

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

كَلَّمَكَ ١٤١٧



دانشکده : معدن، نفت و ژئوفیزیک
گروه : نفت

پردازش داده های لرزه نگاری بازتابی به روش برانبارش سطح بازتاب
مشترک CRS، مطالعه موردی در جنوب غربی ایران

دانشجو:

احسان ادیبی سده

استاد راهنما:

دکتر ایرج پیروز

استاد مشاور:

دکتر مهرداد سلیمانی

رساله کارشناسی ارشد

ماه و سال انتشار:

شهریور ۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه: نفت

پایان نامه کارشناسی ارشد (رساله دکتری) آقای/خانم احسان ادیبی سده
تحت عنوان:

پردازش داده های لرزه نگاری بازتابی به روش برانبارش سطح بازتاب
مشترک CRS، مطالعه موردی در جنوب غربی ایران

در تاریخ _____ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد (رساله دکتری)
مورد ارزیابی و با درجه _____ مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی: ایرج پیروز
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی:

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
			نام و نام خانوادگی: غلام جوان دولوئی
			نام و نام خانوادگی: ابوالقاسم کامکار

تشکر و قدردانی

پس از حمد و سپاس پروردگار ، بر خود لازم می دانم بدین وسیله از زحمات تمامی عزیزانی که همواره حامی و پشتیبان اینجانب در انجام این پایان نامه بودند، تشکر و قدردانی نمایم. در ابتدا از جناب آقای دکتر پیروز که زحمت هدایت و راهنمایی این رساله را بر عهده داشتند، و همچنین از زحمات آقای دکتر مهرداد سلیمانی منفرد که همواره از هدایت‌های ایشان به عنوان استاد مشاور بهره‌مند بودم، کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از تمامی دوستان در دانشکده که در همه امور به اینجانب کمک و راهنمایی نمودند، تشکر و سپاسگزاری می نمایم.

دانشجو تایید می نماید که مطالب مندرج در این رساله، نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آنها ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این رساله، متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد.

شهریور ۱۳۸۹

چکیده

لرزه نگاری بازتابی ، یکی از متداول ترین روش های ژئوفیزیکی است که در اکتشافات نفت گاز به صورت گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد. هدف اصلی این پایان نامه ارائه روشی جهت بهبود کیفیت تصاویر حاصله از لرزه نگاری بازتابی در محیط هایی با ساختار زمین شناسی پیچیده می باشد. در این پایان نامه ما عملکرد روش نوین برانبارش سطح بازتاب مشترک (CRS) را در بهبود کیفیت تصاویر حاصله از لرزه نگاری بازتابی مورد ارزیابی قرار دادیم. روش متداول تصویرسازی لرزه ای که بر اساس برانبارش نقطه میانی مشترک بنا نهاده شده است ، در محیط هایی که با بازتابنده های پرشیب یا ناهمسانی جانبی مواجه هستیم ، قادر به استفاده از تمام داده های سهمیم در بازتاب از یک نقطه نمی باشد. در این گونه موارد استفاده از روش (CRS)، به دلیل بهره گیری از اطلاعاتی شامل شکل بازتابنده ها (از قبیل شیب و انحنای بازتابنده) در پردازش ، می تواند به عنوان راه حل مشکل مذکور تلقی شود. همچنین رابطه چند پارامتره (CRS) ، موجبات استفاده از تعداد اثر(تریس) خیلی بیشتری را در مقایسه با روش متداول در برانبارش فراهم می آورد. این موارد همه با هم باعث حصول تصاویری با کیفیت بالا تر و از همه مهمتر بالا رفتن نسبت سیگنال به نویز در خروجی های حاصل از پردازش به روش (CRS) خواهد شد. پدیده های بازتابی در مقاطع (CRS) در مقایسه با مقاطع حاصل از روش مرسوم دارای وضوح بالا تر و پیوستگی بیشتری می باشند. یکی از مشکلات روش (CRS)، عدم در نظر گرفتن شیب های متداخل در مقاطع است. بدین معنی که اگر دو یا چند رخداد در یک نقطه با یکدیگر تلاقی داشتند، در روش برانبارش سطح بازتاب مشترک این مساله به خوبی برطرف نمی گردد. نسخه اصلاح شده روش (CRS) ، روش سطح پراش مشترک(CDS) ، روشی است که قادر است مشکل تداخل شیب ها را در ساختار های پیچیده و نیمه پیچیده برطرف نماید.

ما در این پایان نامه، بر روی داده های مربوط به یک ساختار نیمه پیچیده و یک ساختار پیچیده از مناطقی در ایران عملکرد روش نوین (CRS) را مورد ارزیابی قرار دادیم. در ابتدا داده های مربوط

به یک ساختار نیمه پیچیده که در مجاورت چند مخزن گازی بزرگ در ایران واقع شده بود توسط سه روش متداول ، (CRS) و (CDS) مورد پردازش قرار گرفت . مقطع CMP حاصله از وجود یک ناپیوستگی حکایت می کرد که لایه های افقی را از لایه های شیب دار واقع در زیر خود مجزا می ساخت .در مقطع حاصله، وقایع بازتابی و پراش به خوبی تصویر سازی نشده بودند . بنابر این، لزوم استفاده از روش های دیگری همچون (CRS) و (CDS) ضروری به نظر می رسید . در مقطع (CRS) مشاهده شد پدیده های بازتابی دارای وضوح و پیوستگی بیشتری می باشند. اما با توجه به طبیعت روش (CRS) مشکل تداخل شیب ها در مقطع مذکور حل نشده بود . به منظور برطرف کردن این مشکل از روش (CDS) در پردازش این داده ها بهره جستیم . در مقطع (CDS) مشکل تداخل شیب ها به خوبی برطرف شد و بسیاری از پدیده های بازتابی که در مقطع CMP به خوبی تصویر سازی نشده بود در مقطع (CDS) با کیفیت بسیار بالاتر تصویر سازی شدند. محل بسیاری از گسل ها و شکستگی ها در این مقطع نمایان شد و بازتابنده های موجود در زمانهای بالا نیز به خوبی تصویر سازی شدند. در نهایت مقطع (CDS) نشان داد که این روش قادر به برطرف نمودن بسیاری از ابهامات موجود در مقطع CMP داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده می باشد.

سپس داده های مربوط به ساختاری پیچیده حاصل از روراندگی زاگرس در جنوب غربی ایران را ابتدا به روش متداول مورد پردازش قرار دادیم . مقطع حاصله چین خوردگی هایی با شیب زیاد را نشان می داد که این لایه های چین خورده به خوبی تصویر سازی نشده بودند. سپس داده های مذکور را به روش (CRS) پردازش نمودیم . لایه های چین خورده مذکور در مقطع (CRS) با وضوح و پیوستگی بیشتری نسبت به مقطع CMP به تصویر کشیده شدند. وقایع بازتابی موجود در عمق نیز در برخی از قسمت ها توسط مقطع (CRS) تصویر سازی شدند. مقطع (CRS) حاصله نشان داد روش نوین سطح بازتاب مشترک قادر است برخی مشکلات موجود فراروی تصویر سازی ساختار های پیچیده را برطرف نماید.

کلمات کلیدی: سطح بازتاب مشترک، سطح پراش مشترک، تداخل شیب‌ها، برانبارش.

فهرست مقالات استخراج شده از پایان نامه

- 1) Improving the seismic image quality in semi-complex structures in north east Iran by the CDS stack method , 72nd EAGE Conference and Exhibition, Barcelona, Spain, 2010.
- 2) Applying the CRS stack method to solve the problem of imaging of complex structures in the Zagros overthrust, south west Iran , 72nd EAGE Conference and Exhibition, Barcelona, Spain,2010.
- 3) Improving the quality of CRS stacked section and solving the problem of conflicting dips by CDS stack method, a case study in Iran, 14th Iranian geophysical conference, Tehran, Iran, 2010.
- 4) Defining an optimum aperture to increase signal to noise ratio and continuity of events in CRS and CDS processing methods , 14th Iranian geophysical conference, Tehran, Iran, 2010.
- 5) Increasing the signal level and clarifying more events in CMP stacked section by CRS stack method, a case study in Iran,14th Iranian geophysical conference, Tehran, Iran, 2010.

فهرست اختصارات به کار رفته در متن:

AGC : Automatic Gain Control.

CDP: Common Depth Point.

CDS: Common Diffraction Surface.

CMP: *Common*-Mid-Point.

CRP: Common Reflection Point.

CRS: Common Reflection Surface.

CS/CR: Common Shot / Common Receiver.

CVS: Constant Velocity Stack

CVP: Constant Velocity Panel

DMO :Dip Move-Out .

MZO: Migration to Zero Offset.

NIP: Normal Incidence Point.

NMO: Normal Move-Out.

PostSDM: Post-Stack Depth Migration.

PreSDM: Pre-Stack Depth Migration.

RMS : Root Mean Square.

ZO: Zero Offset.

فصل اول

کلیات

۲	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ برداشت داده های لرزه ای
۴	۳-۱ پردازش داده های لرزه ایی
۵	۴-۱ تصویر سازی لرزه ایی مبتنی بر مدل
۶	۵-۱ تصویر سازی لرزه ایی مبتنی بر داده
۷	۶-۱ ساختار پایان نامه

فصل دوم

انواع روش های پردازش

۱۰	۱-۲ مقدمه
۱۰	۲-۲ پیش پردازش
۱۳	۳-۲ واپچش
۱۵	۴-۲ تصحیح NMO
۱۷	۵-۲ آنالیز سرعت به عنوان قلب پردازش داده ها
۲۱	۶-۲ تصحیح استاتیک باقیمانده
۲۲	۷-۲ تصحیح برونراند شیب یا DMO
۲۳	۸-۲ بر انبارش داده ها
۲۳	۹-۲ کوچ یا Migration
۲۸	۱۰-۲ مشکلات و ابهامات در پردازش با روش متداول

فصل سوم

روش سطح بازتاب مشترک CRS

۳۱	۱-۳ معرفی
۳۲	۲-۳ نشانگرهای جنبشی میدان موج
۳۴	۳-۳ عملگر برانبارش CRS
۳۷	۴-۳ روش انجام برانبارش CRS
۳۸	۱-۴-۳ برانبارش خودکار CMP
۳۹	۲-۴-۳ برانبارش مقطع ZO
۴۰	۳-۴-۳ برانبارش بهینه CRS
۳۲	۵-۳ بازه در CRS
۴۴	۶-۳ روش سطح پراش مشترک (CDS)

۴۵	۱-۶-۳ برطرف کردن مساله تداخل شیب‌ها توسط CDS
۴۶	۲-۶-۳ عملگر برانبارش CDS
۴۷	۳-۶-۳ استراتژی جستجوی بهینه شده

فصل چهارم

پردازش داده های منطقه ای از ایران با ساختاری نیمه پیچیده

۵۱	۱-۴ مشخصات برداشت
۵۳	۲-۴ پیش پردازش
۵۵	۳-۴ پردازش به روش مرسوم
۵۷	۴-۴ پردازش به روش CRS
۵۹	۱-۴-۴ تعیین بازه CRS
۶۱	۲-۴-۴ برانبارش خودکار CMP
۶۳	۳-۴-۴ برانبارش خودکار CRS
۶۹	۵-۴ مقایسه مقطع CRS با مقطع CMP
۷۳	۶-۴ پردازش به روش CDS

فصل پنجم

پردازش داده های منطقه ای از ایران با ساختاری پیچیده

۷۹	۱-۵ مشخصات برداشت
۸۱	۲-۵ پیش پردازش
۸۲	۳-۵ پردازش به روش مرسوم
۸۵	۴-۵ پردازش به روش CRS
۸۷	۱-۴-۵ برانبارش خودکار CMP
۸۹	۲-۴-۵ برانبارش خودکار CRS
۹۴	۵-۵ مقایسه مقطع CRS با مقطع CMP

فصل ششم

خلاصه، نتیجه گیری و پیشنهادات

۹۹	۱-۶ خلاصه و نتیجه گیری
----	------------------------

فصل هفتم

منابع و مراجع

فصل اول - مقدمه

- ۱-۱ برداشت داده های دارای همپوشانی با جابجایی موقعیت مکانی نقاط انفجار یا گیرنده ها . ۴

فصل دوم - انواع روش های پردازش

- ۱-۲ مراحل پردازش داده های لرزه ای به روش متداول. ۱۱
- ۲-۲ نقش دکانولوشن در شکل گیری بازتابها در یک تریس لرزه نگاری. ۱۴
- ۳-۲ منحنی های بازتاب هایپربولیکی و پدیده کشیدگی پس از تصحیح NMO. ۱۷
- ۴-۲ یک بازتاب ساده که از حوضه دورافت زمان به حوضه سرعت انتقال داده شده است. ۱۹
- ۵-۲ دستچین کردن پیک سرعت در طیف سرعت. ۲۱
- ۶-۲ یک مدل فرضی قبل از کوچو بعد از کوچ در روی مقطع لرزه نگاری. ۲۶
- ۷-۲ یک مقطع برانبارش شده بدون اعمال کوچ و همان مقطع با اعمال کوچ. ۲۷
- ۸-۲ فلوجارت مراحل انجام پردازش در سه روش NMO/DMO ، CRS و CDS. ۲۹

فصل سوم - روش سطح بازتاب مشترک CRS

- ۱-۳ مقطع دو بعدی موج عمود و پرتوهای عمود مرتبط با آزمایش دورافت صفر. ۳۳
- ۲-۳ مقطع دو بعدی موج NIP و پرتوهای غیراسنلی در آزمایش CMP. ۳۳
- ۳-۳ نشانگر های جنبشی میدان موج برای یک مدل یک لایه ای. ۳۴
- ۴-۳ عملگر برانبارش CRS. ۳۶
- ۵-۳ فلوجارت جستجوی پارامترهای مشخصه عملگر برانبارش CRS. ۴۱
- ۶-۳ بازه مکانی CRS که توسط بازه ZO و CMP تعیین می گردد. ۴۲
- ۷-۳ بازه CRS که به صورت یک بیضوی در حوزه دورافت-CMP می باشد. ۴۳
- ۸-۳ شکل عملگرهای CDS برای تمام زوایای ممکن. ۴۷
- ۹-۳ فلوجارت ساده شده استراتژی جدید توسعه داده شده . ۴۸

فصل چهارم - پردازش داده های منطقه ای از ایران با ساختاری نیمه پیچیده

- ۱-۴ توزیع فولد و دورافت در نقاط میانی مشترک برداشت دوبعدی ساختار نیمه پیچیده. ۵۲
- ۲-۴ حذف نویزها و آماده سازی داده ها برای تهیه مقطع ZO. ۵۴
- ۳-۴ آنالیز سرعت به ازای هر ۲۰ نقطه میانی مشترک برای ساختار نیمه پیچیده. ۵۵
- ۴-۴ مدل سرعت بدست آمده در پردازش به روش مرسوم داده های ساختار نیمه پیچیده . ۵۶
- ۵-۴ مقطع دورافت صفرحاصل از پردازش به روش مرسوم ، ساختار نیمه پیچیده. ۵۷
- ۶-۴ مقایسه نتایج حاصل از پردازش داده ها به روش CRS با بازه های گوناگون. ۶۰
- ۷-۴ مقطع همدوسی داده های ساختار نیمه پیچیده در مرحله برانبارش اتوماتیک CMP. ۶۲
- ۸-۴ مقطع دورافت صفر حاصل از برانبارش اتوماتیک CMP داده های ساختار نیمه پیچیده. ۶۲
- ۹-۴ مقطع دورافت صفر حاصل از برانبارش CRS داده های ساختار نیمه پیچیده. ۶۴

- ۶۵ ۱۰-۴ مقطع همدوسی سمبلانس CRS ، داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده.
- ۶۵ ۱۱-۴ مقطع زاویه (α) حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده.
- ۶۷ ۱۲-۴ مقطع R_{NIP} حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده.
- ۶۷ ۱۳-۴ مقطع R_N حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده.
- ۶۸ ۱۴-۴ تعداد تریس هایی که در دوروش برانبارش CMP و CRS.
- ۷۱ ۱۵-۴ مقایسه قسمت سطحی مقطع CRS و معادل همان قسمت در مقطع CMP .
- ۷۱ ۱۶-۴ مقایسه مرز ناپیوستگی در مقطع CRS نسبت به مقطع CMP .
- ۷۲ ۱۷-۴ مقایسه دو مقطع CRS و CMP در زمانهای بالا.
- ۷۵ ۱۸-۴ مقطع CDS مربوط به داده های ساختار نیمه پیچیده.
- ۷۶ ۱۹-۴ مقایسه مقاطع CDS ، CRS و CMP در محل مواجهه با مشکل تداخل شیب ها.

فصل پنجم - پردازش داده های منطقه ای از ایران با ساختاری پیچیده

- ۸۱ ۱-۵ توزیع فولد و دورافت در نقاط میانی مشترک برداشت دوبعدی ساختار پیچیده.
- ۸۳ ۲-۵ آنالیز سرعت به ازای هر ۲۰ نقطه میانی مشترک برای ساختار پیچیده.
- ۸۴ ۳-۵ مدل سرعت بدست آمده در پردازش به روش مرسوم داده های ساختار پیچیده .
- ۸۴ ۴-۵ مقطع دورافت صفر حاصل از پردازش به روش مرسوم ، ساختار پیچیده.
- ۸۸ ۵-۵ مقطع همدوسی داده های ساختار پیچیده در مرحله برانبارش اتوماتیک CMP.
- ۸۸ ۶-۵ مقطع دورافت صفر حاصل از برانبارش اتوماتیک CMP داده های ساختار پیچیده.
- ۹۰ ۷-۵ مقطع دورافت صفر حاصل از برانبارش CRS داده های ساختار پیچیده.
- ۹۰ ۸-۵ مقطع همدوسی سمبلانس CRS ، داده های مربوط به ساختار پیچیده.
- ۹۲ ۹-۵ مقطع زاویه (α) حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار پیچیده.
- ۹۲ ۱۰-۵ مقطع R_{NIP} حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار پیچیده.
- ۹۳ ۱۱-۵ مقطع R_N حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار پیچیده.
- ۹۳ ۱۲-۵ تعداد تریس هایی که در دوروش برانبارش CMP و CRS.
- ۹۵ ۱۳-۵ مقایسه قسمت سطحی مقطع CRS و معادل همان قسمت در مقطع CMP .
- ۹۶ ۱۴-۵ مقایسه دو مقطع CRS و CMP در زمانهای بالا.
- ۹۶ ۱۵-۵ دو مقطع R_N و همدوسی در زمانهای بالا.

فصل چهارم - پردازش داده‌های مصنوعی و واقعی به روش CRS

- ۱-۴ پارامترهای هندسی مربوط به برداشت داده‌های مربوط به ساختار نیمه پیچیده. ۵۳
- ۲-۴ پارامترهای پردازش برای شبیه‌سازی مقطع دورافت صفر داده های ساختار نیمه پیچیده . ۵۸
- ۳-۴ پارامترهای مورد استفاده در پردازش داده های ساختار نیمه پیچیده به روش CDS. ۷۴

فصل پنجم - پردازش داده‌های مصنوعی و واقعی به روش CDS

- ۱-۵ پارامترهای هندسی مربوط به برداشت داده‌های مربوط به ساختار پیچیده. ۸۰
- ۲-۵ پارامترهای پردازش برای شبیه‌سازی مقطع دورافت صفر داده های مربوط به ساختار پیچیده. ۸۶

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

لرزه نگاری بازتابی یکی از روش های اکتشافی می باشد که از دیرباز نقش بسزایی در اکتشافات منابع هیدروکربنی ایفا نموده است. این روش اکتشافی بر پایه جمع آوری اطلاعات از ساختار های زیر سطحی زمین به وسیله ارسال انرژی الاستیک توسط منابع انرژی لرزه ای به درون زمین و محاسبه میدان موج لرزه ای دریافتی در سطح زمین که در اثر تغییرات خواص الاستیک لایه های زیر سطحی به سطح زمین بازتابیده می شوند استوار است. میدان موج لرزه ای دریافتی در سطح زمین حاوی اطلاعات زیادی از تغییرات خواص الاستیک لایه های زیرسطحی و در نتیجه نحوه و شکل قرارگیری ساختارهای زمین شناسی در زیر سطح زمین می باشد. علاوه بر آن تفسیر دامنه های میدان موج دریافتی نیز، خود می تواند موجبات تخمین کمی پارامتر های الاستیک را فراهم کند. کسب اطلاع از نحوه، نوع و شکل قرارگیری ساختارهای زمین شناسی در زیر سطح زمین، در اکتشاف مخازن هیدروکربنی نقش بسزایی را ایفا می کند. تصویر سازی ساختارهای مذکور در روش لرزه نگاری بازتابی، طی سه مرحله برداشت داده های لرزه ای، پردازش این داده ها و در نهایت تفسیر داده های مذکور به انجام می رسد.

۲-۱ برداشت داده های لرزه ای

اکتشاف نفت و گاز معمولاً در سنگ های رسوبی و در عمق چند کیلومتری سطح زمین (نهایت ۵ کیلومتر) صورت می پذیرد. لرزه نگاری، شامل برداشت های متعددی می باشد که هر برداشت شامل

یک منبع موج لرزه ای و آرایشی از گیرنده های لرزه ای در سطح زمین می باشد که فاصله این گیرنده ها تا منبع موج در بازه مکانی گسترده ای قرار دارد . به این فاصله ها دورافت^۱ می گویند . میزان حد اکثر دورافت ، معمولا تا چند کیلومتر می رسد . در حین عملیات به ازای هر برداشت ، محل قرار گیری منبع موج و یا در بر خی از موارد هم منبع موج هم گیرنده ها جابجا می شوند. این عمل باعث می شود از یک مکان در زیر سطح زمین برداشت های لرزه ای متعددی صورت گیرد .بنابر این داده های لرزه ای حاصله دارای همپوشانی خواهند بود (شکل ۱-۱).

منبع انرژی لرزه ای در برداشت های خشکی یا به صورت انفجار در چاله هایی کم عمق توسط منبع انفجار مثل دینامیت یا به صورت امواج سویپ^۲ حاصل از وایراتور ها می باشد . در همین حال گیرنده ها (ژئوفون ها) بسته به نوع برداشت در آرایش های دوبعدی و سه بعدی به ثبت حرکت ذرات زمین که ناشی از رسیدن میدان موج لرزه ای به سطح است پرداخته و به اصطلاح امواج را دریافت می کنند.

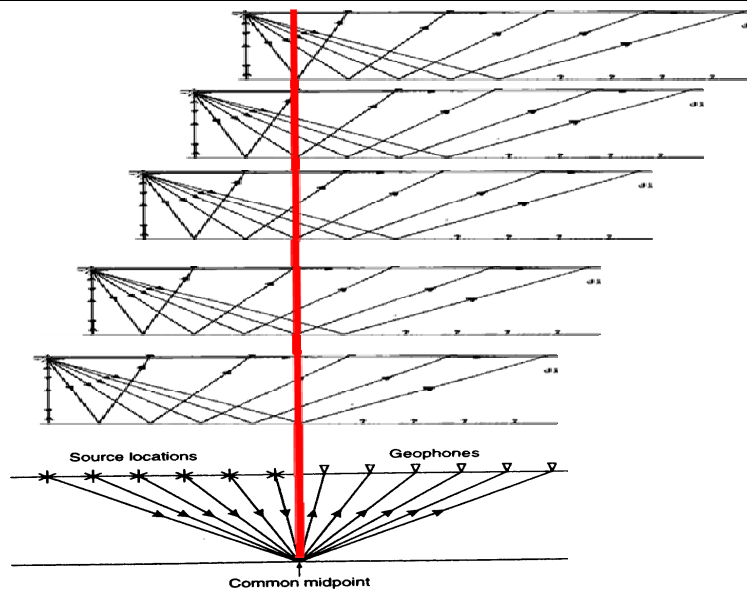
در برداشت های دریایی منبع انرژی لرزه ای شامل آرایشی از تفنگ های بادی^۳ می باشد که با قرار گرفتن در پشت کشتی ، هوا را با فشار زیاد به درون آب رها کرده و ایجاد پالس می کنند. دریافت امواج در دریا توسط هیدروفن ها صورت می گیرد که به تغییرات فشار حساس می باشند . این گیرنده ها توسط کابل هایی که به آنها استریمر^۴ گویند تا چندین کیلومتر در روی سطح آب قرار گرفته و کشیده می شوند . در برداشت های دو بعدی دریایی فقط از یک استریمر استفاده می شود. در حالی که در برداشت های سه بعدی چندین استریمر مورد استفاده قرار می گیرد. به غیر از موارد ذکر شده ، روش های آرایش منبع و گیرنده دیگری نیز وجود دارد که در برخی از آنها محل قرارگیری ژئوفون ها در دیواره چاه یا کف اقیانوس تعبیه می شود .

^۱ - Offset

^۲ - Sweep

^۳ - Air gun

^۴ - Streamer



شکل ۱-۱، برداشت داده های دارای همپوشانی توسط جابجایی موقعیت مکانی نقاط انفجار و گیرنده ها.

۳-۱ پردازش داده های لرزه ای

میدان موج دریافت شده توسط گیرنده ها دارای انواع گوناگونی از امواج می باشد که در تصویر سازی بازتابی فقط بازتاب های اولیه امواج p مد نظر می باشد. در این روش، دیگر انواع موجها از قبیل بازتابهای چندگانه^۱، امواج سطحی، امواج انکساری، و بازتاب های اولیه دیگر انواع موج ها (غیر از موج p) به عنوان نویز همراه^۲ به حساب می آید. یکی از اهداف پردازش داده های بازتابی، حذف این موج ها و همچنین دیگر انواع نویز های همراه و تصادفی از روی داده ها و بهبود کیفیت سیگنال های مربوط به بازتاب های اولیه ای است، که در نهایت در مرحله ای از پردازش به نام کوچ^۳، تصویری واقعی از ساختارهای موجود در زیر سطح زمین را نمایش خواهند داد.

نحوه انجام پردازش داده های لرزه ای به شیوه متداول شامل مراحل زیر می باشد:

¹ - multiples
² - Coherent noise
³ - Migration

پیش پردازش و فیلتر نمودن داده های لرزه ای به منظور حذف انواع نویز ، واپیچش^۱ به منظور افزایش کیفیت ظاهری به وسیله حذف اثر موج منبع و همچنین حذف بازتابهای چندگانه کوتاه مدت ، دسته بندی کردن داده ها بر حسب CMP ، برانبارش^۲ سیگنال ها در دسته های CMP^۳ و بدست آوردن مقطع برانبارش شده که این مراحل در فصل دوم توضیح داده شده است. مراحل ذکر شده موجبات کاهش نویز های همراه و تصادفی را بر روی داده ها فراهم آورده و مقدار داده ها را برای پردازش های بعدی کاهش می دهد. علاوه بر این ، از سرعت های برانبارش حاصل از آنالیز سرعت^۴ می توان به عنوان اساس و پایه ای برای ساخت مدل سرعت مورد نیاز در مرحله بعدی پردازش یعنی کوچ به منظور بدست آوردن تصویر واقعی از ساختارهای زیر سطحی، استفاده کرد.

۴-۱ تصویر سازی لرزه ای مبتنی بر مدل

در لرزه نگاری بازتابی، هدف از روش های تصویر سازی به دست آوردن مدلی از داده های برداشت شده است که خصوصیات کشسانی محیط را در مقیاس بزرگ نشان دهد. چنین مدلی در نهایت برای تهیه تصویری با کیفیت بالا از ساختارهای زیر سطحی با استفاده از داده های پیش از برانبارش مناسب است. به عبارت دیگر رخدادهای بازتابی در داده های برداشت شده باید به مرزهای تغییر خصوصیات کشسانی در زیر سطح زمین تبدیل شوند. این روش های معکوس سازی مبتنی بر مدل، ویژگی های الاستیک لایه های زیر سطحی را به گونه ای که با داده های برداشت شده همخوان باشد، به صورت مدل به دست می دهند. اگرچه به صورت طبیعی این مدل باید در حوزه عمق باشد، ولی تصویر سازی مبتنی بر مدل در حوزه زمان نیز انجام می شود. اگرچه به نظر می رسد که تصویر سازی در حوزه زمان از نظر تفسیر در مناطق با ساختارهای پیچیده دارای اشکال است، ولی به دست آوردن این مدل مزیت های بزرگی به همراه خواهد داشت، چرا که در هر حال برای تبدیل تصویر از حوزه زمان به عمق،

^۱ - Deconvolution

^۲ -Stack

^۳ - CMP Gathers

^۴ -Velocity analyses

به مدلی از ویژگی‌های الاستیک محلی لایه‌های زیرسطحی نیاز است. در این روش‌ها، اگر مدل مذکور در مرحله ابتدایی به شرایط واقعی ویژگی‌های الاستیک لایه‌ها نزدیک باشد، در آن صورت با چندین بار به روز کردن مدل^۱، می‌توان به تصویری واقعی‌تر از ساختاری زیرسطحی و ویژگی‌های الاستیک لایه‌ها رسید. به این دسته از روش‌های تصویرسازی، روش‌های مبتنی بر مدل می‌گویند (سلیمانی، ۲۰۰۹).

۵-۱ تصویرسازی لرزه‌ای مبتنی بر داده

هدف اصلی در پردازش داده‌های بازتابی، به دست آوردن بهترین تصویر از ساختارهای زیرسطحی است. پردازش در محیط‌های با ساختار بسیار پیچیده و یا در داده‌های با نسبت سیگنال به نویز پایین، بسیار مشکل و زمان‌بر می‌باشد و نیاز به چندین بار تکرار مراحل پردازش دارد. یکی از راه‌های غلبه بر این مشکل، استخراج مستقیم حداکثر اطلاعات ممکن از داده‌های برداشت شده است. پیشرفت‌های اخیر در زمینه کامپیوتر و کاهش زمان محاسبات، امکان عملی شدن چنین روش‌هایی را نیز فراهم نموده است. این روش‌ها، تصویری از ساختارهای زیر سطحی را بدون تهیه مدل کامل و دقیق از ویژگی‌های الاستیک لایه‌ها تهیه می‌کند. در این حالت، تنها در دست داشتن مدل ضمنی و پیوسته-ایی از ویژگی‌های الاستیک که مستقیماً از داده‌های برداشت شده به دست می‌آید، کافی خواهد بود. مرسوم‌ترین تصویری که از این دسته روش‌ها به دست می‌آید، استفاده از مجموعه‌ای از دسته داده-های بازتابی دارای همپوشانی برای تهیه تنها یک مقطع می‌باشد که در آن فرستنده و گیرنده بر هم منطبق هستند که به آن مقطع دورافت صفر (ZO) می‌گویند. روش‌های برانبارش نقطه میانی مشترک (CMP) و سطح بازتاب مشترک^۲ (CRS) و همچنین سطح پراش مشترک (CDS) از جمله این روش‌ها می‌باشند که در این تحقیق توضیح داده می‌شوند (سلیمانی، ۲۰۰۹).

^۱- Model updating

^۲- Common Reflection Surface (CRS)

۱-۶ ساختار پایان نامه

همانگونه که از عنوان پایان نامه نیز برمی آید، هدف اصلی در این تحقیق، ارزیابی عملکرد روش نوین پردازش برانبارش سطح بازتاب مشترک در رفع مشکلات، فراروی مقاطع لرزه ای مناطقی از ایران می باشد که پردازش این داده ها با روش های متداول با ابهاماتی روبرو می باشد. وجود ساختارهای پیچیده زمین شناسی در این گونه نواحی از جمله دلایل بروز این ابهامات در مقاطع مذکور است. در این پایان نامه ابتدا در فصل دوم به شرح مختصری از مراحل پردازش داده های لرزه ای به روش متداول می پردازیم و مشکلات فراروی پردازش به شیوه متداول را بررسی خواهیم کرد. سپس در فصل سوم، معادله کلی عملگر برانبارش CRS و نشانگرهای جنبشی میدان موج معرفی می شوند. همچنین استراتژی به دست آوردن نشانگرهای جنبشی میدان موج و حل معادله CRS به تفصیل شرح داده خواهد شد. پس از آن به شرح روش برانبارش سطح پراش مشترک (CDS) به عنوان راه حلی برای غلبه بر مشکل تداخل شیب ها، معادله و نشانگر مربوط به آن و استراتژی دستیابی به این نشانگر خواهیم پرداخت. در فصل چهارم مراحل انجام پردازش به سه روش برانبارش نقطه میانی مشترک (CMP) و سطح بازتاب مشترک (CRS) و همچنین سطح پراش مشترک (CDS) بر روی داده های مربوط به یک مقطع دوبعدی برداشت شده در مجاورت یک گلفشان که دارای ساختاری نیمه پیچیده می باشد، توضیح داده خواهد شد همچنین نتایج حاصل از برانبارش توسط این سه روش با یکدیگر مقایسه شده و عملکرد روش های نوین مذکور مورد ارزیابی قرار می گیرد.

در فصل پنجم نیز مراحل انجام پردازش به روش های برانبارش نقطه میانی مشترک (CMP) و سطح بازتاب مشترک (CRS) بر روی داده های مربوط به یک مقطع دوبعدی برداشت شده از چین خوردگی های دارای رورانندی در جنوب غربی ایران که دارای ساختاری پیچیده می باشد، توضیح

داده خواهد شد. همچنین نتایج حاصل از برانبارش توسط روش های مذکور با یکدیگر مقایسه شده و عملکرد روش نوین سطح بازتاب مشترک (CRS) مورد ارزیابی قرار می گیرد.

در فصل ششم نیز نتایج حاصل از فصل چهارم و پنجم جمع بندی شده و به ارزیابی نهایی نتایج حاصل از برانبارش مقاطع ابهام دار توسط روش های نوین مذکور در داده های مربوط به ساختار های پیچیده موجود در نواحی نفتی ایران خواهیم پرداخت.

لازم به ذکر است که مراحل پیش پردازش داده های مربوط به دو ساختار پیچیده و نیمه پیچیده همچنین تهیه مقطع برانبارش CMP ، مورد بحث در این پایان نامه توسط نرم افزار ProMax به انجام رسید . مراحل برانبارش CRS و CDS نیز با به کارگیری کد های زبان برنامه نویسی ++C در نرم افزار Seismic Unix و در محیط لینوکس به انجام رسید. مقاطع نشان داده شده در طول پایان نامه نیز به کمک همان نرم افزار SU به دست آمده است.

فصل دوم

انواع روش های پردازش

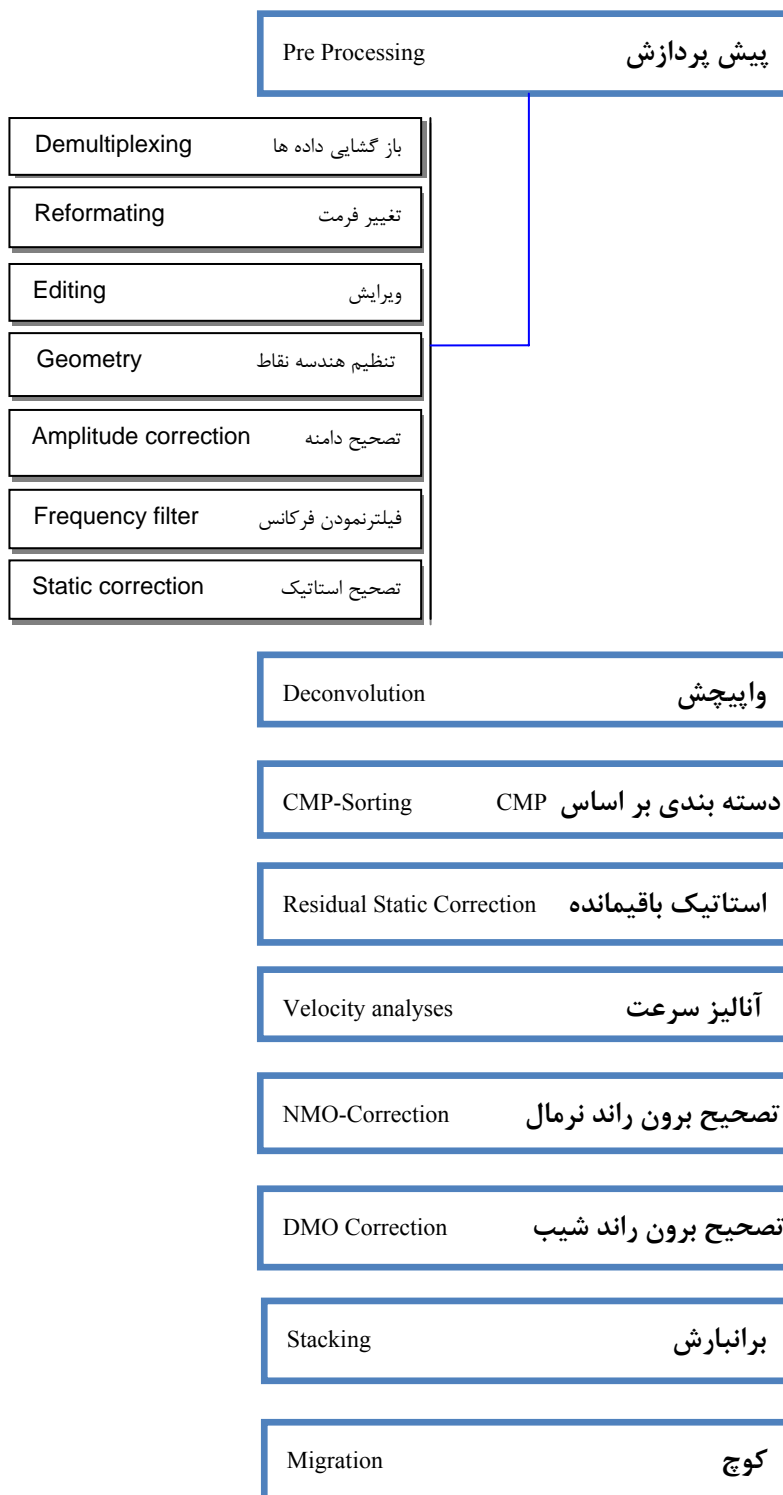
۱-۲ مقدمه

در روش متداول پردازش داده های لرزه ای فرض بر این است که برداشت داده ها با متد CMP یعنی نقطه میانی مشترک برداشت شده است. این به این معنی می باشد که داده های مورد نظر برای انجام پردازش در سطح زمین دارای همپوشانی بوده و برای هر نقطه در زمین چندین داده برداشت شده است. هدف اصلی از پردازش داده ها بدست آوردن تصویری واضح از سطوح بازتاب کننده در لایه های زیر سطحی بوده که این سطوح بیانگر مرز بین لایه ها و مشخص کننده ساختار های زیر سطحی می باشند. پردازش داده ها به روش مرسوم و متداول دارای مراحل گوناگونی می باشد که شمای کلی آن در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. در این بخش سعی بر آن شده مراحل اصلی پردازش به روش مرسوم به صورت خلاصه توضیح داده شود.

۲-۲ پیش پردازش

اولین مرحله پیش پردازش باز کردن داده ها از حالت ترکیبی، به صورت یک ماتریس است که اطلاعات هر اثر^۱ (لرزه نگاشت) به صورت ستونی در زیر هر اثر قرار گیرد. در این مرحله داده ها با فرمت متداولی که قرار است در پردازش از آن استفاده شود ذخیره می شوند. متداول ترین فرمتی که

1- trace



شکل ۱-۲، مراحل پردازش داده های لرزه ای به روش متداول.

در صنعت مورد استفاده قرار می گیرد فرمت SGY است که این فرمت استاندارد توسط انجمن ژئوفیزیکست های اکتشافی^۱ بنا نهاده شده است (ایلماز^۲، ۲۰۰۱).

گام بعدی در پیش پردازش ویرایش اثر ها می باشد. در این مرحله اثر های دارای نویز بسیار زیاد، اثر هایی که خراب شده اند یا اثر هایی که دارای سیگنال تک فرکانسه هستند، حذف می شوند، اثر های با قطبیت معکوس نیز اصلاح می شوند.

