





دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک
رشته ژئوفیزیک گرایش لرزه‌شناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

کاهش نوفه مقادیر سرعت غیر مرتبط با پدیده‌های زمین‌شناسی در مدل سرعت لرزه‌ای با تفکیک منشأ ایجاد تغییرات سرعت

نگارنده: علی روئین تن

استاد راهنما:

دکتر مهرداد سلیمانی منفرد

مشاور:

دکتر حمید آقاجانی

شهریور ۱۳۹۵

شماره: ۲-۴۶/۹۵/۱۷۹۵
تاریخ: ۹۵/۶/۱۳
ویرایش:

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره ۷: صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای علی روئین تن به شماره دانشجویی ۹۲۰۷۳۹۴ رشته ژئوفیزیک گرایش لرزه شناسی تحت عنوان کاهش نوفه مقادیر سرعت غیر مرتبط با پدیده های زمین شناسی در مدل سرعت لرزه ای با تفکیک منشأ ایجاد تغییرات سرعت که در تاریخ ۱۳۹۵/۰۶/۱۶ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ مردود	☐ دفاع مجدد	☒ قبول (با درجه: <u>بسیار خوب</u> امتیاز: <u>۱۸.۲۵</u>)
		نوع تحقیق: ☐ نظری ☐ عملی

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)
۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)
۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)
۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	استادیار	دکتر مهرداد سلیمانی منفرد	۱- استاد راهنمای اول
			۲- استاد راهنمای دوم
	استادیار	دکتر حمید آقاجانی	۳- استاد مشاور
	استادیار	دکتر سوسن ابراهیمی	۴- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استادیار	دکتر امیر پیروز	۵- استاد ممتحن اول
	استادیار	دکتر علی نجاتی کلاته	۶- استاد ممتحن دوم

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: عبدالله...

سپاس گذار کسانی، هستم که سر آغاز تولد من، هستند. از یکی زاده می شوم و از دیگری جاودانه. استادی که سپیدی را
بر تخته سیاه زندگیم نگاشت و مادری که تار مویی از او پایی من سیاه ماند.
تقدیم به

مقدس ترین واژه مادر لغت نامه دلم، مادر مهربانم که زندگیم را دیون مهر و عطا و عفو آن می دانم.
پدر، مهربانی مشفق، برادر و حامی.

برادر و خواهر انم، همراهان همیشگی و پشتوانه های زندگیم
عزیزی که بودنش نشانه لطف الهی در زندگی من است.

شکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانم تا مراتب سپاس را از بزرگواری به جا آورم که اگر دست یاریگرشان نبود، هرگز این پایان نامه به انجام نمی‌رسید.

از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر مراد سلیمانی متفرد که زحمات راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند و همواره پاسخگوی سؤالات من

بودند، کمال سپاس و قدردانی را دارم. و همچنین از استاد عالی قدرم جناب آقای دکتر حمید آقا جانی که زحمات مشاوره این پایان نامه را بر عهده

داشتند نیز صمیمانه شکر می‌کنم.

در نهایت، از راهنمایی ها و زحمات بی دریغ دوستان و اساتید که به هر طریق یاری کردند و تحفیر بودند کمال شکر را دارم.

تعهد نامه

اینجانب علی روئین تن دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک-گرایش لرزه شناسی دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با عنوان " کاهش نوفه مقادیر سرعت غیر مرتبط با پدیده‌های زمین‌شناسی در مدل سرعت لرزه‌ای با تفکیک منشأ ایجاد تغییرات سرعت " تحت راهنمایی استاد گرامی جناب آقای دکتر مهرداد سلیمانی منفرد متعهد می‌شوم.

- تحقیقات این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارایه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام "دانشگاه صنعتی شاهرود" و یا "Shahrood, University of Technology" به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته و یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

۹۵/۰۶/۱۶

علی روئین تن

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزار و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

چکیده

تصویربرداری لرزه‌ای از ساختارهای زمین‌شناسی با تغییرهای شدید سرعت جانبی نیاز به کوچ عمق داده‌های لرزه‌ای دارد. چنین فرایندی به تنهایی نیاز به تعیین دقیق توزیع انتشار سرعت دارد. برای بدست آوردن مدل سرعت دو نوع مدل زیر سطحی می‌توان استفاده کرد: مدل‌های توده‌ای و مدل‌های هموار، در این پایان‌نامه از مدل هموار استفاده شده است.

هموارسازی مدل سرعت اساساً نامطلوب است. و مدل را از فرم واقعی خود دور می‌کند. قبل از هر کوچ عمقی، هموارسازی صورت می‌گیرد، کوچ کیرشهف با تکیه بر تئوری اشعه نیازمند این است که میدان سرعت مشتق‌پذیر باشد که به این معنی است که یک مقدار مشخص از هموارسازی مورد نیاز است.

در این پایان‌نامه روش جدیدی برای هموارسازی مدل سرعت ارائه می‌شود. هموارسازی با استفاده از دو فیلتر میدان پتانسیل انجام می‌شود: فیلتر روندسطح و فیلتر ادامه فراسو.

در مرحله اول، میدان سرعت اولیه (خام) در روش اول با استفاده از فیلتر روند سطح با درجات مختلف (۲، ۳، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۱۶) و در روش دوم با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع‌های مختلف (۲۰ و ۱۰۰ متر) به میدان تغییرات کلی سرعت (فرکانس پایین) و میدان تغییرات جزئی سرعت (فرکانس بالا) تفکیک می‌شوند. در مرحله دوم با اعمال فیلتر پایین‌گذر با حذف طول موج‌های مختلف بر روی میدان تغییرات جزئی سرعت بدست‌آمده در مرحله قبل در هر دو روش، باقیمانده هر فیلتر بدست آمده و به میدان تغییرات کلی سرعت همان فیلتر برگردانده می‌شود، تا مدل‌های سرعت با درجه همواری مختلف بدست‌آید. سپس فرآیند کوچ عمق پس از برانبارش با مدل‌های سرعت بدست آمده انجام می‌شود، تا بهترین مدل سرعت تعیین شود. نتایج حاصل از انجام فرآیند کوچ با مدل‌های سرعت تهیه شده نشان داد، که بهترین مدل سرعت در روش اول (اعمال فیلتر روند سطح) مربوط به مدل سرعت تهیه شده با اعمال فیلتر روندسطح درجه دو و فیلترپایین گذر با حذف طول موج‌های پایین تراز ۲۵۰ متر است. و همچنین بهترین مدل سرعت در روش دوم (اعمال فیلتر ادامه فراسو) مربوط به مدل سرعت تهیه شده با اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلترپایین گذر با حذف طول

موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر است.

کلمات کلیدی

مدل سرعت، هموارسازی، فیلتر روند سطح، فیلتر ادامه فراسو، فیلتر پایین‌گذر و کوچ.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- برونراند نرمال	۳
۳-۱- روش‌های متداول تصحیح برونراند نرمال	۵
۱-۳-۱- روش t^2-x^2	۵
۲-۳-۱- اسکن سرعت ثابت	۶
۳-۳-۱- برانبارش سرعت ثابت (CVS)	۷
۴-۱- آنالیز سرعت کوچ (MVA)	۸
۱-۴-۱- آنالیز سرعت کوچ با تکنیک همدوسی معکوس	۱۰
۲-۴-۱- آنالیز سرعت کوچ با تکنیک آنالیز یک بعدی تحلیلی (Deregowski Loop)	۱۱
۵-۱- کوچ	۱۲
۱-۵-۱- تعریف کوچ	۱۲
۲-۵-۱- انواع کوچ	۱۳
۱-۲-۵-۱- کوچ دوبعدی و کوچ سه بعدی	۱۳
۲-۲-۵-۱- کوچ پیش از برانبارش و کوچ پس از برانبارش	۱۴
۳-۲-۵-۱- کوچ زمان و کوچ عمق	۱۴
۳-۵-۱- مقایسه انواع کوچ	۱۶

۱-۵-۴-الگوریتم کوچ.....	۱۷
۱-۶-بیان مسئله.....	۱۸
۱-۷-هدف و ضرورت انجام تحقیق.....	۲۱
۱-۸-مروری بر کارهای پیشین.....	۲۲
۱-۹-روش انجام تحقیق.....	۲۴
۱-۱۰-ساختار پایان نامه.....	۲۴
فصل دوم: مروری بر انواع مدل‌های سرعت و روش‌های تهیه سرعت کوچ.....	
۲-۱-مقدمه.....	۲۶
۲-۲-انواع مدل‌های سرعت.....	۲۶
۲-۲-۱-مدل‌های لایه‌ای.....	۲۶
۲-۲-۲-مدل‌های شبکه‌ای.....	۲۷
۲-۲-۳-مدل‌های ترکیبی.....	۲۸
۲-۳-روش‌های تهیه مدل سرعت.....	۲۹
۲-۳-۱-تهیه مدل سرعت با استفاده از روش‌های مبتنی بر کوچ.....	۲۹
۲-۳-۲-تهیه مدل سرعت با روش معکوس‌سازی زمان‌سیر یا توموگرافی.....	۳۲
۲-۳-۳-تهیه مدل سرعت به روش توموگرافی زمان‌سیر بافرکانس محدود.....	۳۳
۲-۳-۴-تهیه مدل سرعت با روش توموگرافی نقطه فرود موج نرمال.....	۳۳
۲-۳-۵-تهیه مدل سرعت با روش توموگرافی شکل موج.....	۳۵
۲-۳-۶-تهیه مدل سرعت با روش توموگرافی زمان‌سیر انکساری.....	۳۵

۳۵.....	۴-۲-خطای مدل سرعت
۳۹.....	۴-۲-۱-خطاهای سیستماتیک
۳۹.....	۴-۲-۲-خطای تصادفی زمانی
۳۹.....	۵-۲-تاثیر خطای مدل سرعت بر نتیجه کوچ
۴۱.....	۶-۲-مقایسه استفاده از مدل های لایه ای و هموار در کوچ کیرشلف
۴۷.....	فصل سوم: تئوری انجام کار
۴۸.....	۳-۱-مقدمه
۵۰.....	۳-۲-آنالیز زمین آماری برای کنترل کیفیت و کاهش آنومالی های غیرساختاری
۵۴.....	۳-۳-تئوری روش انجام کار
۵۵.....	۳-۴-جداسازی آنومالی ها
۵۵.....	۳-۴-۱-روش روند سطح
۵۶.....	۳-۴-۲-روش گسترش میدان
۵۶.....	۳-۴-۲-۱-روش گسترش به سمت بالا
۵۹.....	فصل چهارم: زمین شناسی منطقه و اعمال فیلتر بر روی مدل سرعت اولیه
۶۰.....	۴-۱-زمین شناسی منطقه مورد مطالعه
۶۲.....	۴-۲-هندسه برداشت
۶۲.....	۴-۳-مدل های سرعت ساخته شده
۶۳.....	۴-۳-۱-مدل های سرعت حاصل از اعمال فیلتر روندسطح
۸۰.....	۴-۳-۲-مدل های سرعت حاصل از فیلتر ادمه ی فراسو

۴-۴- مقایسه مدل سرعت اولیه و مدل سرعت نهایی ۹۱

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهاد ۱۰۳

۵-۱- نتیجه گیری ۱۰۴

۵-۲- پیشنهادها ۱۰۶

فهرست نگار

- شکل ۱-۱: محاسبه سرعت بازتابنده‌ها با روش $t^2 - x^2$ (الف) CMP مصنوعی. (ب) نمودار بازتابنده‌ها در صفحه $t^2 - x^2$ و تخمین سرعت آنها. ۶
- شکل ۲-۱: تخمین سرعت بازتابنده‌ها با روش اسکن سرعت ثابت. (الف) رکورد مصنوعی نقطه میانی مشترک. اعمال تصحیح برونراند نرمال با سرعت‌های (ب) ۷۰۰ (ج) ۸۰۰ (د) ۹۰۰ (ه) ۱۰۰۰ متر بر ثانیه. ۷
- شکل ۳-۱: آنالیز سرعت با استفاده از روش CVS در یک بازه سرعت بین ۵۰۰۰ تا ۱۳۶۰۰ فوت بر ثانیه. ۸
- شکل ۴-۱: تکنیک همدوسی معکوس. ۱۰
- شکل ۵-۱: بروزرسانی عمودی در مقابل بروز رسانی بر پایه اشعه. ۱۱
- شکل ۶-۱: کوچ انرژی لرزه‌ای بازتاب یافته. برای مدل دو بعدی ساده، کوچ با استفاده از یک مدل سرعت، ردلرزه ثبت شده از نقطه میانی، چشمه و گیرنده را به مکان واقعی خود انتقال می‌دهد. ۱۲
- شکل ۷-۱: (الف) مسیر پرتو برای پراش با استفاده از سرعت RMS (کوچ زمان). (ب) مسیر پرتو برای پراش با استفاده از سرعت بازه‌ای (کوچ عمق). ۱۵
- شکل ۸-۱: انواع روش‌های انجام فرایند کوچ. ۱۶
- شکل ۹-۱: محدوده‌ی اجرای کوچ زمانی و عمقی پیش از برانبارش و پس از برانبارش. ۱۶
- شکل ۱۰-۱: مدل لایه‌ای سرعت همراه با ساختار زمین‌شناسی که سرعت در هر لایه به آرامی در حال تغییر است و سرعت در مرز لایه‌ها ثابت است. ۲۰

شکل ۱-۱۱: مدل هموار سرعت همراه با ساختار زمین‌شناسی که در این مدل لایه‌ها همدیگر را قطع

می‌کنند ۲۰

شکل ۱-۲: مدل سرعت برای لایه‌های تخت روی یک مرز گچی با استفاده از مدل لایه‌ای ۲۷

شکل ۲-۲: مدل سرعت برای لایه‌های تخت روی یک مرز گچی با استفاده از مدل شبکه‌ای ۲۸

شکل ۳-۲: مدل سرعت برای لایه‌های تخت روی یک مرز گچی با استفاده از یک مدل شبکه‌ای -

ترکیبی (ترکیبی از میدان سرعت شبکه‌ای با لایه‌های انتخاب شده برای افق‌های کلیدی). ۲۸

شکل ۴-۲: الف) رکورد تصویر مشترک مسطح بعد از کوچ عمقی پیش از برانبارش. ب) وقتی سرعت

کمتر از سرعت واقعی باشد، CIG بیش از اندازه تصحیح شده و بازتابنده به سمت بالا کشیده می‌شود. ج)

وقتی سرعت بیشتر از سرعت واقعی باشد، CIG کمتر از اندازه تصحیح شده و بازتابنده به سمت پایین

کشیده می‌شود. ۳۱

شکل ۵-۲: NMO درجه دو از داده‌های ناهمسانگرد با سرعت شبه عمودی (V_{nmo}) که به درستی در

دورافت نزدیک تخت می‌شود، سپس منحنی برون راند درجه بالاتر به وضوح قابل مشاهده و قابل اندازه‌گیری

است. ۳۷

شکل ۶-۲: NMO درجه دو از داده‌های ناهمسانگرد با سرعت تخمین زده شده روی همه دورافت‌ها.

این یک کار نادرست است، زیرا دورافت‌های نزدیک در اینجا منحرف شده اند (انحنا به سمت پایین) که یک

ظاهر U شکل کلی را می‌دهد ۳۸

شکل ۷-۲: تصحیح برون راند درجه ۴ داده‌های ناهمسانگرد ۳۸

شکل ۸-۲: داده‌های زمانی ورودی مصنوعی، برای یک مدل سه لایه با لایه کم عمق با شیب ۳۰

درجه و سرعت ۳۵۰۰ متر بر ثانیه و دو لایه با سرعت به ترتیب ۲۵۰۰ و ۴۰۰۰ متر بر ثانیه ۴۰

شکل ۲-۹: کوچ با مدل صحیح سرعت ۴۰

شکل ۲-۱۰: کوچ با ۳٪ خطای سرعت، فقط در لایه کم عمق، که باعث تغییر مکان ۵۰ متری به

صورت عمودی و افقی می‌شود ۴۱

شکل ۲-۱۱: کوچ با حدود ۸٪ خطای سرعت، فقط در لایه کم عمق، که باعث تغییر مکان ۱۲۰ متری

به صورت عمودی و ۱۵۰ متری به صورت افقی می‌شود ۴۱

شکل ۲-۱۲: مدل لایه‌ای پیکرکل [۲۶] ۴۲

شکل ۲-۱۳: مدل هموار پیکرکل [۲۶] ۴۳

شکل ۲-۱۴: برانبارش بخش کوچ‌یافته، کوچ پیش از برانبارش کیرشسف با استفاده از مدل لایه‌ای ... ۴۴

شکل ۲-۱۵: برانبارش بخش کوچ‌یافته، کوچ پیش از برانبارش کیرشسف با استفاده از مدل هموار ۴۴

شکل ۲-۱۶: برانبارش بخش کوچ‌یافته، کوچ پیش از برانبارش کیرشسف با استفاده از مدل لایه‌ای

خطادار ۴۵

شکل ۲-۱۷: برانبارش بخش کوچ‌یافته، کوچ پیش از برانبارش کیرشسف با استفاده از هموار کردن

مدل سرعت خطادار ۴۶

شکل ۳-۱: مدل آب عمیق مصنوعی و نتیجه preSDM مربوطه. مدل، افق‌ها و افق‌های کوچ‌یافته را به

درستی پوشش می‌دهد ۴۹

شکل ۳-۲: مدل آب عمیق مصنوعی به همراه یک خطای سرعت اضافه شده به نتیجه preSDM

مربوطه. مدل، افق‌ها و افق‌های کوچ‌یافته را به دلیل خطای سرعت به خوبی پوشش نمی‌دهد ۴۹

شکل ۳-۳: برش زمانی میدان سرعت اولیه..... ۵۰

شکل ۴-۳: برش زمانی میدان سرعت فرکانس پایین قابل قبول از لحاظ زمین‌شناسی ۵۱

شکل ۵-۳: برش زمانی میدان سرعت باقیمانده ۵۲

شکل ۶-۳: برش زمانی میدان سرعت باقیمانده‌ی فیلتر شده ۵۳

شکل ۷-۳: میدان سرعت نهایی ۵۳

شکل ۸-۳: نوفه خارج شده از میدان سرعت اولیه ۵۴

شکل ۹-۳: فلوچارت انجام کار ۵۴

شکل ۱-۴: دریای خزر و یک نمونه خط لرزه‌ای (نشان داده شده با خط سیاه) و منطقه مورد مطالعه

که با چهارضلعی مشکی مشخص شده است ۶۱

شکل ۲-۴: عکس ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه در شمال شرق ایران، گلفشان در نزدیک خط لرزه‌ای

نشان داده شده است ۶۱

شکل ۳-۴: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر

پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر ۶۴

شکل ۴-۴: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه سه و فیلتر

پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر ۶۴

شکل ۵-۴: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه پنج و فیلتر

پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر ۶۵

- شکل ۴-۶: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه ده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۶۵
- شکل ۴-۷: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه پانزده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۶۶
- شکل ۴-۸: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه شانزده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۶۶
- شکل ۴-۹: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۶۸
- شکل ۴-۱۰: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روندسطح درجه سه و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۶۹
- شکل ۴-۱۱: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روندسطح درجه پنج و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۷۰
- شکل ۴-۱۲: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روندسطح درجه ده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۷۱
- شکل ۴-۱۳: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روندسطح درجه پانزده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۷۲
- شکل ۴-۱۴: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روندسطح درجه شانزده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۷۳

