x_n \sqrt{t_n^2 - h^2 \tan^2 \theta}) \delta(L(\tau, \theta, x_n, t_n)) \cdot J_T dx_n dt_n \quad (17)$$

بطوریکه  $J_T = \frac{2A^2 - 1}{A^3}$  ژاکوبین می باشد و

$$A = \left(1 + \frac{(\tan \theta)^2 h^2}{t_n^2}\right)^{1/2} \text{ می باشد.}$$

یک گروه از منحنی ها در

حوزه  $x_n - t_n$  می باشد که بیانگر تابع زیر می باشد.

$$L(\tau, \theta, x_n, t_n) = t_n - \sqrt{(\tau + x_n \tan \theta)^2 - h^2 \tan^2 \theta} \quad (18)$$

تابع دلتا ی دیراک دارای این خواص است که :

$$\delta(L(\tau, \theta, x_n, t_n)) = 0$$

اگر  $L(\tau, \theta, x_n, t_n) \neq 0$  باشد و

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(L(\tau, \theta, x_n, t_n)) dx_n dt_n = 1 \quad (19)$$

جدول ۱. مشخصات لایه بندی مقطع زمین شناسی طراحی شده.

چگالی	سرعت لایه	لایه
۱/۹	۱۷۰۰ m/s	لایه اول
۲/۱	۲۵۰۰ m/s	لایه دوم
۲/۳	۳۰۰۰ m/s	لایه سوم

جدول ۲. مشخصات پارامترهای برداشت داده های لرزه ای ۲ بعدی مصنوعی.

۵۰ متر	فاصله چشمه	۳۰	فولد بیشینه
۲۵ متر	فاصله گیرنده	۱۲۰ عدد	تعداد گیرنده های فعال
۵۰۰۰ متر	طول پروفیل برداشت	۱۰۰ عدد	تعداد کل چشمه ها

خط لرزه نگاری واقعی می باشد.. موجکی که برای ساخت این مقطع مورد استفاده قرار گرفت بر اساس موجک ریکر با مشخصات فرکانس غالب ۴۰ هرتز می باشد. فرکانس نمونه برداری ۸ میلی ثانیه می باشد.

بعد از اینکه گروه های مختلف ساخته شد، با اعمال هندسه لرزه ای که در بالا توضیح داده شد هندسه عملیات برای نرم افزار تعریف می شود. لازم به ذکر است در اینجا سطح زمین افقی فرض شده و لایه های ریز سطحی در محیط هایی که مشخصات آن در جدول ۱ بیان شد قرار دارند و با توجه به اینکه داده ها مصنوعی می باشند از انجام بعضی مراحل پردازشی که در داده های واقعی مورد بررسی قرار می گیرد صرف نظر شده است. از آنجائیکه مقدار سرعت هر یک از لایه ها مشخص است لذا هر گونه تغییر قابل ملاحظه که در سرعت برانبارش این بازتابنده ها مشاهده شود ناشی از وجود شیب در این ساخت زیر سطحی است و همانطوری که می دانیم در حالتیکه لایه شیب دار است سرعت برانبارش بیشتر از سرعت واقعی لایه ها بوده و با عکس کسینوس شیب لایه شیب دار رابطه دارد بدین معنی که با افزایش شیب مقدار سرعت برانبارش نیز زیاد می شود. از این رو انتظار می رود که سرعت بازتابنده افقی در مراحل تحلیل سرعت همان مقدار واقعی بکار برده شده را نشان دهد و بازتابنده شیب دار سرعت به مراتب بیشتر از مقدار در نظر گرفته شده را نشان

پس از تهیه این مقطع دو بعدی مراحل پردازشی را برای سه حالت مختلف از بازتاب کننده ها در این محیط مورد بررسی قرار می گیرد.

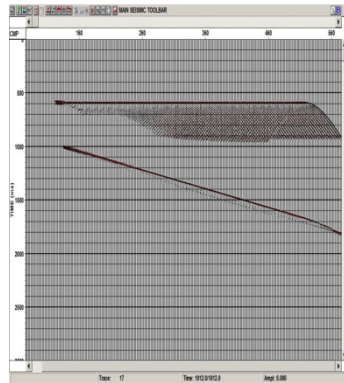
### مشخصات داده های مصنوعی

داده های مصنوعی تهیه شده ۲ بعدی می باشد و برای برداشت داده ها از روش Split Spread استفاده شده است. اندازه پروفیل برداشت شده ۵۰۰۰ متر بوده و هندسه نقاط چشمه و گیرنده بر روی سطح زمین قرار دارد. مشخصات دقیق تر پارامترهای برداشت شده در جدول ۲ بیان شده است.