سیگنالهای لرزه ای دریافتی توسط گیرنده ها با افزایش زمان و همچنین مقدار دورافت دچار افول و کاهش دامنه می شوند. برای بازیابی شکل واقعی دامنه اثر ها، این کاهش دامنه باید تصحیح گردد. روش های متعددی برای تصحیح دامنه ها وجود دارد که از جمله آنها می توان به روش برابر سازی اثر ها، روش AGC^۳، روش بازیابی نمایی، روش تصحیح واگرایی کروی و استفاده از توابع بازیابی قابل برنامه ریزی اشاره کرد. روش برابر سازی اثر ها، مربوط به حذف اثر دور افت در دامنه بوده و یک تابع بازیابی مستقل از زمان است. تصحیح واگرایی کروی، کاهش دامنه در اثر واگرایی هندسی موج به صورت کروی را تصحیح می کند در حالی که روش بازیابی نمایی با در نظر گرفتن خاصیت میرایی زمین و تضعیف شدید فرکانس های بالا در عمق توسط زمین به بر طرف کردن این پدیده می پردازد. روش AGC نیز روشی برای بازیابی سیگنالهای ضعیف بوده و بیشتر برای نمایش استفاده می شود (ایلماز، ۲۰۰۱).

از دیگر مراحل که در پیش پردازش انجام می پذیرد می توان فیلتر کردن را نام برد. انرژی بازتاب ها معمولاً در بازه مشخصی از فرکانس واقع شده است. این در حالی است که فرکانس برخی از نویز های خاص، در بازه ای متفاوت با فرکانس بازتاب ها قرار داشته، و تشخیص و حذف آنها توسط فیلتر کردن امواج قابل انجام می باشد. فیلتر ها دارای انواع گوناگونی هستند: فیلتر بالا گذر، فیلتر

1 - Society of Exploration Geophysicists

2 -Yilmaz,2001

3 -Automatic Gain Control

پایین گذر ، فیلتر میان گذر ، فیلتر شکافی^۱ و ... به عنوان مثال نویز مربوط به کابل ها که دارای فرکانس پایینی می باشد با فیلتر بالا گذر قابل حذف است ، یا نویز مربوط به خطوط فشار قوی برق که تک فرکانسه بوده با فیلتر شکافی قابل حذف می باشند .

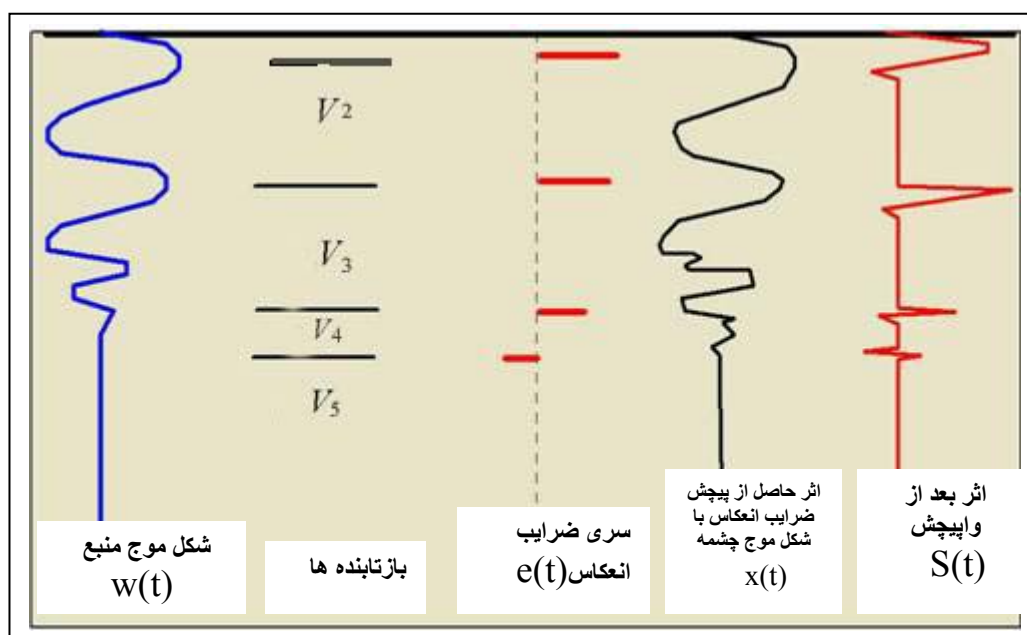
در مرحله بعد اطلاعات مربوط به هندسه قرار گیری منبع موج ، گیرنده ها و CMP مربوطه باید به اطلاعات هر اثر اضافه شود . اطلاعات مربوط به مختصات منبع و گیرنده ها و CMP ها از روی اطلاعات نقشه برداری و گزارشات مسئول برداشت داده ها در صحرا باید به اطلاعات مربوط به هر داده اضافه گردد. در برداشت های لرزه ای خشکی به دلیل اینکه منبع موج و گیرنده ها به خاطر وجود پستی و بلندی دارای اختلاف ارتفاع می باشند و همچنین به دلیل وجود لایه های هوازده در سطح، با سرعت نسبتا پایین ، بازتاب ها در مکانهای مورد انتظار در فرم هذلولی شکل خود قرار نگرفته و دارای اختلالات زمانی هستند . تصحیح استاتیک راه حلی برای از بین بردن این مشکل در مرحله پیش پردازش داده ها می باشد. تصحیح استاتیک موجبات قرارگرفتن منبع و گیرنده ها را در یک سطح فرضی ، بدون حضور لایه هوازده فراهم می آورد (شریف^۲، ۱۹۹۵) .

۳-۲ واپیچش^۳

واپیچش بر عکس عمل پیچش (کانولوشن)^۴ بوده که باعث کوتاه شدن سیگنال ها و حذف بازتاب های چند گانه و در نتیجه باعث افزایش کیفیت ظاهری داده ها می گردد . در نتیجه عمل واپیچش، بازتابها نمایان خواهند شد . این عمل را ، هم قبل از برانبارش هم بعد از آن بر روی داده ها اعمال می کنند. موجی که توسط گیرنده ها دریافت می شود حاصل پیچش موج ورودی ارسالی توسط منبع، با پالسهای حاصل از اختلاف امپدانس صوتی^۵ لایه های مجاور هم می باشد. این پالسها

1 - notch filter
 2- Sheriff, 1995
 3 - Deconvolution
 4- convolution
 5- Acoustic Impedance

$$(۱-۲) \quad \text{اثر زمین } e(t) * \text{ موج منبع } w(t) = \text{ موج دریافتی } x(t)$$



شکل ۲-۲، نقش دکانولوشن در شکل گیری بازتابها در یک اثر لرزه نگاری را نمایش می دهد.

در واقع بیانگر مرز بین لایه های مجاور هم هستند (شکل ۲-۲). رابطه ۱-۲ رابطه پیچش مذکور می باشد. آنچه در پردازش مورد نظر ما می باشد نمایان شدن بازتابها است. پس با فرض داشتن موج منبع $w(t)$ و موج خروجی $x(t)$ ، با عمل واپیچش، ما به اثر زمین که همان ضرایب انعکاس می باشد، به صورت موجک خواهیم رسید. عمل واپیچش با استفاده از فیلتر وینیر بر روی داده ها اجرا می شود. فیلتر وینیر، فیلتری است که از پیچش آن با یک موج ورودی می توان موج دلخواه خود را ایجاد نمود (ایلماز، ۲۰۰۱). اگر هدف ما از واپیچش کوتاه کردن و فشرده سازی سیگنالها باشد، خروجی دلخواه را یک اسپایک^۱ در نظر می گیریم و به عمل واپیچش صورت گرفته Spiking deconvolution گویند. اگر هدف ما حذف بازتاب های چند گانه باشد آنگاه خروجی دلخواه موج ورودی با تاخیر زمانی خواهد بود و به آن Predictive deconvolution گویند (ایلماز، ۲۰۰۱).

^۱-Spike

۴-۲ تصحیح برونراند نرمال NMO^۱

تمام مراحل پردازش داده که تا کنون در باره آن صحبت کردیم مربوط به بهبود کیفیت هر سیگنال به طور جداگانه می باشد. اکنون می خواهیم به منظور بهبود نسبت سیگنال به نویز و همچنین کاهش مقدار داده هایی که قرار است در مراحل بعدی پردازش، بیانگر تصویر واضحی از ساختارهای زیر سطحی باشند، چندین اثر را با یکدیگر جمع کنیم که به این کار برانبارش^۲ گویند. قبل از انجام برانبارش با انجام آنالیز سرعت، تصحیح NMO باید بر روی داده ها انجام بگیرد. یک پدیده بازتابی را روی یک دسته CMP در نظر بگیرید. اختلاف زمانی بین زمان رفت و برگشت موج برای یک دور افت مشخص را با زمان رفت و برگشت موج در حالت دور افت صفر را زمان NMO برای آن دورافت گویند. با انجام تصحیح NMO بر روی اثرهای یک دسته CMP که دارای دورافت های مختلف هستند، در واقع اثر دورافت را از بین برده و همه اثرهای یک دسته CMP را تبدیل به اثرهای با دورافت صفر می کنند. با این کار بازتابها در امتداد یکدیگر قرار گرفته و آماده برانبارش خواهند شد (شکل ۲-۳).

تصحیح NMO به سرعت لایه ها در بالای سطح بازتاب کننده، مقدار دورافت، زمان عبور موج بازتابی در حالت دورافت صفر، شیب سطح بازتاب کننده، آزیموت منبع-گیرنده نسبت به جهت شیب لایه ها و میزان پیچیدگی لایه سطحی و لایه بالای سطح بازتاب کننده، وابسته است (ایلماز، ۲۰۰۱). منحنی زمان رفت و برگشت موج از یک بازتاب کننده برای دورافت های مختلف بین منبع و گیرنده از رابطه هذلولی زیر محاسبه می شود.

$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v_{stack}^2} \quad (2-2)$$

با توجه به رابطه بالا تصحیح NMO از رابطه زیر حاصل می شود:

1- Normal Move Out
2- Stacking

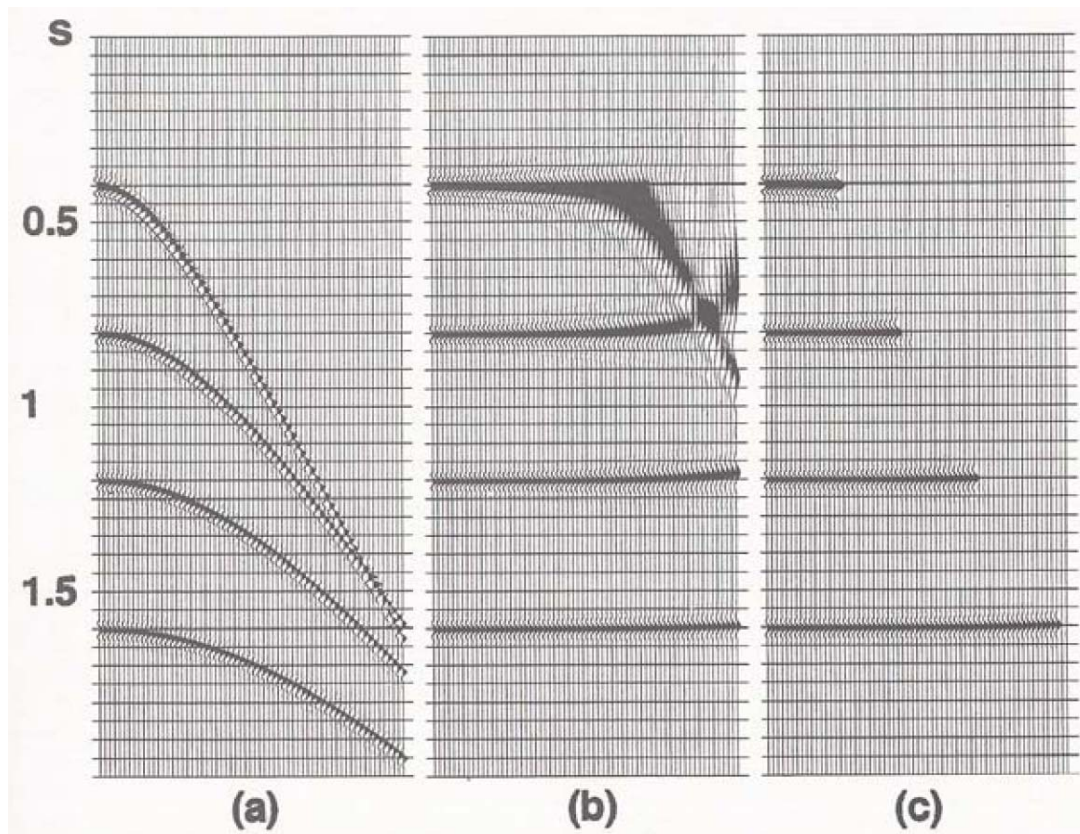
$$t(x) = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v_{stack}^2}}$$

$$\Delta t = t_0 - t(x) \quad (3-2)$$

در معادلات بالا t_0 زمان سیر موج در دورافت صفر و X مقدار دورافت است. همانطور که مشاهده می کنید برای انجام NMO تنها پارامتر نامشخص v_{stack} است. این سرعت که بیانگر سرعت لایه های بالایی است، با انجام آنالیز سرعت تشخیص داده می شود. در صورت داشتن سرعت هر لایه و مشخص بودن لایه ها، آزمایش نشان داده که V_{rms} (ریشه متوسط مربعات سرعت لایه ها) حاصله از سرعت لایه ها، در صورت شیب دار نبودن سطح بازتابنده، سرعت مدنظر در رابطه هذلولی می باشد. بنابراین سرعت بدست آمده از آنالیز سرعت و مورد استفاده در رابطه هذلولی، در واقع میانگینی از سرعت لایه های بالایی است. در صورت عدم محاسبه سرعت درست، شکل هذلولی بازتاب ها با انجام NMO به یک خط راست تبدیل نخواهد شد. اگر سرعت خیلی کم در نظر گرفته شود حادثه بازتابی دچار پدیده بیش تصحیحی خواهد شد و منحنی بازتاب به سمت بالا کشیده خواهد شد. اگر سرعت خیلی زیاد در نظر گرفته شود حادثه بازتابی دچار پدیده کم تصحیحی خواهد شد و منحنی بازتاب جهتی رو به پایین خواهد داشت (ایلماز، ۲۰۰۱).

تصحیح NMO یک تصحیح دینامیک است. زیرا با انجام این تصحیح، مقادیر یک اثر، در زمانهای مختلف، به مقدار متفاوتی شیفته شده می شوند. یعنی اینطور نیست که کل یک اثر به مقدار زمانی مشخصی بالا کشیده شود. در نتیجه این عمل، برای دور افت های بالا کشیدگی^۱ اتفاق افتاده و ما شاهد افزایش طول موج در این قسمت ازداده ها خواهیم بود (شریف، ۱۹۹۵). این اثر در بازتابنده های سطحی که دارای سرعت پایینی می باشند به طور قابل توجهی بیشتر است. برای کاهش اثر کشیدگی

بر روی نتیجه برانبارش، قسمت هایی که دارای کشیدگی شدید هستند از داده ها حذف می گردند(شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳، منحنی های بازتاب هندلولی شکل در شکل (a) پس از تصحیح NMO دچار کشیدگی شده اند شکل (b) که با حذف داده ها در قسمت های مذکور این مشکل حل شده است (c). (ایلماز، ۲۰۰۱).

۲-۵ آنالیز سرعت به عنوان قلب پردازش داده ها

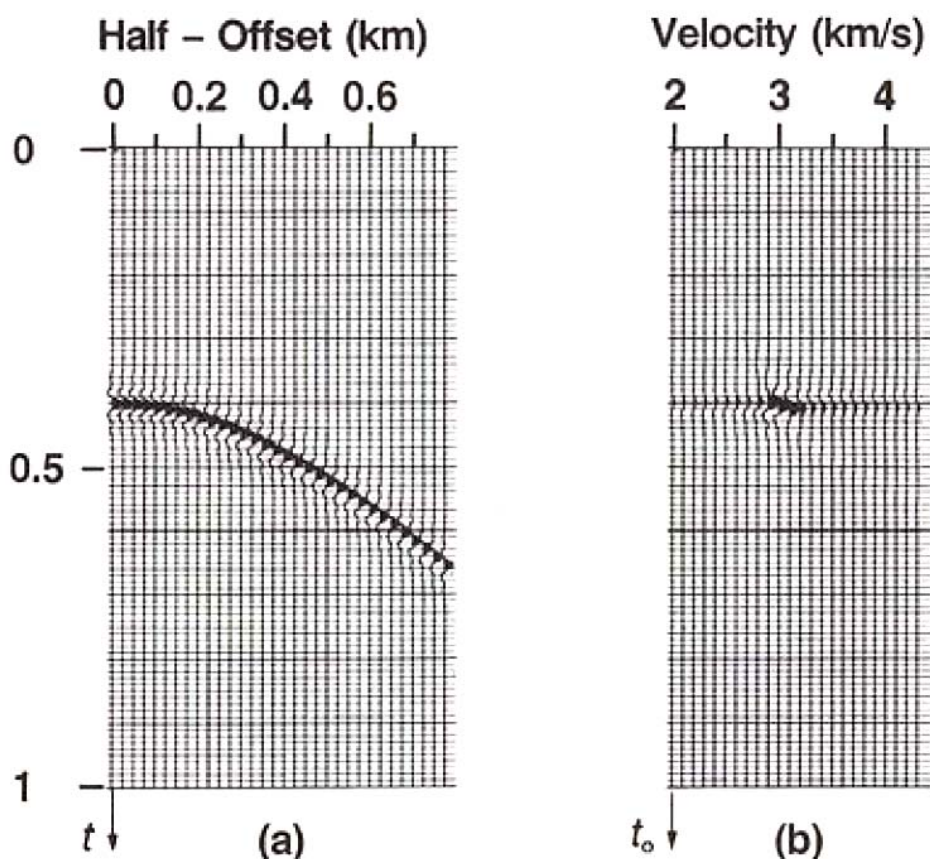
همانطور که گفته شد قبل از انجام برانبارش نیاز به این است که حادثه بازتاب ها در امتداد یکدیگر قرار گیرند . برای این کار ما به V_{stak} نیاز داریم . آنالیز سرعت در واقع روش بدست آوردن سرعت مذکور می باشد . این سرعت در همه مواقع سرعت V_{rms} واقعی لایه های بالایی نمی باشد . بنابر این تمایز دو سرعت مذکور امری ضروری است . سرعت برانبارش V_{stak} سرعتی است که بهترین

برابارش از آن نتیجه می شود. V_{rms} سرعت واقعی RMS لایه ها است. برای لایه های افقی که بدون شیب می باشند هر دو سرعت برابرند در حالی که در لایه های شیب دار این دو سرعت برابر نمی باشند (ایلماز، ۲۰۰۱). روشهای گوناگونی برای آنالیز سرعت وجود دارد که از آن جمله می توان به روشهای آنالیز CVP و CVS و همچنین طیف سرعت اشاره کرد.

در روش آنالیز CVP برای یک CMP تصحیح NMO با سرعت های ثابت متعددی انجام می گیرد. سپس نتایج حاصله کنار یکدیگر قرار داده می شود، با یکدیگر مقایسه شده و برای هر بازتابنده بهترین سرعتی که موجبات صاف شدن آن را در NMO فراهم می کند به عنوان سرعت برابارش انتخاب می گردد. در نهایت از درون یابی سرعت های بدست آمده از این روش، بهترین تابع سرعت برای انجام NMO برای آن CMP حاصل خواهد شد.

در روش CVS برخلاف روش CVP که فقط از یک CMP استفاده می شد، از چند CMP مجاور در کنار یکدیگر استفاده می شود. CMP ها با سرعت ثابتی تصحیح NMO و سپس برابارش می شوند. نتایج برابارش CMP ها در کنار یکدیگر قرار می گیرد و تشکیل یک پنل را می دهد. در مرحله بعد، دیگر پنل ها با سرعت های بعدی که در بازه مشخصی افزایش می یابند ساخته شده و در نهایت مقاطع CMP برابارش شده با سرعت های مختلف کنار یکدیگر قرار گرفته و در مرحله انتخاب سرعت برای بازتابنده ها در اعماق مختلف سرعتی که بیشترین پیوستگی را برای سطوح بازتابی ایجاد می کند به عنوان سرعت برابارش برای آن بازتابنده انتخاب می شود. در انتها مانند روش قبلی تابع سرعت از درون یابی سرعت های حاصله بدست می آید. این روش برای آنالیز ساختار های پیچیده روش مناسبی به نظر می آید، زیرا در آن سرعتی انتخاب می شود که بیشترین پیوستگی جانبی را داشته باشد.

دسته CMP موجود در شکل ۲-۴ شامل یک هذلولی بازتابی می باشد که از یک سطح افقی گرفته شده است. سرعت لایه بالایی این سطح بازتابی ۳۰۰۰ متر بر ثانیه است. فرض کنید داده های



شکل ۲-۴، یک بازتاب ساده که از حوضه دورافت زمان به حوضه سرعت انتقال داده شده است (ایلماز، ۲۰۰۱).

مذکور پشت سر هم با رنج سرعتی بین ۲۰۰۰ تا ۴۳۰۰ متر بر ثانیه تصحیح NMO و برانبارش شوند. شکل ۲-۴ b اثر های برانبارش شده به ازای هر سرعت در نموداری از سرعت بر حسب زمان رفت و برگشت موج با دورافت صفر را نشان می دهد. به این شکل طیف سرعت گویند. در واقع طیف سرعت تبدیل داده ها از حوضه دورافت بر حسب زمان به حوضه سرعت برانبارش بر حسب زمان دورافت صفر می باشد. همانطور که در شکل دیده می شود، بیشترین دامنه مربوط به سرعت ۳۰۰۰ متر بر ثانیه است. پس با پیک کردن بیشترین دامنه ها در طیف سرعت می توان تابع سرعت برانبارش را برای انجام تصحیح NMO بدست آورد. علاوه بر آن طیف سرعت ما را قادر به تشخیص بازتابهای اولیه از بازتابهای چندگانه نیز خواهد کرد.

طیف سرعت معمولاً به حالتی که در شکل ۲-۴ نشان داده شده نمایش داده نمی شود. شکل ۲-۵ بیانگر شکل متداول یک طیف سرعت می باشد.

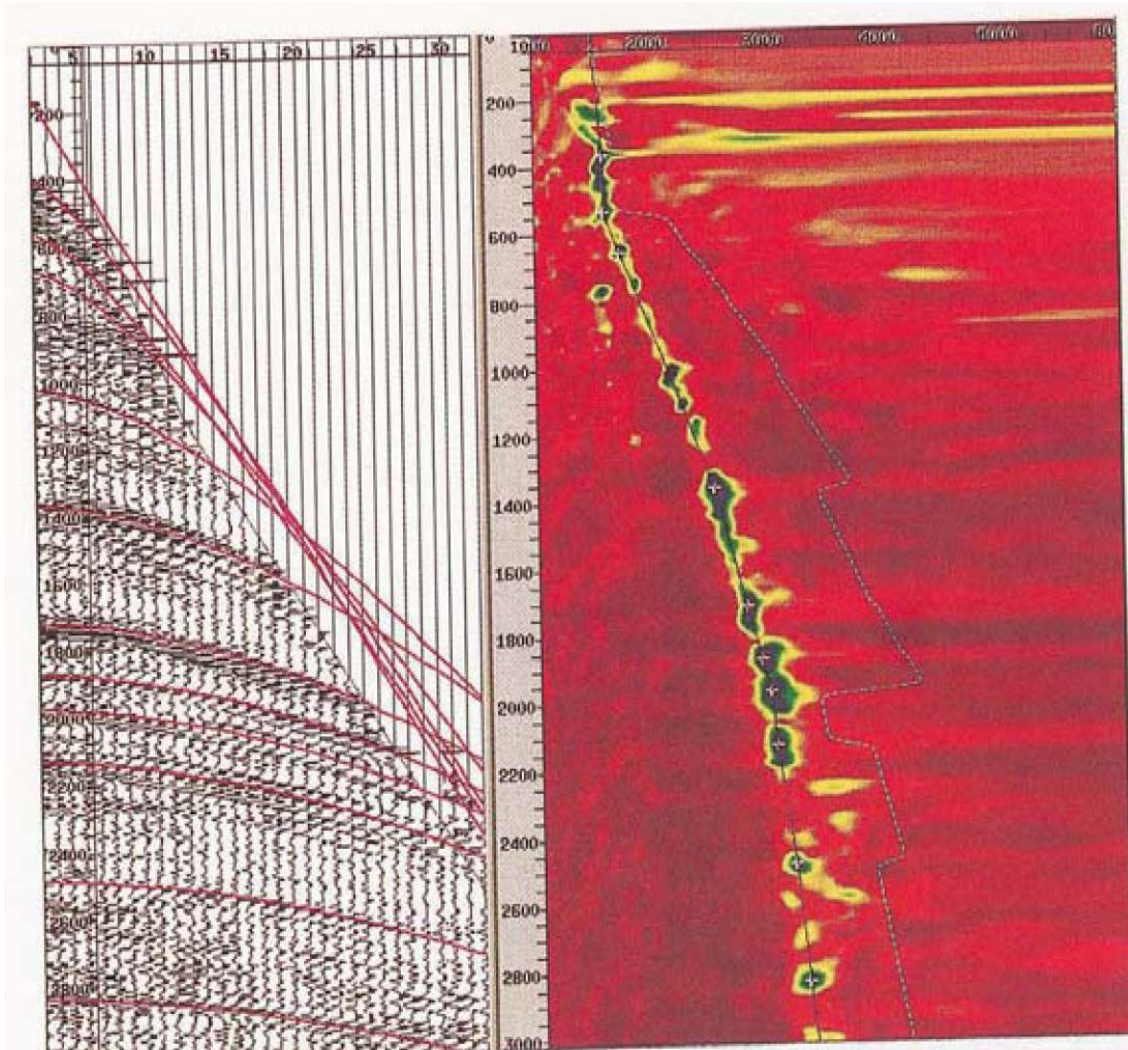
وقتی نسبت سیگنال به نویز پایین باشد در طیف سرعت دامنه بر انبارش شده ، شاید نتواند نمایش خوبی از سرعت برانبارش به ما بدهد . همانطور که می دانید هدف از آنالیز سرعت بدست آوردن پیک هایی است که با اعمال آنها بیشترین همدوستی در امتداد منحنی هذلولی بدست آمده از آن سرعت حاصل می شود. بنابر این جهت ساخت طیف سرعت، نشانگر هایی وجود دارد که به جای برانبارش دامنه می توان از آنها استفاده کرد. با استفاده از این نشانگر ها، سرعت هایی که بیشترین همدوستی را خواهند داشت ، راحت تر قابل تشخیص خواهند بود . دامنه نرمالایز شده و سملانس از جمله این نشانگر ها می باشد که رابطه آنها در زیر آورده شده است. در روابط زیر S_t بیانگر برانبارش دامنه ها برای زمان دورافت صفر t و $W_{i,t}$ بیانگر دامنه اثر های موجود در یک CMP می باشد.

$$\text{Semblance} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\sum_t s_t^2}{\sum_t \sum_i w_{i,t}^2} \quad ns_t = \frac{|s_t|}{\sum_{i=1} |w_{i,t}|}$$

دقت و وضوح ، در انجام آنالیز سرعت و تخمین سرعت از داده های لرزه ای معمولاً با مخاطره هایی همراه می باشد که به عمق قرارگیری بازتابها ، نسبت سیگنال به نویز ، تصحیح استاتیک ، تعداد بازتابنده ها ، محدوده دورافت داده ها ، پهنای باند داده ها و شیب بازتابنده بستگی دارد.

در نهایت با بدست آوردن طیف سرعت نوبت به بدست آوردن تابع سرعت برانبارش از آن می شود. همانطور که در شکل ۲-۵ نشان داده شده باید پیک های سرعت را در این مرحله به صورت دستی دستچین کرد . با دستچین کردن پیک های سرعت و درون یابی نقاط بین نقاط دستچین شده ، تابع سرعت برای انجام عمل NMO و برانبارش آماده می شود . در زمانهایی که تعداد اثر های CMP های

مورد نظر کم باشد ، برای آنالیز سرعت از ترکیب CMP های مجاور در یکدیگر استفاده کرده و آنالیز سرعت را برای آن انجام می دهند .



شکل ۲-۵ ، با دستچین کردن پیک سرعت در طیف سرعت بیشترین هم‌دوسی با منحنی های هذلولی پدیده

های بازتابی ایجاد می گردد(ایلماز، ۲۰۰۱).

۲-۶ تصحیح استاتیک باقیمانده^۱

این فرایند که معمولاً برای اطلاعات مناطق خشکی بکار می رود، موجب ارتقاء کیفیت بازتابنده ها می گردد. در حقیقت در این بخش تلاش می شود که اثر ناهنجاریهای نزدیک به سطح زمین که موجب اختلاف در زمان رسید امواج می گردند تا حد امکان برطرف شود. بعبارت دیگر تصحیحات استاتیک به قدر کافی دقیق نبوده و مقداری از آن هنوز باقیمانده است. این مقادیر باقیمانده به کمک بعضی روشهای پیچیده ریاضی محاسبه و اعمال می گردد. مبنای بیشتر این روشها ، یافتن مقدار جابجایی برای هر گروه اثر وابسته به یک چشمه یا یک گیرنده است ، به نحوی که شباهت (Correlation) بین اثرهای حاصل از برانبارش گروههای CMP همجوار به حد اکثر برسد. بعبارت دیگر جابجایی های بهینه برای هر چشمه یا گیرنده به نحوی تعیین می شود که مقطع نهایی بهترین کیفیت را دارا باشد (شریف، ۱۹۹۵). رایج ترین روش در حال حاضر روش بهینه سازی قدرت بر هم نهی (Stack Power Maximization) می باشد که به آن Maximum Power نیز گفته می شود. شرح جزئیات روشهای مختلف و موارد کاربرد آنها در این مقال نمی گنجد. گفتنی است که معمولاً پس از انجام این تصحیحات بهتر است که مرحله تحلیل سرعت و مراحل بعد از آن روی داده های تصحیح شده ، مجدداً اجرا شود تا نتایج بهتری حاصل گردد.

۲-۷ تصحیح برونراند شیب یا^۲ DMO

آنچه در باره تحلیل سرعت و تصحیح برونراند نرمال گفته شد ، فقط در مورد بازتابنده های موازی سطح مبنا مصداق می یابد. در حالتی که بازتابنده ، شیب قابل توجهی داشته باشد ، انعکاسها از یک نقطه عمقی مشترک (Common Depth Point) یا به بیانی دیگر از یک نقطه انعکاسی مشترک (Common Reflection Point) دریافت نمی شوند، بلکه از یک سطح دریافت می شوند که

^۱ -Residual Static Correction

^۲ -Dip Move out Correction

گسترده‌گی آن به شیب بازتابنده مربوط می شود. همین امر موجب می شود که زمان رسید موج در دورافت‌های مختلف حتی پس از تصحیح NMO هم اختلاف قابل توجهی داشته باشند. برای تصحیح این اثرات نیز روش‌های ریاضی مختلفی طراحی شده است که مشهورترین آنها اصطلاحاً Common Offset F-K DMO نامیده می شود (ایلماز ، ۲۰۰۱). پس از محاسبه پارامترها و انجام DMO لازمست که مرحله تحلیل سرعت یکبار دیگر هم انجام شود تا سرعت‌های ناوابسته به شیب، که به سرعت‌های فیزیکی زمین نزدیکتر می باشند تعیین شوند.

۸-۲ برانبارش داده ها

پس از انجام همه تصحیحات لازم ، اثرهای گردآوری شده در هر گروه CMP برای برانبارش (Stack) آماده می باشند. این عمل در واقع محاسبه دامنه مجذور میانگین مربعات برای هر یک از نمونه های زمانی می باشد. البته این کار آماری گاهی بصورت محاسبه میانه ، میانگین ، میانگین وزنی و . . . انجام می شود. در هر حال با این عمل نسبت سیگنال به نویز به نسبت جذر Fold افزایش می یابد. در نهایت برای هر گروه CMP فقط یک اثر باقی می ماند که از لحاظ کیفیت بسیار بهتر از تک تک اثرهای قبل از برانبارش می باشد.

۹-۲ کوچ یا Migration

هنگامی که بازتابنده ها موازی سطح مبنا باشند، انعکاس از نقطه بین چشمه و گیرنده حاصل می شود. در حالیکه در مورد بازتابنده شیب دار چنین نیست. این اثر موجب می شود که شکل حاصله در مقطع برانبارش شده ، با شکل واقعی زمین کاملاً متفاوت باشد و برای تصحیح این اثر و تخمین شکل واقعی ساختمان زمین ، از روش‌های مختلف کوچ استفاده می شود. یکی از مشهورترین موثرترین روش‌های کوچ ، روش کریشهف^۱ می باشد (روبین ، ۲۰۰۳).

^۱ - Krichhoff

برای انجام کوچ نیاز به سرعت‌های ملایم (Smooth) شده منطقه می باشد که در عین حال ممکن است در ضریب مناسبی بین ۰/۷ تا ۱/۴ نیز ضرب شده باشد. نداشتن سرعت خوب برای عمل کوچ می تواند تاثیر قابل توجهی داشته باشد.

در شکل‌های ۲-۶ ، تعداد ۹ پدیده زیر سطحی قبل از کوچ (شکل‌های پایین) و بعد از کوچ (شکل‌های بالا) در روی مقاطع لرزه نگاری بشرح زیر نشان داده شده است:

(۱) یال‌های تاقدیس پس از کوچ کمی به سمت داخل جابجا شده و در نتیجه عرض تاقدیس کم می شود.

(۲) یال‌های ناودیس پس از کوچ کمی به سمت بیرون جابجا شده و در نتیجه عرض ناودیس زیاد می شود.

(۳) اگر شیب یال‌های ناودیس بیش از حد تند باشد، شکلی شبیه قاشق وارونه بر روی مقاطع لرزه نگاری پدیدار می شود که پس از کوچ شکل طبیعی خود را باز می یابد (شکل ۲-۷).

(۴) پراش یا تفرق از یک نقطه ، باعث پدید آمدن یک هذلولی بر روی مقاطع لرزه نگاری می گردد که پس از کوچ ، شکل واقعی خود (نقطه) را باز می یابد. هذلولی حاصل از پراش ممکن است به دو صورت بر روی مقاطع ظاهر شده باشد. اگر در مرحله تحلیل سرعت و NMO ، سرعت بیش از حد زیاد در نظر گرفته شده باشد هذلولی شکلی شبیه U و چنانچه سرعتها بیش از حد کم در نظر گرفته شده باشد شکلی شبیه \cap در مقاطع لرزه نگاری نمایان خواهد شد که در هر صورت پس از کوچ به یک نقطه تغییر می یابد.

(۵) یک تک بازتابنده تخت خیلی کوچک باعث می شود که در ابتدا و انتهای آن پراش ایجاد شده و دو هذلولی متوالی بر روی مقاطع لرزه نگاری ایجاد گردد. همانطور که مشاهده می شود

پوش این دو هذلولی در واقع شکل طبیعی بازتابنده را نمایش می دهد. اعمال کوچ نیز باعث مشخص شدن شکل واقعی این پدیده می شود.

۶) یک بازتابنده تخت که قسمتی از آن به دلایلی قطع شده باشد ، در نقاط انقطاع نیز باعث بوجود آمدن دو منحنی پراش در روی مقاطع لرزه نگاری می شود که اعمال کوچ شکل واقعی این پدیده را نشان خواهد داد.

۷) پدیده های کوچک مقیاس که بصورت یکسری نقاط متوالی در یک امتداد مستقیم قرار گرفته باشند نیز پس از کوچ شکل واقعی خودشان را باز می یابند.

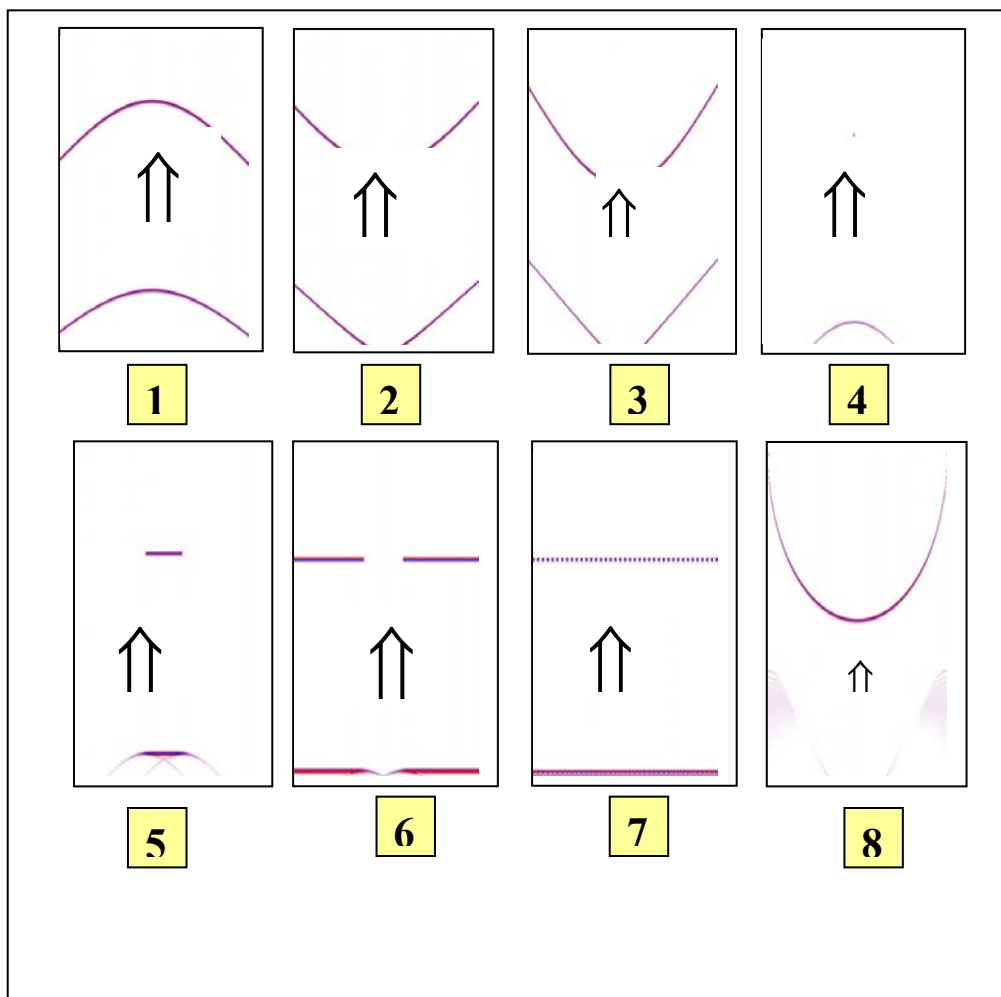
۸) یک بازتابنده تخت که توسط یک سطح گسل جابجا شده است پدیده ای مشابه این شکل را بر روی مقطع لرزه نگاری بوجود می آورد که پس از کوچ شکل واقعی آن نمایان می شود.

۹) یک پدیده سهمی شکل کامل که مانند یک آینه مقعر انرژی را در یک نقطه کانونی متمرکز می نماید مانند این شکل بر روی مقطع لرزه نگاری ظاهر می شود که پس از کوچ شکل طبیعی خود را نمایان خواهد کرد.