شکل ۴-۱۵: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر

پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰ متر. ۷۴

شکل ۴-۱۶: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر

پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر. ۷۴

شکل ۴-۱۷: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر

پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۵۰۰ متر. ۷۵

شکل ۴-۱۸: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر

پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۷۵

شکل ۴-۱۹: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین

گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰ متر. ۷۷

شکل ۴-۲۰: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین

گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر. ۷۸

شکل ۴-۲۱: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین

گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۵۰۰ متر. ۷۹

شکل ۴-۲۲: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین

گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۸۰

شکل ۴-۲۳: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰

متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۸۱

- شکل ۴-۲۴: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۱۰۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۸۲
- شکل ۴-۲۵: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۸۳
- شکل ۴-۲۶: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۱۰۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۸۴
- شکل ۴-۲۷: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰ متر. ۸۵
- شکل ۴-۲۸: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر. ۸۵
- شکل ۴-۲۹: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۵۰۰ متر. ۸۶
- شکل ۴-۳۰: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ‌لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر. ۸۶
- شکل ۴-۳۱: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰ متر. ۸۸
- شکل ۴-۳۲: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر. ۸۹

شکل ۴-۳۳: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و

فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۵۰۰ متر..... ۹۰

شکل ۴-۳۴: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و

فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر..... ۹۱

شکل ۴-۳۵: میدان سرعت اولیه(خام)..... ۹۲

شکل ۴-۳۶: میدان تغییرات کلی سرعت اولیه، حاصل از اعمال فیلتر روند سطح درجه ۲ بر روی میدان

سرعت اولیه..... ۹۲

شکل ۴-۳۷: میدان تغییرات جزئی سرعت اولیه، حاصل از اعمال فیلتر روند سطح درجه ۲ بر روی

مدل سرعت اولیه..... ۹۳

شکل ۴-۳۸: خروجی حاصل از اعمال فیلتر پایین‌گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر بر

روی میدان تغییرات جزئی سرعت اولیه..... ۹۳

شکل ۴-۳۹: میدان سرعت نهایی(حاصل از اعمال فیلتر روند سطح درجه ۲ و فیلتر پایین‌گذر حذف

طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر)..... ۹۴

شکل ۴-۴۰: نوفه(حاصل از اعمال فیلتر روند سطح درجه ۲ و فیلتر پایین‌گذر حذف طول موج‌های

پایین‌تر از ۲۵۰ متر)..... ۹۴

شکل ۴-۴۱: میدان سرعت اولیه(خام)..... ۹۵

شکل ۴-۴۲: میدان تغییرات کلی سرعت اولیه، حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر بر

روی مدل سرعت اولیه..... ۹۵

شکل ۴-۴۳: میدان تغییرات جزئی سرعت اولیه، حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر بر

روی مدل سرعت اولیه..... ۹۶

شکل ۴-۴۴: خروجی حاصل از اعمال فیلتر پایین‌گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر بر

روی میدان تغییرات جزئی سرعت اولیه..... ۹۶

شکل ۴-۴۵: میدان سرعت نهایی (حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین‌گذر

حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر)..... ۹۷

شکل ۴-۴۶: نوفه (حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین‌گذر حذف طول

موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر)..... ۹۷

شکل ۴-۴۷: مدل سرعت اولیه در نرم افزار پرومکس..... ۹۸

شکل ۴-۴۸: میدان سرعت نهایی در نرم افزار پرومکس (حاصل از اعمال فیلتر روند سطح درجه ۲ و

فیلتر پایین‌گذر حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر)..... ۹۹

شکل ۴-۴۹: میدان سرعت نهایی در نرم افزار پرومکس (حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰

متر و فیلتر پایین‌گذر حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر)..... ۹۹

شکل ۴-۵۰: مقطع کوچ با مدل اولیه سرعت..... ۱۰۰

شکل ۴-۵۱: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر روند سطح درجه دو و فیلتر پایین

گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر..... ۱۰۱

شکل ۴-۵۲: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و

فیلتر پایین‌گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر..... ۱۰۲

شکل ۵-۱: روند افزایش همواری مدل سرعت، با استفاده از فیلتر ادامه فراسو ۱۰۵

شکل ۵-۲: روند افزایش همواری مدل سرعت، با استفاده از فیلتر روند سطح ۱۰۵

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱: استفاد از چه نوع الگوریتمی در چه زمانی؟ ۱۸

جدول ۱-۴: پارامترهای هندسی برداشت داده مربوط به داده واقعی ۶۲

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

یکی از مراحل کلیدی و مهم در پردازش داده‌های لرزه‌ای بازتابی، آنالیز سرعت^۱ می‌باشد. بسیاری از مراحل پردازش داده‌های لرزه‌ای به شکلی مستقیم و یا غیرمستقیم متأثر از کیفیت طیف سرعت^۲ به دست آمده حاصل از آنالیز سرعت می‌باشند. تهیه تصویر لرزه‌ای^۳ از زیر سطح زمین با استفاده از داده‌های لرزه‌ای نیازمند مدل سرعت لرزه‌ای دقیق است. بدین جهت ساختن مدل سرعت^۴ یکی از موضوع‌های مهم و اساسی در روش‌های لرزه‌ای است.

برای ساختن مدل سرعت در حالت کلی چهار روش وجود دارد. روش اول آنالیز سرعت بر اساس برونراند نرمال^۵ می‌باشد که با استفاده از روش‌های مختلف اندازه‌گیری همدوسی^۶، آنومالی‌های سرعت را در صفحه سرعت زمان نمایش می‌دهد [۱]. طیف سرعت در این روش با استفاده از برونراند نرمال برای سرعت‌های مختلف و محاسبه معیار شباهت^۷ (به عنوان متداول‌ترین روش محاسبه همدوسی) به دست می‌آید. روش دوم، آنالیز سرعت کوچک^۸ بر اساس معادله موج است که یک فرآیند بهینه‌سازی غیرخطی، جهت تخمین سرعت کوچک با استفاده از معادله موج می‌باشد [۲]. روش سوم، آنالیز سرعت کوچک بر اساس تئوری پرتو است که به نام توموگرافی^۹ زمان‌سیر^{۱۰} نیز شناخته می‌شود. با کمینه‌سازی اختلاف بین زمان‌سیرهای اندازه‌گیری شده و زمان‌سیرهای مدل‌سازی شده، می‌توان مدل اولیه را بهبود بخشید و پس از چند تکرار، به یک مدل سرعت بهینه دست یافت [۳]. در این روش، اگر نسبت سیگنال به نوفه^{۱۱} در داده‌ی لرزه‌ای پایین باشد، مشخص کردن و دستچین^{۱۲} کردن زمان‌سیرها به مشکل بر می‌خورد و یا حتی غیر ممکن می‌شود. در این حالت مدل اولیه سرعت نقش مهمی دارد. روش چهارم که در سال‌های اخیر خیلی مورد توجه قرار گرفته است، وارون‌سازی

-
- 1-Velocity analysis
 - 2-Velocity spectra
 - 3-Seismic Image
 - 4-Velocity model bulding
 - 5-Normal moveout
 - 6-Coherency
 - 7-Semblance
 - 8-velocity migration
 - 9-Tomography
 - 10-Travel time
 - 11-Noise
 - 12-Picking

کامل شکل موج^۱ است که از یک رکورد لرزه‌ای کامل برای معکوس‌سازی خصوصیات زمین استفاده می‌کند و در نتیجه باعث افزایش قدرت تفکیک سرعت می‌شود [۴ و ۵]. در این روش هر چه مدل سرعت اولیه (ورودی) به واقعیت نزدیکتر باشد، تعداد تکرار برای رسیدن به مدل سرعت ایده‌آل کمتر خواهد شد.

۱-۲- برونراند نرمال

از آنجا که فرآیند آنالیز سرعت و تصحیح برونراند نرمال^۲ کاملاً به یکدیگر وابسته‌اند و اساس آنالیز سرعت بر مبنای فرآیند به خط شدگی رویداد هذلولی بر مبنای تصحیح برونراند نرمال می‌باشد، لذا ابتدا بایستی با مفهوم برونراند نرمال آشنا شد.

رابطه زمان‌سیر برای یک مدل زمین تک لایه افقی روی نیم فضا به صورت رابطه (۱-۱) می‌باشد [۶].

$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v_1^2} \quad (1-1)$$

که، x دورافت^۳، v_1 سرعت انتشار موج در لایه می‌باشد. t_0 زمان‌سیر موج در دورافت صفر می‌باشد و به صورت

$$t_0 = \frac{2h_1}{v_1}$$

تعریف می‌شود که h_1 ضخامت لایه است.

همان‌طور که از رابطه (۱-۱) مشاهده می‌شود، معادله زمان‌سیر یک هذلولی در صفحه $t - x$ می‌باشد. با معلوم بودن مقادیر t_0 ، دورافت و زمان‌سیر هر دورافت می‌توان سرعت تشکیل هذلولی زمان‌سیر را محاسبه کرد. اختلاف زمان‌رسید بین هر دورافت با زمان‌سیر دورافت صفر را برونراند نرمال می‌گویند که مطابق رابطه (۱-۲) به دست می‌آید [۶].

1-Full wavefrom inversion
2-Normal moveout correction
3-Offset

$$\Delta t_{NMO} = t - t_0 = t_0 \left[\sqrt{1 + \left(\frac{x}{vt_0} \right)^2} - 1 \right] = \frac{x^2}{2v^2 t_0} = \frac{x^2}{4vh} \quad (2-1)$$

مطالب عنوان شده برای یک مدل ساده تک لایه افقی می باشد که از مدل واقعی زمین دور می باشد. اما می توان نشان داد که در هر مدل پیچیده زمین، منحنی زمان رسید حاصل از یک بازتابنده را در رکورد نقطه میانی مشترک^۱ می توان با یک هذلولی تقریب زد. در یک مدل چند لایه افقی طبق معادله دیکس^۲، منحنی زمان رسید هر کدام از بازتابنده ها به صورت هذلولی رابطه (۳-۱) می باشد.

$$t^2 \cong t_0^2 + \frac{x^2}{v_{rms}^2} \quad (3-1)$$

که، x دورافت، t_0 زمان سیر در دورافت صفر تا بازتابنده مورد نظر می باشد که مطابق با رابطه (۵-۱) محاسبه می شود و V_{RMS} ^۳ طبق رابطه (۶-۱) تا بازتابنده هدف محاسبه می شود.

$$\Delta t_i = \frac{2h_i}{v_i} \quad (4-1)$$

$$t_0 = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \quad (5-1)$$

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{1}{t_0} \sum_{i=1}^n v_i^2 \Delta t_i} \quad (6-1)$$

برای یک مدل تک لایه شیب دار، منحنی زمان سیر به صورت رابطه (۷-۱) می باشد که معادله یک هذلولی است [۶].

1-Common mid-point gather
2-Dix
3-Root mean square

$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2 + 4hx \sin \phi}{v_1^2} \quad (7-1)$$

که $t_0 = \frac{2h}{v}$ زمان سیر دورافت صفر در موقعیت CMP، ϕ شیب لایه، x دورافت و v_1 سرعت انتشار موج در لایه مورد نظر می باشد. در یک مدل پیچیده چند لایه با لایه های شیب دار که شیب های مختلفی دارند، نیز منحنی زمان سیر به صورت یک هذلولی مطابق با رابطه (۳-۱) می باشد، با این تفاوت که v_{rms} به صورت رابطه (۸-۱) محاسبه می شود [۶].

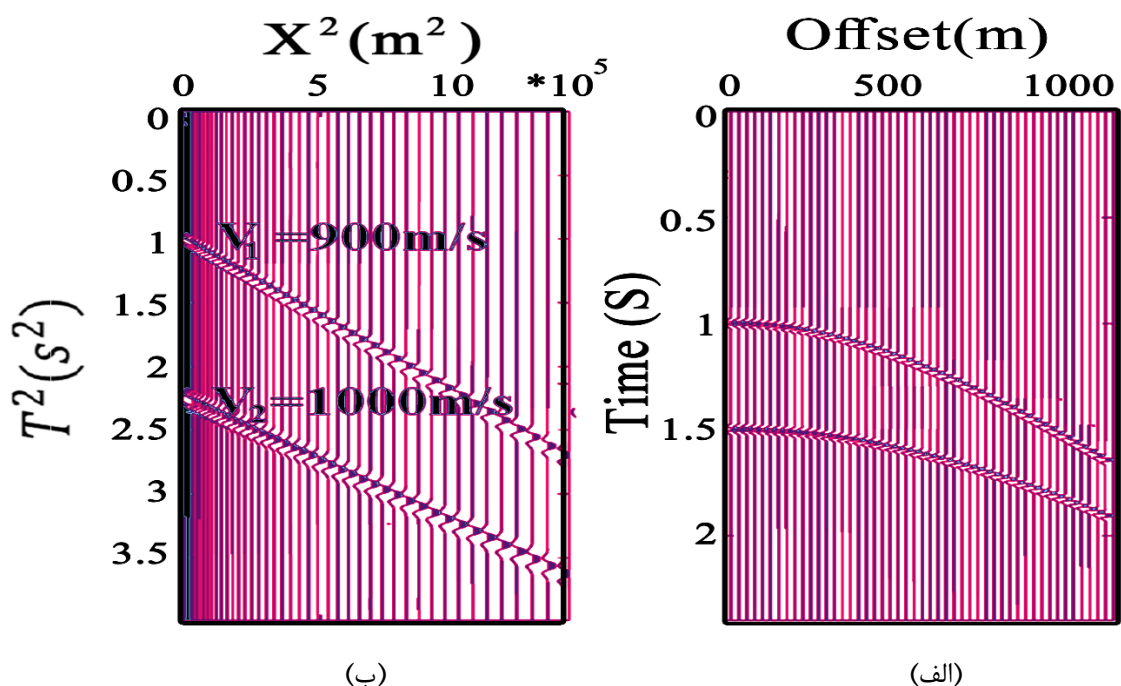
$$v_{rms}^2 = \frac{1}{t_0 \cos^2 \beta_0} \sum_{i=1}^n v_i^2 \Delta t_i (0) \prod_{k=1}^{i-1} \left(\frac{\cos^2 \alpha_k}{\cos^2 \beta_k} \right) \quad (8-1)$$

همان طور که مشاهده گردید در هر مدلی از زمین می توان منحنی زمان سیر را با استفاده از یک هذلولی تقریب زد.

۳-۱- روش های متداول تصحیح برونراند نرمال

۳-۱-۱ روش t^2-x^2

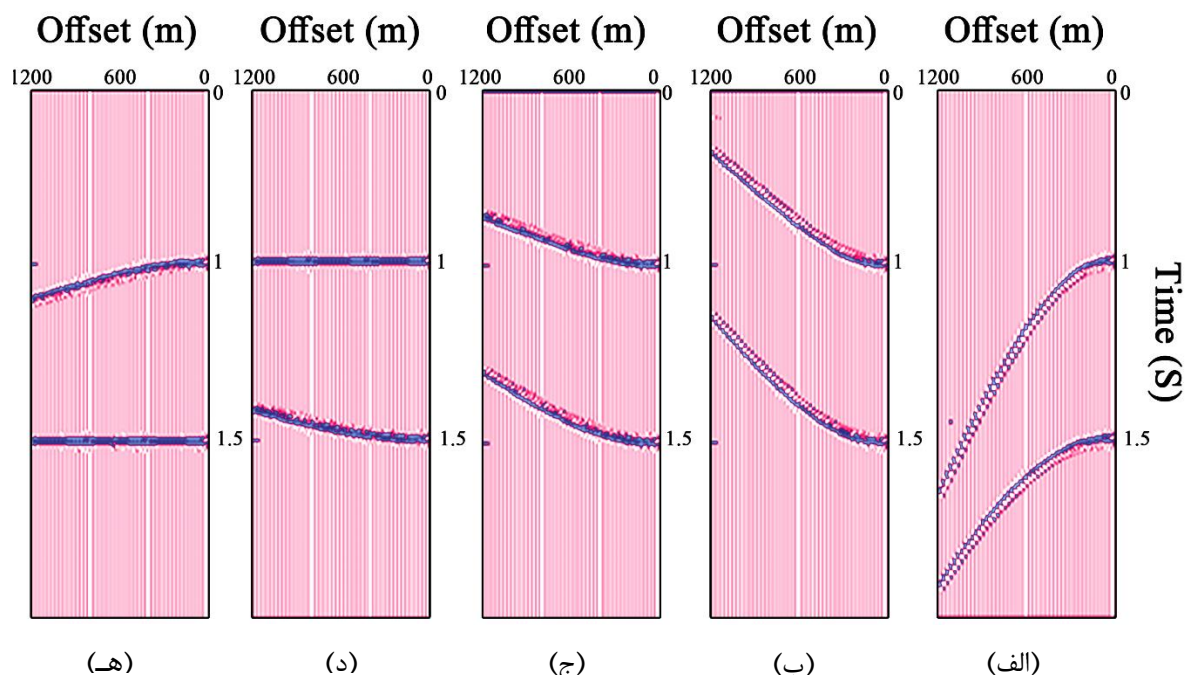
یک روش عملی برای تعیین سرعت هر هذلولی، استفاده مستقیم از رابطه هذلولی می باشد. با توجه به رابطه (۳-۱) مشاهده می شود، رسم نمودار زمان سیر در صفحه t^2-x^2 سبب می شود که نمودار هذلولی در صفحه $t-x$ به صورت یک خط شیب دار در صفحه t^2-x^2 تبدیل شود. شیب این خط برابر $\frac{1}{v_{rms}^2}$ است و مقدار این خط در $x=0$ برابر t_0^2 است. شکل (۱-۱) الف نشان دهنده رکورد نقطه میانی مشترک با دو رویداد هذلولی با سرعت های RMS ۹۰۰ و ۱۰۰۰ متر بر ثانیه در صفحه $t-x$ است. شکل (۱-۱) ب موقعیت رکورد نقطه میانی مشترک در مختصات t^2-x^2 را نشان می دهد که هذلولی های مربوطه به خطوط شیب دار تبدیل شده اند. می توان با محاسبه شیب و عرض از مبدا خطوط مذکور، v_{rms} و t_0 هر رویداد بازتابی را محاسبه نمود.



شکل ۱-۱: محاسبه سرعت بازتابنده‌ها با روش $t^2 - x^2$. (الف) مصنوعی. (ب) نمودار بازتابنده‌ها در صفحه $t^2 - x^2$ و تخمین سرعت آنها.