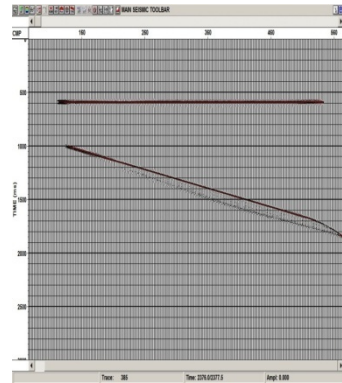
### مدل اول یک لایه افقی و یک لایه شیب دار

شکل ۵- (a) مقطع زمین شناسی مدل اول را نشان می دهد. این مدل از یک بازتابنده افقی در بالا و یک بازتابنده شیب دار با شیب ۲۰ درجه در پائین تشکیل شده است. بازتابنده اول افقی بوده و در زمان ۵۸۸ میلی ثانیه از مقطع لرزه ای قرار دارد و بازتابنده دوم یک بازتابنده شیب دار است که دارای شیب ۲۰ درجه بوده و از زمان ۹۹۰ میلی ثانیه تا زمان ۲۱۲۰ میلی ثانیه در مقطع لرزه ای قرار گرفته است. هندسه عملیات لرزه ای که برای این ساخت زیر سطحی طراحی شده است همانند هندسه عملیات یک

می باشد را نشان می دهد که برابر ساخت زیر سطحی است ولی لایه شیب دار مقدار سرعتی به مراتب بیشتر از اندازه خود نشان داده است.



(b)



(a)

شکل ۶. (a) مقطع برانبارش مدل اول. برای اعمال سرعت، تنها سرعت لایه اول در نظر گرفته شده بنابراین لایه افقی بخوبی برانبارش شده و لایه شیب دار بخوبی برانبارش نشده است. (b) مقطع برانبارش مدل اول. برای اعمال سرعت، تنها سرعت لایه دوم در نظر گرفته شده بنابراین لایه شیب دار بخوبی برانبارش شده و لایه افقی بخوبی برانبارش نشده است.

سپس برانبارش داده ها نمی توان لایه های افقی و شیب دار را به درستی بر انبارش کرد. لذا نیاز به مراحل پردازشی دیگری در مراحل متداول پردازشی می باشد. عملگر پردازشی برونراند شیب برای حل این مشکلات پردازشی پیشنهاد شده است که در اینجا مورد بررسی قرار می گیرد. همانطوری که در میحث قبل اشاره شد برای انجام عملگر پردازشی برونراند شیب راژن ابتدا باید داده ها در گروههای آزیموت یکسان قرار بگیرند و پس از آن داده ها را در گروه هایی با دورافت مشترک مرتب کنیم و پس از آن عملگر راژن را بر روی آن اعمال کنیم. با توجه به اینکه داده های مصنوعی با روش Split Spread برداشت شده بنابراین ابتدا داده ها را در دو گروه آزیموتی یکسان مرتب می کنیم. پس از آن داده ها را بر حسب دورافت مشترک مرتب کرده و مراحل بعدی را اجرا می کنیم. در این مرحله لازم است ابتدا تصحیح برونراند نرمال بر روی داده ها اعمال شود مقدار سرعت از تحلیل سرعت انجام شده استفاده می شود.