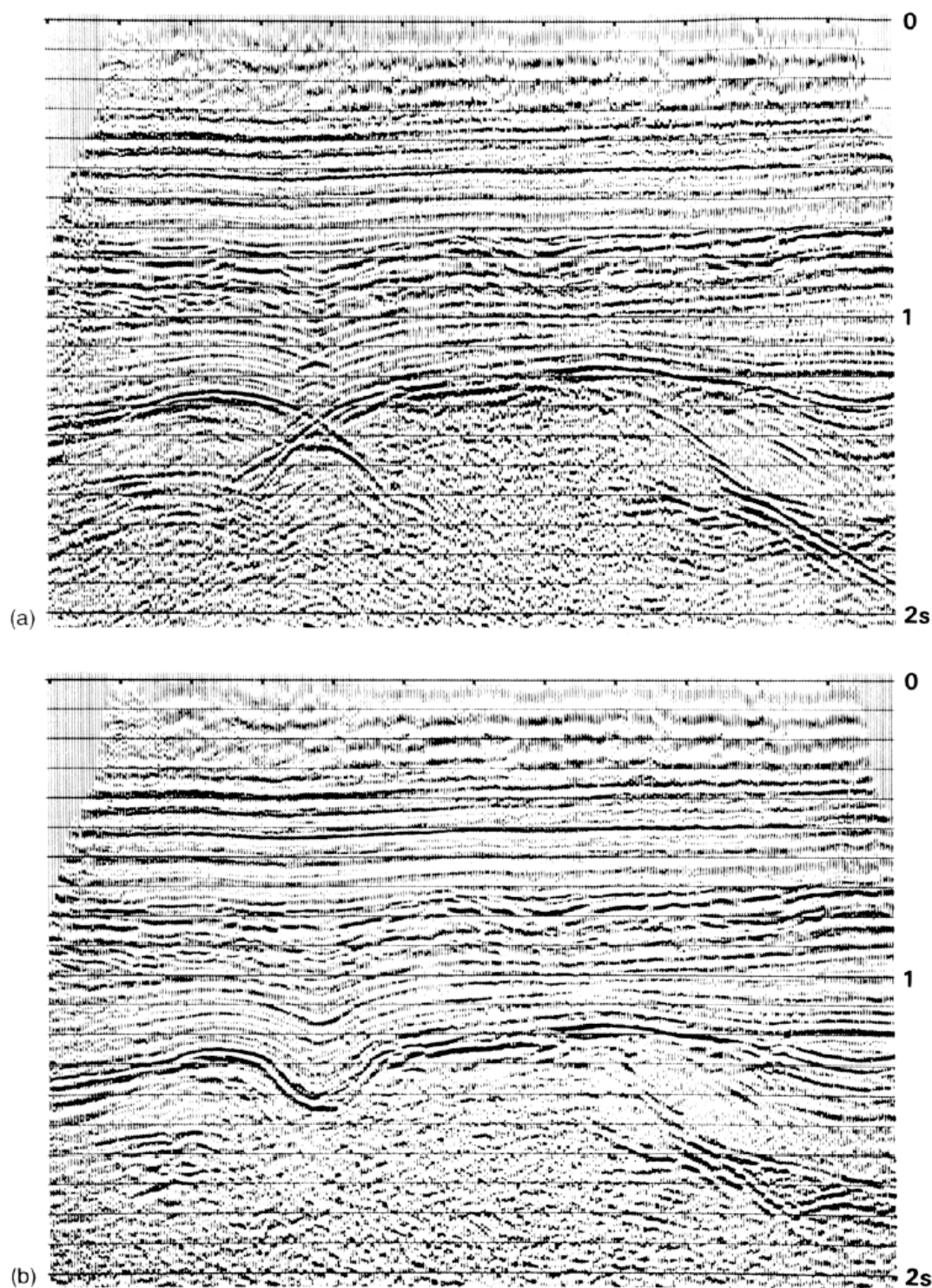
بازتابنده های تخت نیز پس از عمل کوچ ، هیچگونه تغییری نخواهند کرد.

در حالت کلی روش های متفاوتی برای انجام فرایند کوچ وجود دارند که برخی از آنها عبارتند از؛ روش های ترسیمی جبهه موج، روش ادامه فراسو^۱، انتگرال کیرشهف، روش کوچ معادله موج و روش کوچ فرکانس - عدد موج. روش های متعدد دارای خصوصیات متفاوتی بوده و در دقت عمل و نوع مدل سرعت مورد نیاز ، به حساب آوردن تغییرات سرعت به صورت عمودی، به حساب آوردن تغییرات سرعت جانبی، تصحیح شیب و محاسبات زمان با یکدیگر تفاوت دارند. در برخی از روش ها فقط از یک مدل سرعت برای تمام داده ها استفاده می شود در حالی که در برخی دیگر از مدل پیچیده ای که دارای تغییرات سرعت جانبی و عمودی در قسمت های مختلف است استفاده می شود .

^۱ -Upward Continuation



شکل ۲-۶، یک مدل فرضی قبل از کوچ (شکل پایین) و بعد از کوچ (شکل بالا) در روی مقطع لرزه نگاری با یکدیگر مقایسه شده اند.



شکل ۲-۷، a یک مقطع برانبارش شده بدون اعمال کوچ و b همان مقطع با اعمال کوچ (ایلماز، ۲۰۰۱).

۱۰-۲ مشکلات و ابهامات در پردازش با روش متداول

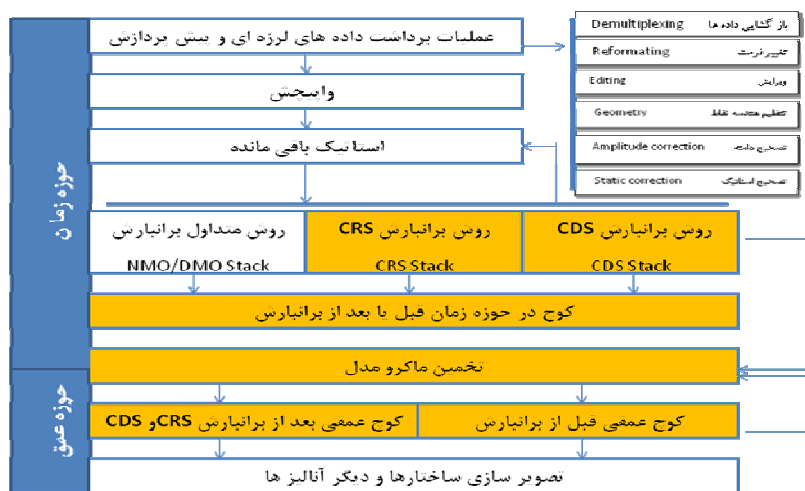
در روش متداول پردازش داده های لرزه ای ، کیفیت تصویر حاصله رابطه مستقیم با نسبت سیگنال به نویز دارد . نسبت سیگنال به نویز نیز در حالت کلی به تعداد فولد یا به عبارت دیگر تعداد اثر برداشت شده از هر CMP در عملیات برداشت لرزه نگاری ، بستگی دارد . این امر بدان معنا است که در مواقعی که داده های برداشت شده ، بنا به هر دلیلی ، از جمله ساختار زمین شناسی منطقه ، شرایط اقلیمی ، نوع برداشت و غیره دارای کیفیتی مناسب نباشد ، تصویر حاصله از پردازش با فولد معمول ، به صورت واضح بیانگر شکل سطوح بازتابی زیرسطحی نخواهد بود. از طرفی برداشت داده ها با فولد بسیار بالا به منظور بالا بردن نسبت سیگنال به نویز هزینه عملیات لرزه نگاری را بسیار بالا خواهد برد .

علاوه بر این تصویر حاصله از پردازش به روش مرسوم برای پدیده های واقع در اعماق زیاد(که در زمانهای بالای ۴ ثانیه واقع می شوند) عموماً فاقد اطلاعات بازتابی مناسب و قابل استناد می باشند. عدم پیوستگی پدیده ها نیز از مواردی است که در برخی از مقاطع پردازش شده به روش مرسوم ، کار مفسران را به چالش می کشد .

در ساختار های پیچیده نیز به دلیل واضح نبودن سرعت برانبارش مناسب در طیف سرعت ، کار آنالیز سرعت و دستچین کردن سرعت ها ، کار وقت گیری بوده و با خطاهای انسانی همراه خواهد بود که در نتیجه آن تصویر حاصله از پردازش در برخی از موارد از کیفیت قابل قبولی برخوردار نخواهد بود .

لذا به جای افزایش فولد در برداشت داده های لرزه ای که مستلزم صرف هزینه های اضافی می باشد، بهره گیری از یک روش جدید مستقل از سرعت برای پردازش داده های لرزه نگاری که توانایی بالا بردن نسبت سیگنال به نویز را تا حد زیادی دارا باشد ، امری ضروری به نظر می رسد.

به عنوان راه حلی برای مشکلات ذکر شده روش برانبارش سطح بازتاب مشترک، از جمله روش های مبتنی بر داده است که مقطع دورافت صفر را از داده های قبل از برانبارش شبیه سازی می کند. این روش نسبت به روش مرسوم NMO/DMO یک مزیت بزرگ دارد که از مدل سرعت مستقل می باشد. مفهوم این روش ابتدا توسط هوبرال و همکاران (۱۹۹۶)^۱ ارائه شد و مولر (۱۹۹۹)^۲ نیز نشان داد که عملگر برانبارش CMP در واقع حالت خاصی از عملگر CRS می باشد. به کمک تئوری پرتوهای موازی محور، چرونی (۲۰۰۱)^۳ نشان داد که معادله زمان سیر مرتبه دوم CRS، یک عملگر مکانی را به دست می دهد که می تواند به عنوان صفحه برانبارش عمل کند. سلیمانی (۲۰۰۹) مشکل تداخل شیب ها در روش CRS را با معرفی روش سطح پراش مشترک برطرف نمود. فلوچارت روش برانبارش سطح بازتاب مشترک و همچنین سطح پراش مشترک در شکل ۲-۸ آورده شده است. در فصل بعد با بیان مفهوم CRS به چگونگی عملکرد این روش نوین پردازش داده های لرزه ای، خواهیم پرداخت.



شکل ۲-۸، فلوچارت مراحل انجام پردازش در سه روش NMO/DMO، CRS و CDS.

- 1- Hubral et al. (1996)
- 2- Müller (1999)
- 3- Červený (2001)

فصل سوم

روش برانبارش سطح بازتاب مشترک

۱-۳ معرفی

در فصل گذشته با روش متداول پردازش داده های لرزه ای و چگونگی حصول مقطع دورافت صفر با استفاده از این روش آشنا شدیم . همانگونه که در فصل گذشته متذکر شدیم روش متداول پردازش داده های لرزه ای ، علیرغم مضایای متنوع در برخی موارد دارای معایبی نیز می باشد که این روش را بامحدودیت و صرف هزینه های فراوان مواجه خواهد کرد. در این فصل با روشی جدید به نام برانبارش سطح بازتاب مشترک یا CRS آشنا خواهیم شد که بر اساس تئوری پرتو کار می کند و نسبت به روش های انتگرال گیری کیرشهف و کوچ به دورافت صفر، برتری های قابل توجهی دارد (هوبرال ، ۱۹۹۹). این روش در محیط های با بازتابنده های منحنی شکل که محیط آنها ناهمگن است (جایی که سایر روش ها با آن مشکل دارند) جواب قابل قبولی بدست می دهد(هوبرال ، ۱۹۸۳). روش برانبارش سطح بازتاب مشترک از روش های مستقل از مدل سرعت است که در نهایت مقطع دورافت صفر را شبیه سازی می کند (هوبرال ، ۱۹۹۹). این روش را می توان از روش های مبتنی بر داده ها بیان کرد، چرا که این روش مستقل از مدل زیر سطحی است. برای محاسبه عملگر برانبارش نیاز به سه مشخصه است که عبارتند از زاویه ورود α ، شعاع انحنای موج عمود R_N و شعاع انحنای موج عمود در نقطه ورود R_{NIP} (مان^۱، ۱۹۹۹) که به این سه مشخصه ، نشانگر های جنبشی میدان موج گویند . با بدست آوردن سه نشانگر جنبشی میدان موج ، عمل برانبارش در امتداد سطحی که معادله

^۱ -Mann,1999

آن یک معادله دویعدی زمان بر حسب نیم دورافت و نقطه میانی می باشد و به آن سطح برانبارش CRS گویند، انجام می پذیرد. از کاربردهای دیگر این روش می توان به تعیین زون فرسند، فاکتورتوزیع هندسی و همچنین فرایند معکوس سازی اشاره کرد. بزرگترین مزیتی که این روش دارا می باشد، افزایش نسبت سیگنال به نویز بوده و همچنین رخدادهای، در مقاطع، دارای پیوستگی بالایی خواهند بود (یگر^۱، ۱۹۹۹). در این بخش به معرفی این روش و کاربردهای آن خواهیم پرداخت.

۲-۳ نشانگرهای جنبشی میدان موج

برای محاسبه عملگر برانبارش نیاز به سه نشانگر است که عبارتند از زاویه ورود پرتوی مرکزی α ، شعاع انحنای موج عمود R_N و شعاع انحنای موج عمود در نقطه ورود R_{NIP} . طبق تعریف، موج عمود موجی فرضی است که در آزمایش دورافت صفر، تمام پرتوهای آن بر سطح بازتابنده عمود باشد. به عبارت دیگر موج عمود، موجی است که جبهه اولیه تشکیل دهنده آن بر سطح بازتاب منطبق بوده، با نصف سرعت محیط به سمت بالا انتشار می یابد و در زمان t_0 به نقطه $S=G$ در سطح می رسد (یگر، ۱۹۹۹). موج نرمال را هنگامی موج ویژه^۲ گویند که اگر جبهه موج از سطح از نقطه‌ایی که $S=G$ است به سمت پایین حرکت کند، به صورت مشابه به تمام نقاط سطح بازتابنده برخورد می کند، سپس به سمت بالا بازتاب شده و جبهه موج برگشتی با جبهه موج گسیل شده منطبق گردد (هوبرال، ۱۹۸۳)^۳. شکل ۱-۳ نحوه گسترش موج نرمال به همراه پرتوهای فرضی آن را نشان می‌دهد.

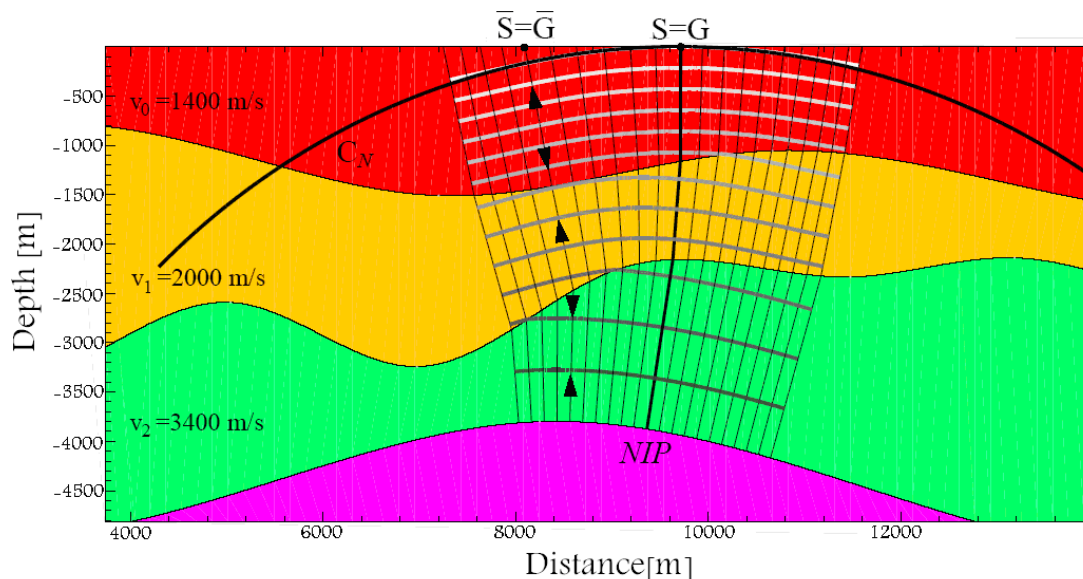
بنابر تعریف، موج NIP موجی است که از نقطه NIP بر روی سطح بازتابنده آغاز شده و با نصف سرعت محیط در زمان t_0 به محل انطباق چشمه و گیرنده می رسد، (یگر، ۱۹۹۹). موج NIP را هنگامی موج ویژه گویند که اگر جبهه موجی از سطح به سمت پایین حرکت کند، در نقطه NIP متمرکز شده و پس از بازتاب دوباره به همان محل در سطح باز گردد. در این صورت جبهه موج

1 -Jager ,1999

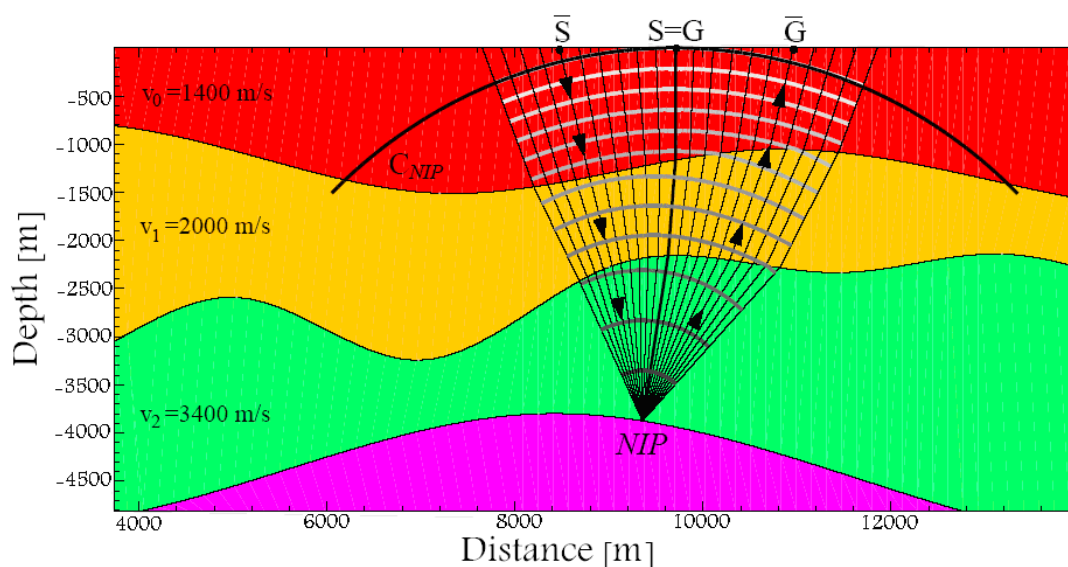
2- Eigen wave

3- Hubral, (1983)

برگشتی با جبهه موج گسیل شده بر هم منطبق خواهند شد. شکل ۲-۳ نحوه گسترش جبهه موج NIP به همراه پرتوهای فرضی (غیر اسنلی) آن در آزمایش CMP را نشان می‌دهد.

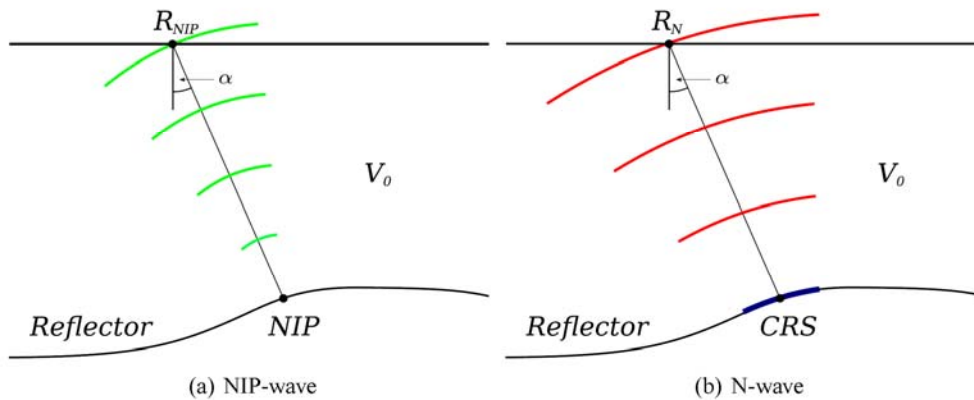


شکل ۲-۳، مقطع دو بعدی موج عمود و پرتوهای عمود مرتبط با آزمایش دورافت صفر. میزان انحنای پرتوی عمود توسط دایره C_N (در حالت سه بعدی به صورت صفحه منحنی) که دارای انحنایی برابر جبهه موج عمود است، در نقطه ایی که $S=G$ است تخمین زده می‌شود، (یگر، ۱۹۹۹).



شکل ۲-۳، مقطع دو بعدی موج NIP و پرتوهای غیراسنلی در آزمایش CMP. شعاع انحنای جبهه موج NIP را می‌توان توسط دایره C_{NIP} (در حالت سه بعدی به صورت صفحه منحنی) تخمین زد، (یگر، ۱۹۹۹).

پارامتر R_{NIP} شعاع انحنای جبهه موج NIP و پارامتر R_N شعاع انحنای جبهه موج عمود دریافت شده توسط گیرنده ها در سطح می باشد پارامتر R_{NIP} بیانگر عمق سطح بازتابی و پارامتر R_N بیانگر میزان تفرق و تحدب سطح مذکور است. در ساختارهای پیچیده تعیین دقیق این دو پارامتر شکل دقیق سطح بازتابی و تصویری درست از این ساختارها را در پی خواهد داشت. در شکل ۳-۳ مفهوم دو موج N و NIP برای یک مدل یک لایه ای با یکدیگر مقایسه شده است.



شکل ۳-۳، نشانگرهای جنبشی میدان موج برای یک مدل یک لایه ای با سرعت V_0 که در آن R_{NIP} شعاع انحنای موج سبز رنگ و R_N شعاع انحنای موج قرمز رنگ می باشد (بایکولوف، ۲۰۰۹).

۳-۳ عملگر برانبارش CRS

بر انبارش CRS یک تکنیک برانبارش چند پارامتری می باشد. در روش بر انبارش CRS، برخلاف روش مرسوم که تنها از داده های مربوط به یک CMP برای یک نقطه بازتابنده استفاده می شود، داده های مربوط به بازتابنده های مجاور با انحنایی مشابه با نقطه مذکور نیز مورد استفاده قرار گرفته و یک سطح برانبارش را تشکیل خواهند داد. هوخت در سال ۱۹۹۸، به روش بسط تیلور، معادلاتی را برای بدست آوردن زمان سیر پرتوها به کمک نشانگرهای میدان موج ارائه کرد که این معادلات به عنوان معادلات اصلی عملگر برانبارش CRS شناخته می شوند. در این روش، بسط تیلور

مرتبه اول برای t و سپس بسط تیلور مرتبه دوم برای t^2 محاسبه می شود که بسط مرتبه اول در تخمین زون فرسند و بسط مرتبه دوم به عنوان عملگر برانبارش CRS شناخته می شود:

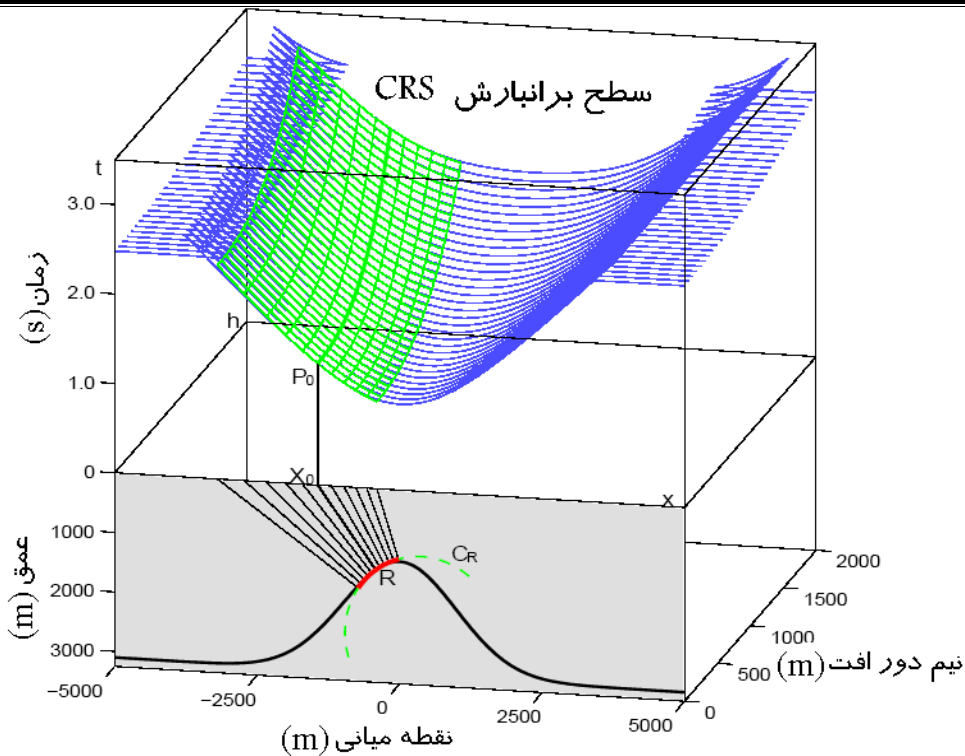
$$t_{par}(x_m, h) = t_0 + \frac{2\sin\alpha(x_m - x_0)}{v_0} + \frac{\cos^2\alpha}{v_0} \left[\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right] \quad (1-3)$$

$$t_{hyp}^2(x_m, h) = \left[t_0 + \frac{2\sin\alpha(x_m - x_0)}{v_0} \right]^2 + \frac{2t_0\cos^2\alpha}{v_0} \left[\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right] \quad (2-3)$$

در معادلات بالا R_N ، R_{NIP} و α مشخصه های میدان موج در روش CRS هستند، v_0 برابر سرعت لایه سطحی است که در دست می باشد و نقطه ایی که باید در مقطع دورافت صفر شبیه سازی شود با x_0 نشان داده شده که در واقع همان محل ورود پرتوی مرکزی است.

همانگونه که در معادله ۲-۳ مشاهده می شود عملگر برانبارش CRS بیانگر یک سطح است که شکل آن با مقادیر مختلف R_N ، R_{NIP} و α تغییر می کند. این سطح برانبارش در شکل ۳-۴ نشان داده شده است.

قسمت پایین شکل ۳-۴، یک سطح بازتابنده منحنی شکل را نشان می دهد و در بالای شکل، منحنی های زمان سیر (خطوط آبی رنگ) پرتوهای بازتابنده از این سطح در حوزه مختصات نقطه میانی، نیم دورافت و زمان (x, h, t) نشان داده شده است. منحنی قرمز رنگ بر روی سطح بازتابنده نیز دایره ایی است که شعاع بخش پر رنگ آن برابر شعاع سطح بازتابنده در آن قسمت بوده و از آن به عنوان سطح انفجار در برانبارش CRS یاد می شود. تمام پرتوهای نشان داده شده بر این بخش قرمز رنگ عمود می باشند و زمان سیر آنها بر روی منحنی سبز رنگ نشان داده می شود. نقطه P_0 بر روی منحنی زمان سیر دورافت صفر، مربوط به پرتوی دورافت صفر است که در نقطه X_0 به سطح می رسد. همانگونه که در بخش قبل نیز عنوان شد، با افزایش دورافت، این نقطه بر روی منحنی های



شکل ۳-۴، قسمت پایین، بازتابنده تاقدیسی شکل در حوزه عمق، قسمت بالا، سطح آبی رنگ منحنی های زمان سیر و سطح سبز رنگ نشان دهنده عملگر برانبارش CRS است (یگر، ۱۹۹۹).

زمان سیر حرکت کرده و روند نقطه بازتاب مشترک CRP را ایجاد می کند که در این شکل با خط سبز پررنگ نشان داده شده است. اما در این حالت تنها با یک پرتو مواجه نمی باشیم بلکه تمام پرتوهایی که از سطح قرمز رنگ ساطع می شوند، مشابه همین روند را در منحنی های زمان سیر طی کرده و خود سطحی را ایجاد می کنند که با رنگ سبز نشان داده شده است. به این سطح سبز رنگ، در واقع همان عملگر برانبارش سطح بازتاب مشترک CRS می باشد. هرچه انطباق این عملگر با سطح منحنی های زمان سیر بیشتر باشد، در آن صورت عملگر از دقت بیشتری برخوردار بوده و نسبت سیگنال به نوفه در برانبارشی که توسط آن عملگر انجام می شود، افزایش خواهد داشت.

برای درک بهتر ارتباط این عملگرها کافی است همان قرمز رنگ شکل ۳-۴ را به عنوان آینه ای تصور کنید. حال با تغییر میزان انحنای این آینه حالات خاص گفته شده قابل توجیه می باشد. سطح

این آینه می‌تواند به گونه‌ای تغییر کند که به شکل نیم دایره پوش نقاط هم فاصله در روش NMO باشد یا به قدری کوچک شود که تنها نقطه پراش در حالت PreSDM را شامل گردد (مولر، ۱۹۹۸). در روش CRS این آینه به شکل قوسی است که شعاع آن بر سطح بازتاب عمود است. تغییرات این آینه با سه پارامتر قابل توجیه می‌باشد؛

۱. فاصله سطح (X) تا محل بازتاب (R) که در این مدل برابر R_{NIP} است،

۲. شعاع انحنای آینه که برابر R_N خواهد بود و

۳. جهت قرار گیری آینه که با زاویه α بدست خواهد آمد.

۳-۴ روش انجام برانبارش CRS

همانگونه که اشاره شد، در پردازش به روش CRS برانبارش به جای اینکه در راستای یک منحنی هایپر بولیکی انجام بگیرد در راستای مجموعه‌ای از منحنی‌های هایپر بولیکی که یک سطح را تشکیل می‌دهند انجام می‌پذیرد که شکل این سطح برانبارش به سه پارامتر به مقادیر R_N ، R_{NIP} و α بستگی دارد. لذا برای انجام برانبارش CRS باید مقادیر بهینه این سه پارامتر را به گونه‌ای که بهترین همدوستی از برانبارش حاصل از این سه پارامتر بدست آید، تعیین کرد.

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

¹ -Muller, 1998

زیادی را به همراه خواهد داشت. اول اینکه این استراتژی در مورد پیدا کردن پارامترهای بهینه، از لحاظ کامپیوتری بسیار زمان بر 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 (مان و همکاران، ۱۹۹۹). در این گونه موارد سریع‌ترین و مطمئن‌ترین راه رسیدن به جواب بهینه، پیدا کردن جواب‌های اولیه ایی است که تا حد کافی به جواب بهینه کلی نزدیک باشند. در این صورت مساله از جستجو برای بهینه کلی، به مساله جستجو برای بهینه 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.

۳-۴-۱ برانبارش خودکار CMP

اولین مرحله از استراتژی مورد نظر جهت رسیدن به پارامترها تولید مقطع برانبارش شده خودکار CMP می‌باشد. در واقع این مرحله مشابه برانبارش CMP در روش مرسوم پردازش داده‌ها است با این تفاوت که به جای اینکه بهترین سرعت با توجه به بیشترین همدوسی به صورت دستی پیک شود، این عملیات به صورت اتوماتیک به انجام می‌رسد. لذا به این مرحله برانبارش خودکار CMP گویند (مان، ۲۰۰۲). این عمل با محدود کردن سطح برانبارش CRS به یک CMP و قرار دادن مقدار صفر برای m در معادله CRS انجام می‌گیرد.

$$t^2(m=0, h) = t_0^2 + \frac{2t_0 \cos^2 \alpha}{V_0} \frac{h^2}{R_{NIP}} \quad (3-3)$$

معادله ۳-۳ را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$t^2(h) = t_0^2 + \frac{4h^2}{V_{NMO}^2} \quad (4-3)$$

در نتیجه از مقایسه دو معادله بالا می توان دریافت:

$$V_{NMO} = \sqrt{\frac{2V_0 R_{NIP}}{t_0 \cos^2 \alpha}} \quad (5-3)$$

از معادلات بالا می توان دریافت که برانبارش CMP حالت خاصی از برانبارش CRS بوده که در آن $m=0$ می باشد و از حداقل تعداد CMP در برانبارش آن استفاده شده است.

یکی از مزایای پیک دستی سرعت، رد روش متداول حذف پدیده های چندگانه ، با پیک نکردن سرعت آنها می باشد. چون چندگانه ها سرعتی کمتر یا مساوی وقایع بالایی خود ظاهر می شوند بنابر این با پیک نکردن آنها ، چند گانه ها تضعیف خواهند شد. در الگوریتم برانبارش خودکار CMP این مسئله پیشبینی شده و برای جلوگیری از آن از خطوط راهنمایی استفاده می شود که روند افزایش سرعت بر حسب عمق را کنترل کند. در نتیجه انجام این مرحله سه مقطع با عناوین مقطع شبیه سازی شده ZO ، مقطع همدوسی و مقطع سرعت V_{NMO} حاصل می شود.

۳-۴-۲ برانبارش مقطع ZO

بعد از بدست آوردن مقطع ZO حاصل از مرحله قبل ، در این مرحله از مقطع مذکور استفاده کرده و به جستجوی پارامترهای CRS می پردازیم . با قرار دادن $h=0$ رابطه CRS رابطه ای بر حسب α و R_N خواهد شد.

$$t^2(x_m, 0) = \left(t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0) \right)^2 + \frac{2t_0 \cos^2 \alpha}{v_0} \left(\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} \right) \quad (6-3)$$

با قراردادن $R_N = \infty$ یعنی با فرض صاف بودن سطح مورد نظر ، رابطه ساده تر شده و یک معادله تک پارامتری خواهد شد.

$$t(x_m, 0) = t_0 + \frac{2 \sin \alpha}{v_0} (x_m - x_0) \quad (7-3)$$

این رابطه تنها به زاویه ورودی وابسته می باشد. اکنون برای مقطع ZO حاصله زاویه های گوناگون را تست کرده و با این جستجوی تک پارامتری زاویه ای که بیشترین همدوسی را به همراه دارد، به عنوان α اولیه انتخاب می شود (یگر ۱۹۹۹).

حال با استفاده از مقطع V_{NMO} حاصله از مرحله اول و قرار دادن α حاصله در این مرحله در معادله ۳-۵، R_{NIP} اولیه را بدست می آوریم.

$$R_{NIP} = \frac{V_{NMO}^2 \cos^2 \alpha}{2V_0} \quad (۳-۸)$$

حال دو پارامتر α و R_{NIP} اولیه را داریم با قرار دادن این دو پارامتر در معادله اصلی CRS و جستجوی تک پارامتری R_N ، به مقادیر اولیه سه نشانگر CRS دست یافته ایم.

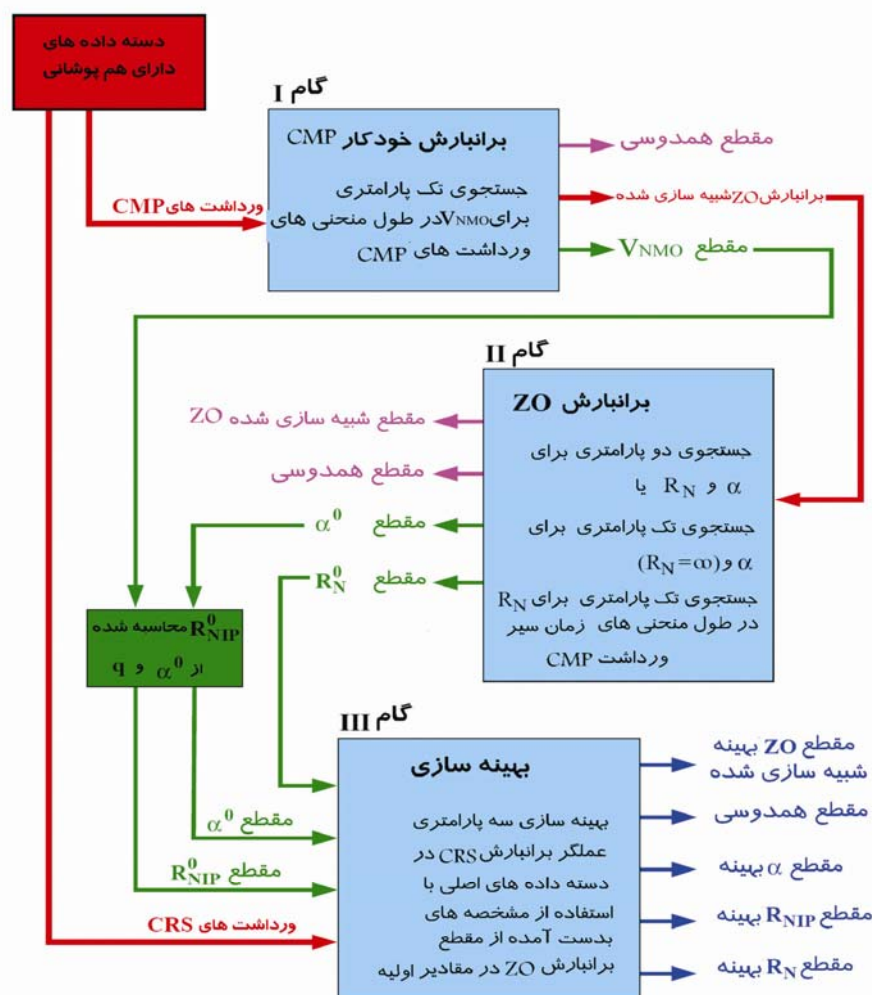
از این مرحله پنج مقطع بدست خواهد آمد که عبارتند از:

مقطع ZO شبیه سازی شده، مقطع همدوسی حداکثر، مقطع α° ، مقطع R_N° و مقطع R_{NIP}° .
(اندیس صفر نشان می دهد که این پارامترها اولیه هستند).

۳-۴-۳ برانبارش بهینه CRS

در روش حل معادله عملگر برانبارش عنوان شد که یک معادله سه پارامتری به سه معادله تک پارامتری تقسیم می شود. لازم به ذکر است که حل سه معادله تک پارامتری، جواب ها را با دقت لازمی که از حل معادله اصلی سه پارامتری بدست خواهد آمد، ارائه نمی دهد. با این حال جواب های بدست آمده دارای دقت کافی برای استفاده در محاسبات مراحل بعدی می باشند (یگر ۱۹۹۹). در این جا فرض بر این است که مشخصه های تخمین زده شده در نزدیکی محل مشخصه های واقعی است.

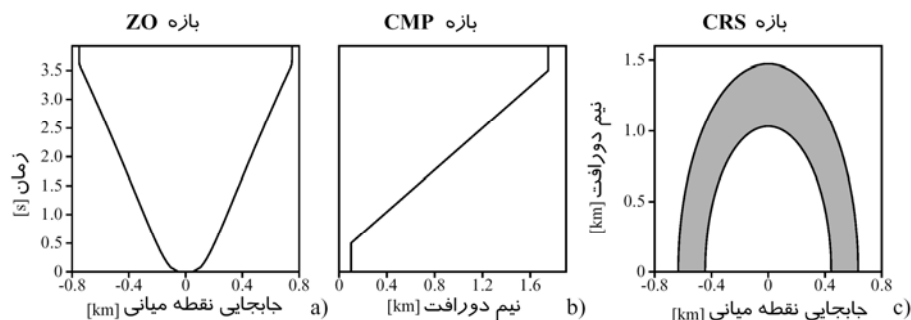
بنابراین در همین جا می‌توان گفت که با انجام یک مرحله بهینه‌سازی محلی، می‌توان به جواب‌های واقعی بسیار نزدیک شد و اگر فرض ما درست باشد، همان جواب‌هایی را بدست خواهیم آورد که از حل معادله سه پارامتری به آنها می‌رسیم (یگر ۱۹۹۹). برای بهینه‌سازی از الگوریتم بهینه‌سازی چندوجهی قابل انعطاف استفاده می‌شود. در انتهای این گام نیز پنج مقطع بدست می‌آید که عبارتند از مقطع برانبارش CRS یا مقطع نهایی شبیه‌سازی شده ZO، مقطع همدوسی حداکثر، مقطع α بهینه شده، مقطع R_N بهینه شده و مقطع R_{NIP} بهینه شده.



شکل ۳-۵، فلوچارت جستجوی پارامترهای مشخصه عملگر برانبارش CRS. (یگر ۱۹۹۹).