۱-۳-۲-اسکن سرعت ثابت^۱

روش اسکن سرعت ثابت رکوردهای نقطه میانی مشترک، یک روش مناسب برای آنالیز سرعت داده‌های لرزه‌ای می‌باشد. در این روش، رکورد نقطه میانی مشترک با سرعت‌های ثابت مختلف، تصحیح برونراند نرمال می‌شود. سپس با مقایسه رکوردهای تصحیح‌شده، مقدار صحیح سرعت برای هر t_0 تعیین می‌شود. مقدار صحیح سرعت برای هر t_0 در واقع همان سرعتی است که رویداد موجود در t_0 مذکور را به بهترین شکل ممکن به خط کرده باشد. برای مثال در شکل (۱-۲) رکورد نقطه میانی مشترک مصنوعی شکل (۱-۱) الف به ازای سرعت‌های ثابت از ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ متر بر ثانیه با گام افزایشی ۱۰۰ متر بر ثانیه تصحیح برونراند نرمال شده‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود در $t_0 = 1$ سرعت ۹۰۰ متر بر ثانیه و در $t_0 = 1/5$ سرعت ۱۰۰۰ متر بر ثانیه بهترین به خط شدگی را ایجاد نموده‌اند.

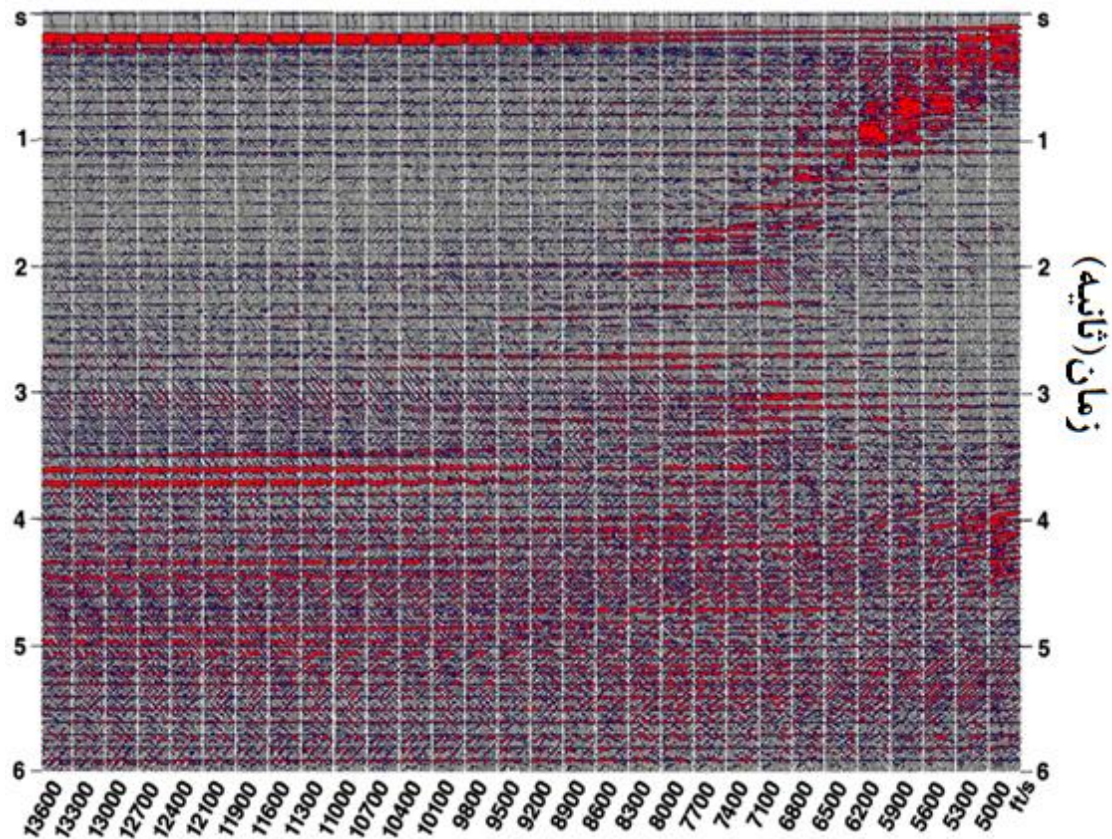


شکل ۳-۱: تخمین سرعت بازتابنده‌ها با روش اسکن سرعت ثابت. الف) رکورد مصنوعی نقطه میانی مشترک. اعمال تصحیح برونراند نرمال با سرعت‌های ب) ۷۰۰ (ج) ۸۰۰ (د) ۹۰۰ ه) ۱۰۰۰ متر بر ثانیه.

۳-۳-۱- برانبارش سرعت ثابت (cvs)

یکی از اهداف اصلی جهت محاسبه یک تابع دقیق سرعت، به دست آوردن بهترین کیفیت برانبارش^۲ سیگنال است. بنابراین، این سرعت‌ها در یک بازه سرعت که بازتابنده‌ها در آن برانبارش و پیوستگی خوبی داشته باشند محاسبه می‌شوند. هر بخش از شکل (۳-۱) مقطع برانبارش حاصل از ۲۴ رکورد نقطه میانی مشترک که با سرعت ثابت بین ۵۰۰ تا ۱۳۶۰۰ فوت بر ثانیه تصحیح برونراند نرمال و برانبارش شده‌اند را نمایش می‌دهد. سرعت مناسب برانبارش برای هر t_0 برابر با سرعتی است که در آن سرعت، رویداد موجود در t_0 به خوبی و با کیفیت مناسب قابل مشاهده باشد.

1-Constant velocity stack
2-Stack



شکل ۱-۳: آنالیز سرعت با استفاده از روش CVS در یک بازه سرعت بین ۵۰۰۰ تا ۱۳۶۰۰ فوت بر ثانیه [۶].

۱-۴- آنالیز سرعت کوچ (MVA^۱)

آنالیز سرعت کوچ یکی از مهمترین قسمت‌های تصویرسازی داده‌های لرزه‌ای است. صرف نظر از این که کوچ زمانی^۲ یا کوچ عمقی^۳ باشد، پیدا کردن مدل سرعت برای تصویر سازی لرزه‌ای کار راحتی نیست. پیدا کردن سرعت بهینه به تجربه‌ی محقق، کیفیت ابزار کوچ و کیفیت داده‌های لرزه‌ای بستگی دارد و کوچ وقتی که زمین همسانگرد^۴ باشد نتیجه‌ی قابل قبولی را به دست می‌آورد. اما زمانی که زمین ناهمسانگرد باشد تخمین منطقی از پارامترهای مدل سرعت مشکل ساز است. در اینجا محقق باید ابزارهای مناسبی برای بهبود دقت^۵ و صحت^۶ مدل نهایی زمین در دست داشته باشد، با این وجود پارامترهای درون زمین باید از داده‌های لرزه‌ای

1-Migration Velocity Analysis
2-Migration time
3-Migration depth
4-Isotropic
5-Precision
6-Accuracy

تخمین زده شود. مراحل پیش پردازش^۱ ساده‌ای وجود دارد تا کیفیت نهایی داده‌های لرزه‌ای را محدود کند. برخی از آماده سازی‌هایی که می‌تواند نتیجه‌ی بد یا خوب در تصویر سازی نهایی داشته باشد به صورت زیر است:

۱: واهمامیخت (وایپچش)^۲ به صورت خوب انجام شده باشد، محتوای فرکانس پایین را بهبود بخشد.

۲: حذف محتوای فرکانس پایین در داده های لرزه‌ای بد است. آنالیز سرعت به فرکانس پایین در داده‌ها نیاز دارد. اما نسبت به فرکانس‌های بالا به اندازه‌ی فرکانس های پایین مورد نیاز نیست. در ابتدا کوچ باید انجام شود تا نیاز به حذف فرکانس‌های پایین آشکار شود.

۳: کاهش نوفه‌های دو بعدی ممکن است شیب واقعی را کاهش دهد. فیلتر $f-k$ یا باد بزنی^۳ تنها در زمان نیاز و ضرورت انجام شود.

۴: کاهش چندگانه‌ها^۴ ممکن است مورد نیاز واقع شود [۷].

ایجاد یک روش قابل قبول برای آنالیز سرعت نیازمند داده‌های زیادی برای کاهش خطای تخمین مدل سرعت است. آنالیز سرعت پس از کوچ، سرعت را به صورت قائم از سطح تا نقطه‌ی کوچ شده تخمین می‌زند. می‌توان با کوچ مقاطع دورافت مشترک^۵ و توسعه‌ی آنالیز سرعت بعد از کوچ مقطع را بهسازی کرد. هدف استفاده از روش‌های آنالیز، سرعتی است که تخمین‌های مدل اولیه‌ی سرعت را بهبود ببخشد [۷].

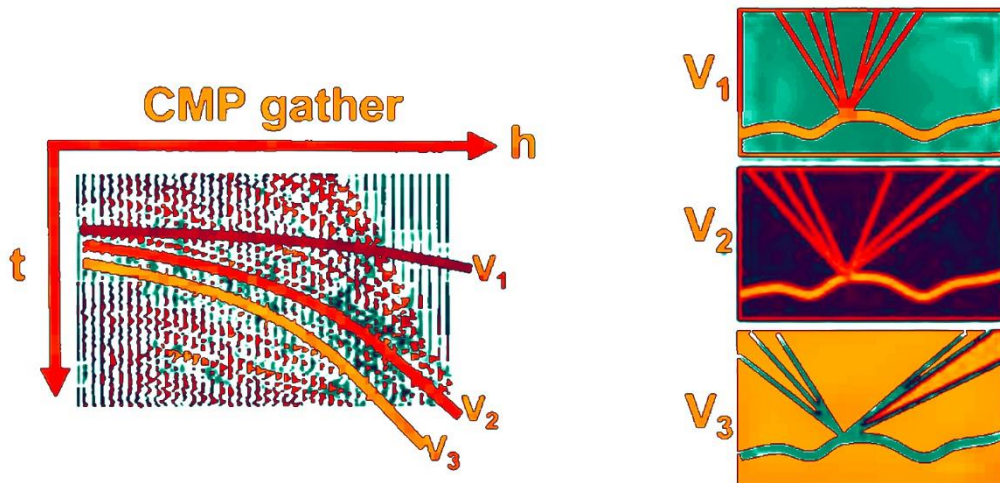
تکنیک‌های مختلفی برای آنالیز سرعت کوچ وجود دارد که می‌توان به تکنیک سرعت ثابت، سرعت مستقل، کوچ نقشه، آنالیز یک بعدی تحلیلی^۶، همدوسی معکوس^۷، برونمایی میدان موج^۸، آنالیز تمرکز (FA)^۹،

1-Preprocessing
2-Deconvolution
3-Fan filters
4-Multiple
5-Common Offset
6-Deregowski Loop
7-Coherency Inversion
8-Wave Field Extrapolation
9-Focusing Analysis

اسکن ورداشت‌های نقطه بازتاب مشترک^۱ و تکنیک اسکن تصویر^۲ را می‌توان نام برد. در ادامه به بررسی کلی برخی از این تکنیک‌ها می‌پردازیم.

۱-۴-۱- آنالیز سرعت کوچ با تکنیک همدوسی معکوس

این تکنیک اسکن شبه^۳ تک بعدی، در اصل براساس ردیابی اشعه^۴ از طریق یک مدل اولیه است. بنابراین جهت محاسبه‌ی همدوسی در آنالیز سرعت، پنجره‌ای بر روی این مسیر^۵ برونراند متمرکز است. سپس سرعت در لایه‌های تحت بررسی منحرف می‌شود و ردیابی اشعه تکرار می‌شود به نحوی که منجر به یک مسیر مشابه جدید برای آنالیز سرعت بعدی شود. با اسکن بر روی مسیرهای ردیابی شده با اشعه برای محدوده‌ای از سرعت‌های انحراف یافته، بیشترین شباهت را می‌توان با گزینش انتخاب کرد و سرعت بازه‌ای در این موقعیت CMP را با بروزرسانی معکوس عمودی ساده دیکس بروزرسانی نمود شکل (۱-۴). این تکنیک بسیار سریع است اما برای ساختارهای پیچیده خیلی دقیق نیست. به دلیل سرعت و استفاده آسان این تکنیک اغلب برای ایجاد مدل اولیه به کار گرفته می‌شود [۸].

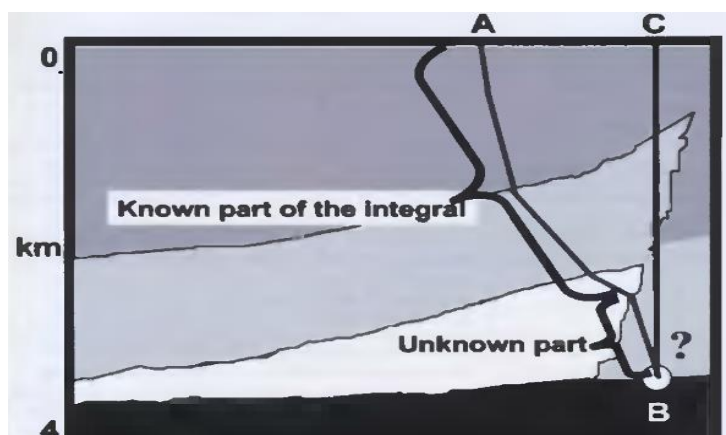


شکل ۱-۴: تکنیک همدوسی معکوس [۸].

- 1-Common Reflection Point Gather Scanning
- 2-Image Scanning
- 3-Quasi
- 4-Ray Tracing
- 5-Trajectory

۱-۴-۲- آنالیز سرعت کوچ با تکنیک آنالیز یک بعدی (Deregowski Loop)

این روش اساسی‌ترین تکنیک برای بروز رسانی ساده‌ی پس از کوچ مدل است. داده‌ها کوچ یافته و برداشت‌های CMP حاصل تحت آنالیز برونراند باقیمانده^۱ قرار می‌گیرند. نتایج این آنالیز (یک مقدار سرعت RMS جدید) برای بروز رسانی مدل سرعت بازه‌ای^۲ از طریق معکوس عمودی دیکس به کار گرفته می‌شود. این مسئله از دو مشکل ذاتی رنج می‌برد، ابتدا این واقعیت که برونراند باقیمانده در برداشت‌های کوچ یافته وجود دارند که مشخص می‌کند رویدادی که انتخاب شده‌اند در موقعیت فضایی غلط قرار دارند. زیرا موقعیت جابه‌جایی افقی در طی کوچ غلط بوده‌است. دوم خطای RMS انجام شده به طور عمودی و با استفاده از معادله‌ی دیکس معکوس می‌شود. بروز رسانی با معکوس کردن در امتداد خط عمودی که در شکل (۱-۵) نشان داده شده‌است انجام می‌شود. بنابراین در تشخیص لایه لایه‌ای بودن، اجزای نادرست مسیر حرکت حذف شده. برای بروز رسانی صحیح مدل، باید خطای سرعت را در موقعیت فضایی صحیحش را انتخاب کرد و سپس مدل سرعت را با معکوس کردن در امتداد نرمال بروز کرد تا انعکاس دهنده بروز شود (در امتداد خطی که در شکل (۱-۵) نشان داده شده‌است) [۸].



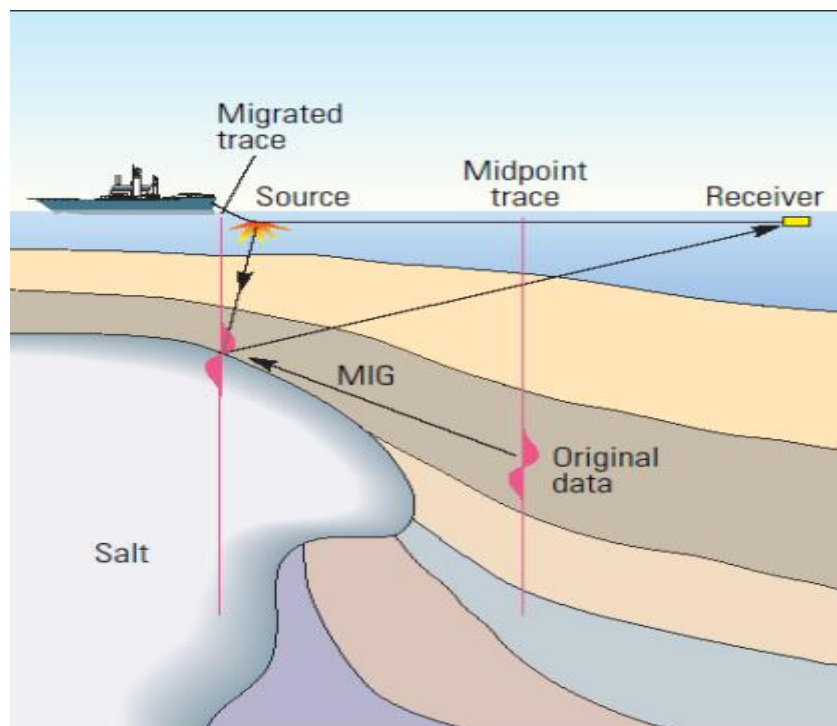
شکل ۱-۵: بروز رسانی عمودی در مقابل بروز رسانی بر پایه اشعه، مسیر حرکت درست برای اشعه دورافت صفر در امتداد مسیر A-B قرار می‌گیرد و در امتداد این مسیر هر وارونگی سرعت بازه‌ای باید واقعاً صورت پذیرد. با این حال، یک وارونگی عمودی (Dix)، اگر در مسیر عمودی B-C قرار گیرد، از اطلاعات استفاده خواهد کرد [۸].

۱-۵-کوچ^۱

۱-۵-۱-تعریف کوچ

کوچ فرآیندی است که اثرات ناشی از مسیر انتشار موج را در داده‌های لرزه‌ای برطرف می‌کند. در نتیجه بازتابنده‌های شیب‌دار به مکان درست‌شان منتقل می‌شوند و امواج پراش^۲ هم فرونشانده می‌شوند [۹].

در واقع کوچ از یک مدل سرعت جهت توزیع مجدد انرژی بازتاب یافته از نقطه میانی مفروض به مکان واقعی خود استفاده می‌کند. شکل (۶-۱) کوچ انرژی لرزه‌ای بازتاب یافته را برای یک مدل دو بعدی نشان می‌دهد [۱۰].



شکل ۶-۱: کوچ انرژی لرزه‌ای بازتاب یافته. برای مدل دو بعدی ساده، کوچ با استفاده از یک مدل سرعت، ردلرزه ثبت شده از نقطه میانی چشمه و گیرنده را به مکان واقعی خود انتقال می‌دهد [۱۰].

قبل از انجام فرایند کوچ بر روی داده‌های لرزه‌ای، نگاه به تصویر داده‌های لرزه‌ای به عنوان مقطع عرضی^۳ از زمین غلط می‌باشد. زیرا رخدادهای شیب دار در محل واقعی خود قرار نگرفته‌اند و وضوح جانبی پایین است.

1-Migration
2-Diffraction Waves
3-Cross Section

از دیدگاه کاربری هر نوع کوچ می‌تواند به عنوان فرآیندی در نظر گرفته شود که ورودی آن داده‌های غیرکوچ شده‌اند و خروجی آن تصویر کوچ‌داده شده است [۱۱].

