





دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه نفت و ژئوفیزیک

عنوان پایان نامه ارشد

بررسی روش‌های تصویرسازی با معادلات هذلولوی و سهموی در روش -

های سطح بازتاب مشترک و سطح پراش مشترک

دانشجو:

مرتضی رحمانی

اساتید راهنما:

دکتر مهرداد سلیمانی منفرد

دکتر ایرج پیروز

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

خرداد ۱۳۹۳

شماره: ۲۰۶۹۳۱۳۲۸
تاریخ: ۹۳/۳/۵
ویرایش:

بسمه تعالی



فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای مرتضی رحمانی رشته ژئوفیزیک گرایش لرزه‌شناسی
تحت عنوان: بررسی روش‌های تصویرسازی با معادلات هذلولوی و سهموی در روش‌های سطح بازتاب مشترک و سطح پراش مشترک
که در تاریخ ۱۳۹۳/۳/۱۲ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است:

قبول (با درجه: ۶۰) امتیاز (۱۹,۲۵) دفاع مجدد مردود

۲- بسیار خوب (۱۸ - ۱۸/۹۹)

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۴- قابل قبول (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۳- خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر مهرداد سلیمانی	استادیار	
۲- استاد راهنما	دکتر ایرج پیروز	استادیار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر علی نجاتی	استادیار	
۴- استاد ممتحن	دکتر امین روشندل کاهو	استادیار	
۵- استاد ممتحن	دکتر علی مرادزاده	استاد	



تقدیم بہ

پدرو مادر مہربان و فداکارم

ہر چند قابل تقدیم نیست

مکرم و قدر دانی

از زحمات استاد ارجمند جناب دکتر مراد سلیمانی که در تمام مراحل این تحقیق و سوزنازه مریاری رساننده اندک مکرم را دارم و همچنین از اساتیدم در دوره‌ی کارشناسی ارشد آقای دکتر روشندل و آقای

دکتر کاکار روحانی مکالم مکرم و سپاس گذاری را دارم.

تعهد نامه

اینجانب مرتضی رحمانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی روش های تصویرسازی با معادلات هذلولوی و سهموی در روش های سطح بازتاب مشترک و سطح پراش مشترک تحت راهنمایی دکتر مهرداد سلیمانی و دکتر ایرج پیروز متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

امضای دانشجو

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

از مراحل مهم در اکتشاف مخازن هیدروکربونی، تهیه تصویر لرزه‌ای از ساختارهای زیرسطحی است. در اغلب موارد، مخازن هیدروکربونی در ساختارهای پیچیده زمین‌شناسی قرار گرفته‌اند که تصویرسازی این ساختارها با روش‌های متداول دشوار و گاهی غیر ممکن است. از روش‌های نوین تصویرسازی، روش‌های برانبارش صفحه‌ای است. روش سطح بازتاب مشترک با برانبارش صفحه‌ای، مقاطع با نسبت سیگنال به نوفه‌ی بالا تولید کرده که پیوستگی رخدادها در مقاطع حاصل از این روش مطلوبتر می‌باشد با این حال این روش در نواحی با ساختار پیچیده مانند؛ ساختمان دارای یال‌های پرشیب، نواحی تراستی، مناطق دارای گنبد‌های نمکی با هندسه پیچیده و ساختارهای با شیب متداخل، دارای ضعف‌هایی می‌باشد. روش سطح پراش مشترک که به عنوان توسعه‌ای از روش سطح بازتاب مشترک شناخته می‌شود، علاوه بر برانبارش صفحه‌ای، بر پایه‌ی آشکارسازی پراش‌ها عمل می‌کند که منجر به تصویرسازی بهتر ساختارهای پیچیده می‌شود. در این تحقیق دو داده‌ی لرزه‌ای یکی مصنوعی و دیگری واقعی که دارای ساختاری پیچیده هستند در نظر گرفته شده است. روش‌های برانبارش CRS، CDS عملگر سهموی، CDS عملگر هذلولوی و FO-CDS بر هر دو داده اعمال گردید.

رخداد‌های حاصل از روش سطح بازتاب مشترک پیوستگی مطلوبتری داشته اما امتداد رخداد‌های با شیب متداخل در روش سطح پراش مشترک بهتر نمایش داده شده است. به دلیل عدم انطباق کافی عملگر سهموی بر رخداد‌های لرزه‌ای، امتداد رخداد‌های حاصل از عملگر سهموی بسیار ضعیف نمایش داده می‌شوند. در داده‌ی مصنوعی امتداد رخداد‌های حاصل از روش FO-CDS نسبت به سایر روش‌ها بهتر آشکار شد که نشان دهنده اثرپذیری کمتر این روش از نوفه‌های زمینه است.

واژه‌های کلیدی: سطح پراش مشترک، سطح بازتاب مشترک، برانبارش صفحه‌ای، پراش.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- ۱- بررسی میزان انطباق عملگر صفحه‌ایی برانبارش در دو معادله سهمی و هذلولی بر رخدادهای لرزه‌ایی در روش سطح پراش مشترک، اولین کنفرانس ملی مهندسی اکتشاف منابع زیرزمینی ۱۳۹۲.
- ۲- مقایسه افزایش کیفیت مقاطع لرزه‌ایی به روش‌های برانبارش سطح پراش مشترک مبتنی بر مدل و سطح بازتاب مشترک ، اولین کنفرانس ملی مهندسی اکتشاف منابع زیرزمینی ۱۳۹۲.
- ۳- مقایسه‌ی مقاطع کوچ گوسی با مدل‌های سرعت متفاوت، سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۱۳۹۲.
- ۴- بررسی قابلیت تصویر سازی CRS و CDS در ساختارهای پیچیده، شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران ۱۳۹۳.
- ۵- بهبود تصویرسازی ساختارهای پیچیده با استفاده از روش سطح پراش مشترک، مجله‌ی اکتشاف و تولید، در نوبت چاپ.

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
تشکر و قدردانی.....	ه
تعهد نامه.....	و
چکیده.....	ز
لیست مقالات مستخرج از پایان نامه.....	ح
فهرست مطالب.....	ط
فهرست شکل ها.....	ل
فهرست جداول.....	ع
فهرست علائم و اختصارات.....	ف
۱ فصل اول: کلیات.....	۱
۱-۱ پیش گفتار.....	۲
۲-۱ برداشت داده‌های لرزه‌ای.....	۳
۳-۱ پردازش داده‌های لرزه‌ای.....	۵
۱-۳-۱ روش پردازشی متداول.....	۵
۲-۳-۱ روش‌های نوین برانبارش صفحه‌ای.....	۶
۴-۱ تفسیر داده‌های لرزه‌ای.....	۹
۵-۱ ساختار پایان نامه.....	۹
۲ فصل دوم: سطح بازتاب مشترک.....	۱۱
۱-۲ مقدمه.....	۱۲
۲-۲ مفهوم برانبارش CMP.....	۱۳
۳-۲ خط سیر CRP.....	۱۸
۴-۲ روش برانبارش سطح بازتاب مشترک.....	۱۹
۱-۴-۲ معرفی نشانگرهای جنبشی.....	۲۰
۲-۴-۲ عملگر برانبارش سطح بازتاب مشترک.....	۲۳

۲۵	..... تعیین پارامترها ۳-۴-۲
۳۲	..... ۵-۲ برخی از کاربردهای نشانگرهای جنبشی
۳۳	..... ۱-۵-۲ معکوس سازی توموگرافی و بدست آوردن مدل سرعت
۳۳	..... ۲-۵-۲ تصویر زون فرسندل
۳۵	..... فصل سوم: سطح پراش مشترک
۳۶	..... ۱-۳ مقدمه
۳۹	..... ۲-۳ روش تعمیم یافته‌ی CRS
۴۲	..... ۳-۳ روش برانبارش CDS مبتنی بر داده
۴۲	..... ۱-۳-۳ عملگر برانبارش CDS
۴۴	..... ۲-۳-۳ تعیین پارامتر
۴۵	..... ۴-۳ روش برانبارش CDS مبتنی بر مدل
۴۶	..... ۵-۳ روش برانبارش CDS با دورافت محدود
۴۸	..... ۱-۵-۳ عملگر برانبارش FO-CDS
۵۰	..... ۶-۳ عملگر زمانسیر غیر هذلولوی
۵۳	..... فصل چهارم: بررسی کارایی عملگر سهموی بر داده‌ی مصنوعی و واقعی
۵۴	..... ۱-۴ مقدمه
۵۴	..... ۲-۴ داده مصنوعی:
۶۲	..... ۳-۴ داده واقعی:
۶۵	..... ۱-۳-۴ برانبارش به روش CRS
۷۱	..... ۲-۳-۴ برانبارش به روش CDS
۷۴	..... ۳-۳-۴ برانبارش به روش FO-CDS
۷۷	..... ۴-۳-۴ تهیه‌ی مدل سرعت
۸۱	..... ۵-۳-۴ اعمال کوچ
۸۸	..... ۶-۳-۴ اعمال کوچ پیش از برانبارش
۸۹	..... فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۹۰	..... ۱-۵ نتیجه‌گیری

۹۲ ۲-۵ پیشنهادات

۹۳ منابع:

فهرست شکل‌ها

- عنوان
شماره صفحه
- شکل ۱-۱: نمونه‌ای از یک مقطع لرزه‌ای (بایکولوف، ۲۰۰۹). ۳
- شکل ۲-۱: نمونه‌ای از یک چشمه‌ی لرزه‌ای، و بیراتورها معمولاً به صورت گروهی عمل می‌کنند (مرجع اینترنت). ۴
- شکل ۳-۱: مبنای تئوری پرتو در روشه‌ای مختلف MF (گلچینسکی و همکاران، ۱۹۹۹). ۷
- شکل ۱-۲: دو هذلولی با زمان دورافت صفر یکسان و با سرعت متفاوت، حاصل رابطه (۱-۲) هستند (هوشت همکاران، ۱۹۹۹). ۱۴
- شکل ۲-۲: هندسه بازتاب لرزه‌ای. شکل‌های (الف و ج) نشان دهنده برداشت چشمه مشترک و شکل-های (ب و د) نشان دهنده برداشت نقطه میانی مشترک CMP هستند. در مدل با لایه بندی افقی و همگن تمامی پرتوها در یک دسته CMP از یک نقطه‌ی عمقی مشترک بازتاب می‌شوند؛ اما در مدلی با لایه‌ی شیبدار، بازتاب‌ها در یک دسته CMP از نقاط متفاوتی از لایه بازتابنده هستند (بایکولوف، ۲۰۰۹). ۱۵
- شکل ۳-۲: نمای شماتیک برانبارش نقطه میانی مشترک. الگوریتم آنالیز سرعت برانبارش برای تعیین هذلولی که بهترین تطابق را با رخدادهای بازتابی دارد که بطور نمونه بر دسته‌های برداشت نقطه میانی مشترک منتخب اعمال شده است. سپس تصحیح برونراند نرمال بر لرزه نگاشت اعمال و رخدادهای بازتابی به خط شده و با جمع بستن ردلرزه‌ها، یک ردلرزه برانبارش شده ایجاد می‌شود که باعث تقویت سیگنال و تضعیف نوفه شده است (بایکولوف، ۲۰۰۹). ۱۷
- شکل ۴-۲: مدل با سرعت ثابت و دو منحنی زمان سیر هم دورافت در فضای (x_m, h, t) (هوشت و همکاران، ۱۹۹۹). ۱۸
- شکل ۵-۲: نشانگرهای جنبشی در یک مدل همگن ۳ لایه (من، ۲۰۰۲) (با اعمال تغییرات). ۲۱
- شکل ۶-۲: مدل ۴ لایه‌ای همگن، پرتوهای بالا رونده و پایین رونده که شرایط آزمایش NIP را ارضا می‌کنند (یگر، ۱۹۹۹). ۲۲
- شکل ۷-۲: مدل ۴ لایه‌ای همگن، تمام پرتوها بر سطح بازتابنده عمودند که از شرایط آزمایش موج نرمال است (یگر، ۱۹۹۹). ۲۳
- شکل ۸-۲: خط سبز پررنگ عملگر برانبارش برای یک CRP است و سایر خطوط سبز رنگ نمایانگر عملگر برانبارش برای سطح بازتاب مشترک است (یگر، ۱۹۹۹) (با اعمال تغییرات). ۲۴
- شکل ۹-۲: نمودار درختی راهکار جستجوی عملی. مراحل پردازش نشان داده شده، باید برای هر نمونه ZO که می‌خواهد شبیه‌سازی شود، انجام گردند. همه ردلرزه‌ها در بازه مکانی CRS به عنوان

آبر برداشت‌های CRS مشخص شده‌اند (مَن، ۲۰۰۲). ۲۷

شکل ۲-۱۰: آزمایش عملگرهای برانبارش متفاوت در گام برانبارش خودکار CMP برای زمان سیر $t_0=2s$ در دورافت صفر. بزرگ‌ترین سرعت برانبارش آزمایش شده برابر 4500 m/s و کمترین آن 1500 m/s (منحنی‌های ضخیم). لازم به ذکر است که این جستجو برای مقادیر مربع سرعت انجام می‌گیرد. به منظور تشخیص بهتر، خطوط با فاصله بیشتری از یکدیگر نشان داده شده‌اند (مَن، ۲۰۰۲) (با اعمال تغییرات). ۲۸

شکل ۲-۱۱: عملگرهای برانبارش هذلولوی در مقطع دورافت صفر برای یک نمونه ZO در $t=2s$ و زاویه ورود 20° درجه. به منظور حصول اطمینان از پیدا کردن عملگر مورد نظر در محدوده جستجو، هذلولی‌های آبی به مرز چپ بازه و هذلولی‌های سبز رنگ به سمت مرز راست بازه اضافه شده‌اند. خطوط بنفش با شیب $\pm 1/v_0$ محدوده‌هایی که بازتاب‌های واقعی در آن قرار می‌گیرند را مشخص می‌کند. خط قرمز نشان دهنده جبهه موج صفحه‌ای با زاویه ورود مذکور است، (مَن، ۲۰۰۲) (با اعمال تغییرات). ۳۰

شکل ۳-۱: هم‌دوسی به عنوان تابعی از زاویه ورودی α که در راستای یک عملگر خطی در مقطع برانبارش شده CMP، برای یک نمونه ZO منتخب، محاسبه شده است. سه مقدار بیشینه واضح مربوط به دو پراش در زوایای 30° ، 25° و 12° در شکل دیده می‌شوند (مَن، ۲۰۰۲). ۴۰

شکل ۳-۲: نمودار ساده شده استراتژی جستجوی تعمیم یافته. مراحل پردازش نشان داده شده، باید برای هر نمونه ZO که می‌خواهد شبیه سازی شود، انجام گردند. همه دلرزه‌ها در بازه مکانی CRS به عنوان آبر برداشت‌های CRS مشخص شده‌اند (مَن، ۲۰۰۲). ۴۱

شکل ۳-۳: شعاع موج N و شعاع موج NIP با یکدیگر برابر و به آن RCDS گفته می‌شود. ۴۳

شکل ۳-۴: دو عملگر برانبارش CRS و CDS برای نقطه‌ی مرکزی R نشان داده شده است. عملگر برانبارش CDS شامل تمام زوایای ممکن است (سلیمانی، ۱۳۸۸). ۴۴

شکل ۳-۵: مراحل بدست آوردن مقطع لرزه‌ای به کمک روش CDS (سلیمانی، ۱۳۸۸) (اصلاح شده). ۴۵

شکل ۳-۶: مراحل بدست آوردن دو مقطع با دو روش مهاجرت قبل از برانبارش و مهاجرت بعد از برانبارش به کمک روش MB-CDS. ۴۶

شکل ۳-۷: سطح برانبارش CRS با دورافت محدود. منحنی‌های قرمز رنگ که منطبق بر سطح برانبارش CRS (سطح سبز رنگ) است، نشان دهنده سطح برانبارش CRS با دورافت محدود است. برانبارش دامنه‌ها در محدوده قرمز رنگ صورت می‌گیرد (بایکولوف ۲۰۰۹). ۴۷

شکل ۳-۸: سطح برانبارش CDS با دورافت محدود. سطح زرد رنگ نشان دهنده سطح برانبارش با دورافت محدود است که بر سطح برانبارش CDS منطبق است. این سطح برای هر نمونه (P_0) در مختصات نقطه میانی-زمان در هر بازه دورافت دلخواهی قابل محاسبه است و برانبارش دامنه‌ها

- تنها در این محدوده انجام می‌شود (بالارستاقی، ۱۳۹۱). ۴۸
- شکل ۳-۹: نمودار مرحله‌وار روش FO-CDS ۴۹
- شکل ۴-۱: توده پرسرعت با رنگ قرمز نشان داده شده است. ۵۶
- شکل ۴-۲: مقطع برانبارش CMP ۵۸
- شکل ۴-۳: مقطع برانبارش CRS، کادر سیاه رنگ جهت پردازش انتخاب شده است. ۵۸
- شکل ۴-۴: میزان فولد در مقطع برانبارش CMP ۵۹
- شکل ۴-۵: میزان فولد در مقطع برانبارش CRS ۵۹
- شکل ۴-۶: مقطع حاصل از روش‌های الف) CRS ب) CRS تعمیم یافته. ۶۰
- شکل ۴-۷: مقاطع حاصل از روش CDS با روابط الف) سهموی و ب) هذلولوی. ۶۱
- شکل ۴-۸: مقاطع حاصل از روش‌های الف) CDS و ب) FO-CDS، در روش FO-CDS امتداد پراش-ها بهتر آشکار شده است. ۶۲
- شکل ۴-۹: توپوگرافی ایستگاههای گیرنده. ۶۳
- شکل ۴-۱۰: شمای کلی در هر برداشت چشمه مشترک. ۶۳
- شکل ۴-۱۱: نحوه‌ی چینش ژئوفون‌ها در هر ایستگاه گیرنده. ۶۴
- شکل ۴-۱۲: آرایه‌ی چشمه از ۴ ارتعاشگر به فاصله‌ی ۱۲ متر تشکیل شده است. ۶۴
- شکل ۴-۱۳: یک برداشت چشمه مشترک مربوط به ساختار پیچیده قبل از حذف نوفه. ۶۵
- شکل ۴-۱۴: یک برداشت چشمه مشترک مربوط به ساختار پیچیده بعد از حذف نوفه. ۶۵
- شکل ۴-۱۵: مقطع برانبارش خودکار CMP مربوط به ساختار پیچیده. ۶۷
- شکل ۴-۱۶: تعداد ردلرزه‌های دخیل در برانبارش خودکار CMP ۶۸
- شکل ۴-۱۷: تعداد ردلرزه‌های دخیل در برانبارش CRS ۶۸
- شکل ۴-۱۸: مقطع برانبارش حاصل از روش CRS پس از بهینه‌سازی. ۷۰
- شکل ۴-۱۹: مقطع برانبارش حاصل از عملگر سهموی در روش CDS ۷۲
- شکل ۴-۲۰: مقطع برانبارش حاصل از عملگر هذلولوی در روش CDS ۷۳
- شکل ۴-۲۱: مقطع برانبارش حاصل از روش FOCDS با حداقل بازه CMP، ۱۲۵۰ متر. ۷۵
- شکل ۴-۲۲: مقطع برانبارش حاصل از روش FOCDS با حداکثر بازه ZO ۲۵۰۰ متر. ۷۶
- شکل ۴-۲۳: مدل سرعت مربوط به داده‌ی واقعی که با استفاده از روش توموگرافی نقطه فرود موج نرمال بدست آمده است. ۷۹
- شکل ۴-۲۴: مدل سرعت مربوط به داده‌ی واقعی که با استفاده از رابطه چند جمله‌ای بدست آمده است. ۷۹
- شکل ۴-۲۵: مدل سرعت مربوط به داده‌ی واقعی که با استفاده از رابطه کیارلی بدست آمده است. ۸۰
- شکل ۴-۲۶: مدل سرعت مربوط به داده‌ی واقعی که با استفاده از رابطه فاوست بدست آمده است. ۸۰
- شکل ۴-۲۷: نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقطع برانبارش حاصل از روش CRS ۸۲

- شکل ۴-۲۸: نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقطع برانبارش حاصل از روش CDS با عملگر سهموی. ۸۳
- شکل ۴-۲۹: نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقطع برانبارش حاصل از روش CDS با عملگر هذلولوی. ۸۴
- شکل ۴-۳۰: نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقطع برانبارش حاصل از روش FOCDS با حداقل بازه CMP ۱۲۵۰ متر. ۸۵
- شکل ۴-۳۱: نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقطع برانبارش حاصل از روش FOCDS با حداکثر بازه ZO ۲۵۰۰ متر. ۸۶
- شکل ۴-۳۲: بخش مربوط به صفحه‌ی گسل حاصل از روش‌های الف) CRS، ب) CDS عملگر سهموی، ج) عملگر هذلولوی CDS، د) FOCDS با حداقل بازه CMP ۱۲۵۰ متر و ه) FOCDS با بازه ZO ۲۵۰۰ متر به صورت مجزا نمایش داده شده است. ۸۷
- شکل ۴-۳۳: مقطع حاصل از کوچ زمانی پیش از برانبارش. ۸۸

فهرست جداول

عنوان	شماره صفحه
جدول ۴-۱: پارامترهای داده مصنوعی Sigsbee 2A	۵۵
جدول ۴-۲: پارامترهای مورد استفاده در پردازش به روش CRS	۵۶
جدول ۴-۳: پارامترهای هندسه برداشت داده، مربوط به داده واقعی	۶۴
جدول ۴-۴: پارامترهای استفاده شده در روش CRS برای پردازش داده با ساختار پیچیده	۶۶
جدول ۴-۵: پارامترهای پردازش به روش CDS و FO-CDS	۷۱

فهرست علائم و اختصارات

AGC: Automatic Gain Control.

CDP: Common Depth Point.

CDS: Common Diffraction Surface.

CMP: Common-Mid-Point.

CRP: Common Reflection Point.

CRS: Common Reflection Surface.

DMO: Dip Move-Out.

FOCDS: Finite Offset Common Diffraction Surface.

MO-CDS: Model based Common Diffraction Surface.

NIP: Normal Incidence Point.

NMO: Normal Move-Out.

PSTM: Pre-Stack Time Migration.

PFZ: Projected Fresnel zone.

SNR: Signal to Noise ratio.

ZO: Zero Offset.

کلیات

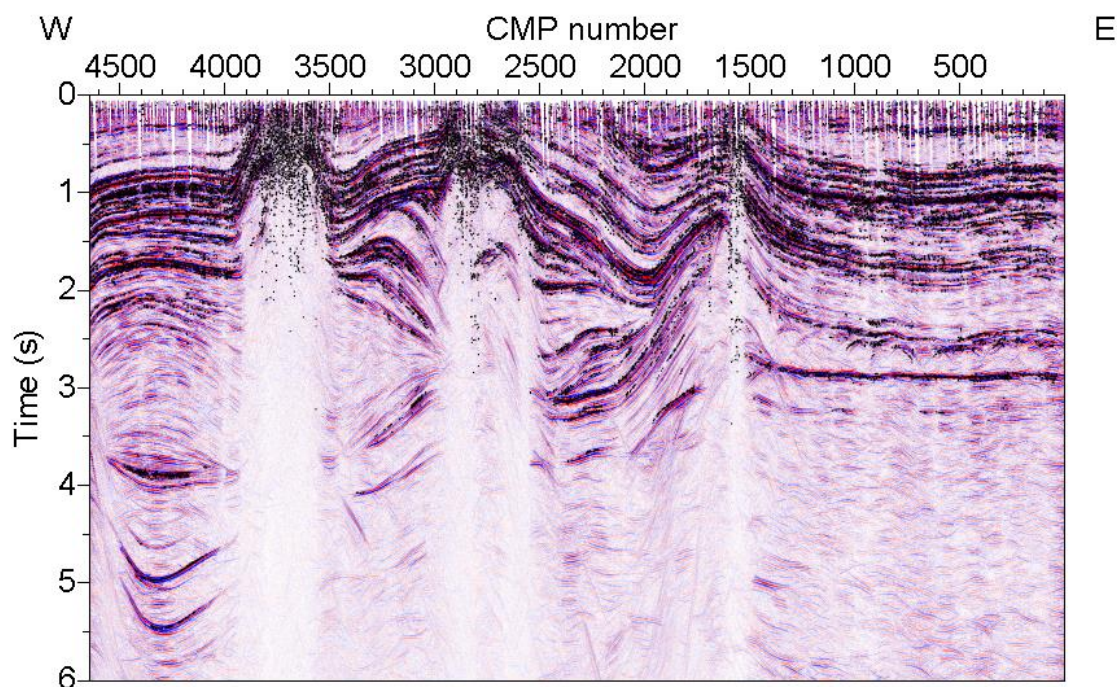
فصل اول:

کلیات

۱-۱ پیش گفتار

چند دهه از آغاز استفاده از روش لرزه‌نگاری می‌گذرد و می‌توان سه دهه اخیر را اوج تلاش‌ها و مطالعات گسترده صورت گرفته برای بهبود کارایی روش مذکور در نمایش هر چه بهتر و دقیق‌تر تصاویر ساختارهای پیچیده زمین‌شناسی دانست، که در این راه استفاده از امکانات محاسباتی بالا و تحقیقات روز افزون را می‌توان بخشی از این تلاش‌ها دانست. هدف نهایی از برداشت داده‌های لرزه‌ای و انجام مراحل پردازش بر روی این داده‌ها، به دست آوردن تصاویر هر چه دقیق‌تر و واقعی‌تر از زیر سطح زمین می‌باشد که در دو حوزه زمان و عمق تحویل مفسر می‌شوند. علاوه بر این سعی می‌گردد تا در کنار تهیه تصاویر از زیر سطح زمین (شکل ۱-۱)، اطلاعات حاصل از وارون‌سازی دامنه‌ها بر حسب دورافت (AVO)^۱، نشانگرهای لرزه‌ای و مقاطع امپدانس صوتی را نیز فراهم کرد.

^۱- Amplitude versus offset



شکل ۱-۱: نمونه‌ای از یک مقطع لرزه‌ای (بایکلوف، ۲۰۰۹).

در ادامه از تمامی این داده‌ها در کنار داده‌های پتروفیزیکی حاصل از چاه‌نگاری، برای تفسیر زمین‌شناسی و تصمیم‌گیری در مورد محل حفاری چاه‌ها، وضعیت مخزن و مطالعاتی از این قبیل استفاده می‌شود. بنابراین با روشن شدن اهمیت تصویرسازی لرزه‌ای زیر سطحی در ابتدای بخش بالادستی صنعت نفت، لزوم به دست آوردن تصاویر عمقی یا زمانی با کیفیت هر چه بیشتر و با نسبت سیگنال به نوفه بالاتر و همچنین از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر، آشکار گردید.

لرزه‌نگاری را می‌توان به ۳ مرحله‌ی برداشت، پردازش و تفسیر داده‌های لرزه‌ای تقسیم کرد. در ادامه فصل هر ۳ مرحله مختصراً شرح داده خواهد شد.

۱-۲ برداشت داده‌های لرزه‌ای

در لرزه‌نگاری دو بعدی که با هدف ارائه شمای کلی از ساختارهای زیرزمینی انجام می‌شود، برداشت داده‌ها بر روی خطوط لرزه‌نگاری و در نقاط با فواصل نسبتاً زیاد انجام می‌شود، در حالی که در لرزه‌نگاری سه بعدی این خطوط و نقاط از تراکم بیشتری برخوردار بوده که پس از پردازش داده‌ها امکان تهیه تصاویر سه بعدی از افق‌های زیر سطحی را فراهم می‌نماید.

داده‌های لرزه‌نگاری بازتابی در محیط‌های مختلف مانند خشکی، نواحی گذار^۱ و در محیط‌های دریایی کم‌عمق تا آب‌های بسیار عمیق و با هندسه^۲ (اشکال) مختلف برداشت می‌شوند. تجهیزات لرزه‌نگاری به کار گرفته شده در این مناطق، محدوده وسیعی از دستگاه‌ها و ابزار را شامل می‌شوند که اجازه مطالعه زیر سطح زمین را از نزدیک سطح تا عمق چند کیلومتری، میسر می‌سازند. در برداشت‌های بزرگ مقیاس در خشکی، امواج لرزه‌ای معمولاً به وسیله مواد انفجاری و یا ویبراتورها^۳ های هیدرولیکی (شکل ۲-۱) به وجود می‌آیند.



شکل ۲-۱: نمونه‌ای از یک چشمه‌ی لرزه‌ای، ویبراتورها معمولاً به صورت گروهی عمل می‌کنند (مرجع اینترنت).

میدان موج بازتاب شده، توسط گیرنده‌ها (ژئوفون‌ها)^۴ به عنوان تابعی از زمان، پس از گسیل انرژی لرزه‌ای از چشمه ثبت می‌گردد. گیرنده‌ها دارای انواع یک یا سه مؤلفه‌ای هستند. اغلب در برداشت‌های درون چاهی از گیرنده‌های سه مؤلفه‌ای و در برداشت‌های سطحی از گیرنده‌های تک مؤلفه‌ای استفاده می‌شود. در طراحی برداشت‌های لرزه‌ای معمول، میدان موجی که توسط یک چشمه ایجاد می‌شود به وسیله تعداد زیادی ایستگاه گیرنده، ثبت می‌شود. هر ایستگاه (آرایه‌ی گیرنده) شامل تعداد مشخصی

1- Transition zones

2- Geometry

3- Vibrator

4- Geophones

گیرنده است که با چینش‌های مختلف با توجه به طراحی برداشت در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. خروجی مرحله‌ی برداشت تعداد بسیار زیادی ردلرزه^۱ است که در قالبی استاندارد به بخش پردازش تحویل داده می‌شود.

۳-۱ پردازش داده‌های لرزه‌ای

از آنجایی که پردازش داده‌های لرزه‌ای یک مرحله اساسی میان مرحله برداشت و تفسیر داده‌ها است از این‌رو نیازمند دقت و سرعت بالا می‌باشد. با توجه به حجم بالای داده‌ی خروجی مرحله‌ی برداشت، مراکز پردازشی مجهز به رایانه‌های با قدرت پردازش بالا هستند. این مرحله شامل چندین زیر مرحله است که تقریباً بصورت متوالی به یکدیگر مربوط‌اند. به دلیل اهمیت بالای مراحل پردازش هر ساله تحقیقات فراوانی در این زمینه صورت می‌گیرد. در ادامه ابتدا پردازش به روش متداول شرح داده می‌شود سپس روش پردازشی برانبارش صفحه‌ای بیان می‌شود.

۱-۳-۱ روش پردازشی متداول

اهمیت این بخش به حدی است که تفسیر اطلاعات لرزه‌نگاری برداشت شده بدون آن غیرممکن است. هدف اصلی پردازش، جداسازی سیگنال دریافت شده از زمین و نوفه‌های دیگر است که بطور ناخواسته وارد سیستم‌های ثبت داده‌های لرزه‌نگاری می‌شوند.

تقویت این سیگنال خود نیازمند آنالیزهای ریاضی پیچیده‌ای است که امروزه تماماً توسط رایانه‌های پیشرفته انجام می‌پذیرد. امروزه فرآیند پردازش تا حدی به تفسیر لرزه‌نگاری نزدیک شده و در آن آمیخته شده است که به جرات نمی‌توان مرز مشخصی بین تعبیر و تفسیر و پردازش معین کرد. بطور کلی پردازش اطلاعات لرزه‌ای شامل چندین مرحله اساسی و بخش‌های فرعی است که به اختصار عبارت‌انداز:

^۱ -trace

- ویرایش، اصلاح و انتقال اطلاعات نقشه برداری روی اطلاعات لرزه‌نگاری
- تصحیح و جبران افت دامنه
- حذف نوفه‌های همدوس نظیر امواج زمین‌غلتش
- تصحیح اثر ایستا و انتقال گیرنده‌های و فرستنده به یک سطح مبنای مشخص
- واهمامیخت جهت از بین بردن اثر موجک لرزه‌ای و افزایش محتوای فرکانسی اطلاعات
- آنالیز سرعت جهت بدست آوردن سرعت‌های ریشه میانگین مربعات و در نهایت سرعت-

های کوچ

- تصحیح اثر بروانراند نرمال^۱ یا تصحیحات دینامیک برای از بین بردن اثر دورافت^۲
- برانبارش اطلاعات لرزه‌ای جهت تقویت نسبت سیگنال به نوفه و حذف نوفه‌های تصادفی
- کوچ دادن اطلاعات لرزه‌ای جهت انتقال و تصویر کردن

نتیجه‌ی نهایی مقطعی در مقیاس زمان یا عمق است که به مفسران تحویل داده می‌شود.

۱-۳-۲ روش‌های نوین برانبارش صفحه‌ای

در مناطق با ساختار پیچیده که برای تصویرسازی درست زیرسطحی نیاز به کوچ وجود دارد، مدل سرعت مورد نیاز از پارامترهای تصویرسازی زمانی بدست می‌آید. به همین دلیل در دو دهه‌ی اخیر تحقیقات فراوانی در جهت افزایش کیفیت تصویرسازی زمانی انجام شده است. روش‌های تمرکز چندگانه (MF^۳) باعث افزایش کیفیت تصویرسازی زمانی شده‌اند. در این روش‌ها ردلرزه‌هایی که با برانبارش منجر به تولید یک ردلرزه در مقطع دورافت صفر می‌شوند، الزاماً متعلق به یک برداشت نقطه میانی مشترک^۴ نیستند؛ اما چشمه-گیرنده‌ی متعلق به هر ردلرزه در بازه‌ای مشخص در محدوده‌ی نقطه‌ی مرکزی هستند. مقدار این محدوده با اولین زون فرنل مشخص می‌شود (برکوویچ و همکاران،

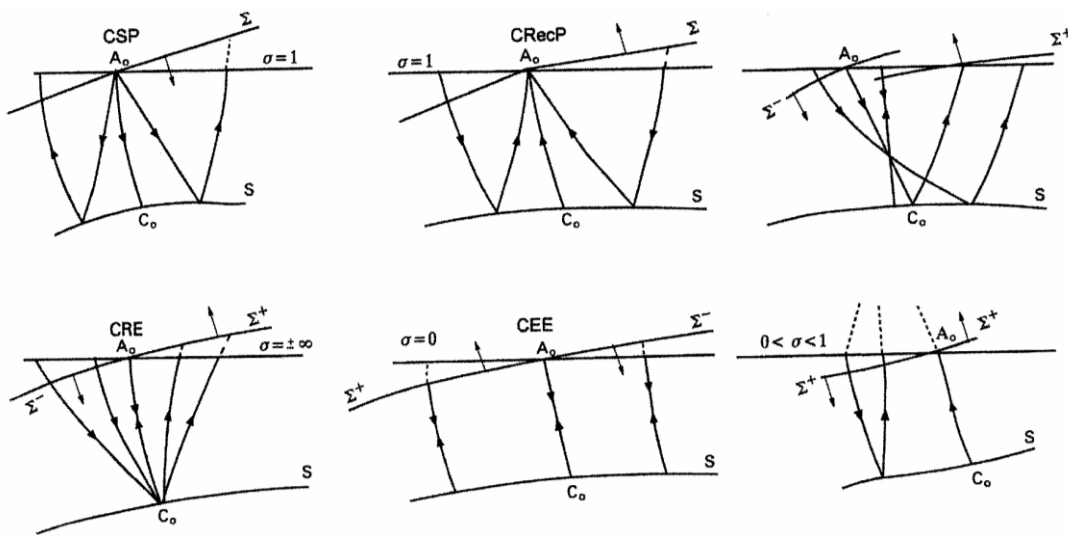
^۱ - Normal Moveout correction

^۲ -Offset

^۳ - Multifocusing

^۴ - CMP gather

۲۰۱۲). مسلماً تعداد ردلرزه‌هایی که در این محدوده قرار می‌گیرند بیشتر از تعدادی است که در یک برداشت CMP قرار دارند. به عبارتی نسبت سیگنال به نوفه (SNR) بسیار بالاتر از روش متداول است. از آنجایی که ردلرزه‌های دخیل در هر برانبارش متعلق به یک برداشت CMP نیستند بنابراین نیاز به تصحیح برونراد جامع‌تری است. برای یک جفت چشمه-گیرنده معادله برونراند MF تخمینی کروی از بازتاب رخداد نزدیک به سطح مشاهده‌ای است. تصحیح برونراندی که به وسیله‌ی معادله MF دورافت صفر (ZOMF) انجام می‌شود، بر روی سطحی است که با ۳ پارامتر تولید می‌شود. این سه پارامتر با دقت قابل قبولی زمان‌سیر را تعیین می‌کنند. روش‌های فراوانی وجود دارد که بر پایه‌ی MF عمل می‌کنند. در شکل ۳-۱ می‌توان چند مورد را مشاهده کرد.