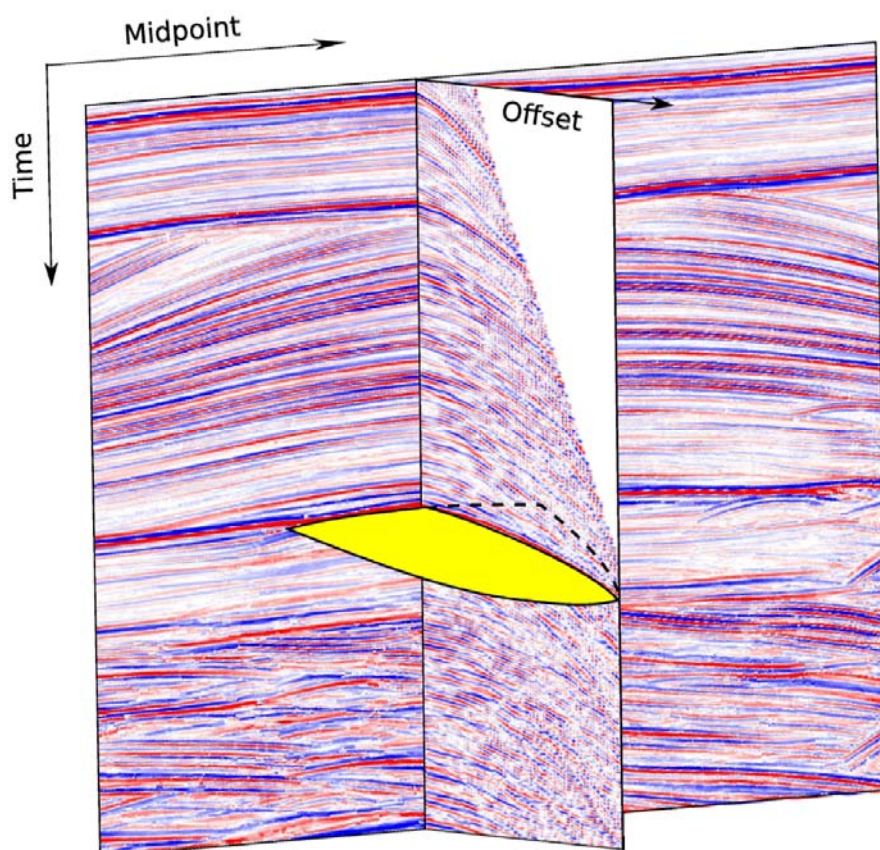
۳-۵ بازه در CRS

عملگر برانبارش CRS تخمین درجه دوم زمان سیر در حوزه نقطه میانی x_0-x_m و دورافت h بوده و این تخمین تنها تا فاصله خاصی از پرتوی مرکزی معتبر می‌باشد. بنابراین در تعیین بازه پردازش این مطلب را باید در نظر داشت، چرا که در غیر این صورت ممکن است محاسبات برای تخمین عملگر برانبارش CRS در محدوده‌ایی انجام شود که از لحاظ تئوری پرتو معتبر نمی‌باشد (سلیمانی، ۲۰۰۹). در پردازش CRS بازه پردازش در دو مرحله به صورت جداگانه در نظر گرفته می‌شود، بدین ترتیب که بازه‌ایی برای مرحله جستجو در ZO و بازه‌ایی برای جستجو در CMP به صورت جداگانه در نظر گرفته شده و در نهایت بازه‌ایی برای برانبارش CRS تعیین می‌شود. آنالیز همدوسی نسبت به تعداد ردها در بازه بسیار حساس بوده و بنابراین بازه CMP در تمام طول پردازش باید یکسان باشد. چگونگی تعیین بازه CMP در شکل ۳-۶ نشان داده شده است. همان گونه که در شکل ۳-۶ نشان داده شده است بازه ZO به صورت یک منحنی در حوزه نقطه میانی- زمان تعیین می‌شود. در واقع این بازه تعیین کننده اندازه سطح بازتابنده در هر عمق می‌باشد به گونه‌ایی که پرتوی بازتابی از سطح مذکور با تئوری پرتو که پایه و اساس عملگر برانبارش CRS است، قابل توجیه باشد (سلیمانی، ۲۰۰۹).



شکل ۳-۶، (a) حداقل بازه ZO برابر ۵۰ m و حداکثر آن برابر ۷۵۰ m قرار داده شده است. (b) در این شکل، بازه CMP توسط نقاط (0.5 s, 0.1 km) و (3.5 s, 1.75 km) تعیین شده است. (c) بازه مکانی CRS که توسط بازه ZO و CMP در زمان ۳ s بدست آمده (مان، ۱۹۹۹).

بازه CRS یک سطح بیضوی در حوضه نیم دورافت - نقطه میانی می باشد به طوری که یک محور آن توسط بازه CMP و محور دیگر آن توسط بازه ZO تعیین می گردد (شکل ۳-۷). قطع ناگهانی عملگر برانبارش در مرز بازه باعث رخداد وقایع غیر واقعی در این نواحی خواهد شد. بنابراین استفاده از یک تابع وزن دهنده به نام تابع تعمیم در این مرز باعث حصول نتایجی بهتر خواهد شد. همانطور که در شکل ۳-۶ دیده می شود منطقه خاکستری توسط تابع تعمیم ترسیم شده است. فاکتور وزن دهنده در داخل بیضی داخلی برابر ۱ بوده و در ناحیه خاکستری به تدریج از آن کاسته شده و در نهایت در بیضی بیرونی به صفر خواهد رسید (مان، ۱۹۹۹).



شکل ۳-۷، بازه CRS که به صورت یک بیضوی در حوضه دورافت-CMP می باشد (بایکولوف، ۲۰۰۹).

۳-۶ روش سطح پراش مشترک (CDS)

در زمانهایی که با پدیده پراش مواجه هستیم، رخدادهای پراش دارای شیب تندتری نسبت به رخدادهای بازتاب بوده و دارای دنباله‌ایی طولانی در مقطع دورافت صفر هستند که می‌تواند سایر رخدادهای بازتابی و یا رخدادهای پراش موجود در مقطع را قطع کند. به این پدیده پدیده تداخل شیب‌ها گویند. رخدادهایی مانند گنبدهای نمکی و تاقدیس‌ها که در اغلب ساختارها به وفور دیده می‌شوند نیز مشکل تداخل شیب‌ها را در یال‌های خود، محلی که با لایه‌های افقی برخورد دارند، ایجاد می‌کنند. در شکل‌های کاسه وارونه در مقطع دورافت صفر، یک رخداد خودش را قطع کرده و مساله تداخل شیب‌ها را ایجاد می‌کند. این بدان معنی است که در واقع در یک نقطه شبیه سازی شده در مقطع دورافت صفر، بیش از یک رخداد وجود داشته است. بنابراین حتی با در دست داشتن یک مدل سرعت دقیق، در مقطع کوچ داده شده‌ایی که از چنین مقطع دورافت صفری بدست آید، محل تقاطع یال‌های گنبد نمکی و یا تاقدیس‌ها و همچنین محل گسل‌ها به خوبی تصویر نخواهند شد. در صورت وجود مساله تداخل شیب‌ها، جایی که رخدادهای تغییر شیب داده، گسل خورده شده‌اند و یا توسط گنبد نمکی و یا تاقدیس به سمت بالا کشیده شده‌اند، برخی از بخش‌های رخدادهای در مقطع برانبارش شده دورافت صفر به خوبی تصویر نخواهد شد که در نهایت در مقطع عمقی برای کارهای تفسیر ایجاد مشکل خواهند کرد.

روش DMO در مراحل پردازش مرسوم قادر به رفع مساله تداخل شیب‌ها خواهد بود (هیل ۱۹۹۱)^۱. معادل این روش در پردازش CRS، روش استراتژی تعمیم یافته است که این مشکل را به صورت جزئی برطرف می‌کند (مان ۲۰۰۱). از نظر عملگر برانبارش در CRS، مساله تداخل شیب‌ها به صورتی است که در نقطه‌ایی در مقطع دورافت صفر، دو یا چند رخداد یکدیگر را قطع کنند. در مرحله پردازش CRS به روش استراتژی معمول، عملگر برانبارش برای نمونه مذکور در مقطع دورافت

1- Hale (1991)

صفر، بر رخدادهای قوی‌تر یا به عبارت دیگر بر رخدادهای که میزان همدوسی بالایی را از خود نشان می‌دهد منطبق خواهد شد. آنالیز همدوسی برای هر سه نشانگر جنبشی میدان موج در معادله برانبارش CRS به صورت جداگانه انجام می‌شود. بنابراین عملگر برانبارش، سطحی است که از نشانگرهای جنبشی میدان موج با بیشترین مقدار همدوسی بدست می‌آید و برانبارش بر روی این سطح انجام می‌گیرد. بنابراین از دیگر رخدادهای موجود در نمونه چشم‌پوشی خواهد شد. لذا تنها آن رخدادهای که سطح برانبارش بر آن بیشتر منطبق می‌شود، مد نظر قرار دارد (سلیمانی ۲۰۰۹).

۳-۶-۱ برطرف کردن مساله تداخل شیب‌ها توسط CDS

برای برطرف کردن مساله تداخل شیب‌ها اولین تلاش با اضافه کردن یک مرحله جستجو به روش CRS آغاز گردید (مان ۲۰۰۱). در این روش عنوان شد که برای تهیه مقطع دورافت صفر در چنین شرایطی، تعیین تنها یک عملگر برانبارش در نقطه مذکور کافی نبوده و باید به ازای هر رخدادهای موجود در نقطه، یک سطح برانبارش جداگانه در نظر گرفته شود. بدین ترتیب نتیجه نهایی برانبارش با بیش از یک سطح برانبارش برای یک نقطه، برابر حاصل جمع نتایج برانبارش هر عملگر به صورت جداگانه است.

در استراتژی معمول، تنها زوایای ورود رخدادهای اصلی که بیشترین میزان همدوسی را نشان می‌دهند به عنوان نشانگر بهینه انتخاب خواهند شد. بنابراین مساله تداخل شیب‌ها از لحاظ تئوری معادل وجود زوایای ورود متفاوت است که میزان همدوسی بالایی را نشان می‌دهند (سلیمانی ۲۰۰۹). ذکر این نکته در اینجا مهم است که در استراتژی جدید ارائه شده، در نظر گرفتن تمام زوایای ورود، نه تنها باعث افزایش نويز زمینه در مقطع نهایی خواهد شد، بلکه زمان پردازش را نیز تا حد زیادی افزایش خواهد داد. در روش معمول CRS از ایده مشابهی برای حل مساله تداخل شیب‌ها استفاده گردید. در این روش، تمام عملگرهای ممکن برانبارش CRS برای هر شیب و مربوط به هر رخدادهای

در نمونه‌ایی که در برانبارش دخالت می‌کند، در نظر گرفته شد. این ایده مشابه آن است که در طیف زاویه‌ی مربوط به هر نمونه در مقطع دورافت صفر، حدود آستانه مطلق و محلی حذف شده، یک بازه برای زاویه ورود پرتوی مرکزی ($\alpha_{min}, \alpha_{max}$) از ابتدا تعیین شود و گامهایی برای نمونه برداری از طیف زاویه ($d\alpha$) نیز مشخص گردد. بنابراین با در نظر گرفتن هر زاویه بر روی این طیف ناپیوسته، بدون در نظر گرفتن مقدار همدوسی، برای هر زاویه یک سطح برانبارش تشکیل خواهد شد. در مقطع دورافت صفر، همواره تداخل رخدادهای بازتابی و رخدادهای پراش مشاهده می‌شود. حل مساله تداخل شیب‌ها بدین شیوه، باعث تقویت رخدادهای ضعیف پراش در مقطع برانبارش نهایی خواهد شد. بنابراین چون این استراتژی جدید، تمرکز بیشتری بر روی رخدادهای پراش نسبت به رخدادهای بازتاب دارد، لذا می‌توانیم آن را برانبارش سطح پراش مشترک (CDS) بنامیم (سلیمانی، ۱۳۸۸).

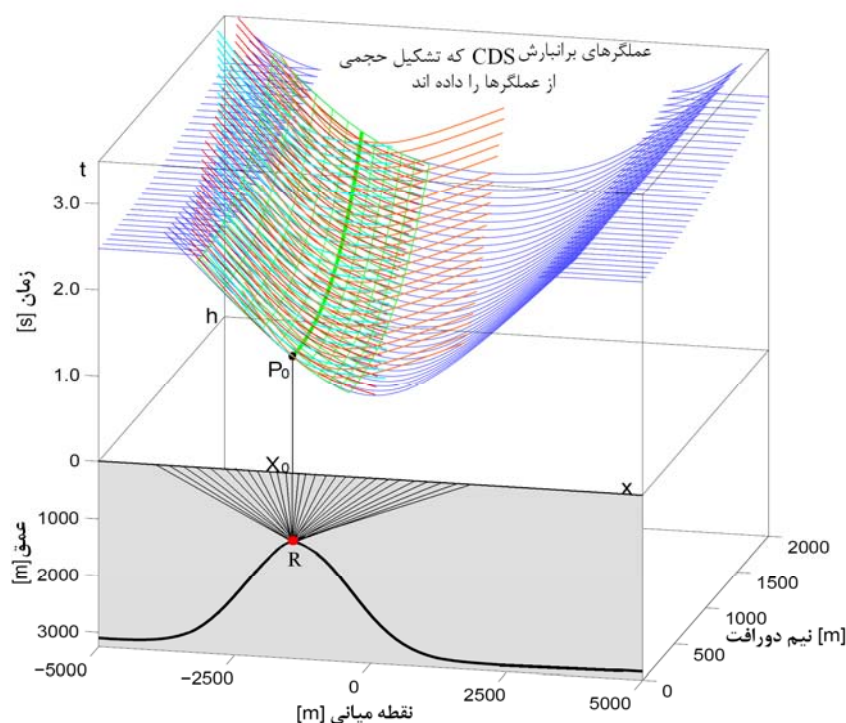
۳-۶-۲ عملگر برانبارش CDS

در رخدادهای پراش، مقدار شعاع موج N و شعاع موج NIP با یکدیگر برابر هستند؛ $R_{NIP} = R_N$. برای رخدادهای بازتابی، این مقادیر طبیعتاً متفاوت خواهند بود. بنابراین می‌توان از معادله زمان سیر یکسانی نیز به صورت تقریبی برای برانبارش رخدادهای پراش استفاده کرد. برای رخدادهای بازتابی، تخمین با این معادله از دقت کمتری نسبت به عملگر CRS برخوردار خواهد بود، ولی برای یک زاویه ورود مشخص α ، تنها نشانگری که باید محاسبه شود، ترکیبی از شعاع انحنای R_N و R_{NIP} است که می‌توان آن را R_{CDS} نام گذاری کرد. بنابراین معادله تخمین زمان سیر CRS در این حالت، به شکل زیر در خواهد آمد (سلیمانی، ۲۰۰۹):

$$t_{hyp}^2(x_m, h) = \left(t_0 + \frac{2\text{Sin}\alpha}{v_0} (x_m - x_0) \right)^2 + \frac{2t_0 \text{Cos}^2\alpha}{v_0 R_{CDS}} \left((x_m - x_0)^2 + h^2 \right) \quad (9-3)$$

که به نام عملگر برانبارش CDS خوانده می‌شود. تنها نشانگر جنبشی میدان موج باقیمانده، R_{CDS}

است. با در نظر گرفتن تمام زوایای ممکن در معادله ۳-۹، گروهی از عملگرها، به جای یک عملگر تکی در حوزه زمان، تشکیل یک حجم وزن داده شده از عملگرها، برای نمونه موجود در مقطع دورافت صفر را می‌دهند. این عمل باعث تقویت هر رخداد بازتابی یا پراش ضعیف موجود در نمونه می‌شود که در روش‌های قبلی توسط سایر رخدادهای قوی‌تر پوشیده شده بودند. آنالیز همدوسی نیز برای هر کدام از سطوح برانبارش انجام می‌شود که این امر نیز باعث افزایش زمان محاسبات خواهد شد. بزرگتر انتخاب کردن بازه زوایای ورود و یا کوچکتر کردن گام‌های افزایش زاویه در بازه نیز باعث افزایش زمان محاسبات و همچنین زمان محاسبه R_{CDS} خواهد شد (سلیمانی، ۲۰۰۹).

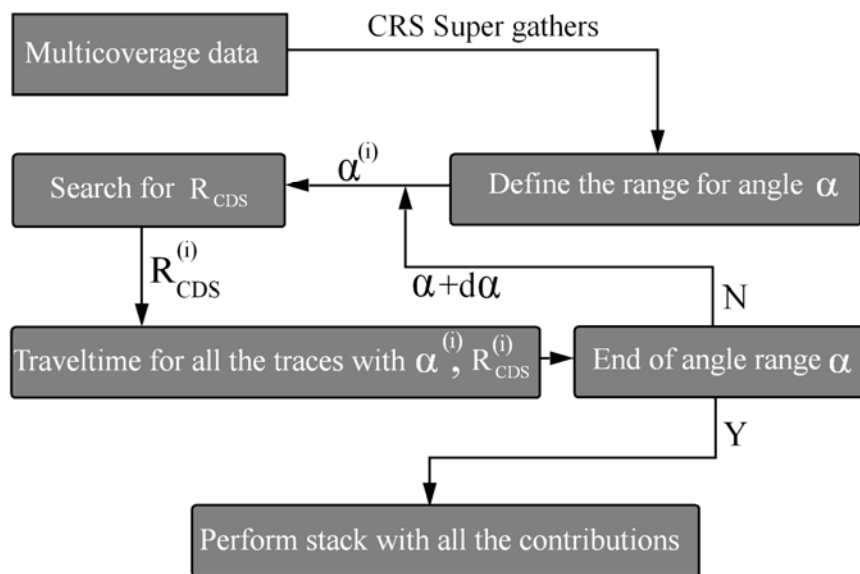


شکل ۳-۸، شکل عملگرهای CDS برای تمام زوایای ممکن (سلیمانی ۲۰۰۹).

۳-۶-۳ استراتژی جستجوی بهینه شده

استراتژی جدید بهینه شده‌ای که در اینجا معرفی می‌گردد، با استراتژی معمول مولر (۱۹۹۸) و

استراتژی تعمیم یافته مان (۲۰۰۲) از نظر جستجوی نشانگرهای جنبشی میدان موج متفاوت می-باشد. همانگونه که قبلاً نیز بدان اشاره شد، تهیه یک مقطع تکی از نشانگرهای جنبشی میدان موج و همچنین مقاطع همدوسی مرتبط با آنها نیز در این استراتژی جدید غیرممکن است. در این استراتژی جدید، لازم است که از ابتدا به کل دسته داده‌های قبل از برانبارش دسترسی داشته باشیم، نه تنها به زیرمجموعه‌ای از آنها. در این استراتژی از ابتدا وارد حجم کل داده‌ها شده و به کمک معادله CDS (معادله ۳-۹)، به جستجوی تنها پارامتر باقی‌مانده، یعنی R_{CDS} خواهیم پرداخت. اولین چیزی که لازم است توسط پردازشگر مشخص شود، تعیین بازه زاویه و همچنین گام‌های افزایش زاویه است (سلیمانی، ۱۳۸۸).



شکل ۳-۹، فلوجارت ساده شده استراتژی جدید توسعه داده شده (سلیمانی، ۲۰۰۹).

در عین حال می‌توان با انجام آنالیز همدوسی و همچنین بهینه سازی، جواب دقیقتری نیز برای R_{CDS} محاسبه کرد که این امر باعث افزایش چشمگیر زمان محاسبات خواهد شد و در عین حال تاثیر

چندانی در نتیجه برانبارش نهایی نخواهد داشت. اکنون با دانستن مقدار R_{CDS} و زاویه ورود α ، می-توان به کمک معادله ۳-۹، شکل عملگر برانبارش را برای نمونه مورد پردازش تعیین کرد. سپس با توجه به گام افزایش زاویه $d\alpha$ ، این فرایند در همین نمونه ولی با زاویه جدید $(\alpha + d\alpha)$ تکرار خواهد شد. 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. در نهایت مقطع برانبارش شده‌ای خواهیم داشت که تمام زوایای ممکن را شامل شده است. شکل ۳-۹، فلوجارت ساده شده‌ای از مراحل استراتژی جدید معرفی شده را نشان می‌دهد (سلیمانی ۲۰۰۹). میزان نویز زمینه موجود در داده‌ها، تا حدی می‌تواند کیفیت مقطع نهایی را تحت تاثیر قرار دهد، چراکه همانگونه که عنوان شد، عملگر برانبارش CDS نسبت به عملگر برانبارش CRS، حساسیت بیشتری به نویزها خواهد داشت. بنابراین قبل از آغاز پردازش CDS، لازم است که مطالعه کاملی بر روی داده‌ها از لحاظ حذف انواع نویزهای اتفاقی و یا همدوس صورت گیرد.

فصل چهارم

پردازش داده های منطقه ای از ایران با ساختاری نیمه پیچیده

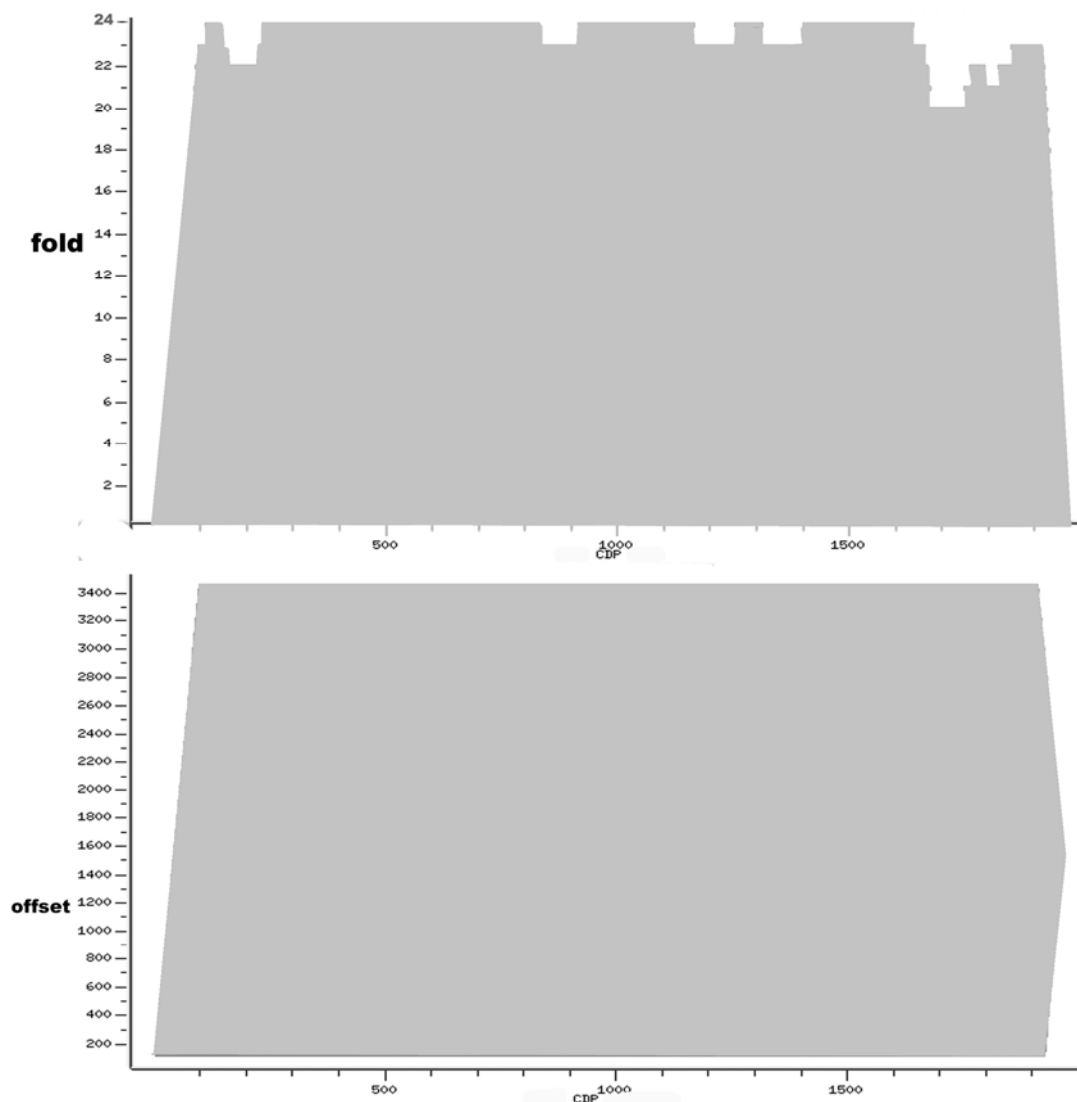
در صنعت لرزه نگاری و پردازش داده های لرزه ای در ایران در اغلب موارد از روشهای متداول برداشت و پردازش توسط شرکت های ایرانی و خارجی فعال در این زمینه ، استفاده می گردد که در بسیاری از موارد نتایجی موفقیت آمیز به همراه داشته و موجبات تصویر سازی موثر و دقیقی را جهت تفسیر و مراحل بعدی استحصال نفت فراهم می آورد. اما در برخی از موارد مخصوصا در هنگام مواجهه با ساختارهای پیچیده و نیمه پیچیده ، مقاطعی به چشم می خورد که مفسران در تفسیر آن با ابهامات فراوانی مواجه شده و تصمیم گیری در این موارد با ریسک فراوانی همراه است. لذا بهره گیری از روش های نوین پردازش به امید اثر بخشی و رفع برخی از این ابهامات در این گونه موارد امری ضروری به نظر می رسد . این امر ما را بر آن داشت تا مقاطعی لرزه ای از ساختارهای نیمه پیچیده و پیچیده مناطقی از ایران را که متخصصان در امر پردازش و تفسیر با امهاتمی در آنها مواجه بودند ، با روش برانبارش سطح بازتاب مشترک مورد پردازش قرار داده و توانایی این روش نوین پردازش را در رفع ابهامات مذکور ارزیابی نماییم .

۴-۱ مشخصات برداشت

عملیات برداشت لرزه نگاری به منظور کسب اطلاع از یک ساختار نیمه پیچیده ، توسط چند خط برداشت دوبعدی به انجام رسیده است که در اینجا ما به پردازش یکی از خطوط مذکور خواهیم پرداخت . طول خط مورد نظر در حدود ۳۵ کیلومتر می باشد . در این خط ۴۶۵ انفجار به انجام رسیده که هر انفجار توسط ۹۶ کانال گیرنده دریافت شده است . کمترین دورافت برای انفجار های

پردازش داده های منطقه ای از ایران با ساختاری نیمه پیچیده

مذکور ۱۴۰ متر و بیشترین دورافت ۳۴۵۸ متر می باشد. گیرنده ها با فاصله ۳۵ متری از یکدیگر در طول لاین چیده شده اند. در حالی که فاصله نقاط انفجار از یکدیگر ۷۰ متر است. در هر انفجار گیرنده اول به اندازه ۱۴۰ متر (یعنی دو نقطه انفجار) از نقطه انفجار جلوتر می باشد. مشخصات هندسی بالا موجبات ایجاد ماکسیموم فولد ۲۴ را در ۱۹۵۲ نقطه میانی مشترک در نظر گرفته شده در طول این خط برداشت، فراهم می آورد. این بدان معناست که ما به ازای هر CMP، ماکسیموم ۲۴ اثر در این داده ها خواهیم داشت. توزیع فولد و دورافت در این خط برداشت در شکل ۱-۴ نشان داده شده است.



شکل ۱-۴، توزیع فولد و دورافت در نقاط میانی مشترک برداشت دوبعدی ساختار نیمه پیچیده.

جدول ۴-۱، پارامترهای هندسی مربوط به برداشت داده‌های مربوط به ساختار نیمه پیچیده.

هندسه نقطه میانی و دورافت		هندسه چشمه و گیرنده	
۱۹۵۲	تعداد شبکه CMP	۴۶۵	تعداد چشمه‌ها
۲۴	حداکثر فولد CMP	۷۰ متر	فاصله چشمه‌ها
۱۷.۵	فاصله بین شبکه CMP	۹۹۷	تعداد گیرنده‌ها
۳۴۵۸-۱۴۰	بازه دورافت	۳۵ متر	فاصله گیرنده‌ها

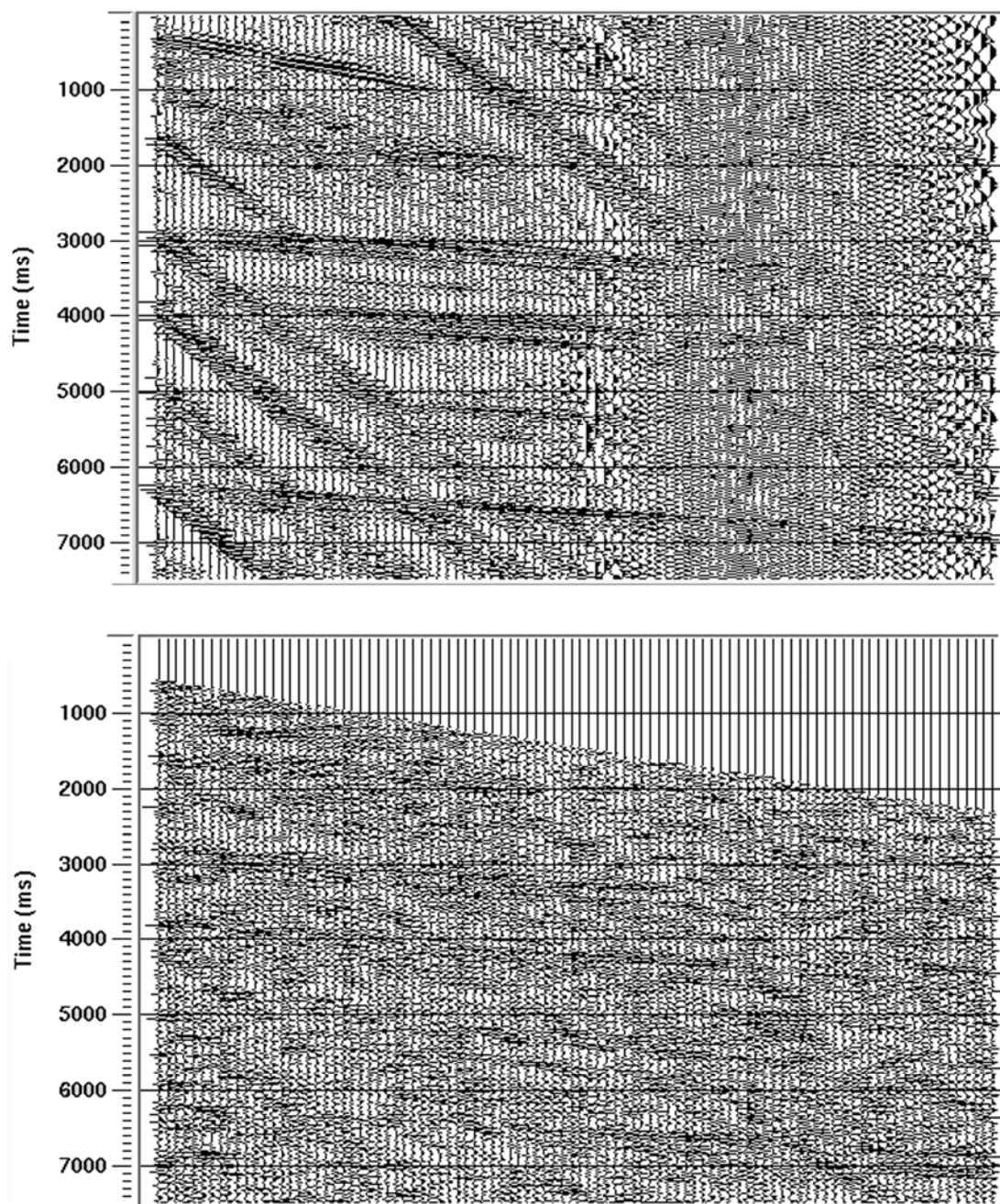
محتوای فرکانس		پارامترهای ثابت	
۸ تا ۱۰۰ هرتز	فرکانس	۷ ثانیه	زمان ثبت
۲۰ هرتز	فرکانس غالب	۴ میلی ثانیه	فاصله نمونه برداری

۴-۲ پیش پردازش

به منظور بالا بردن نسبت سیگنال به نویز و تهیه داده‌های مورد نیاز جهت انجام مرحله برانبارش، مراحل مقدماتی پردازش داده‌های لرزه‌ای را با استفاده از نرم افزار ProMax به انجام رساندیم. این کار در وحله اول با تطبیق دادن موقعیت هندسی نقاط انفجار و گیرنده‌ها و تعریف ارتباط بین هر انفجار با گیرنده‌های درگیر (Applying Geometry) آغاز شد. در این مرحله با تعریف بین‌های CMP (CMP Bin) اثرها مربوط به هر CMP را مشخص نمودیم. کار را با ویرایش اثرها ادامه دادیم در این قسمت به حذف اثرهای نویزی و فاقد سیگنال (Dead trace) پرداختیم. همچنین اثرهای دارای پلاریتی معکوس را نیز تصحیح نمودیم. سپس به تصحیح استاتیک داده‌های مذکور پرداخته و اثر ارتفاع و لایه‌های هوازده را از روی داده‌های مذکور حذف نمودیم تا داده‌ها هم سطح گردند. سپس با انجام آنالیز طیف فرکانس و همچنین انجام آنالیز داده‌ها در حوضه F_K نویزهای موجود در داده‌ها را که اغلب نویزهایی خطی بودند شناسایی کرده و با بهره‌گیری از فیلترهای میانگذر (5-8-40-45) و خطی نسبت سیگنال به نویز را تا اندازه قابل قبولی بهبود بخشیدیم (شکل ۴-۲).

در مرحله بعدی به با استفاده از روش True Amplitude Recovery کاهش دامنه ناشی از پیشرفت

موج در زمین را بهبود بخشیدیم. سپس با حذف کردن قسمت بالایی داده ها که مربوط به امواج

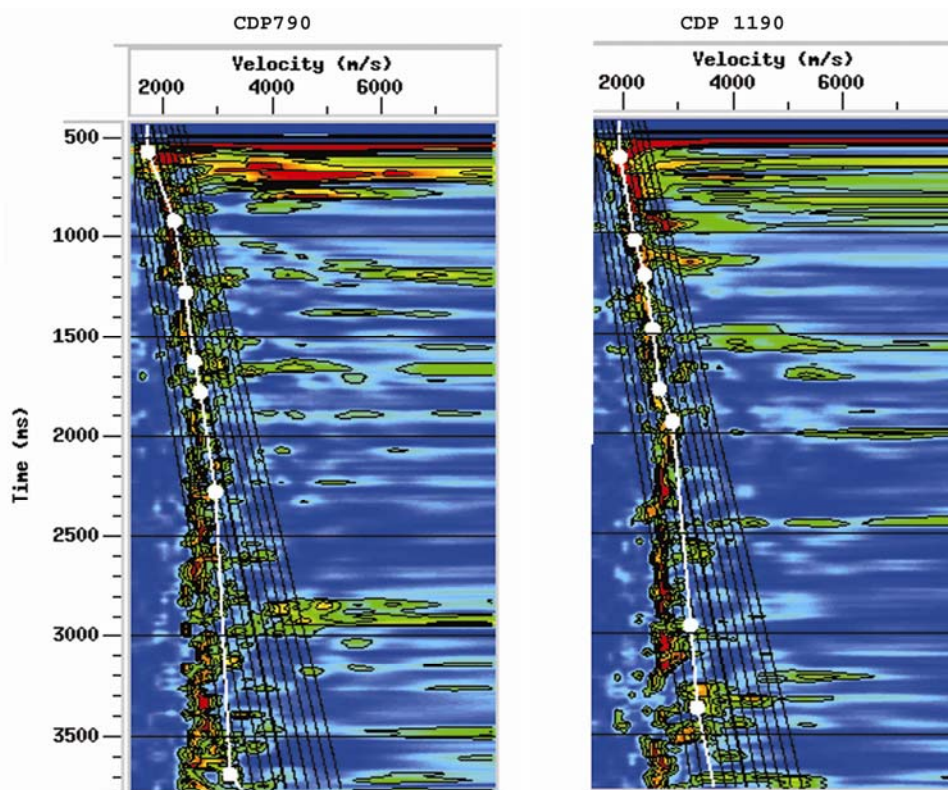


شکل ۴-۲، حذف نویزها و پیش پردازش داده ها، شکل بالایی داده های برداشت شده از یک انفجار را قبل از پیش پردازش و شکل پایینی همان داده ها را پس از پیش پردازش نشان می دهد.

و مستقیم بود داده ها را بر اساس CMP دسته بندی کردیم . مرحله بعدی مرحله انجام دیکانولوشن برای بازیابی پدیده های فرکانس بالا و بالا بردن وضوح تصویر عمودی بود. طول اپراتور مورد استفاده در این مرحله 120ms با 1% Prewhitening بود. داده های خروجی از مراحل مذکور ، داده های ورودی برای برانبارش به هر یک از روش های NMO، CRS و CDS می باشند .

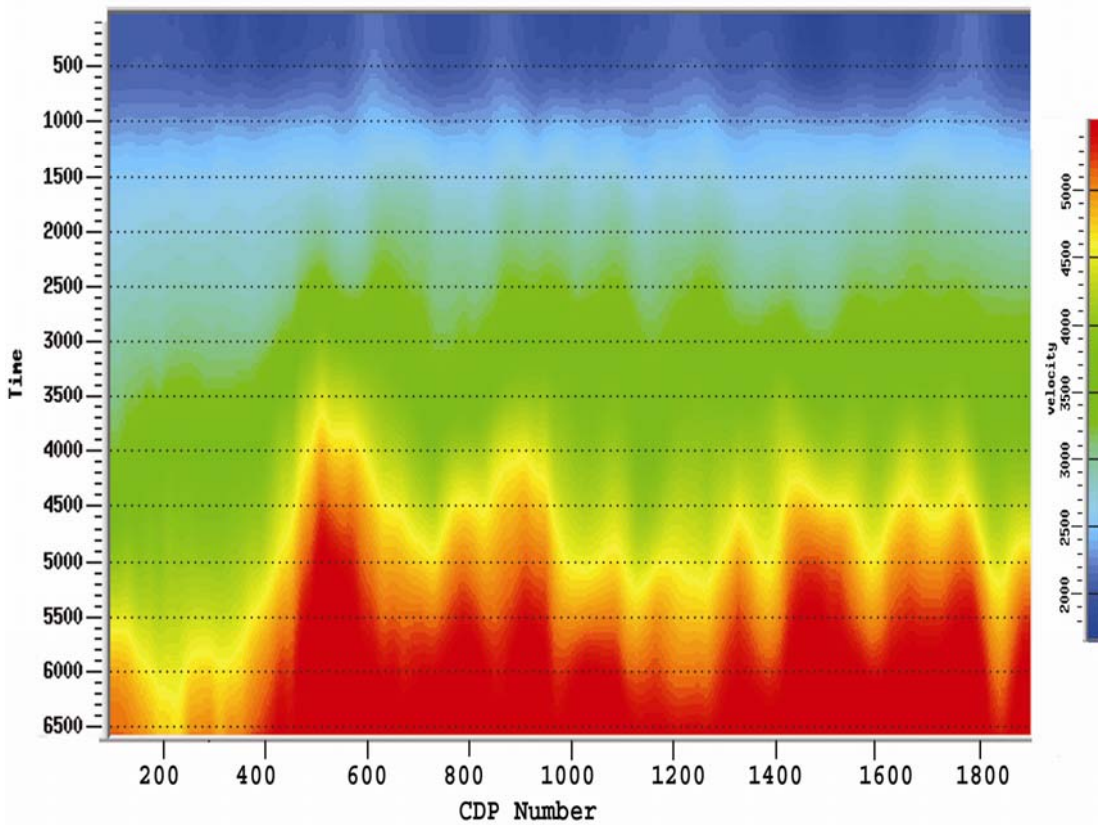
۳-۴ پردازش به روش مرسوم

همانطور که در فصل دوم به آن اشاره شد ، در روش متداول پردازش داده های لرزه ای برای بدست آوردن مقطع دورافت صفر یا ZO به سرعت برانبارش نیازمندیم . از این رو آنالیز سرعت را می توان اساسی ترین مرحله پردازش به روش متداول تلقی کرد. در این مرحله ما آنالیز سرعت برای داده های خروجی از مراحل پیش پردازش را به انجام رساندیم (شکل ۳-۴) . بازه انتخاب شده برای



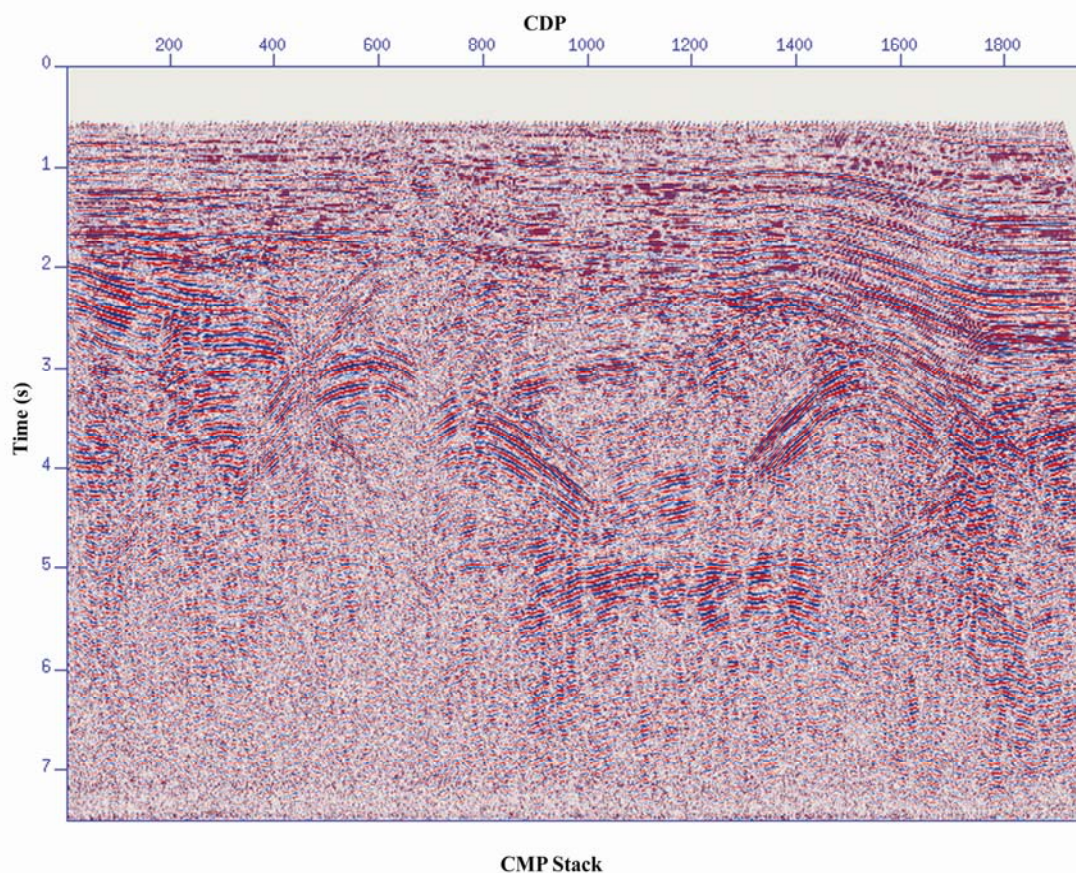
شکل ۳-۴ ، آنالیز سرعت به ازای هر ۲۰ نقطه میانی مشترک برای خط برداشت دوبعدی ساختار نیمه پیچیده.