نام‌های دیگری که برای تصویر کوچ‌داده شده به کار می‌رود تصویر بازتابی^۱، نقشه بازتابی^۲، داده‌های کوچ‌داده شده و تصویر زمین^۳ است.

۱-۵-۲-انواع کوچ

روش‌های زیادی برای طبقه‌بندی کوچ وجود دارد. در اولین طبقه‌بندی، کوچ را به کوچ دو بعدی و کوچ سه بعدی تقسیم بندی می‌کنند. نوع دیگری از طبقه‌بندی کوچ، بر اساس نوع داده‌ها به فرآیند کوچ است که بر این اساس کوچ بر روی ردلرزه‌های پیش از برانبارش^۴ و پس از برانبارش^۵ صورت می‌گیرد. آخرین نوع طبقه‌بندی، کوچ به دو نوع کوچ زمان و کوچ عمق طبقه‌بندی می‌شود [۱۱].

۱-۵-۲-۱-کوچ دوبعدی و کوچ سه بعدی

کوچ دو بعدی بر روی داده‌های لرزه‌ای در فضای دو بعدی عمل می‌کند. در حالی که کوچ سه بعدی، رویدادهای لرزه‌ای را در محیطی سه بعدی (یک شبکه بسته از خطوط دو بعدی برداشت داده‌های لرزه‌ای، اگر با هم ادغام شوند تشکیل یک حجم سه بعدی از داده‌های لرزه‌ای را خواهند داد) مورد بررسی قرار می‌دهد. در کوچ دو بعدی فرض بر این است که مقطع برانبارش شده حاوی هیچ انرژی خارج از صفحه‌ی ثبت شده نیست. در صورتی که کوچ سه بعدی تصویرسازی صحیح‌تری را از انرژی‌های خارج از صفحه‌ی ثبت شده نشان می‌دهد. در کوچ سه بعدی، فرایند کوچ داده‌های سه بعدی لرزه‌ای را می‌توان به دو صورت کوچ یک مرحله^۶ و کوچ دو مرحله^۷ انجام داد. کوچ سه بعدی یک مرحله، داده‌های لرزه‌ای را به عنوان یک جسم واقعی سه بعدی در نظر

1-Reflectivity Image
2-Reflectivity Map
3-Earth Image
4-Pre Stack
5-Post Stack
6-One Pass
7-Two Pass

می‌گیرد. اما کوچ سه بعدی دومرحله، شامل کوچ دو بعدی در طول خطوط طولی^۱ در یک مرحله و در مرحله‌ی بعد کوچ دو بعدی در طول خطوط عرضی^۲ است. کوچ سه بعدی دو مرحله‌ای تنها زمانی مفید است که تغییرات جانبی سرعت کم است این نوع کوچ استفاده کمتری در صنعت دارد [۱۱].

۱-۵-۲-۲- کوچ پیش از برانبارش و کوچ پس از برانبارش

در کوچ پس از برانبارش داده‌ها بصورت دورافت صفر در نظر گرفته می‌شوند و برونراند شیب^۳ همیشه قبل از برانبارش نقطه میانی مشترک انجام می‌شود تا رخداد های شیب دار در داده‌ها برانبارش شده حفظ شود. کوچ پیش از برانبارش بر روی همه‌ی داده‌های لرزه‌ای قبل از برانبارش اعمال می‌شوند. عموماً فرآیند پردازشی واهمامیخت (پیچش)، برخی از تصحیحات دامنه^۴ که در فرآیند کوچ تاثیر نداشته باشند و تصحیحات استاتیک^۵ قبل از کوچ پیش از برانبارش انجام می‌شود. کوچ پس از برانبارش داده‌ها نسبت به کوچ پیش از برانبارش ارزان تر است. اما در محیط‌های پیچیده (منظور از محیط های پیچیده محیط‌های دارای شیب‌های تند، گسل و توپوگرافی شدید است) دقت کمتری دارند [۱۱].

۱-۵-۲-۳- کوچ زمان و کوچ عمق

آخرین نوع طبقه بندی کوچ، به دو نوع کوچ زمان و کوچ عمق طبقه بندی می‌شود. خروجی کوچ زمان یک مقطع زمان و خروجی کوچ عمق یک مقطع عمقی است.

کوچ زمان به درستی از قانون اسنل تبعیت نکرده و منجر به موقعیت یابی نادرست جانبی انرژی می‌شود. یک نتیجه این تخمین این است که روی یک مقیاس طولی یکسان با عمق بازتابنده، کوچ زمان فرض می‌کند سرعت جانبی ثابت است [۸ و ۱۱].

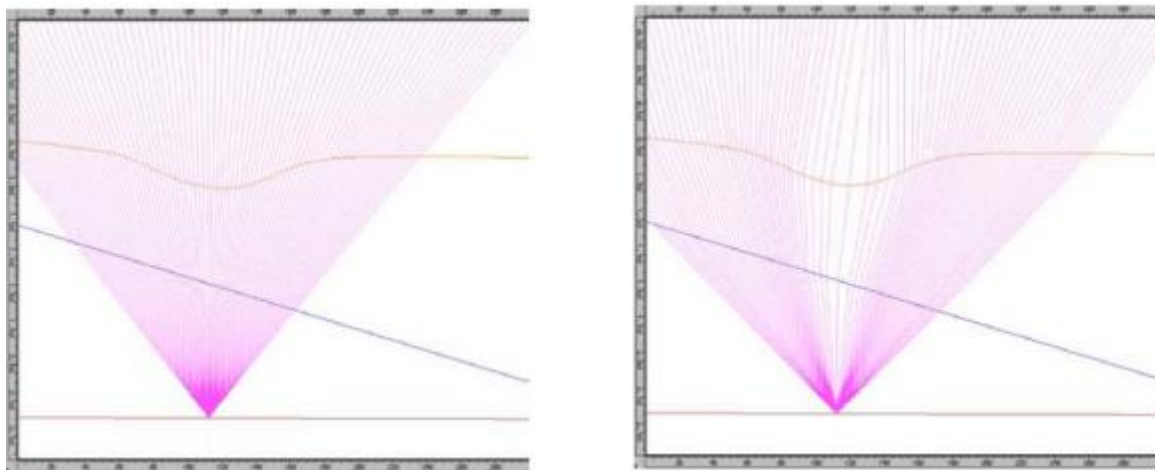
اختلاف اصلی کوچ زمان و کوچ عمق در تغییرات سرعت جانبی است که کوچ عمق از پس آن برمی‌آید

1-In Line
2-Cross Line
3-Dip Move Out
4-Gain Corrections
5-Static Corrections

ولی کوچ زمان تغییرات سرعت جانبی را در نظر نمی‌گیرد. این تفاوت با استفاده از کوچ جمع پراش به بهترین نحو نمایش داده می‌شود. کوچ جمع پراش، مقدار داده‌ها را در امتداد هذلولی پراش جمع کرده و نتیجه را به راس آن نسبت می‌دهد. این روش هنگامی که به عنوان کوچ زمان انجام می‌شود مقدار سرعت rms را به کار برده و فرض می‌کند منحنی هذلولی برابر است با:

$$t = \sqrt{t_0^2 + \frac{2 * (x - x_0)^2}{v_{RMS}^2}} \quad (9-1)$$

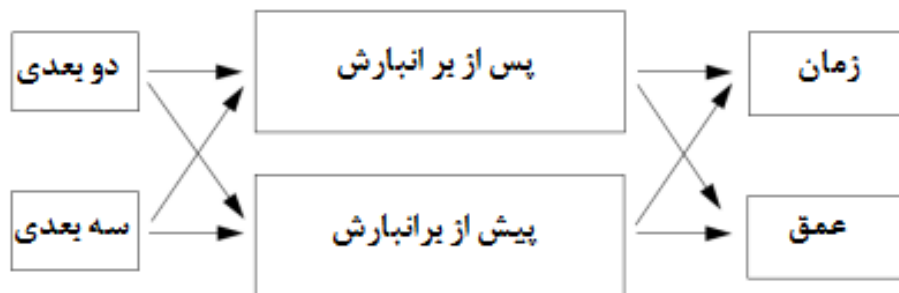
که t_0 زمان کوچ داده شده و x_0 نقطه‌ی پراش است. کوچ عمق، سرعت بازه‌ای را برای ردیابی پرتوها از نقطه پراش به سطح به کار می‌برد با این اطمینان که منحنی پراش در هر نقطه به دقت محاسبه شده‌اند. کوچ سپس مقدار داده‌ها را در امتداد منحنی پراش محاسبه شده، جمع کرده و به نقطه پراش نسبت می‌دهد شکل (۱-۶).



شکل ۷-۱: الف) مسیر پرتو برای پراش با استفاده از سرعت RMS (کوچ زمان). ب) مسیر پرتو برای پراش با استفاده از سرعت بازه‌ای (کوچ عمق) [۶].

وقتی که سرعت به صورت جانبی تغییر کند همان‌طور که در شکل (۷-۱) نشان داده شده است مدل سرعت RMS برای توصیف هندسه‌ی پراش ناتوان است، در این حالت کوچ زمان و کوچ عمق جواب یکسانی نمی‌دهند. جواب آن‌ها در کیفیت تصویر و موقعیت افقی باهم اختلاف دارند و تمرکز بهتر در کوچ عمق به دست

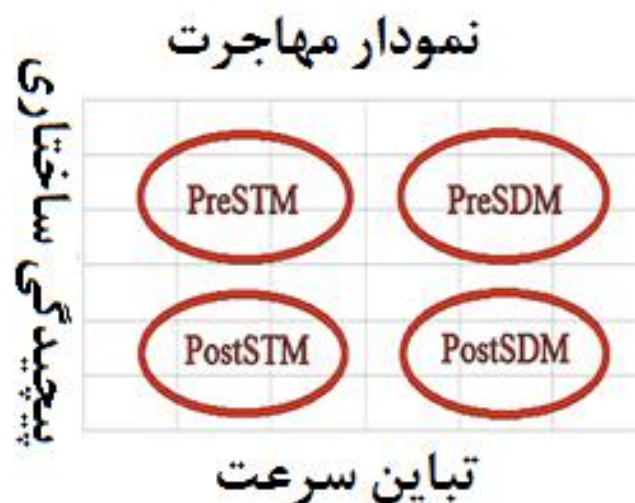
می‌آید که انرژی را در امتداد منحنی صحیح در مقابل منحنی تقریب جمع می‌کند. هنگامی که سرعت به صورت جانبی تغییر می‌کند راس منحنی پراش (کمترین زمان) بر نقطه‌ی پراش منطبق نیست. کوچ زمان تصویر را در راس منحنی پراش قرار می‌دهد پس رخداد را در جایگاه افقی غلط قرار می‌دهد. کوچ عمق رخداد را در جایگاه صحیح قرار می‌دهد. شکل شماره (۸-۱) انواع روش‌های انجام فرایند کوچ را نشان می‌دهد [۶].



شکل ۸-۱: انواع روش‌های انجام فرایند کوچ.

۱-۵-۳- مقایسه انواع کوچ

همان‌طور که در شکل شماره (۹-۱) نشان داده شده است اگر تغییرات سرعت شدید باشد از کوچ عمق استفاده می‌کنیم و همچنین اگر ساختار پیچیدگی شدید داشته باشد از کوچ پیش از برانبارش استفاده می‌کنیم.



شکل ۹-۱: محدوده‌ی اجرای کوچ زمانی و عمقی پیش از برانبارش و پس از برانبارش [۱۲].

۱-۵-۴- الگوریتم^۱ کوچ

جزئیات انجام هر کوچ به عنوان الگوریتم کوچ نامیده می‌شود. الگوریتم کوچ به دو دسته الگوریتم کوچ بر اساس اشعه^۲ (کیرشهف^۳، پرتو سریع، پرتو گوسی و...) و الگوریتم کوچ براساس معادله موج^۴ (برون یابی موج تک مسیره^۵ (WEM)، کوچ زمان معکوس دو مسیره^۶ (RTM) و...) تقسیم می‌شود [۸].

تکنیک‌های متفاوتی برای انجام کوچ داده‌ها توسعه یافتند. تکنیک‌های کیرشهف، فوریه و اجزای محدود معادله موج، تکنیک‌های مورد استفاده در صنعت است. پرکاربردترین تکنیک براساس اشعه تکنیک کیرشهف است که در حوضه‌ی زمان و فضا انجام می‌شود و معمولی‌ترین تکنیک کوچ داده‌های سه بعدی در حوضه‌ی عمق است و بیشتر بر روی داده‌های قبل از کوچ عمق به کار می‌رود. الگوریتم معادله‌ی موج، برخی از روش‌های مستقیم و یا غیر مستقیم اجزای محدود را برای کوچ استفاده می‌کند. الگوریتم‌های معادله‌ی موج شامل کوچ وارون و انواع مختلفی از الگوریتم‌های تفاضل محدود^۷ (FD) هستند. و عموماً تکنیک‌های کوچ عمق هستند که با استفاده از معادله‌ی موج به صورت مستقیم کنترل خوبی بر روی دامنه‌ی داده‌ها دارند. تکنیک اجزای محدود نسبتاً گران هستند و داده‌ها در روش اجزای محدود قبل از کوچ باید در یک شبکه منظم درون یابی شده باشند. کوچ استولت^۸ و گزدگ^۹ دو روش از تکنیک فوریه هستند که به عنوان کوچ تغییر فاز نیز شناخته می‌شوند. کوچ گزدگ بخاطر اینکه فقط در محدوده زمان تبدیل فوریه انجام می‌دهد نسبت به کوچ استولت پیچیدگی کمتری دارد [۱۱].

حال این سوال آموزنده است که چه الگوریتم کوچی در چه موقع استفاده کنیم پاسخ به این سوال در جدول شماره (۱-۱) نشان داده شده است. منظور از روبره‌ی^{۱۰} ساده به پوسته‌هایی که ممکن است به صورت

1-Algorithms
2-Ray Based
3-Kirchhoff
4-Wave Equation Based
5-Wave Equation Extrapolation Migration
6-Reverse Time Migration
7-Finite Difference
8-Stolt
9-Gazdag
10-Overburden

لایه‌های مسطح با تغییرات آرام سرعت باشند اشاره دارد. در حالی که یک روباره‌ی پیچیده ممکن است نشان دهنده‌ی شیب‌های تند یا تغییر سریع سرعت جانبی باشد. و مفهوم یک هدف ساده اشاره به منطقه‌ای دارد که دارای تغییر آرام سرعت و ساختاری با برجستگی پایین دارد. در حالی که منظور از هدف پیچیده، اشاره به منطقه‌ای دارای تغییرات سریع سرعت و ساختارهای پیچیده دارد [۸].

جدول ۱-۱: استفاد از چه نوع الگوریتمی در چه زمانی؟ [۸].

روباره			
هدف		ساده	پیچیده
	ساده	تکنیک کیرشهف، کوچ زمان پیش از برانبارش	برون یابی موج تک مسیره (WEM) یا پرتو کوچ عمق پیش از برانبارش
	پیچیده	تکنیک کیرشهف یا پرتو، کوچ عمق پیش از برانبارش	برون یابی موج تک مسیره (WEM) یا پرتو کوچ عمق پیش از برانبارش اما کوچ زمان معکوس دو مسیره (RTM) ترجیح داده می‌شود.

۱-۶- بیان مسئله

تصویر برداری لرزه‌ای از ساختارهای زمین‌شناختی با تغییرهای شدید سرعت جانبی نیاز به کوچ عمق داده‌های لرزه‌ای دارد. چنین فرآیندی به تنهایی نیاز به تعیین دقیق توزیع انتشار سرعت دارد. برای تعیین سرعت روش‌های مختلفی وجود دارد که توموگرافی لرزه‌ای یکی از این روش‌ها است. در حالی که پیچیدگی انتشار موج، انتخاب زمان سیر را دوچار مشکل می‌کند آنالیز سرعت کوچ این تکنیک را کامل می‌کند [۱۳].

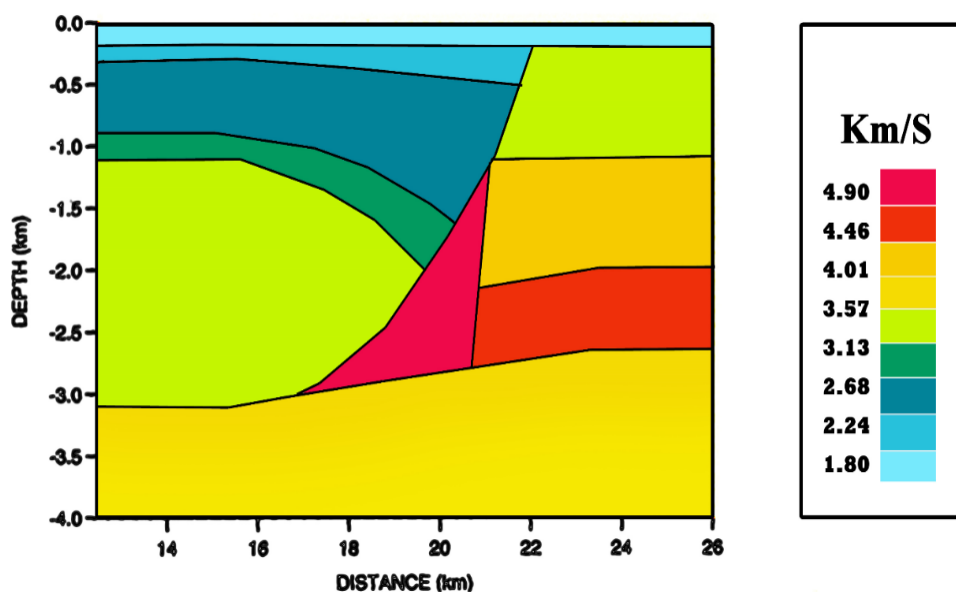
برای انجام این روش‌ها از دو نوع مدل زیر سطحی (مدل لایه‌ای^۱ و مدل هموار^۲) می‌توان استفاده کرد. مدل‌های لایه‌ای (لاینز^۳ و تریتل^۴ (۱۹۸۵)، چیو^۵ و استوارت^۶ (۱۹۸۷)) از یک مدل لایه‌ای از زیر سطح استفاده می‌کند که هر لایه با یک سکانس بزرگ^۷ مرتبط است که در آن سرعت به آرامی تغییر می‌کند. چنین مدلی از زیرسطح وضعیت و منظر خیلی معمولی دارد. اگر x و z به ترتیب نمایش دهنده مختصات افقی و عمق باشند، تعریف ریاضی یک مدل توده‌ای نیاز به تعریف زیر دارد:

یک توزیع سرعت $V_i(x,z)$ در هر لایه i

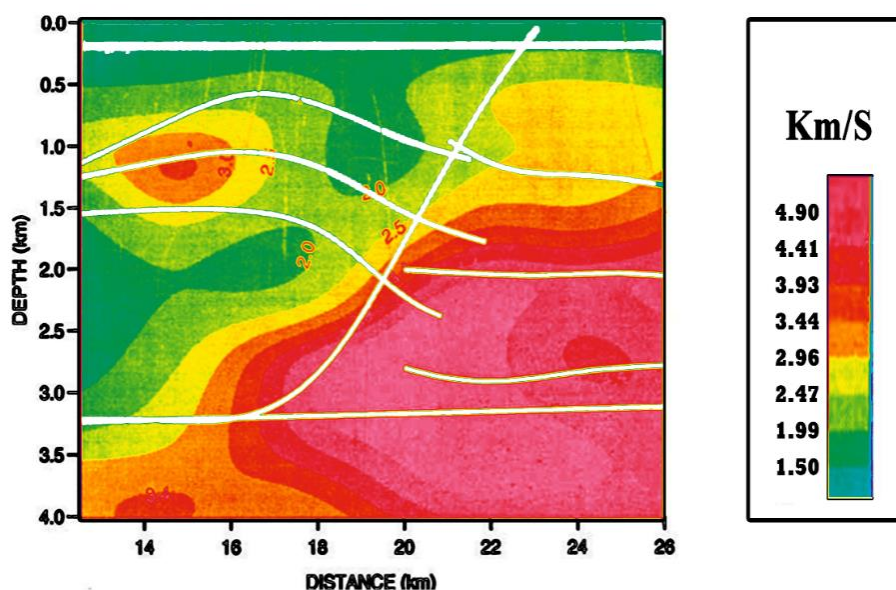
سطوح مشترک جداکننده لایه‌های مختلف که با یک تابع عمق هموار $Z_j(x)$ توصیف می‌شوند که علامت z به سطح مشترک لایه بر می‌گردد.