شکل ۳-۱: مبنای تئوری پرتو در روش‌های مختلف MF (گلچینسکی و همکاران، ۱۹۹۹).

یکی از روش‌هایی که بر مبنای MF عمل می‌کند و توسعه‌ی قابل ملاحظه‌ای یافته است، روش سطح بازتاب مشترک است.

هوبرال و همکاران در سال ۱۹۹۶ مفهوم روش سطح بازتاب مشترک (CRS¹) را معرفی نمودند. برانبارش CRS مستقل از مدل سرعت عمل کرده و با توجه به برانبارش صفحه‌ای، نسبت سیگنال به نوفه و پیوستگی رخدادها در مقطع نهایی، بسیار بیشتر از روش‌های پردازشی متداول است. این روش

¹- Common Reflection Surface

در نواحی دارای پراش (شیب‌های متداخل) تنها رخداد با همدوسی بالاتر را در نظر می‌گیرد. روش بهینه CRS برای رفع این مشکل ارائه شد که تنها تعداد معدودی از شیب‌های متداخل را در نظر می‌گیرد (من و همکاران، ۱۹۹۹). برای محاسبه عملگر برانبارش نیاز به سه نشانگر است که عبارت‌اند از زاویه ورود α ، شعاع انحنای موج عمود R_N و شعاع انحنای موج عمود در نقطه ورود R_{NIP}^1 .

به دلیل محدودت CRS در برخورد با شیب‌های متداخل، روشی ارائه گردید که بدون در نظر گرفتن همدوسی و بر پایه‌ی آشکارسازی پراش‌ها عمل می‌کند. روش سطح پراش مشترک (CDS^2) با برابر قرار دادن R_N و R_{NIP} عملگری به وجود آورد که توانایی آشکارسازی بهتر امتداد پراش‌ها را دارد (سلیمانی و همکاران، ۲۰۰۹). در راهبرد معمول CRS، تنها زوایای ورود رخداد‌های بازتابی اصلی که دارای بیشترین میزان همدوسی هستند به عنوان نشانگر بهینه در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین مسئله تداخل شیب‌ها از لحاظ تئوری معادل وجود زوایای ورود متفاوت است که میزان همدوسی بالایی را نشان می‌دهند (سلیمانی و همکاران، ۲۰۰۹). در روش برانبارش CDS، به دلیل مشکلات موجود در راهبردهای قبلی در مواجهه با شیب‌های متداخل از ایده‌ی مشابهی نظیر تصحیح برونراند شیب استفاده می‌شود. در این روش بجای بهره گرفتن از چند زاویه‌ی معدود برای هر نمونه ZO از تمامی زوایای ممکن ساطع شده از یک نقطه‌ی پراش بدون در نظر گرفتن میزان همدوسی آنها بهره گرفته می‌شود. تعیین تنها نشانگر CDS از داده روشی زمان‌بر است که شاهسونی و همکاران (۲۰۱۱) با ارائه روشی که مبتنی بر مدل است زمان پردازش را بسیار کاهش داد. روش سطح پراش مشترک مبتنی بر مدل^۳ از طریق به‌روزرسانی تکراری مدل اولیه سرعت و با تکنیک دنبال کردن پرتو، مقطع دورافت صفر را شبیه‌سازی می‌کند.

هر دو روش CDS همراه با آشکارسازی پراش‌ها، نوفه‌های زمینه را نیز تقویت می‌کنند. بالارستاقی

1- Normal Incidence Point

2- Common Diffraction Surface

3- Model based Common Diffraction Surface

(۱۳۹۱) با محدود کردن دورافت توانست اثرگذاری نوفه‌ها را به حداقل برساند. سطح پراش مشترک با دورافت محدود (FO-CDS^۱) از سطح برانبارش CDS کوچکتر و بر این سطح منطبق است. از ابتدا روش CDS بر پایه‌ی رابطه هذلولی توسعه یافت اما در برخی از داده‌های با ساختار پیچیده ممکن است رابطه سهموی نتیجه‌ی مطلوب‌تری ایجاد کند. در این تحقیق عملگر CDS با رابطه سهموی بازنویسی می‌شود.

۴-۱ تفسیر داده‌های لرزه‌ای

هدف از تعبیر و تفسیر لرزه‌ای تبدیل اطلاعات لرزه‌نگاری به اطلاعات قابل استفاده در سایر تخصص‌های صنایع بالادستی است. بدین ترتیب، شکل و خواص پدیده‌های زیرسطحی، با توجه به عوامل ساختمانی، چینه‌ای و سایر عوامل فیزیکی به نقشه در می‌آید.

تعبیر و تفسیر اطلاعات لرزه‌نگاری یکی از ارکان مهم و اصلی در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با اکتشاف ذخایر هیدروکربوری است. امروزه ارزش اطلاعات تفسیر لرزه‌نگاری جهت اتخاذ تصمیمات اساسی در استخراج و بهره‌برداری بهینه از مخازن نفت و گاز برای کلیه شرکت‌های نفتی مشخص شده است بطوریکه اطلاعات لرزه‌نگاری یکی از داده‌های کلیدی در تهیه طرح جامع مخازن بشمار می‌رود.

۵-۱ ساختار پایان‌نامه

بعد از مقدماتی گذرا در فصل اول، پیرامون برداشت و انواع روش‌های پردازش داده‌های لرزه‌ای و تفسیر این داده‌ها، در فصل دوم روش برانبارش سطح بازتاب مشترک معرفی می‌گردد، رابطه کلی عملگر برانبارش CRS و نشانگرهای جنبشی میدان موج معرفی شده و همچنین استراتژی به دست آوردن نشانگرهای جنبشی میدان موج و حل رابطه CRS به طور کلی شرح داده خواهد شد. در فصل سوم مسئله تداخل شیب‌ها و راه حل پیشنهاد شده بررسی شده و پس از آن روش

^۱ - Finite Offset Common Diffraction Surface

برانبارش سطح پراش مشترک (CDS) به عنوان راه حلی برای غلبه بر مشکل تداخل شیبها، رابطه و نشانگر مربوط به آن و استراتژی دستیابی به این نشانگر شرح داده می‌شود. روش FO-CDS نیز در این فصل معرفی می‌شود و سپس روش CDS با رابطه سهموی بازنویسی می‌گردد.

در فصل چهارم ابتدا داده‌ای مصنوعی و سپس داده‌ای واقعی معرفی شده و توسط تمام روشها مورد پردازش قرار می‌گیرند.

آخرین فصل به بحث و بررسی نتایج اختصاص می‌یابد.

لازم به ذکر است که مراحل پیش پردازش داده‌های مربوط به ساختار پیچیده و همچنین تهیه مقطع PSTM مورد بحث در این پایان‌نامه توسط نرم‌افزار ProMax انجام شد. مراحل برانبارش CRS و روشهای CDS نیز با به کارگیری کدهای زبان برنامه نویسی ++C در نرم افزار Seismic Unix(SU) به انجام رسید. سایر مقاطع نشان داده شده در پایان نامه نیز به کمک همین نرم‌افزار به دست آمده‌اند.

سطح بازتاب مشترک

فصل دوم: سطح بازتاب مشترک

۱-۲ مقدمه

همان‌طور که در فصل قبل ذکر شد، هدف نهایی پردازش داده‌های لرزه‌ای بدست آوردن مقطع لرزه‌ای است و در نهایت (بعد از تفسیر) تعیین یا پیشنهاد نقطه‌ی حفاری است. با توجه به هزینه‌بر بودن عملیات حفاری، تعیین دقیق محل هدف اهمیت فراوانی دارد. روش‌های پردازشی متداول نیاز به مدل سرعت دارند که کوچک‌ترین خطا در این مدل می‌تواند باعث جابجایی چندین متری و گاهی چند صد متری در مکان‌یابی هدف مورد مطالعه شود. روشی که بتواند مستقل از مدل سرعت عمل کند اینگونه خطاها را کاهش می‌دهد. ایده‌ی اولیه‌ی بدست آوردن مقطع لرزه‌ای بدون نیاز به مدل سرعت توسط دی بازلاری (۱۹۸۸) و گلچینسکی (۱۹۸۸) ارائه شد. روش‌های متفاوتی در این زمینه وجود دارد که از کارآمدترین این روش‌ها سطح برانبارش مشترک است. من و همکاران در سال ۱۹۹۹ روش CRS را به صورت تقریباً خودکار ارائه کردند. در این فصل این روش شرح داده می‌شود؛ اما به منظور درک بهتر مفاهیم مورد نظر، ابتدا به مفهوم CMP اشاره می‌شود.

۲-۲ مفهوم برانبارش CMP

در برداشت‌های دوبعدی لرزه‌ای، چشمه و گیرنده در امتداد خط لرزه‌ای توزیع می‌شوند (ایلماز، ۲۰۰۱). نقطه میانی مشترک (CMP) نقطه‌ی میانی بین چشمه و گیرنده است و موقعیت این نقاط با توجه به موقعیت چشمه S و موقعیت گیرنده G بصورت $(S + G)/2$ محاسبه می‌شود. به فاصله بین چشمه و گیرنده دورافت گفته می‌شود که اغلب از نیم دورافت $h = (G - S)/2$ در محاسبات استفاده می‌شود.

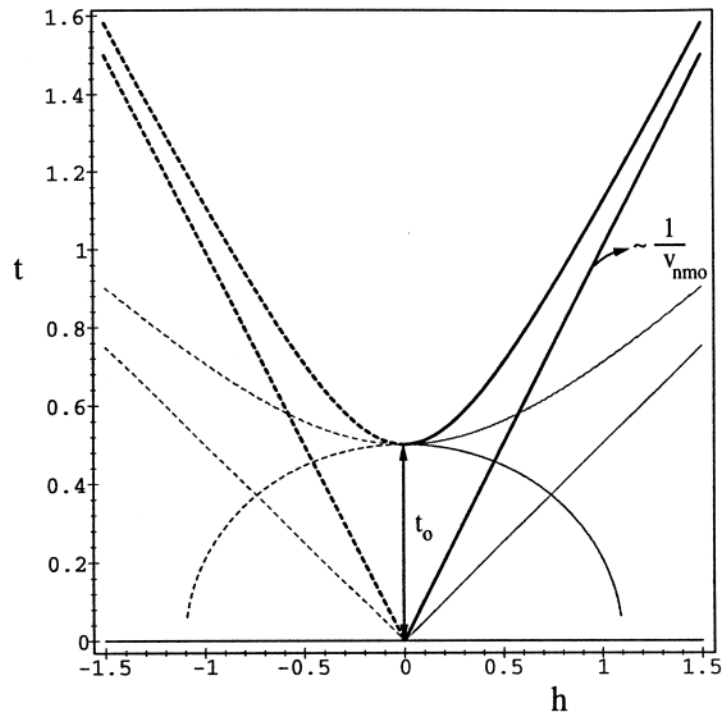
در محیط با لایه‌بندی افقی و سرعت ثابت موج در محیط انتشار، موج‌های ثبت شده در گیرنده‌ها در سطح حاوی اطلاعاتی از تمامی سطح بازتابنده می‌باشند. در واقع از هر نقطه بازتابنده، یک بازتاب رخ داده و در یک گیرنده ثبت شده است (شکل ۲-۲ الف). برداشت نقطه میانی مشترک، شامل تمامی پرتوهایی است که از یک نقطه یکسان ولی با دورافت‌های متفاوت بازتاب می‌شوند (شکل ۲-۲ ب). بنابراین برداشت نقطه میانی مشترک CMP شامل اطلاعات تکراری از یک نقطه‌ی زیر سطحی است. این عبارت ایده‌ی اصلی برای روش برانبارش CMP است (ماینه^۱، ۱۹۶۲). از آنجایی که ردلرزه-ها با دورافت‌های متفاوت حاوی اطلاعات یک نقطه‌ی مشترک از بازتابنده‌ی افقی هستند، این اطلاعات تکراری می‌توانند با هم جمع شوند و باعث ایجاد یک مقطع برانبارش با نسبت سیگنال به نوفه (SNR) بالا شوند.

در برداشت نقطه میانی مشترک CMP رخدادهای بازتابی بصورت یک مجموعه پاسخ‌های زمانی در امتداد یک منحنی برونراند قرار می‌گیرند (ایلماز، ۲۰۰۱). برانبارش مرسوم CMP در واقع جمع بستن بازتاب‌های اولیه در امتداد منحنی‌های برونراند معینی است که بهترین تقریب را نسبت به منحنی‌های زمان‌سیر بازتابی واقعی دارند. برای دورافت‌های کوچک، منحنی زمان‌سیر با استفاده از رابطه شبه هذلولی زیر محاسبه می‌شود:

¹ Mayne

$$t^2(h, V_{NMO}) = t_0^2 + \frac{4h^2}{V_{NMO}^2} \quad (1-2)$$

که در آن t مدت زمان انتشار موج از چشمه تا گیرنده، h نیم دورافت، t_0 زمان سیر با دورافت صفر (با فرض اینکه چشمه و گیرنده در یک موقعیت یکسان هستند) و V_{NMO} سرعت برونراند نرمال است. منحنی حاصل از رابطه (1-2) در شکل 1-2 مشاهده می‌شود.

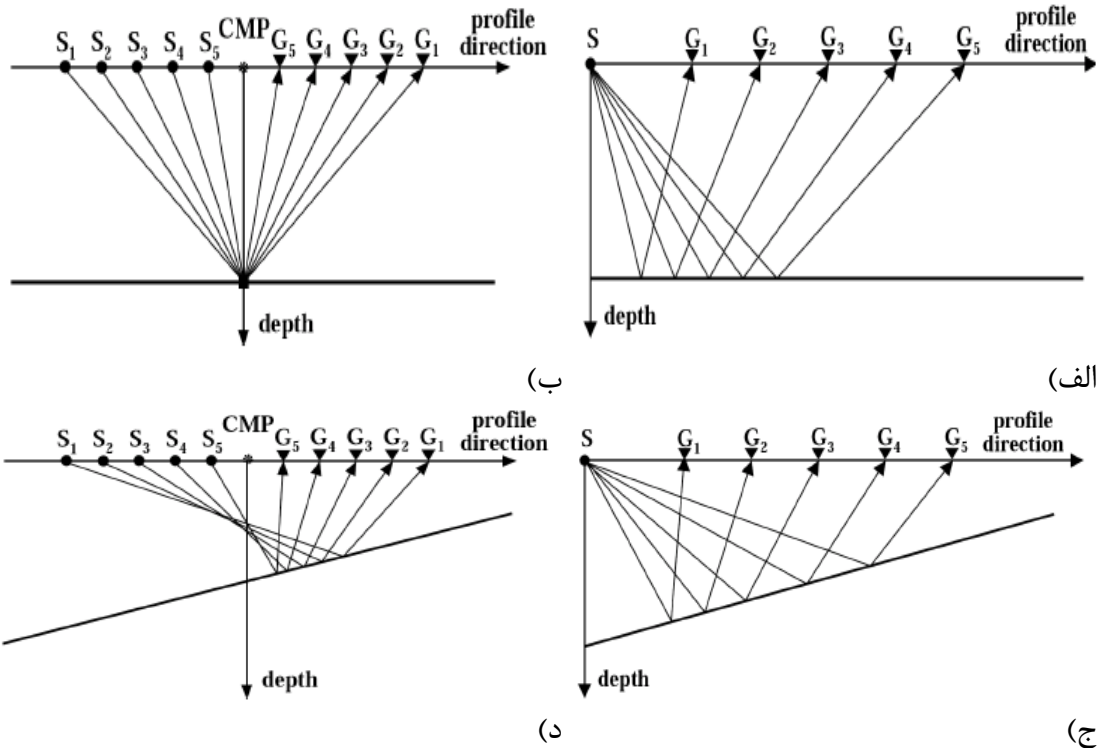


شکل 1-2: دو هذلولی با زمان دورافت صفر یکسان و با سرعت متفاوت، حاصل رابطه (1-2) هستند (هوشتمکاران، 1999).

برای یک لایه شیبدار V_{NMO} بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$V_{NMO} = \frac{V}{\cos f} \quad (2-2)$$

V سرعت محیط و f زاویه بازتابنده و یا لایه نسبت به سطح افق است. برای چندین لایه با شیب‌های متفاوت تعیین سرعت NMO پیچیده‌تر خواهد شد.



شکل ۲-۲: هندسه بازتاب لرزه‌ای. شکل‌های (الف و ج) نشان دهنده برداشت چشمه مشترک و شکل‌های (ب و د) نشان دهنده برداشت نقطه میانی مشترک CMP هستند. در مدل با لایه‌بندی افقی و همگن تمامی پرتوها در یک دسته CMP از یک نقطه عمقی مشترک بازتاب می‌شوند؛ اما در مدلی با لایه‌ی شیبدار، بازتاب‌ها در یک دسته CMP از نقاط متفاوتی از لایه بازتابنده هستند (بایکولوف، ۲۰۰۹).

تقریب هذلولی نشان داده شده در زیر که از رابطه (۲-۱) حاصل می‌شود را باید از رابطه‌ای که بهترین نتیجه‌ی برانبارش را فراهم می‌کند، متمایز در نظر گرفت:

$$t^2(h, V_{st}) = t_{0st}^2 + \frac{4h^2}{V_{st}^2} \quad (۳-۲)$$

V_{st} سرعت برانبارشی است که اجازه می‌دهد بهترین تطابق منحنی زمان سیر در یک برداشت نقطه میانی مشترک CMP نسبت به یک هذلولی در گستره‌ی طولی ایجاد شود (ایلماز، ۲۰۰۱). هذلولی برانبارش بهینه که در رابطه (۳-۲) توصیف شد لزوماً بسط کوچکی از هذلولی تعیین شده با رابطه (۲-۱) نیست. زمان رفت و برگشت t_{0st}^1 مربوط به بهترین تطابق هذلولی، می‌تواند از زمان رفت و برگشت با دورافت صفر در رابطه‌ی (۲-۱) متفاوت باشد. تفاوت بین سرعت برانبارش و سرعت

¹ Two-way time

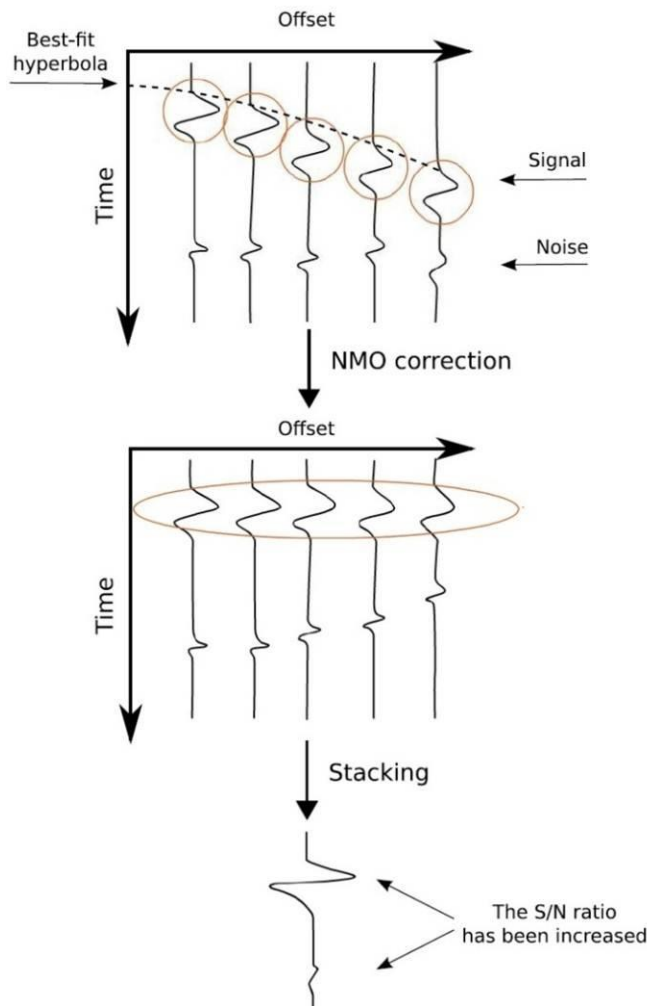
NMO را خطای محدوده‌ی توزیع^۱ می‌نامند (هوپرال و کری^۲، ۱۹۸۰). با توجه به معادلات (۱-۲) و (۳-۲) می‌توان دریافت که برای دورافت‌های کوچک‌تر، اختلاف بین V_{st} و V_{NMO} کمتر خواهد شد. در عمل سرعت برانبارش با استفاده از سرعت NMO مرتبط با هذلولی رابطه (۱-۲) تقریب زده می‌شود.

در روش برانبارش CMP اعمال تصحیح NMO بروی لرزه نگاشت ضروری است. تصحیح NMO در واقع نگاشت زمان سیر با دورافت غیر صفر t به زمان سیر با دورافت صفر t_0 است. منحنی هذلولی زمان سیر که از رابطه (۱-۲) بدست می‌آید تنها به یک متغیر مجهول V_{NMO} وابسته است. با استفاده از الگوریتم‌های آنالیز سرعت می‌توان این سرعت را از روی داده‌های لرزه‌ای ثبت شده بدون نیاز به دانش قبلی (بطور خودکار یا دستی) تخمین زد. آنالیز سرعت استاندارد می‌تواند در تصحیحات NMO بکار می‌رود، بر دسته‌های نقاط میانی مشترک CMP در چندین مقدار سرعت متفاوت که در بازه‌ی معینی هستند، اعمال می‌شود و سرعتی را که بهترین به‌خط‌شدگی را در بازتاب‌های مقطع برانبارش اولیه ایجاد کند، انتخاب می‌شود. بعد از اعمال تصحیح NMO و اختصاص سرعت برانبارش، رخدادها در دسته‌های نقاط میانی مشترک CMP به‌خط‌شده و در این حالت می‌توان آنها را در یک امتداد جمع بست و یک ردلرزه با دورافت صفر در یک مقطع برانبارش CMP ایجاد نمود (شکل ۲-۳). اگر ساختارهای زیر سطحی پیچیده باشند، سرعت بهینه‌ی برانبارش به شکل بازتابنده‌ها وابسته می‌شود. شکل ۲-۲ ج و شکل ۲-۲ د نشان دهنده‌ی مثالی از مدل با لایه شیب‌دار با سرعت ثابت است. هر جفت چشمه-گیرنده در شکل ۲-۲ دارای نقطه میانی مشترکی است که نماینده نقطه‌ی بازتاب از یک نقطه‌ی عمقی مشترک مانند شکل ۲-۲ ب نیستند. نقاط بازتاب در شکل ۲-۲ متفاوت‌اند و با افزایش دورافت یک جابجایی در برداشت نقطه‌ی میانی مشترک به سمت بالای شیب اتفاق می‌افتد و در سرتاسر سطح مشترک دو لایه توزیع می‌شود؛ بنابراین برانبارش CMP درگیر انرژی‌های بازتابی است که از نقاط عمقی مختلفی منشأ می‌گیرند و این امر باعث کاهش کیفیت برانبارش می‌شود

¹ Spread-length bias

² Krey

(ایلماز، ۲۰۰۱). در این صورت اعمال تصحیح دیگری بنام تصحیح برونراند شیب^۱ DMO ضروری است. برای این منظور باید دسته‌های CMP به دسته‌های CRP^۲ تبدیل شوند تا امکان تصحیح شیب سرعت‌های برانبارش فراهم شود (بایکولوف، ۲۰۰۹).



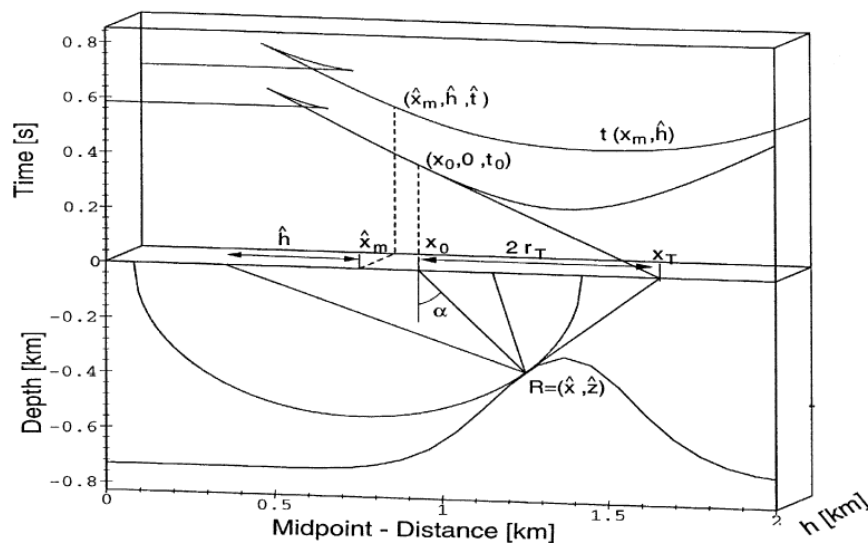
شکل ۲-۳: نمای شماتیک برانبارش نقطه میانی مشترک. الگوریتم آنالیز سرعت برانبارش برای تعیین هذلولی که بهترین تطابق را با رخدادهای بازتابی دارد که بطور نمونه بر دسته‌های برداشت نقطه میانی مشترک منتخب اعمال شده است. سپس تصحیح برونراند نرمال بر لرزه نگاشت اعمال و رخدادهای بازتابی به خط شده و با جمع بستن ردلرزه‌ها، یک ردلرزه برانبارش شده ایجاد می‌شود که باعث تقویت سیگنال و تضعیف نوفه شده است (بایکولوف، ۲۰۰۹).

^۱ Dip Move-Out

^۲ Common reflection point

۳-۲ خط سیر CRP

برای تعیین صفحه‌ی برانبارش اولین گام تعیین رابطه‌ای بین زمان سیر پدیده‌های بازتابی ناشی از یک چشمه نقطه‌ای واقع بر بازتابنده در مقاطع مختلف با دورافت یکسان است. بدین منظور در ابتدا حجمی با سرعت ثابت مشخص در نظر گرفته و سپس جفت چشمه-گیرنده را در فضای نیم دورافت (h) ، نقطه‌ی میانی (x_m) و زمان سیر $t(x_m, h)$ قرار می‌دهیم.



شکل ۴-۲: مدل با سرعت ثابت و دو منحنی زمان سیر هم دورافت در فضای (x_m, h, t) (هوشت و همکاران، ۱۹۹۹).

طبق قانون اسنل نتایج زیر حاصل می‌شود:

$$F(x, z; x_m, h) = \frac{(x - x_m)^2}{\left(\frac{v}{2}t\right)^2} + \frac{z^2}{\left(\frac{v}{2}t\right)^2 - h^2} - 1 = 0 \quad \text{و} \quad t = t(x_m, h) \quad (4-2)$$

که این رابطه یک بیضوی است. در حوضه عمق، برای تشریح بیضوی، x یا z به عنوان متغیر استفاده می‌شوند. با استفاده از x_m و h به عنوان پارامترهای رابطه (۴-۲) دسته‌ای بیضوی بدست می‌آید. اگر نیم دورافت در رابطه (۴-۲) ثابت فرض شود، می‌توان پوش را تعیین کرد. تنها پارامتر نقطه‌ی میانی است و پوش با این شرط تعیین می‌شود:

$$\frac{dF}{dx_m} = \frac{\partial F}{\partial x_m} + \frac{\partial F}{\partial t} \frac{\partial t}{\partial x_m} = 0 \quad (5-2)$$

با حل روابط (۴-۲) و (۵-۲) می‌توان پوش را در حوضه‌ی عمق به عنوان تابعی از نقطه میانی

تعیین کرد.

$$x = x_m + \frac{1}{2h^2} \frac{t}{t'} \left(\left(\frac{v}{2} t \right)^2 - h^2 \right) \left(1 - \sqrt{1 + 4h^2 \left(\frac{tt'}{t^2 - \left(\frac{2h}{v} \right)^2} \right)^2} \right) \quad (6-2)$$

$$z = \sqrt{\left(\left(\frac{v}{2} t \right)^2 - h^2 \right) \left(1 - \frac{(x - x_m)^2}{\left(\frac{v}{2} t \right)^2} \right)^2}, \quad t = t(x_m, h), \quad t' = \frac{\partial t(x_m, h)}{\partial x_m} \quad (7-2)$$

در واقع پوش، جستجو برای بازتابنده‌ها است، زمانی که هر دو حداقل بر یک بیضی مماس باشند.

با حل معادلات فوق هوشت و همکاران (۱۹۹۹) نتایج زیر را معرفی کردند:

$$x_m(h) = x_0 + r_T \left(\sqrt{\frac{h^2}{r_T^2} + 1} - 1 \right) \quad (8-2)$$

$$t^2(h) = 4 \frac{h^2}{v^2} + \frac{1}{2} t_0^2 \left(\sqrt{\frac{h^2}{r_T^2} + 1} + 1 \right) \quad (9-2)$$

$$2r_T = \frac{t_0}{t_0'} \quad (10-2)$$

که با در نظر گرفتن پارمتر پرتو $p = \frac{t_0'}{2} = \sin \frac{\alpha}{v}$ رابطه (۱۰-۲) به شکل زیر بازنویسی می‌شود:

$$2r_T = \frac{v}{2} \frac{t_0}{\sin \alpha} \quad (11-2)$$

۴-۲ روش برانبارش سطح بازتاب مشترک

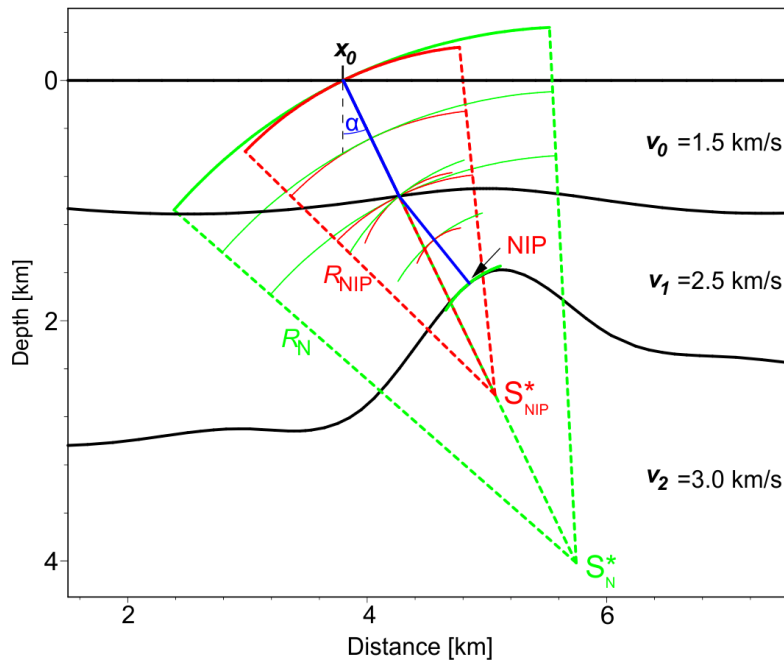
اغلب روش‌های متداول پردازشی، به منظور بدست آوردن تصویر لایه‌های زیر سطح زمین، به مدل

سرعتی صحیح و دقیق نیاز دارند. از طرف دیگر در مناطقی که ساختمان‌های زمین‌شناسی پیچیده

وجود دارد و یا داده‌ها دارای نسبت سیگنال به نوفه پایین هستند، ساختن مدل سرعت با دشواری‌های فراوان همراه است و اغلب مدل سرعت مطلوبی به دست نمی‌آید. به منظور دوری از این مساله، هوبرال (۱۹۹۶) مفهوم روش سطح بازتاب مشترک (CRS) را معرفی نمود. این روش مستقل از مدل سرعت عمل می‌کند. همانطور که در فصل قبل ذکر شد، این روش با در نظر گرفتن شیب رخدادها، برانبارش را به صورت صفحه‌ای انجام می‌دهد. می‌توان گفت، روش برانبارش CMP حالتی خاص از روش برانبارش CRS است، در حالتی که صفحه مذکور به یک منحنی تبدیل شود. در تعیین صفحه‌ی برانبارش، ۳ پارامتر دخیل هستند که عبارتند از: زاویه ورود α ، شعاع انحنای موج عمود R_N و شعاع انحنای موج عمود در نقطه ورود R_{NIP} این سه پارامتر به عنوان نشانگرهای جنبشی در ادامه معرفی می‌شوند.

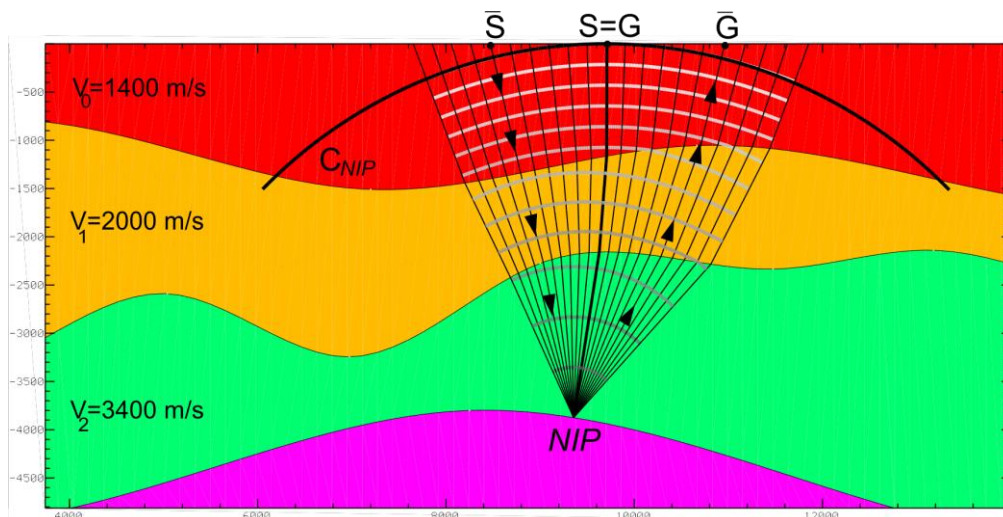
۲-۴-۱ معرفی نشانگرهای جنبشی

برای تشریح بهتر، ابتدا مقطع دورافت صفر فرضی همانند شکل ۲-۵ در نظر گرفته می‌شود. اولین نشانگر، زاویه ورود پرتوی مرکزی است که در شکل ۲-۵ با α نمایش داده شده است. این نشانگر تعیین کننده شیب سطح بازتابنده است. نقطه‌ی NIP که با پیکان مشخص شده است مرکز انتشار جبهه‌ی موجی است که با رنگ قرمز به سمت سطح حرکت می‌کند. گیرنده‌ای که در نقطه X_0 قرار دارد، این جبهه‌ی موج را ناشی از چشمه‌ای نقطه‌ای واقع در S_{NIP}^* تشخیص می‌دهد.



شکل ۵-۲: نشانگرهای جنبشی در یک مدل همگن ۳ لایه (من، ۲۰۰۲) (با اعمال تغییرات).