شکل ۹- (a) تحلیل سرعت داده هایی را نشان می دهد که با استفاده از نرم افزار ساخته شده تصحیح برونراند شیب بر روی آنها اعمال شده است. همانطوریکه دیده

می دهد. شکل ۸- (a) تحلیل سرعت این ساخت زیر سطحی را نشان می دهد. همانطوری که در این شکل دیده می شود لایه افقی مقدار سرعت ۱۷۰۰ متر بر ثانیه

اگر تصحیح برونراند نرمال بر روی این ساخت زیر سطحی با سرعت های واقعی که توسط نرم افزار برای لایه اول تهیه شده است اعمال شود. (در این حالت سرعت برانبارش برابر با  $V_{NMO} = V/\cos \alpha$  در نظر گرفته می شود) سپس برانبارش صورت گیرد لایه شیب دار بخوبی برانبارش شده ولی لایه افقی برانبارش خوبی از خود نشان نمی دهد. شکل ۶- (a) سرعت برانبارش ساخت زیر سطحی از تحلیل سرعت فقط از سرعت لایه اول استفاده شده است. بنابراین بازتابنده افقی بخوبی برانبارش شده و تصویر مطلوبی را نشان می دهد و در مقابل بازتابنده شیب دار بخوبی برانبارش نشده است. در شکل ۶- (b) سرعت برانبارش ساخت زیر سطحی در تحلیل سرعت فقط از سرعت لایه دوم استفاده شده است و در نتیجه بازتابنده شیب دار بخوبی برانبارش شده است و تصویر مطلوبی را نشان می دهد و در مقابل بازتابنده های افقی بخوبی برانبارش نشده و تصویر مطلوبی نشان نمی دهد. حساسیت مرحله برانبارش به دقت تحلیل سرعت در زمانهای اولیه مقطع نسبت به زمانهای پائین تر بیشتر می باشد. همانطوری که در بالا ذکر شده با انجام مراحل متداول تحلیل سرعت و تصحیح برونراند نرمال و

نرم افزار بر روی مدل زیر سطحی اول مورد بررسی قرار می گیرد.

در ابتدا گردآورد چشمه مشترک را به گردآورد نقطه میانی مشترک مرتب می کنیم، بعد از آن تصحیح برونراند نرمال را انجام می دهیم در صورت لزوم گردآورد آزیموت مشترک را انجام داده و بعد از آن گردآورد دور افت مشترک را تهیه می کنیم.

پس از آن داده ها را وارد نرم افزار می کنیم. ابتدا در نرم افزار برنامه ای نوشته می شود که نمونه های دارای دامنه مثبت را جمع آوری کرده و همچنین زمان این دامنه ها را ثبت می کند. سپس این زمانها با توجه به مکان ردلرزه وارد معادله بیضی برونراند شیب می شوند پس از آنکه نمونه ها و مکان ها وارد معادله شدند بیضی برونراند شیب تهیه شده و در این زمان تبدیل راژن را بر روی بیضی های موجود اعمال کرده و هذلولی هایی بدست می آوریم که محل تقاطع هذلولی ها را ثبت کرده که از روی آن زاویه و عرض از مبداء رخدادها بدست آمده که با استفاده از یک تبدیل راژن معکوس خطی با همان شیب و عرض از مبداء، که بیانگر افق مورد نظر ماست بدست می آید.