در مدل‌های هموار، مفهوم لایه‌ای وجود نداشته و توزیع سرعت به طور کلی و به کمک یک تابع هموار $V(x,z)$ تعریف می‌شود. شکل (۱-۱۰) یک مدل لایه‌ای و شکل (۱-۱۱) یک مدل هموار را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود در مدل‌های هموار بازتابنده‌ها یکدیگر را قطع می‌کنند و این امکان را دارد که بازتابنده یک گسل را قطع کند [۱۳].

1-Blocky Model
2-Smooth Model
3-Lines
4-Treitel
5-Chiu
6-Stewart
7-Macro Sequence



شکل ۱۰-۱: مدل لایه‌ای سرعت همراه با ساختار زمین‌شناسی که سرعت در هر لایه به آرامی در حال تغییر است و سرعت در مرز لایه‌ها ثابت است [۱۳].



شکل ۱۱-۱: مدل هموار سرعت همراه با ساختار زمین‌شناسی که در این مدل لایه‌ها همدیگر را قطع می‌کنند [۱۳].

در این پایان نامه به بیان این مسئله می‌پردازیم که آیا هموار سازی مناسب است یا خیر؟ و اینکه هموار سازی به چه میزان مناسب است آیا هموار سازی زیاد باعث کاهش کیفیت تصویر می‌شود یا خیر؟

۱-۷-هدف و ضرورت انجام تحقیق

در حضور ساختارهای پیچیده با تغییرهای شدید در سرعت‌های جانبی استخراج اطلاعات سرعت در فضای داده‌ها غیردقیق و زمان‌بر است. در چنین وضعیت‌هایی فضای تصویر^۱ یک فضای مناسب‌تر برای استخراج اطلاعات جنبشی^۲ است زیرا کوچ در مرکز قرار گرفته و به میزان زیادی رخدادها را ساده می‌سازد، حتی هنگامی که سرعت کوچ با سرعت واقعی تفاوت دارد [۱۴].

آنالیز سرعت کوچ یک فرآیند تکرار شونده است که در آن تکرار از دو مرحله‌ی مجزا تشکیل شده است. در مرحله اول داده‌ها توسط کوچ تصویربرداری می‌شود و در مرحله دوم تابع سرعت بر اساس نتایج کوچ برورسانی می‌شود. نقطه شروع مدل معمولاً با استفاده از یکی از روش‌های تخمین سرعت در فضای داده‌ها است از این رو توسعه‌ی روش‌های آنالیز سرعت کوچ، روش‌های فضای داده‌ها را منسوخ نمی‌کند. روش‌های تخمین سرعت فضای داده‌ها یک پیش نیاز ضروری برای آنالیز سرعت کوچ است [۱۴].

کوچ عمق نه تنها یک ابزار تصویر برداری نیست بلکه ابزاری برای تخمین سرعت‌ها درون زمین نیز است. هنگامی که ما از کوچ عمق برای تخمین سرعت استفاده می‌کنیم، بر کیفیت تصویر کوچ یافته برای کمک به پروسه‌ی^۳ برورسانی سرعتمان تکیه‌ی می‌کنیم و هنگامی که کیفیت تصویر بهبود می‌یابد احتمالاً کیفیت سرعت‌های تخمین زده شده‌ی ما نیز بهتر می‌شود [۱۵].

در این پایان نامه برای بدست آوردن سرعت دقیق از یک مدل سرعت هموار استفاده شده است که دلیل استفاده از مدل سرعت هموار به نتایج به دست آمده از کار ورستگ^۴ (۱۹۹۱) برمی‌گردد که نشان می‌دهد: مدل‌های هموار امکان تصویر برداری لرزه‌ای را توسط کوچ عمق برای ساختارهای زمین شناسی پیچیده را فراهم می‌کند.

1-Image Space

2-Kinematic

3-Procedure

4-Versteeg

این مدل‌های هموار از لحاظ جنبشی تقریباً با داده‌های لرزه‌ای منطبق هستند، اگر چه هنگامی که هموار کردن مدل افزایش می‌یابد این انطباق به صورت تدریجی کم می‌شود [۱۳].

۸-۱- مروری بر کارهای پیشین

هموارسازی مدل اساساً نامطلوب است. زیرا جزئیات را که به چندین دلیل از جمله دلایل زمین‌شناسی اعمال شده‌اند را حذف می‌کند. و مدل را از فرم واقعی خود دور می‌کند. هموارسازی سرعت اگرچه برای کوچ تفاضل محدود غیر ضروری است. معمولاً یک امر منطقی است که قبل از هر کوچ عمق هموارسازی صورت گیرد. زیرا ما معمولاً آگاهی دقیق و کامل از سرعت‌های داخل زمین نداریم و ما هیچ وقت تابع سرعت زیر سطحی را با دقت کامل نمی‌دانیم. کوچ کیرشلف با تکیه بر تئوری اشعه نیازمند این است که میدان سرعت مشتق‌پذیر باشد که به این معنی است که یک مقدار مشخص از هموارسازی مورد نیاز است. هموارسازی مدل سرعت زیرسطحی، متعاقباً نتیجه‌ی کوچ را تغییر می‌دهد. از این رو هموارسازی بسیار زیاد قطعاً منجر به اعوجاج^۱ در تصاویر کوچ یافته خواهد شد [۱۵ و ۱۶].

بسیار مهم است که بدانیم هموارسازی بسیار زیاد میدان سرعت کوچ، به چه میزان است و آیا این امکان وجو دارد که این مقدار را تعیین کنیم؟ ما انتظار داریم که با افزایش هموارسازی سرعت تا یک مقدار بهینه کیفیت کوچ، بهبود یافته و سپس با افزایش بیشتر هموارسازی کیفیت آن کم‌تر شود. همچنین انتظار داریم که مقدار بهینه هموارسازی در حدود فرکانس موج لرزه‌ای باشد بعبارتی فرکانس‌های موجود در مدل سرعت در حدود فرکانس موج لرزه‌ای باشند. زیرا معادلات اشعه بر مقداری از هموارسازی تکیه دارد که معتبر باشد. آیا یک مقدار بهینه منفرد برای همه‌ی سطوح پیچیدگی سرعت معتبر است؟ آیا مقدار هموارسازی مورد نیاز برای بهینه سازی تصویر به شدت به پیچیدگی سرعت وابسته است؟ آیا مقدار کیفیت تصویر در مقدار بهینه‌ی هموارسازی بسیار بیشتر از مقادیر دیگر است؟ [۱۵].

1-Distortion

مطالعات مختلف زیادی از جمله تحقیقات ورستگ (۱۹۹۳)، گری^۱ (۲۰۰۰) و پافن هولز^۲ و همکاران (۲۰۰۱) با هدف ارائه راهنمایی درباره‌ی مقدار مناسب هموارسازی فضای سرعت برای کوچ عمق انجام گرفته- است. یک نتیجه‌ی مشترک این مطالعات که در کلیه‌ی آن‌ها به هموارسازی سرعت مشخصی در مجموعه‌ی داده‌های مصنوعی دو بعدی مانند مدل های نمک SEG-EAGE، Sigsbee2 و Marmousi پرداخته شده است، این است که مقدار مناسب هموارسازی به مدل و عمق وابسته است [۱۶].

تحقیقات گری (۲۰۰۰) که روی کوچ کیرشهف تمرکز داشت دریافت که اگرچه مقداری هموارسازی برای این روش مورد نیاز است، اما هموارسازی بسیار کم تصویر بهتری نسبت هموارسازی بسیار زیاد تولید می‌کند. زیرا هموارسازی بسیار زیاد مدل سرعت را به طور قابل توجهی تغییر می‌دهد [۱۵ و ۱۶].

ورستگ (۱۹۹۳) کوچ‌هایش را با یک رویکرد در کوچ میدان موج انجام داد که به ردیابی اشعه وابسته نبود، او بیان می‌کند که به کارگیری یک مقدار متوسط هموارسازی برای سرعت باعث نمی‌شود که کیفیت تصویر کوچ یافته‌ی تفاضل محدود کاهش یابد. همچنین به موازات نتیجه‌ی تحقیقات جانان^۳ (۱۹۸۹) بیان کرد که طول موج‌های که باید در مدل سرعت وجود داشته باشد نباید از یک مقدار خاص کمتر باشد. آزمایش‌های او نشان داد که هموارسازی مدل سرعت مشخص تا یک مقدار خاص (حدود ۲۰۰ متر برای فرکانس‌های واقع گرایانه) کاملاً قابل قبول است و طول موج‌های که باید در مدل باشد نیز تابعی از پیچیدگی‌های زمین واقعی است [۱۶ و ۱۷].

پافن هولز و همکاران (۲۰۰۱) در آزمایش‌های کوچ‌شان با مدل Segsbee2 کاهش تصویربرداری در زیر لایه‌ی نمک را وقتی که مدل سرعت دارای خطا است و همچنین وقتی مدل سرعت صحیح، بیش از حد زیادی هموارسازی شده باشد را نشان دادند [۱۶].

همه‌ی مطالعات بالا در آزمایش با هموارسازی برای کوچ، شامل هموارسازی مدل سرعت معلوم صحیح

1-Gray
2-Paffenholz
3-Jannane

می‌باشند. با این حال همان طور که در بالا گفته شد یکی از دلایل هموارسازی این است که ما ساختار صحیح سرعت را با جریات آن نمی‌دانیم و گاهی اوقات اطلاعات نسبتاً کمی درباره‌ی ساختار سرعت داریم از این رو لازم است مطالعاتی را انجام دهیم که در آن هموارسازی که به کار می‌رود، نه برای مدل‌های سرعت صحیح معلوم بلکه برای مدل‌هایی که دارای خطا هستند انجام شود، سپس بسته به پیچیدگی‌های مدل سرعت، میزان خطا در آن، عمق لایه‌های تحتانی هدف، لایه‌ی روباره‌ی دارای خطا و میزان فرکانس در داده‌ها برای بدست آوردن یک تصویر بهتر هدف، یک میزان بهینه‌ی هموارسازی نسبت به یک مقدار کم یا بیشتر انجام شود [۱۶].

۱-۹- روش انجام تحقیق

در این پایان‌نامه جهت هموارسازی مدل سرعت اولیه از فیلتر روندسطح و فیلتر ادامه فراسو استفاده شده است. در ابتدا مدل سرعت اولیه که با استفاده از داده‌های لرزه‌ای دوبعدی برداشت شده در منطقه گرگان بدست آمده با استفاده از فیلترهای میدان پتانسیل تفکیک می‌شوند و در مرحله بعد با اعمال یک فیلتر پایین گذر^۱ بر روی باقیمانده فرکانس مکانی بالا، بعضی از طول موج‌ها حذف می‌شوند و خروجی فیلتر شده به روند فرکانس مکانی پایین برگردانده می‌شود تا یک مدل سرعت هموار جدید ساخته شود.

۱-۱۰- ساختار پایان نامه

این پایان‌نامه به لحاظ ساختاری در پنج فصل تنظیم و نگارش شده است. در این پایان‌نامه در فصل یک ابتدا مروری بر روش‌های آنالیز سرعت و سپس انواع کوچ پرداخته شده است. در فصل دوم مروری بر انواع مدل‌های سرعت کوچ، خطاهای مدل سرعت و تاثیر این خطاها در انجام فرآیند کوچ مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل سوم تئوری انجام کار مورد بررسی قرار گرفته است، در فصل چهارم زمین‌شناسی منطقه و تمام خروجی‌های مورد نیاز جهت مشاهده، مقایسه و تحلیل ارائه شده است و در فصل پنجم نتایج بدست آمده و همچنین پیشنهادهایی جهت بهبود کار ارائه شده است.

فصل دوم

مروری بر انواع مدل های سرعت و

روش های تهیه سرعت کوچ

۲-۱-مقدمه

سوال اساسی این است که کدام مدل سرعت برای کدام مدل زمین‌شناسی استفاده شود. برای انتخاب نوع مدل سرعت باید در نظر گرفت که مدل با محیط زمین‌شناسی مورد مطالعه هم‌خوانی داشته‌باشد [۸].

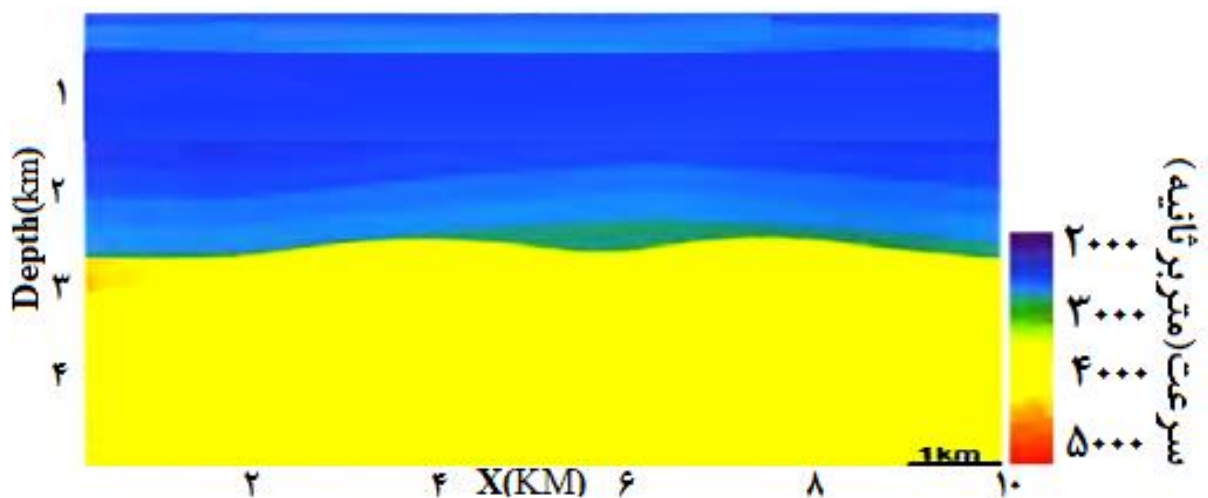
۲-۲-انواع مدل‌های سرعت

مدل‌های سرعت در حالت کلی به دو دسته‌ی اصلی تقسیم می‌شوند: مدل‌های لایه‌ای^۱ و مدل‌های شبکه‌ای^۲ و یک مدل هم از ترکیب آن‌ها به دست می‌آید که مدل ترکیبی^۳ نام دارد [۸].

۲-۲-۱-مدل‌های لایه‌ای

در این مدل سرعت در هر لایه ثابت است و یا طبق روابط ساده در جهت افقی و قائم تغییر می‌کند و سرعت در مرز لایه‌ها ناپیوسته است. این مدل در مناطقی که دارای لایه‌هایی با ضخامت و رژیم سرعت بسیار متفاوت که روی یکدیگر را می‌پوشانند استفاده می‌شود. در این مدل مرزهای پیوسته‌ی مدل باید با رخدادهای بازتابی در داده‌های لرزه‌ای هماهنگی داشته باشد. برای مثال لایه‌های رسوبی که دارای تباین زیاد سرعت از یک لایه به لایه‌ی دیگر را دارند، مدل لایه‌ای مناسب است. شکل (۲-۱) نمایش مدل سرعت برای لایه‌های تخت روی یک مرز گچی با استفاده از مدل لایه‌ای را نشان می‌دهد [۸].

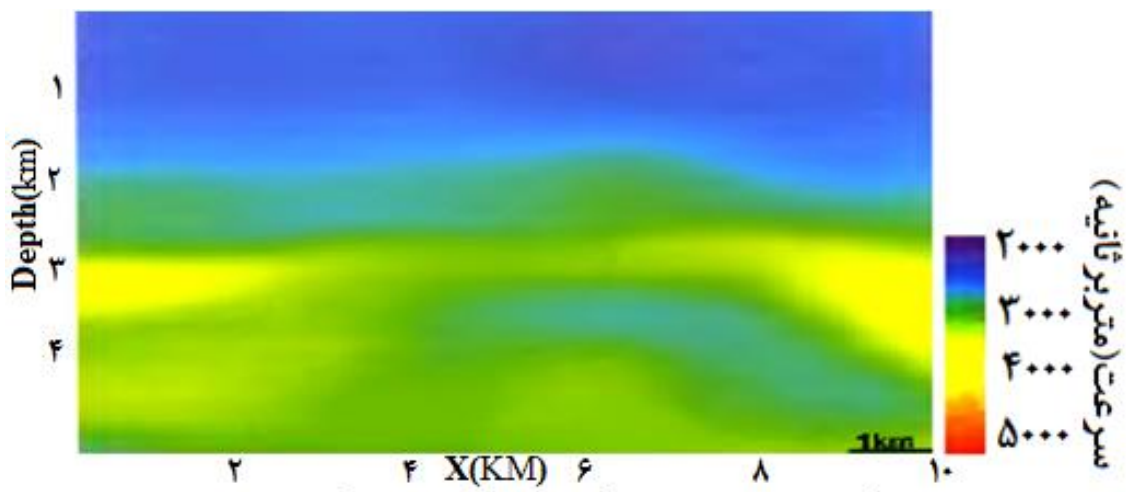
1-Layer Base Models
2-Gridded Models
3-Hybrid Models



شکل ۱-۲: مدل سرعت برای لایه‌های تخت روی یک مرز گچی با استفاده از مدل لایه‌ای [۸].