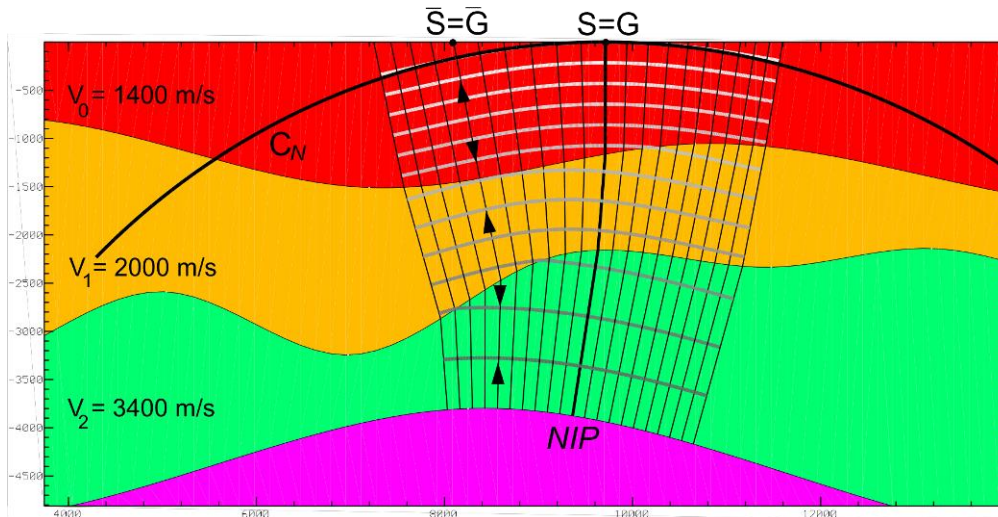
به عبارتی دیگر می‌توان گفت، موج NIP موجی است که از نقطه NIP بر روی سطح بازتابنده آغاز شده و با نصف سرعت محیط در زمان t_0 به محل انطباق چشمه و گیرنده می‌رسد (شکل ۶-۲) (یگر، ۱۹۹۹). در صورتی که جبهه موجی که از سطح به سمت پایین حرکت کند، در نقطه NIP متمرکز شده و پس از بازتاب دوباره به همان محل در سطح بازگردد، در این شرایط موج NIP را موج ویژه گویند. در این حالت همچنین جبهه موج برگشتی با جبهه موج گسیل شده بر هم منطبق خواهند شد. در واقع مسیر حرکت پرتوهای بالارونده و پایین‌رونده بر هم منطبق است. به فاصله S_{NIP}^* تا x_0 در شکل ۵-۲ R_{NIP} گفته می‌شود. نشانگر R_{NIP} بیانگر عمق بازتابنده است.



شکل ۲-۶: مدل ۴ لایه‌ای همگن، پرتوهای بالا رونده و پایین رونده که شرایط آزمایش NIP را ارضا می‌کنند (یگر، ۱۹۹۹).

اگر در شکل ۲-۵ سطح سبز رنگ واقع بر بازتابنده، چشمه‌ای سطحی در نظر گرفته شود، جبهه‌ی موج سبز رنگ تولید می‌شود. گیرنده واقع در سطح، این جبهه‌ی موج را ناشی از چشمه‌ی نقطه‌ای S_N^* تشخیص می‌دهد. این آزمایش را آزمایش موج نرمال می‌گویند که در واقع آزمایش سطح انفجار بر روی بازتابنده است که توسط لوونتال^۱ و همکاران (۱۹۷۶) معرفی شد. در این آزمایش یک بخش کامل از بازتابنده در پیرامون NIP که با چشمه‌های نقطه‌ای زیادی پوشش داده شده در نظر گرفته می‌شود. اگر تمامی این چشمه‌ها در یک زمان منفجر شوند، موجی با انحنای موضعی معادل انحنای بازتابنده ایجاد می‌شود. پرتوهای متناظر با این موج، عمود بر بازتابنده‌اند و موج مورد نظر را موج نرمال می‌نامند (شکل ۲-۷). به فاصله S_N^* تا x_0 در شکل ۲-۵ R_N گفته می‌شود. نشانگر R_N بیانگر انحنای بازتابنده است. میزان تقعر و تحدب بازتابنده با این نشانگر مشخص می‌شود.

^۱ Loewenthal

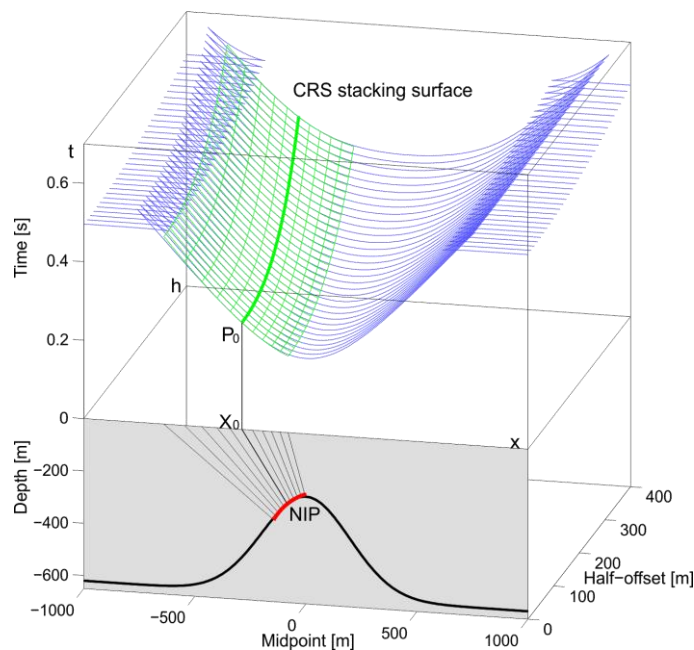


شکل ۷-۲: مدل ۴ لایه‌ای همگن، تمام پرتوها بر سطح بازتابنده عمودند که از شرایط آزمایش موج نرمال است

(یگر، ۱۹۹۹).

۲-۴-۲ عملگر برانبارش سطح بازتاب مشترک

در بخش ۳-۲ رابطه زمان سیر پرتوهای مربوط به یک چشمه نقطه‌ای در نقطه‌ی NIP (S_{NIP}) مشخص شد. نقاط اطراف NIP که دارای یک انحنا می‌باشند سطح بازتاب مشترک نامیده می‌شوند. اگر رابطه CRP برای نقاط اطراف S_{NIP} بسط داده شود، به رابطه‌ای برای سطح بازتاب مشترک منجر می‌شود.



شکل ۲-۸: خط سبز پررنگ عملگر برانبارش برای یک CRS است و سایر خطوط سبز رنگ نمایانگر عملگر برانبارش برای سطح بازتاب مشترک است (یگر، ۱۹۹۹) (با اعمال تغییرات).

همانطور که در قسمت پایین شکل ۲-۸ مشاهده می‌شود، منحنی قرمز رنگ بر روی سطح بازتابنده قسمتی از دایره‌ای است که شعاع بخش پر رنگ آن برابر شعاع سطح بازتابنده در آن قسمت می‌باشد و از آن به عنوان سطح انفجار در برانبارش CRS یاد می‌شود. تمام پرتوهای نشان داده شده، بر این بخش قرمز رنگ عمود می‌باشند و زمان سیر آنها بر روی منحنی سبز رنگ نشان داده شده است. نقطه P_0 بر روی منحنی زمان سیر دورافت صفر، مربوط به پرتوی دورافت صفر است که در نقطه X_0 به سطح زمین می‌رسد. همانگونه که در بخش قبل نیز عنوان شد، با افزایش دورافت، این نقطه بر روی منحنی‌های زمان سیر حرکت کرده و روند نقطه بازتاب مشترک CRS را ایجاد می‌کند که در این شکل با خط سبز پررنگ نشان داده شده است؛ اما در این حالت تنها با یک پرتو مواجه نمی‌باشیم، بلکه تمام پرتوهایی که از سطح قرمز رنگ ساطع می‌شوند، مشابه همین روند را در منحنی‌های زمان-سیر طی کرده و خود سطحی را ایجاد می‌کنند که با رنگ سبز نشان داده شده است. این سطح سبز رنگ، در واقع همان عملگر برانبارش سطح بازتاب مشترک CRS می‌باشد. هر چه انطباق این عملگر با سطح منحنی‌های زمان سیر بیشتر باشد، در این صورت عملگر از دقت بیشتری برخوردار می‌باشد و

نسبت سیگنال به نوفه در برانبارشی که توسط آن عملگر انجام می‌شود، افزایش می‌یابد.

هوش و همکاران (۱۹۹۹) با بسط تیلور روابط (۸-۲) و (۹-۲) سه عملگر برای صفحه‌ی CRS در محیط (t-x_m-h) ارائه کردند. در این بخش به دو رابطه که کاربردی‌تر هستند اشاره می‌شود. اولین بسط برای t است که در تخمین زون فرسند کاربرد دارد و بیانگر رابطه سهموی است.

$$t_{\text{par}}(x_m, h) = t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0) + \frac{\cos^2 \alpha}{v_0} \left(\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{\text{NIP}}} \right) \quad (12-2)$$

دومین بسط برای t² است و بیانگر رابطه هذلولوی است.

$$t_{\text{hyp}}^2(x_m, h) = \left(t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0) \right)^2 + \frac{2 t_0 \cos^2 \alpha}{v_0} \left(\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{\text{NIP}}} \right) \quad (13-2)$$

که α، R_{NIP} و R_N نشانگرهای جنبشی میدان موج، t₀ زمان سیر دوطرفه موج نرمال و v₀ سرعت

لایه سطحی است.

در رخدادهای بازتابی عملگر (۱۳-۲) تطابق بهتری در دورافت‌های دور با منحنی زمان سیر دارد

(یگر، ۱۹۹۹).

۳-۴-۲ تعیین پارامترها

هرچند هدف نهایی از برانبارش CRS تهیه‌ی مقطع با نسبت سیگنال به نوفه‌ی بالاست، اما

نشانگرهایی که برای تعیین عملگر برانبارش تهیه می‌شوند، شامل اطلاعات مهمی هستند که

کاربردهای فراوانی دارند. در انتها اشاره‌ای به این کاربردها خواهد شد.

همانگونه که در شکل ۸-۲ مشاهده می‌شود، عملگر برانبارش CRS به صورت یک صفحه است.

میزان انطباق این صفحه با منحنی‌های زمان سیر، توسط نشانگرهای جنبشی کنترل شده و توسط

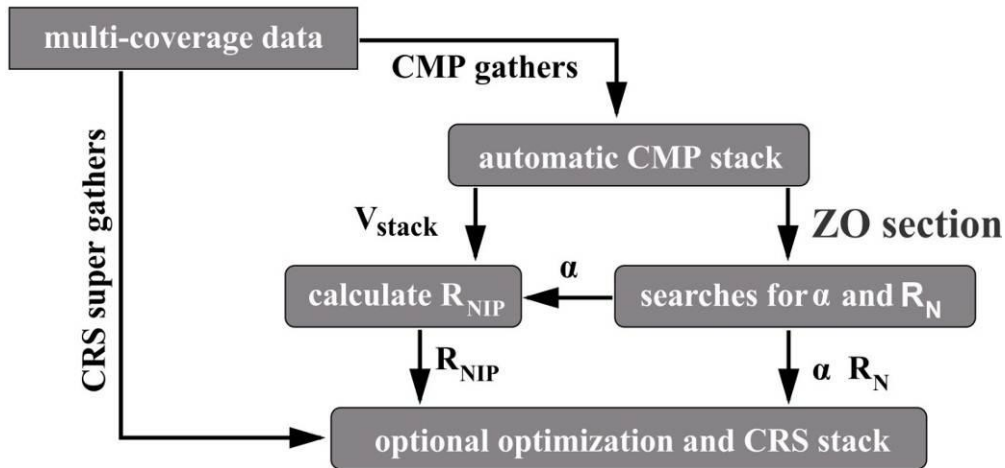
مقدار همدوسی، ارزیابی می‌شود. بنابراین مهم‌ترین بخش در پردازش CRS، تعیین کردن دقیق این

پارامترها، یا به عبارت دیگر، مشخص کردن سطح عملگر برانبارش است. در ابتدا این مساله کاملاً

ساده به نظر می‌رسد؛ کافی است تمام حالات ممکن برای این سه پارامتر را در نظر گرفت، هر دسته

سه‌تایی از این پارامترها، خود یک سطح برانبارش را در حوزه (x_m, h, t) ایجاد می‌کند. سپس عمل برانبارش را بر روی داده‌های قبل از برانبارش به کمک این صفحه انجام داده و در مرحله بعد آنالیز همدوسی بر روی نتایج صورت خواهد گرفت. اکنون هر صفحه‌ای که بیشترین میزان همدوسی را از خود نشان دهد، پارامترهای آن صفحه به عنوان پارامترهای بهینه انتخاب شده و آن صفحه نیز صفحه بهینه عملگر برانبارش CRS خواهد بود. ولی این روش مشکلات زیادی را به همراه خواهد داشت. اول اینکه این راهکار در مورد پیدا کردن پارامترهای بهینه، از لحاظ محاسباتی بسیار زمان‌بر خواهد بود. علاوه بر آن مطمئن نمی‌باشیم که آیا نتایج بدست آمده واقعاً بهینه هستند یا خیر. چرا که مقادیر R_N و R_{NIP} بین $+\infty$ و $-\infty$ تغییر می‌کند. بنابراین این دو پارامتر تنها به بازه مشخص و به صورت جستجو در شبکه‌های با ابعاد مختلف قابل تخمین خواهند بود (من و همکاران، ۱۹۹۹). البته این نکته را نیز باید در نظر داشت که اگر ابعاد گام‌های جستجو در بازه تعیین شده بزرگ انتخاب شوند، ممکن است هرگز به مقدار بهینه نرسیم و برعکس، اگر ابعاد گام‌ها بسیار کوچک انتخاب شود، زمان بسیار زیادی برای جستجوی آنها لازم است. این مساله به خوبی در بخش اصلی این تحقیق که جستجو برای شعاع ترکیبی R_N و R_{NIP} است به چشم می‌خورد و زمان جستجو را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این گونه موارد سریع‌ترین و مطمئن‌ترین راه رسیدن به جواب بهینه، پیدا کردن جواب‌های اولیه‌ایی است که تا حد کافی به جواب بهینه کلی نزدیک باشند. در این صورت مساله از جستجو برای بهینه سازی کلی، به مساله جستجو برای بهینه سازی محلی تقلیل پیدا می‌کند. در کنار این کار، می‌توان از معیاری بعنوان حد آستانه نیز استفاده کرد. بنابراین به جای یک جستجوی سه پارامتری در یک گام، معادله CRS به سه بخش تقسیم شده و سه جستجوی تک پارامتری در آن انجام می‌گیرد.

من در سال ۲۰۰۲ مراحل روش CRS را به صورت نمودار درختی زیر بیان نمود:



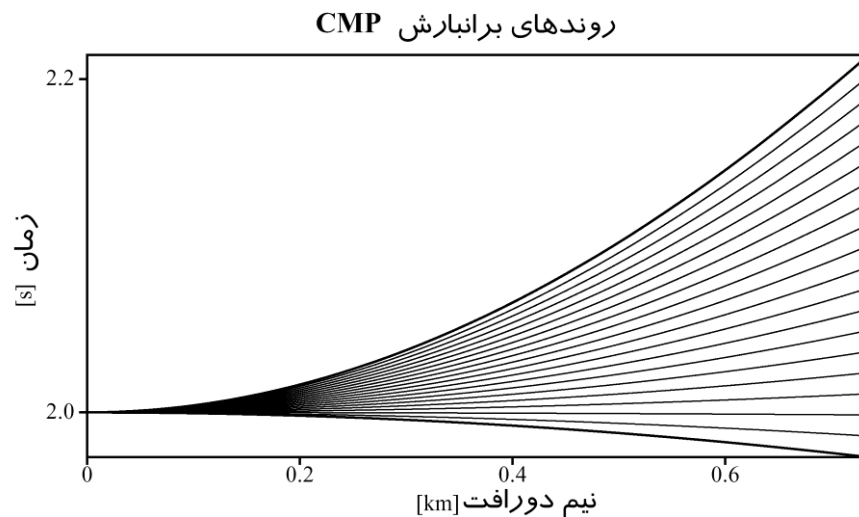
شکل ۲-۹: نمودار درختی راهکار جستجوی عملی. مراحل پردازش نشان داده شده، باید برای هر نمونه ZO که می‌خواهد شبیه‌سازی شود، انجام گردند. همه ردلرزه‌ها در بازه مکانی CRS به عنوان آبر برداشت‌های CRS مشخص شده‌اند (من، ۲۰۰۲).

۲-۴-۳-۱ برانبارش خودکار CMP

همانطور که مشخص است اولین مرحله، برانبارش خودکار CMP است. البته ابتدا محدوده‌ی پارامترهای مورد نیاز تعیین می‌شوند. در فصل چهار این پارامترها برای داده‌های مصنوعی و واقعی مورد استفاده در این تحقیق بیان می‌شوند. در برداشت CMP عملگر برانبارش تنها به یک پارامتر به نام سرعت برانبارش بستگی دارد که این پارامتر نیز خود می‌تواند به صورت ترکیبی از نشانگر α و همچنین R_{NIP} بیان شود. من (۲۰۰۲) عنوان کرد که برای تعیین سرعتی که بیشترین میزان هم‌دوسی را نشان دهد، بهتر است بجای آن که با تغییر مقدار سرعت برانبارش در شبکه‌ای خاص به جستجوی مقدار بهینه پرداخت، عملگرهای برانبارشی را مورد جستجو قرار داد که از تقسیم‌بندی محور برونراند در طولانی‌ترین دورافت بدست می‌آید. شکل ۲-۱۰ نحوه جستجوی اشاره شده در فوق را بهتر نشان می‌دهد. شبکه منظم برونراند‌ها در محور سمت راست مربوط به بزرگ‌ترین دورافت نشان داده شده است. بدین وسیله تنها یک مسئله ساده در جستجوی عملگر بهینه در بین عملگرهای واقع در این محدوده پیش رو خواهد بود. با این حال داده‌ها همواره دارای رخدادهای چندگانه نیز می‌-

¹- Supergather

باشند. این اتفاق بویژه در برداشت‌های دریایی و مخصوصاً در جاهایی که بخشی از انرژی بین سطح آب و کف دریا به تله می‌افتد، مشاهده می‌شود. نتیجه این بازتاب‌ها چه در روش CRS و چه در سایر روش‌ها، می‌تواند رخ داده‌های هذلولی شکلی را ایجاد کند که مشابه هذلولی بازتاب است. در روش CRS تنها مرحله‌ای که می‌توان این چندگانه‌ها را از داده‌ها حذف کرد، مرحله برانبارش خودکار CRS است. مانند روش مرسوم پردازش CMP، سرعت برون‌راند نرمال V_{NMO} در دسته‌ایی از چندگانه‌ها به مراتب کمتر از رخ داده‌های بازتابی است که از این واقعیت در روش CRS نیز استفاده می‌شود. از نقطه نظر سرعت برانبارش نیز برخی از چندگانه‌ها، مانند چندگانه‌های حاصل از بازتاب سطح آب، داری سرعت برانبارش کمتری نسبت به رخداد بازتابی کناری خود هستند.



شکل ۱-۲: آزمایش عملگرهای برانبارش متفاوت در گام برانبارش خودکار CMP برای زمان سیر $t_0=2s$ در دورافت صفر. بزرگ‌ترین سرعت برانبارش آزمایش شده برابر 4500 m/s و کمترین آن 1500 m/s (منحنی‌های ضخیم). لازم به ذکر است که این جستجو برای مقادیر مربع سرعت انجام می‌گیرد. به منظور تشخیص بهتر، خطوط با فاصله بیشتری از یکدیگر نشان داده شده‌اند (من، ۲۰۰۲) (با اعمال تغییرات).

بنابراین اگر محدوده پایینی جستجوی سرعت به گونه‌ایی انتخاب شود که سرعت مربوط به چندگانه در محدوده جستجوی سرعت واقع نشود، نتیجه برانبارش برای رخداد چندگانه تضعیف خواهد شد. در همین راستا ذکر این نکته بسیار ضروری است که در صورت بسیار بزرگ یا بسیار کوچک انتخاب کردن بازه جستجوی سرعت، ممکن است هرگز به مقدار سرعت بهینه دست پیدا نکنیم. نتایج مرحله برانبارش خودکار CMP، مقطع هم‌دوسی، مقطع برانبارش شده، مقطع کمکی q و

مقطع سرعت برانبارش است.

۲-۴-۳ جستجوی خطی دورافت صفر

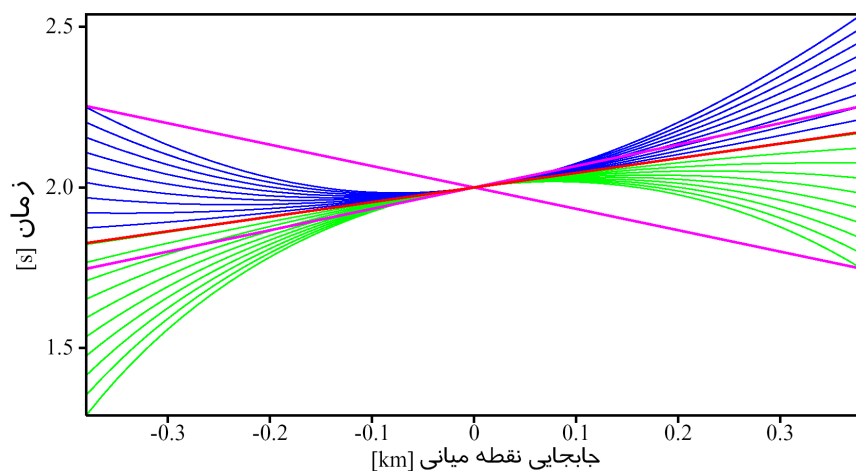
در این مرحله پارامتر α تعیین می‌شود. جستجو برای نشانگر زاویه ورود پرتوی مرکزی α در شبکه‌ای منظم و با گام‌های مساوی انجام می‌شود. بدین ترتیب که بازه‌ای را بین $-\alpha$ و $+\alpha$ به صورت دلخواه انتخاب کرده، و با گام‌های یک درجه از $-\alpha$ به سمت $+\alpha$ خواهیم رفت. این عمل برای هر نمونه در منطقه مورد نظر برای شبیه‌سازی مقطع دورافت صفر به صورت جداگانه انجام می‌شود. برای هر کدام از این زوایا، عملگر برانبارشی وجود خواهد داشت، که به کمک آنالیز همدوسی می‌توان آن زاویه‌ایی که دارای بیشترین مقدار همدوسی می‌باشد را به عنوان زاویه بهینه برای آن نمونه انتخاب کرد. بدین ترتیب این جستجو یک جستجوی خطی ساده و در محدوده دورافت صفر است. این جستجو نیز نه بر روی کل داده‌ها، بلکه تنها بر روی زیرمجموعه‌ایی از داده‌ها صورت می‌گیرد.

۳-۴-۳ جستجوی هذلولوی دورافت صفر

در این مرحله جستجو، برای شعاع انحنای موج نرمال (R_N) مورد نظر می‌باشد. در ابتدا باید به این نکته دقت کرد که هذلولوی برانبارش نسبت به نقطه میانی x_0 متقارن نمی‌باشد. بنابراین در هنگام آزمون عملگرهای برانبارش مختلف در این مرحله به منظور انتخاب عملگر بهینه، باید دقت لازم را به کاربرد. از طرف دیگر انتخاب بازه مناسب برای جستجوی R_N نیز کار چندان ساده‌ای نمی‌باشد، چرا که حد بالایی برای $|R_N|$ بی‌نهایت است که مربوط به شعاع انحنای موج صفحه‌ای می‌باشد (خط قرمز در شکل ۱-۲). حد پایینی آن نیز به مراتب دشوارتر خواهد بود، چرا که در مورد نقاط پراش، مقدار R_N برابر R_{NIP} بوده و همچنین برای امواج کائوستیک نیز نمی‌توان محدودیتی را برای آن قائل شد. من (۲۰۰۲) برای تعیین بازه مناسب R_N ، چگونگی رفتار یک بازتاب واقعی را به عنوان معیاری برای انتخاب محدودیت‌ها مدنظر قرار داد. بدین ترتیب که اگر سرعت متوسط محیط بالای بازتابنده بزرگتر از سرعت سطحی نزدیک زمین v_0 باشد، بنابراین شیب رخداد مربوط به آن بازتابنده در نمودار نقطه

میانی - دورافت، کوچکتر از $1/v_0$ خواهد بود. حالت عکس این قضیه نیز صادق است. بنابراین یک رخداد واقعی در محدوده نمونه مورد بررسی یقیناً در بازه شیب‌های $+1/v_0$ و $-1/v_0$ واقع خواهد شد. این دو خط به رنگ بنفش در (شکل ۲-۱۱) نشان داده شده‌اند. حداکثر شیب رخدادها، مربوط به بازتابنده‌های با شیب تند و یا مربوط به رخداد‌های با انحنای زیاد می‌باشند که معمولاً رخداد‌های پراش را تولید می‌کنند. بنابراین در آنالیز همدوسی تنها عملگرهای برانبارشی که بین این دو محدوده واقع می‌شوند مورد جستجو قرار خواهند گرفت. در این گام تنها یک مقدار همدوسی به عنوان مقدار بهینه انتخاب خواهد شد. البته در این مرحله می‌توان بیش از یک مقدار را به عنوان بهینه انتخاب کرد که در این صورت با مسئله انحنای متداخل برخورد خواهیم کرد.

روندهای برانبارش در جستجوی هذلولوی دورافت صفر



شکل ۲-۱۱: عملگرهای برانبارش هذلولوی در مقطع دورافت صفر برای یک نمونه ZO در $t=2s$ و زاویه ورود 20° درجه. به منظور حصول اطمینان از پیدا کردن عملگر مورد نظر در محدوده جستجو، هذلولی‌های آبی به مرز چپ بازه و هذلولی‌های سبز رنگ به سمت مرز راست بازه اضافه شده‌اند. خطوط بنفش با شیب $\pm 1/v_0$ محدوده‌هایی که بازتاب‌های واقعی در آن قرار می‌گیرند را مشخص می‌کند. خط قرمز نشان دهنده جبهه موج صفحه‌ای با زاویه ورود مذکور است، (من، ۲۰۰۲) (با اعمال تغییرات).

۴-۳-۴-۲ جستجوی هذلولوی در CS^1/CR^2

از لحاظ تئوری مسئله‌ای که در این گام باید حل شود نیز مانند مسئله‌ای است که در جستجوی

¹ - common shot

² - common receiver

هذلولوی دورافت صفر مورد بررسی قرار گرفت. این مسئله به شکل تعیین هذلولی جابجا شده نامتقارن نسبت به x_0 می‌باشد در حالی که شیب هذلولی در نقطه x_0 نیز معلوم است. اگر پارامتر R_C را مطابق رابطه‌ی زیر در نظر بگیریم.

$$\frac{1}{R_C} = \frac{1}{R_{NIP}} + \frac{1}{R_N} \quad (14-2)$$

با توجه به اینکه در این مرحله مقدار زاویه ورودی نیز معلوم است، بنابراین محدودیت‌هایی که در جستجوی سرعت در مرحله برانبارش خودکار CMP به کار بردیم، در اینجا نیز برای جستجوی R_C به کار می‌رود. در مقایسه با گام‌های قبل، جستجو برای R_{NIP} نیز در زیرمجموعه‌ای از داده‌ها و در هندسه نامنظم انجام می‌گیرد. بنابراین محدودیت $|x_m - x_0| = |h|$ دیگر معتبر نبوده و باید عبارت زیر را به کار برد:

$$\|x_m - x_0 - |h|\| < \varepsilon \quad (15-2)$$

که در اینجا ε کمیت قابل تعریف توسط پردازشگر است که به صورت غیرمستقیم تعداد رد لرزه‌های موجود در برداشت‌های CR/CS را کنترل می‌کند.

۵-۳-۴-۲ برانبارش اولیه

در این گام مقادیر اولیه سه پارامتر $(\alpha_0^{ini}, R_N^{ini}, R_{NIP}^{ini})$ برای تعیین معادله برانبارش در دست می‌باشند. هر دسته از این پارامترهای سه‌گانه، یک سطح برانبارش را در حوزه (x_m, h, t) تعریف می‌کنند. با جمع کردن داده‌های قبل از برانبارش بر روی این صفحه و اختصاص دادن آن به نمونه مربوط به دورافت صفر، مقطع برانبارش شده اولیه بدست می‌آید. عبارت اولیه برای این مقادیر بیانگر آن است که نشانگرهای مربوطه، بهینه‌ترین نشانگرها نبوده و باید به عنوان ورودی‌هایی برای گام بهینه‌سازی در نظر گرفته شوند. انجام آنالیز هم‌دوسی بر روی آنها نیز مقطع هم‌دوسی مربوطه را بدست می‌دهد. از این مقطع برای آزمودن این مطلب که سطح برانبارش تا چه میزان بر رخدادها منطبق شده است، استفاده می‌شود.

مرحله‌ی نهایی، بهینه‌سازی پارامترهای (α_0, R_N, R_{NIP}) است که در مراحل قبل بدست آمد. در برخی از روش‌های برانبارش صفحه‌ای مرحله‌ی بهینه‌سازی پارامترها انجام نمی‌شود که این امر بدلیل زمان‌بر بودن این مرحله است. به عنوان مثال در روش CDS مرحله‌ی بهینه‌سازی انجام نمی‌شود. حال این پارامترها وارد یک الگوریتم بهینه‌سازی چند پارامتری شده و در نهایت برانبارش بهینه به کمک سطح برانبارشی که نشانگرهای آن بهینه شده‌اند، بر روی کل حجم داده‌ها صورت می‌گیرد.

الگوریتم بهینه‌سازی مورد استفاده، در روش CRS، روش جستجوی چندوجهی قابل انعطاف می‌باشد (نلدر و مید، ۱۹۶۵)^۱. مقاطع نهایی حاصل از مرحله بهینه‌سازی که از نشانگرهای بهینه و بر روی حجم کل داده‌ها در فضای (x_m, h, t) صورت می‌گیرد عبارت‌اند از: الف) مقطع نهایی شبیه‌سازی شده دورافت صفر که همان مقطع برانبارش شده بهینه است، ب) مقطع همدوسی حداکثر، ج) مقطع زاویه بهینه، د) مقطع R_{NIP} بهینه و ه) مقطع R_N بهینه. از دلایل زمان‌بر بودن این مرحله این است که در مرحله‌های برانبارش CMP و ZO، آنالیز همدوسی بر روی منحنی‌ها انجام می‌شود در حالی که در مرحله نهایی برانبارش CRS، آنالیز همدوسی در فضای (x_m, h, t) صورت می‌گیرد.

۵-۲ برخی از کاربردهای نشانگرهای جنبشی

نشانگرهای جنبشی میدان موج حاوی مشخصات مفیدی از امواج هستند. این نشانگرها وابسته به فرآیند فیزیکی انتشار موج در محیطی آزمایشی هستند که رفتارهای دینامیکی و جنبشی آن قابل پیش‌بینی است. بنابراین در صورتی که خواص دینامیکی و جنبشی موج بوسیله‌ی نشانگرهای برانبارش CRS توصیف شود، امکان استفاده از این نشانگرها در سایر روش‌های پردازش داده‌های لرزه‌ای وجود خواهد داشت. دو مورد از این روش‌ها عبارت‌اند از:

1- Nelder and Mead, (1965).

۲-۵-۱ معکوس سازی توموگرافی و بدست آوردن مدل سرعت

از فرآیند برانبارش CRS که در بخش قبل شرح داده شد، می توان به عنوان ابزاری جهت استخراج خودکار اطلاعات زمان سیر از داده های لرزه ای به شکل نشانگرهای جنبشی میدان موج استفاده کرد. اگر زمان سیر رخدادهای بازتابی در داده بخوبی توسط روابط مرتبه دوم تقریب زده شوند، از اطلاعات موجود در این نشانگرها می توان برای تهیه مدل سرعت کوچ لرزه ای در ساختارهای دارای ناهمگنی جانبی استفاده کرد. هر چند، استفاده از این نشانگرها جهت تهیه مدل سرعت برای ساختارهای بسیار پیچیده، از اعتبار کمتری برخوردار است، با این حال دارای مزایای عملی زیادی است. بویژه در مواردی که نسبت سیگنال به نوفه در داده ها پایین است. در این قبیل داده ها، تشخیص داده های بازتابی و مشخص کردن آنها در داده های پیش از برانبارش، همان طور که در روش های مرسوم توموگرافی مورد نیاز است، مشکل و در بعضی موارد غیرممکن است. از طرف دیگر روابط تقریبی زمان سیر امکان انطباق خودکار رخدادهای بازتابی را با تغییر دادن نقطه میانی و دورافت، بین تعداد زیادی ردلرزه فراهم می کند. در نتیجه، تشخیص رخدادهای بازتابی و زمان سیرشان، حتی در مواردی که نسبت سیگنال به نوفه (SNR) پایین است را ممکن می سازد. همچنین، وابستگی زمان سیر به دورافت، در نشانگرهای جنبشی میدان موج نیز اعمال می شود که این امر باعث کاهش چشم گیر تعداد نقاط مشخص شده مورد نیاز برای تهیه نقاط ورودی فرایند معکوس سازی توموگرافی می شود. فرایند دست چین کردن نقاط را می توان بصورت مستقیم روی مقطع برانبارش یافته، با نسبت (SNR)، بهبود یافته حاصل از برانبارش CRS انجام داد (وحید هاشمی، ۱۳۹۱).

۲-۵-۲ تصویر زون فرسنل^۱

فصل مشترک حجم فرسنل با بازتابنده را سطح مشترک زون فرسنل می نامند. دو نقطه ای بازتاب در سطح مشترک زون فرسنل را نمی توان از هم تمیز داد. نقطه ای مقابل سطح مشترک زون فرسنل

^۱ Projected Fresnel zone (PFZ)

در حوزه‌ی زمان، تصویر زون فرسنل در حوزه عمق است. مورد اخیر توسط هوپرال در سال ۱۹۸۳ معرفی شد. وی با در نظر گرفتن هندسه برداشت داده لرزه‌ای و تصویر کردن حدود سطح مشترک زون فرسنل در سطح، روش اندازه‌گیری آن را تعیین کرد. تقریب کلی برای تخمین PFZ از روی زمان سیر توسط شلایشر و همکاران، (۱۹۹۷) بدست آمد. با استفاده از رابطه‌ی زیر می‌توان اندازه PFZ در دورافت صفر را بر حسب نشانگرهای CRS بدست آورد:

$$\frac{W_F}{2} = |x_m - x_0| = \frac{1}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{v_0 T}{2} \left| \frac{1}{R_N} - \frac{1}{R_{NIP}} \right|} \quad (۱۶-۲)$$

v_0 سرعت لایه سطحی است و دوره تناوب T از روی اندازه‌ی طول موج تعیین می‌شود.

سطح پراش مشترک

فصل سوم: سطح پراش مشرک

۱-۳ مقدمه

از چالش‌های تصویرسازی داده‌های لرزه‌ای، تصویرسازی رخداد‌های با شیب‌های متداخل است. امروزه، پیشرفت در تصویرسازی ساختاری لرزه‌ای در دو بخش متمرکز شده است که شامل بهبود کیفیت تصویر در ساختارهای معمولی، یعنی مشخص کردن محل و شکل آن‌ها با دقت و صحت بیشتر و دیگری توانایی تصویرسازی در مناطقی با ساختارهای پیچیده همراه با تغییرات زیاد و ناگهانی سرعت می‌باشد (فارمر و همکاران، ۱۹۹۳). در مناطقی که با تغییرات شدید جانبی سرعت و ساختارهای روباره پیچیده مواجه هستیم، به تصویرسازی در حوزه عمق نیازمندیم. این ساختارهای پیچیده به طور شاخص به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ساختارهای پیچیده مرتبط با زمین ساخت^۱ گنبد‌های نمکی؛

- ساختارهای بر روی هم^۲ قرار گرفته توسط زمین ساختِ گسل‌های روراندگی^۱ و چین خوردگی‌های

^۱- Tectonics

^۲- Imbricate

پی در پی؛

- ناهم‌واری‌های نامنظم کف دریا.