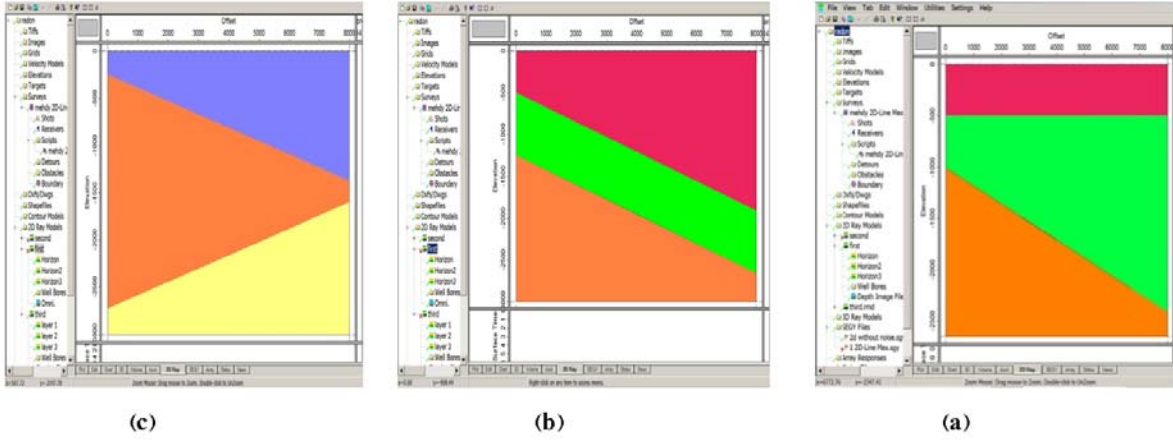
### مدل دوم دو لایه شیب دار با شیب مثبت

بعد از بررسی چگونگی عملکرد تصحیح برونراند شیب بر روی مدل اول در اینجا لازم است که توانایی عملگر پردازشی برونراند شیب با استفاده از تبدیل راژن بر روی بازتابنده های شیب دار به همین منظور مدل زیر سطحی دوم بصورتی طراحی شده است که دارای دو بازتابنده با شیب های ۱۰ درجه و ۱۵ درجه می باشد که در شکل ۷- (b) نشان داده شده است.

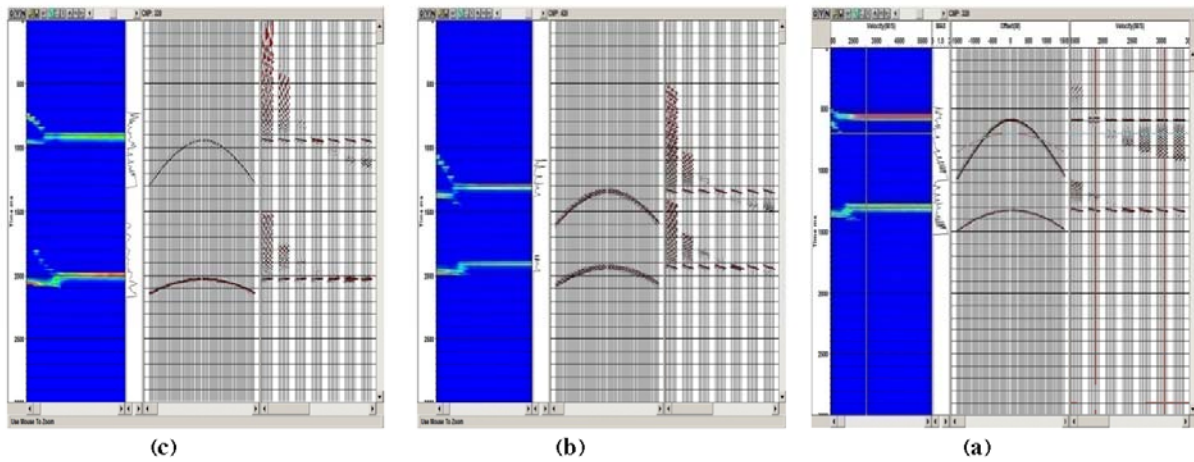
می شود سرعت بازتابنده شیب دار و افقی برجستگی سرعت مشخصی را نشان می دهد که به مدل واقعی نزدیک تر بوده که نشان از عملکرد خوب این نرم افزار بر روی داده ها می باشد. در شکل ۱۰- (a) مقطع بر انبارش شده ساخت زیر سطحی مدل اول در حالتیکه تصحیح برونراند شیب با استفاده از نرم افزار vista بر روی داده ها اعمال شده است را نشان می دهد و شکل ۱۰- (b) مقطع بر انبارش شده ساخت زیر سطحی مدل اول در حالتیکه تصحیح برونراند شیب با استفاده از نرم افزار نوشته شده بر روی داده ها اعمال شده است را نشان می دهد. سرعتهایی که برای تصحیح برونراند نرمال بکار رفته است برای هر دو شکل مطابق تحلیل سرعت های انجام شده یکسان می باشد. هر دو شکل بر انبارش خوبی را برای بازتابنده های افقی و شیب دار نشان می دهد با این تفاوت که دامنه ها در مدلی که تصحیح برونراند شیب توسط نرم افزار نوشته شده بر روی آن صورت گرفته است بسیار واضح تر بوده و همچنین در فرکانس رد لرزه ها تغییر چندانی صورت نگرفته است و این یکی از مزایای تصحیح برونراند شیب راژن می باشد. تنها یک سری نوفه خطی ضعیف در اطراف بازتاب کننده ها دیده می شود که این نوفه ها توسط یک لایه  $f-k$  مناسب از بین می روند.