۲-۲-۲- مدل‌های شبکه‌ای

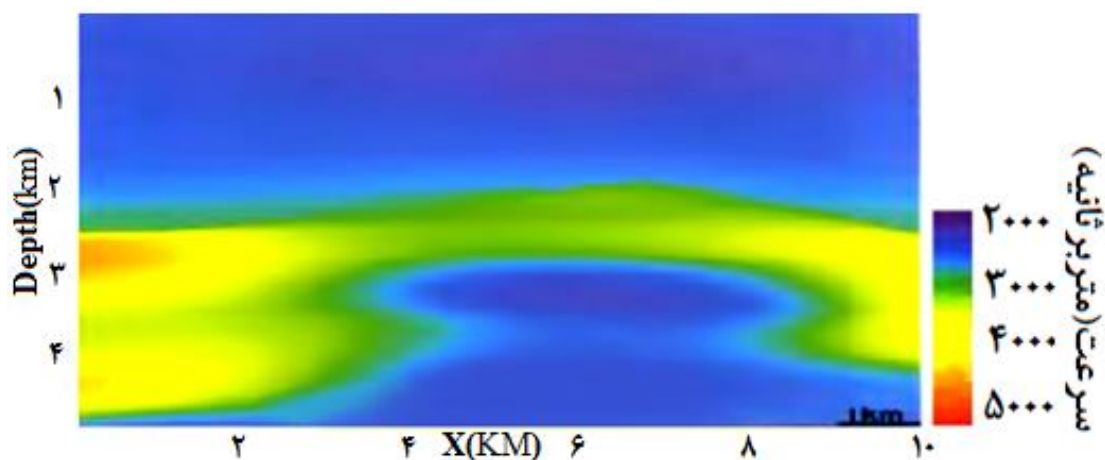
برخی از محیط‌های زمین‌شناسی دریایی دارای رژیم‌های سرعتی هستند که گرادیان فشردگی^۱ بر آن‌ها حاکم است. این محیط‌ها اغلب با ته نشینی نسبتاً سریع همراه هستند که آب باقیمانده در رسوبات به دام افتاده اند. در این محیط‌ها یک مدل شبکه‌ای (غیر لایه‌ای) مناسب‌تر است (که در آن زیر سطح توسط یک توده از مقادیر توزیع شده در سلول‌های کوچکی که مدل سرعت زیر سطحی را تقسیم بندی می‌کنند نمایش داده می‌شوند). در واقع میزان سرعت روی یک شبکه‌ی متراکم از نقاط زیر سطح که به صورت تدریجی از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر تغییر می‌کند مدل تعریف می‌شود. شکل (۲-۲) نمایش مدل سرعت برای لایه‌های تخت روی یک مرز گچی با استفاده از مدل شبکه‌ای را نشان می‌دهد [۸].



شکل ۲-۲: مدل سرعت برای لایه‌های تخت روی یک مرز گچی با استفاده از مدل شبکه‌ای [۸].

۲-۲-۳- مدل‌های ترکیبی

مدل لایه‌ای و شبکه‌ای دو حد ارائه مدل می‌باشند با این حال یک مسیر انعطاف پذیرتر این است که یک روش ترکیبی اتخاذ کنیم که در آن مزایای هر دو مدل ترکیب شده باشند. در مناطقی که گرادیان سرعت متوسط از رسوبات به دلیل وجود درصدی از توده‌های نمک یا شیل به یک قالب پیچیده درآمده از مدل ترکیبی استفاده می‌شود. مرزهای این مدل به شده ناهموار و دارای اختلاف سرعت بالا می‌باشند. شکل (۲-۳) نمایش مدل سرعت برای لایه‌های تخت روی یک مرز گچی با استفاده از یک مدل شبکه‌ای ترکیبی (ترکیبی از میدان سرعت شبکه‌ای با لایه‌های انتخاب شده برای افق‌های کلیدی) را نشان می‌دهد [۸].



شکل ۲-۳: مدل سرعت برای لایه‌های تخت روی یک مرز گچی با استفاده از یک مدل شبکه‌ای ترکیبی (ترکیبی از میدان سرعت شبکه‌ای با لایه‌های انتخاب شده برای افق‌های کلیدی) [۸].

۲-۳- روش‌های تهیه مدل سرعت

امروزه از روش‌های مختلفی برای تخمین مدل سرعت استفاده می‌شود که همگی این روش‌ها بر اساس معیار هم‌خوانی با داده‌های لرزه‌ای استوار هستند. با این حال تفاوت آن‌ها، در روش‌های اندازه‌گیری این معیار، میزان انحراف مدل از این معیار و چگونگی انجام اصلاحات بر روی آن است [۱۸].

عموماً تهیه مدل سرعت انتشار موج در داخل زمین فرایندی بسیار پیچیده است. لذا، تمام روش‌های تهیه مدل سرعت از یک سری فرضیات و ساده‌سازی‌ها درباره محیط انتشار موج استفاده می‌کنند. از آنجایی که خصوصیات جنبشی انتشار امواج لرزه‌ای، توابعی غیرخطی از سرعت انتشار امواج هستند، بنابراین تمام روش‌های تهیه مدل سرعت، مبتنی بر تکرارند. بدین معنی که با بروز کردن مدل سرعت اولیه در هر تکرار و یا با پیشرفتن به زیر سطح زمین، به‌صورت لایه به لایه، مدل سرعت تهیه می‌شود. باید عنوان کرد که یک روش تخمین مدل سرعت را نمی‌توان به عنوان راه حلی برای تمامی ساختارهای زیرسطحی ارائه کرد. بلکه هر روشی در ساختارهای خاص خود، بهترین تخمین را بدست خواهد داد. برای مثال در ساده‌ترین حالت که شامل بازتابنده-های افقی در محیطی با تغییرات سرعت قائم (بدون تغییرات سرعت جانبی) است، مقادیر سرعتی که از قانون دیکس بدست می‌آید کافی خواهد بود [۱۸]. در محیط‌های دارای ناهمگنی جانبی، روش‌های پیچیده‌تری مورد نیاز خواهد بود.

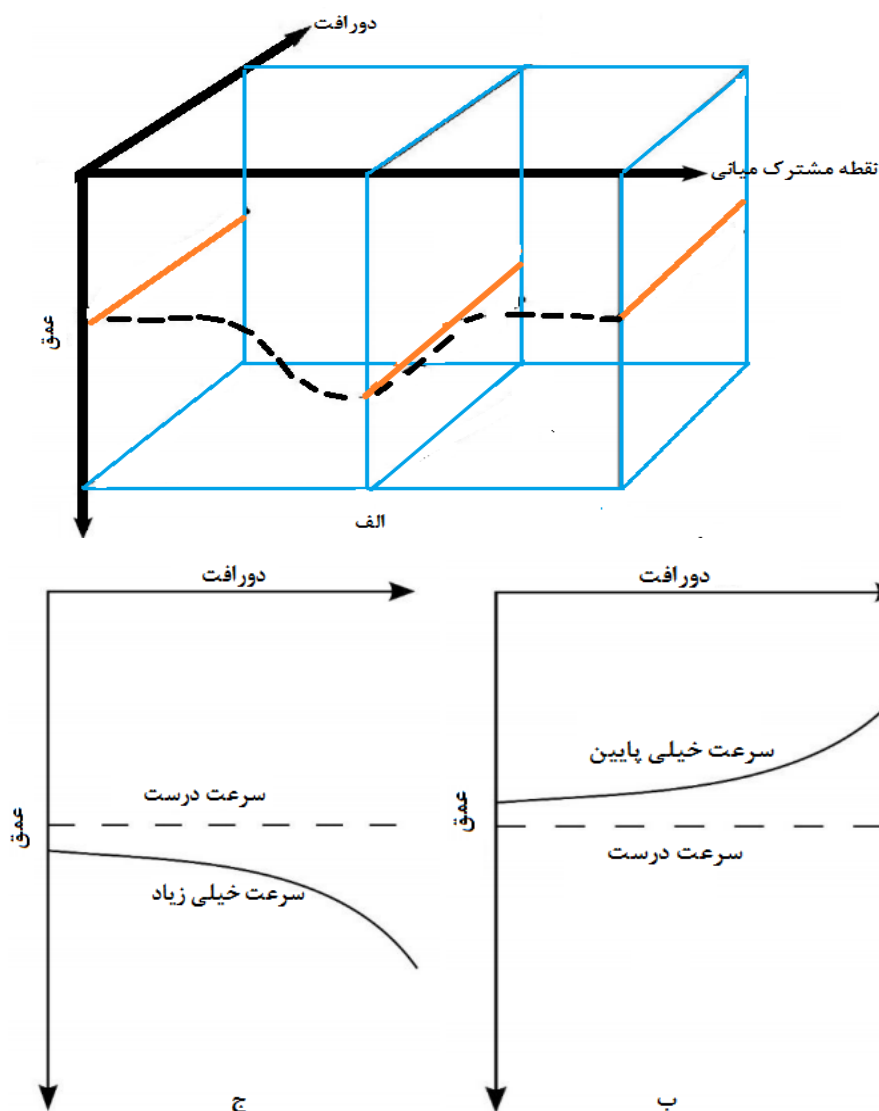
روش‌های ساختن مدل سرعت را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم‌بندی کرد: روش مبتنی بر کوچ و روش‌های مبتنی بر معکوس‌سازی اطلاعات زمان سیر موج. البته باید خاطر نشان کرد که بسیاری از روش‌های تخمین مدل سرعت، از تلفیق این دو روش بهره می‌گیرند و یا از روش‌های دیگر ارزیابی سازگاری بین مدل و داده‌های لرزه‌ای استفاده می‌کنند. در ادامه به معرفی چند روش تهیه مدل سرعت می‌پردازیم [۱۸].

۲-۳-۱- تهیه مدل سرعت با استفاده از روش‌های مبتنی بر کوچ

برای تهیه مدل سرعت کوچ پیش از برانبارش، داده لرزه‌ای پیش پردازش شده، به مقاطع دورافت مشترک تجزیه می‌شوند. در همین زمان لازم است که یک مدل سرعت اولیه برای انجام اولین مرتبه کوچ

عمقی تهیه شود. سپس به کمک این مدل سرعت، داده‌ی مذکور، کوچ داده می‌شود. از داده‌های کوچ یافته، چند برداشت تصویر مشترک^۱ (CIG) انتخاب می‌شود. انتخاب محل این برداشت‌ها به عواملی مثل وجود آنومالی سرعت در آن ناحیه و یا هدف مطالعاتی خاص در آنجا، بستگی دارد.

باتوجه به شکل (۴-۲) الف وقتی که مدل سرعت درست باشد، هر صفحه‌ی دورافت به درستی کوچ یافته و بازتابنده در هر مقطع دورافت مشترک، موقعیت یکسان دارد. بنابراین، CIG ها افقی می‌شوند. با این حال اگر مدل سرعت به درستی به داده‌ها برازش نشود، تصحیح بیش از اندازه و یا تصحیح کم رخ خواهد داد. شکل (۴-۲) ب نشان می‌دهد اگر سرعت کوچ خیلی پایین باشد بنابراین CIG تصحیح بیش از اندازه می‌شود و بازتابنده به سمت بالا تغییر مکان می‌دهد. شکل (۴-۲) ج نشان می‌دهد اگر سرعت کوچ خیلی زیاد باشد، نتیجه یک رکورد با مقدار تصحیح کم خواهد بود، یعنی بازتابنده به سمت پایین تغییر مکان می‌دهد.



شکل ۲-۴: الف) رکورد تصویر مشترک مسطح بعد از کوچ عمقی پیش از برانبارش. ب) وقتی سرعت کمتر از سرعت واقعی باشد، CIG بیش از اندازه تصحیح شده و بازتابنده به سمت بالا کشیده می‌شود. ج) وقتی سرعت بیشتر از سرعت واقعی باشد، CIG کمتر از اندازه تصحیح شده و بازتابنده به سمت پایین کشیده می‌شود.

اغلب در مرحله اول، معمولاً رخدادهای موجود در برداشت تصویر مشترک تخت نیستند، بدین معنی که دارای برونراند می‌باشند. به منظور حذف این انحراف از حالت افقی می‌توان از آنالیز برونراند باقیمانده استفاده کرد، اما در صنعت استفاده از روش معکوس برونراند نرمال^۱، ترجیح داده می‌شود [۱۹].

در مرحله بعد، CIG مذکور، تحت عمل معکوس برونراند نرمال قرار می‌گیرد و همانند روند تهیه مدل سرعت برانبارش، طیف سرعت با استفاده از رابطه‌ی شباهت تهیه می‌شود. سپس در طیف سرعت بدست آمده،

نقاط با حداکثر مقدار همدوسی مشخص می‌شوند. پس از انتخاب (دستچین) کردن سرعت‌ها، مدل سرعت جدیدی بوجود می‌آید که با استفاده از این مدل، مجدداً کوچ عمقی روی داده‌ی لرزه‌ای اعمال شده و برداشت‌های تصویری مشترک جدید استخراج می‌شوند. این مراحل ممکن است، تا رسیدن به افقی‌ترین حالت برداشت تصویر مشترک، چند بار تکرار شوند و در آخرین تکرار، مدل سرعت به دست آمده را با درونیابی به مدل سرعت نهایی کوچ تبدیل می‌کنند.

۲-۳-۲- تهیه مدل سرعت باروش معکوس‌سازی زمان‌سیر یا توموگرافی

راه دیگر برای ارزیابی هم‌خوانی مدل ایجاد شده نسبت به داده‌های لرزه‌ای، محاسبه زمان‌سیر رخدادهای بازتابی انتخاب شده است که در داده‌های قبل از برانبارش، دستچین شده‌اند. از مشکلات این روش، تعداد زیاد نقاطی است که برای انجام عمل توموگرافی باید دستچین شوند. این نقاط، به عنوان نقاط تشکیل دهنده بازتابنده در مدل در نظر گرفته می‌شوند. در سال‌های اخیر، سعی بر ترکیب روش توموگرافی معکوس-سازی زمان‌سیر، با روش آنالیز سرعت بر اساس کوچ شده است [۱۹]. در این روش، به دنبال مدلی هستیم که به بهترین وجه زمان‌سیر رخدادهای بازتابی مشخص شده در داده‌ها را توجیه کند. پس از تهیه مدل سرعت اولیه، باید مرزهای مدل، در عمق پارامتری شوند و همچنین سرعت‌های بازه‌ای توسط توابع اسپلاین بر روی گره‌ها مشخص شوند. در این مرحله، مقاطع دورافت مشترک داده‌های پیش پردازش شده تهیه می‌شود. سپس روی این مقاطع، یک رخداد پیوسته، مشخص و دستچین می‌شود. نقاط دستچین شده، داده‌های ورودی این روش را تشکیل می‌دهند. در مرحله بعد، با استفاده از تکنیک دنبال کردن پرتو روی مدل سرعت اولیه، زمان‌سیر رخدادها مدل‌سازی می‌شوند. زمان‌سیرهای حاصله با T_{mod} نشان داده می‌شود. با کمینه‌سازی اختلاف بین زمان‌سیرهای اندازه‌گیری شده و زمان‌سیرهای مدل‌سازی شده، می‌توان مدل اولیه را بهبود بخشید و پس از چند تکرار، به یک مدل سرعت بهینه دست یافت. در این روش، اگر نسبت سیگنال به نوفه در داده‌ی لرزه‌ای پایین باشد، مشخص کردن و دستچین کردن زمان‌سیرها به مشکل بر می‌خورد و یا حتی غیر ممکن می‌شود. در این حالت، مدل اولیه نقش مهمی دارد. بدین منظور معمولاً مدل اولیه از منابع اطلاعاتی دیگری مثل

نگاره‌های چاه با میزان دقت قابل قبول تعیین می‌شود [۱۹]. جهت پردازش داده‌های توموگرافی دو روش معمول استفاده می‌شود. روش اول، روش بازسازی (ART^1) و تکنیک بازسازی تکرار همزمان ($SIRT^2$) می‌باشد. روش دیگر که مهمترین روش در معکوس‌سازی داده‌های لرزه‌ای است، روش کمترین مربعات (LSQ^3) است. در این روش، پارامترهای مدل به‌گونه‌ای انتخاب می‌شوند که میزان اختلاف بین داده‌های مشاهده شده و محاسبه شده، کمینه گردد. در این روند، ساخت مدل سرعت اولیه و به روزرسانی آن، از طریق یکی از دو روش زیر انجام می‌گیرد: روش مبتنی بر لایه‌بندی^۴ و روش مبتنی بر شبکه‌بندی^۵ [۲۰]. در سال‌های اخیر از هر دو روش به‌عنوان روش‌های با اطمینان استفاده می‌شود که خطای باقیمانده سرعت را برای فرایندهای معکوس سطحی، توسط داده‌های ورودی قابل اعتماد، بهبود می‌بخشند.

۲-۳-۳- تهیه مدل سرعت به روش توموگرافی زمان سیر بافرکانس محدود

به منظور دستیابی به کیفیت بالاتر نسبت به روش توموگرافی زمان سیر انکساری، اثرات انکسار موج نیز می‌تواند وارد محاسبات گردد. بدین ترتیب شبکه‌های با تعیین مقادیر سرعت، به جای تعیین مسیر پرتو و تعیین زمان سیر پرتو، مورد استفاده قرار خواهند گرفت. در نهایت این مسئله اجازه می‌دهد آنومالی‌های زمان سیر و دامنه وابسته به فرکانس باشند که این مسأله، خود کمک می‌کند تا کیفیت افزایش یابد [۲۱].

۲-۳-۴- تهیه مدل سرعت با روش توموگرافی نقطه فرود موج نرمال

یکی از روش‌های تهیه مدل سرعت کوچ روش توموگرافی نقطه فرود موج نرمال (NIP^6) است [۲۲]. پایه و اساس روش NIP توموگرافی بر این ایده استوار است که اطلاعات زمان سیر مرتبه دوم برای تهیه یک مدل سرعت به منظور تصویرسازی عمقی حتی برای محیط‌های دارای ناهمگنی جانبی، کافی است. البته تجربه نشان داده که این فرض، تا زمانی که تغییرات جانبی سرعت خیلی شدید نباشد، اعتبار دارد. استفاده از تقریب

1-Algebraic Reconstruction Technique(s)
2-Simultaneous Iterative Reconstruction Technique
3-Least Squares Quadratic
4-Layer Base Method
5-Gridded Base Method
6-Normal Incidence Point

مرتبه دوم زمان سیر برای توصیف رخ داده‌های انعکاسی در یک داده لرزه‌ای، به طور چشم‌گیری موجب ساده‌تر شدن فرایند استخراج نشانگرهای جنبشی میدان موج از داده‌ی پیش از برانبارش می‌شود. این نشانگرها برای تمام نمونه‌های دورافت صفر، صرف نظر از اینکه متعلق به یک رخداد واقعی باشد یا خیر، تعیین می‌شوند. سپس نقاط داده‌ی مورد نیاز برای روش NIP توموگرافی از مقاطع حاصل از روش برانبارش سطح بازتاب مشترک (CRS¹) به صورت خودکار استخراج می‌شوند. خودکار بودن فرایند استخراج نقاط یا دستچین کردن آن‌ها، از بزرگترین مزیت‌های این روش نسبت به سایر روش‌های توموگرافی است. در فرایند دستچین کردن نقاط، ضروری نیست که حتماً این نقاط یک رخداد بازتابی پیوسته را دنبال کنند. با این حال، استفاده و اعمال بیش از حد تقریب‌ها روی پدیده‌های واقعی، منجر به محدودیت کاربرد این روش می‌شود. بنابراین لازم است یک محدوده‌ی اعتبار برای استفاده از تقریب مرتبه دوم زمان سیر تعریف کرد و این امر در هنگام استفاده از روش برانبارش CRS، برای به دست آوردن نشانگرهای قابل اعتماد، در نظر گرفته خواهد شد. همچنین فرایند دستچین کردن نقاط در تمام روش‌های توموگرافی، عامل ایجاد خطا در فرایند معکوس‌سازی توموگرافی است. بیشترین مقدار خطا پس از انجام NIP توموگرافی در نواحی‌ایی وجود دارد که تعداد کمی (و یا هیچ) پرتویی از آنجا گذر کرده باشد. برای تهیه یک مدل سرعت نهایی کوچ، مدل سرعت اولیه نقش پررنگ‌تری دارد چرا که از این نواحی هیچ نقطه داده‌ای برداشت نشده و طبیعتاً سرعتی هم که برای این نواحی تعیین می‌شود، غیر واقعی خواهد بود. مدل اولیه‌ی مطلوب، مدلی است که بتواند تغییرات کلی سرعت را چه در جهت قائم و چه در جهت افقی نشان دهد. برای شروع فرایند NIP توموگرافی، نیاز به مشخص کردن یک مدل سرعت اولیه است. این مدل اولیه طی هر تکرار به روز رسانی می‌شود تا جایی که با داده‌ی لرزه‌ای ورودی هم‌خوانی نسبی پیدا کند. بدین معنی که میزان خطای بین پارامترهای داده که با استفاده از تکنیک دنبال کردن پرتو روی مدل نهایی مدل‌سازی می‌شوند و پارامترهای اصلی داده به کمتر از یک حد مشخص برسد. بهترین مدل سرعت کوچ، مدلی است که بهترین نتیجه را از یک الگوریتم کوچ لرزه‌ای به وجود آورد [۲۳].