هر سه مورد ذکر شده وابسته به ساختارند، اما نوع دیگر تغییرات جانبی سرعت، مستقل از ساختار می‌باشد که معمولاً با تغییرات رخساره‌ای^۲ همراه است، مانند تغییر در سنگ‌شناسی از شیل به ماسه سنگ و یا آهک که تغییر جانبی در مقاومت صوتی ظاهری^۳ را سبب می‌شود (ایلماز، ۲۰۰۱؛ وندویه^۴، ۱۹۹۷). این ساختارهای پیچیده معمولاً طبیعتی سه بعدی دارند و تصویرسازی دقیق آن‌ها توسط داده‌های لرزه‌ای دو بعدی امکان پذیر نیست، بنابراین با انجام کوچ دو بعدی در این مناطق، فرض بر این است که امواجی خارج از صفحه برداشت، توسط گیرنده‌ها دریافت نمی‌شوند و این خلاف واقعیت است. در واقع برای به دست آوردن تصویری دقیق‌تر در این مناطق نیاز به کوچ سه بعدی است (ایلماز، ۲۰۰۱). روش مرسوم برانبارش نقطه میانی مشترک، داده‌های برداشت شده را به صورت صفحه‌ای با محورهای زمان - نقطه میانی، در دورافت صفر شبیه‌سازی می‌کند. برای برانبارش در راستای محور دورافت، از فرض برون‌راند هذلولی استفاده می‌شود که به دلیل تغییرات شدید سرعت جانبی در ساختارهای پیچیده، این فرض برای بعضی از رخداد‌های بازتابی مناسب نیست و در نتیجه مقطع برانبارش به دست آمده معادل مقطع دورافت صفر نمی‌باشد. شیب‌های متداخل با سرعت‌های برانبارش مختلف که معمولاً در دامنه گنبد‌های نمکی و مناطق گسل خورده (مناطق با زمین‌شناسی پیچیده) دیده می‌شوند نیز، در مقطع برانبارش CMP به دست آمده، معادل با مقطع دورافت صفر، تصویر نمی‌شوند و با کوچ پس از برانبارش، تصویر دقیق و صحیحی از این مناطق حاصل نمی‌شود (ایلماز، ۲۰۰۱). به منظور جلوگیری از عدم تصویر شدن تداخل شیب‌ها، می‌توان از روش DMO و یا کوچ پیش از برانبارش استفاده کرد.

1- Overthrust

2- Facies changes

3- Acoustic impedance

4- Vendeville

مسئله شیب‌های متداخل به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است. دورتی^۱ (۱۹۷۵) برای اولین بار معادلات برون‌یاب موج را برای داده‌های غیر از دورافت صفر معرفی کرد. شروود و همکاران^۲ (۱۹۷۸) روشی را برای نگاشت داده‌های غیر از دورافت صفر، به دورافت صفر در حضور شیب‌های متداخل با سرعت‌های برانبارش متفاوت ابداع کردند. پس از آن ایلماز و کلاربتوت^۳ (۱۹۸۰) تکنیک کوچ پیش از برانبارش جزئی (PSPM)^۴ را برای حل مسئله شیب‌های متداخل پیشنهاد کردند. آنها تئوری موجی را برای به حساب آوردن تفاوت بین کوچ پیش از برانبارش و نتیجه پردازش مرسوم که شامل تصحیح برون‌راند و برانبارش CMP و کوچ بعد از برانبارش می‌شد، توسعه دادند و به این واقعیت دست یافتند که تصحیح DMO در اصل، یک فرآیند کوچ جزئی است که بر روی داده‌های با دورافت مشترک و تصحیح شده از نظر برون‌راند، اعمال می‌گردد. هوبرال و همکاران (۱۹۹۶، ۱۹۹۹) مفهوم روش برانبارش سطح بازتاب مشترک را ارائه کردند که می‌تواند مقاطع دورافت صفر با وضوح بالایی تهیه کند. اما همان‌گونه که در فصل قبل اشاره شده، روش CRS در محل رخدادهای با شیب‌های متداخل، تنها رخداد با همدوسی بالاتر را آشکار می‌سازد. من (۲۰۰۱، ۲۰۰۲) با ارائه روش CRS تعمیم یافته، این مسئله را تا حدودی برطرف کرد. در ادامه با ترکیب جنبه‌های روش DMO و CRS، سلیمانی (۲۰۰۹) روشی به نام برانبارش سطح پراش مشترک (CDS) ارائه نمود که تداخل شیب‌ها را به خوبی تصویر می‌کرد و اجازه می‌داد که به جای یک عملگر برانبارش تنها یا تعداد اندکی عملگر مجزاً برای هر نمونه، یک محدوده‌ی پیوسته‌ی مجازی از شیب‌ها در نظر گرفته شود. این روش در مناطق پیچیده نسبتاً خوبی را بدست می‌دهد (سلیمانی و همکاران، ۲۰۱۰). البته این روش از نظر محاسباتی پرهزینه بوده و عملگر برانبارش باید برای هر یک از نمونه‌های مقطع دورافت صفر و هم چنین برای تمامی شیب‌های در نظر گرفته شده به وسیله تحلیل همدوسی در محدوده داده‌های

1- Doherty

2- Sherwood

3- Yilmaz & Claerbout

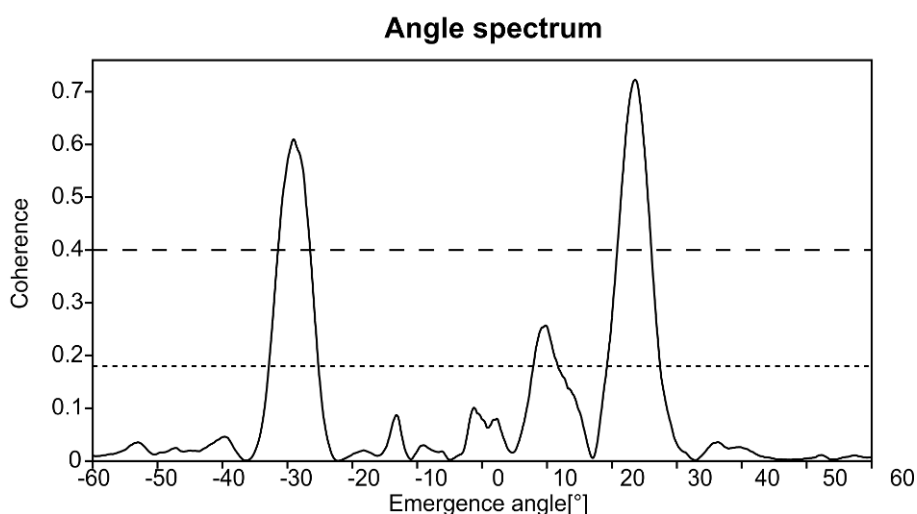
4- Pre Stack Partial Migration

پیش از برانبارش، شبیه‌سازی شود. در واقع نحوه به دست آوردن پارامترهای عملگر برانبارش در روش ذکر شده مبتنی بر داده می‌باشد. شاهسونی (۲۰۱۱) توانست با استفاده از قابلیت‌های روش CRS در معکوس‌سازی و تهیه مدل سرعتی، از آن در انجام مدل‌سازی پیش‌رو و به دست آوردن پارامترهای عملگر برانبارش CDS بهره‌برد و زمان پردازش و مشخص کردن پارامترهای برانبارش CDS را کاهش دهد. بالارستاقی (۱۳۹۱) با محدود کردن دورافت در روش سطح پراش مشترک (FO-CDS) توانست تاثیر نوفه‌های زمینه را در صفحه‌ی برانبارش به حداقل برساند. در بخش‌های بعدی هر کدام از روش‌های توسعه یافته‌ی روش CRS به تفصیل شرح داده خواهد شد.

۲-۳ روش تعمیم یافته‌ی CRS

هر چند نتایج بدست آمده از روش CRS دارای پیوستگی مطلوب در رخدادهای لرزه‌ای است؛ اما در نواحی که دارای حداقل دو شیب متداخل باشد، تنها رخداد با همدوسی بالاتر انتخاب می‌شود. این ضعف به این دلیل است که مرحله برانبارش خودکار CMP تنها به ترکیب R_{NIP} و α بستگی دارد. همچنین علامت جبری α نیز در نظر گرفته نمی‌شود (من، ۲۰۰۲). به منظور برطرف کردن این نقیصه، روش تعمیم یافته‌ی CRS ارائه گردید. این روش بر خلاف تصحیح DMO که اطلاعات مربوط به همه رخدادهای ممکن با شیب‌های مختلف را جمع‌آوری می‌کند، تنها به چند عملگر برانبارش مجزا در هر نمونه از مقطع ZO که باید شبیه‌سازی شود، اجازه همکاری برای تهیه اثر میدان موج در آن نمونه را می‌دهد. در نتیجه ابتدا نیاز داریم تا بدانیم که در چه محل‌هایی و چه نمونه‌هایی از مقطع دورافت صفر، چنین شرایط تداخل شیب‌هایی رخ می‌دهد. به همین منظور طیف زاویه^۱ که در واقع مقدار همدوسی به عنوان تابعی از زاویه ورودی در راستای یک عملگر خطی در مقطع برانبارش شده CMP است، باید محاسبه گردد. یک طیف زاویه در شکل ۳-۱ برای یک نمونه از مقطع دورافت صفر که بر روی یک رخداد واقعی قرار گرفته، نمایش داده شده است.

^۱- Angle spectrum



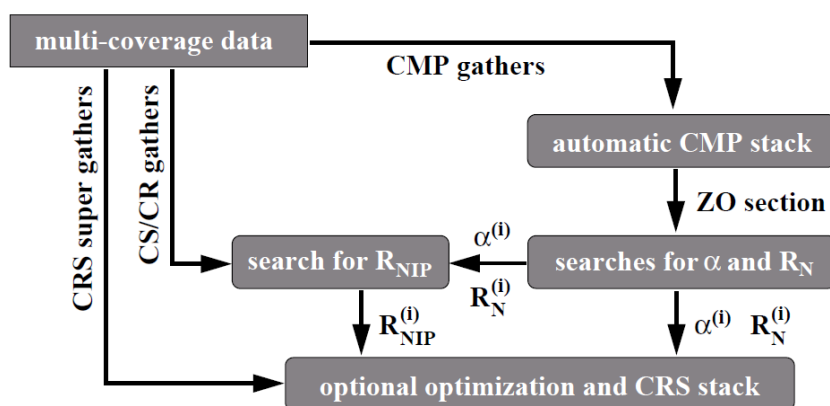
شکل ۳-۱: همدوسی به عنوان تابعی از زاویه ورودی α که در راستای یک عملگر خطی در مقطع بر انبارش شده CMP، برای یک نمونه ZO منتخب، محاسبه شده است. سه مقدار بیشینه واضح مربوط به دو پراش در زوایای 30° - و 25° و یک بازتاب ضعیف در 12° در شکل دیده می‌شوند (من، ۲۰۰۲).

سه مقدار بیشینه در این مثال دیده می‌شود که مربوط به دو رخداد پراش و یک رخداد بازتاب هستند که همدیگر را در نمونه ZO مربوطه قطع کرده‌اند. علاوه بر این چندین بیشینه محلی هم دیده می‌شوند که به نظر می‌رسد به رخداد خاصی تعلق ندارند.

اگر همدوسی یک رخداد از مقدار حد آستانه‌ی^۱ تعریف شده توسط کاربر بیشتر شود، برای فرآیند برانبارش در نظر گرفته می‌شود، در غیر این صورت از آن صرف نظر می‌گردد. بعد از شناسایی نمونه‌هایی که مسئله تداخل شیب‌ها در آن رخ داده است، جستجوی ZO خطی برای هر زاویه ورودی جداگانه $\alpha^{(i)}$ ، رخداد‌های مختلف که در ساختن یک نمونه با هم همکاری داشته‌اند) که در مرحله قبل مشخص شده‌اند، انجام می‌گردد. سپس جستجوی ZO هذلولی، مجدداً برای هر رخداد شناسایی شده، انجام می‌شود و شعاع انحنای $R_N^{(i)}$ را برای هر شیب که در پدید آمدن آن نمونه همکاری داشته، فراهم می‌نماید. در استراتژی جستجوی عملی، R_{NIP} از رابطه بین V_{NMO} و زاویه ورودی که در مرحله اول به دست آمده بود، تهیه می‌شد. البته محاسبه R_{NIP} از α و V_{NMO} در حالت تداخل شیب-

^۱- Threshold

ها، امکان پذیر نیست، زیرا به طور کلی زوایای ورودی بیش از یک عدد، و مقدار سرعت برانبارش V_{NMO} تنها یک مقدار است. با توجه به رابطه عملگر بر انبارش (رابطه ۱۳-۲)، $R_{NIP}^{(i)}$ در مقطع ZO تاثیر نمی گذارد ($h=0$) و از α هم نمی تواند در برداشت CMP ($x_m=x_0$) جدا شود. بنابراین مقدار $R_{NIP}^{(i)}$ نه از طریق مقطع بر انبارش شده CMP و نه از برداشت های CMP قابل محاسبه نمی باشد. برای حل این مسئله من (۲۰۰۱) یک جستجوی اضافه ای برای بدست آوردن مقدار $R_{NIP}^{(i)}$ در زیر مجموعه دیگری از داده های دارای هم پوشانی پیشنهاد داد، یعنی برداشت های چشمه مشترک / گیرنده مشترک (CS/CR). در نتیجه در این مرحله به ازای هر $\alpha^{(i)}$ و هر $R_N^{(i)}$ ، یک جستجو برای $R_{NIP}^{(i)}$ انجام می شود. نهایتاً همه نشانگرهای میدان موج برای هر نمونه از مقطع دورافت صفر به دست می آید. یک نمودار ساده از این استراتژی در شکل ۲-۳ مشاهده می شود.



شکل ۲-۳: نمودار ساده شده استراتژی جستجوی تعمیم یافته. مراحل پردازش نشان داده شده، باید برای هر نمونه ZO که می خواهد شبیه سازی شود، انجام گردند. همه ردلرزه ها در بازه مکانی CRS به عنوان آبر برداشت های CRS مشخص شده اند (من، ۲۰۰۲).

نکته مهم در اینجا، تعیین حد آستانه توسط کاربر است که اگر خیلی پایین تعریف شود، نه تنها رخدادهای نادرست زیادی به عنوان رخدادهای تشکیل دهنده نمونه ها در نظر گرفته می شوند، بلکه زمان بیشتری هم برای محاسبات صرف می گردد. از طرف دیگر اگر مقدار حد آستانه، بالا تعریف شود، ممکن است برخی رخدادهای لازم، در نظر گرفته نشوند. دشواری کار در این روش، مشخص کردن شرایط شیب های متداخل و تعداد رخدادهایی است که باید در نظر گرفته شوند. به دلیل در نظر

گرفتن تعداد گسسته‌ای از رخدادها، ممکن است تعداد رخدادهای شناسایی شده و سپس تصویر شده برای هر نمونه متفاوت باشد، به گونه‌ایی که رخدادهای لرزه‌ای در تصویر نهایی به صورت تکه تکه^۱ و غیر یکنواخت نشان داده شوند.

۳-۳ روش برانبارش CDS مبتنی بر داده

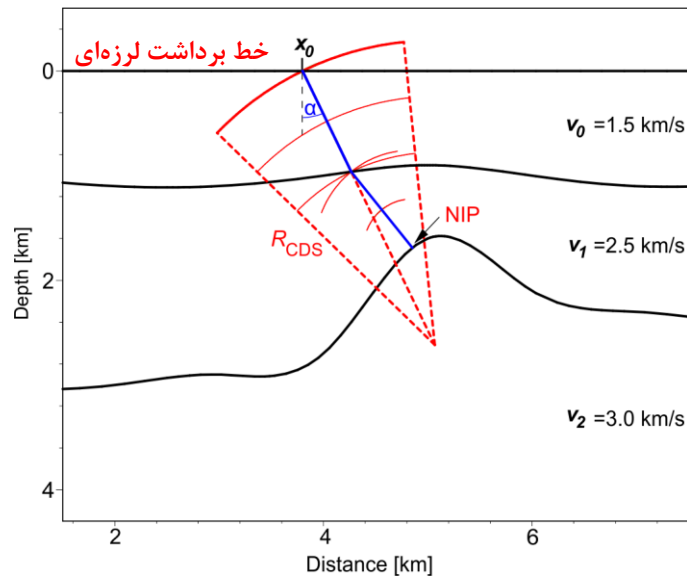
در روش پیشنهادی من (۲۰۰۲) تعداد مشخصی عملگر در هر نمونه از مقطع دخالت دارد. این محدودیت روش تعمیم یافته‌ی CRS در نواحی با شیب‌های متداخل و دارای پراش مشکل‌ساز است. سلیمانی (۱۳۸۸) در جهت رفع این مشکل با الهام از روش DMO تغییراتی در روش CRS ایجاد و روش CDS را پیشنهاد داد. در روش CDS تعیین مقدار α براساس همدوسی بیشتر صورت نمی‌گیرد، بلکه از طیف زاویه فرود با گام مشخص استفاده می‌شود. این خاصیت روش CDS باعث آشکارسازی بهتر پراش‌های ضعیف می‌شود، اما زمان مورد نیاز برای پردازش نیز بسیار زیاد می‌شود. بازه‌ی (α_{max} و α_{min}) و گام da توسط کاربر تعیین می‌شود. در این بازه تمام رخدادها و پراش‌ها هر چند ضعیف در نظر گرفته می‌شوند که این امر، منجر به اثرپذیری این روش از نوفه‌های زمینه می‌گردد. بنابراین از نیازهای اولیه‌ی این روش، تهیه ورودی با کمترین سطح نوفه‌ی است. از آنجا که این روش پارامترهای مورد نیاز برانبارش را مستقیماً از پردازش داده‌های پیش از برانبارش بدست می‌آورد و همچنین تکیه‌ی زیادی بر آشکارسازی پراش‌ها دارد، بدین‌گونه نام‌گذاری شده است: برانبارش "سطح پراش مشترک".

۳-۳-۱ عملگر برانبارش CDS

همانگونه که در فصل قبل بیان شد در روش CRS، نقاط روی سطح رخداد به صورت نقاط تشکیل دهنده یک بازتابنده در نظر گرفته می‌شود که دو پارامتر R_{NIP} و R_N در آن دارای مقادیر

^۱- Fragmented

متفاوتی می‌شوند. اما زمانی که این نقاط را به صورت نقاط پراش در نظر بگیریم، هر دو پارامتر دارای مقدار یکسانی می‌شوند (من، ۲۰۰۲). سلیمانی (۱۳۸۸) با برابر قرار دادن این پارامترها $(R_{CDS} = R_N = R_{NIP})$ را معرفی نمود (شکل ۳-۳).

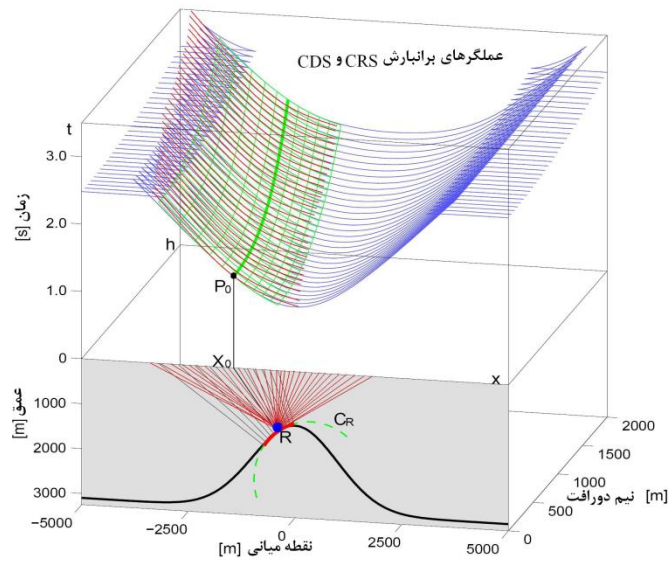


شکل ۳-۳: شعاع موج N و شعاع موج NIP با یکدیگر برابر و به آن R_{CDS} گفته می‌شود.

سلیمانی (۲۰۰۹) با اصلاح عملگر CRS، عملگر CDS را اینگونه بیان نمود:

$$t_{hyp}^2(x_m, h) = \left[t_0 + \frac{2 \sin \alpha (x_m - x_0)}{V_0} \right]^2 + \frac{2 t_0 \cos^2 \alpha}{V_0} \left[\frac{(x_m - x_0)^2 + h^2}{R_{CDS}} \right] \quad (1-3)$$

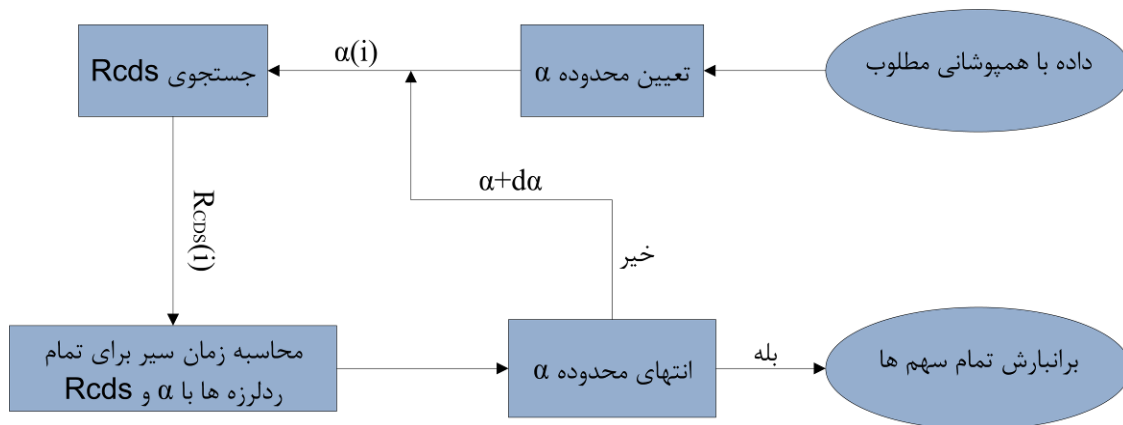
در رابطه‌ی بالا $R_{CDS} = R_N = R_{NIP}$ است و سایر پارامترها همانند پارامترهای روش CRS است که در فصل قبل توضیح داده شده است. در واقع بر اساس اصل هویگنس، با در نظر گرفتن چشمه‌های ثانویه بیشتر در کنار هم و تشکیل سطحی از نقاط پراش در روی بازتابنده، شعاع انحنای موج نرمال (R_N) بدست می‌آید. این در صورتی است که پرتوی NIP نیز در هر یک از این نقاط پراش وجود دارد. در این صورت شعاع انحنای موج NIP و موج نرمال را می‌توان تقریباً معادل یکدیگر و برابر یک شعاع انحنای در نظر گرفت و با نماد R_{CDS} نشان داد. در شکل ۳-۴ نمونه‌ای از عملگر برانبارش CDS قابل مشاهده است.



شکل ۳-۴: دو عملگر برانبارش CRS و CDS برای نقطه‌ی مرکزی R نشان داده شده است. عملگر برانبارش CDS شامل تمام زوایای ممکن است (سلیمانی، ۱۳۸۸).

۳-۳-۲ تعیین پارامتر

تنها پارامتری که در روش CDS باید محاسبه شود، پارامتر R_{CDS} است. روش جستجوی پارامتر در این روش با روش‌های یگر (۱۹۹۸) و من (۲۰۰۲) در روش CRS متفاوت است. از مزیت و نیاز روش CDS این است که از ابتدا به کل دسته داده‌های قبل از برانبارش نیاز دارد، نه تنها به زیرمجموعه‌ای از آنها (سلیمانی، ۱۳۸۸). در این استراتژی از ابتدا وارد حجم کل داده‌ها شده و به کمک معادله CDS، به جستجوی تنها پارامتر باقی‌مانده، یعنی R_{CDS} پرداخته می‌شود. ابتدا محدوده و گام افزایش زاویه تعیین شده سپس برای هر زاویه یک عملگر برانبارش محاسبه می‌شود. این فرایند تا اتمام بازه زاویه و برای تمام نمونه‌های موجود در مقطع دورافت صفر تکرار خواهد شد. در گام نهایی، نتیجه برانبارش تمام سطوح با یکدیگر جمع شده و به نمونه مربوطه در مقطع دورافت صفر اختصاص داده خواهد شد. مراحل تهیه مقطع نهایی به کمک روش CDS در الگوریتم زیر قابل مشاهده است.



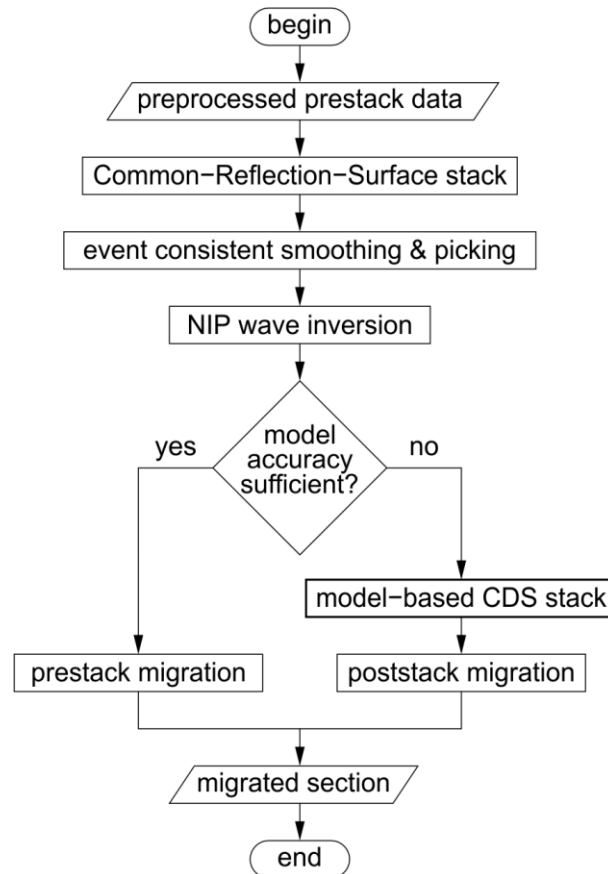
شکل ۳-۵: مراحل بدست آوردن مقطع لرزه‌ای به کمک روش CDS (سلیمانی، ۱۳۸۸) (با اعمال تغییرات).

۴-۳ روش برانبارش CDS مبتنی بر مدل

در بخش قبل ذکر شد که روش CDS مبتنی بر داده، روشی زمان‌بر بوده، بویژه در صورت افزایش بازه جستجوی زاویه ورود، زمان پردازش بسیار افزایش خواهد داشت. شاهسونی و همکاران (۲۰۱۱) با ارائه روش CDS مبتنی بر مدل (MB-CDS^۱) زمان بدست آوردن مقطع نهایی را کاهش دادند. نتیجه‌ی نهایی هر دو روش یکسان بوده، ولی روش تعیین پارامتر RcDS متفاوت می‌باشد. شاهسونی و همکاران (۲۰۱۱) مراحل تهیه‌ی مقطع کوچ را در الگوریتم شکل ۳-۶ بیان کردند.

هر چند روش CDS در مناطق با ساختار ساده نیز قابل استفاده است، اما از مهمترین کاربردهای آن، استفاده از این تکنیک در ساختارهای پیچیده‌ای است که تهیه‌ی مدل دقیق سرعت در آنها دشوار است. روش MB-CDS نیز تنها به مدل سرعت بزرگ مقیاس نیاز دارد که خود از مزایای این روش است (عدم نیاز به دقت بالا در مدل سرعت ورودی).

^۱ Model based Common Diffraction Surface



شکل ۳-۶: مراحل بدست آوردن دو مقطع با دو روش مهاجرت قبل از برانبارش و مهاجرت بعد از برانبارش به کمک روش MB-CDS (شاهسونی، ۲۰۱۱).

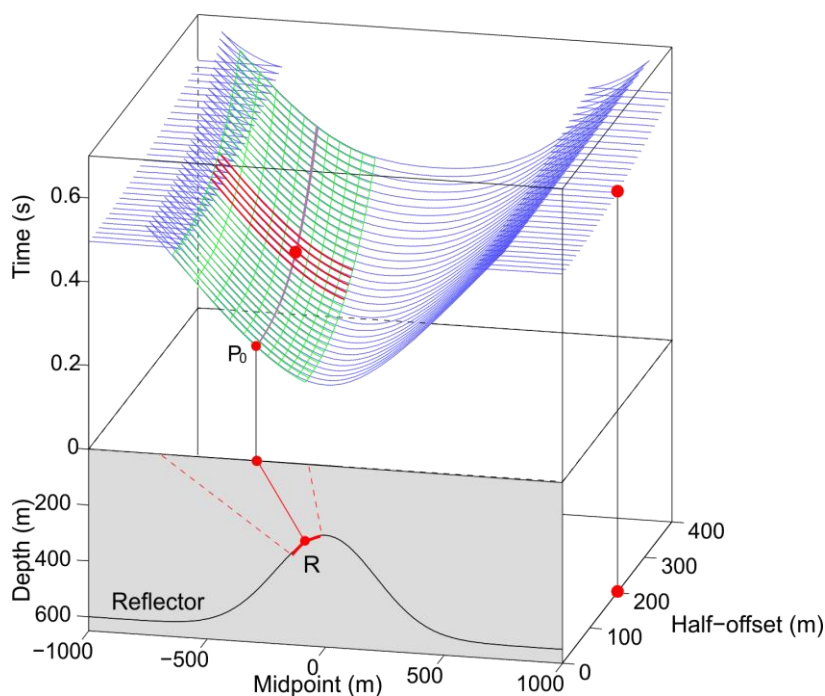
لازم به ذکر است که این روش نیز از عملگر برانبارش رابطه‌ی (۳-۱) استفاده می‌کند.

۳-۵ روش برانبارش CDS با دورافت محدود

در داده‌های لرزه‌ای بدست آمده از مناطق با ساختار پیچیده، اختصاص ردلرزه‌های بدست آمده به محل واقعی‌شان دشوار بوده و گاه به صورت ناصحیح انجام می‌گیرد. همچنین بازتاب‌های خارج از خط برداشت در داده حضور داشته و علاوه بر آن، موج‌های کائوستیک و سایر نوفه‌های همدوس و غیر همدوس، باعث افزایش سطح نوفه در این گونه داده‌ها نسبت به داده‌های مناطق ساده خواهد شد. این نوفه‌ها در روش‌های برانبارش صفحه‌ای تاثیر چشمگیری دارند.

مخصوصاً این نوفه‌ها در روش CDS به‌مراه پراش‌های ضعیف تقویت می‌شوند. بایکولوف (۲۰۰۹)

برای حل این مسئله و افزایش کیفیت مقطع برانبارش در روش CRS، روش برانبارش CRS با دورافت محدود^۱ را معرفی کرد. عملگر برانبارش CRS با دورافت محدود حول نقطه‌ی معینی (P_0) با مختصات زمان سیر، دورافت و نقطه‌ی میانی مشخص محاسبه و برانبارش در امتداد این سطح اعمال می‌شود. شکل ۷-۳ این عملگر را در حوزه زمان-نقطه میانی-نیم دورافت به صورت سطح قرمز رنگ نشان می‌دهد.



شکل ۷-۳: سطح برانبارش CRS با دورافت محدود. منحنی‌های قرمز رنگ که منطبق بر سطح برانبارش CRS (سطح سبز رنگ) است، نشان دهنده سطح برانبارش CRS با دورافت محدود است. برانبارش دامنه‌ها در محدوده قرمز رنگ صورت می‌گیرد (بایکولوف ۲۰۰۹).

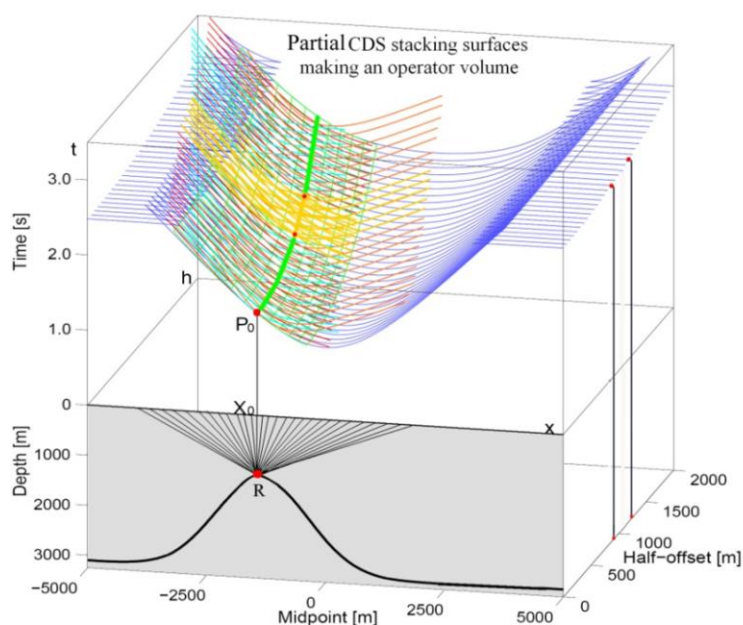
بالارستاقی (۱۳۹۱) بمنظور عملکرد بهتر روش CDS در مواجهه با شیب‌های متداخل و جبران کمبود انرژی در مناطقی نظیر محل برخورد انتهای گنبد‌های نمکی با لایه‌های اطرافش و همچنین پوشش دادن دورافت‌هایی که در آنها اطلاعات به دلایل ذکر شده از دست رفته‌اند، روش برانبارش سطح پراش مشترک با دورافت محدود (FO-CDS) را معرفی نمود. از آنجایی که برانبارش در دورافت محدود انجام می‌شود، این روش در مواجهه با نوفه‌های غیر همدوس بهتر از روش برانبارش CDS عمل

^۱- Finite Offset CRS

می‌کند.

۳-۵-۱ عملگر برانبارش FO-CDS

در برانبارش CDS با دورافت محدود، مجموعه‌ای از سطوح برانبارش در هر نمونه و در محدوده‌ی دورافت مشخص، حجمی از سطوح برانبارش را ایجاد می‌کنند. این سطوح حول نقطه‌ی معینی روی منحنی زمان‌سیر در مختصات نقطه میانی و زمان (p_0) در هر محدوده‌ی دورافت دلخواه قابل محاسبه می‌باشند. سپس برانبارش داده‌ها در امتداد این حجم برانبارش صورت می‌گیرد. نتیجه‌ی برانبارش نمونه‌ای با دورافت صفر در مختصات نقطه میانی و زمان است. در شکل ۳-۸ سطح برانبارش زرد رنگ نشان دهنده سطح برانبارش سطح پراش مشترک با دورافت محدود (FO-CDS) است. این سطح از سطح برانبارش CDS کوچکتر بوده و دارای سطح انطباق بیشتری با سطح آبی رنگ دورافت مشترک است.



شکل ۳-۸: سطح برانبارش CDS با دورافت محدود. سطح زرد رنگ نشان دهنده سطح برانبارش با دورافت محدود است که بر سطح برانبارش CDS منطبق است. این سطح برای هر نمونه (P_0) در مختصات نقطه میانی-زمان در هر بازه دورافت دلخواهی قابل محاسبه است و برانبارش دامنه‌ها تنها در این محدوده انجام می‌شود (بالارستانی، ۱۳۹۱).