آنالیز سرعت در این مرحله CMP ۲۰ انتخاب شد. در این مرحله سعی بر حذف چندگانه ها با انتخاب سرعت مناسب نمودیم. انجام تصحیح NMO، انجام مرحله تصحیح استاتیک باقی مانده، آنالیز سرعت مجدد، انجام دوباره تصحیح NMO و برانبارش از جمله مراحل بود که جهت حصول مقطع دورافت صفر با کیفیت مناسب به انجام رسید. شکل ۴-۴ مدل سرعت استفاده شده جهت تهیه مقطع ZO حاصله از پردازش به روش مرسوم و شکل ۴-۵ مقطع ZO حاصل از آن را نشان می دهد.



شکل ۴-۴، مدل سرعت بدست آمده از آنالیز سرعت در پردازش به روش مرسوم مربوط به داده های دو بعدی

ساختار نیمه پیچیده.



شکل ۴-۵، مقطع دورافت صفر حاصل از پردازش به روش مرسوم، مقطع دوبعدی مربوط به ساختار نیمه پیچیده.

۴-۴ پردازش به روش CRS

همانگونه که در فصل ۳ به آن اشاره شد در پردازش به روش CRS باید سه نشانگر جنبشی میدان موج را پیدا کرد. جستجوی سه پارامتری یک فرایند وقت گیر و پرهزینه می باشد. بنابراین برای یافتن این سه مشخصه ما از سه جستجوی تک پارامتری (Man 2002) شرح داده شده در فصل گذشته استفاده کردیم. تعیین پارامترهای مناسب جهت عملیات جستجو، امری بسیار مهم در پردازش به روش CRS می باشد. یکی از این پارامترها تعیین بازه CRS است که ابتدا به شرح نحوه انتخاب آن برای داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده مذکور می پردازیم. دیگر پارامترهای مورد استفاده در پردازش CRS این داده ها در جدول ۴-۲ نشان داده شده اند.

پردازش داده های منطقه ای از ایران با ساختاری نیمه پیچیده

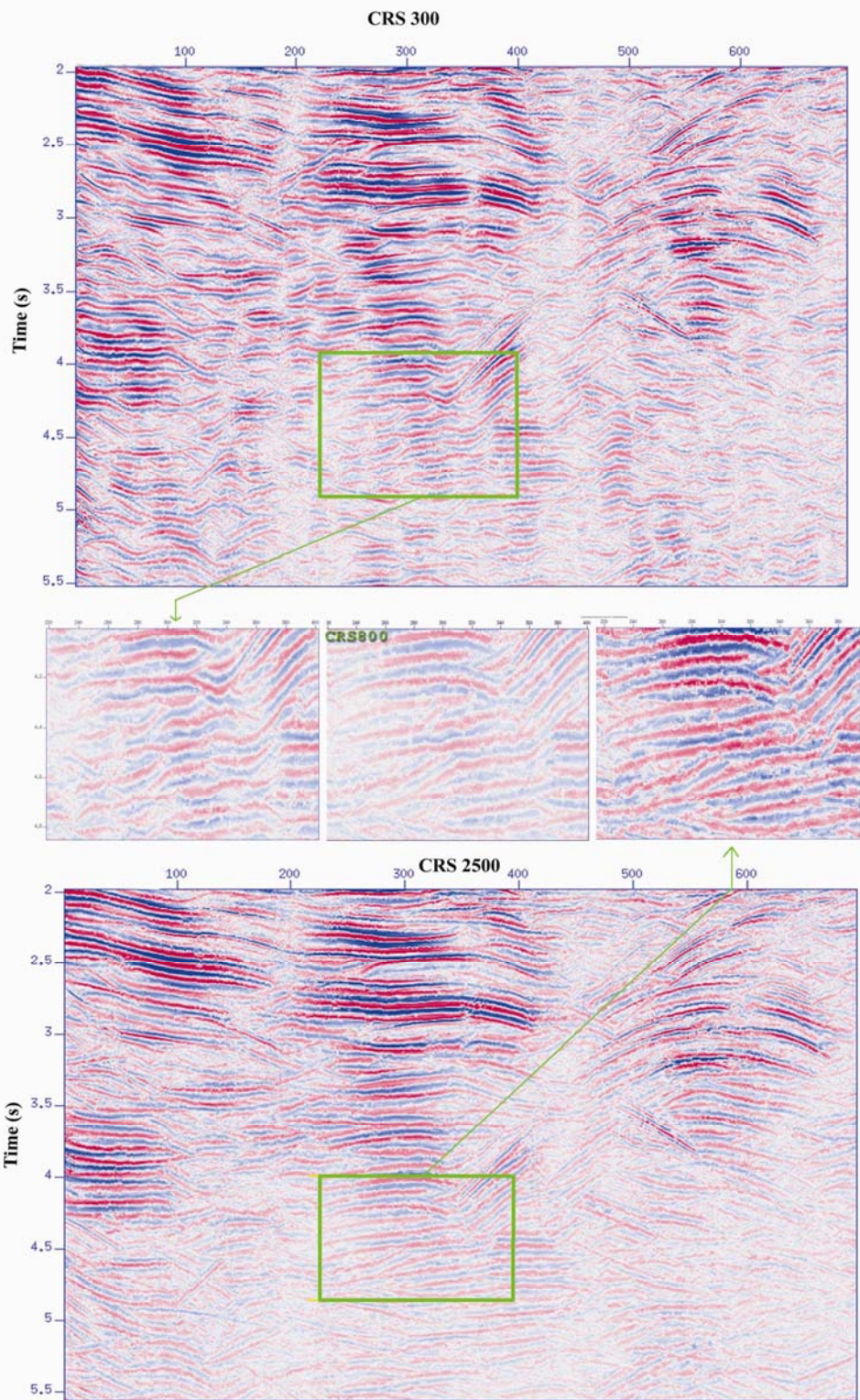
جدول ۴-۲ پارامترهای پردازش برای شبیه سازی مقطع دورافت صفر داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده.

نوع پارامتر	پارامتر پردازش	مقدار
پارامترهای عمومی	فرکانس غالب	۲۰ هرتز
	معیار همدوسی	شبیه بودن
	داده های مورد استفاده در آنالیز همدوسی	ردهای اصلی
	عرض نوار همدوسی	۵۶ میلی ثانیه
سرعت و مرزهای جستجوی سرعت بهینه	سرعت نزدیک سطح	۱۵۰۰ متر بر ثانیه
	سرعت برانبارش تحت جستجو	۱۵۰۰ تا ۵۵۰۰ متر بر ثانیه
منطقه هدف	زمان سیر شبیه سازی شده در ZO	۰ تا ۷ ثانیه
	فاصله نمونه برداری در شبیه سازی	۴ میلی ثانیه
	تعداد ردهای شبیه سازی شده در ZO	۱۹۴۸
	فاصله بین ردها در شبیه سازی ZO	۱۷.۵ متر
بازه جستجوی بین ردها	حداقل بازه ZO	۱۰۰ متر در ۰.۴ ثانیه
	حداکثر بازه ZO	۲۵۰۰ متر در ۷ ثانیه
	حداقل بازه CMP	۱۴۰ متر در ۰.۴ ثانیه
	حداکثر بازه CMP	۳۴۵۰ متر در ۷ ثانیه
	ابعاد تعمیم بازه	۳۰٪
برانبارش خودکار CMP	اولین برونراند نرمال برای بزرگترین دورافت	۴ میلی ثانیه
	تعداد مراتب کاهش ابعاد شبکه	۳
جستجوی خطی ZO	بازه زاویه مورد جستجو	۶۰- تا ۶۰+ درجه
	گام بین زاویه های مورد جستجو	۱ درجه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	۳
جستجوی هذلولوی ZO	اولین برونراند برای بزرگترین فاصله ZO	۴ میلی ثانیه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	۳
جستجوی هذلولوی در CS/CR	اولین برونراند نرمال برای بزرگترین دورافت	۴ میلی ثانیه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	۳
بهینه سازی 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	۱۰ ^{-۴}
	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	۱۰۰ متر

۴-۴-۱ تعیین بازه CRS

لزوم انتخاب یک بازه مناسب برای عملگر برانبارش در پردازش داده های لرزه‌ای دو بعدی مربوط به منطقه‌ای در ایران با ساختاری نیمه پیچیده به روش CRS با انتخاب چندین بازه مختلف بررسی و نحوه تاثیر بازه بر روی نتایج حاصل از برانبارش CRS مطالعه شد. مطالعه تاثیر بازه در این داده‌ها با پنج بار پردازش به روش CRS با بازه های ۲۵۰۰، ۱۳۰۰، ۸۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ متر انجام گردید. با بررسی نتایج حاصله از پردازش با بازه های مختلف و مقایسه آنها با یکدیگر به راحتی می‌توان تشخیص داد که نسبت سیگنال به نویز با افزایش بازه به صورت مشهودی افزایش می‌یابد (شکل ۴-۶). این مساله به صورت بارزی تاثیر خود را با افزایش عمق نشان می‌دهد. چراکه در عمق‌های بیشتر، علاوه بر کاهش قابل توجه نسبت سیگنال به نویز، بازه عملگر CRS نیز افزایش می‌یابد. با افزایش بازه بر پیوستگی رخدادها به طور مشهودی افزوده می‌شود که این امر منجر به شناسایی آسان‌تر امتداد لایه‌ها در نواحی نویز دار خواهد شد. در واقع این امر نیز خود نتیجه افزایش سیگنال به نویز می‌باشد. از دیگر نکات قابل توجه که با افزایش بازه تغییر می‌کند، روند منحنی‌های پراش می‌باشد. با افزایش بازه، پیوستگی، تشخیص و تمایز پراش‌ها بهتر و ساده‌تر می‌شود. لذا می‌توان متصور شد که اعمال کوچ بر روی داده‌ها مسلماً نتیجه بهتری در پی خواهد داشت. بررسی بر روی بازه ۴۰۰ متر نشان داد که بازه های خیلی زیاد علاوه بر وقت گیر کردن پردازش باعث حذف برخی پدیده‌ها و کاهش کیفیت جانبی تصویر خواهند شد. افزایش پیوستگی ناشی از افزایش بازه بیشتر از یک مقدار بهینه نه تنها مفید نبوده بلکه یک نکته منفی محسوب می‌شود. در این تحقیق با بررسی نتایج حاصله از بازه‌های مختلف بازه ۲۵۰۰ متر به عنوان بازه مناسب برای پردازش در نظر گرفته شد.

در نهایت برای تعیین بازه ZO در پردازش داده‌های لرزه‌ای به روش‌های برانبارش CRS به این نتیجه کلی رسیدیم که انتخاب بازه نقش تعیین کننده‌ای در نتایج حاصل از برانبارش دارد. پردازش با بازه‌های مختلف و بررسی نتایج حاصله نشان داد افزایش بازه، افزایش نسبت سیگنال به نویز و همچنین افزایش پیوستگی رخدادها را در پی خواهد داشت.

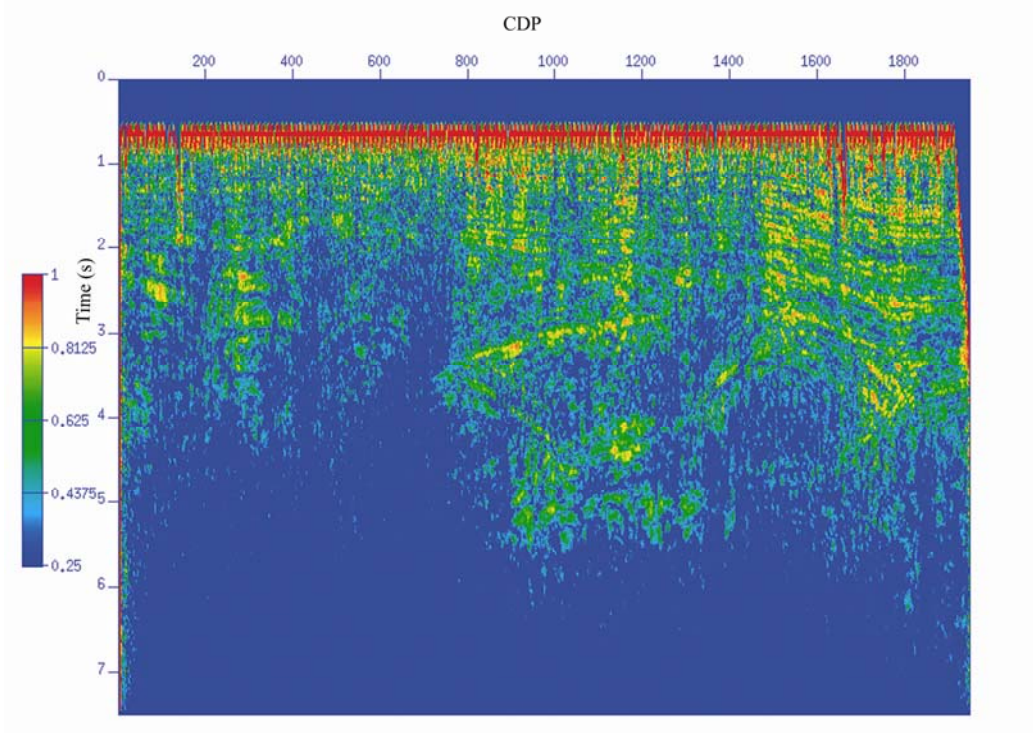


شکل ۴-۶، مقایسه نتایج حاصل از پردازش داده ها به روش CRS با بازه های ۳۰۰، ۸۰۰، و ۲۵۰۰ متری.

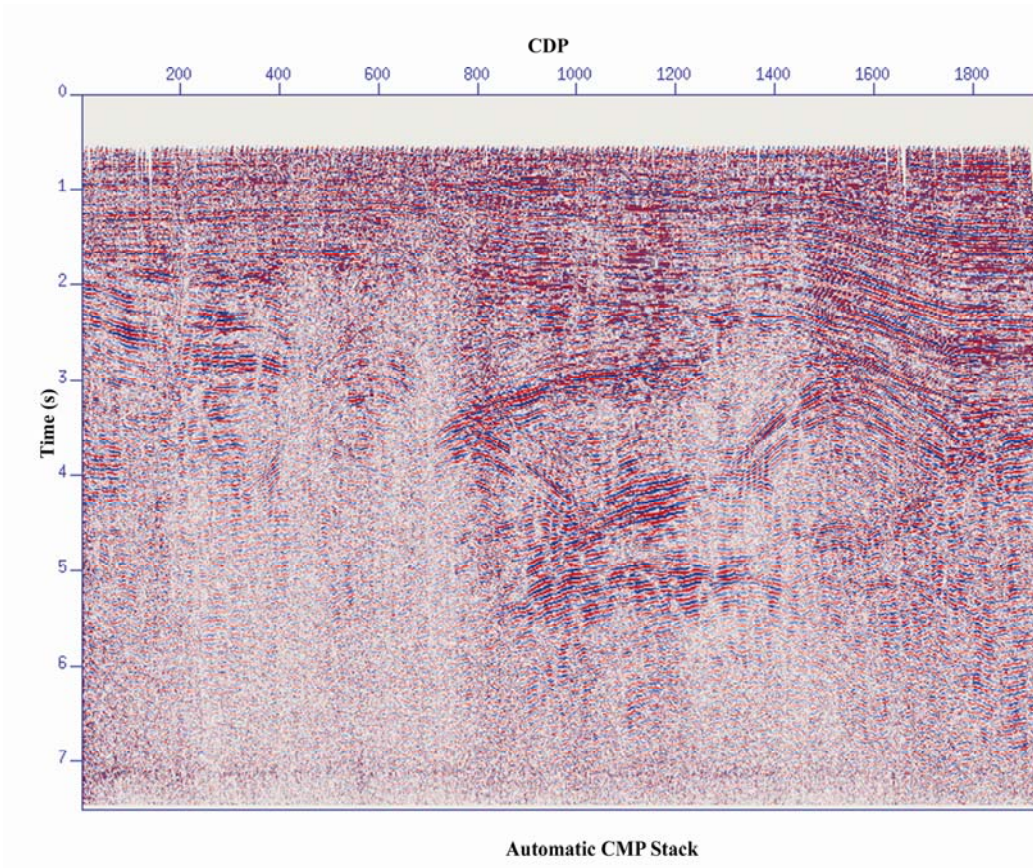
همچنین با افزایش بازه انرژی مربوط به پدیده های پراش متمایزتر و پیوسته تر شده که این امر منجر به کیفیت بهتر تصویر بعد از اعمال کوچ خواهد شد. از طرف دیگر افزایش بیش از حد بازه زمان پردازش داده ها را بسیار زیاد کرده و همچنین کیفیت جانبی را کاهش داده و موجب حذف رخدادهایی با گستردگی کوتاه می شود. در این تحقیق بازه ۲۵۰۰ متر به عنوان بازه مناسب تشخیص داده شد که تقریباً ۱/۵ برابر اولین زون فرسندل برای زمان انتهایی داده ها می باشد و با اعمال تابع تعمیم بر بازه CRS به گونه ای که دومین زون فرسندل نیز پوشش داده شود، به صورت عملی این نتیجه حاصل می شود که با انتخاب بازه به نحوی که زون اول و دوم فرسندل، برای تمام داده ها پوشش داده شود، بهترین کیفیت تصویر حاصل خواهد شد.

۴-۲-۴ برانبارش خودکار CMP

اولین گام در پردازش CRS برانبارش خودکار CMP می باشد. در این مرحله با در نظر گرفتن بازه CMP که یک بازه خطی از زمان ۴/ تا ۷ ثانیه می باشد، به صورت اتوماتیک بهترین همدوسی و بهترین سرعت برانبارش انتخاب می شوند. به منظور انتخاب سرعت مناسب با در نظر گرفتن یک مدل اولیه ساده شامل سرعت اولیه (۱۵۰۰)، سرعت متوسط (۳۰۰۰) و سرعت انتهایی (۵۵۰۰) متر بر ثانیه، انتخاب اتوماتیک سرعت و در نهایت برانبارش اتوماتیک CMP به انجام رسید. شکل ۴-۷ و ۴-۸ به ترتیب مقطع همدوسی مربوط به این مرحله و همچنین مقطع ZO حاصل از برانبارش اتوماتیک مذکور را نشان می دهد. همانطور که در تصویر مشاهده می شود آشفتگی و عدم پیوستگی و همچنین اعوجاج در قسمت هایی که انرژی به اندازه کافی نبوده از ویژگی های بارز این مقطع می باشد. اما با وجود نسبت سیگنال به نویز نسبتاً پایین این مقاطع، درمقایسه با مقطع حاصل از پردازش به روش NMO، به تصویر کشیدن تقریباً تمام بازتابنده ها و منحنی های پراش موجود در مقطع NMO در مقاطع خروجی این مرحله، از خروجی های قابل قبول از مرحله اول برانبارش CRS حکایت می کند. این خروجی ها، ورودی مرحله بعدی پردازش CRS می باشند.



شکل ۴-۷، مقطع همدوسی مربوط به داده های ساختار نیمه پیچیده در مرحله برانبارش اتوماتیک CMP.

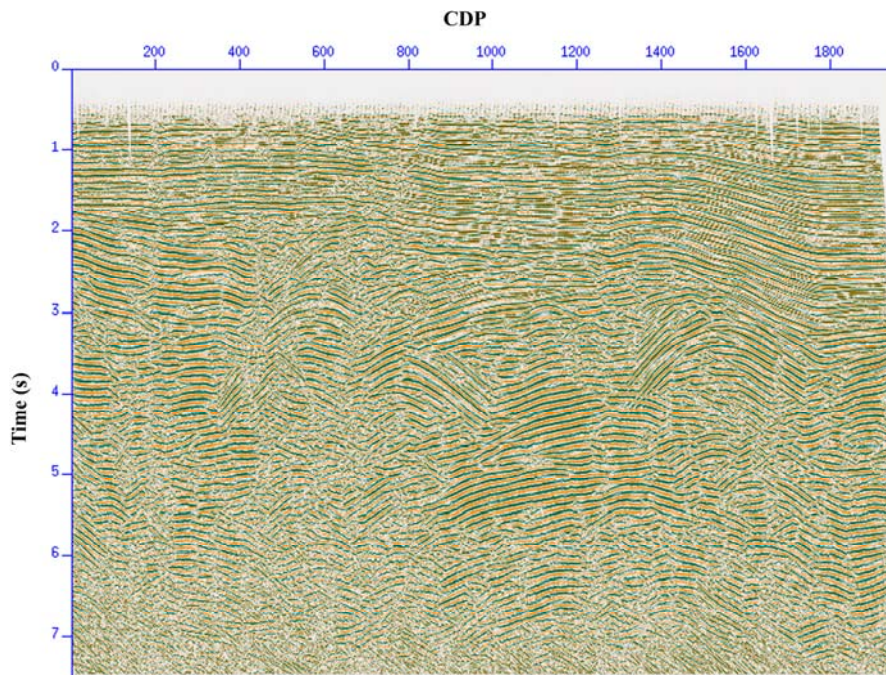
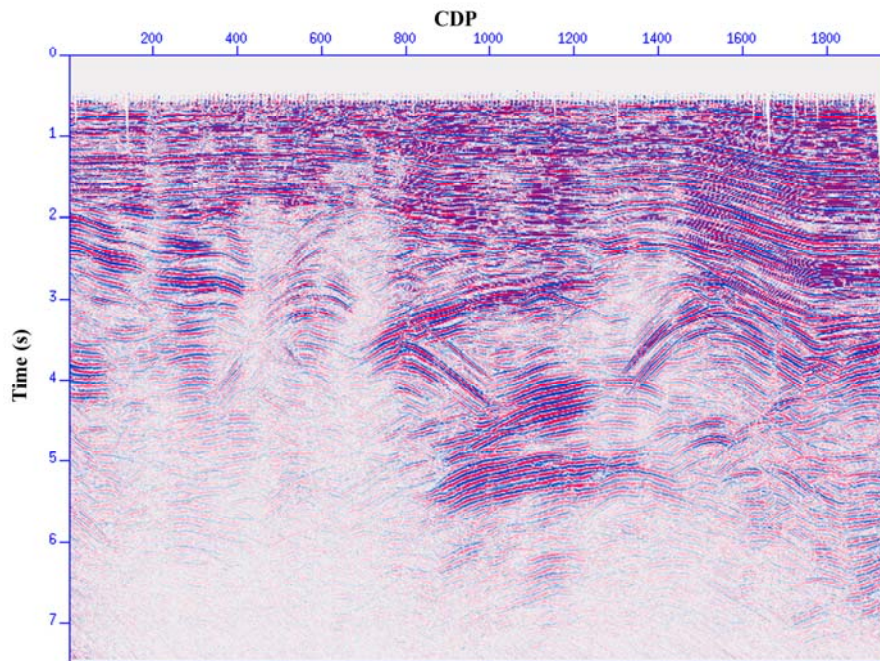


شکل ۴-۸، مقطع دورافت صفر حاصل از برانبارش اتوماتیک CMP مربوط به داده های ساختار نیمه پیچیده.

۳-۴-۴ برانبارش خودکار CRS

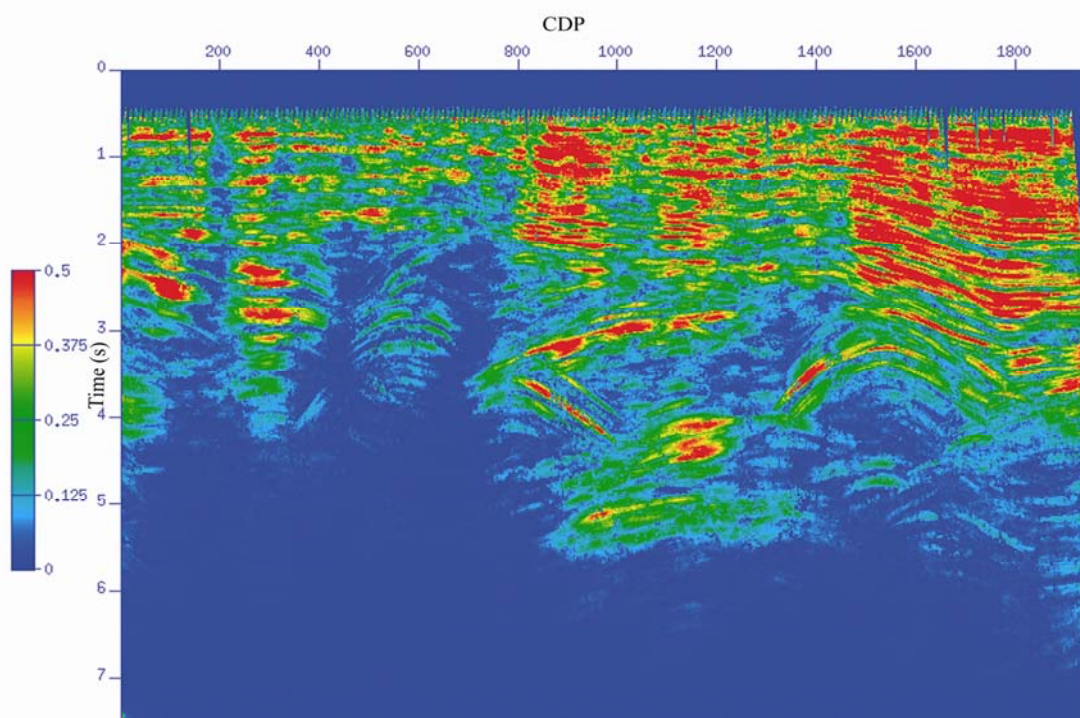
همانطور که در فصل گذشته اشاره شد بعد از مرحله برانبارش اتوماتیک با استفاده از خروجی این مرحله باید به جستجوی پارامتر های سه گانه CRS پردازیم. این جستجو در دو مرحله به انجام می رسد. در مرحله اول با استراتژی اشاره شده در فصل قبل مقادیر اولیه ای برای این سه پارامتر در نظر گرفته می شود. در مرحله دوم با یک الگوریتم بهینه سازی مقادیر بهینه این پارامتر ها تعیین شده و برانبارش CRS با استفاده از این پارامتر ها به انجام می رسد. شکل ۴-۹ مقطع ZO حاصل از برانبارش CRS را با AGC و بدون AGC نشان می دهد. در مقایسه با مقطع CMP مقطع حاصله از CRS به شکل واضحی دارای نسبت سیگنال به نویز بالاتری بوده و تصویر حاصله از آن دارای کیفیت بالاتری می باشد. در قسمت بالایی مقطع، امتداد لایه های واقع در بالای ناپیوستگی در مقطع CRS پیوستگی بیشتری داشته و تعقیب امتداد لایه بندی در آن بسیار آسانتر می باشد. همچنین در قسمت های پایینی که نسبت سیگنال به نویز بسیار پایین است وقایع بازتابی ضعیف در مقطع CMP، در مقطع CRS به شکل واضحتر و با پیوستگی بیشتری آشکار سازی شدند.

در پردازش به روش CRS علاوه بر مقطع ZO، پارامتر های CRS نیز خود دارای مقاطعی بوده که هر کدام به گونه ای نمایانگر تصویری از سطوح بازتابی و لایه ها می باشند. شکل ۴-۱۰ نمایانگر مقطع همدوسی سمبرانس CRS می باشد. همانطور که مشاهده می کنید قسمت بالایی مقطع که دارای لایه بندی واضحی می باشد مقادیر بالایی از همدوسی را به خود اختصاص داده در حالی که در قسمت های میانی مقطع که بالاراندگی ناشی از گلفشان مواجه هستیم این مقادیر به شدت کاهش می یابد. همانطور که مشاهده می کنید این مقطع شکل لایه بندی و سطوح بازتابنده را به خوبی به تصویر کشیده است. به دلیل وجود مقداری نویز زمینه در این داده ها، میزان همدوسی حداکثر در این مقطع بین صفر تا ۰/۵ تغییر می کند. در این مقطع، میزان همدوسی بالایی برای زمان های کمتر از ۳ ثانیه مشاهده می شود ولی برای نمونه های واقع در زمان سیرهای بالای این زمان، مقدار همدوسی کاهش می یابد. در حالت کلی، میزان همدوسی برای اغلب نقاط بالای ۰/۲۵ است. البته لازم

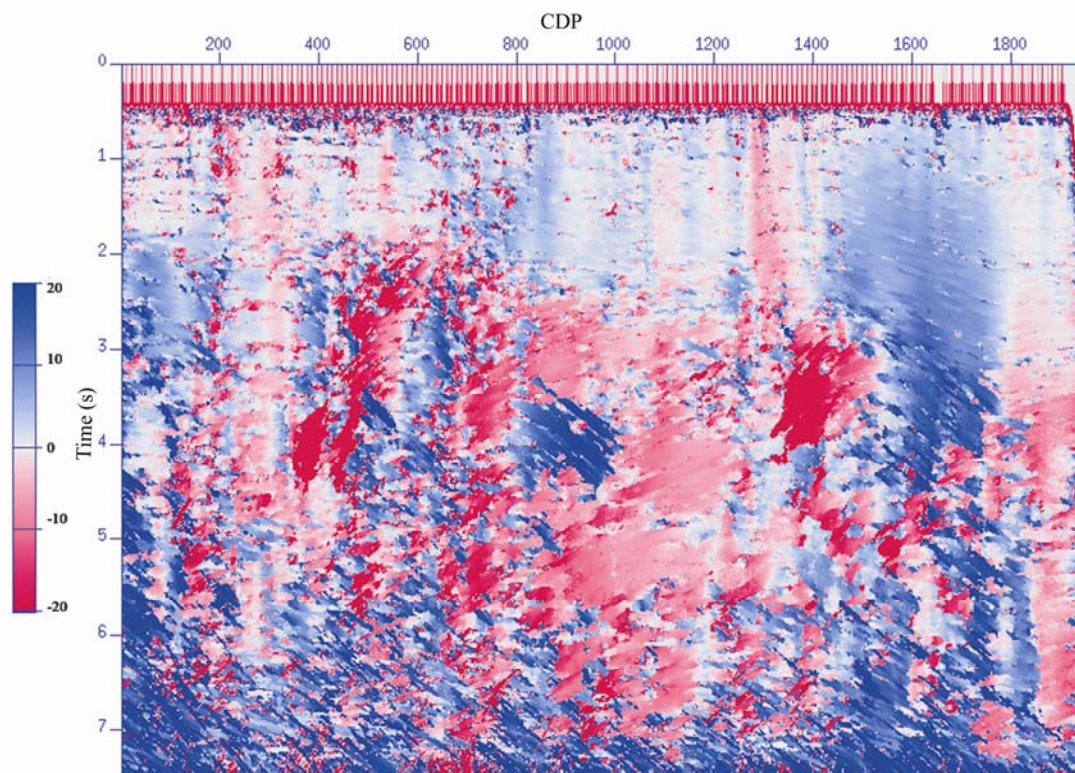


شکل ۴-۹، مقطع دورافت صفر حاصل از برآینارش CRS داده های ساختار نیمه پیچیده ، شکل اول مقطع بدون

AGC و شکل دوم مقطع با AGC می باشد.



شکل ۴-۱۰، مقطع همدوسی سمبلانس CRS، داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده.



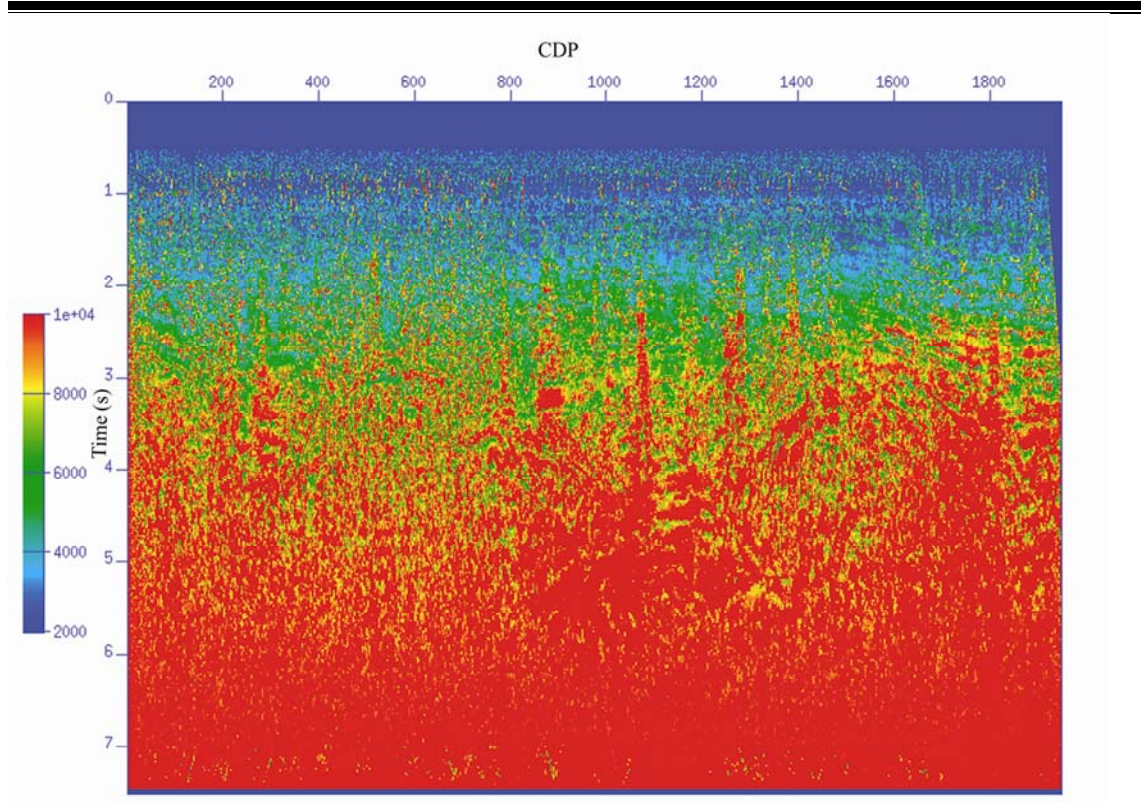
شکل ۴-۱۱، مقطع زاویه (α) حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده.

به ذکر است که نه برای مقادیر مختلف بازه و نه برای داده های مختلف، مقادیر همدوسی قابل مقایسه با یکدیگر نمی باشند.

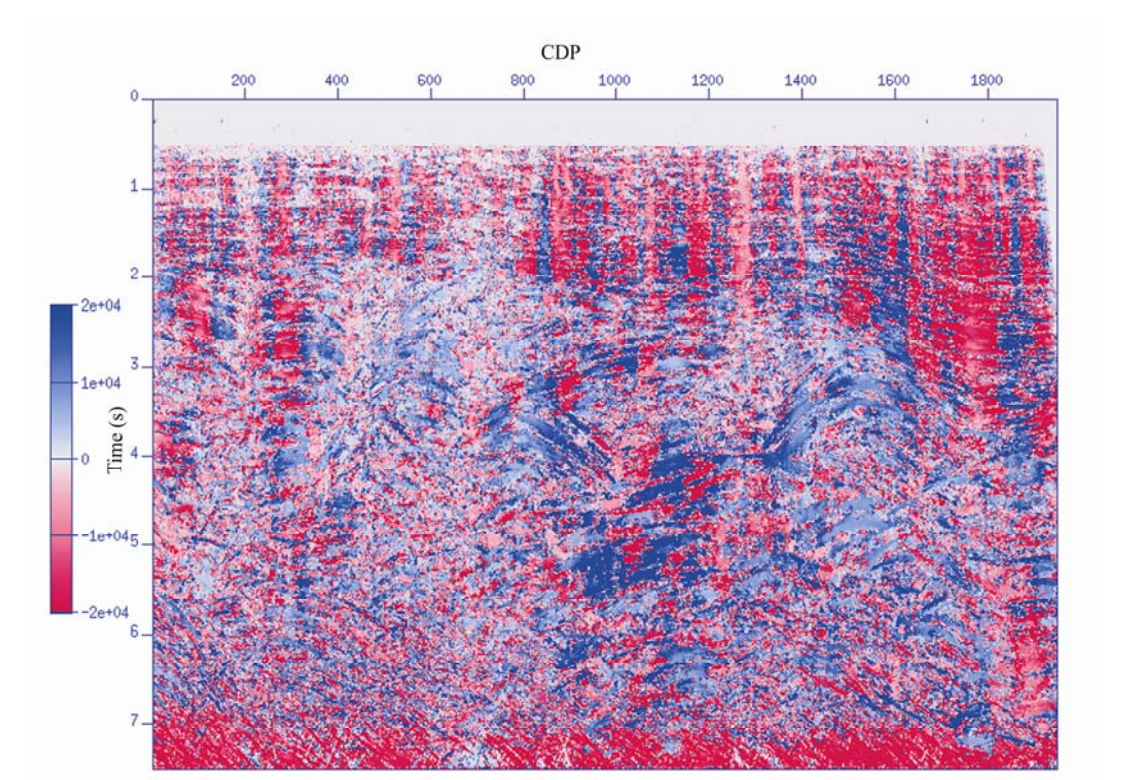
شکل ۴-۱۱ نیز مقطع زاویه را نشان می دهد. همانگونه که انتظار می رود، زاویه ورود برای رخدادهای افقی برابر صفر درجه است (رنگ سفید). ولی مقادیر منفی و مثبت در زوایای ورود نشان دهنده جهت ورود پرتوی مرکزی به سطح است. با توجه به رابطه مستقیم بین زاویه ورود و شیب رخداد در مقطع دورافت صفر، همخوانی این مقطع با رخدادهای بازتابی به خوبی مشخص می شود. در قسمت سمت راست مقطع همانگونه که مشاهده می کنید لایه ها تحت تاثیر گلفشان به بالا آمده و دارای شیب مثبتی شده اند و از آن به بعد به سمت چپ مقطع تقریباً بدون شیب بوده و امتداد مستقیمی دارند. همچنین در قسمت چپ از بالا تا ثانیه ۱/۷ رنگ سفید و قرمز دیده می شود در حالی که زیر آن رنگ آبی بیانگر تغییر شیب بوده و وجود ناپیوستگی را در این قسمت تایید می کند.