۲-۳-۵- تهیه مدل سرعت با روش توموگرافی شکل موج

این روش از تمام پتانسیل اطلاعات موجود در داده‌های لرزه‌ای استفاده می‌کند. بدین صورت که ردلرزه-ها، به عنوان داده‌های مشاهده‌ای قلمداد شده که توسط حل معادله انتشار موج صوتی (به عنوان یک معادله تخمین‌گر در تعیین بردار کندی یا جهت و زمان سیر انتشار جبهه امواج الاستیک) تخمین زده شده و سپس کنترل می‌شوند.

۲-۳-۶- تهیه مدل سرعت با روش توموگرافی زمان سیر انکساری

این روش از نظر محاسبات ساده می‌باشد که فقط برای یک ساختار سرعتی کم عمق و دارای کیفیت پایین معتبر است. در این روش، داده‌های مشاهده‌ای بر اساس رابطه ارائه شده (۱-۲) عمل می‌کنند

$$T = L * S$$

(۱-۲)

که در این فرمول T اولین زمان رسید، S کندی موج‌ها و L ماتریس مسیر پرتو است.

۲-۴- خطای مدل سرعت

سرعت یک پارامتر حساس در فرآیند کوچ است. اطلاعات نادرست سرعت باعث می‌شود که بسته به سرعت تخمینی پایین‌تر یا بالاتر، داده‌ها به ترتیب، کم کوچ^۱ یا زیاد کوچ^۲ شوند. از این رو مهم است عواملی که باعث عدم قطعیت^۳ سرعت می‌شوند را بدانیم [۲۴].

علل عدم قطعیت را می‌توان در دو نوع طبقه بندی کرد. اولین نوع به تاثیرات عیوب آزمایشگاهی^۴ وابسته است. برای مثال طول محدود ثبت پراکندگی^۵، پهنای باند محدود سیگنال منبع^۶ و ثبت گسسته موقعیت^۷ و

1-Under Migration

2-Over Migration

3-Uncertainty

4-Experiment Imperfections

5-Finite Length Of The Recording Spread

6-Finite Bandwidth Of The Source Signal

7-Discrete Recording Position

دومین نوع که کلی تر است، شامل تاثیرات محیط معیوب^۱ می شود، مانند ناهمگنی^۲ محیط، ناهمسانی محیط، نامنظمی زیر سطح. برخی از خطاهای تجربی و ارتیفکتهای^۳ پردازش در این نوع قرار دارد، مانند تصحیح استاتیک معیوب^۴ [۲۴].

به عنوان مثال در مورد ناهمسانی محیط، محیطی که رفتار برونراند اثرات درجه چهار دارد و یک هذلولی به منحنی های زمان ورود این محیط (یعنی استفاده از آنالیز سرعت درجه دو مرسوم بر روی محدوده ی کامل دورافت برای داده های این محیط) برازش می شود. باعث ایجاد خطا در سرعت می شود. زیرا یک هذلولی به یک مسیر غیر هذلولی برازش شده است. در شکل (۲-۵) یک مثال مصنوعی با رفتار برونراند اثرات درجه چهار که یک هذلولی بر آن برازش شده است (یعنی یک هذلولی بر مسیر غیر هذلولی برازش شده)، پس از تصحیح NMO با سرعت شبه عمودی را نشان می دهد که در بیش از نیمه ی اول مسیر تخت شده و سپس تاثیرات درجه چهار قابل مشاهده است. [۸].

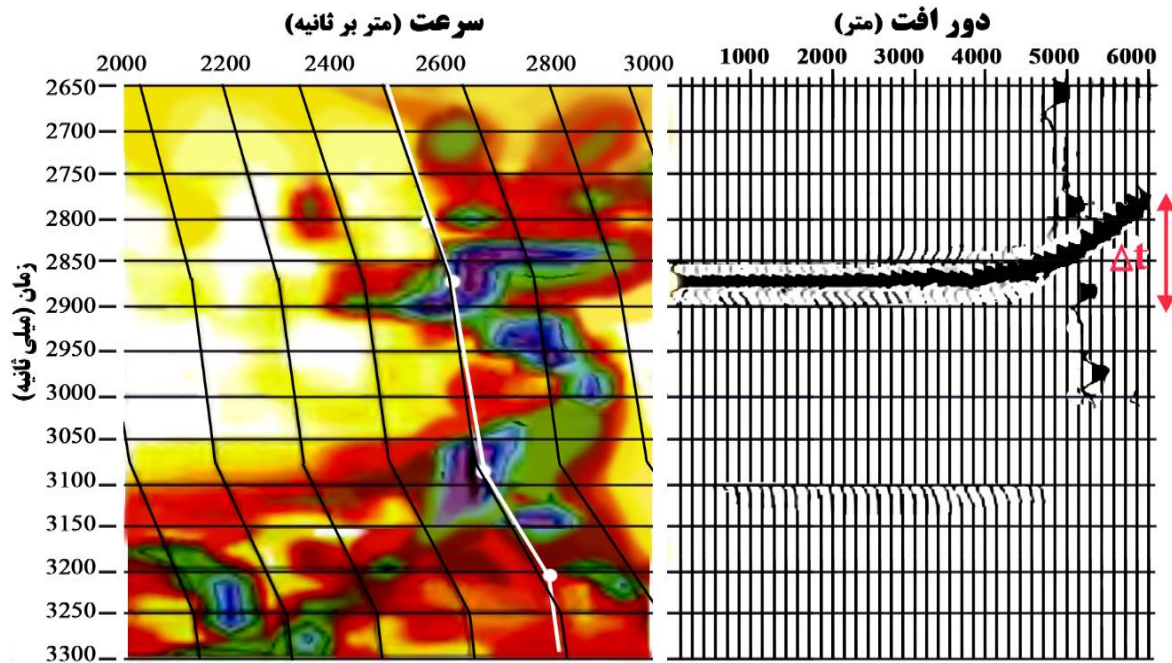
تاثیرات خطای اندازه گیری برای پارامتر ناهمسانگردی η را می توان روی شکل (۲-۵) نشان داد. همانطور که در شکل (۲-۵) دیده می شود منحنی درجه چهار روی دورافت های دورتر مشخص تر است و در نتیجه هنگامی که دورافت های بزرگ موجود باشد η به صورت ساده تری تخمین زده می شود. یک تخمین از η را می توان با اندازه گیری های زمان ورود دورافت های دور و سپس تصحیح برونراند درجه دو نشان داد. اگر Δt انحراف مسیر برونراند از t_0 پس از NMO باشد داریم:

$$\eta_{eff} = \frac{\Delta t^2 v_{nmo}^2 (t_0^2 v_{nmo}^2 + x^2)}{2 * x^2 (x^2 - \Delta t^2 v_{nmo}^2)} \quad (2-2)$$

که x دورافت جایی که اندازه گیری انجام شده، v_{nmo} سرعت برانبارش اندازه گیری شده و η_{eff} مقدار تجمع یا

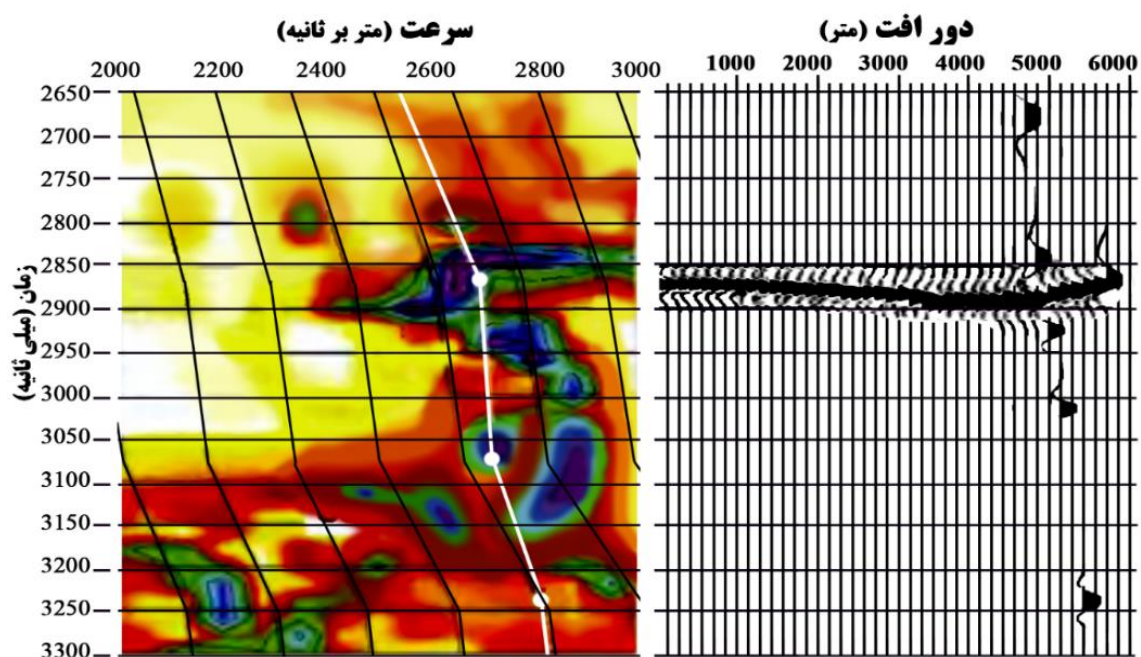
1-Imperfect Media
2-Heterogeneity
3-Artifacts
4-Imperfect Static Correction

موثر η است [۸].



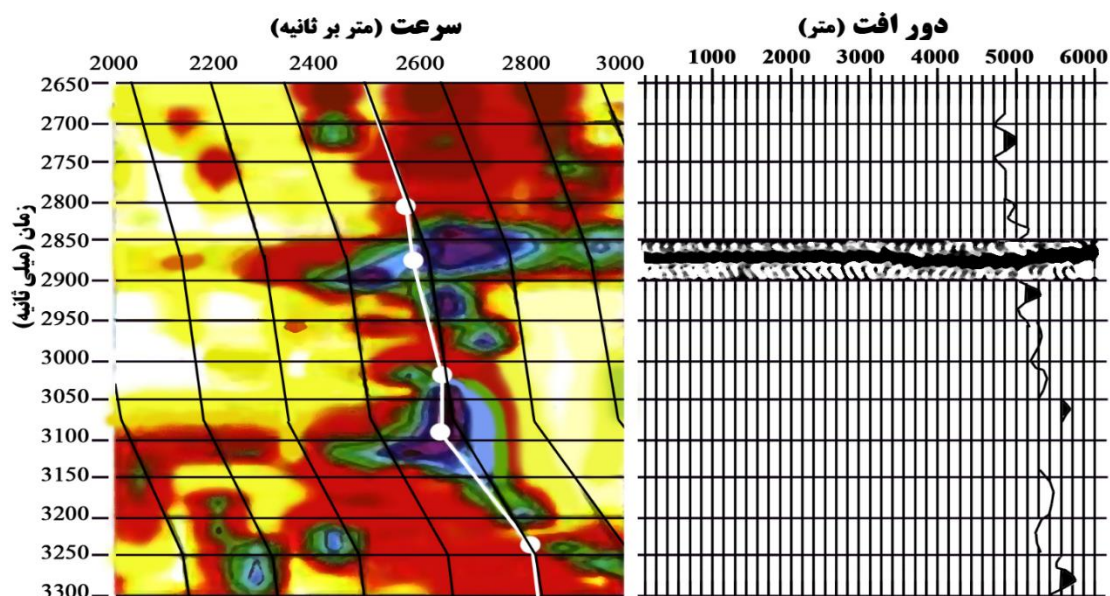
شکل ۲-۵: NMO درجه دو از داده‌های ناهمسانگرد با سرعت شبه عمودی (V_{nmo}) که به درستی در دورافت نزدیک تخت می‌شود، سپس منحنی برون راند درجه بالاتر به وضوح قابل مشاهده و قابل اندازه گیری است [۸].

در شکل (۲-۶) برداشت‌ها را با NMO درجه دو با استفاده از یک سرعت تخمین زده شده روی محدوده-ی کاملی از دورافت نشان می‌دهد (بنابراین به تاثیرات درجه چهار اجازه داده می‌شود که به منحنی درجه دو منحرف شود) [۸].



شکل ۲-۶: NMO درجه دو از داده‌های ناهمسانگرد با سرعت تخمین زده شده روی همه دورافت‌ها. این یک کار نادرست است، زیرا دورافت‌های نزدیک در اینجا منحرف شده اند (انحنای به سمت پایین) که یک ظاهر U شکل کلی را می‌دهد [۸].

شکل (۲-۷) تصحیح درجه چهار برونراند بکار رفته برای ورداشت را نشان می‌دهد به طوری که به صورت صحیح‌تری روی کل دورافت‌ها به صورت تخت می‌شود.



شکل ۲-۷: تصحیح برون راند درجه ۴ داده‌های ناهمسانگرد [۸].

۲-۴-۱- خطاهای سیستماتیک^۱

برونراند نرمال غیرهذلولی^۲ می تواند باعث خطاهای سیستماتیک در تخمین سرعت شوند. برون^۳ (۱۹۶۹) دقت تصحیح NMO در ورداشتهای CMP با دورافت های طولانی مورد مطالعه قرارداد و نتایج او نشان داد که برای بازتابنده های افقی تقریب درجه بالاتر v_{nmo}^2 را می توان بدست آورد اگر انحراف سرعت RMS از مقدار متوسط آن در نظر گرفته شود [۲۴].

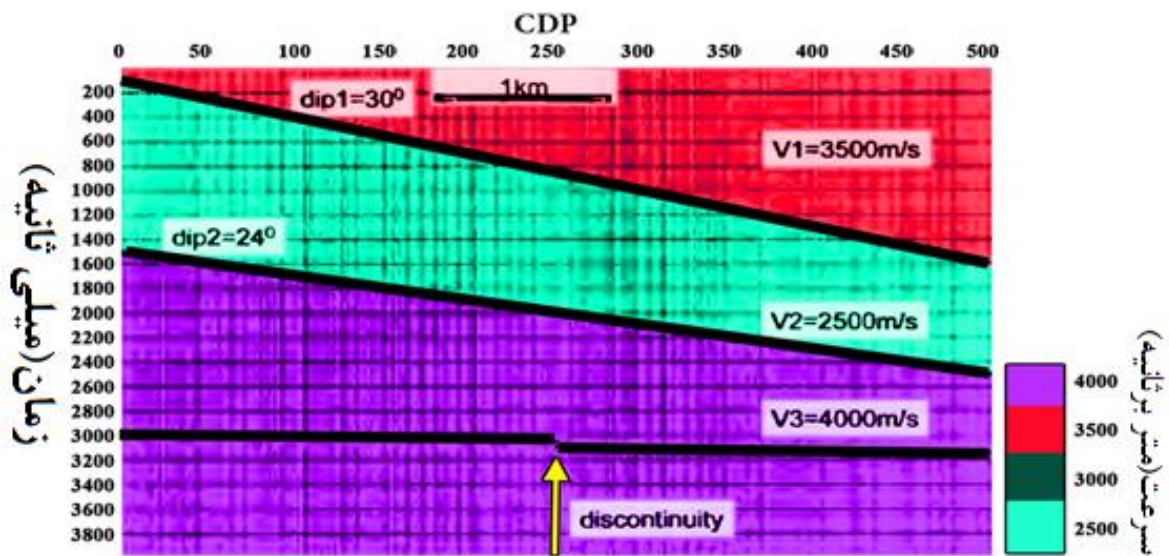
۲-۴-۲- خطای تصادفی زمانی^۴

این نوع خطاها عمدتاً توسط ناهمگنی محیط ایجاد می شوند. پیدایش آن در داده های لرزه ای عدم قطعیت سرعت را بسیار بیشتر از هر نوفه افزودنی افزایش می دهد. با کمک روش های آماری^۵ استاندارد، پاول^۶ (۱۹۸۴) تاثیر خطا در اندازه گیری زمان ورود روی تخمین سرعت مورد بررسی قرارداد و نتایج او نشان داد که تاثیرات خطای زمانی به میزان زیادی بیشتر از تاثیرات غیر هذلولی برای مدل لایه افقی به ویژه در دورافت های کوچک است [۲۴].

۲-۵- تاثیر خطای مدل سرعت بر نتیجه کوچ

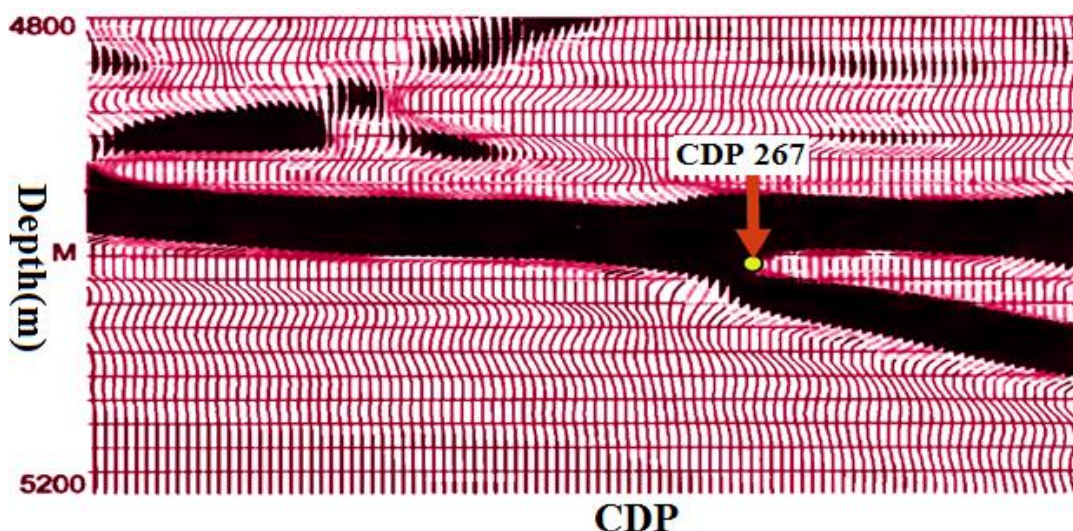
خطاهای اندازه گیری سرعت باعث می شود موقعیت عمودی و افقی رخدادها در کوچ عمق تغییر کند. شکل (۲-۸) یک مدل سه لایه ساده با یک لایه ی نزدیک به سطح با سرعت بالا مانند گچ را نشان می دهد.