### نرم افزار نوشته شده

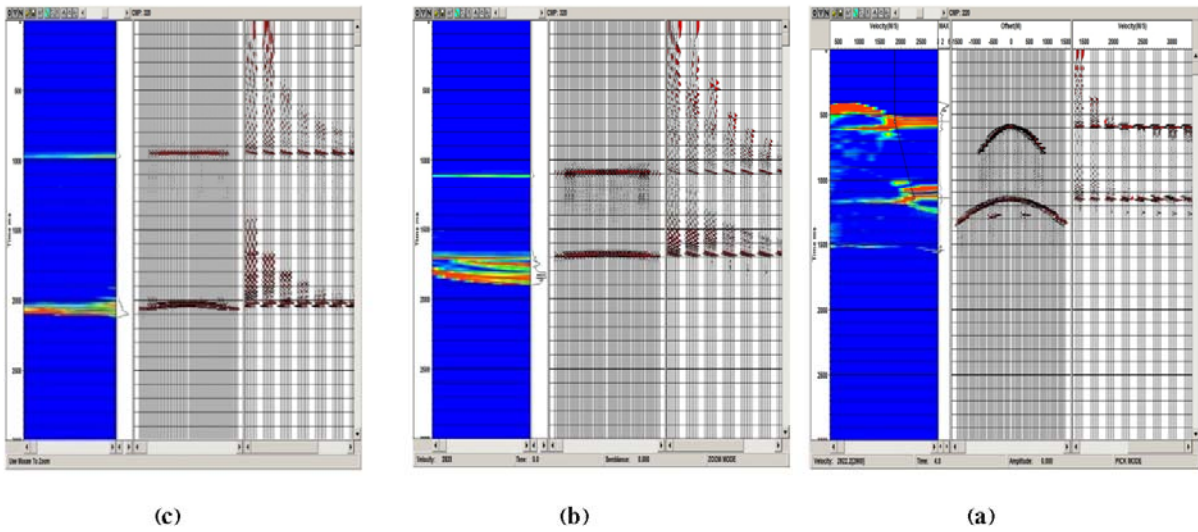
در این پایان نامه نرم افزاری با استفاده از تئوری برونراند شیب با استفاده از تبدیل راژن برای هنگامیکه سرعت بطور آهسته با عمق تغییر می کند و بر اساس مطالب ذکر شده در فصل سوم نوشته شده است. این نرم افزار با استفاده از نرم افزار برنامه نویسی Matlab نوشته شده است. لازم به ذکر است تمام مراحل پردازشی قبل و بعد از تصحیح برونراند شیب با استفاده از نرم افزار ویستا (vista) صورت گرفته است. حال چگونگی عملکرد این



شکل ۷. (a) مدل اول یک لایه افقی و یک لایه شیب دار. (b) مدل دوم دو لایه شیب دار با شیب مثبت. (c) مدل سوم دو لایه شیب دار با شیب متضاد.



شکل ۸. (a) تحلیل سرعت مدل اول. (b) تحلیل سرعت مدل دوم قبل از اعمال تصحیح برونراند شیب. تحلیل سرعت مدل سوم قبل از اعمال تصحیح برونراند شیب.



شکل ۹. (a) تحلیل سرعت مدل اول با اعمال عملگر پردازشی برونراند شیب. (b) تحلیل سرعت مدل دوم پس از اعمال تصحیح برونراند شیب. (c) تحلیل سرعت مدل سوم پس از اعمال تصحیح برونراند شیب.

عملگرها جهت برونراند شیب می باشد و با استناد به شکل ۹ و مقایسه مقطع برانبارش پس از برونراند شیب در می یابیم که دامنه ها تقویت شده و فرکانس نیز تقویت شده و یا فرکانس ها تقریباً در حالت اولیه خود باقی مانده است که این کار یکی از خواص اصلی تبدیل رادئ برای عملگر برونراند شیب بر روی داده های لرزه نگاری می باشد. تنها یک سری نوفه خطی در اطراف بازتابنده ها دیده می شود که با استفاده از یک لایه  $f-k$  از بین می رود.