شکل ۴-۱۲ بیانگر شعاع انحنای جبهه موج عمود در نقطه ورود، R_{NIP} ، است. به عنوان یک اصل، با افزایش زمان سیر یا افزایش عمق، میزان R_{NIP} نیز به صورت پیوسته افزایش پیدا می کند. در داده های مذکور به دلیل پیچیدگی ساختار مقادیر R_{NIP} بیانگر عمق واقعی پدیده ها نمی باشد. عمق واقعی با انجام کوچ در حوضه عمق تصویرسازی خواهد شد. اما همانطور که مشاهده می کنید روند افزایش مقادیر R_{NIP} با افزایش عمق در داده های مذکور مشهود می باشد.

شعاع انحنای جبهه موج عمود (R_N) در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده است. مقدار بهینه R_N در ارتباط با شعاع انحناء بازتابنده در مقطع دورافت صفر در عمق می باشد. برای نشان دادن و تفسیر بهتر مقدار شعاع انحنای بازتابنده، از مقدار عکس شعاع موج نرمال، $1/R_N$ ، استفاده می شود. زیرا که مقدار شعاع انحناء برای بازتابنده های مسطح، برابر بی نهایت خواهد شد که طبیعتاً نشان دادن مقدار در مقطع غیرممکن خواهد بود، ولی مقدار عکس آن برابر صفر خواهد شد که برای نشان دادن در مقطع مناسب تر می باشد. بنابراین مقدار $1/R_N$ برای بازتابنده های مسطح، برابر صفر خواهد شد. مقدار مثبت و منفی در این مقطع نیز به ترتیب در ارتباط با برآمدگی و فرورفتگی در بازتابنده می باشد.

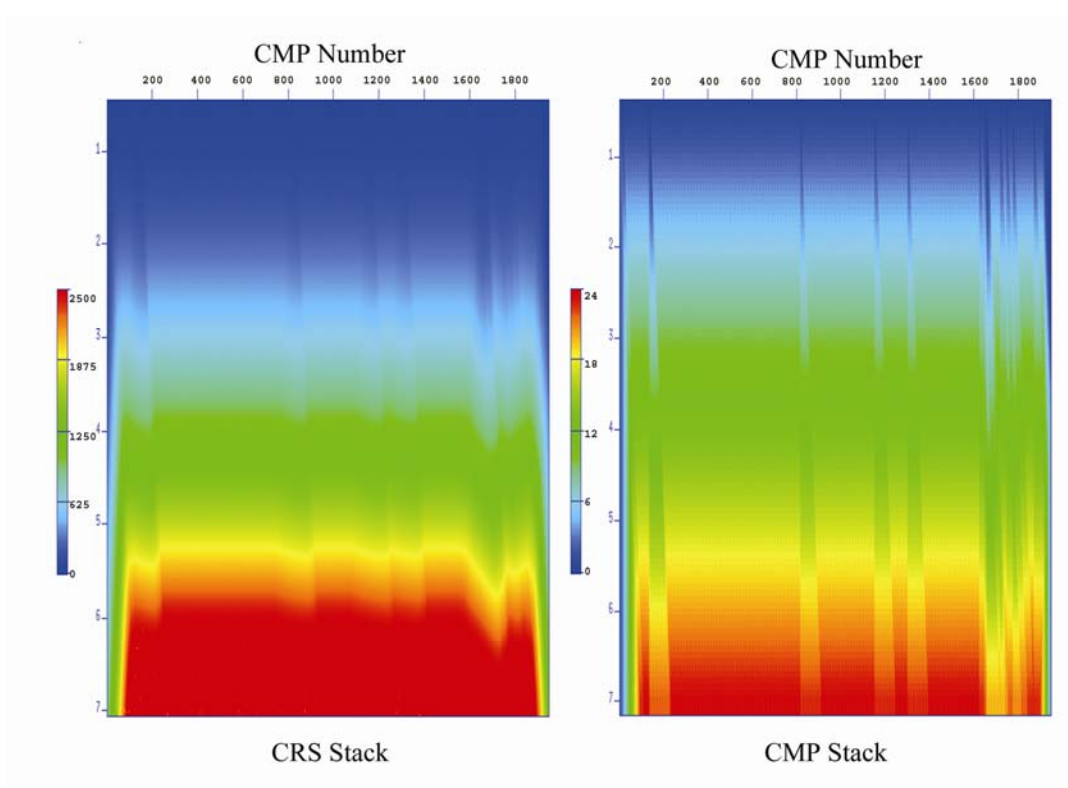


شکل ۴-۱۲، مقطع R_{NIP} حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده.



شکل ۴-۱۳، مقطع R_N حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده.

در نهایت شکل ۴-۱۴ تعداد اثر هایی که در دوروش برانبارش CMP و CRS برای به تصویر کشیدن یک نقطه در مقطع ZO مورد استفاده قرار گرفته اند را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می کنید اثر های استفاده شده در مقطع حاصله از روش CRS برای زمانهای انتهایی بیش از ۱۰۰ برابر اثر های استفاده شده در روش مرسوم می باشد که این امر منجر به بالا رفتن نسبت سیگنال به نویز در روش CRS می شود.



شکل ۴-۱۴، تعداد اثر هایی که در دوروش برانبارش CMP و CRS برای به تصویر کشیدن یک نقطه در مقطع ZO مورد استفاده قرار گرفته اند را نشان می دهد.

همانطور که در شکل های مربوط به مشخصه های CRS دیده می شود، مقاطع حاصل از مشخصه های CRS هر یک به نوعی ساختار های زیر سطحی را در حوضه زمان به تصویر می کشند .

۴-۵ مقایسه مقطع CRS با مقطع CMP

همانطور که مشاهده کردیم مقطع برانبارش CRS در مقایسه با مقطع CMP دارای نسبت سیگنال به نویز بسیار بالاتری می باشد. این امر بایک مقایسه ساده بین شکل های ۴-۵ و ۴-۹ به راحتی قابل تشخیص می باشد. شکل ۴-۱۴ نیز با به تصویر کشیدن تعداد اثر های درگیر در تصویر سازی یک نقطه بر این امر صحنه می گذارد. طبیعی است هر چه تعداد اثر ها بیشتر باشد پدیده های تصادفی یکدیگر را بیشتر تضعیف نموده و بازتابها تقویت خواهند شد. حال با نگاهی جزئی تر به دو مقطع مذکور به مقایسه مقاطع حاصل از برانبارش CMP و CRS می پردازیم.

همانطور که پیشتر نیز به آن اشاره شد مقطع مذکور مربوط به یک خط بر داشت دوبعدی در مجاورت یک گلفشان می باشد. این گلفشان موجبات بالا راندگی لایه های زمین را در این ناحیه فراهم ساخته و ساختار منطقه را با پیچیدگی هایی مواجه کرده است. منحنی های پراش فراوان مشاهده شده در تصاویر دورافت صفر حاکی از وجود گسل ها و شکستگی هایی می باشد که در حین این بالا راندگی بر ناحیه مورد نظر تحمیل شده است. از طرفی در قسمت بالایی با یک ناپیوستگی مواجه هستیم که در آن لایه ها دارای شیب کم بوده و بازتابها با پیوستگی بیشتری در این ناحیه به چشم می خورند.

در قسمت بالای ناپیوستگی در مقطع CRS همانطور که در شکل ۴-۹ و ۴-۱۵ مشاهده می شود دنبال کردن پدیده های بازتابی نسبت به مقطع CMP بسیار راحت تر بوده و پدیده ها دارای پیوستگی بیشتری می باشند.

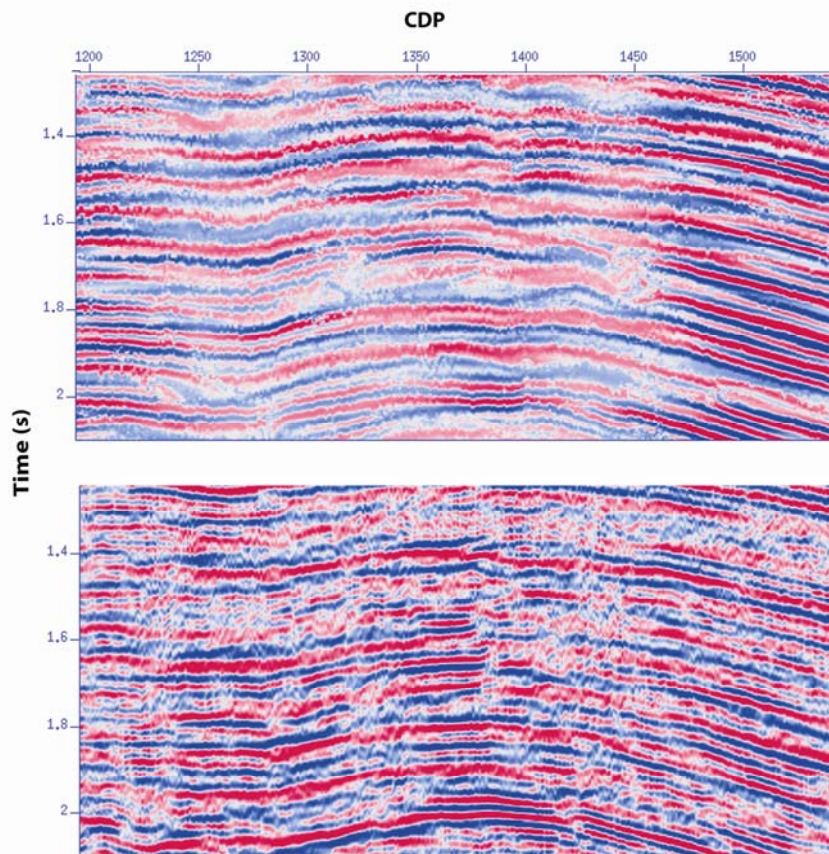
مرز ناپیوستگی در مقطع CRS واضح و مشخص بوده در حالی که در مقطع CMP همانطور که در شکل ۴-۱۶ نشان داده شده این مرز به دلیل نسبت سیگنال به نویز پایین قابل تشخیص نمی باشد. به نوعی می توان گفت قدرت CRS در تشخیص مرز بین ساختارهای زمین شناسی نسبت به روش های متداول بیشتر می باشد.

اما مزیت افزایش نسبت سیگنال به نویز روش CRS در مقایسه با برانبارش CMP در پدیده های بازتابی عمیق خود را بیشتر نشان می دهد. در داده های برانبارش شده به روش CMP معمولاً پدیده های موجود در زمانهای بالای ۴ ثانیه اغلب به سختی تصویر سازی شده و تشخیص و دنبال کردن این گونه پدیده ها امری بسیار مشکل می باشد. در مقطع حاصل از برانبارش CRS، همانطور که در شکل ۴-۱۷ دیده می شود پدیده های بازتابی مربوط به زمانهای بالا دارای وضوح بیشتری بوده و دارای پیوستگی بیشتری می باشند.

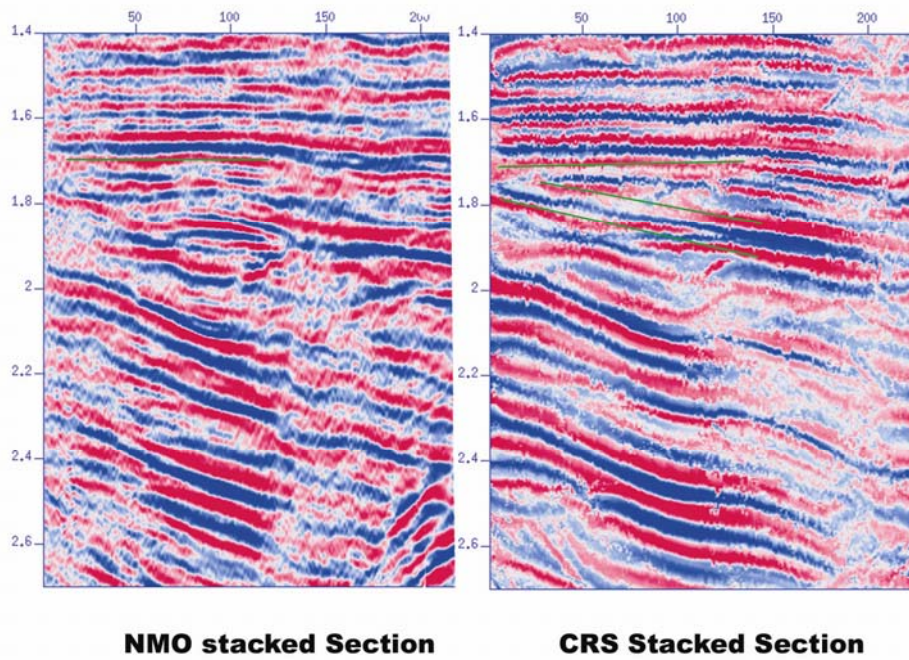
در قسمت میانی بین دو منحنی پراش بزرگ در زمان های بیشتر از ۴ ثانیه، در گوشه سمت راست در زمانهای انتهایی و همچنین بین CDP های ۲۰۰ تا ۵۰۰ در زمانهای بیشتر از ۴ ثانیه، انرژی مربوط به پدیده های بازتابی در مقایسه با برانبارش CMP تصویر واضح تری، حاکی از وجود احتمالی لایه های بازتابنده در عمق را به تصویر می کشد.

همچنین بین CDP های ۶۰۰ تا ۱۳۰۰ بین زمان های ۲ تا ۴ ثانیه، با لایه بندی شیب دار، متاثر از بالاراندگی حاصل از گلفشان مواجه هستیم که با منحنی های پراش تداخل زیادی دارند. همانطور که در تصاویر قابل تشخیص می باشد، این لایه بندی ها در مقطع CRS دارای پیوستگی و کیفیت بالا تری می باشند.

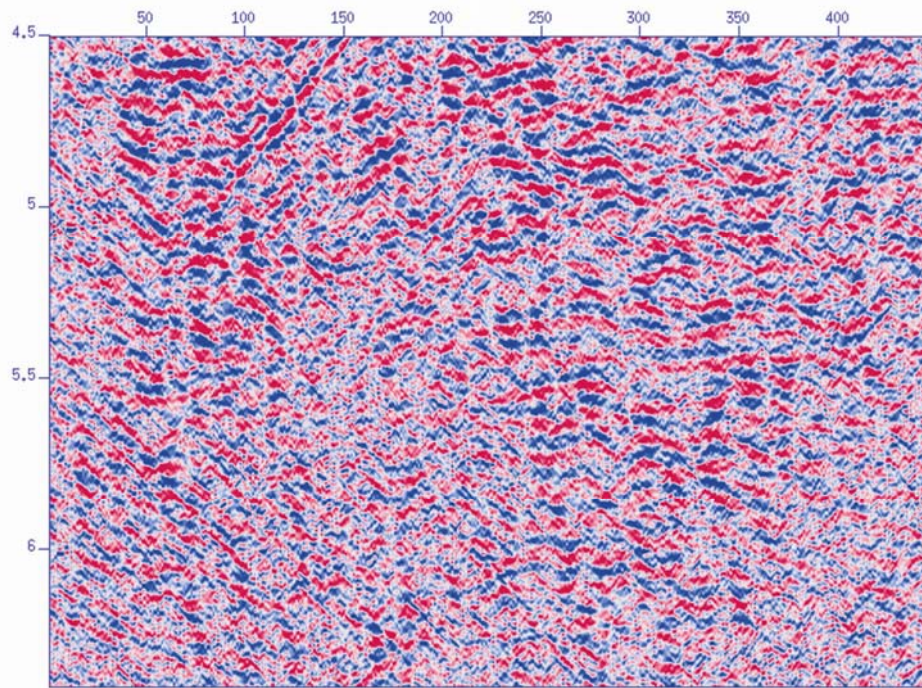
با وجود برتری هایی که در روش CRS مشهود می باشد، مشکل تداخل شیب ها در مقطع CRS از مشکلات حل نشده محسوب می گردد. همانگونه که در تصاویر مشاهده می کنید در مقاطع CRS پیوستگی جانبی پدیده های بازتابی نسبت به پدیده پراش در الویت قرار دارد بنابر این امر دنبال کردن انرژی پراش را با مشکل مواجه می کند و در نتیجه آن کیفیت داده ها بعد از انجام کوچ، کیفیت مطلوب مورد نظر ما نخواهد بود.



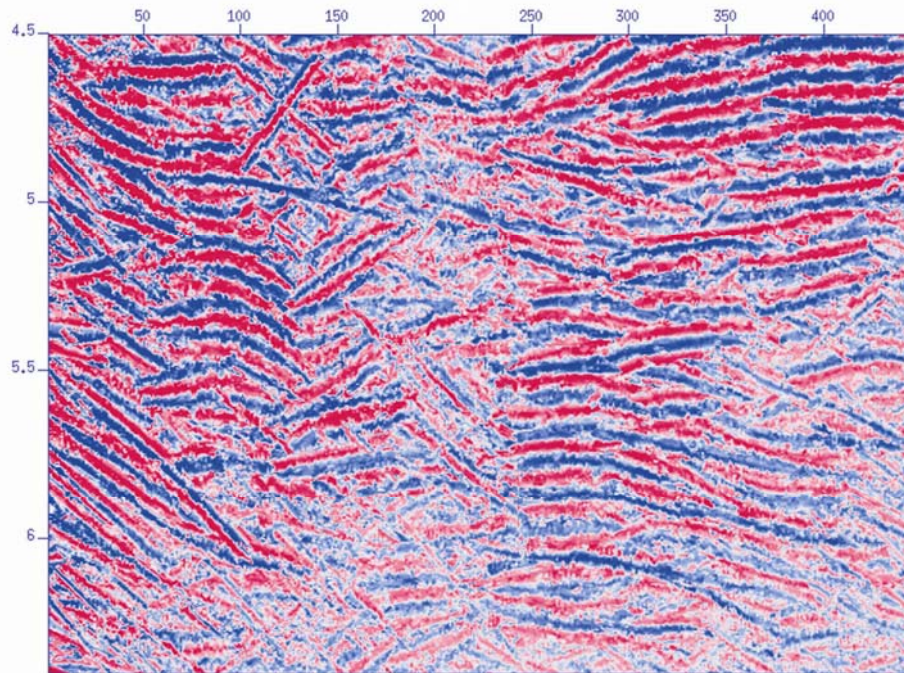
شکل ۴-۱۵، شکل بالایی نشان‌دهنده قسمت سطحی مقطع CRS و شکل زیری معادل همان قسمت در مقطع CMP را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۶، مرز ناپیوستگی در مقطع CRS نسبت به مقطع CMP واضح تر است.



NMO Stacked section



CRS Stacked Section

شکل ۴-۱۷، مقایسه دو مقطع CRS و CMP در زمانهای بالا، همانطور که مشاهده می کنید پیوستگی پدیده ها و نسبت سیگنال به نویز در مقطع CRS به مراتب بیشتر است.

۴-۶ پردازش به روش CDS

همانطور که در بخش قبل مشاهده شد، روش CRS در مواقع مواجه با تداخل شیب‌ها عملکرد خوبی از خود نشان نمی‌دهد. در محل برخورد پدیده‌های پراش با بازتابها، پیوستگی جانبی بازتاب‌ها در روش CRS غالب می‌باشند. همچنین در پردازش CRS، تعیین محل دقیق گسل‌ها و مرزهای آنها به دلیل ماهیت نرم‌کنندگی روش CRS و همچنین به دلیل وجود مساله تداخل شیب‌ها در رخدادهای پراش حاصل از نوک گسل، دشوار است. لذا برای حل این مشکل در داده‌های مربوط به ساختار نیمه پیچیده مذکور ما از روش CDS که در فصل قبل شرح داده شد استفاده نمودیم.

نتایج برانبارش به روش CRS، یک مقطع بهینه همدوسی، یک مقطع بهینه برانبارش و سه مقطع بهینه نشانگرهای جنبشی میدان موج است. در مقابل نتیجه برانبارش CDS تنها یک مقطع برانبارش و یک مقطع از تعداد ردهای استفاده شده در بازه خواهد بود. بنابراین تنها مقاطع برانبارش شده قابل مقایسه هستند. پردازش CRS، در سه گام انجام شد و نتایج گام‌های میانی نیز قابل مشاهده بودند، در حالی که در CDS، مستقیماً به حجم داده‌های پیش از برانبارش وارد شده و نتایج میانی وجود نخواهد داشت.

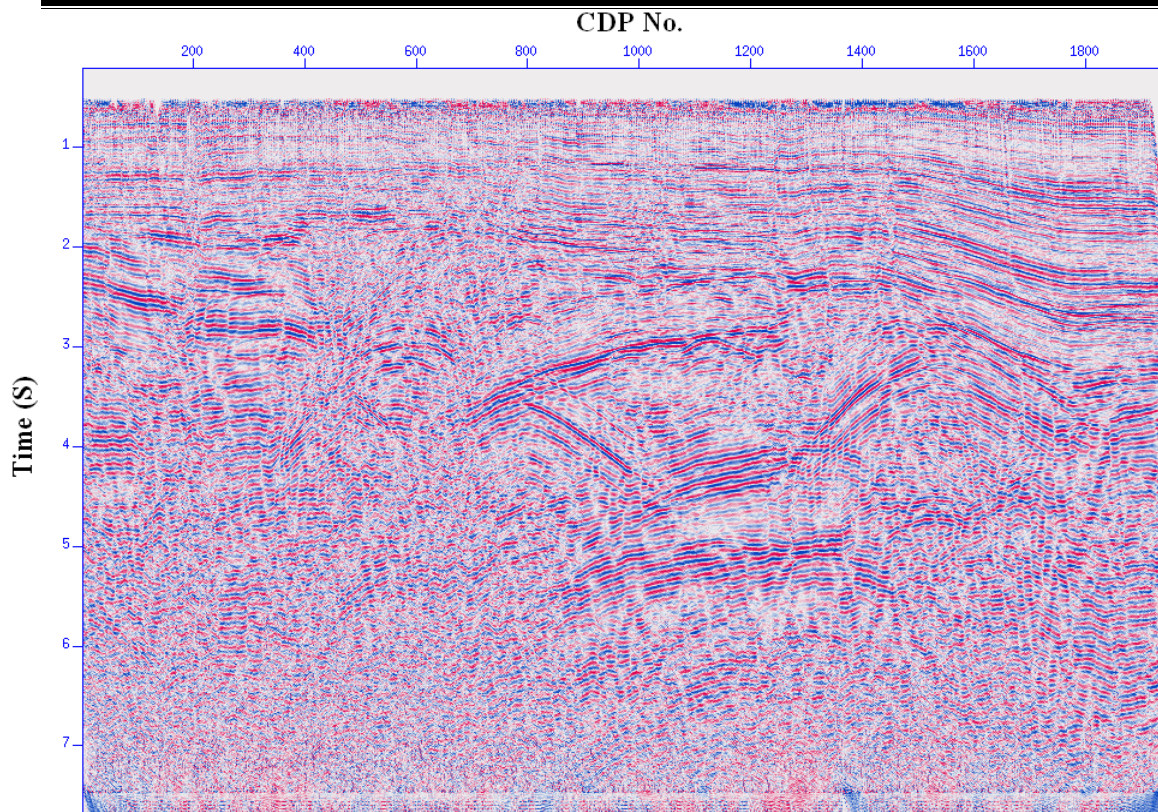
در پردازش CDS مربوط به داده‌های ساختار نیمه پیچیده، بازه زاویه بین -20 درجه و $+20$ درجه انتخاب شده است. گام افزایش زاویه برابر یک درجه در نظر گرفته شده است. سایر پارامترهایی که برای پردازش CDS انتخاب شده‌اند، مشابه پارامترهای متناظرشان در پردازش CRS بوده‌اند. پارامترهای مورد استفاده برای پردازش در جدول ۴-۳ آورده شده‌اند.

شکل ۴-۱۸ نتیجه برانبارش به روش CDS بر روی داده‌های مذکور را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود، رخدادهای پراش بهتر آشکار شده‌اند و همچنین اثر گسل‌ها بر روی رخدادهای بهتر دیده می‌شوند مناطق سفید خالی در زمان سیرهای کم در برخی از نقاط در مقطع دیده

جدول ۴-۳، پارامترهای مورد استفاده در پردازش داده های ساختار نیمه پیچیده به روش CDS.

نوع پارامتر	پارامتر پردازش	مقدار
پارامترهای عمومی	فرکانس غالب	۲۰ هرتز
	معیار همدوسی	شباهت
	داده های مورد استفاده در آنالیز همدوسی	ردهای اصلی
	عرض نوار همدوسی	۵۶ میلی ثانیه
سرعت و مرزهای جستجوی سرعت بهینه	سرعت نزدیک سطح	۱۵۰۰ متر بر ثانیه
	سرعت برانبارش تحت جستجو	۱۵۰۰ تا ۵۵۰۰ متر بر ثانیه
منطقه هدف	زمان سیر شبیه سازی شده در ZO	۰ تا ۷ ثانیه
	فاصله نمونه برداری در شبیه سازی	۴ میلی ثانیه
	تعداد ردهای شبیه سازی شده در ZO	۱۹۴۸
	فاصله بین ردها در شبیه سازی ZO	۱۷.۵ متر
بازه جستجوی بین ردها	حداقل بازه ZO	۱۰۰ متر در ۰.۴ ثانیه
	حداکثر بازه ZO	۲۵۰۰ متر در ۷ ثانیه
	حداقل بازه CMP	۱۴۰ متر در ۰.۴ ثانیه
	حداکثر بازه CMP	۳۴۵۰ متر در ۷ ثانیه
	ابعاد تعمیم بازه	۳۰٪
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	۳
پارامترهای CDS	بازه زاویه مورد جستجو	۲۰- تا ۲۰+ درجه
	گام افزایش زاویه های مورد جستجو	۱ درجه
	فرکانس جستجو در برداشت انفجاری	۲ میلی ثانیه
	زمان پردازش	۲۱۰ ساعت

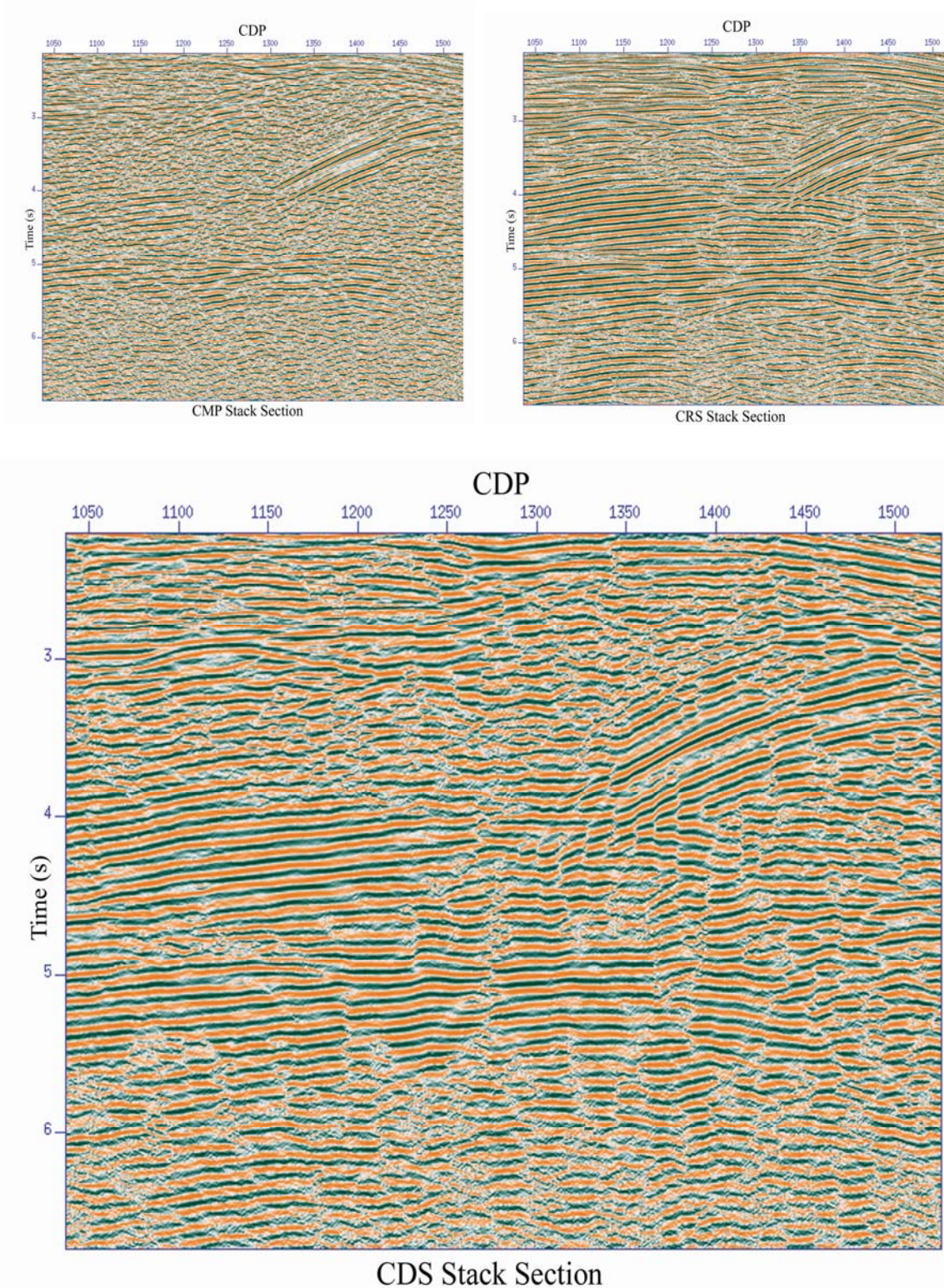
می شوند که به دلیل کمبود پوشش انرژی در آن مناطق است. در طول مقطع نیز رخدادهایی دیده می شوند که از دامنه کوچکی برخوردارند که احتمالاً به دلیل پراش انرژی در اثر گسل و کمبود پوشش انرژی در آن محلها می باشند. وجود گسلها در این مقطع باعث شده که پیوستگی رخدادها در برخی نقاط از بین رفته و همچنین رخدادها در برخی محلها شکستگی پیدا کنند. در مقطع برانبارش شده به روش CRS (شکل ۴-۹) نسبت سیگنال به نویز بالا بود، به گونه ایی که به راحتی می توانستیم ردها را در آن مقطع دنبال کنیم، با این حال در نقاط زیادی مساله تداخل شیبها، رخدادها را دچار تغییر می کرد. در مقطع برانبارش شده به روش CRS، نویز زمینه در زمان سیرهای



شکل ۴-۱۸، مقطع CDS مربوط به داده های ساختار نیمه پیچیده.

کمتر از $0/2$ ثانیه به خوبی به چشم می خورد، ولی همین نویز در مقطع برانبارش شده به روش CDS قوی شده و تا نزدیک $0/5$ ثانیه آشکارا دیده می شود. بنابراین به آسانی می توان عنوان کرد که نسبت سیگنال به نویز در مقطع برانبارش شده به روش CRS، از این نسبت در مقطع برانبارش شده به روش CDS بیشتر است.

با مقایسه مقطع دورافت صفر CDS با مقاطع CRS و CMP (شکل ۴-۱۹) می توان به این موضوع پی برد که روش CDS قادر است به خوبی مشکل تداخل شیب ها را حل نماید. در مقطع CDS (شکل ۴-۱۸)، انرژی مربوط به منحنی های پراش در سر تاسر مقطع به خوبی قابل مشاهده بوده و امتداد آنها به راحتی قابل ردیابی می باشد. همچنین از تصاویر به راحتی تشخیص است که در این مقطع، پدیده های بازتابی دارای امتداد و پیوستگی بسیار خوب و قابل قبولی می باشند. این امر در پدیده های مربوط به زمانهای بالا به شکل واضحی به چشم می خورد.



شکل ۴-۱۹، مقایسه مقاطع CDS ، CRS و CMP در محل مواجهه با مشکل تداخل شیب ها.

از CDP ۸۰۰ تا انتهای مقطع در سمت راست بین زمانهای ۳ تا ۶ ثانیه پدیده های بازتابی که از لایه های گوه ای شکل به سمت مرکز تصویر حکایت می کند با وضوح و جزئیات بسیار بیشتری از مقاطع قبلی به تصویر کشیده شده اند و با توجه به تفکیک انرژی پراشها در این ناحیه انتظار می رود مقطع حاصل از کوچ CDS به راحتی قادر باشد لایه های مذکور را به تصویر بکشد . همچنین گسل خوردگی موجود در این ناحیه بین CDP ۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰ در تصویر حاصل از CDS قابل تشخیص و رد یابی می باشد که با انجام کوچ انتظار به تصویر کشیدن این پدیده نیز امری بدیهی به نظر می رسد.

مساله قابل توجه دیگر بالا بودن کیفیت جانبی تصویر حاصله از CDS می باشد . گسل ها و شکستگی ها و همچنین مرز ناپیوستگی با کیفیت بسیار بالاتری از دو مقطع CRS و CMP به تصویر کشیده شده اند . گسل خوردگی های موجود در زمانهای اولیه در نزدیکی CDP های ۲۰۰ ، ۸۰۰ که به عمق نیز نفوذ کرده اند و همچنین دیگر شکستگی و گسل خوردگی های موجود در قسمت پیوسته سطحی که موجبات قطع این پیوستگی را در این ناحیه فراهم ساخته اند از دیگر نکات مثبت مشاهده شده در مقطع CDP می باشد که ارجعیت استفاده از این روش در مواقع مواجهه با مناطق پر ابهام را فراهم می سازد .

فصل پنجم

پردازش داده های منطقه ای از ایران با ساختاری پیچیده

بعد از اعمال روش های نوین برانبارش داده های لرزه ای (CRS, CDS) بر روی داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده ای که در اثر بالا راندگی حاصل از گلفشان به وجود آمده بود، و رفع بسیاری از مشکلات و ایجاد تصویری با کیفیت بالاتر و وضوح بیشتر، تصمیم بر آن گرفتیم که روش های مذکور را بر روی داده های دیگری با ساختاری پیچیده و متفاوت، به کار برده و نحوه تاثیر این روش ها را بر روی اینگونه ساختارها ارزیابی نماییم. داده های مذکور مربوط به ساختار یک روراندگی در جنوب غربی کشور می باشد. یک خط برداشت دو بعدی از ناحیه مذکور که دارای توپوگرافی بسیار شدیدی می باشد، انتخاب، و مراحل مختلف پردازش به روش متداول و همچنین روش سطح بازتاب مشترک بر روی این داده ها اعمال گردید. در این فصل به بررسی نتایج حاصل از روش های مذکور و مقایسه آنها با یکدیگر خواهیم پرداخت.

۵-۱ مشخصات برداشت

عملیات برداشت لرزه نگاری به منظور کسب اطلاع از یک ساختار چین خورده شدید، توسط چند خط برداشت دوبعدی به انجام رسیده است که در اینجا ما به پردازش یکی از خطوط مذکور خواهیم

پرداخت. وجود روراندگی، چین خوردگی شدید و همچنین توپوگرافی شدید منطقه موجبات مواجهه با یک ساختار پیچیده را در مقطع مورد نظر، فراهم ساخته است. طول خط مورد نظر در حدود ۲۴ کیلومتر می باشد. در این خط ۴۰۳ انفجار به انجام رسیده که در انفجار ابتدایی ۱۵۳ کانال گیرنده در گیر بوده و با حرکت انفجار به سمت وسط تعداد کانالها دوتا دوتا اضافه شده تا بعد از ۸۰ انفجار به مقدار حد اکثر خود یعنی ۳۰۴ کانال برسد. در قسمت انتهایی نیز دو باره تعداد کانال ها به ۱۵۳ تقلیل می یابد. دورافت برای انفجار های مذکور در دامنه بین ۴۵۴۵ - تا ۴۵۴۵ متر قرار گرفته است. گیرنده ها با فاصله ۳۰ متری از یکدیگر در طول لاین چیده شده اند در حالی که فاصله نقاط انفجار از یکدیگر ۶۰ متر است. مشخصات هندسی بالا موجبات ایجاد ماکسیموم فولد ۷۹ را در ۱۶۱۸ نقطه میانی مشترک در نظر گرفته شده در طول این خط برداشت، فراهم می آورد. این بدان معنا است که ما به ازای هر CMP، ماکسیموم ۷۹ اثر در این داده ها خواهیم داشت. توزیع فولد و دورافت در این خط برداشت در شکل ۵-۱ نشان داده شده است.

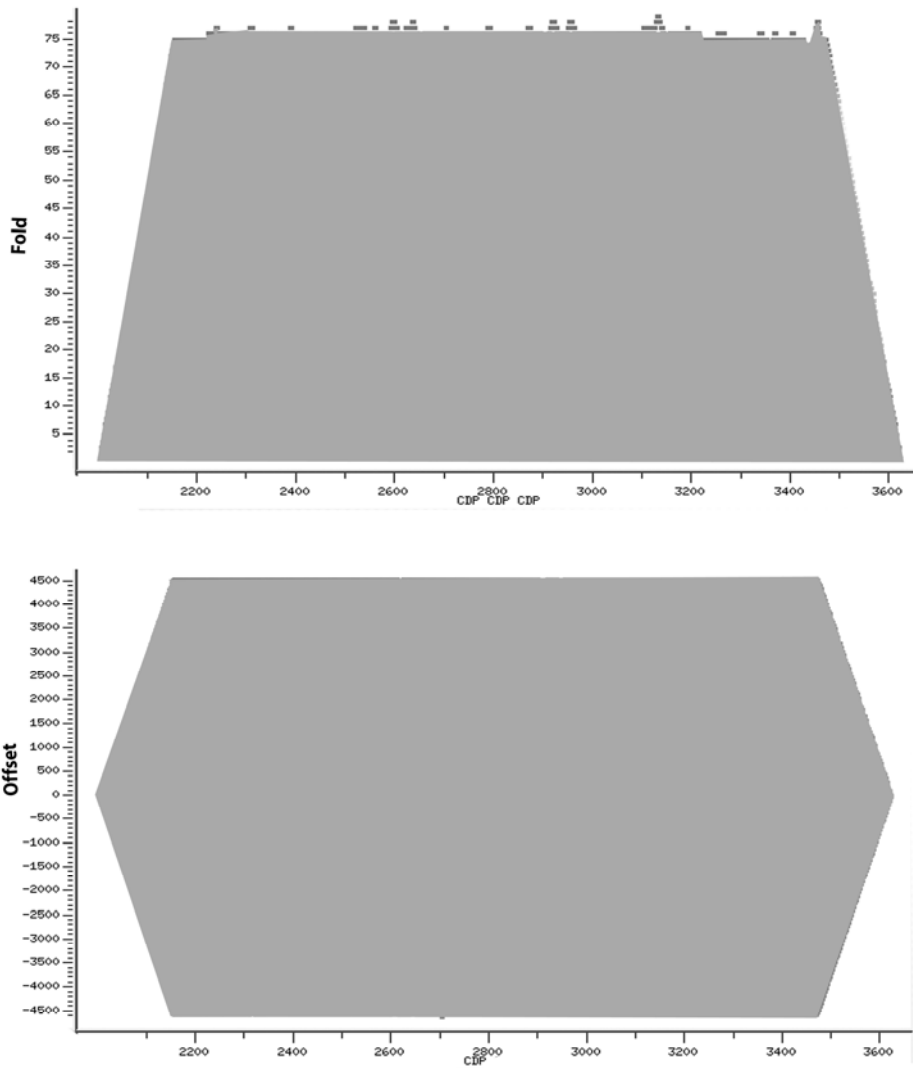
جدول ۵-۱، پارامترهای هندسی مربوط به برداشت داده های مربوط به ساختار پیچیده.