تفاوتی در رابطه‌ی ریاضی عملگر FO-CDS و CDS وجود ندارد، تنها تفاوت این دو عملگر در

دورافت در نظر گرفته شده برای عملگر برانبارش است. عملگر برانبارش در دورافت محدود طبق رابطه‌ی (۲-۳) اعمال می‌شود.

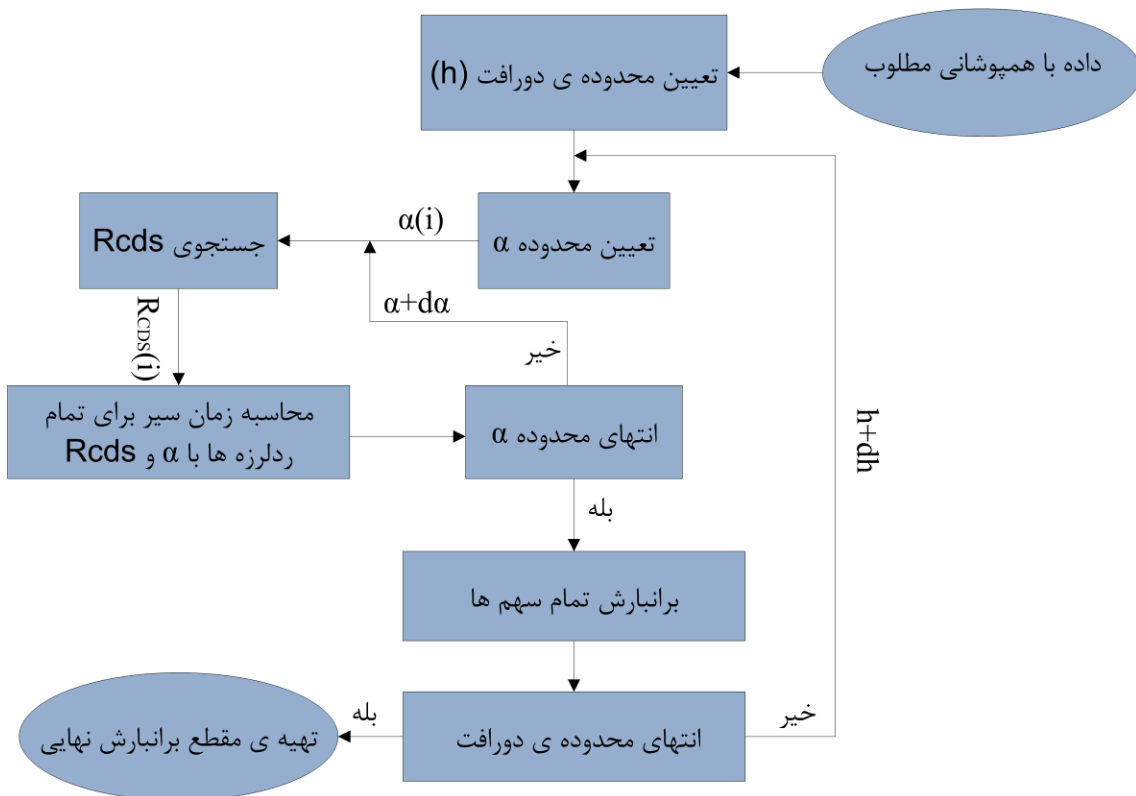
$$bt_0 + c < dh < bt_0 + d \quad (2-3)$$

که در آن $dh = d - c$ محدودهی دورافت است. پارامتر b در رابطه‌ی (۲-۳) تغییرات محدودهی دورافت را در مقابل زمان، یا عمق بازتابنده را کنترل می‌کند. پارامترهای c و d اندازه بهینه و موقعیت بازه دورافت را برای هر نمونه P_0 تعیین می‌کنند. رابطه‌ی (۳-۳) نشان دهنده عملگر FO-CDS در یک دورافت دلخواه می‌باشد.

$$t_{hyp}^2(X_m, h) = \left[t_0 + \frac{2 \sin \alpha (X_m - X_0)}{V_0} \right]^2 + \frac{2 t_0 \cos^2 \alpha}{V_0} \left[\frac{(X_m - X_0)^2 + dh^2}{R_{CDS}} \right] \quad (3-3)$$

اگر دورافت بزرگ انتخاب شود، نتیجه‌ی نهایی تفاوتی با روش معمول CDS ندارد.

مراحل برانبارش به روش FO-CDS در شکل زیر قابل مشاهده است.



شکل ۳-۹: نمودار مرحله‌وار روش FO-CDS.

تعیین محدوده‌ی دورافت در روش FO-CDS تاثیر زیادی بر عملکرد روش دارد. R_{CDS} که از رابطه (۳-۳) بدست می‌آید نسبت به R_{CDS} بدست آمده از رابطه (۱-۳) دارای دقت بیشتری است. به این دلیل که در دورافت محدود، انطباق جبهه موج‌های نرمال و NIP بهتر صورت می‌گیرد و در نتیجه رابطه تقریبی $R_{cds} = R_{NIP} = R_N$ از دقت بالاتری برخوردار خواهد بود. از طرف دیگر با توجه به اینکه عمل جمع بستن دامنه‌ها روی محور دورافت صورت می‌گیرد، با محدود کردن دورافت، پهنای زون فرنل نیز محدود می‌شود. بنابراین انرژی دریافتی از عمق‌های پایینی با دقت بیشتری در مقطع برانبارش حفظ می‌شوند و در نتیجه با افزایش قدرت تفکیک جانبی، تصویرسازی بهتری در اعماق پایین‌تر در فرآیند کوچ صورت می‌گیرد.

۳-۶ عملگر زمان سیر غیر هذلولی

یکی از ارکان مهم تصویرسازی، تصحیح NMO است که تلاش‌های بسیاری در تهیه‌ی رابطه‌ای کارآمد در این زمینه صورت گرفته است. از ابتدای شکل‌گیری روش‌های پردازشی، روابط زمان سیر بر پایه‌ی رابطه‌ی دیکس (رابطه (۳-۴) بنا شدند (تانر و کوهلر، ۱۹۶۹).

$$t = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{V_{RMS}^2}}, \quad V_{RMS}^2 \approx \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \quad (۳-۴)$$

که در آن x دورافت، V سرعت و t_0 زمان در دورافت صفر است اما این رابطه توانایی تطابق را در دورافت‌های دور از دست می‌دهد.

در ادامه به دلیل عدم دقت کافی رابطه مذکور، با استفاده از بسط تیلور مرتبه‌های بالاتر، روابطی دیگر بدست آمد که از آن جمله مدل‌های سرعت استفاده شده در تصحیح NMO می^۱ و استرالی^۲

^۱- May

^۲- Straley

(۱۹۷۹)، در تحلیل AVO گیدلو^۱ و فتی^۲ (۱۹۹۰) و روس^۳ (۱۹۹۷) را می‌توان نام برد. از روابط کاربردی می‌توان از رابطه‌ی هذلولوی جابجا شده یاد کرد که ابتدا توسط مالویچکو^۴ (۱۹۷۸) و سپس توسط دی‌بازلاری (۱۹۸۸) بیان شد.

$$t = t_0 - t_p + \sqrt{t_p^2 + \frac{x^2}{V_{RMS}^2}} \quad (۵-۳)$$

به هر حال این روابط برای یک برداشت CMP کاربرد دارند. در روش‌های MF به دلیل در نظر گرفتن مشخصات رخدادها، نیاز به رابطه‌ای جامع وجود دارد. هوبرال (۱۹۸۳) ۳ نشانگر جنبشی را معرفی کرد که بیان کننده‌ی مشخصات رخدادها است. یگر (۱۹۹۹) با استفاده از این نشانگرها و بسط تیلور، رابطه‌ی هذلولوی را برای روش CRS در نظر گرفت. روش‌های بیان شده در بخش‌های قبل تماماً بر پایه‌ی هذلولوی عمل می‌کنند. از آنجا که روش CDS بر اساس آشکارسازی پراش‌ها عمل می‌کند، این امکان وجود دارد که عملگر سهموی بهتر از عملگر هذلولوی عمل کند. در این تحقیق روش CDS بر اساس عملگر سهموی بازنویسی می‌شود. هوش و همکاران (۱۹۹۹) با بسط تیلور روابط (۲-۸) و (۲-۹) رابطه‌ی زیر را بیان نمودند:

$$t(x_m, h) = t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0) + \frac{\cos^2 \alpha}{v_0 R_N} (x_m - x_0)^2 + \frac{\cos^2 \alpha}{v_0 R_{NIP}} h^2 - \frac{\sin \alpha \cos^2 \alpha}{v_0 R_N^2} (x_m - x_0)^3 - \frac{\sin \alpha \cos^2 \alpha (2 R_{NIP} + R_N)}{v_0 R_{NIP}^2 R_N} (x_m - x_0) h^2 - \frac{\cos^2 \alpha (2 R_{NIP} + R_N)}{2 v_0 R_{NIP}^3 R_N^2} \left[\begin{array}{l} R_{NIP}^2 (8 \cos^2 \alpha - 6) + R_{NIP} R_N (5 \cos^2 \alpha - 4) \\ - 2 R_N^2 \sin^2 \alpha \end{array} \right] (x_m - x_0)^2 h^2 \quad (۶-۳) - \frac{\cos^2 \alpha (5 \cos^2 \alpha - 4)}{4 v_0 R_N^3} (x_m - x_0)^4 + \frac{\cos^2 \alpha (2 R_{NIP} \sin^2 \alpha - R_N \cos^2 \alpha)}{4 v_0 R_{NIP}^3 R_N} h^4$$

هرچند با در نظر گرفتن مراتب بالاتر بسط تیلور، دقت نیز افزایش می‌یابد، اما میزان محاسبات نیز

^۱- Gidlow
^۲- Fatti
^۳- Ross
^۴- Malovichko

افزایش خواهد داشت. بنابراین این رابطه تا بسط مرتبه‌ی دوم در نظر گرفته می‌شود. همانگونه که گفته شد اگر رخدادهای را به صورت مجموعه‌ای از نقاط پراش در نظر بگیریم رابطه‌ی سهموی در روش CDS به صورت زیر است:

$$t_{\text{par}}(x_m, h) = t_0 + \frac{2\text{Sin } \alpha(x_m - x_0)}{V_0} + \frac{\text{Cos}^2 \alpha}{V_0} \left[\frac{(x_m - x_0)^2 + h^2}{R_{\text{CDS}}} \right] \quad (7-3)$$

در فصل بعد این عملگر بر داده‌ها اعمال می‌شود و کارایی آن آزمایش می‌شود.

بررسی کارایی عملکرد سهامی بر داده‌ی مصنوعی و واقعی

فصل چهارم: بررسی کارایی عملکرد سهموی برداده‌ی مصنوعی و واقعی

۱-۴ مقدمه

جهت بررسی عملکرد روش‌هایی که در فصول قبل بیان شدند، ابتدا داده‌ای مصنوعی و سپس داده‌ای واقعی مورد پردازش قرار می‌گیرند. مقاطع کوچ پس از برانبارش حاصل از این روش‌ها با مقطع کوچ پیش از برانبارش (PSTM) نیز مقایسه می‌شود.

۲-۴ داده مصنوعی:

این داده لرزه‌ای به عنوان یک داده مصنوعی استاندارد از روی یک مدل واقعی در خلیج مکزیک توسط شرکت نفتی SMAART و به کمک روش دیفرانسیل محدود^۱ (FD) ساخته شده است. این مدل در واقع الگویی از برداشت لرزه‌ای دریایی است که هم دارای لایه‌های رسوبی و افقی بوده و هم دارای ساختار گنبدی شکل با هندسه پیچیده به همراه یک ساختار ناودیس مانند می‌باشد. همچنین

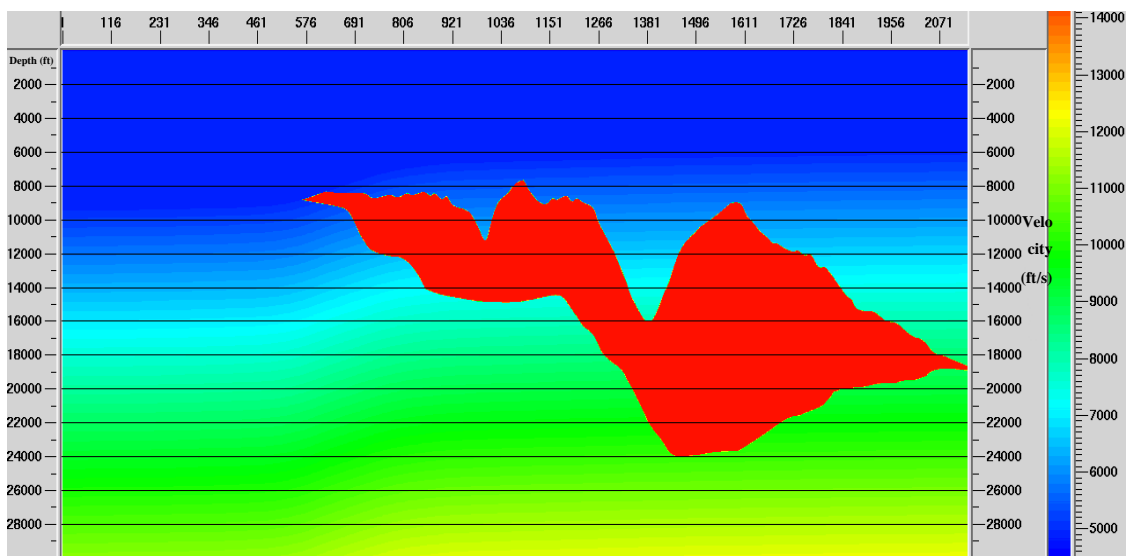
1-Finite difference

مدل دارای نقاط پراش متعددی است که در بین قسمت لایه‌ایی شکل تعبیه شده است. تمامی لایه‌ها در این مدل ایزوتروپ می‌باشند. هندسه مدل نیز در واحدهای انگلیسی ارائه شده است. حجم داده‌های قبل از برانبارش در مدل Sigsbee 2A به کمک روش دیفرانسیل محدود (FD) در تخمین معادله آکوستیک موج تهیه شده است. بنابراین داده‌ها دارای انواع چندگانه‌هایی است که در لایه‌های افقی بوجود می‌آیند. سطح آب به عنوان یک سطح آزاد در نظر گرفته نشده، بنابراین چندگانه‌های حاصل از ستون آب در مدل وجود نخواهند داشت. چشمه‌ها و گیرنده‌ها ۲۵ فوت زیر سطح آب واقع شده و پارامتر اندازه‌گیری فشار است. تمام داده‌های برداشت شده به سطح مرجع افقی که چشمه‌ها و گیرنده‌ها بر روی آن قرار دارند اختصاص داده شده است. در جدول ۴-۱ برخی از پارامترهای داده نشان داده شده است.

جدول ۴-۱: پارامترهای داده مصنوعی Sigsbee 2A

۵۰۰	تعداد چشمه‌ها
۱۵۰ فوت	فاصله چشمه‌ها
۳۴۸	تعداد گیرنده‌ها
۷۵ فوت	فاصله گیرنده‌ها
۱۲ ثانیه	زمان ثبت
۸ میلی ثانیه	فاصله نمونه برداری زمانی
۲۰ هرترز	فرکانس غالب

این داده شامل توده‌ای پرسرعت (نمک) با انحنای زیاد است که باعث ایجاد پراش‌های فراوان شده است. سرعت موج در نمک در این داده ۱۴۸۰۰ فوت بر ثانیه در نظر گرفته شده است. افزایش سرعت در قسمت رسوبی (سمت چپ مدل) مطابق رابطه $v = v_0 + kz$ تهیه شده که در آن v_0 برابر ۵۰۰۰ فوت بر ثانیه و Z میزان عمق نسبت به سطح آب است. در شکل ۴-۱ این توده نمک قابل مشاهده است.



شکل ۴-۱: توده پرسرعت با رنگ قرمز نشان داده شده است.

در اولین گام، داده لرزه‌ای با روش CRS مورد پردازش قرار می‌گیرد. سپس قسمتی از داده که شامل پراش است با روش‌های بیان شده در فصل ۳ بررسی می‌شود. در پردازش به روش CRS از پارامترهای جدول ۴-۲ استفاده شده است.

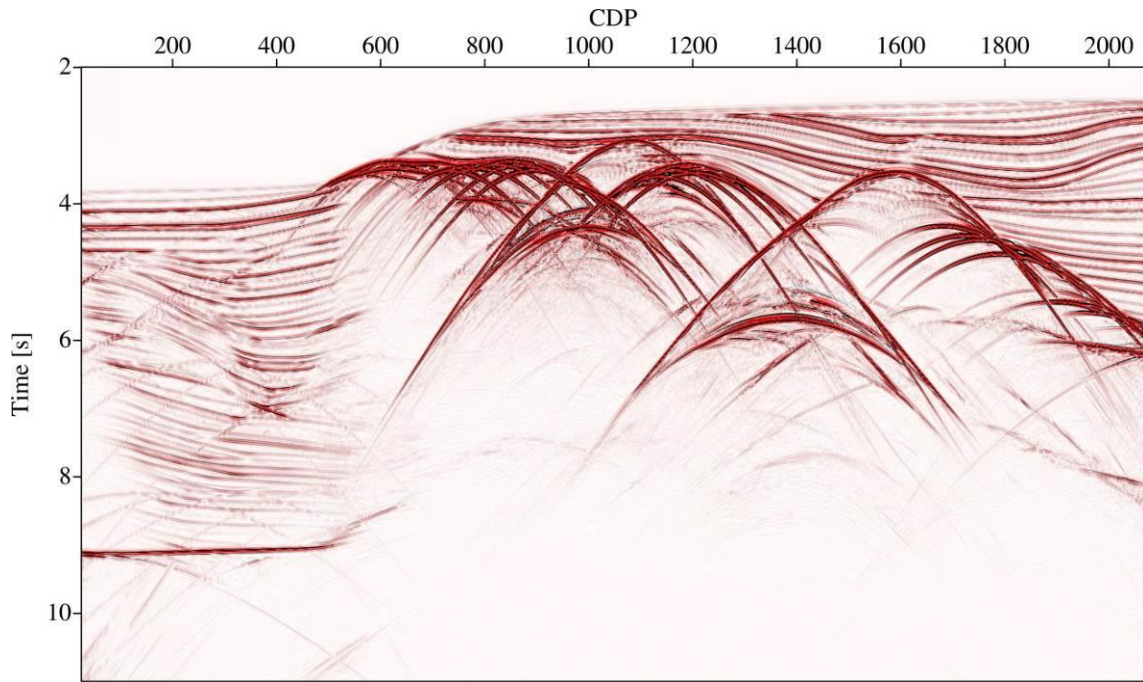
جدول ۴-۲: پارامترهای مورد استفاده در پردازش به روش CRS

مقدار	پارامتر پردازش	نوع پارامتر
۲۰ هرتز	فرکانس غالب	پارامترهای عمومی
شبه بودن	معیار همدوسی	
رده‌های اصلی	داده‌های مورد استفاده در آنالیز همدوسی	
۵۶ میلی ثانیه	عرض نوار همدوسی	
۴۹۲۰ فوت بر ثانیه	سرعت نزدیک سطح	سرعت و مرزهای جستجوی سرعت بهینه
۴۵۰۰ تا ۲۰۰۰۰ فوت بر ثانیه	سرعت برانبارش تحت جستجو	
۲ تا ۱۱ ثانیه	زمان سیر شبیه‌سازی شده در ZO	منطقه هدف
۸ میلی ثانیه	فاصله نمونه‌برداری در شبیه‌سازی	
۲۰۵۳	تعداد رده‌های شبیه‌سازی شده در ZO	
۳۷/۵ فوت	فاصله بین رده‌ها در شبیه‌سازی ZO	
۱۷۰۰ فوت در ۲ ثانیه	حداقل بازه ZO	بازه جستجوی بین رده‌ها
۵۸۳۰ فوت در ۱۱ ثانیه	حداکثر بازه ZO	

نوع پارامتر	پارامتر پردازش	مقدار
	حداقل بازه CMP	۶۰۰۰ فوت در ۲/۳ ثانیه
	حداکثر بازه CMP	۲۵۰۰۰ فوت در ۱۱ ثانیه
	ابعاد تعمیم بازه	٪۳۰
برانبارش خودکار CMP	اولین برونراند نرمال برای بزرگترین دورافت	۸ میلی ثانیه
	تعداد مراتب کاهش ابعاد شبکه	۳
جستجوی خطی ZO	بازه زاویه مورد جستجو	۶۰- تا ۶۰+ درجه
	گام بین زاویه‌های مورد جستجو	۱ درجه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	۳
جستجوی هذلولوی ZO	اولین برونراند برای بزرگترین فاصله ZO	۸ میلی ثانیه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	۳
جستجوی هذلولوی در CS/CR	اولین برونراند نرمال برای بزرگترین دورافت	۸ میلی ثانیه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	۳
بهینه‌سازی محلی	آستانه همدوسی برای کمترین زمان سیر	۰/۰۵
	آستانه همدوسی برای بزرگترین زمان سیر	۰/۰۲
	حداکثر تعداد تکرار در جستجو	۱۰۰
	حداکثر انحراف نسبی برای توقف جستجو	10^{-4}
	تغییرات اولیه در زوایای ورودی	۶ درجه
	تغییرات اولیه برای R _{NIP}	٪۵
	تغییرات اولیه برای R _N تبدیل یافته	۶ درجه
	تبدیل شعاع برای R _N	۳۵۰ فوت

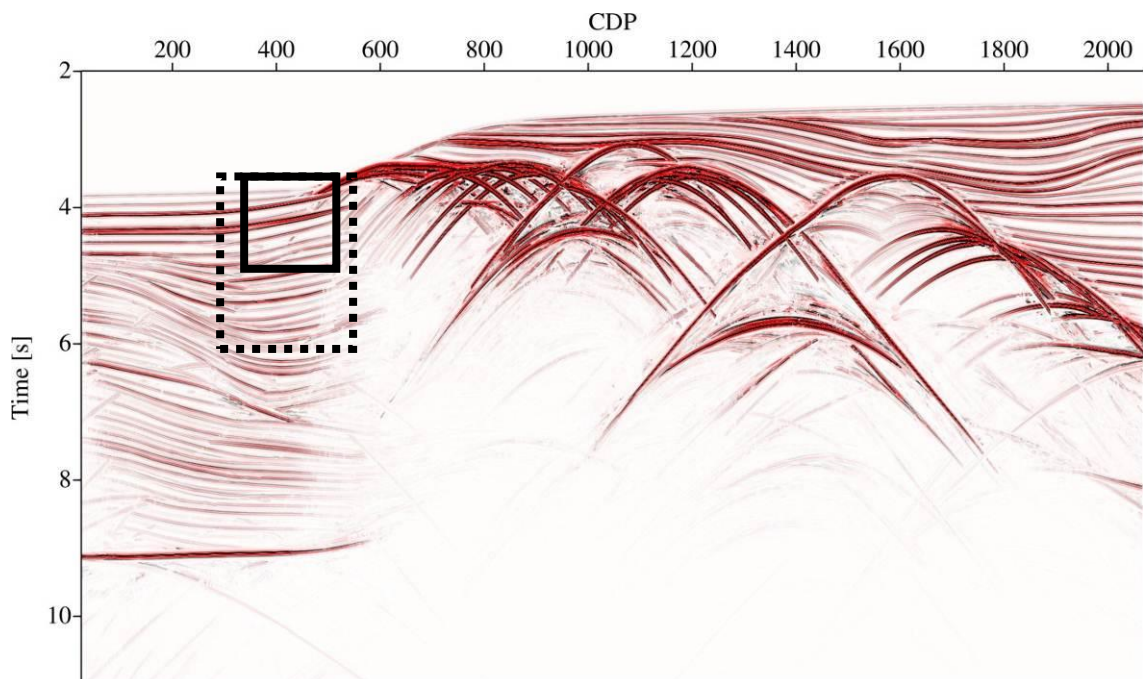
اولین مرحله در روش CRS برانبارش CMP است. مقطع برانبارش CMP در شکل ۴-۱ مشاهده

می‌شود.



شکل ۴-۲: مقطع برانبارش CMP.

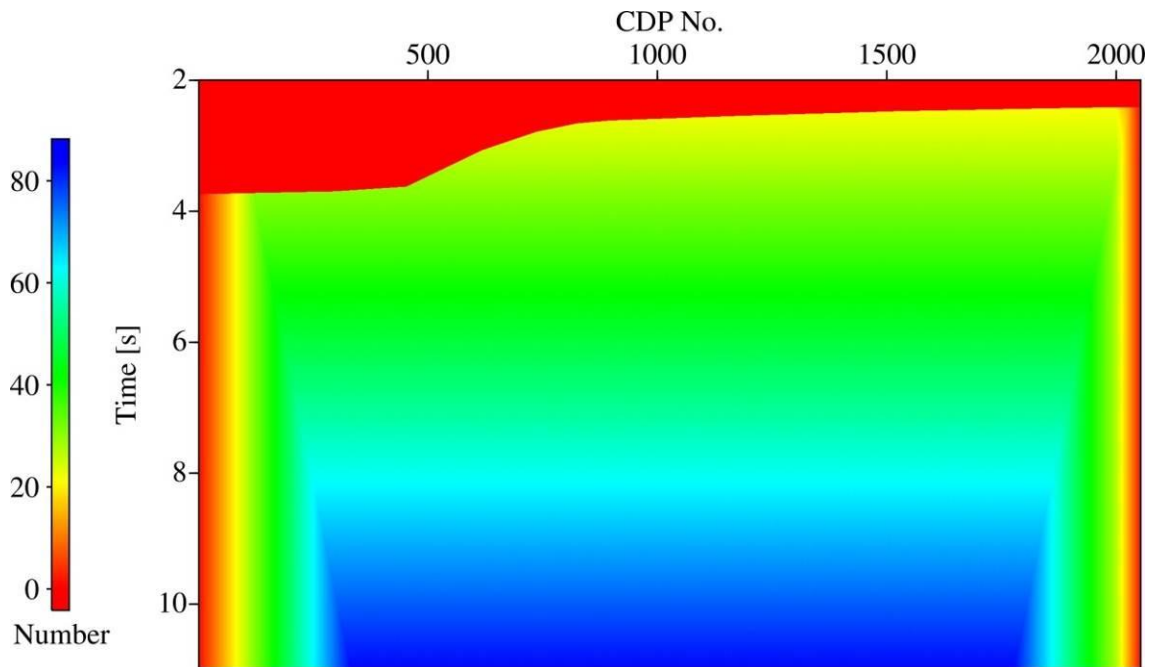
در شکل ۴-۳ مقطع برانبارش نهایی CRS مشاهده می‌شود که بخش با کادر سیاه رنگ به دلیل وجود پراش در آن ناحیه برای پردازش به روش‌های مختلف انتخاب شده است.



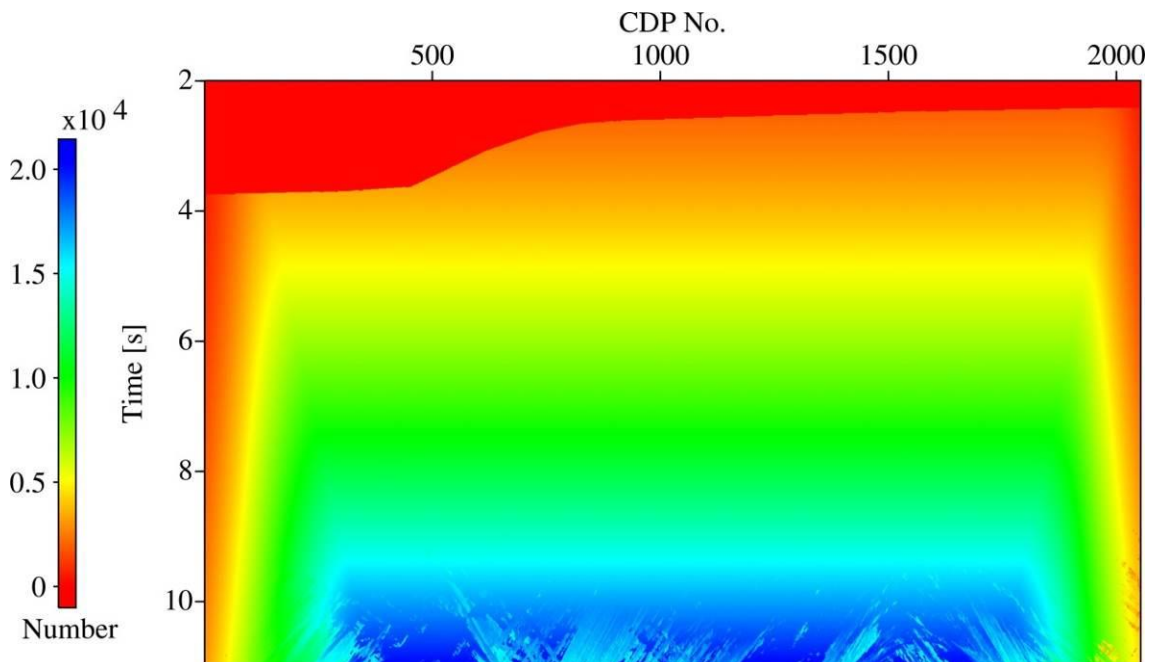
شکل ۴-۳: مقطع برانبارش CRS، کادر سیاه رنگ جهت پردازش انتخاب شده است.

حداکثر تعداد ردلرزه برانبارش شده (فولد) برای یک ردلرزه در مقطع برانبارش CMP، ۸۲ ردلرزه

است اما در روش برانبارش صفحه‌ای (CRS) این عدد بسیار بالاتر است. در شکل ۴-۴ و شکل ۵-۴ میزان فولد برای هر دو روش CMP و CRS مشاهده می‌شود.



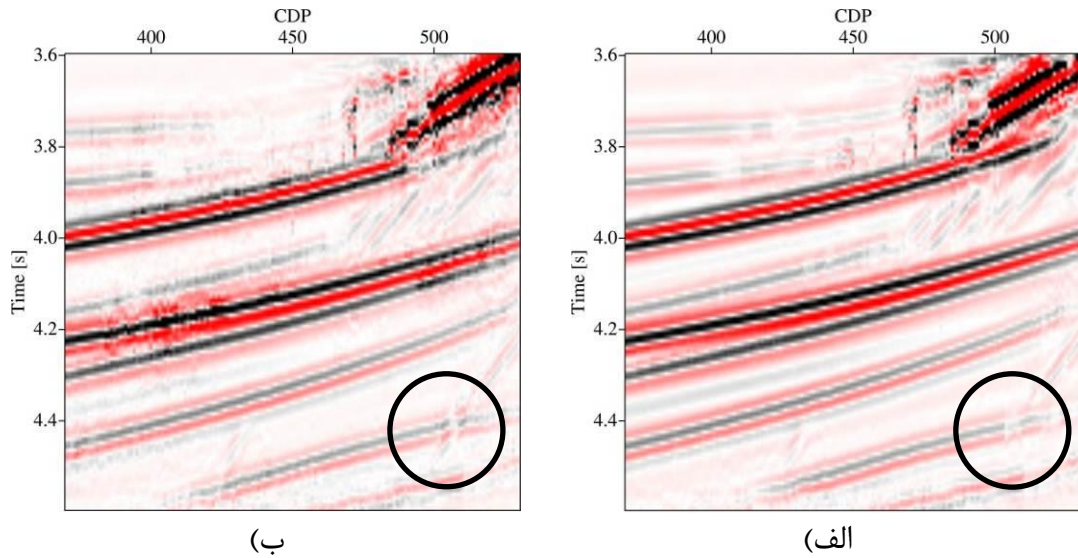
شکل ۴-۴: میزان فولد در مقطع برانبارش CMP.



شکل ۵-۴: میزان فولد در مقطع برانبارش CRS.

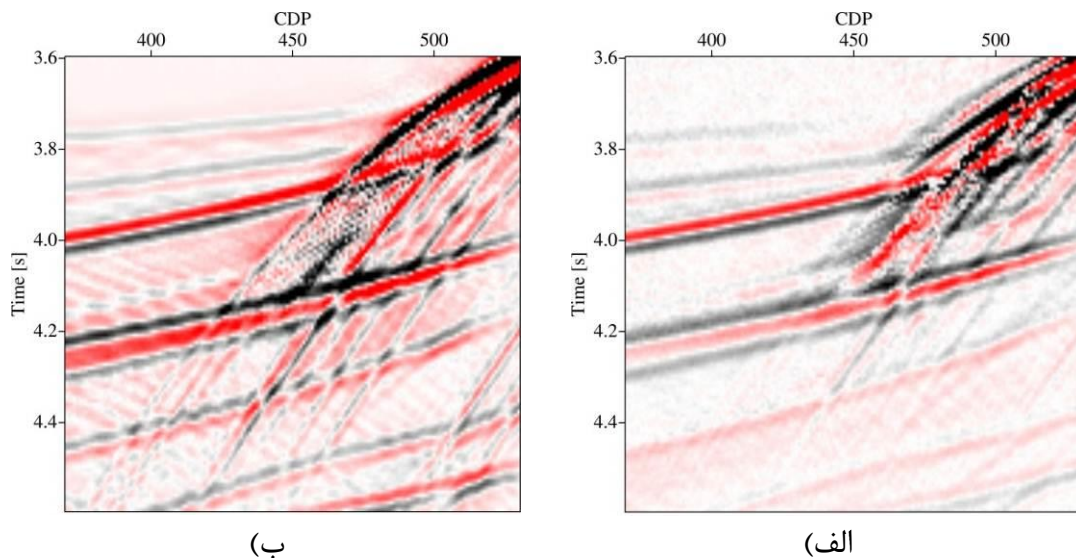
این تفاوت در مقدار فولد به دلیل دخالت دادن ردلرزه‌های در محدوده‌ی زون فرنل، در برانبارش است که این ویژگی از مزیت روش‌های برانبارش صفحه‌ای است.

کادر مشخص شده در شکل ۳-۴ شامل CDP های شماره ۳۷۰ تا ۵۳۰ (۱۶۰ ردلرزه) در محدوده‌ی زمانی ۳,۶ تا ۴,۶ ثانیه است.



شکل ۴-۶: مقطع حاصل از روش‌های الف) CRS (ب) CRS تعمیم یافته.