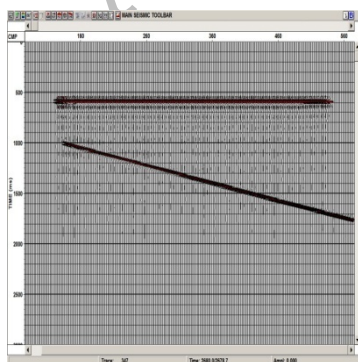
#### مدل سوم دو لایه شیب دار با شیب متضاد

بعد از بررسی چگونگی عملکرد تصحیح برونراند شیب بر روی دو مدل قبلی به بررسی چگونگی عملکرد آن بر روی مدل سوم پرداخته می شود. این مدل نیز همانند دو مدل قبلی از دو بازتابنده شیب دار با شیب ۱۰ درجه تشکیل شده است با این تفاوت که بازتابنده دوم دارای شیب منفی می باشد (شکل ۷-۷(c)). طراحی عملیات لرزه ای صورت گرفته همانند مدل های قبلی می باشد. موجک بکار رفته برای ساخت این مدل همانند مدل اول بوده و فرکانس نمونه برداری ۸ میلی ثانیه می باشد.

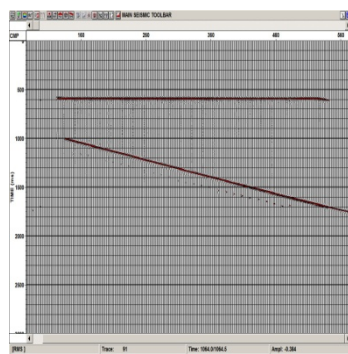
شکل ۸-۷(c) انجام تحلیل سرعت بر روی مدل چهارم در حالتیکه تصحیح برونراند شیب در مراحل پردازشی اعمال نشده را نشان می دهد. انتظار می رود با توجه به اینکه تصحیح برونراند شیب در مراحل پردازشی اعمال نشده است بازتابنده های شیب دار سرعت برانبارش بیشتر از مقدار واقعی را نشان می دهند.

سرعت های لرزه ای این ساخت زیر سطحی همانند مدل قبل که در جدول ۱ شرح داده شد می باشد و با توجه به این جدول با افزایش عمق لایه ها، چگالی لایه ها افزایش می یابد. طراحی عملیات لرزه ای برای این ساخت زیر سطحی بر اساس یک خط لرزه نگاری واقعی می باشد و هندسه آن همانند مدل اول در نظر گرفته شده است. برای انجام تحلیل سرعت ابتدا یک تحلیل سرعت قبل از اعمال تصحیح برونراند شیب انجام می دهیم و بعد برونراند شیب را اعمال کرده و تحلیل سرعت دیگری انجام می دهیم همانطوریکه از شکل ۸-۷(b) پیداست سرعت برانبارش بازتابنده های شیب دار وابسته به شیب بوده و هر چه شیب بیشتر باشد مقدار سرعت برانبارش آن نیز بیشتر می شود. با انجام تصحیح برونراند شیب بر روی این داده ها انتظار می رود که تمام بازتابنده ها سرعت برانبارش در نظر گرفته شده طبق مدل را از خود نشان دهند.

شکل ۹-۷(b) تحلیل سرعت بر روی این مدل را در حالتی که تصحیح برونراند شیب بر روی داده ها اعمال شده است را نشان می دهد. همانطوریکه دیده می شود سرعت برانبارش طبق ساخت زیر سطحی ساخته شده می باشد. بعد از انجام تحلیل سرعت داده ها آماده انجام مراحل بعدی یعنی تصحیح برونراند نرمال و برانبارش هستند. با توجه به شکل ۱۱-۷(b) می توان دریافت که برونراند شیب رادئ بصورت بسیار مطلوبی در نشان دادن شیب واقعی لایه ها موثر است و یکی از مناسب ترین



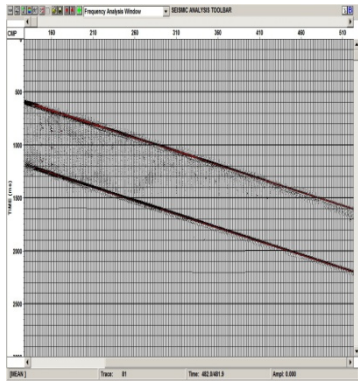
(b)