هندسه نقطه میانی و دورافت	
۱۶۱۸	تعداد شبکه CMP
۷۹	حداکثر فولد CMP
۱۵	فاصله بین شبکه CMP
۴۵۴۵ تا ۴۵۴۵ -	بازه دورافت

هندسه چشمه و گیرنده	
۴۰۳	تعداد چشمه ها
۶۰ متر	فاصله چشمه ها
۸۰۹	تعداد گیرنده ها
۳۰ متر	فاصله گیرنده ها

محتوای فرکانس	
۸ تا ۱۰۰ هرتز	فرکانس
۳۰ هرتز	فرکانس قالب

پارامترهای ثبت	
۷ ثانیه	زمان ثبت
۲ میلی ثانیه	فاصله نمونه برداری



شکل ۵-۱، توزیع فولد و دورافت در نقاط میانی مشترک برداشت دوبعدی ساختار پیچیده.

۵-۲ پیش پردازش

به منظور بالا بردن نسبت سیگنال به نویز و تهیه داده های مورد نیاز جهت انجام مرحله برانبارش، مراحل مقدماتی پردازش داده های لرزه ای را با استفاده از نرم افزار ProMax به انجام رساندیم. این کار در وحله اول با تطبیق دادن کردن موقعیت هندسی نقاط انفجار و گیرنده ها و تعریف ارتباط بین هر انفجار با گیرنده های درگیر (Applying Geometry) آغاز شد. در این مرحله با تعریف بین های CMP (CMP Bin) اثرها مربوط به هر CMP را مشخص نمودیم. کار را با ویرایش اثر

ها ادامه دادیم در این قسمت به حذف اثر های نویزی و فاقد سیگنال^۱ پرداختیم. همچنین اثر های دارای پلاریتی معکوس را نیز تصحیح نمودیم. سپس به تصحیح استاتیک داده های مذکور پرداخته و اثر ارتفاع و لایه های هوازده را از روی داده های مذکور حذف نمودیم تا داده ها هم سطح گردند. برای انجام تصحیح استاتیک با نرم افزار اولین پیک های ثبت شده^۲ را توسط نرم افزار پیک کرده، و با داده های مذکور محاسبات رفرکشن استاتیک^۳ را انجام داده و بر روی داده ها اعمال نمودیم. سپس با انجام آنالیز طیف فرکانس و همچنین انجام آنالیز داده ها در حوضه F_K نویز های موجود در داده ها را شناسایی کردیم. حذف امواج سطحی^۴ از جمله کارهای انجام شده در این مرحله بود. با بهره گیری از فیلتر های میانگذر (۶۰-۵۰-۱۲-۸) و خطی نسبت سیگنال به نویز را تا اندازه قابل قبولی بهبود بخشیدیم. در مرحله بعدی به با استفاده از روش True Amplitude Recovery کاهش دامنه ناشی از پیشرفت موج در زمین را بهبود بخشیدیم. سپس با حذف کردن قسمت بالایی داده ها که مربوط به امواج انکساری و مستقیم بود داده ها را بر اساس CMP دسته بندی کردیم. مرحله بعدی مرحله انجام دیکانولوشن برای بازیابی پدیده های فرکانس بالا و بالا بردن وضوح تصویر عمودی بود. طول اپراتور مورد استفاده در این مرحله ۱۰۰ ms با 1% Prewhitening بود. داده های خروجی از مراحل مذکور، داده های ورودی برای برانبارش به هر یک از روش های CRS, NMO می باشند.

۳-۵ پردازش به روش مرسوم

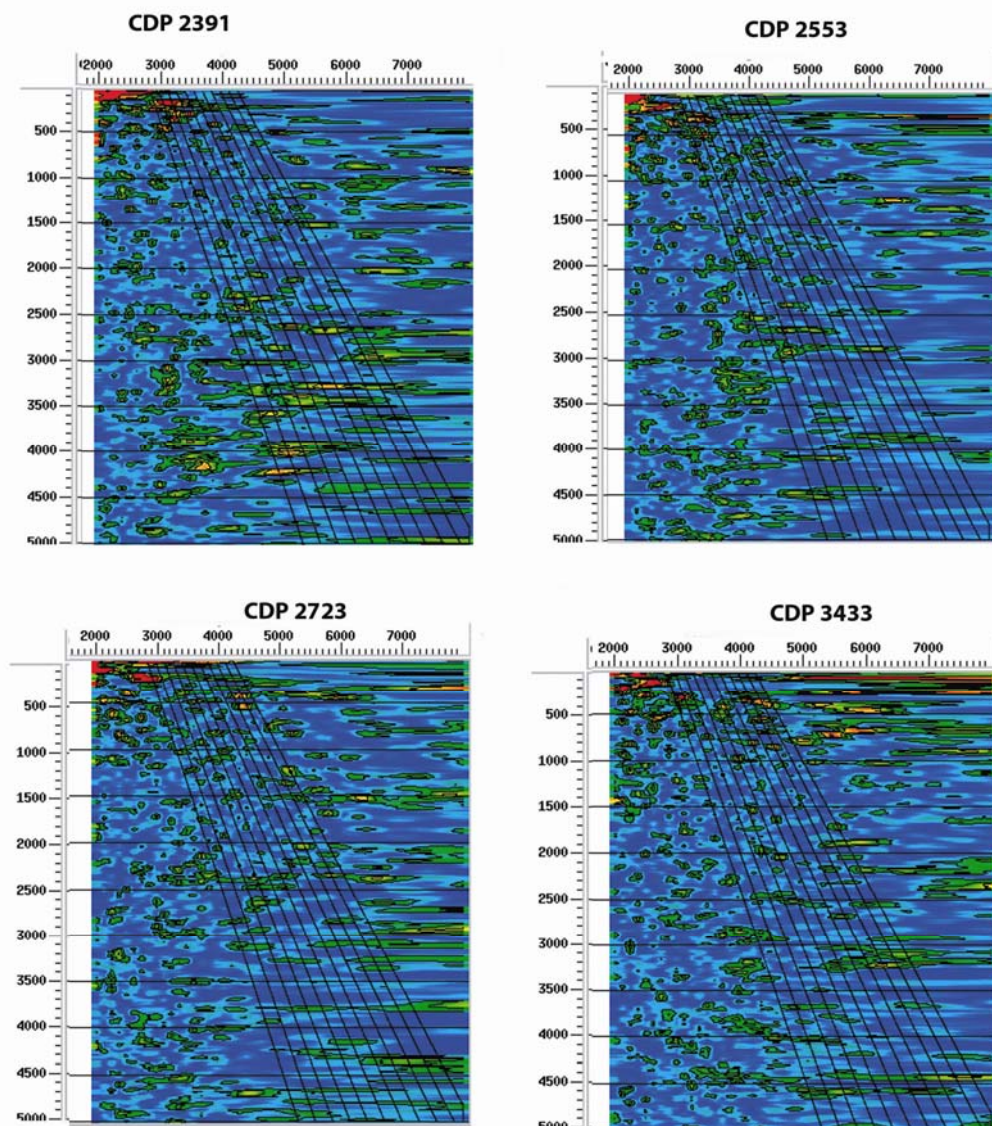
همانطور که در فصل دوم به آن اشاره شد، در روش متداول پردازش داده های لرزه ای برای بدست آوردن مقطع دورافت صفر یا ZO به سرعت برانبارش نیازمندیم. از این رو آنالیز سرعت را می توان اساسی ترین مرحله پردازش به روش متداول تلقی کرد. در این مرحله ما آنالیز سرعت را برای داده های خروجی از مراحل پیش پردازش به انجام رساندیم. بازه انتخاب شده برای آنالیز سرعت

¹ - Dead trace

² - First Break

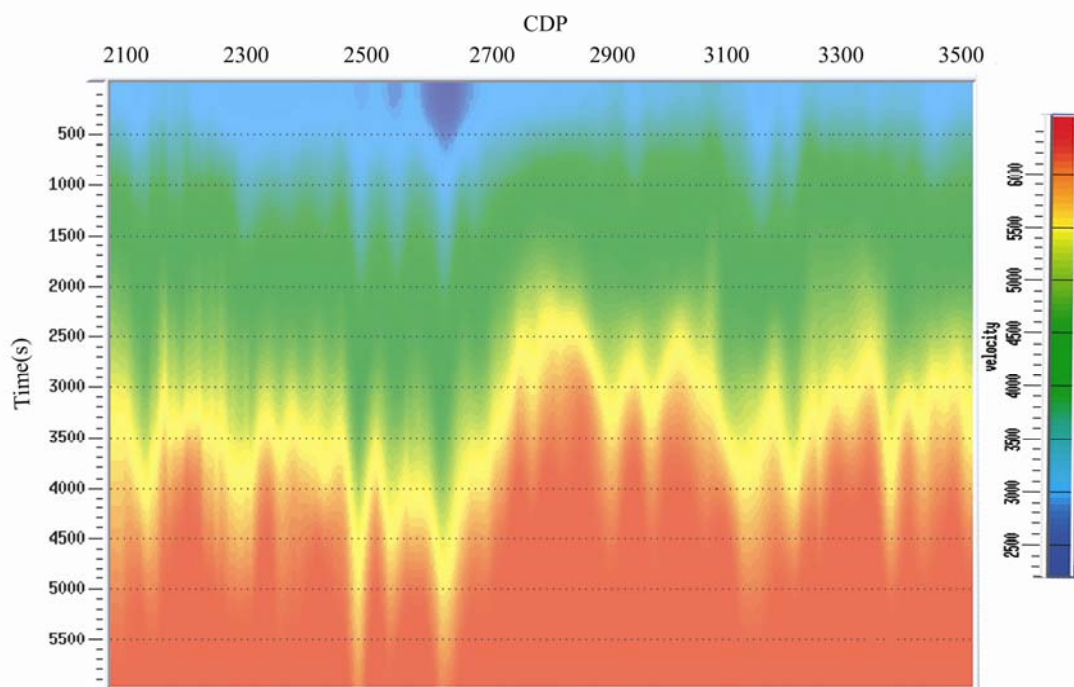
³ -Refraction Static

⁴ -Groundroll

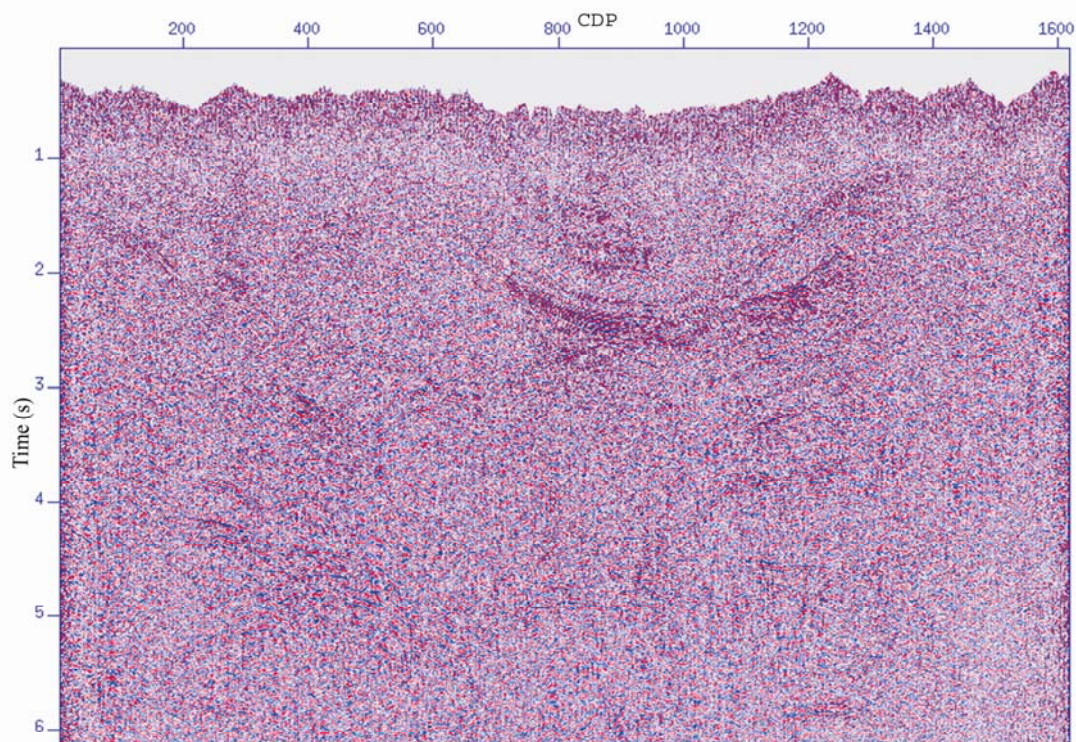


شکل ۵-۲، آنالیز سرعت به ازای هر ۲۰ نقطه میانی مشترک برای خط برداشت دوبعدی ساختار پیچیده همانطور که مشاهده می شود به دلیل پیچیده بودن ناحیه مذکور سرعت بازتابنده ها به خوبی قابل تشخیص نمی باشد.

در این مرحله ۲۰ CMP انتخاب شد. همانطور که در شکل ۵-۲ مشاهده می شود به دلیل پیچیده بودن ساختار ناحیه مذکور طیف سرعت حاصله دارای سرعت های متمایز و واضح که بیانگر لایه های بازتابنده باشد، نیست و این امر انتخاب سرعت مناسب را با مشکلات فراوانی مواجه نمود. انجام تصحیح NMO، انجام مرحله تصحیح استاتیک باقی مانده، آنالیز سرعت مجدد،



شکل ۳-۵، مدل سرعت بدست آمده از آنالیز سرعت در پردازش به روش مرسوم مربوط به داده های دو بعدی ساختار پیچیده.



شکل ۴-۵، مقطع دورافت صفر حاصل از پردازش به روش مرسوم، مقطع دوبعدی مربوط به ساختار پیچیده.

انجام دوباره تصحیح NMO و برانبارش از جمله مراحل بود که جهت حصول مقطع دورافت صفر با کیفیت مناسب به انجام رسید. شکل ۳-۵ مدل سرعت استفاده شده جهت تهیه مقطع ZO حاصله از پردازش به روش مرسوم و شکل ۴-۵ مقطع ZO حاصل از آن را نشان می دهد.

۴-۵ پردازش به روش CRS

همانگونه که در فصل ۳ به آن اشاره شد در پردازش به روش CRS باید سه نشانگر جنبشی میدان موج را پیدا کرد. جستجوی سه پارامتری یک فرایند وقتگیر و پرهزینه می باشد بنابراین برای یافتن این سه مشخصه ما از سه جستجوی تک پارامتری (Man 2002) شرح داده شده در فصل سوم استفاده کردیم. تعیین پارامترهای مناسب جهت عملیات جستجو امری بسیار مهم در پردازش به روش CRS می باشد. پارامترهای مورد استفاده در پردازش CRS این داده ها در جدول ۲-۵ نشان داده شده اند. یکی از مهمترین پارامترها بازه دورافت صفر می باشد. به روشی که در فصل گذشته برای تعیین این بازه برای داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده اشاره کردیم، بازه ۷۰۰ را برای داده های ساختار پیچیده مورد استفاده در این فصل انتخاب نمودیم.

انتخاب سرعت اولیه نیز با کمک اطلاعات مربوط به تست Uphole که همراه با داده های نفت از شرکت ملی نفت ایران تهیه شده بود، انتخاب شد. سرعت لایه های سطحی در این ناحیه نسبتاً زیاد بود و میانگین آن یعنی عدد ۲۰۰۰ متر بر ثانیه، سرعت اولیه ما در پردازش CRS بود.

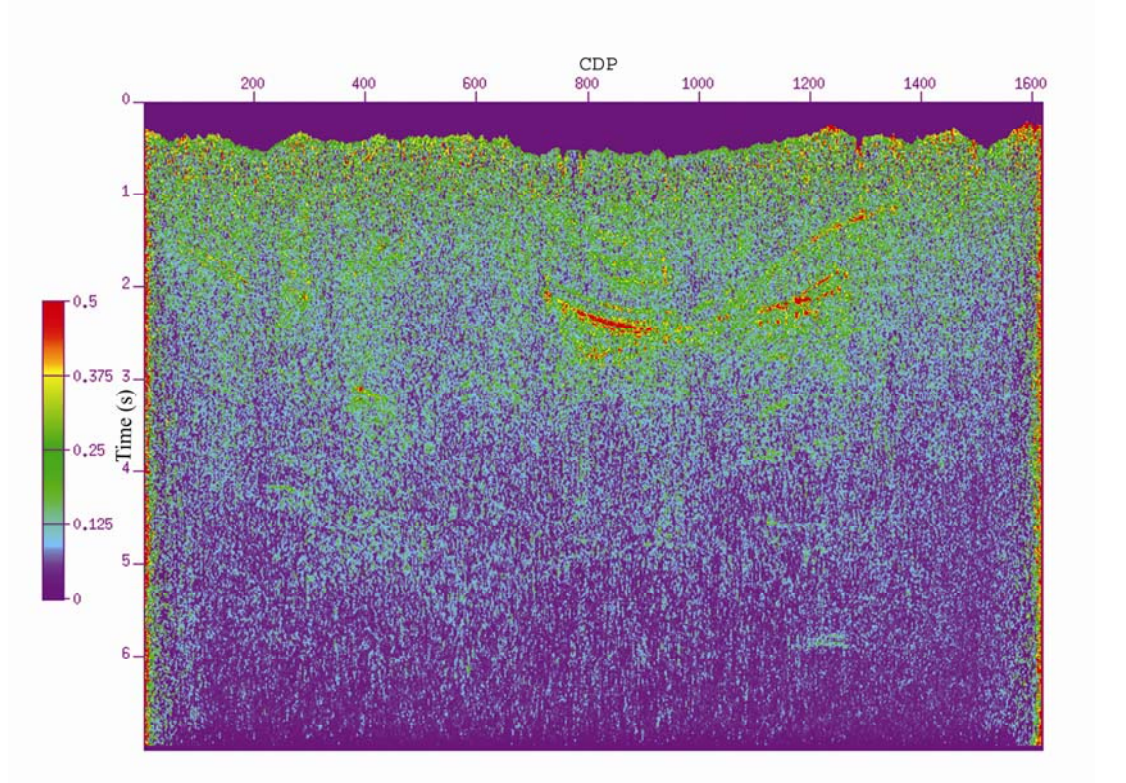
پردازش داده های ساختار پیچیده مذکور طی سه مرحله، مرحله اول برانبارش خودکار CMP، مرحله دوم جستجوی مقادیر اولیه نشانگرهای جنبشی میدان موج و برانبارش CRS با استفاده از مشخصه های مذکور و در نهایت مرحله سوم بهینه سازی نشانگرهای حاصله از مرحله دوم به کمک الگوریتم بهینه سازی چندوجهی، به انجام رسید که در ادامه به بررسی نتایج حاصل از این مراحل می پردازیم.

جدول ۵-۲ پارامترهای پردازش برای شبیه‌سازی مقطع دورافت صفر داده‌های مربوط به ساختار پیچیده.

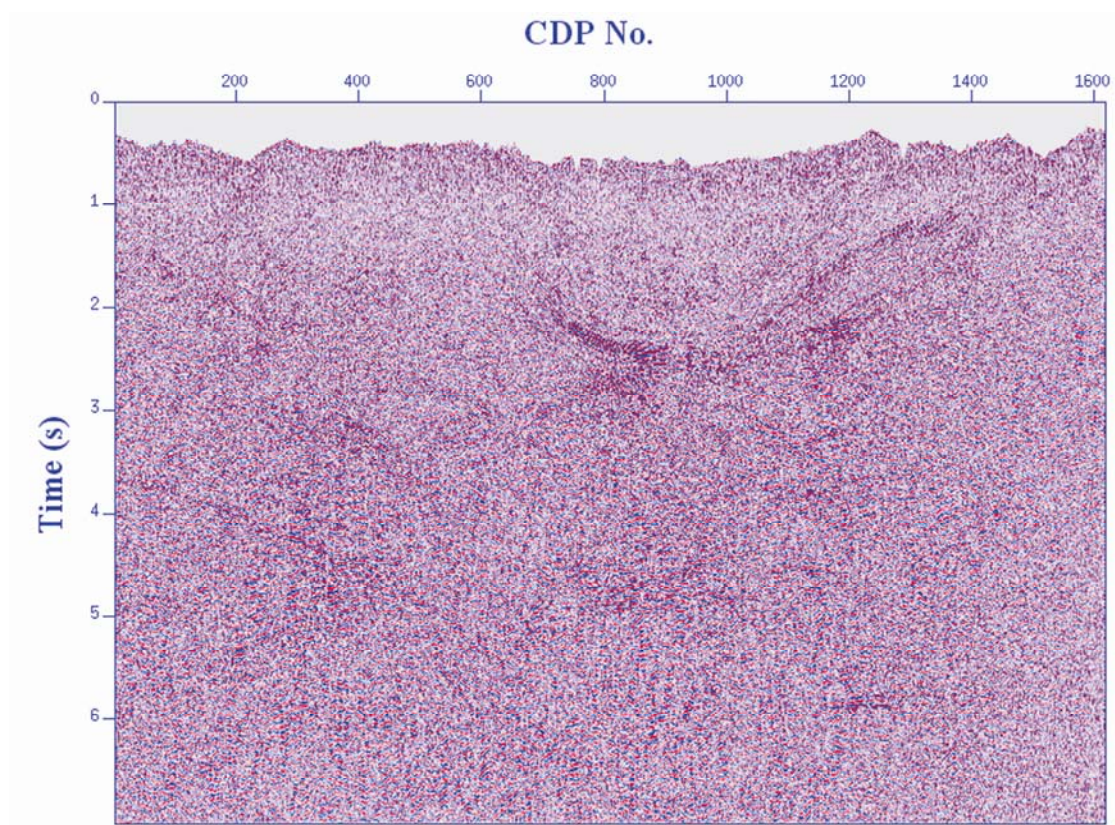
مقدار	پارامتر پردازش	نوع پارامتر
۳۰ هرتز	فرکانس غالب	پارامترهای عمومی
شبیه بودن	معیار همدوسی	
رده‌های اصلی	داده‌های مورد استفاده در آنالیز همدوسی	
۵۶ میلی ثانیه	عرض نوار همدوسی	
۲۰۰۰ متر بر ثانیه	سرعت نزدیک سطح	سرعت و مرزهای جستجوی سرعت بهینه
۲۰۰۰ تا ۷۰۰۰ متر بر ثانیه	سرعت برانبارش تحت جستجو	
۰ تا ۷ ثانیه	زمان سیر شبیه‌سازی شده در ZO	منطقه هدف
۴ میلی ثانیه	فاصله نمونه برداری در شبیه‌سازی	
۱۶۱۸	تعداد رده‌های شبیه‌سازی شده در ZO	
۱۵ متر	فاصله بین رده‌ها در شبیه‌سازی ZO	
۵۰ متر در ۰/۱ ثانیه	حداقل بازه ZO	بازه جستجوی بین رده‌ها
۷۰۰ متر در ۷ ثانیه	حداکثر بازه ZO	
۱۵ متر در ۰/۱ ثانیه	حداقل بازه CMP	
۴۵۰۰ متر در ۷ ثانیه	حداکثر بازه CMP	
۳۰٪	ابعاد تعمیم بازه	
۴ میلی ثانیه	اولین برونراند نرمال برای بزرگترین دورافت	برانبارش خودکار CMP
۳	تعداد مراتب کاهش ابعاد شبکه	
-۶۰ تا +۶۰ درجه	بازه زاویه مورد جستجو	جستجوی خطی ZO
۱ درجه	گام بین زاویه‌های مورد جستجو	
۳	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	
۴ میلی ثانیه	اولین برونراند برای بزرگترین فاصله ZO	جستجوی هذلولوی ZO
۳	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	
۴ میلی ثانیه	اولین برونراند نرمال برای بزرگترین دورافت	جستجوی هذلولوی در CS/CR
۳	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو	
۰/۰۵	آستانه همدوسی برای کمترین زمان سیر	بهینه‌سازی محلی
۰/۰۲	آستانه همدوسی برای بزرگترین زمان سیر	
۱۰۰	حداکثر تعداد تکرار در جستجو	
10^{-4}	حداکثر انحراف نسبی برای توقف جستجو	
۶ درجه	تغییرات اولیه در زوایای ورودی	
۵٪	تغییرات اولیه برای RNIP	
۶ درجه	تغییرات اولیه برای RN تبدیل یافته	
۱۰۰ متر	تبدیل شعاع برای RN	

۵-۴-۱ برانبارش خودکار CMP

اولین گام در پردازش CRS برانبارش خودکار CMP می باشد. در این مرحله با در نظر گرفتن بازه CMP که یک بازه خطی از زمان ۱/ تا ۷ ثانیه می باشد، به صورت اتوماتیک بهترین همدوسی و بهترین سرعت برانبارش انتخاب می شوند. به منظور انتخاب سرعت مناسب با در نظر گرفتن یک مدل اولیه ساده شامل سرعت اولیه (۲۰۰۰)، سرعت متوسط (۴۰۰۰) و سرعت انتهایی (۷۰۰۰) متر بر ثانیه، انتخاب اتوماتیک سرعت و در نهایت برانبارش اتوماتیک CMP به انجام رسید. شکل ۵-۵ و ۶-۵ به ترتیب مقطع همدوسی مربوط به این مرحله و همچنین مقطع ZO حاصل از برانبارش اتوماتیک مذکور را نشان می دهد. همانطور که در تصویر مشاهده می شود آشفتگی و عدم پیوستگی و همچنین اعوجاج در قسمت هایی که انرژی به اندازه کافی نبوده از ویژگی های بارز این مقطع می باشد. همانطور که پیشتر به آن اشاره کردیم مقطع مورد نظر دارای ساختاری پیچیده می باشد که این امر انتخاب سرعت مناسب برای برانبارش را با مشکل مواجه می کند. در برانبارش اتوماتیک CMP نیز شرایط بر همین منوال است و سرعت هایی که به صورت اتوماتیک نیز در این مرحله انتخاب شده از صحت و دقت کافی برخوردار نیستند. اما با وجود نسبت سیگنال به نویز نسبتاً پایین این مقاطع، در مقایسه با مقطع حاصل از پردازش به روش NMO، به تصویر کشیدن تقریباً تمام بازتابنده ها و منحنی های پراش موجود در مقطع NMO در مقاطع خروجی این مرحله، از خروجی های قابل قبول از مرحله اول برانبارش CRS حکایت می کند. نکته قابل توجه در پردازش به روش CRS این است که پارامترهای به دست آمده از مرحله اول طی مراحل بعدی بهینه خواهند شد بنابر این کیفیت پایین مقطع حاصل از این مرحله نگران کننده نبوده، و مقاطع حاصل از مراحل بعدی نسبت سیگنال به نویز به مراتب بیشتری خواهند داشت. خروجی های به دست آمده از مرحله اول، ورودی مرحله بعدی پردازش به روش CRS می باشند.



شکل ۵-۵، مقطع همدوسی مربوط به داده های ساختار پیچیده در مرحله برانبارش اتوماتیک CMP.

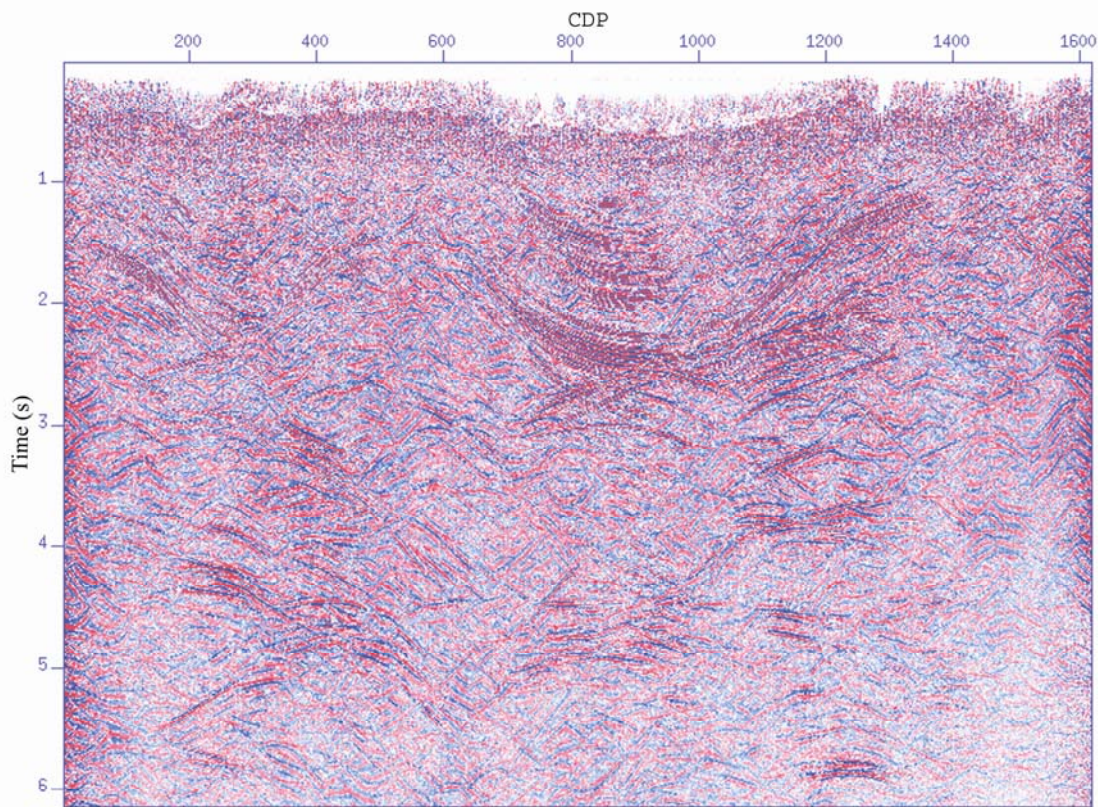


شکل ۵-۶، مقطع دورافت صفر حاصل از برانبارش اتوماتیک CMP مربوط به داده های ساختار پیچیده.

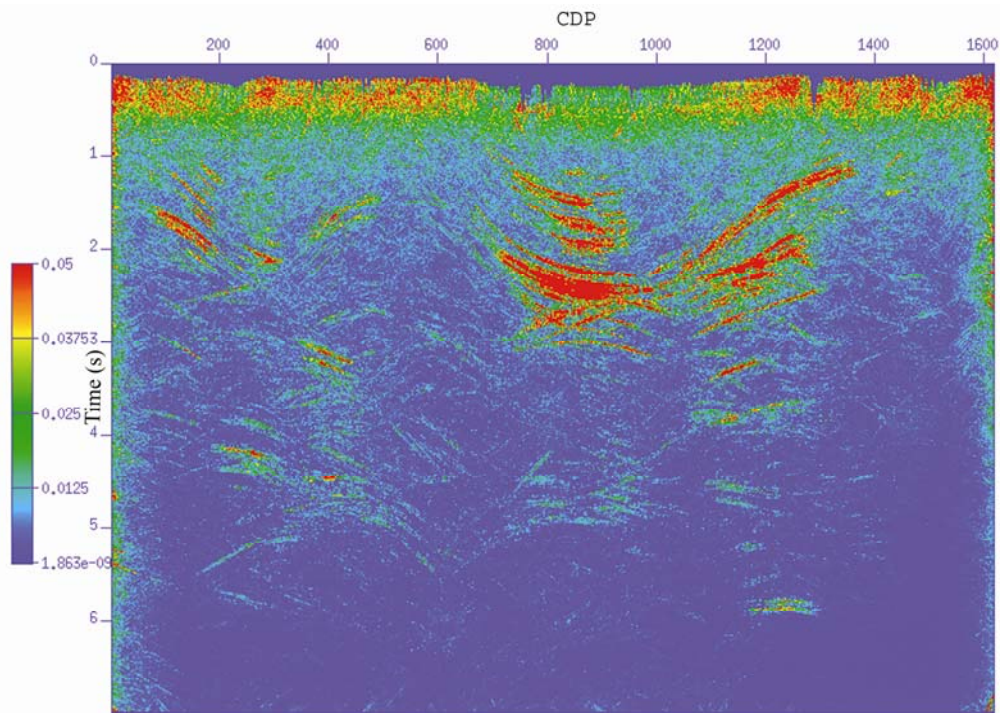
۴-۲ برانبارش خودکار CRS

همانطور که در فصل سوم اشاره شد بعد از مرحله برانبارش اتوماتیک با استفاده از خروجی این مرحله باید به جستجوی پارامترهای سه گانه CRS پردازیم. این جستجو در دو مرحله به انجام می رسد. در مرحله اول با استراتژی اشاره شده در فصل سه مقادیر اولیه ای برای این سه پارامتر در نظر گرفته می شود. در مرحله دوم با یک الگوریتم بهینه سازی مقادیر بهینه این پارامترها تعیین شده و برانبارش CRS با استفاده از این پارامترها به انجام می رسد. شکل ۵-۷ مقطع ZO حاصل از برانبارش CRS را نشان می دهد. در مقایسه با مقطع CMP مقطع حاصله از CRS به شکل واضحی دارای نسبت سیگنال به نویز بالاتری بوده و تصویر حاصله از آن دارای کیفیت بالاتری می باشد. در قسمت بالایی مقطع، امتداد لایه های چین خورده در مقطع CRS پیوستگی بیشتری داشته و تعقیب امتداد لایه بندی در آن بسیار آسانتر می باشد. همچنین در قسمت های پایینی که نسبت سیگنال به نویز بسیار پایین است وقایع بازتابی ضعیفی که در مقطع CMP در برخی مواقع به چشم می خورد، در مقطع CRS به شکل واضحتر و با پیوستگی بیشتری آشکارسازی شدند.

در پردازش به روش CRS علاوه بر مقطع ZO، پارامترهای CRS نیز خود دارای مقاطعی بوده که هر کدام به گونه ای نمایانگر تصویری از سطوح بازتابی و لایه ها می باشند. شکل ۵-۸ نمایانگر مقطع همدوسی سمبلانس CRS می باشد. همانطور که مشاهده می کنید قسمت بالایی مقطع که در آن روند چین خوردگی لایه هدف به چشم می خورد، مقادیر بالایی از همدوسی را به خود اختصاص داده در حالی که در قسمت های پایین روند چین خوردگی، این مقادیر به شدت کاهش می یابد. همانطور که مشاهده می کنید، این مقطع شکل لایه بندی و سطوح بازتابنده را به خوبی به تصویر کشیده است. به دلیل وجود مقدار بسیار زیاد نویز زمینه در این داده ها، میزان همدوسی حداکثر در این مقطع بین صفر تا ۰/۰۵ تغییر می کند. علت پایین بودن مقدار همدوسی پیچیده بودن ساختار مذکور می باشد. احتمال وجود تغییر جانبی سرعت می تواند یکی از دلایل این آشفتگی ها باشد.



شکل ۵-۷، مقطع دورافت صفر حاصل از برآینارش CRS داده های ساختار پیچیده.



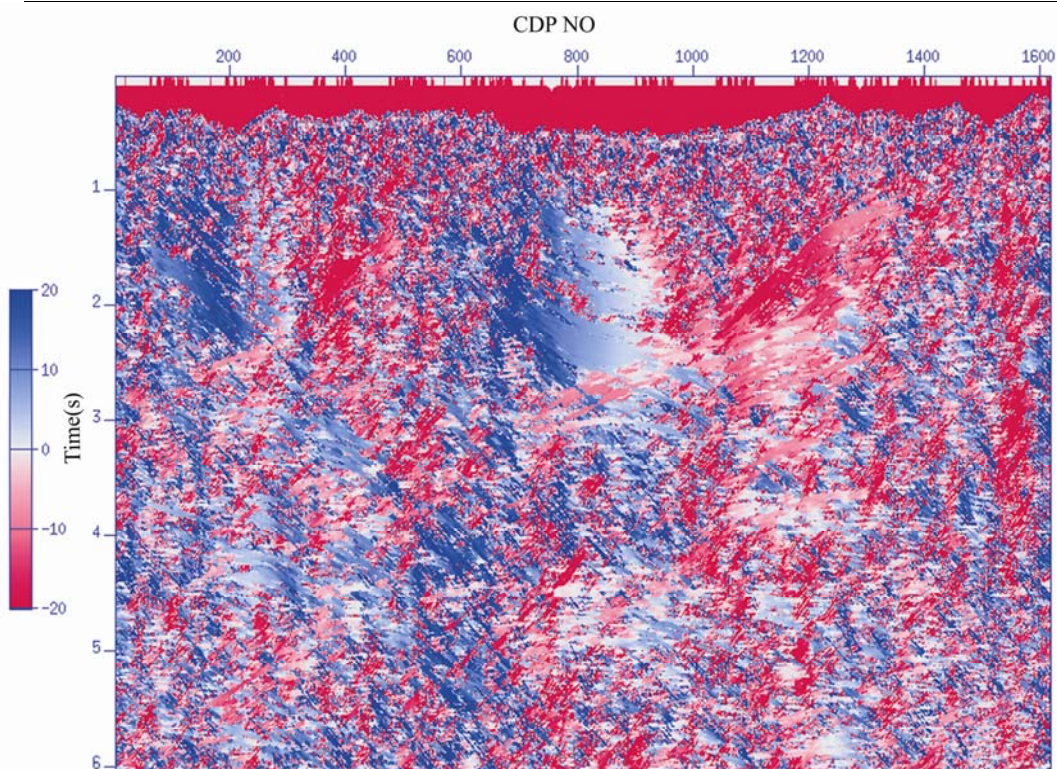
شکل ۵-۸، مقطع همدوسی سمبلانس CRS، داده های مربوط به ساختار پیچیده.

البته لازم به ذکر است که نه برای مقادیر مختلف بازه و نه برای داده های مختلف، مقادیر همدوسی قابل مقایسه با یکدیگر نمی باشند.

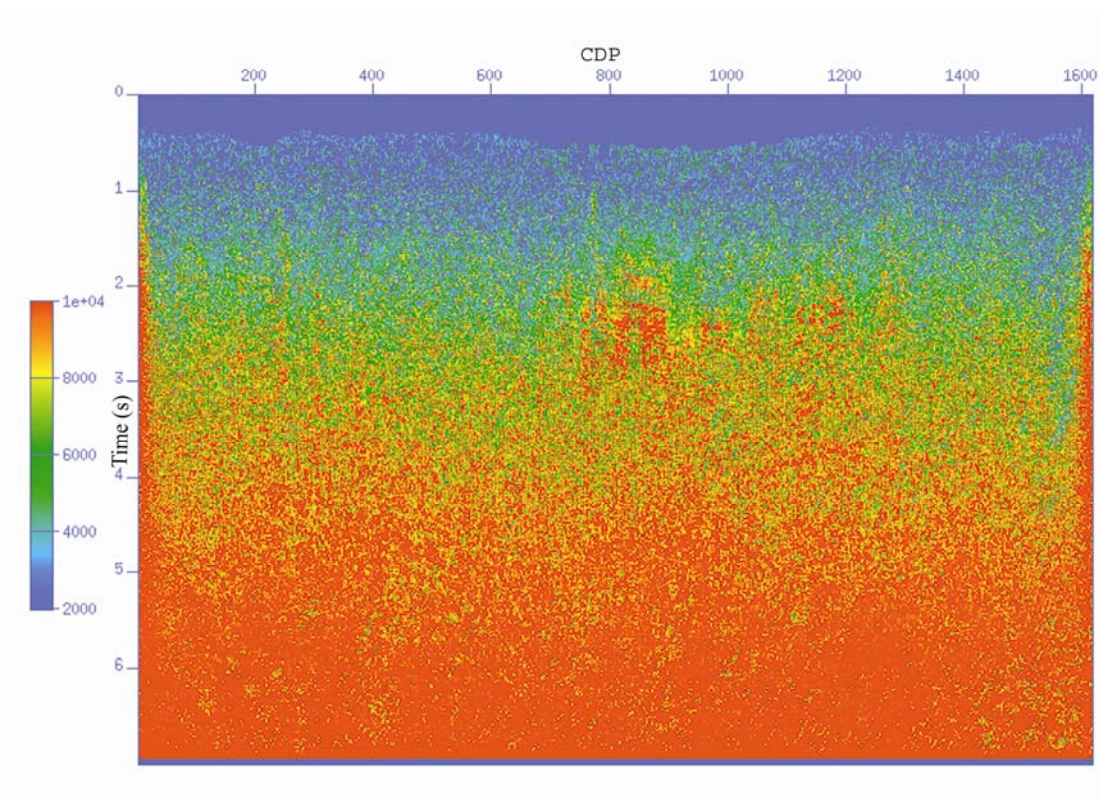
شکل ۵-۹ نیز مقطع زاویه را نشان می دهد. همانگونه که انتظار می رود، زاویه ورود برای رخدادهای افقی برابر صفر درجه است (رنگ سفید). ولی مقادیر منفی و مثبت در زوایای ورود نشان دهنده جهت ورود پرتوی مرکزی به سطح است. با توجه به رابطه مستقیم بین زاویه ورود و شیب رخداد در مقطع دورافت صفر، همخوانی این مقطع با رخدادهای بازتابی به خوبی مشخص می شود. همانطور که در شکل مشاهده می شود روند مثبت و منفی چین خوردگی در قسمت بالایی مقطع به خوی توسط مشخصه زاویه تصویر سازی شده است دو طرف هر طاقدیس توسط یک یال قرمز و یک یال آبی احاطه شده است.