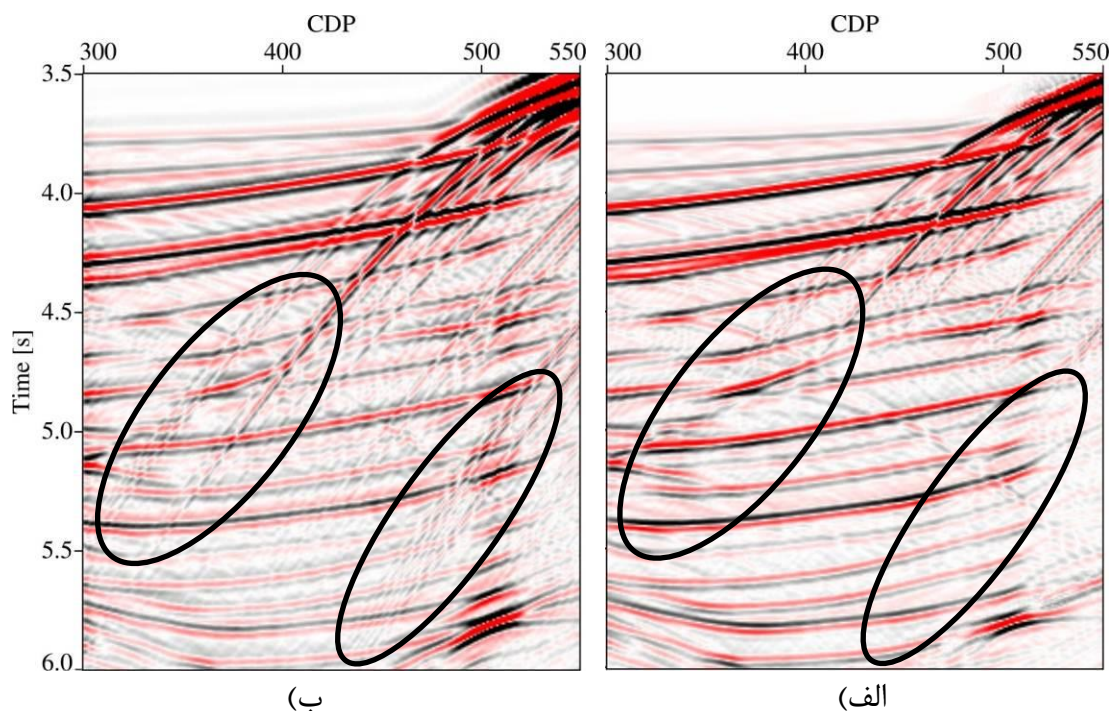
در روش CRS تعمیم یافته تنها تعداد معدودی از شیب‌های متداخل آشکار می‌شود. در شکل ۴-۶ قسمت مشخص شده، شامل دو رخداد با شیب متداخل است که در مقطع حاصل از روش CRS تعمیم یافته امتداد رخداد ضعیف‌تر بهتر مشخص شده است. اما همانطور که دیده می‌شود در سایر نواحی تنها رخداد قوی‌تر دیده می‌شود. روش CDS به همین دلیل ارائه شد تا در کنار رخداد‌های قوی رخداد‌های ضعیف نیز آشکارسازی شود. در این تحقیق روش CDS بر پایه‌ی رابطه‌سهموی بازنویسی شده است. در شکل ۴-۷ دو مقطع حاصل از روش CDS با روابط سهموی و هذلولوی نشان داده شده است.



شکل ۷-۴: مقاطع حاصل از روش CDS با روابط الف) سهموی و ب) هذلولوی.

روش CDS توانایی آشکارسازی پراش‌های ضعیف را دارد. روش CDS بر پایه‌ی سهموی (شکل ۷-۴-الف) در دورافت دور توانایی تطابق بر امتداد پراش‌ها را از دست می‌دهد، ولی همین روش بر پایه‌ی هذلولوی امتداد پراش‌ها را به خوبی آشکار ساخته است حتی نسبت به روش CRS تعمیم یافته نیز توانا تر عمل کرده است (شکل ۷-۴-ب). همانطور که در شکل ۷-۴ مشاهده می‌شود علاوه بر پراش‌های ضعیف، نوفه‌های زمینه نیز تقویت شده‌اند. در روش FO-CDS با محدود کردن دورافت اثرپذیری مقطع برانبارش از نوفه‌های زمینه کاهش می‌یابد.

از آنجا که در روش FO-CDS امتداد پراش‌ها بهتر آشکار می‌شود، قسمت بزرگتری از داده مورد پردازش قرار گرفت تا تفاوت دو روش مشخص باشد. کادر نقطه چین مشخص شده در شکل ۳-۴ شامل CDPهای شماره ۳۰۰ تا ۵۵۰ (۲۵۱ ردلرزه) در محدوده‌ی زمانی ۳,۵ تا ۶,۱۲ ثانیه (۳۱۴ نمونه زمانی) است. در شکل ۸-۴ مقاطع برانبارش حاصل از روش‌های CDS و FO-CDS قابل مشاهده است.



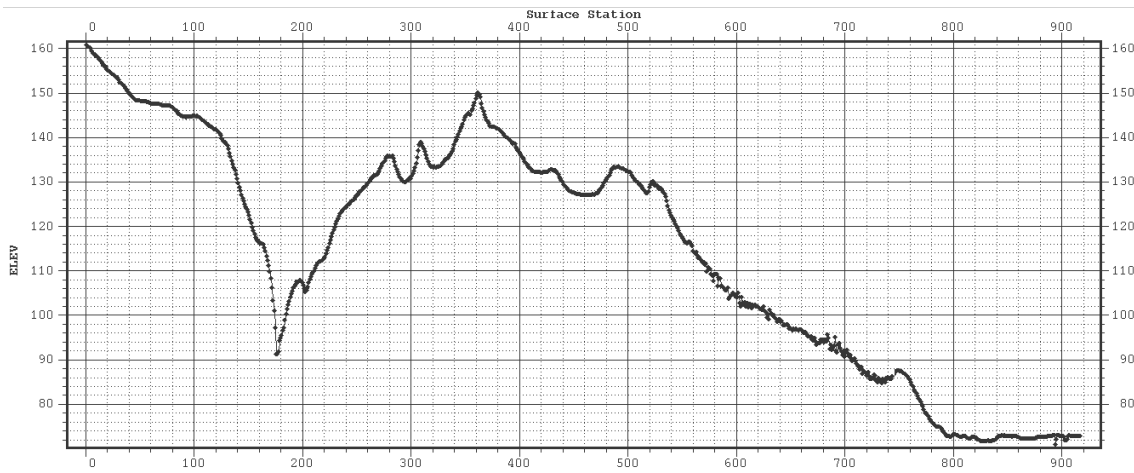
شکل ۴-۸: مقاطع حاصل از روش‌های الف) CDS و ب) FO-CDS، در روش FO-CDS امتداد پراش‌ها بهتر آشکار شده است.

ابتدا توجه شود که شکل ۴-۷-ب و شکل ۴-۸-الف هر دو با یک روش مشابه پردازش شده‌اند و تنها تفاوت در حجم داده‌ی پردازش شده است. در شکل ۴-۸-الف امتداد پراش‌هایی که از گوشه‌ی بالا سمت راست مقطع شروع شده‌اند تا حدود ۴,۷ ثانیه کشیده شده است در حالی که در شکل ۴-۸-ب امتداد این پراش‌ها تا حدود ۵,۵ ثانیه کشیده شده است. این آشکارسازی در روش بهینه شده‌ی FO-CDS ناشی از محدود شدن دورافت در عملگر برانبارش است (رابطه ۳-۳). روش FO-CDS با تقسیم کل دورافت به چند قسمت مساوی عمل برانبارش را انجام می‌دهد که در این مورد دورافت به ۸ قسمت تقسیم شده است.

۴-۳ داده‌ی واقعی:

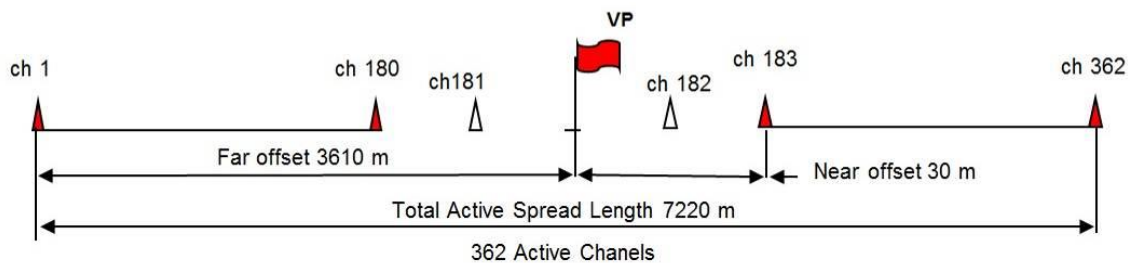
داده‌ی لرزه‌ای بازتابی با ساختار نسبتاً پیچیده جهت بررسی روش‌های بیان شده انتخاب شده است. این داده مربوط به غرب کشور قزاقستان است که در منطقه‌ای کوهستانی برداشت شده است. در

شکل ۹-۴ توپوگرافی قرارگیری گیرنده‌ها مشخص است.



شکل ۹-۴: توپوگرافی ایستگاه‌های گیرنده.

ساختار چینش برداشت داده‌ها بصورت گسترش متقارن^۱ است. فاصله‌ی میان هر ایستگاه گیرنده ۲۰ متر و فاصله‌ی میان هر ایستگاه چشمه نیز ۲۰ متر است. در هر برداشت چشمه مشترک ۳۶۲ ایستگاه گیرنده فعال است. در شکل ۱۰-۴ شمای کلی برداشت نمایش داده شده است.

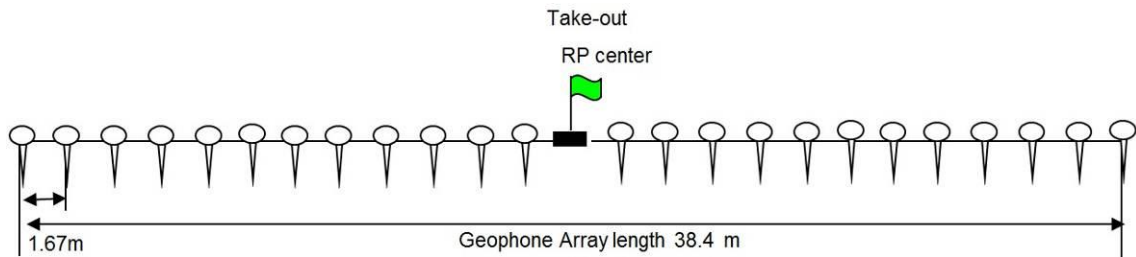


شکل ۱۰-۴: شمای کلی در هر برداشت چشمه مشترک.

در هر ایستگاه گیرنده ۲۴ عدد ژئوفون قرار دارد که با فاصله ۱,۶۷ متر از یکدیگر قرار دارند. آرایه گیرنده‌ها به صورت خطی^۲ است و شمای کلی آن در شکل ۱۱-۴ دیده می‌شود.

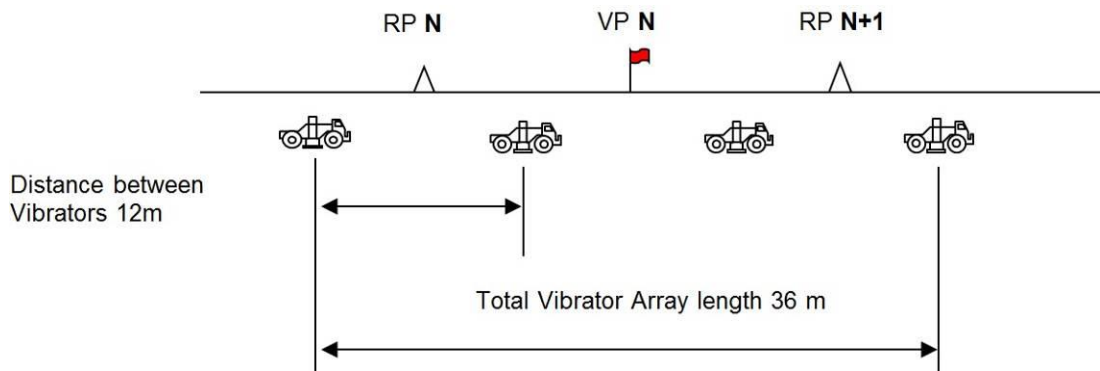
^۱- Symmetrical Split-Spread

^۲-In-line, equidistance



شکل ۴-۱۱: نحوه‌ی چینش ژئوفون‌ها در هر ایستگاه گیرنده.

در هر ایستگاه چشمه ۴ ارتعاشگر به صورت خطی قرار دارند که به فاصله ۱۲ متر از یکدیگر قرار دارند. در شکل ۴-۱۲ شمای قرارگیری آرایه چشمه نمایش داده شده است.



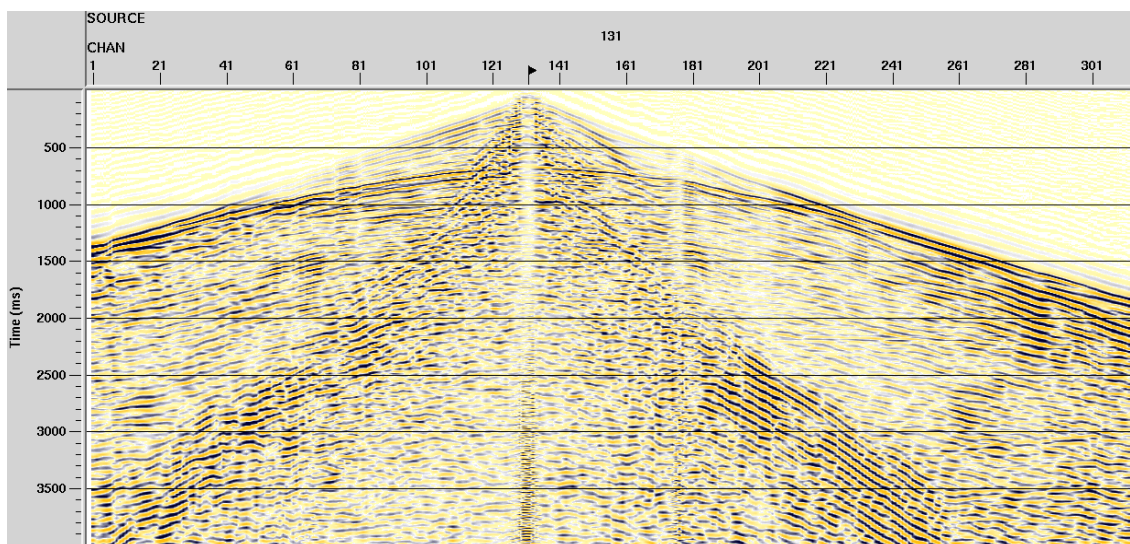
شکل ۴-۱۲: آرایه‌ی چشمه از ۴ ارتعاشگر به فاصله‌ی ۱۲ متر تشکیل شده است.

سایر مشخصات داده مورد نظر در جدول ۴-۳ بیان شده است.

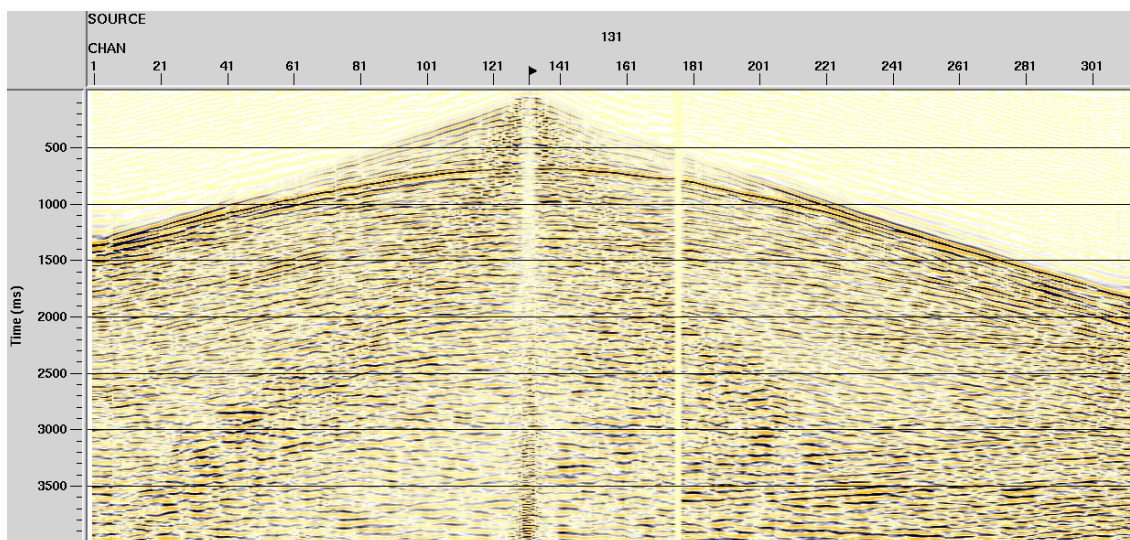
جدول ۴-۳: پارامترهای هندسه برداشت داده، مربوط به داده واقعی

مقادیر	مشخصات هندسه برداشت
۹۱۶	تعداد چشمه‌ها
۲۰ متر	فاصله چشمه‌ها
۳۶۲	تعداد گیرنده‌ها
۲۰ متر	فاصله گیرنده‌ها
۱۸,۳۲ کیلو متر	طول برداشت
۶ ثانیه	زمان ثبت
۲ میلی ثانیه	فاصله نمونه‌برداری زمانی
۲۰ هرتز	فرکانس غالب
۸ تا ۹۰ هرتز	محدوده‌ی فرکانس ارتعاشگر
۸ ثانیه	زمان موج سوپ
۱۸۳۲	تعداد CMP

به دلیل حساس بودن روش CDS به نوفه، ابتدا نوفه‌ها حذف گردید که در شکل ۴-۱۳ و شکل ۴-۱۴ یک برداشت چشمه مشترک قبل و بعد از حذف نوفه مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۱۳: یک برداشت چشمه مشترک مربوط به ساختار پیچیده قبل از حذف نوفه.



شکل ۴-۱۴: یک برداشت چشمه مشترک مربوط به ساختار پیچیده بعد از حذف نوفه.

۴-۳-۱ برانبارش به روش CRS

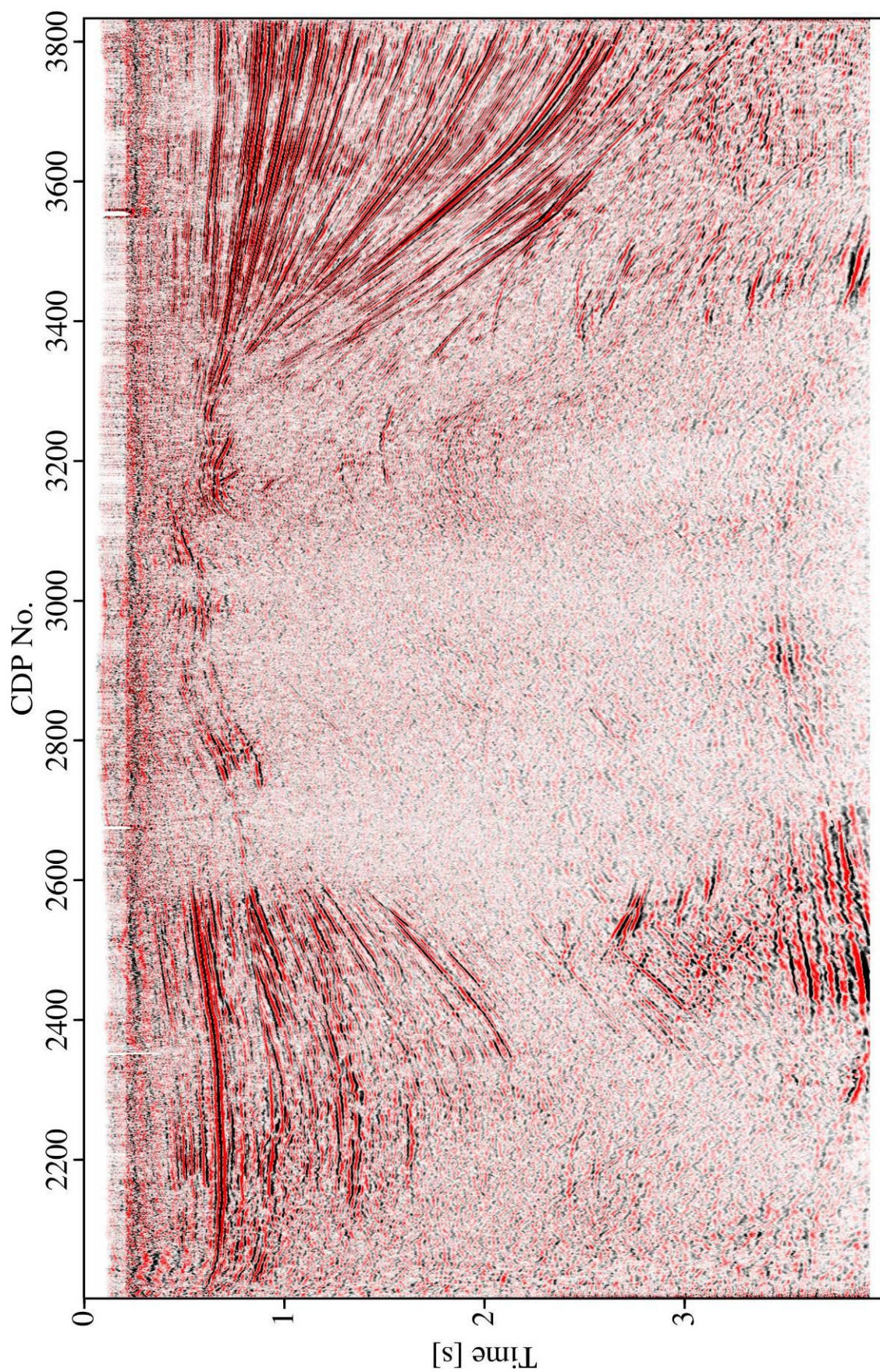
یکی از مهمترین پارامترهایی که در روش CRS باید تعیین شود، انتخاب بازه مناسب در امتداد محور X و دورافت است، به گونه‌ایی که پیوستگی مطلوبی در رخدادهای مقطع نهایی وجود داشته باشد. در این تحقیق بازه‌های ۱۵۰۰، ۱۰۰۰، ۷۵۰ و ۵۰۰ متر آزمایش شد که بازه‌ی ۷۵۰ متر بدلیل

پیوستگی بهتر در رخدادهای انتخاب شد. در پردازش به روش CRS از پارامترهای جدول ۴-۴ استفاده شده است.

جدول ۴-۴: پارامترهای استفاده شده در روش CRS برای پردازش داده با ساختار پیچیده.

نوع پارامتر	پارامتر پردازش	مقدار
سرعت و محدوده‌ی جستجوی آن	سرعت لایه‌ی سطحی	۲۰۰۰ متر بر ثانیه
	سرعت‌های برانبارش در جستجو	۱۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر بر ثانیه
منطقه هدف	زمان سیرهای ZO شبیه‌سازی شده	۰ تا ۴ ثانیه
	فاصله نمونه‌برداری زمانی در شبیه‌سازی	۴ میلی ثانیه
	تعداد ردلرزه‌های ZO شبیه‌سازی شده	۱۸۳۱
	فاصله بین ردلرزه‌های ZO در شبیه‌سازی	۱۰ متر
تعیین بازه جستجوی	حداقل بازه ZO	۵۰ متر در ۰/۲ ثانیه
	حداکثر بازه ZO	۷۵۰ متر در ۴ ثانیه
	حداقل بازه CMP	۵۰ متر در ۰/۲ ثانیه
	حداکثر بازه CMP	۳۷۸۰ متر در ۴ ثانیه
	ابعاد تعمیم بازه	٪۳۰
برانبارش خودکار CMP	اولین افزایش برون‌راند برای بزرگ‌ترین دورافت	۴ میلی ثانیه
	تعداد مراتب جستجو	۳
برانبارش خطی ZO	بازه زاویه مورد جستجو	۶۰- تا ۶۰+ درجه
	مقدار افزایش گام زاویه‌های مورد جستجو	۱ درجه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	۳
برانبارش هذلولوی ZO	اولین برون‌راند برای بزرگ‌ترین فاصله ZO	۴ میلی ثانیه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	۳
برانبارش هذلولوی در CS/CR	اولین برون‌راند نرمال برای بزرگ‌ترین دورافت	۴ میلی ثانیه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	۳

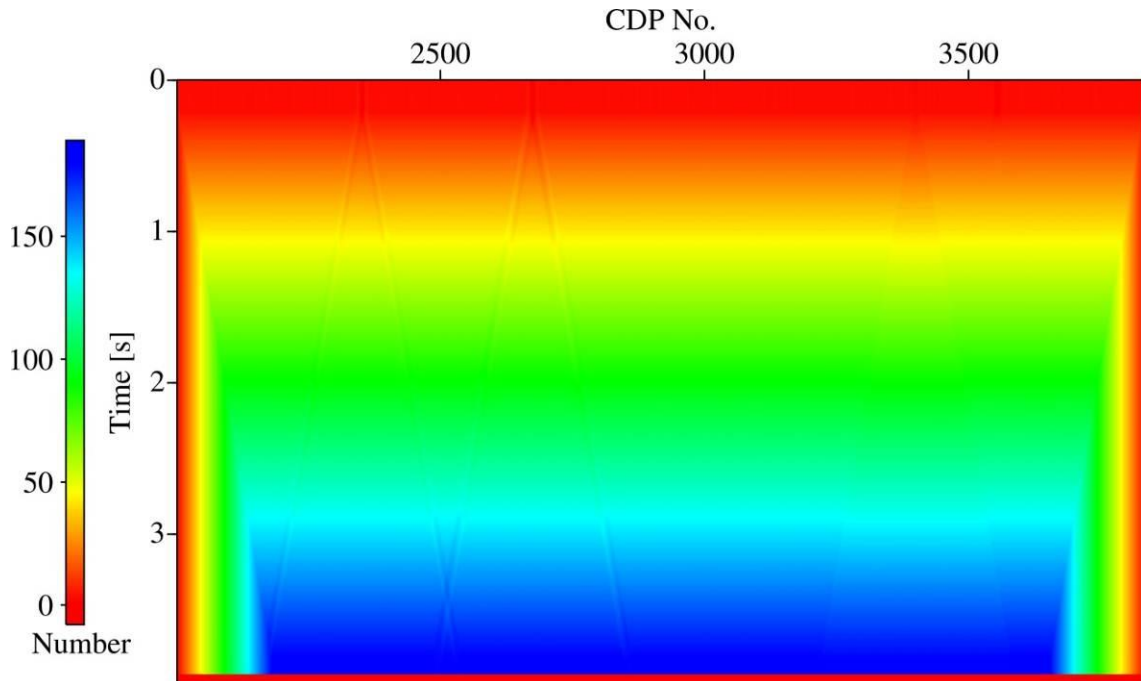
در برانبارش CRS اولین گام برانبارش خودکار CMP است. همان‌طور که در فصل دوم بیان شد در این مرحله ۵ مقطع بدست می‌آید که عبارت‌اند از: مقطع همدوسی، مقطع پارامتر q ، مقطع مجذور سرعت، مقطع تعداد ردلرزه‌های دخیل در برانبارش و مقطع دورافت صفر.



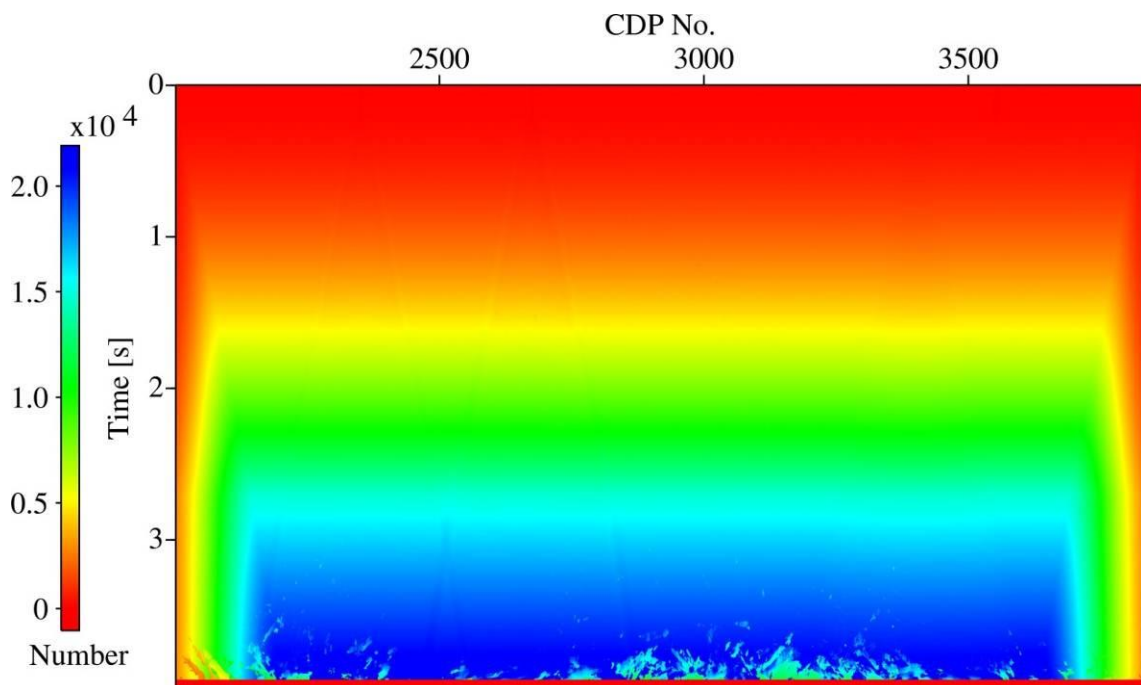
شکل ۴-۱۵: مقطع برانبارش خودکار CMP مربوط به ساختار پیچیده.

در شکل ۱۵-۴ برانبارش خودکار CMP مشاهده می‌شود. مقطع تعداد ردلرزه‌های دخیل در

برانبارش خودکار CMP در شکل ۱۶-۴ مشاهده می‌شود.



شکل ۱۶-۴: تعداد ردلرزه‌های دخیل در برانبارش خودکار CMP.

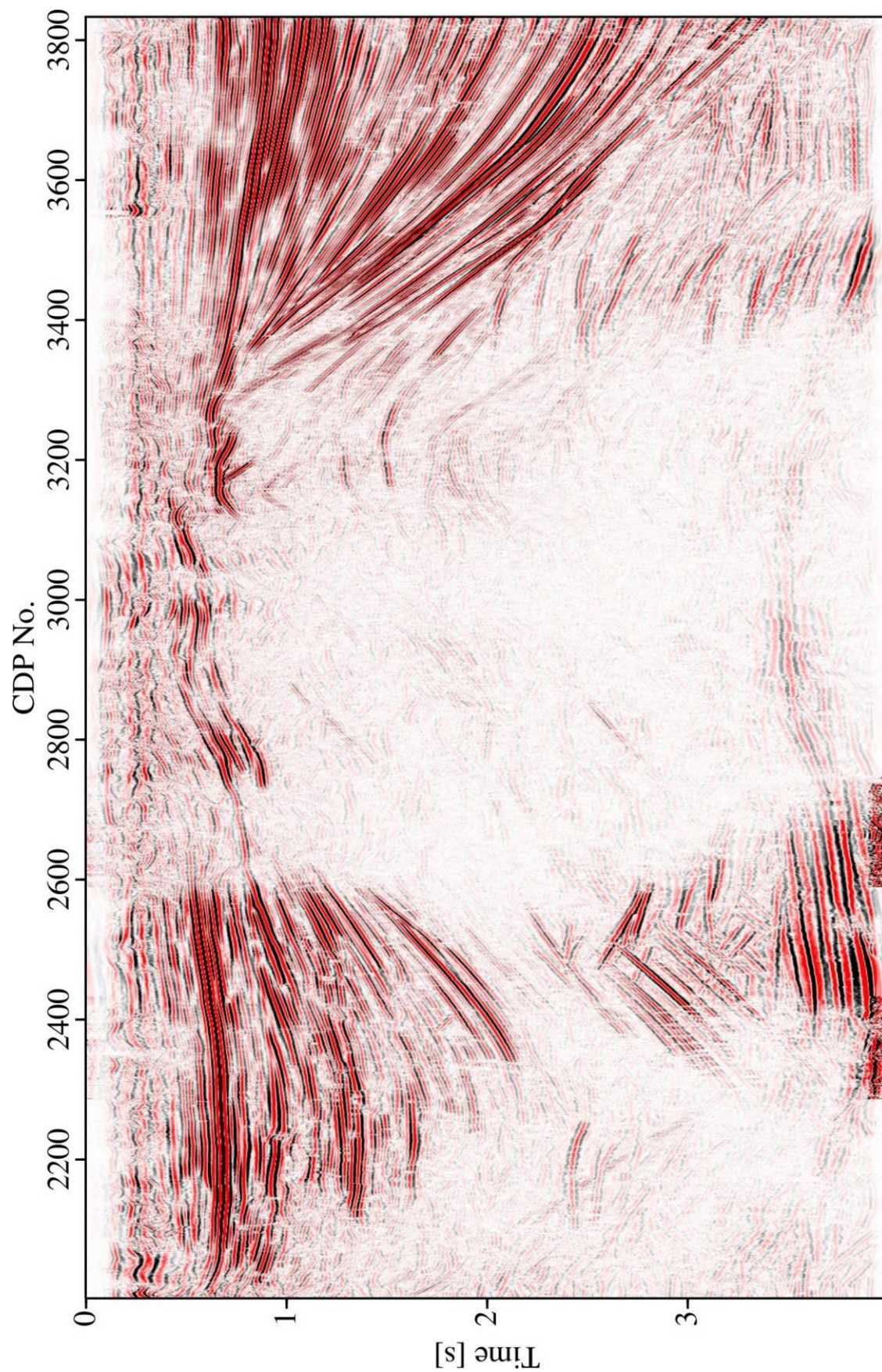


شکل ۱۷-۴: تعداد ردلرزه‌های دخیل در برانبارش CRS.

در مراحل میانی روش CRS مقاطع دیگری نیز بدست می‌آید که در اینجا تنها مقطع تعداد ردلرزه‌های دخیل در برانبارش CRS آورده شده است.

با مقایسه‌ی دو شکل قبل تفاوت روش‌های برانبارش صفحه‌ای و متداول را می‌توان مشاهده کرد. در برانبارش متداول، بیشترین تعداد ردلرزه دخیل در برانبارش، برابر ۱۸۰ ردلرزه است که در برانبارش CRS این عدد به ۲هزار ردلرزه می‌رسد. این ویژگی باعث افزایش چشمگیر نسبت سیگنال به نوفه می‌شود.

در شکل ۴-۱۸ مقطع برانبارش حاصل از روش CRS مشاهده می‌شود. در قیاس با مقطع برانبارش CMP، پیوستگی رخدادها بسیار بیشتر شده است. نوفه‌های زمینه در روش CRS کمتر تقویت شده است.



شکل ۴-۱۸: مقطع برانبارش حاصل از روش CRS پس از بهینه‌سازی.