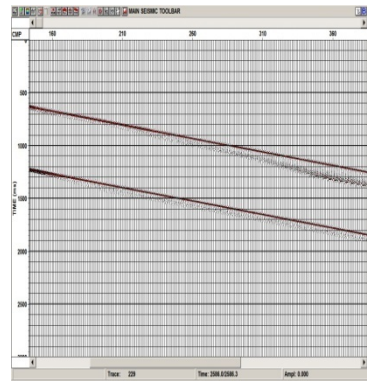
(a)

شکل ۱۰. (a) مقطع برانبارش شده مدل اول پس از تصحیح برونراند شیب با استفاده از نرم افزار vista. (b) مقطع برانبارش

شده مدل اول پس از تصحیح برونراند شیب با استفاده از نرم افزار نوشته شده.

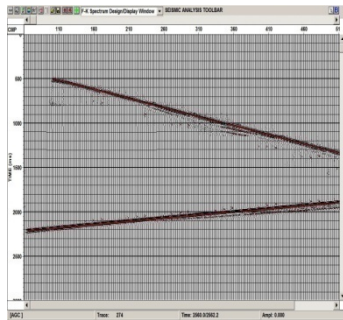


(b)

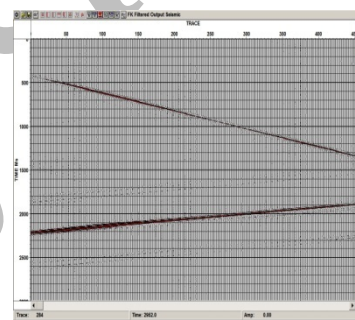


(a)

شکل ۱۱. (a) مقطع برانبارش شده مدل دوم پس از تصحیح برونراند شیب با استفاده از نرم افزار vista. (b) مقطع برانبارش شده مدل دوم پس از تصحیح برونراند شیب با استفاده از نرم افزار نوشته شده.



(b)



(a)

شکل ۱۲. (a) مقطع برانبارش شده مدل سوم پس از تصحیح برونراند شیب با استفاده از نرم افزار vista. (b) مقطع برانبارش شده مدل سوم پس از تصحیح برونراند شیب با استفاده از نرم افزار نوشته شده.

که دامنه ها به خوبی تقویت شده و همچنین نوفه ها به طرز مطلوبی کاهش پیدا کرده اند.

### نتیجه گیری

با توجه به مطالب بیان شده در فصلهای قبلی این پایان نامه می توان به نتایج زیر اشاره کرد.

۱. با بکار بردن تصحیح برونراند شیب (با استفاده از هر روشی) در نواحی دارای بازتابنده های شیب دار بازتابنده ها با سرعت مناسب تری نسبت به حالتیکه از این مرحله پردازشی استفاده نمی شود برانبارش شده و تصویر مطلوبتری را از بازتابنده ها نشان می دهد.

با انجام تصحیح برونراند شیب بر روی داده ها انتظار می رود هر دو بازتابنده سرعت برانبارش نزدیک به واقعیت را نشان دهند. این مساله در شکل ۹- (c) قابل مشاهده است. همانطوری که دیده می شود هر دو بازتابنده سرعت های نزدیک به واقعیت خود را نشان می دهند. در شکل ۱۲- (b) مقطع برانبارش مدل سوم در حالی که تصحیح برونراند شیب در مراحل پردازشی اعمال شده است را نشان می دهد همانطور که دیده می شود هر دو بازتابنده به خوبی برانبارش شده اند و در نتیجه تصویر مطلوبی را نشان می دهند لازم به ذکر است با توجه به اشکال بالا تصحیح برونراند شیب راژن نسبت به تصحیح برونراند نرم افزار ویستا دارای این مزیت است