شکل ۵-۱۰ بیانگر شعاع انحنای جبهه موج عمود در نقطه ورود، R_{NIP} ، است. به عنوان یک اصل، با افزایش زمان سیر یا افزایش عمق، میزان R_{NIP} نیز به صورت پیوسته افزایش پیدا می کند. در داده های مذکور به دلیل پیچیدگی ساختار مقادیر R_{NIP} بیانگر عمق واقعی پدیده ها نمی باشد. عمق واقعی با انجام کوچ در حوضه عمق تصویرسازی خواهد شد. اما همانطور که مشاهده می کنید روند افزایش مقادیر R_{NIP} با افزایش عمق در داده های مذکور مشهود می باشد.

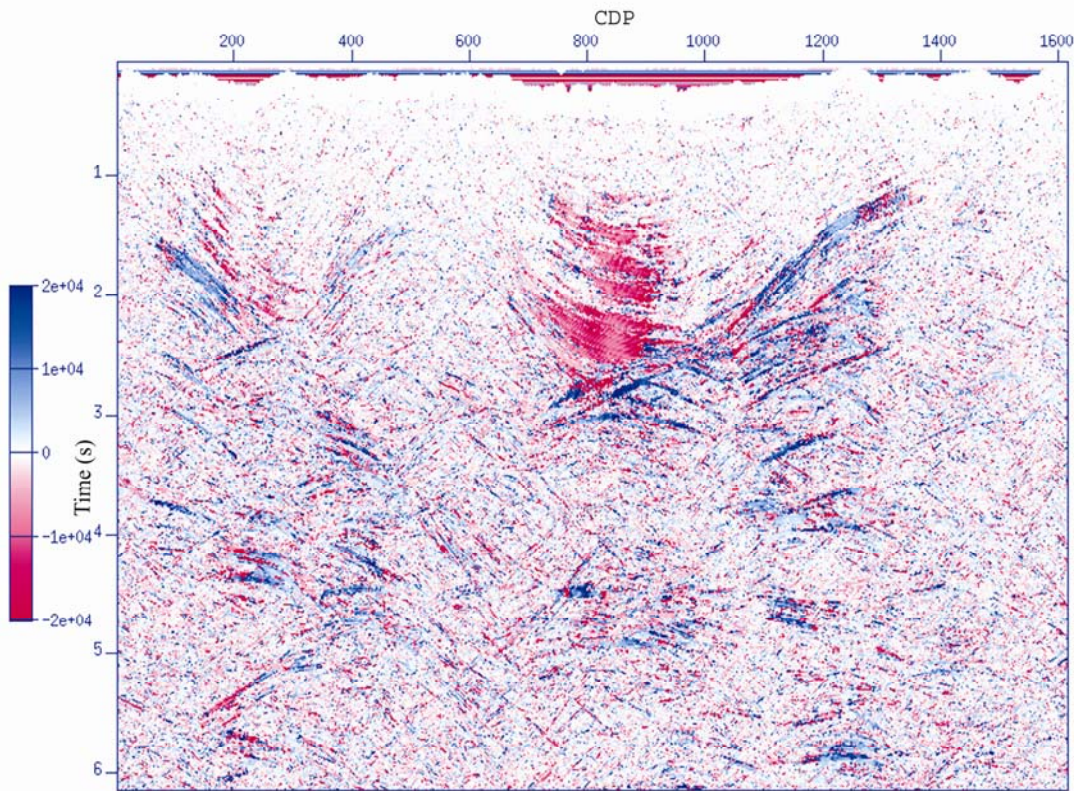
شعاع انحنای جبهه موج عمود (R_N) در شکل ۵-۱۱ نشان داده شده است. مقدار بهینه R_N در ارتباط با شعاع انحنای بازتابنده در مقطع دورافت صفر در عمق می باشد. برای نشان دادن و تفسیر بهتر مقدار شعاع انحنای بازتابنده، از مقدار عکس شعاع موج نرمال، $1/R_N$ ، استفاده می شود. زیرا که مقدار شعاع انحنای بازتابنده های مسطح، برابر بی نهایت خواهد شد که طبیعتاً نشان دادن این مقدار در مقطع غیرممکن خواهد بود، ولی مقدار عکس آن برابر صفر خواهد شد که برای نشان دادن در مقطع مناسب تر می باشد. بنابراین مقدار $1/R_N$ برای بازتابنده های مسطح، برابر صفر خواهد شد. مقدار مثبت و منفی در این مقطع نیز به ترتیب در ارتباط با برآمدگی و فرورفتگی در بازتابنده می باشد.



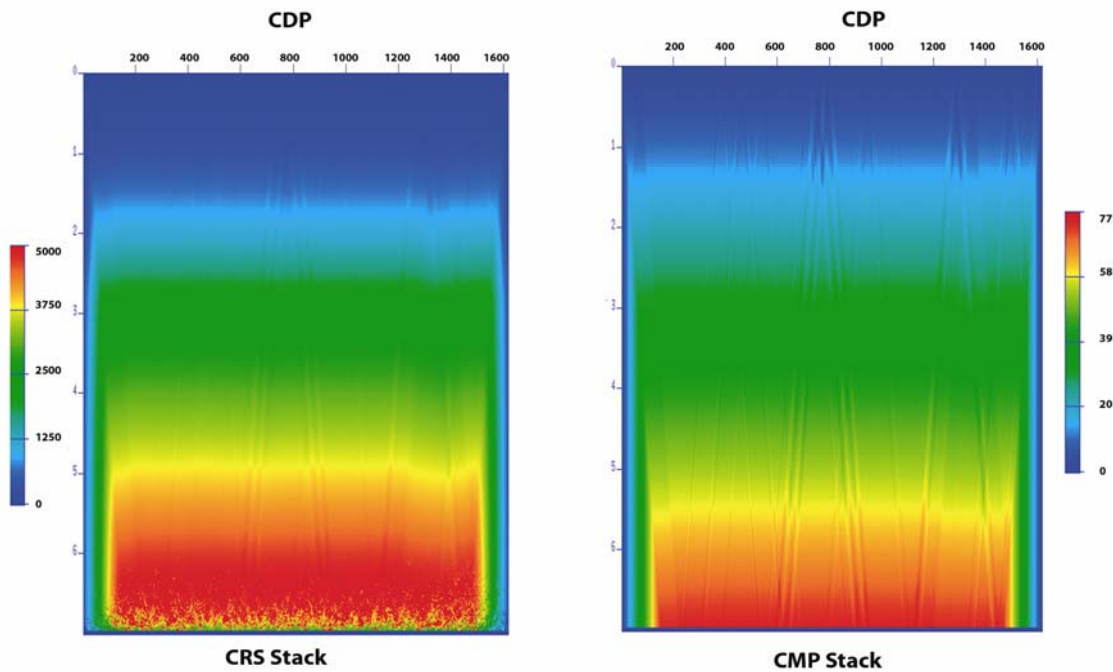
شکل ۵-۹، مقطع زاویه (α) حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار پیچیده .



شکل ۵-۱۰، مقطع R_{NIP} حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار پیچیده.



شکل ۵-۱۱، مقطع R_N حاصل از پردازش CRS داده های مربوط به ساختار پیچیده



شکل ۵-۱۲، تعداد اثرهایی که در دوروش برانبارش CMP و CRS برای به تصویر کشیدن یک نقطه در مقطع ZO مورد استفاده قرار گرفته اند را نشان می دهد.

مقطع R_N به خوبی توانسته است شکل بازتابنده ها را به تصویر بکشد. همانطور که در تصویر مشاهده می کنید تصویر حاصل از چین خوردگی موجود در مقطع برانبارش با تمام جزئیات در این مقطع هم قابل مشاهده می باشد.

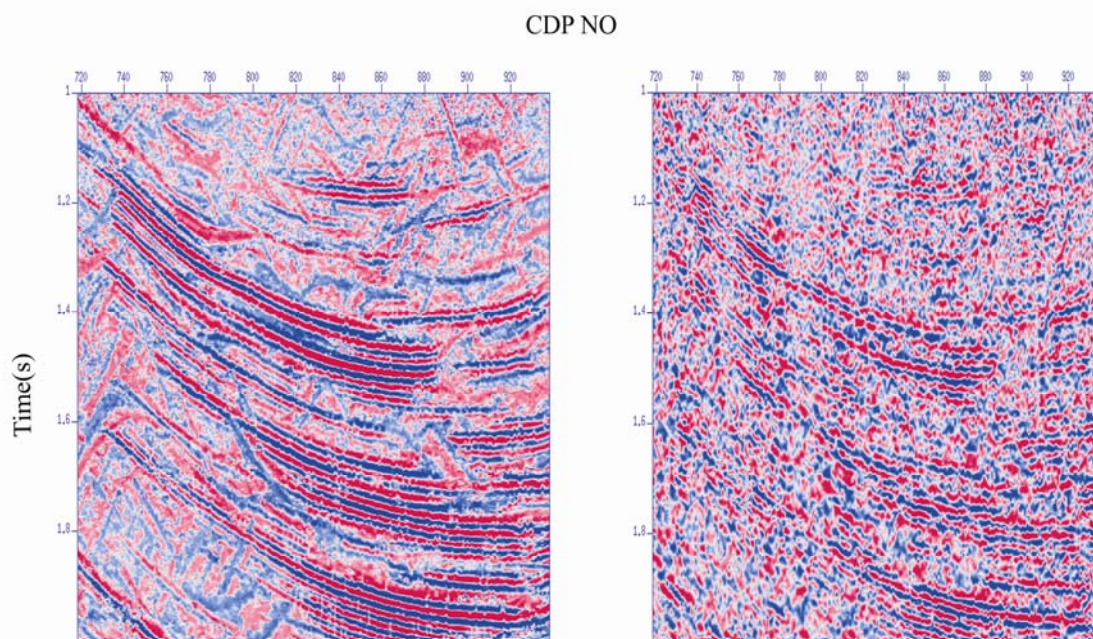
در نهایت شکل ۵-۱۲ تعداد اثر هایی که در دوروش برانبارش CMP و CRS برای به تصویر کشیدن یک نقطه در مقطع ZO مورد استفاده قرار گرفته اند را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می کنید اثر های استفاده شده در مقطع حاصله از روش CRS برای زمانهای انتهایی نزدیک به ۱۰۰ برابر اثر های استفاده شده در روش مرسوم می باشد که این امر منجر به بالا رفتن نسبت سیگنال به نویز در روش CRS می شود.

همانطور که در شکل های مذکور دیده می شود مقاطع حاصل از مشخصه های CRS هر یک به نوعی ساختار های زیر سطحی را در حوضه زمان به تصویر می کشند.

۵-۵ مقایسه مقطع CRS با مقطع CMP

همانطور که پیش از این نیز به آن اشاره کردیم، مقطع مذکور در این فصل مربوط به چین خوردگی های جنوب غربی ایران می باشد. این چین خوردگی ها حاصل فعالیت بین صفحه عربستان و ایران بوده که در نتیجه آن چین خوردگی هایی از شمال غرب به سمت جنوب شرقی ایران به وقوع پیوسته است. این چین خوردگی ها در برخی مناطق دارای شدت بسیار زیادی بوده و موجبات ایجاد شیب های شدید و رو راندگی هایی را در این نواحی فراهم ساخته است. مقطع مذکور در این فصل نیز از جمله این ساختار ها می باشد.

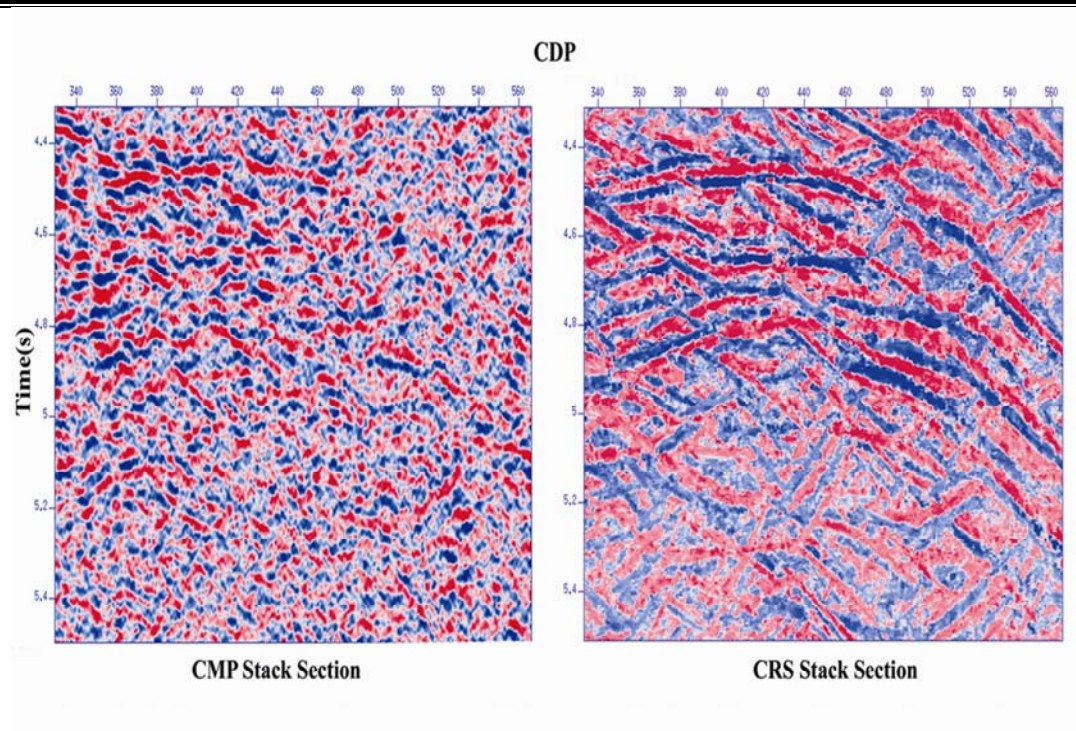
همانگونه که در تصاویر حاصل از پردازش به روش های CMP و CRS مشاهده کردیم، مقطع دورافت صفر حاصل از این داده ها دارای کیفیت قابل قبولی نبود و روند لایه بندی در زمانهای گوناگون به خوبی تصویر سازی نشده بود.



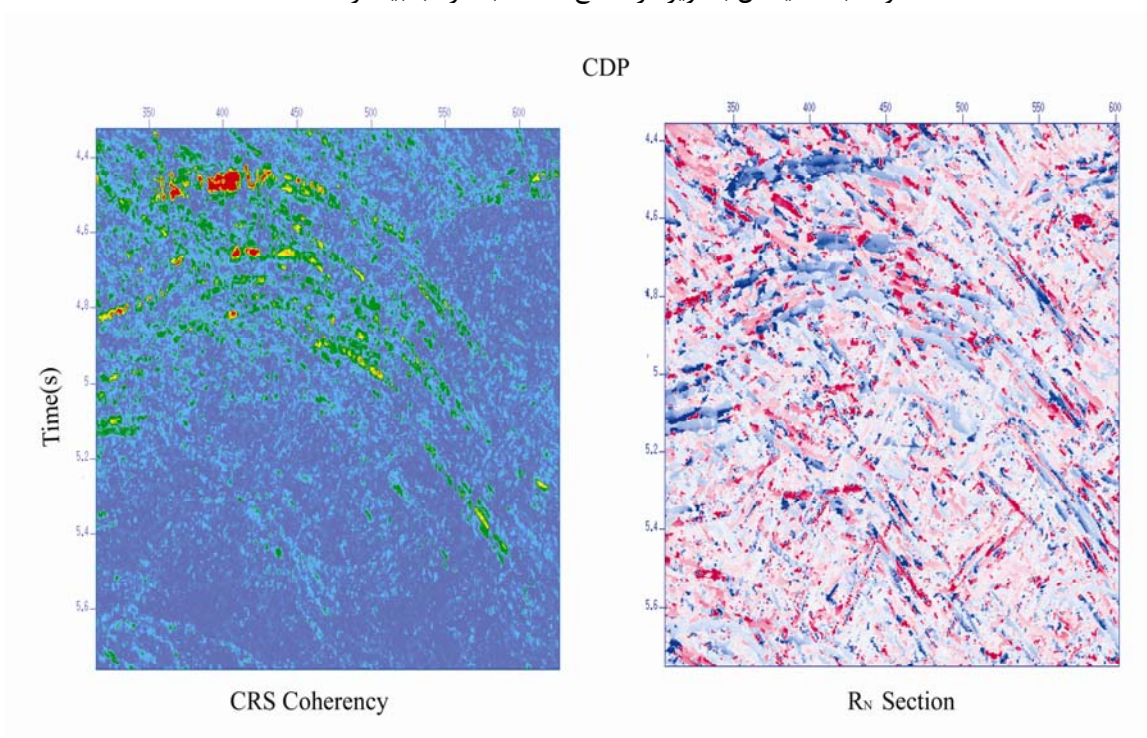
شکل ۵-۱۳، شکل بالایی نشاندهنده قسمت سطحی مقطع CRS و شکل زیری معادل همان قسمت در مقطع CMP را نشان می دهد.

از مقایسه دو شکل ۴-۵ و ۷-۵، افزایش نسبت سیگنال به نویز در مقطع CRS نسبت به مقطع CMP به خوبی قابل تشخیص می باشد. اما با این حال در برخی از قسمت هایی که در مقطع CMP چیزی مشاهده نمی شود، در مقطع CRS نیز چیزی به چشم نمی خورد. این امر بر لزوم یک سری تمهیدات جهت پردازش ساختارهای پیچیده (AVO) صحنه می گذارد. اما با این حال با نگاهی دقیق تر در سطوح بازتابی موجود بین زمانهای ۱ تا ۲/۵ ثانیه که چین خوردگی ها را به تصویر کشیده است، می توان پیوستگی بیشتر بین پدیده ها و نسبت سیگنال به نویز بالاتر را به شکل واضحی در مقطع CRS مشاهده نمود. در شکل ۵-۱۳ این امر به خوبی نشان داده شده است.

اما همانطور که در فصل قبل هم به آن اشاره کردیم قدرت CRS در بازتابنده های عمیق نمایانتر می باشد. زیرا در زمانهای زیادتر نسبت سیگنال به نویز به طرز قابل توجهی کاهش می یابد. در این حالت، روش CRS با خاصیت افزایش نسبت سیگنال به نویز، بازتابنده هایی را که در زمانهای زیادتر



شکل ۵-۱۴، مقایسه دو مقطع CRS و CMP در زمانهای بالا، همانطور که مشاهده می کنید پیوستگی پدیده ها و نسبت سیگنال به نویز در مقطع CRS به مراتب بیشتر است.



شکل ۵-۱۵، دو مقطع R_N و همدوسی در زمانهای زیادتر، همانطور که مشاهده می کنید پدیده بازتابی موجود در شکل ۵-۱۴ توسط دو مقطع R_N و همدوسی نیز به خوبی به تصویر کشیده شده است.

بین نویزها پنهان بوده و شفاف نمی باشند را با وضوح و کیفیت بالاتری تصویر سازی می کند . شکل ۱۴-۵ و ۱۵-۵ ، پدیده ای را در بین زمانهای ۴/۵ تا ۵/۵ برای مقاطع مربوط به ساختار پیچیده مذکور در این فصل نشان می دهد که توسط روش CRS با کیفیت ، وضوح و پیوستگی بیشتری به تصویر کشیده شده است .

علاوه بر آن روش CRS به غیر از مقطع برانبارش دارای خروجی هایی از سه مشخصه میدان موج و مقطع همدوسی می باشد ، که هر کدام به نوعی قادرند پدیده های لرزه ای را در یک مقطع به تصویر بکشند ، و در امر تفسیر مفسر را یاری نمایند . در شکل ۱۵-۵ مقاطع R_N و همدوسی CRS برای پدیده موجود در شکل ۱۴-۵ نشان داده شده است . همانطور که مشاهده می کنید این دو مقطع به خوبی روند و امتداد پدیده مذکور را به تصویر کشیده اند . لذا تصویر سازی در حوزه زمان توسط نشانگر های جنبشی میدان موج را می توان از دیگر مزیت های استفاده از روش CRS در پردازش داده های لرزه ای مربوط به ساختارهای پیچیده ، عنوان نمود .

در مقطع مذکور در این فصل ، حداقل مزیت CRS یعنی افزایش نسبت سیگنال به نویز جهت رفع ابهام در دنبال کردن روند لایه ها مثرم ثمر بوده و التزام استفاده از این روش را در کنار روشهای متداول پردازش ، در پردازش داده های مربوط به ساختارهای پیچیده ، توجیه می نماید.

فصل ششم

خلاصه ، نتیجه گیری و پیشنهادات

هدف از انجام عملیات لرزه نگاری و برداشت داده های لرزه ای در اکتشاف نفت و گاز ، کسب اطلاع از ساختار لایه های زیر سطحی می باشد. جهت حصول این امر ، داده های برداشت شده باید پردازش و تفسیر شوند. روش پردازش مرسوم NMO/DMO/Stack ، روش متداول پردازش داده های لرزه ای در اکتشاف نفت و گاز بوده که در آن داده های مربوط به هر نقطه میانی مشترک ، دسته بندی شده و بعد از انجام مراحل آنالیز سرعت ، NMO و برانبارش به یک تریس دورافت صفر (Z0) تبدیل می شود . همانطور که در این تحقیق به آن اشاره شد ، نسبت سیگنال به نویز به تعداد داده برداشت شده از هر نقطه میانی مشترک بستگی دارد. لذا به منظور بالا بردن نسبت سیگنال به نویز باید تعداد و حجم برداشت از یک منطقه ، در عملیات لرزه نگاری ، بالا برده شود که این کار مستلزم صرف هزینه زیادی می باشد. از طرفی متحمل شدن این افزایش هزینه برای بسیاری از نواحی ضروری نبوده و با معیارها و روش های برداشت متداول نیز نتیجه مطلوب حاصل خواهد شد.

از این رو استفاده از یک روش پردازش که بدون بالا بردن حجم عملیات برداشت ، قدرت افزایش نسبت سیگنال به نویز را در مواقع ضروری دارا باشد و همچنین تصویری قابل قبول در مقایسه با روش های مرسوم از لایه های زیر سطحی حاصل نماید ، در پردازش داده های لرزه ای امری ضروری می باشد.

روش برانبارش سطح بازتاب مشترک (CRS) به عنوان یک روش نوین تصویر سازی مستقل از مدل سرعت است که توانایی افزایش نسبت سیگنال به نویز را به نحوی که در بالا ذکر شد دارا می باشد. این روش که توسط هوبرال و همکاران (۱۹۹۶)^۱ ارائه شد، تنها نیاز به دانستن مقدار سرعت سطحی دارد . یکی از مشکلات فراروی این روش مشکل تداخل شیب ها می باشد که سلیمانی در سال ۲۰۰۹ با ارائه روش برانبارش سطح پراش مشترک (CDS) این مشکل را برطرف نمود . این روش نیز مانند روش (CRS) مستقل از مدل سرعت بوده و قابلیت افزایش نسبت سیگنال به نویز را مخصوصا در زمانهای بالا دارا می باشد.

از طرفی در پردازش داده های لرزه ای برداشت شده به منظور اکتشاف و تولید مخازن نفت و گاز در ایران ، گاه مقاطعی دیده می شود که بعد از پردازش به روش های مرسوم ، دارای کیفیت قابل قبولی نبوده و امر تفسیر را در این نواحی با چالش و ریسک زیادی همراه می سازد . این موارد اغلب در جاهایی که با ساختارهای پیچیده زمین شناسی مواجه هستیم به وقوع می پیوندند. لذا بر آن شدیم عملکرد روشهای نوین برانبارش سطح بازتاب مشترک (CRS) و برانبارش سطح پراش مشترک (CDS) را بر روی نمونه هایی از مقاطع لرزه ای دو بعدی بر داشت شده از مناطقی با ساختارهای پیچیده در ایران ، ارزیابی نماییم.

مراحل مختلف و نتایج حاصل از پردازش به روش های CDS و CRS را بر روی داده های مربوط به یک خط برداشت دوبعدی در مجاورت یک گلفشان و همچنین داده های مربوط به یک خط برداشت دوبعدی مربوط به رورانگی موجود در چین خوردگی های شدید در جنوب غربی ایران را در فصول چهار و پنج این تحقیق مشاهده نمودیم .

همانطور که مشاهده نمودیم ، یکی از پارامتر های بسیار مهم در پردازش به روش CRS بازه دورافت صفر می باشد . برای تعیین این پارامتر در داده های مربوط به ساختار نیمه پیچیده به

1- Hubral et al. (1996)

صورت عملی بازه های گوناگون را مورد آزمایش قرار دادیم . پردازش با بازه های مختلف و بررسی نتایج حاصله نشان داد، افزایش بازه، افزایش نسبت سیگنال به نویز و همچنین افزایش پیوستگی رخدادهای را در پی خواهد داشت. همچنین با افزایش بازه، انرژی مربوط به پدیده های پراش، متمایزتر و پیوسته تر شده که این امر منجر به کیفیت بهتر تصویر بعد از اعمال کوچ خواهد شد. از طرف دیگر افزایش بیش از حد بازه زمان پردازش داده ها را بسیار زیاد کرده و همچنین کیفیت جانبی را کاهش داده و موجب حذف رخدادهایی با گستردگی کوتاه می شود. در این تحقیق برای داده های مذکور بازه ۲۵۰۰ متر به عنوان بازه مناسب تشخیص داده شد که تقریباً ۱/۵ برابر اولین زون فرسnel برای زمان انتهایی داده ها می باشد و با اعمال تابع تعمیم بر بازه CRS به گونه ای که دومین زون فرسnel نیز پوشش داده شود، به صورت عملی این نتیجه حاصل شد که با انتخاب بازه به نحوی که زون اول و دوم فرسnel، برای تمام داده ها پوشش داده شود، بهترین کیفیت تصویر حاصل خواهد شد. لذا بازه دورافت صفر مربوط به داده های ساختار پیچیده مذکور در فصل پنجم را با استفاده از معیار زون فرسnel به دست آمده از این آزمایش تعیین کرده و به طور مستقیم به بهترین نتیجه رسیدیم.

مهمترین خصوصیتی که در نتایج حاصل از CRS در مقاطع ذکر شده مشاهده شد ، افزایش نسبت سیگنال به نویز در مقایسه با مقاطع حاصل از روش متداول پردازش داده های لرزه ای می باشد. این امر بایک نگاه و مقایسه کلی بین مقاطع CRS و CMP به راحتی قابل تشخیص می باشد.

در هر دو مقطع حاصل از برانبارش CRS در ساختار نیمه پیچیده مذکور در فصل چهار و ساختار پیچیده مذکور در فصل پنج مشاهده نمودیم که پدیده های بازتابی موجود در زمانهای کم تر از ۳ ثانیه دارای پیوستگی بیشتری بوده و تشخیص امتداد لایه بندی و تعقیب لایه ها در این مقاطع نسبت به مقاطع CMP آسانتر می باشد. افزایش نسبت سیگنال به نویز دلیل اصلی این برتری می باشد. این خصوصیت در تصویر سازی نواحی هدف با عمق زیاد مشهود تر است. زیرا به طور کلی با افزایش عمق نسبت سیگنال به نویز کاهش می یابد و تصویر سازی پدیده های عمیق با مخاطرات بیشتری همراه

است . در مقاطع دورفت صفر حاصل از برانبارش CRS مربوط به دو ساختار پیچیده مذکور ، در زمانهای بیشتر از ۳ ثانیه پدیده هایی مشاهده شد که در مقطع CMP به دلیل نسبت سیگنال به نویز پایین یا قابل تشخیص نبوده یا به سختی تشخیص داده می شدند. این امر در تصاویر بزرگنما شده در فصول چهار و پنج به خوبی نشان داده شد. بنابر این به دلیل وجود پیوستگی بالا در تصویرسازی بازتابنده ها در مقطع CRS می توان از این روش به عنوان یک روش موثر در امر تعقیب امتداد لایه ها یاد کرد .

در مقطع CRS مربوط به ساختار نیمه پیچیده مذکور در فصل چهار مشاهده نمودیم مرز ناپیوستگی نسبت به مقطع CMP با کیفیت بالاتری تصویرسازی شده و متمایزتر بود . در زمانهایی که با تغییر ساختمان مواجه می باشیم نسبت سیگنال به نویز پایین ، موجبات بروز آشفتگی در مرز این تغییر ساختار را فراهم می سازد . روش CRS با خاصیت افزایش نسبت سیگنال به نویز می تواند در این مواقع راه حلی فراروی این مشکل باشد.

روش برانبارش CRS علاوه بر خروجی مقطع برانبارش شده دورافت صفر ، دارای خروجی های دیگری همچون مقطع R_N (بیانگر انحنای سطح بازتابنده) ، مقطع R_{NIP} (بیانگر عمق قرارگیری سطح بازتابنده) ، مقطع α (بیانگر زاویه قرارگیری سطح بازتابنده) و همچنین مقطع همدوسی CRS می باشد. وجود یک بازتابنده در زمین موجبات پیوستگی در روند هر یک از مشخصه های فوق الذکر را فراهم می سازد . لذا مقاطع مذکور خود می توانند بیانگر تصویری از سطوح بازتابی در زیر زمین باشند. این امر به خوبی در مقاطع α ، R_N ، R_{NIP} و همدوسی CRS مربوط به داده های ساختار نیمه پیچیده و پیچیده مذکور در این تحقیق ، مشهود بود . همانطور که مشاهده کردیم روند تغییر شیب بازتابنده ها به خوبی توسط مقطع α به تصویر کشیده شده است. پیوستگی در مشخصه R_N ، خود به وضوح شکل و روند بازتابنده ها را به تصویر کشیده بود. بنابر این می توان نتیجه گرفت در مقطعی که به دلیل پیچیدگی با ابهام مواجه هستیم دیگر خروجی های CRS همچون α ، R_N ، R_{NIP}

وهمدوسی نیز می توانند به عنوان راهگشایی فراروی این ابهامات در اختیار مفسران قرار گرفته و آنها را در جهت اخذ تصمیمات دقیقتر یاری نمایند.

اما در مواقعی که با ساختارهای پیچیده پراش مواجه هستیم، وجود منحنی های پراش، امر تصویر سازی لایه ها را با مشکل مواجه می کند، در صورت تصویر سازی درست انرژی پراش، با اعمال کوچ به راحتی می توان اثر آنها را بر روی داده ها حذف کرد. در اینگونه مواقع مشکل تداخل شیب ها یکی از اساسی ترین مشکلات فراروی تصویر سازی لایه های بازتابنده است. در مقطع حاصل از برانبارش CRS در داده های مربوط به گلفشان، مشاهده نمودیم انرژی مربوط به پدیده های بازتابی بر انرژی پراش غلبه کرده و پیوستگی بازتابها روند پراش را قطع نموده است. لذا انرژی پراش در این مواقع به خوبی قابل تعقیب نبوده و تشخیص سرعت کوچ و در نهایت اعمال کوچ به خوبی انجام نمی پذیرد. به منظور رفع این مشکل همانطور که در فصل چهار مشاهده کردیم از روش برانبارش سطح پراش مشترک (CDS) استفاده نمودیم. نتایج استفاده از این روش جدید بر روی داده های مذکور، نشان داد که این روش قادر به برطرف کردن مساله تداخل شیبها بوده و مقطعی بدست می دهد که رخدادهای بیشتری در آن آشکار می شوند و رخدادهای پیوستگی بهتری برخوردار می باشند. در مقایسه انجام شده بین سه مقطع حاصل از برانبارش CDS، CRS و CMP در فصل چهارم، مشاهده نمودیم روش برانبارش CDS، علاوه بر برخورداری از خاصیت نسبت سیگنال به نویز بالا که موجبات پیوستگی بیشتر در پدیده های بازتابی را فراهم می سازد، با ثبت هر گونه انرژی در تمام جهات، دارای وضوح تصویر جانبی بسیار بالایی بوده، انرژی پراش ها را به طور کامل تصویر سازی کرده و همچنین به دلیل وضوح تصویر جانبی بسیار بالا، شکل، نحوه قرارگیری و موقعیت گسل ها را با کیفیتی بسیار بالاتر از مقاطع برانبارش CRS و CMP تصویر سازی می نماید. تنها عیب این روش زمان بر بودن آن می باشد، لذا پیشنهاد می گردد از این روش فقط در مقاطعی که با ابهام مواجه هستیم استفاده گردد. در این صورت می توان از این روش به عنوان یک روش فوق العاده موثر

و مکمل در کنار روش های برانبارش CRS و CMP یاد کرد.

بسیاری از مقاطع لرزه ای مربوط به نواحی نفت خیز در جنوب غربی ایران ، دارای دو ناحیه هدف یکی در اعماق کمتر (مانند سازند آسماری) و دیگری در اعماق بیشتر (مانند گروه بنگستان) می باشند که در نواحی دارای ساختار پیچیده ، تصویر سازی ناحیه هدف عمیق به دلیل نسبت سیگنال به نویز پایین به خوبی صورت نمی گیرد. لذا پیشنهاد می گردد در این گونه موارد به منظور افزایش نسبت سیگنال به نویز و همچنین پیگیری هرچه بهتر امتداد لایه بندی از روش CRS و در صورت وجود گسل خوردگی و منحنی های پراش فراوان و همچنین در صورت نیاز به کسب اطلاع از جزئیات ساختار موجود ، از روش CDS به عنوان یک روش نوین، با وضوح تصویر جانبی بسیار بالا استفاده گردد.

سلیمانی منفرد، م.، ۱۳۸۸، برانبارش سطح پراش مشترک، ارائه یک روش نوین در حل مساله تداخل شیب‌ها، پایان نامه دکتری، دانشگاه صنعتی شاهرود.

Baykulov, M. (2009). Seismic imaging in complex media with the Common Reflection Surface stack. PhD thesis, University of Hamburg

Cerveny, V. (2001). *Seismic ray theory*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hale, D. (1991). *Dip moveout processing*. Society of Exploration Geophysics, Tulsa.

Höcht, G. (1998). The Common Reflection Surface stack. Master's thesis, University of Karlsruhe.

Hubral, P. (1983). Computing true amplitude reflections in a laterally inhomogeneous earth. *Geophysics*, 48(8):1051–1062.

Hubral, P. (1999). Macro model independent seismic reflection imaging. *Journal of Applied Geophysics*, 42(3-4).

Hubral, P., Schleicher, J., and Tygel, M. (1996). A unified approach to 3-D seismic reflection imaging, part I: basic concepts. *Geophysics*, 61(3):742–758.

Jäger, R. (1999). The Common Reflection Surface stack - theory and application. Master's thesis, University of Karlsruhe.

Mann, J. (2001). Common-Reflection-Surface stack and conflicting dips. In *Extended abstracts, 63rd Conf. Eur. Assn. Geosci. Eng. Session P077*.

Mann, J. (2002). *Extensions and applications of the Common-Reflection-Surface Stack method*. Logos Verlag, Berlin.

Mann, J., Höcht, G., Jäger, R., and Hubral, P. (1999). Common Reflection Surface stack – an attribute analysis. In *Extended abstracts, 61st Conf. Eur. Assn. Geosci. Eng. Session P140*.

Müller, T. (1998). Common Reflection Surface stack versus NMO/stack and NMO/DMO/stack. In *Extended abstracts, 60th Conf. Eur. Assn. Geosci. Eng. Session 1-20*.

Müller, T. (1999). *The Common Reflection Surface stack method – seismic imaging without explicit knowledge of the velocity model*. Der Andere Verlag, Bad Iburg.

Robein, E. (2003). *Velocities, time imaging and depth imaging in reflection seismic, principles and methods*. Eur. Assn. Geosci. Eng. Press. Netherlands.

Sheriff, R. (1995). *Exploration Seismology*, Cambridge University Press . New York .

Soleimani Monfared, M., Piruz, I., Mann. J., and Hubral, P. “ Common Reflection Surface stack, accounting for conflicting dip situations by considering all possible dips.” *Journal of Seismic Exploration*, JSE, 18 ,2009, 271-288.

Yilmaz, Ö. (2001). *Seismic data analysis, vols. 1 and 2*. Soc. Expl. Geophys., Tulsa.

Absract

Reflection seismic is one of the most commonly used geophysical methods for the oil and gas exploration. The aim of this thesis is to provide a method for improvement of seismic reflection images in complex geological environments. In this thesis I show the application of the Common Reflection Surface (CRS) stack technique to improve the quality of reflection seismic images. Conventional seismic imaging method based on the CMP stacking does not use the full potential of the dataset due to reflection point dispersal in the presence of dipping reflectors or laterally inhomogeneous media. Application of the CRS stack technique is advantageous in complex areas, since it involves information about the shape of seismic reflectors, i.e., dip and curvature, into processing. Moreover, a multi-parameter formula allows to sum up more traces during the stack. All together, this leads to better imaging results, especially to an improvement of the signal-to-noise (S/N) ratio. Reflection events in the CRS stack sections appear clearer and more continuous compared to conventional CMP stack sections. One of the problem of CRS method, is neglecting the conflicting dips problem in the section. It means that if two or more events conflict in a same point in the section, the CRS stack method could not handle this problem well. The conflicting dips problem is an important issue in the matter of imaging in complex structures. A modified version of the CRS stack, the common diffraction surface (CDS) stack, is a method that could solve the problem of conflicting dips that may happen frequently in complex and semi-complex structures.

In this thesis, In two case studies I demonstrate the strength of the CRS stack technique applied to seismic reflection data of different quality. First, a seismic reflection data of semi-complex structure near some of the large gas reservoirs in Iran is processed by CMP stack, CRS stack and CDS stack methods. At first this data was processed by CMP stack method and its stacked section was obtained. The CMP-stacked section of this data shows an unconformity that separates horizontal event from dipping events. In that section, some of the events were not cleared for whatever reasons; therefore it was thought that it is needed to process the data with other methods like as CRS and CDS. In the CRS stacked section, it was observed that the reflection events were cleared better and also their continuity was more preserved. But due to the nature of CRS method, the problem of conflicting dips could not be solved. This problem could be solved, however, by common diffraction surface (CDS) stack method. Therefore, the CDS stack method is applied to the seismic data to solve some of the imaging problems in semi-complex structures. The CDS-stacked section imaged many reflection events missing in the CMP-stacked section. The problem of conflicting dips is also resolved in that section. The faults can be located and the reflection events at larger travel times are also well imaged. Finally, the CDS-stacked section shows that this method could resolve some of the ambiguities of imaging in semi-complex structures.

Then, I perform the conventional CMP stack processing method on low-quality land data set of a mountainous area from the complex structure of the Zagros overthrust in south west of Iran. The CMP-stacked section contained a folding system and dipping layers, but both of them not well imaged in the section. Then, the common reflection surface stack method was applied to data. The folding and dipping layers in the CRS stack sections appear clearer and more continuous compared to conventional CMP stack sections. The other reflection and diffraction events at large travel times in some parts of the section were also imaged. Therefore, the CRS-stacked section showed that the common reflection surface stack could be used to partially solve some of the problems with complex structures.

Keywords: common diffraction surface, common reflection surface, conflicting dips, stacking.



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

Reflection seismic data processing using CRS method; A case study in south west of Iran

**A thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of
Master of Science in Petroleum Exploration Engineering**

By:
Ehsan Adibi Sedeh

Supervisors:
Dr. Iraj Piruz

Advisors:
Dr. Mehrdad Soleimani Monfared

September 2010