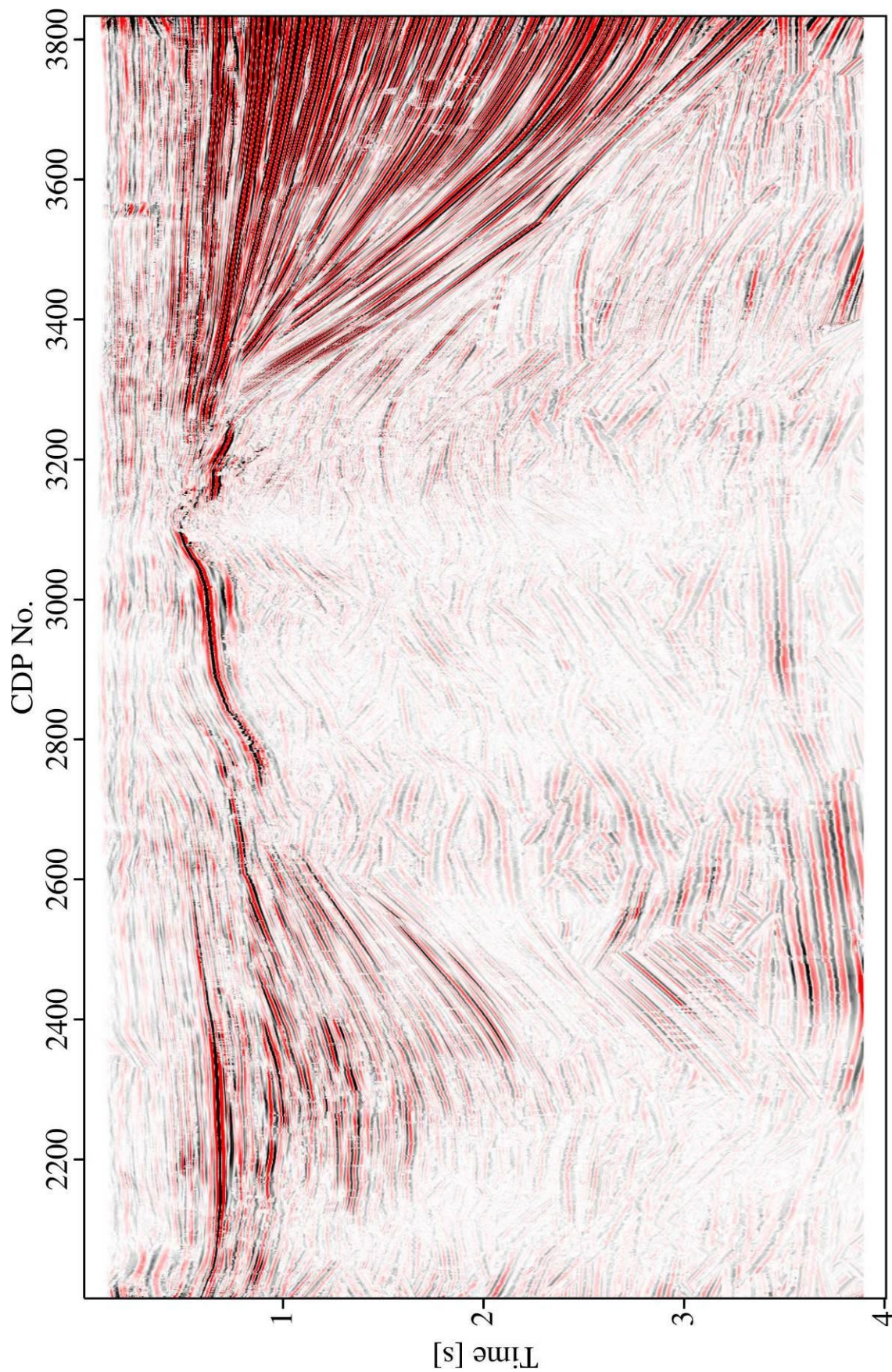
۲-۳-۴ برانبارش به روش CDS

همانطور که در فصل دوم بیان شد روش CRS بر اساس آشکارسازی همدوس‌ترین رخدادها عمل می‌کند. این ویژگی در تضعیف چندگانه‌ها موثر است، اما در نواحی با شیب متداخل رخداد با همدوسی کمتر نادیده گرفته می‌شود. این نقص در نواحی دارای پراش مشکل‌ساز است و امتداد پراش‌ها به دلیل همدوسی کمتر نسبت به رخدادهای دیگر، نادیده گرفته می‌شوند که بدین ترتیب آشکارسازی لبه‌های گنبدهای نمکی و گسل‌ها تقریباً غیرممکن می‌شود. روش برانبارش CDS بدون در نظر گرفتن همدوسی و فرض بر پراش بودن تمام نقاط یک بازتابنده، امتداد پراش‌ها در مقطع را به خوبی آشکارسازی می‌کند. در این تحقیق دو عملگر سهموی و هذلولوی برای روش CDS در نظر گرفته شده است. در برانبارش به روش CDS از پارامترهای جدول ۴-۵ استفاده شده است. سایر پارامترها همانند روش CRS است.

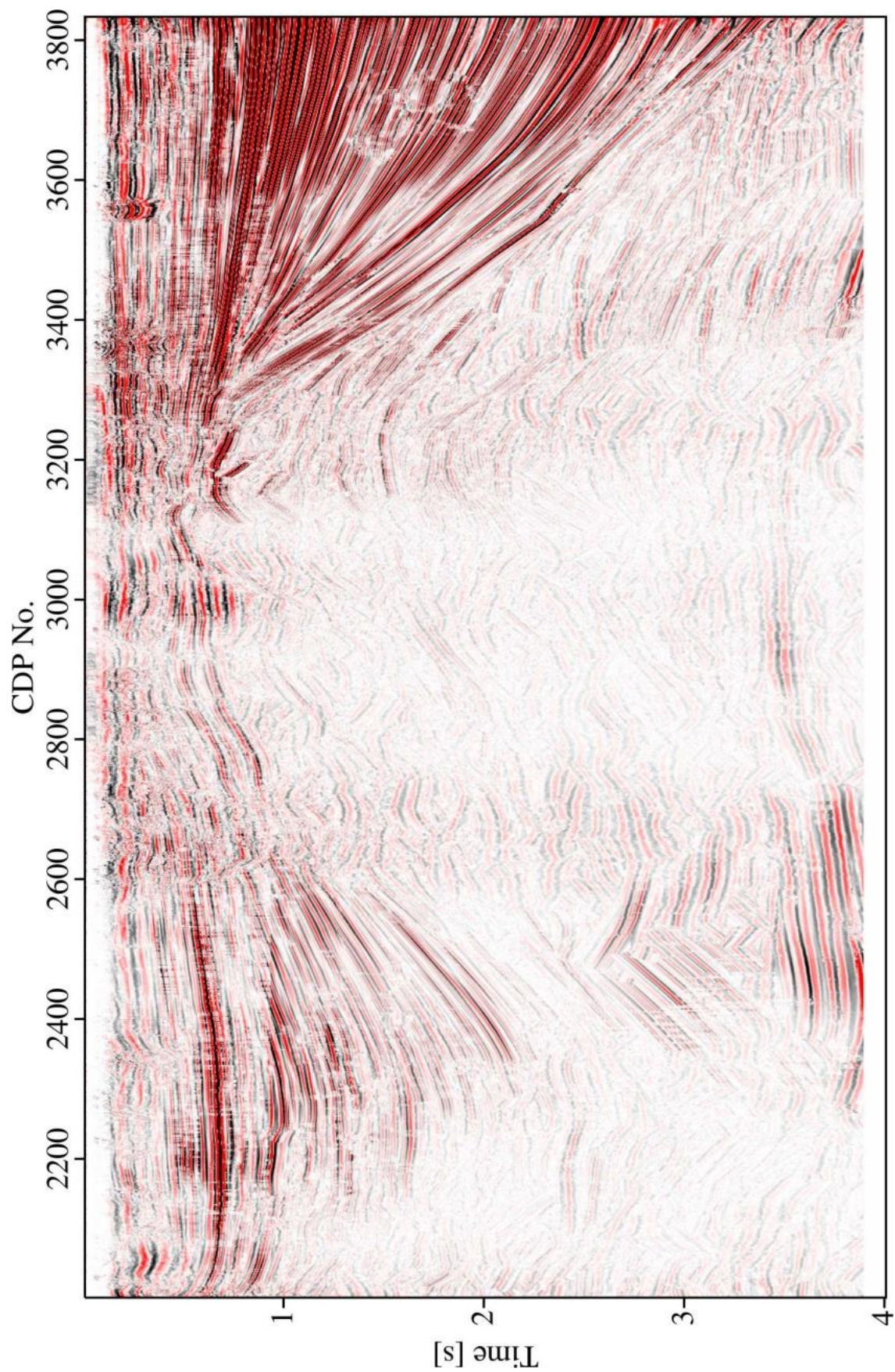
جدول ۴-۵: پارامترهای پردازش به روش CDS و FO-CDS

مقدار	پارامتر پردازش	نوع پارامتر
۴۰- تا ۴۰+ درجه	بازه زاویه مورد جستجو	پارامترهای CDS
۱ درجه	گام افزایش زاویه‌های مورد جستجو	
۲ بار	تعداد تکرار جستجو در برداشت انفجاری	

شکل ۴-۱۹ مربوط به مقطع برانبارش حاصل از عملگر سهموی در روش CDS است و در شکل ۴-۲۰ مقطع برانبارش حاصل از عملگر هذلولوی مشاهده می‌شود. هر چند برای نتیجه‌گیری نیاز به اعمال کوچ بر مقاطع برانبارش است اما می‌توان مشاهده کرد که در مقطع برانبارش حاصل از عملگر سهموی امتداد پراش‌ها به خوبی آشکار نشده است. به همین ترتیب دیده می‌شود که رخدادها در مقطع برانبارش حاصل از عملگر هذلولوی، به نسبت مقاطع حاصل از عملگر سهموی و روش CRS بهتر آشکار شده است.



شکل ۴-۱۹: مقطع برانبارش حاصل از عملگر سهموی در روش CDS.

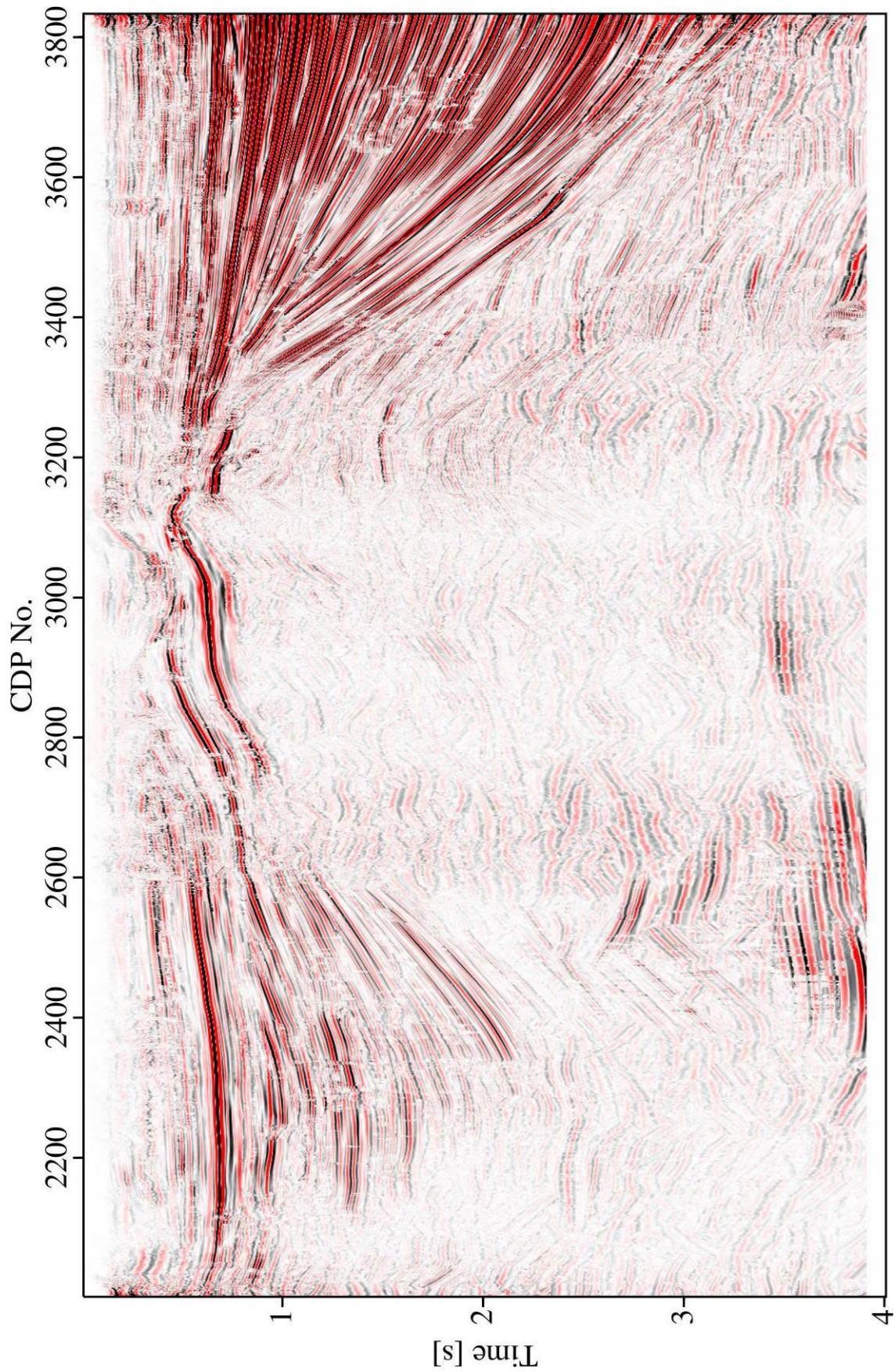


شکل ۴-۲۰: مقطع برانبارش حاصل از عملگر هذلولوی در روش CDS.

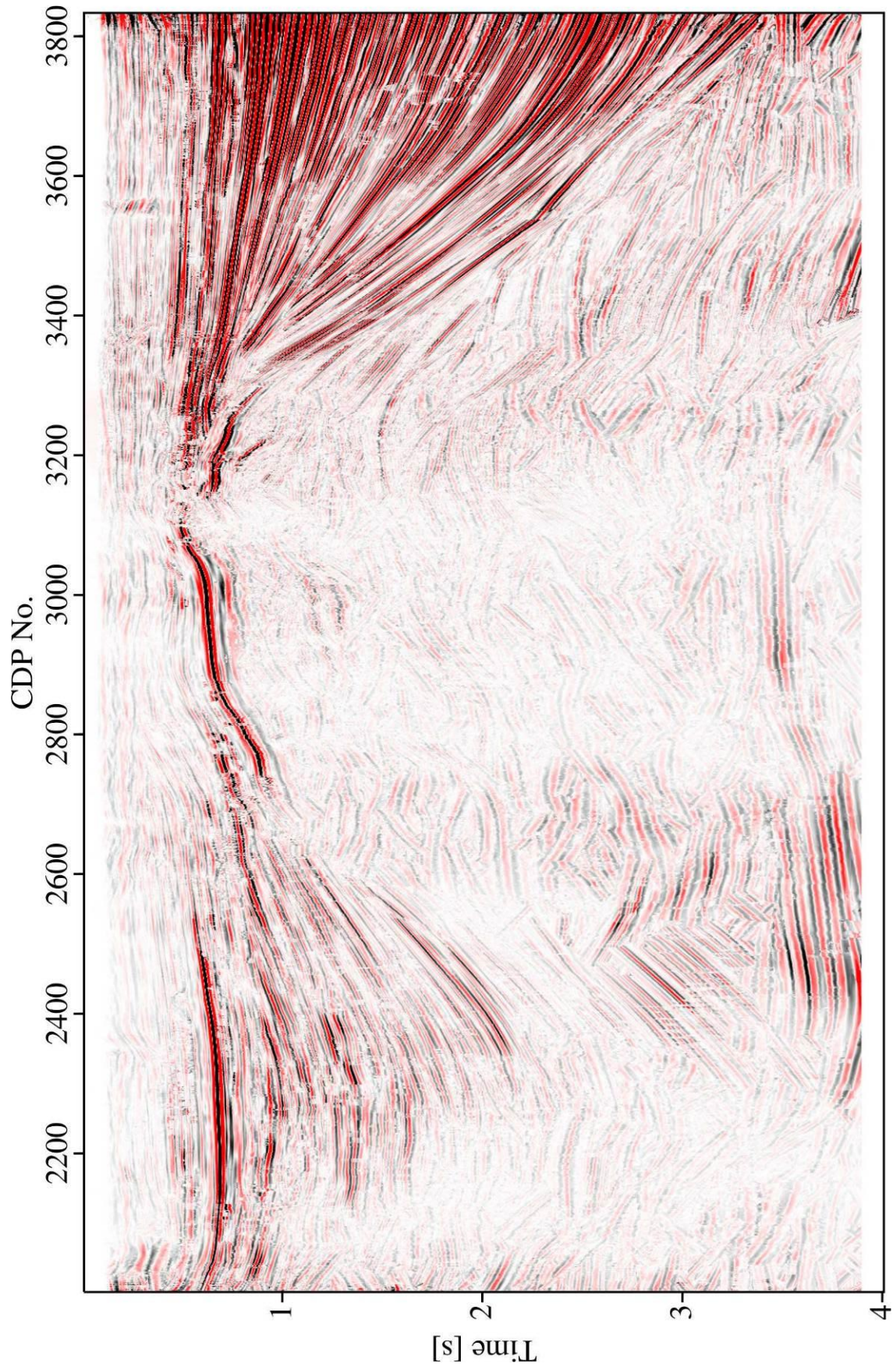
۳-۳-۴ برانبارش به روش FO-CDS

در برانبارش به روش CDS، نوفه‌ها نیز به همراه سایر رخدادها برجسته‌تر می‌شوند و اصطلاحاً مقطع برانبارش کثیف بنظر می‌رسد که این امر در مرحله‌ی کوچ مشکل‌ساز خواهد بود و باعث ایجاد اثرات تصنعی در مقطع کوچ داده شده خواهد شد. در روش FO-CDS برانبارش در دورافت محدودی است. در اعمال روش FO-CDS در یک مقطع تمام پارامترها همانند روش CDS اما حداکثر بازه ZO ۲۵۰۰ متر در نظر گرفته شده است و در مقطع دیگر حداقل بازه CMP، ۱۲۵۰ متر در نظر گرفته شده است. در اعمال این روش دورافت به ۸ قسمت تقسیم شده است.

در شکل ۴-۲۱ مقطع برانبارش به روش FO-CDS با حداقل بازه CMP، ۱۲۵۰ متر مشاهده می‌شود و مقطع برانبارش به روش FO-CDS با پارامترها روش CDS و حداکثر بازه ZO ۲۵۰۰ متر در شکل ۴-۲۲ نمایش داده شده است.



شکل ۴-۲۱: مقطع برانبارش حاصل از روش FOCDS با حداقل بازه CMP. ۱۲۵۰ متر.



شکل ۴-۲۲: مقطع برانبارش حاصل از روش FOCDS با حداکثر بازه ZO ۲۵۰۰متر.

۴-۳-۴ تهیه‌ی مدل سرعت

برای اعمال کوچ نیاز به مدل سرعت است. در این تحقیق مدل سرعت توسط روش NIP توموگرافی تولید گردید. پایه و اساس روش NIP توموگرافی بر این ایده استوار است که اطلاعات زمان سیر مرتبه دوم برای تهیه یک مدل سرعت به منظور تصویرسازی عمقی حتی برای محیط‌های دارای ناهمگنی جانبی، کافی است. البته تجربه نشان داده که این فرض، تا زمانی که تغییرات جانبی سرعت خیلی شدید نباشد، اعتبار دارد. استفاده از تقریب مرتبه دوم زمان سیر برای توصیف رخدادهای انعکاسی در یک داده لرزه‌ای، به طور چشم‌گیری موجب ساده‌تر شدن فرایند استخراج نشانگرهای جنبشی میدان موج از داده‌ی پیش از برانبارش می‌شود. این نشانگرها برای تمام نمونه‌های دورافت صفر، صرف نظر از اینکه متعلق به یک رخداد واقعی باشد یا خیر، تعیین می‌شوند. سپس نقاط داده‌ی مورد نیاز برای روش NIP توموگرافی از مقاطع حاصل از روش برانبارش CRS به صورت خودکار استخراج می‌شوند. خودکار بودن فرایند استخراج نقاط یا دستچین کردن آنها، از بزرگترین مزیت‌های این روش نسبت به سایر روش‌های توموگرافی است. در فرایند دستچین کردن نقاط، ضروری نیست که حتماً این نقاط یک رخداد بازتابی پیوسته را دنبال کنند. با این حال، استفاده و اعمال بیش از حد تقریب‌ها روی پدیده‌های واقعی، منجر به محدودیت کاربرد این روش می‌شود. بنابراین لازم است یک محدوده‌ی اعتبار برای استفاده از تقریب مرتبه دوم زمان سیر تعریف کرد و این امر در هنگام استفاده از روش برانبارش CRS، برای به دست آوردن نشانگرهای قابل اعتماد، در نظر گرفته خواهد شد. همچنین فرایند دستچین کردن نقاط در تمام روش‌های توموگرافی، عامل ایجاد خطا در فرایند معکوس‌سازی توموگرافی است (دوونک، ۲۰۰۴).

مدل اولیه‌ی مطلوب، مدلی است که بتواند تغییرات کلی سرعت را چه در جهت قائم و چه در جهت افقی نشان دهد. ساده‌ترین راه تهیه مدل اولیه، استفاده از رابطه‌ی خطی تغییرات سرعت لحظه-ای با عمق است:

$$v_{inst} = v_0 + k.z \quad (1-4)$$

این رابطه، نحوه افزایش سرعت با عمق را با استفاده از ۲ پارامتر نشان می‌دهد که v_0 سرعت لحظه‌ای انتشار موج در نزدیک سطح زمین و k گرادیان تراکم است که به صورت یک ضریب، نرخ افزایش سرعت با عمق را تعیین می‌کند.

علاوه بر این رابطه، با استفاده از تعداد محدودی پارامتر به ازای هر لایه، توابع سرعت استاندارد توسط افراد مختلف ارائه شده است که می‌توان از آنها برای توصیف نحوه تغییرات سرعت لحظه‌ای با عمق استفاده کرد. از بین این مدل‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

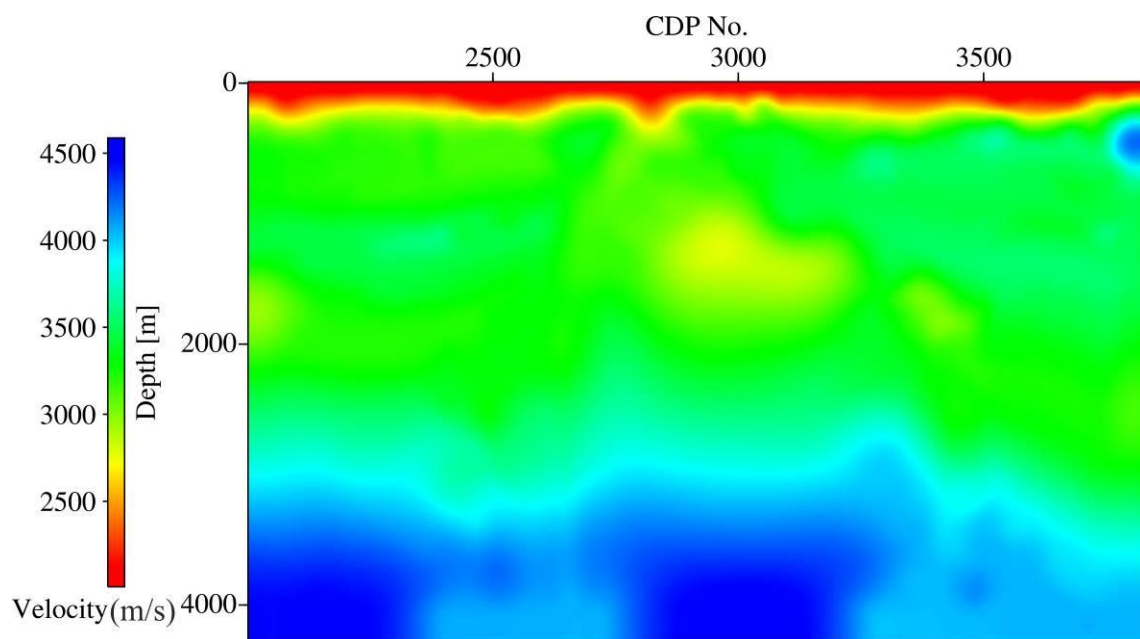
$$v_{inst}(z) = v_0(1 + a.z)^b \quad (2) \quad \text{تابع چند جمله‌ای} \quad (2-4)$$

$$v_{inst}(z) = v_0 e^{k.z} \quad (3) \quad \text{تابع کیارلی-سرا} \quad (3-4)$$

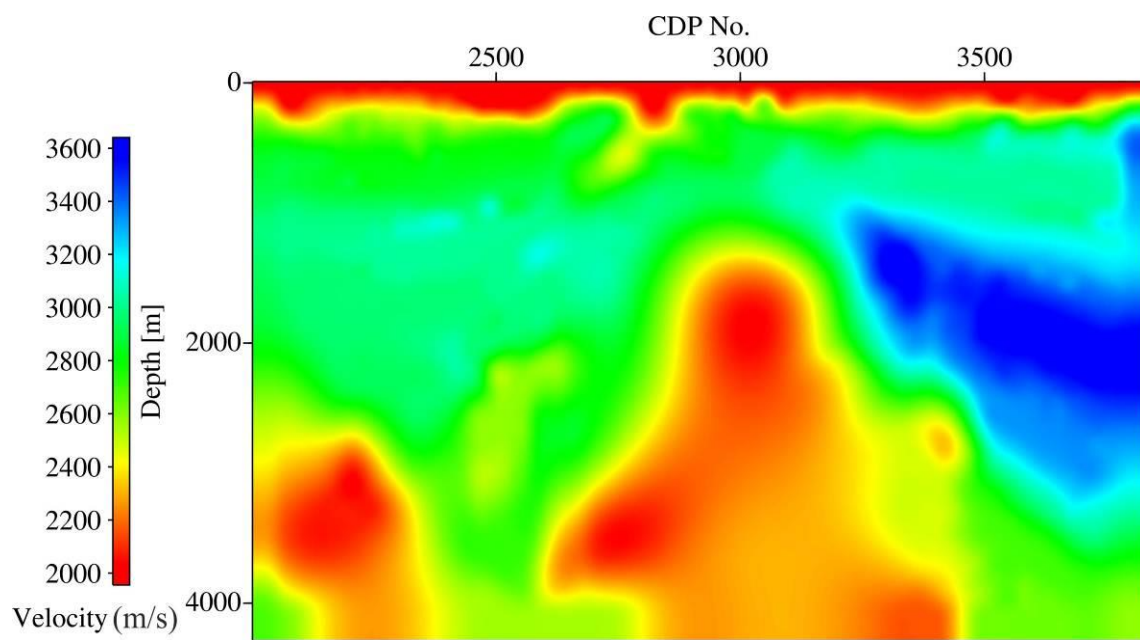
$$v_{inst}(z) = a.z^b, b = 1.6 \quad (4) \quad \text{قانون فاست} \quad (4-4)$$

این توابع، ما را قادر می‌سازد که فرضیات کلی افزایش سرعت با عمق ناشی از تراکم رسوبات را در نظر بگیریم. با این حال، ملاحظاتی در استفاده از این روابط وجود دارد که باید هنگام استفاده، آنها را در نظر داشت. در دو رابطه اول فرض می‌شود که سرعت انتشار موج در نزدیکی سطح زمین مشخص است. اما می‌توان از این روابط برای هر عمق مرجعی استفاده کرد (وحیدهاشمی، ۱۳۹۱).

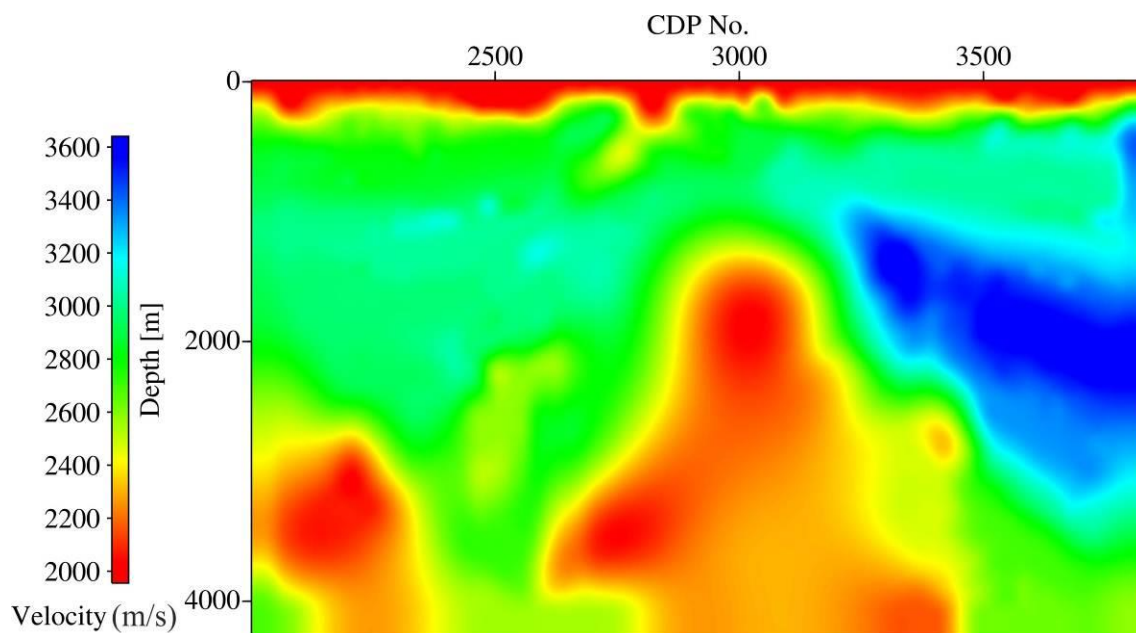
با استفاده از این چهار رابطه چهار مدل سرعت تولید شد که در شکل‌های زیر مشاهده می‌شوند.



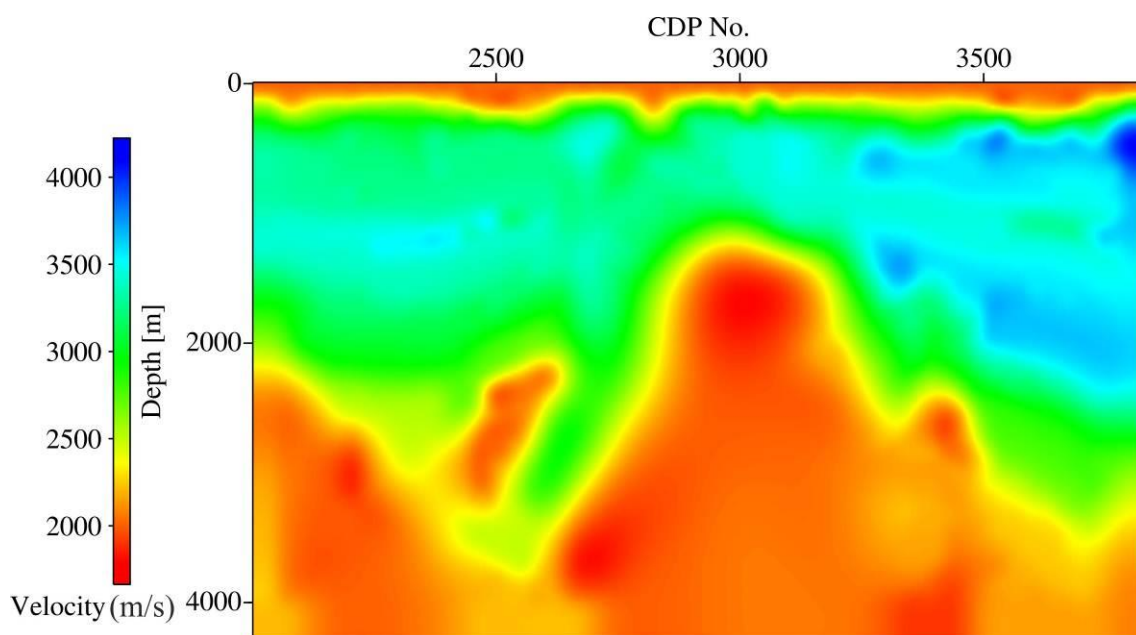
شکل ۴-۲۳: مدل سرعت مربوط به داده‌ی واقعی که با استفاده از روش توموگرافی نقطه فرود موج نرمال بدست آمده است.



شکل ۴-۲۴: مدل سرعت مربوط به داده‌ی واقعی که با استفاده از رابطه چند جمله‌ای بدست آمده است.



شکل ۴-۲۵: مدل سرعت مربوط به داده‌ی واقعی که با استفاده از رابطه کیارلی بدست آمده است.



شکل ۴-۲۶: مدل سرعت مربوط به داده‌ی واقعی که با استفاده از رابطه فاست بدست آمده است.

با هر چهار مدل سرعت کوچک بر داده اعمال شد که مدل سرعت حاصل از معادله‌ی کیارلی نتیجه‌ی مطلوب‌تری تولید کرد. در ادامه از این مدل سرعت برای اعمال کوچک با روش‌های مختلف استفاده می‌شود.

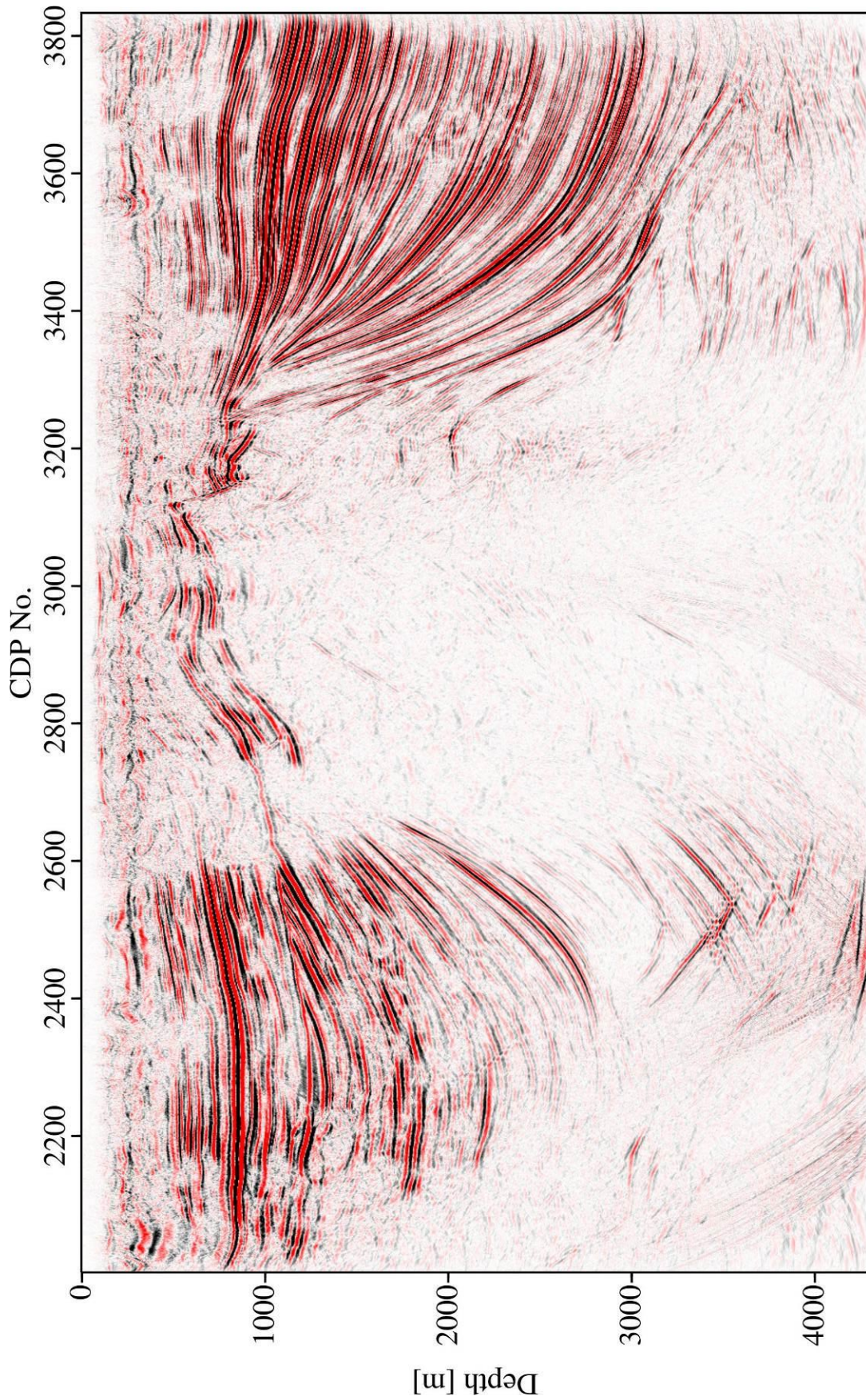
۴-۳-۵ اعمال کوچ

در این تحقیق از کوچ اشعه گوسی استفاده شده است. روش کوچ اشعه گوسی (GBM^۱) به عنوان یک روش کوچ عمقی کارآمد و مؤثر در کوچ داده‌های با کیفیت پایین و زمین‌شناسی پیچیده شناخته می‌شود. هیل (۲۰۰۱) کوچ پرتو گوسی را به عنوان یکی از روش‌هایی که انتشار موج را به صورت پیوسته با استفاده از تعیین پارامترهای میدان موج در نظر می‌گیرد معرفی کرد. تفاوت این روش در مقایسه با سایر تکنیک‌های کوچ در این است که این روش، اعداد مختلطی از زمان و دامنه را برای تصویرسازی استفاده می‌کند. این اعداد مختلط، در واقع معادل همان مقادیر زمان سیر هستند که در روش‌های عادی کوچ در جدول زمان سیر برای انجام فرایند کوچ استفاده می‌شوند.