ارشد ژئوفیزیک (گرایش لرزه شناسی) دانشگاه

آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

- Beylkin, G., 1987, Discrete Radon transform: IEEE Transactions on ASSP, **35**, No. 2, 162-172.
- Black, J. L., Schleicher, K. L., and Zhang, L., 1993, True-amplitude imaging and dipmoveout: Geophysics, **58**, 474-477.
- Deregowski, S.M., 1982, Dip moveout and reflector point dispersal: Geophys. Prosp., **30**, 318-322.
- Deregowski, S.M., and Rocca, F., 1981, Geometrical optics and wave theory of constant offset section in layered media: Geophys. Prosp., **29**, 374-406.
- Dregowski, S.M., 1986, What is DMO?: First Break, **4**, 7-24.
- Duranni, T. S., and Bisset, D., 1984, The Radon transform and its properties: Geophysics, **49**, 1180-1187.
- Gelfand, I.M., 1966, Generalized functions: Academic Press Inc.
- Hale, D., 1984, Dip-moveout by Fourier transform: Geophysics, **48**, 741-757.
- Hale, D., 1991, Nonaliased integral method for dip moveout: Geophysics, **56**, 795-805.
- Judson, D.R., Lin, J., Schultz, P.S., and Sherwood, J.W.C., 1978, Equalizing the stacking velocities of dipping events via Devilish: Presented at the 49th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys.
- Liner, C.L., and Cohen, J.K., 1988, An amplitude-preserving inverse of Hale's DMO: 58<sup>th</sup> Annual Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 1117-1120.
- Liner, C.L., 1991, General theory and comparative anatomy 595-607.
- Liner, C.L., 1999, Concept of normal and dip moveout: Geophysics, **64**, 1637-1647.

۲. تحلیل سرعت پس از اعمال تصحیح برونراند شیب بهبود یافته و در انتخاب سرعت مناسب به تحلیل گر کمک می کند.

۳. پس از اعمال تصحیح برونراند شیب سرعت لرزه ای بدست آمده در مرحله تحلیل سرعت به شیب بازتابنده ها بستگی نداشته و به سرعت واقعی محیط نزدیک می شود.

۴. پیوستگی و کیفیت بازتابنده ها در مقاطع برابراشی که تصحیح برونراند شیب جز مراحل پردازشی بوده بهبود می یابد.

۵. تصحیح برونراند شیب به عنوان یک پالاینده عمل کرده و باعث تضعیف نوفه های خطی در مقاطع برابراش می شود.

۶. با تصحیح برونراند شیب رادون نوفه های خطی موجود در مقاطع لرزه ای به مقدار زیادی تضعیف می شود.

۷. با توجه به نتایج بدست آمده یکی از خواص بسیار خوب تصحیح برونراند شیب رادون این است که پس از اعمال این پالایه دامنه رخدادها به طرز چشمگیری تقویت شده و نوفه ها تضعیف می شود. این خاصیت در مورد فرکانس داده ها نیز صادق می باشد.

۸. از دیگر خواص تصحیح برونراند شیب رادون این است که با توجه به نوع نمونه برداری آن، برای داده هایی که به صورت نامنظم نمونه برداری شده اند بسیار مناسب می باشد.

## تشکر و قدردانی

از آقایان دکتر Victor Masaka و مهندس امیر احمد علیزاده به خاطر همکاری صمیمانه و ارائه نکات فنی و آموزنده صمیمانه سپاسگذاری می شود.

## منابع

- قاسم زاده دیوا، م.، ۱۳۸۷، تصحیح برونراند شیب با استفاده از تبدیل راڈن، پایان نامه کارشناسی



- Lumley, D.E., and Claerbout, J.F., 1994, Anti-aliased Kirchhoff 3-D migration: Presented at the 64th Ann. Internet. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 1282-1285.
- Robinson, E. A., 1982, Spectral approach to geophysical inversion by Lorentz, Fourier and Radon transforms: Proc. IEEE, **70**, 1039-1053.
- Russell, B., and Hampson, D., and Chun, J., 1990, Noise elimination and the Radon transform: The Leading Edge, **9**, 18-23.
- Wang, C., 1995, Dip moveout in the Radon domain: 65th Annual Internet. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstract, 1441-1444.
- Wang, C., 1996, Radon DMO amplitude and frequency preservation: 66th Ann. Internet. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 1479-1482.
- Wang, C., 1999, Dip moveout in the Radon domain: Geophysics, **49**, 278-288.
- Yilmaz, O., and Claerbout, J. F., 1980, Prestack partial migration: Geophysics, **45**, 1753-1779.
- Yilmaz, O., 2001, Seismic Data Analysis, 2nd Volume, Published by Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, OK.

Archive of SID