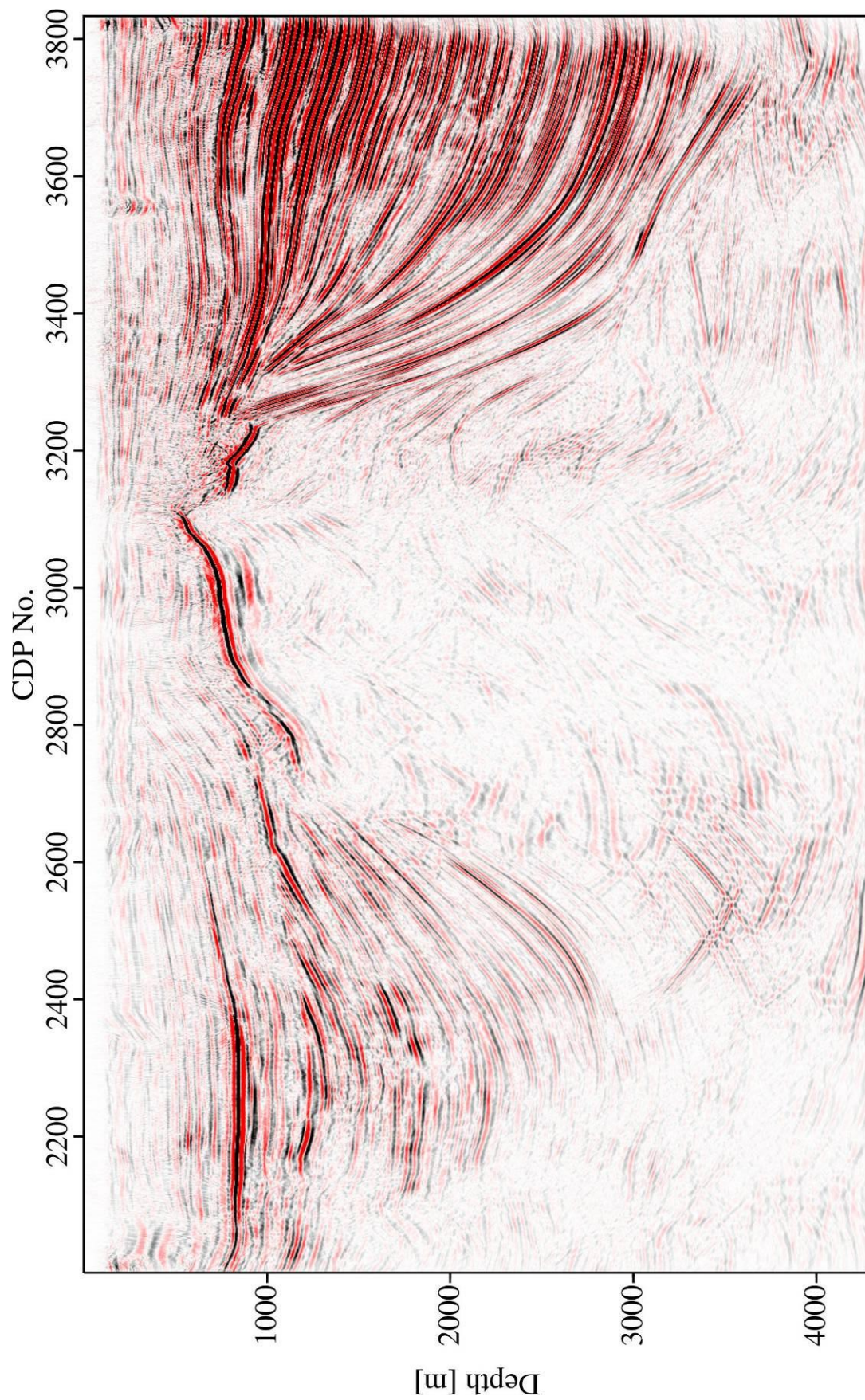
در شکل ۴-۲۷ نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقطع برانبارش حاصل از روش CRS مشاهده می‌شود. در شکل ۴-۲۸ و شکل ۴-۲۹ به ترتیب نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقاطع برانبارش حاصل از روش CDS با عملگرهای سهموی و هذلولوی مشاهده می‌شود. پیوستگی رخدادها در روش CRS به نسبت سایر روش‌ها مطلوبتر است. رخدادهای ضعیف در روش CRS مشاهده نمی‌شوند در حالیکه در روش CDS این رخدادها مشخص هستند هر چند تقویت رخدادهای ضعیف موجب تقویت نوفه‌ها نیز شده است.

در شکل ۴-۳۰ و شکل ۴-۳۱ نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقاطع حاصل از روش FO-CDS مشاهده می‌شود. در مقطع حاصل از روش FO-CDS با بازه‌ی ZO ۲۵۰۰ متر به دلیل بزرگی بازه امتداد رخدادها بهتر آشکار شده است، اما در تعیین رخدادهای با انحنای زیاد ناموفق عمل کرده است.

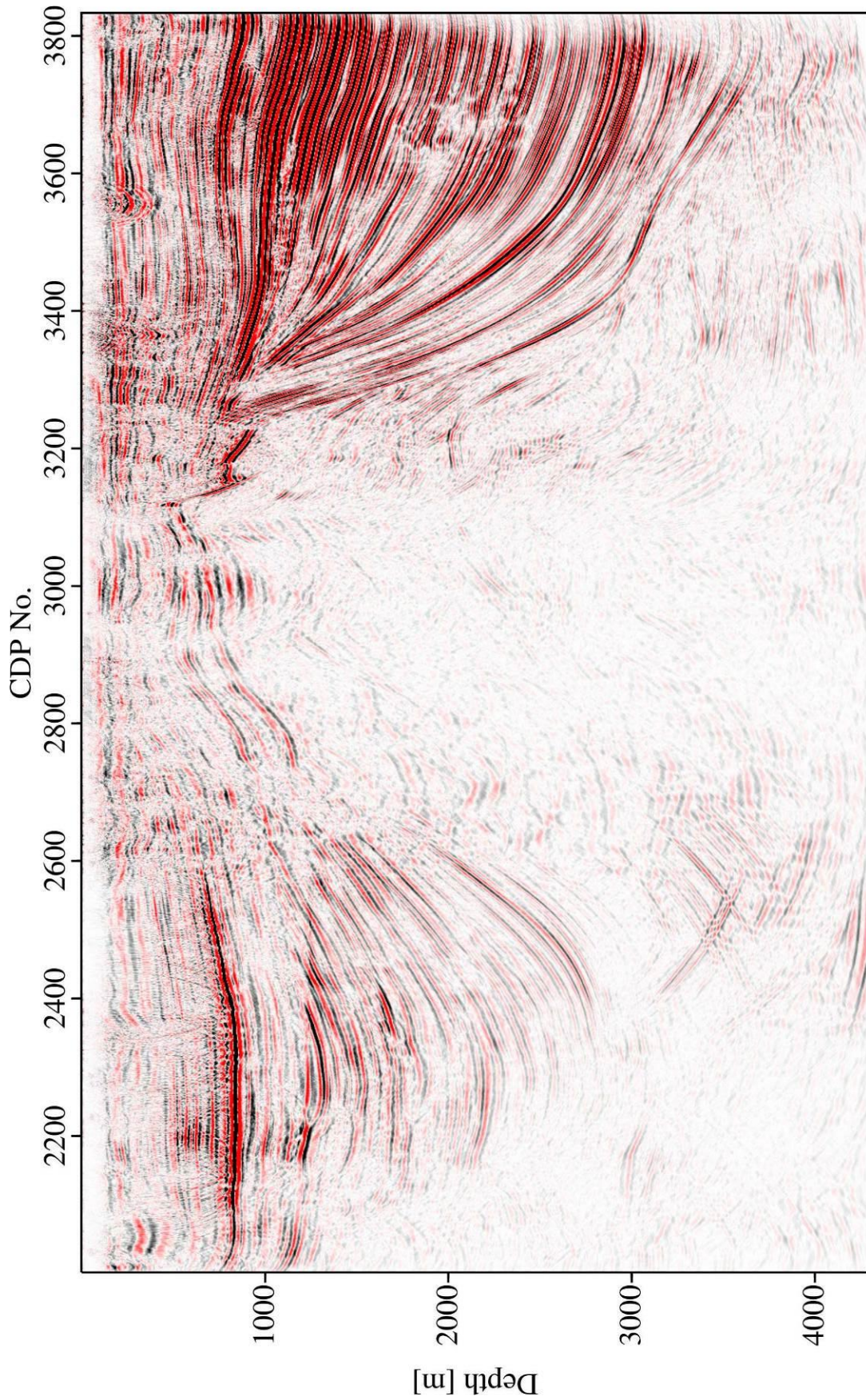
^۱- Gaussian beam migration



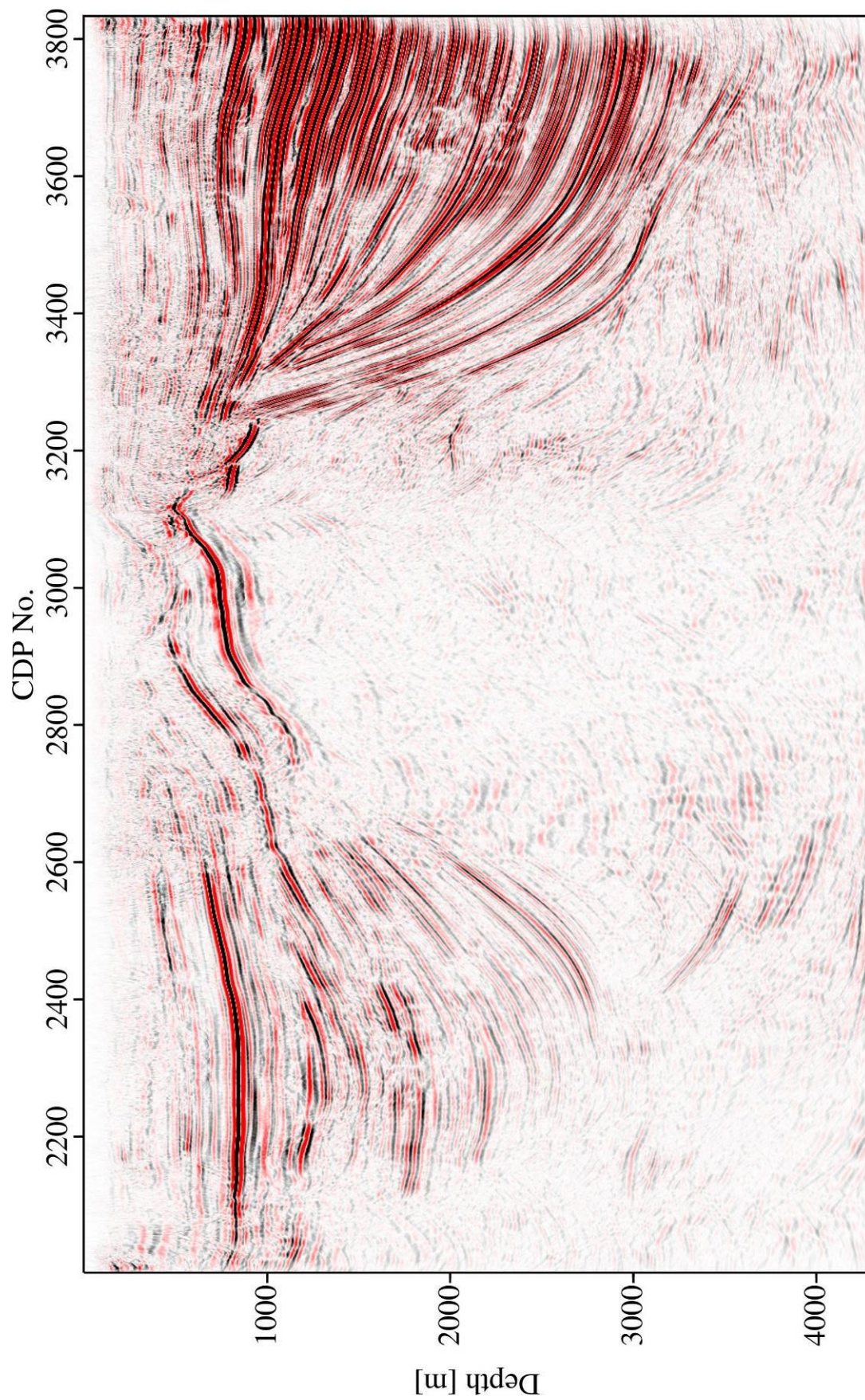
شکل ۴-۲۷: نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقطع برانبارش حاصل از روش CRS.



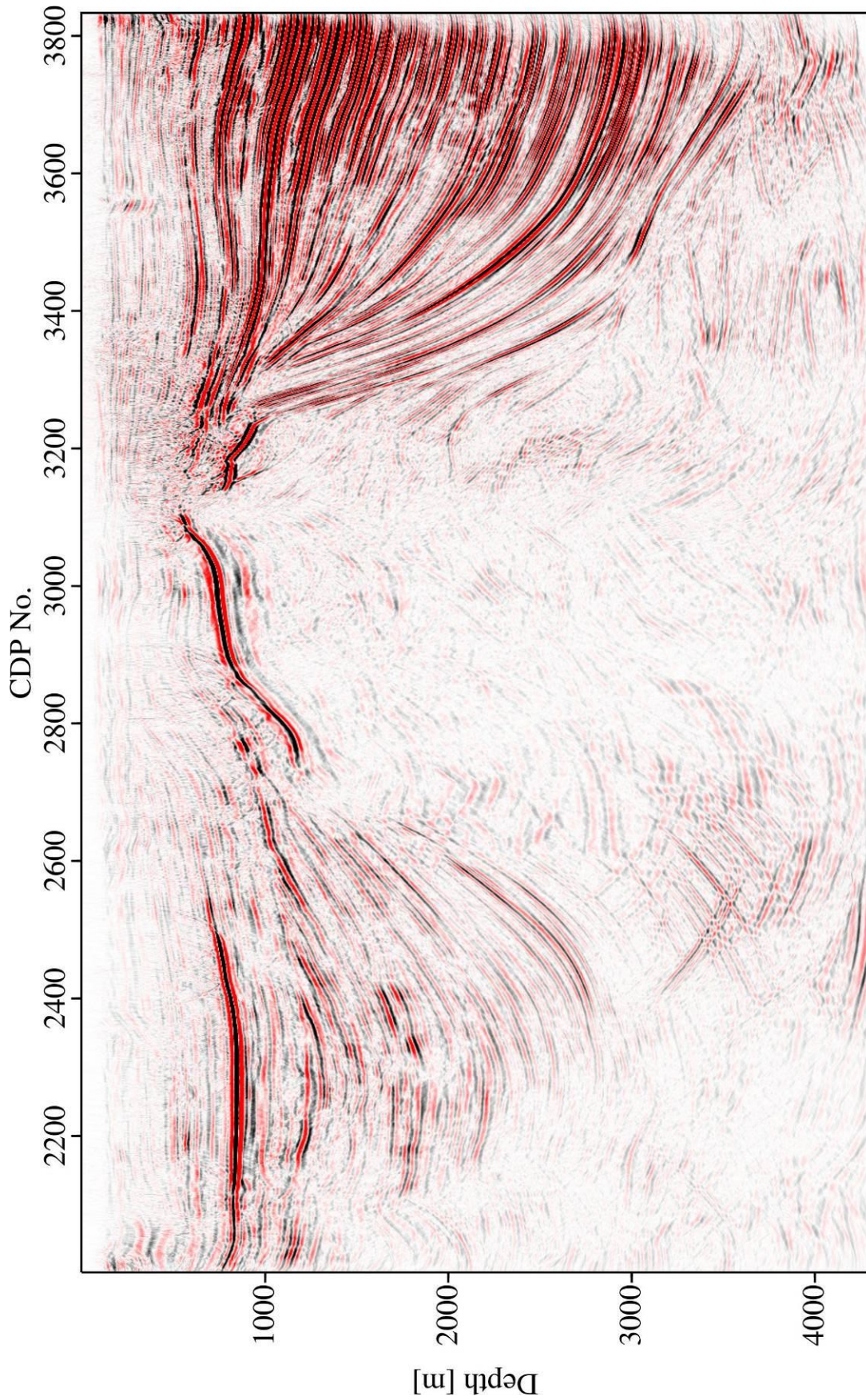
شکل ۴-۲۸: نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقطع برانبارش حاصل از روش CDS با عملگر سهموی.



شکل ۴-۲۹: نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقطع برانبارش حاصل از روش CDS با عملگر هذلولوی.

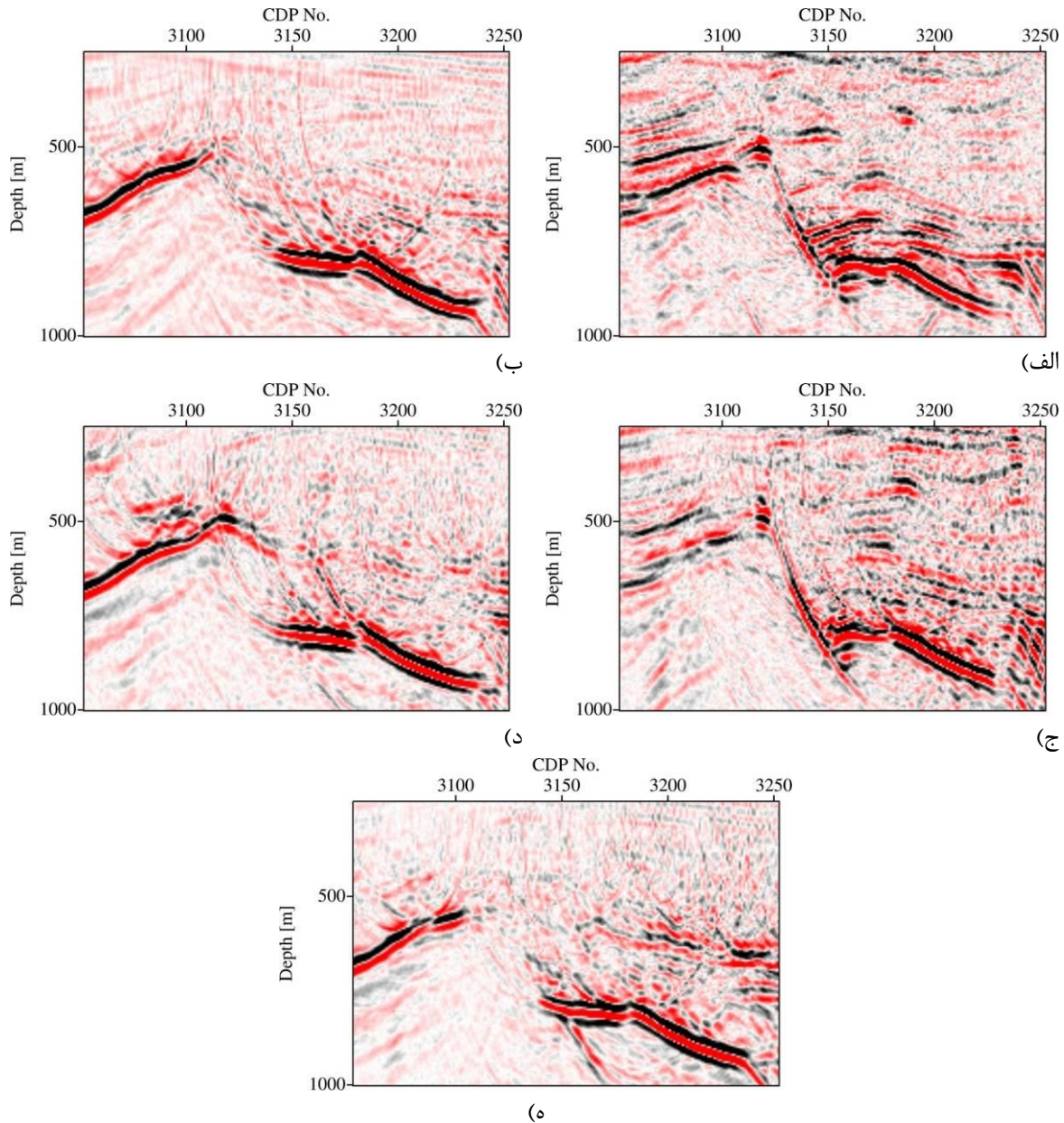


شکل ۴-۳۰: نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقطع برانبارش حاصل از روش FOCDS با حداقل بازه CMP ۱۲۵۰ متر.



شکل ۴-۳۱: نتیجه‌ی اعمال کوچ بر مقطع برانبارش حاصل از روش FOCDS با حداکثر بازه ZO ۲۵۰۰ متر.

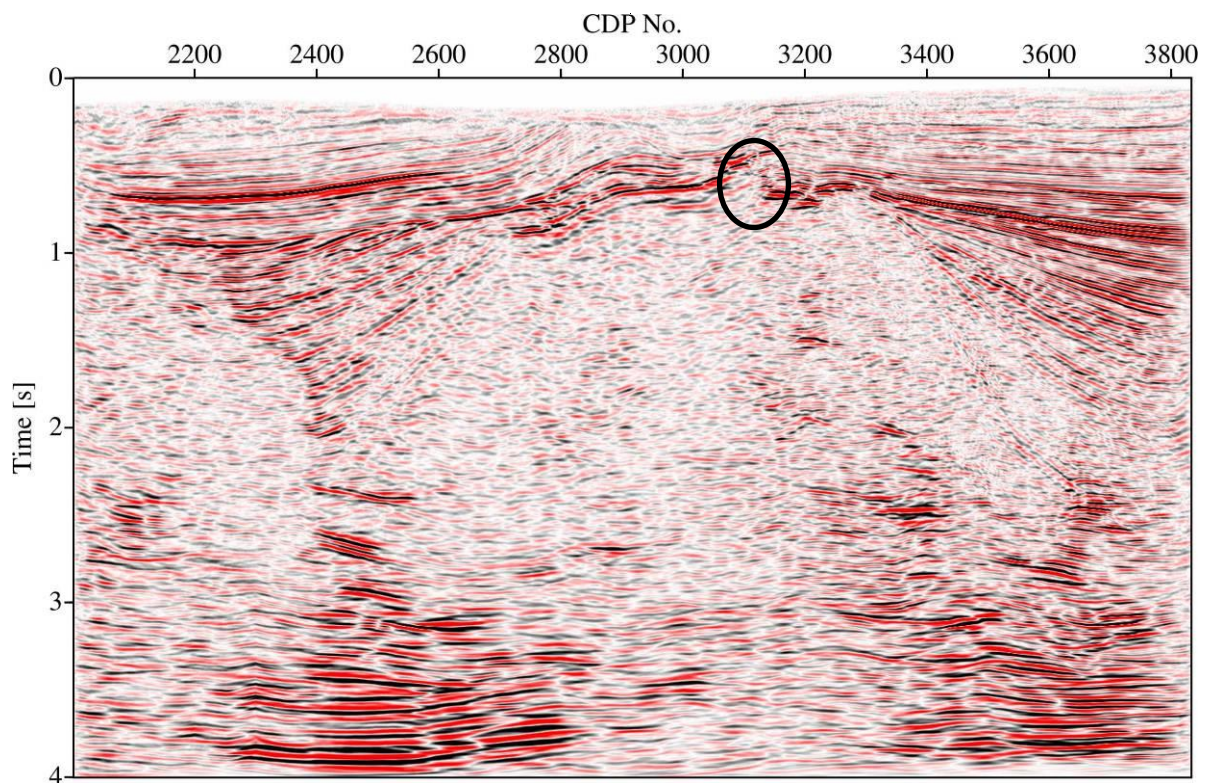
به دلیل عدم تطابق کافی عملگر سهموی بر امتداد رخدادهای لرزه‌ای، صفحه‌ی گسل در شکل ۴-۲۸ قابل مشاهده نیست اما در هر دو روش CRS و CDS مبتنی بر عملگر هذلولوی صفحه‌ی گسل به خوبی مشخص است. جهت بررسی دقیقتر بخش مربوط به صفحه‌ی گسل به صورت مجزا در شکل ۴-۳۲ نمایش داده شده است.



شکل ۴-۳۲: بخش مربوط به صفحه‌ی گسل حاصل از روش‌های الف) CRS، ب) CDS عملگر سهموی، ج) عملگر هذلولوی CDS، د) FOCDS با حاقل باز ۱۲۵۰ متر و ه) FOCDS با بازه ZO ۲۵۰۰ متر به صورت مجزا نمایش داده شده است.

۴-۳-۶ اعمال کوچ پیش از برانبارش

یکی از روش‌های متداول در پردازش داده‌های لرزه‌ای با ساختار پیچیده، اعمال کوچ زمانی پیش از برانبارش است. بهترین کوچ زمانی پیش از برانبارش هنگامی به دست می‌آید که هر رخداد برای همه دورافت‌ها به یک زمان مشخص و یکسان کوچ داده شود. زمان یکسان برای همه دورافت‌ها به این معنی است که رخدادها در برداشت‌های تصویری PSTM، به خط شوند^۱ و در نتیجه دامنه هر رخداد در مقطع برانبارش شده افزایش یابد. در شکل زیر مقطع کوچ زمانی پیش از برانبارش مشاهده می‌شود. این روش در جمع‌آوری پراش‌ها عملکرد خوبی داشته است، اما در نمایش گسل عملکرد مطلوبی ندارد. پیوستگی لایه‌ها به نسبت روش‌های برانبارش صفحه‌ای کمتر است.



شکل ۴-۳۳: مقطع حاصل از کوچ زمانی پیش از برانبارش.

^۱- Flattening

نتیجہ گیری و پیشنهادات

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۵ نتیجه‌گیری

در این تحقیق جهت بررسی عملکرد روش‌های برانبارش صفحه‌ای دو داده‌ی لزره‌ای مصنوعی و واقعی با ساختاری پیچیده در نظر گرفته شد. عملکرد این روش‌ها در زمینه‌ی آشکارسازی امتداد پراش‌ها، در قسمتی از داده‌ی مصنوعی آزمایش شد. برانبارش سطح بازتاب مشترک در هر نمونه از مقطع، رخداد با همدوسی بالاتر را آشکار کرد که موجب عدم نمایش پراش‌های ضعیف شد. از آنجا که روش سطح پراش مشترک بر پایه‌ی آشکارسازی پراش‌ها عمل می‌کند در این زمینه عملکرد مطلوبی داشته اما نتایج حاصل از عملگر سهموی در دورافت‌های دور نشان داد که قادر به نمایش امتداد رخدادها نیست. در برانبارش به روش FO-CDS امتداد رخدادها نسبت به سایر روش‌ها بهتر آشکار شده است.

هر چند این داده، داده‌ای استاندارد و قابل اعتماد است اما برای آزمایش مطمئن روش‌ها، داده‌ای واقعی با ساختار پیچیده انتخاب شد. تمامی روش‌ها بر داده اعمال شد که از نتایج چنین استنباط می‌شود:

برانبارش سطح بازتاب مشترک

- + نرخ سیگنال به نوفه بالا
- + پیوستگی بالای رخدادها
- عدم پشتیبانی از شیب‌های متداخل

برانبارش سطح پراش مشترک با عملگر سهموی

- + پشتیبانی از شیب‌های متداخل
- + نرخ سیگنال به نوفه بالا
- اثرپذیری بالا از نوفه‌ها
- زمان بالای محاسبات
- عدم تطبیق عملگر در دورافت‌های دور

برانبارش سطح پراش مشترک با عملگر هذلولوی

- + پشتیبانی از شیب‌های متداخل
- + نرخ سیگنال به نوفه بالا
- اثرپذیری بالا از نوفه‌ها
- زمان بالای محاسبات

برانبارش سطح پراش مشترک با دورافت محدود

- + پشتیبانی از شیب‌های متداخل
- + تقویت کمتر نوفه‌های زمینه

۲-۵ پیشنهادات

بنابر نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که روش برانبارش FO-CDS در آشکارسازی امتداد پراش‌ها عملکرد مطلوبی داشته اما نیاز به زمان بالا برای پردازش از اقتصادی بودن این روش می‌کاهد. پیشنهاد می‌شود این روش بر پایه‌ی مدل بازنویسی شود.

از آنجاکه روش CDS بر پایه‌ی آشکارسازی پراش‌ها عمل می‌کند و پراش در زمین به صورت سه بعدی منتشر می‌شود بنابراین پیشنهاد می‌شود که روش CDS برای داده‌های سه بعدی بازنویسی شود. پیشنهاد می‌شود جهت تطابق بهتر عملگر برانبارش در روش CDS از عملگر هذلولوی جابجا شده استفاده شود.

منابع:

- بالارستاقی، م.، ۱۳۹۱. "تصویرسازی لرزه‌ای ساختارهای پیچیده با استفاده از روش برانبارش سطح بازتاب مشترک با دورافت محدود"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- سلیمانی منفرد، م.، ۱۳۸۸، "برانبارش سطح پراش مشترک، ارائه یک روش نوین در حل مساله تداخل شیب‌ها"، پایان نامه دکتری، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- وحید هاشمی، م.، ۱۳۹۱. "بهبود کیفیت مقاطع کوچ لرزه‌ای بوسیله مدل سرعت لرزه‌ای به دست آمده از توموگرافی موج نقطه فرود نرمال"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- Berkovitch A., Deev K., Geomage, Landa E., OPERA, (2012) "Non-hyperbolic MultiFocusing improves depth imaging" 9th Biennial international conference & Exposition on petroleum geophysics.
- Baykulov, M (2009) . "Seismic imaging in complex media with the Common Reflection Surface stack". PhD thesis , University of Hamburg.
- de Bazelaire, E., (1988) "Normal moveout revisited — inhomogeneous media and curved interfaces", **Geophysics** 53 _2, pp143–157.
- Doherty, S.M., (1975), "Structure independent seismic velocity estimation", Ph.D Thesis, Stranford University
- Farmer, P., Gray, S., Hodgkiss, G., Pieprzak, A., Ratcliff, D. and Whitcombe, D., (1993), "Structural imaging: Toward a sharper subsurface view", **Oilfield review**, 24, 28-41
- Gelchinsky, B., (1988) "The common reflecting element _CRE. method _non-uniform asymmetric multifold system" ASEGGrSEG Int. Geophys. Conf., Expl. Geophys., Extended Abstracts, pp. 71–75.
- Gelchinsky, B., Berkovitch, A., Keydar, S., (1999) "Multifocusing homeomorphic imaging Part 2. Multifold data set and multifocusing", **Journal of Applied Geophysics**, 42, pp.243–260.
- Gidlow, P.M., Fatti, J.L., (1990). "Preserving far offset seismic data using nonhyperbolic moveout correction" 60th Annual Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys. Expanded Abstracts, 1726–1729.
- Höcht, G., de Bazelaire, E., Majer, P., Hubral, P., (1999) "Seismics and optics: hyperbolae and curvatures", **Journal of Applied Geophysics**, 42(3, 4), p.261–281.
- Hubral, P. (1983) "Computing true amplitude reflections in a laterally inhomogeneous" **earth Geophysics**, 48(8), pp. 1051–1062.

- Hubral, P. and Krey, T. (1980). "Interval velocities from seismic reflection traveltime measurements". **Soc. Expl. Geophys.** Tulsa.
- Hubral, P., Schleicher, J., and Tygel, M. (1996), "A unified approach to 3-D seismic reflection imaging, Part I: Basic concepts" **Geophysics**, **61**, pp. 742–758.
- Jäger, R., (1999), "The Common Reflection Surface Stack - Theory and Application" Master's thesis, University of Karlsruhe, Germany.
- Loewenthal, D., Lu, L., Robertson, R., and Sherwood, J. (1976). "The wave equation applied to migration" **Geophys. Prosp.**, **24(2)**, pp. 380–399.
- Malovichko, A.A., (1978), "A new representation of the travel time curve of reflected waves in horizontally layered media". **Appl. Geophys.** **91**, 47–53.
- Mann, J.; Jäger, R.; Muler, T.; Höcht, G.; Hubral, P. (1999), "Common-reflection-surface stack" , **Journal of Applied Geophysics**, **Vol. 42**, pp. 301-318.
- Mann, J. (2002). "Extensions and applications of the Common-Reflection-Surface Stack" method. Logos Verlag, Berlin.
- May, B.T., Straley, D.K., (1979), "Higher-order moveout spectra". **Geophysics** **44**, 1193–1207.
- Mayne, W., (1962), "Common-reflection-point horizontal data stacking techniques", **Geophysics**, **27**, pp. 927–938.
- Nelder, J. A. and Mead, R. (1965). "A simplex method for function minimization" **Computer Journal**, **7**, pp. 308–313.
- Ross, C.P., (1997). "AVO and nonhyperbolic moveout: a practical example". **First Break** **15**, pp 43–48.
- Schleicher, J., Hubral, P., Tygel, M., and Jaya, M. S. (1997). "Minimum apertures and Fresnel zones in migration and demigration". **Geophysics**, **62(1)**, pp 183–194.
- Shahsavani, H., Mann, J., Piruz, I. (2011) "A- Model based Approach to the Common-diffraction surface Stack". 73 rd EAGE Conference SPE EUROPEC 2011 Vienna, Austria, 23-26.
- Sherwood, J.W.C., Schultz, P.S., and Judson, D.R., (1978), "Equalizing the stacking velocities of dipping events via devilish", In 48th Conf. Soc. Expl Geophys
- Soleimani Monfared, M., Piruz, I., Mann, J., and Hubral, P. (2009) "Common Reflection Surface stack, accounting for conflicting dip situations by considering all possible dips", **Journal of Seismic Exploration, JSE**, **18**, pp 271-288.
- Taner, M.T., Koehler, F., (1969). "Velocity spectra — digital computer derivation and applications of velocity functions". **Geophysics** **34**, pp 859–881.
- Vendeville, B.,(1997), "New tools to help delineate complex structures", **The Leading Edge**, **28**, pp 24-25
- Yilmaz, Ö. (2001). "Seismic data analysis, vols. 1 and 2" Soc. Expl. Geophys., Tulsa.
- Yilmaz, Ö and Claerbout, J.F. (1980), "Prestack partial migration". **Geophysics**, **45(12)**, pp 1753–1779

Abstract:

Increasingly challenging exploration targets with respect to the geological complexity and data quality require more accurate seismic imaging. The common reflection surface (CRS) stack method produces zero offset (ZO) sections with a high signal to noise ratio and better continuity of reflection events, particularly for dipping structures, from multi-coverage data. However, CRS stacking can't solve the problem of conflicting surface. Common diffraction surface (CDS) stack method is an improvement of CRS method that considers an angle spectrum instead of one coherent angle in its attribute definition. The new common diffraction surface operator in this study was defined by the parabolic equation. The new operator and the other operators, common reflection and common diffraction surface, were applied on the synthetic data of Sigsbee and a real data with complex structure. The result were compared to see the fitness of different operator to the seismic events in the data. The common reflection surface was not able to show all of the diffractions, while the common diffraction surface could image all of the diffraction in the stacked section. However, the operator of the common diffraction surface by the parabolic equation could not fit the true seismic events in long offsets comparing to the common diffraction surface by the hyperbolic equation. The CDS method could completely overcome the problem of conflicting dip situations and yields a stacked section with more continuous events and more clear images of weak events.

Keywords: common reflection surface, common diffraction surface, complex structures, conflicting dip.



Shahrood University of Technology
Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering

M.S. Thesis

**Investigation on imaging by hyperbolic and parabolic
equations in common reflection surface and common
diffraction surface stack methods**

Morteza Rahmani

Supervisors:
Dr. Mehrdad Soleimani
Dr. Iraj Pirooz

May 2014