1-Systematic
2-Non Hyperbolic Normal Move Out
3-Brown
4-Random Time Errors
5-Statistical
6-Powell



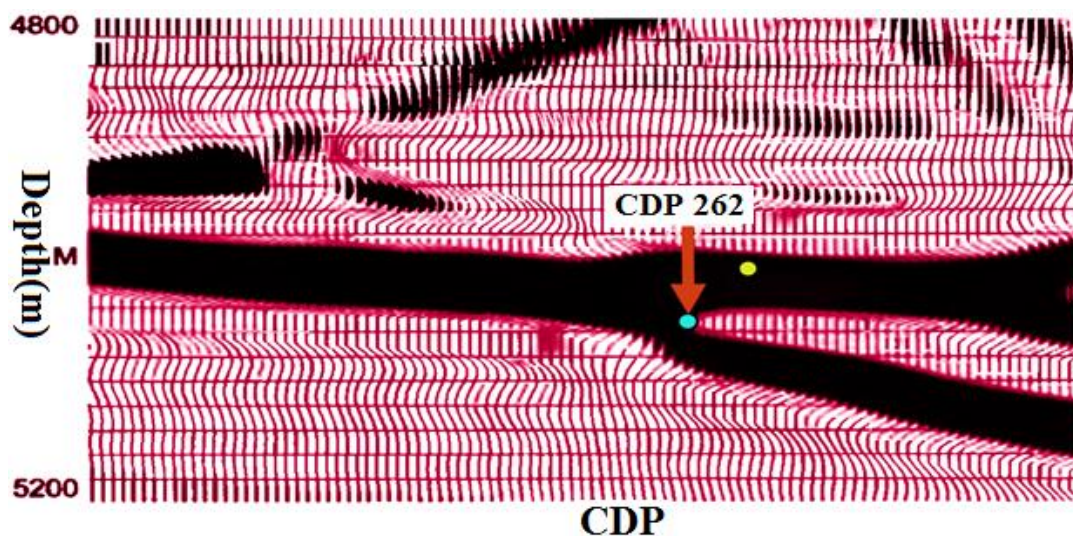
شکل ۸-۲: داده‌های زمانی ورودی مصنوعی، برای یک مدل سه لایه با لایه کم عمق با شیب ۳۰ درجه و سرعت ۳۵۰۰ متر بر ثانیه و دو لایه با سرعت به ترتیب ۲۵۰۰ و ۴۰۰۰ متر بر ثانیه [۸].

شکل (۹-۲) کوچ با مدل صحیح سرعت یعنی سرعت در لایه اول ۳۵۰۰، لایه دوم ۲۵۰۰ و در لایه سوم ۴۰۰۰ متر بر ثانیه را نشان می‌دهد.



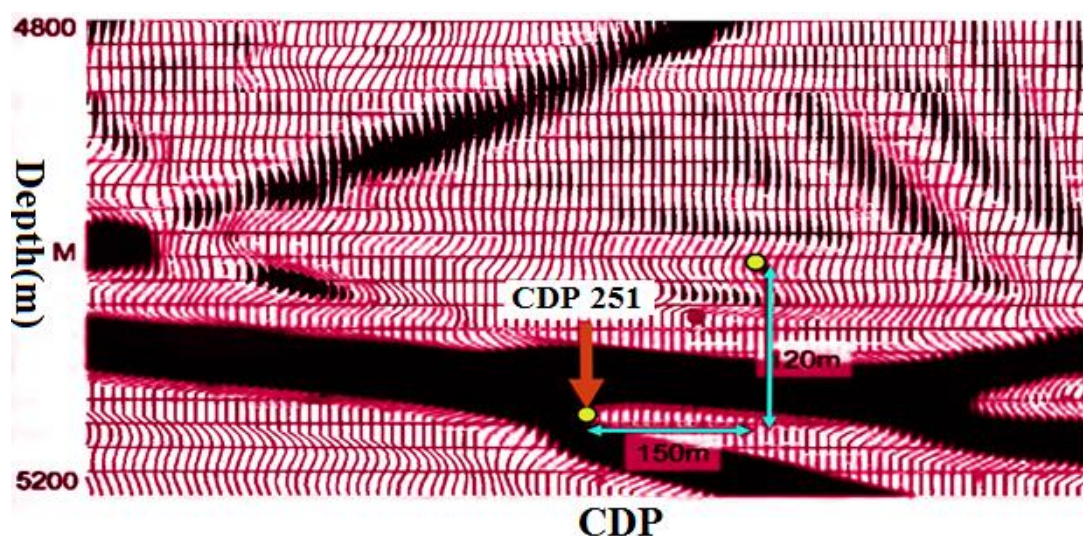
شکل ۹-۲: کوچ با مدل صحیح سرعت [۸].

سپس کوچ را با مدل سرعت خطا دار، ۳ درصد خطا و ۸ درصد خطا در لایه اول انجام می‌دهیم. شکل (۱۰-۲) کوچ با مدل سرعت ۳ درصد خطا در لایه اول که باعث تغییر مکان ۵۰ متر به صورت عمودی و ۵۰ متر به صورت افقی می‌شود را نشان می‌دهد [۸].



شکل ۲-۱۰: کوچ با ۳٪ خطای سرعت، فقط در لایه کم عمق، که باعث تغییر مکان ۵۰ متری به صورت عمودی و افقی می-شود [۸].

در شکل (۲-۱۱) کوچ با مدل سرعت ۸ درصد خطا در لایه اول که باعث تغییر مکان ۱۲۰ متر به صورت عمودی و ۱۵۰ متر به صورت افقی می-شود نشان داده شده است.



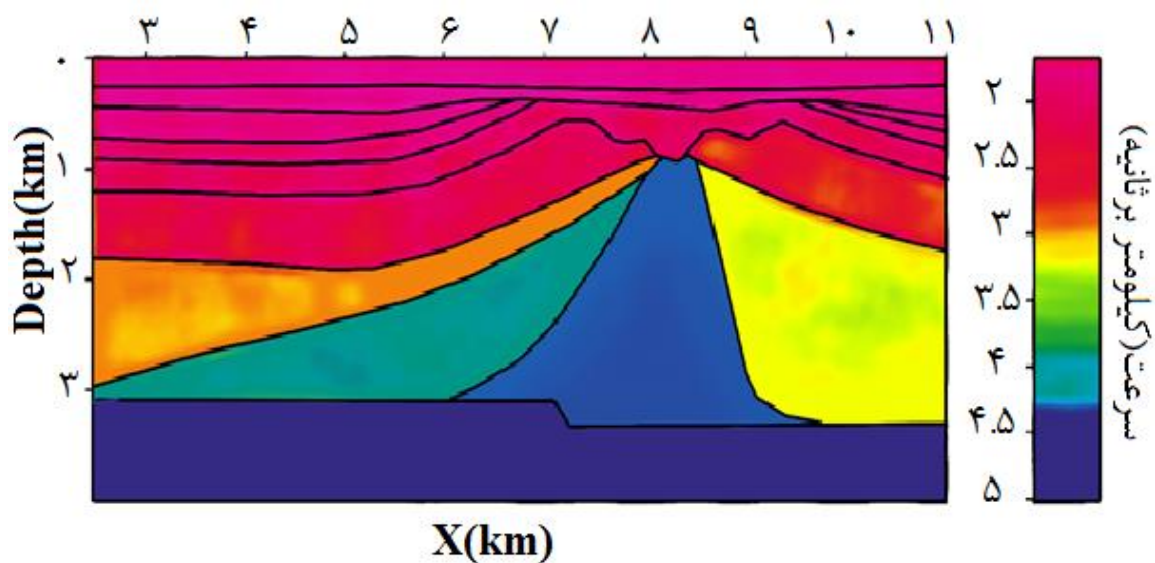
شکل ۲-۱۱: کوچ با حدود ۸٪ خطای سرعت، فقط در لایه کم عمق، که باعث تغییر مکان ۱۲۰ متری به صورت عمودی و ۱۵۰ متری به صورت افقی می-شود [۸].

۲-۶- مقایسه استفاده از مدل‌های لایه‌ای و هموار در کوچ کیرشیف

هنگامی که یک سرعت هموار به کار می رود باید مشخص شود چه میزان هموارسازی نتایج کوچ بهینه

را فراهم خواهد نمود. یک فاکتور محدود^۱ کننده این است که تعداد پارامترهای اسپلاین^۲ در ردیابی اشعه باید پایین باشد تا در زمان محاسبه صرفه جویی شود. بنابراین باید مدل سرعت انتخابی تا حدی هموار باشد که میزان سرعت درون اسپلاین^۳ (که در واقع در ردیابی اشعه به کار می رود) تحت تاثیر ارتی فکت های نمونه برداری قرار نگیرد [۲۵].

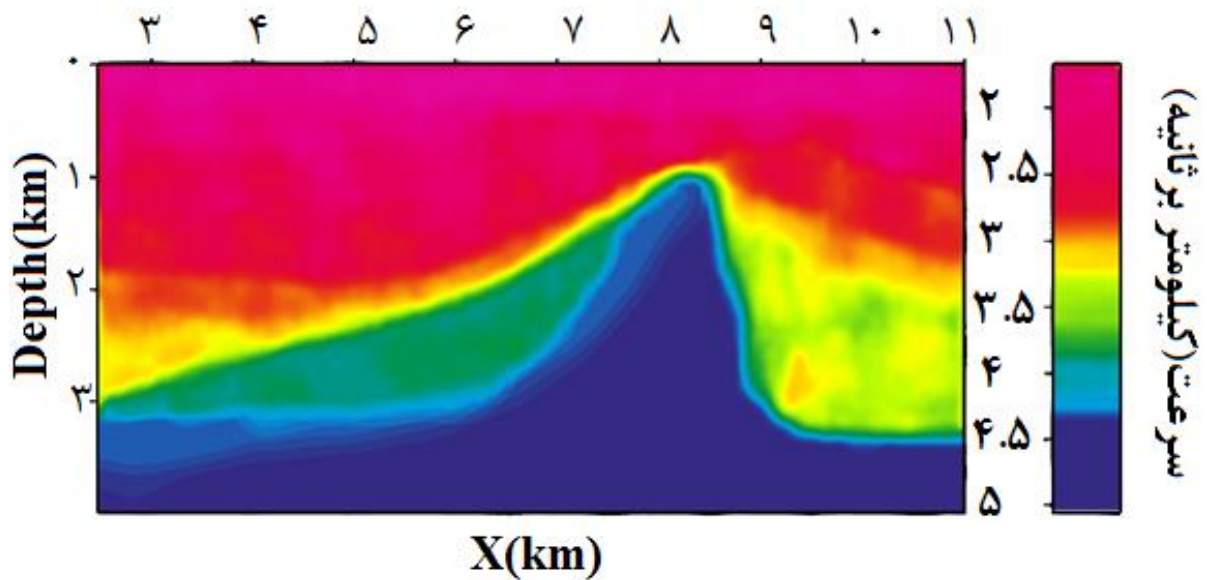
میسپل^۴ و هانیتزش^۵ (۱۹۹۶) برای انجام کوچ کیرشهف با استفاده از مدل های هموار و لایه ای از یک مدل دو بعدی واقعی پیچیده و مجموعه ای داده های لرزه ای پیکرکل^۶ استفاده کردند که با استفاده از مدل سازی تفاضل محدود صوتی ایجاد شده است. این مدل طوری طراحی شده است که یک مدل غیربدیهی و دارای پیچیدگی های کمتری نسبت به مدل مرموسی است. شکل (۲-۱۲) مدل نشان داده شده شامل یک گنبد^۷ نمک است که لایه های رسوبی افقی را می شکافد و در نزدیکی کناره ها پیچانده و بلند می کند، و سپس آن ها را در پوش سنگ^۸ و بالای آن می شکند. قسمت زیرین نمک افقی بوده و میزان کمی چین خورده است [۲۵].



شکل ۲-۱۲: مدل لایه ای پیکرکل [۲۵].

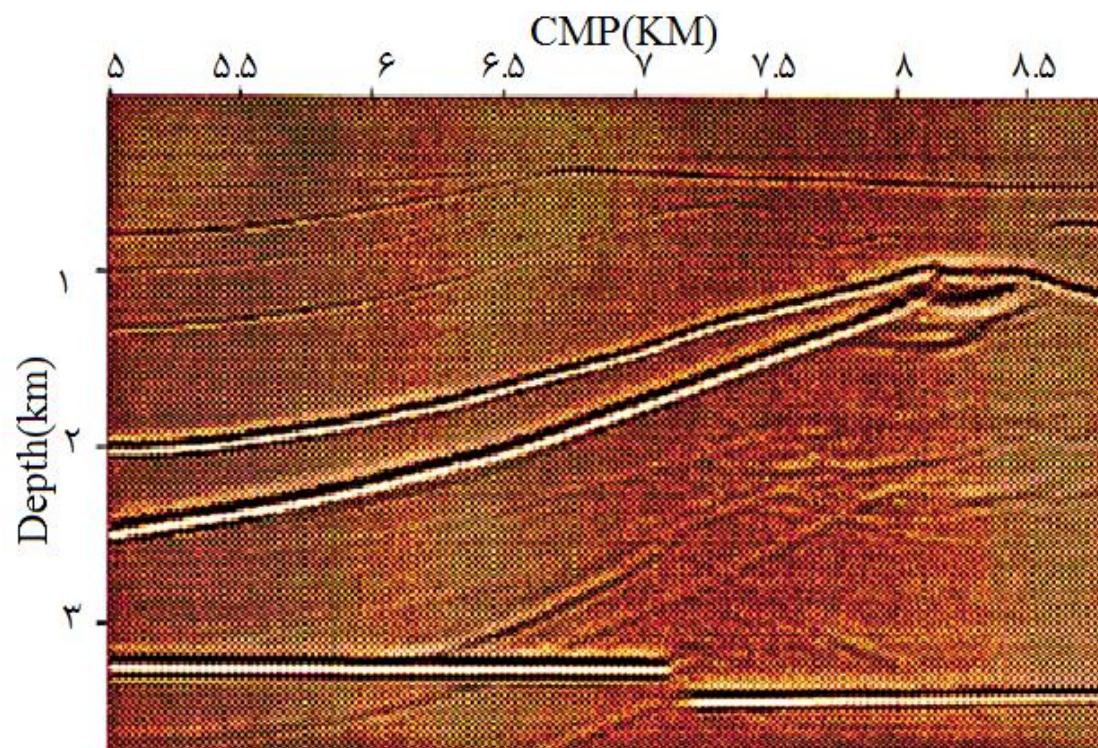
-
- 1-Constraining Factor
 - 2-Spline
 - 3-Spline Interpolated
 - 4-Mispel
 - 5-Hanitzsch
 - 6-Picrocol
 - 7-Diapor
 - 8-Cap Rock

آزمایش‌های متعددی با درجه‌های مختلفی از هموارسازی انجام گرفته است تا حالت بهینه‌ای که مدل برای آن معتبر است تعیین شود. شکل (۲-۱۳) مدل سرعت هموار درون اسپالین را نشان می‌دهد.

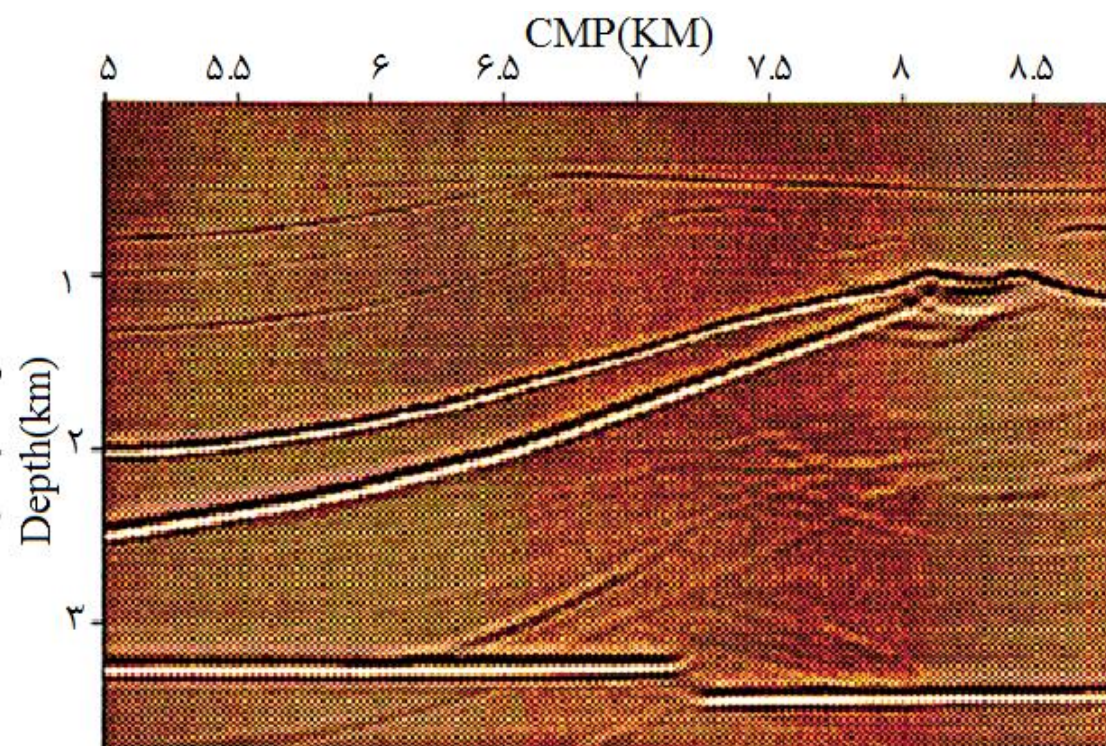


شکل ۲-۱۳: مدل هموار پیکرکل [۲۵].

بر انبارش بخش‌های کوچ یافته با کوچ عمق کیرشلف برای مدل سرعت لایه‌ای در شکل (۲-۱۴) و برای مدل سرعت هموار در شکل (۲-۱۵) نشان داده شده است. همانطور که در شکل‌های مربوطه دیده می‌شود در هر دو مورد ساختار از جمله کف چین‌خورده‌ی نمک به درستی تصویر برداری شده‌است و هیچ اختلاف عمده‌ی دیگری قابل مشاهده نمی‌باشد [۲۵].

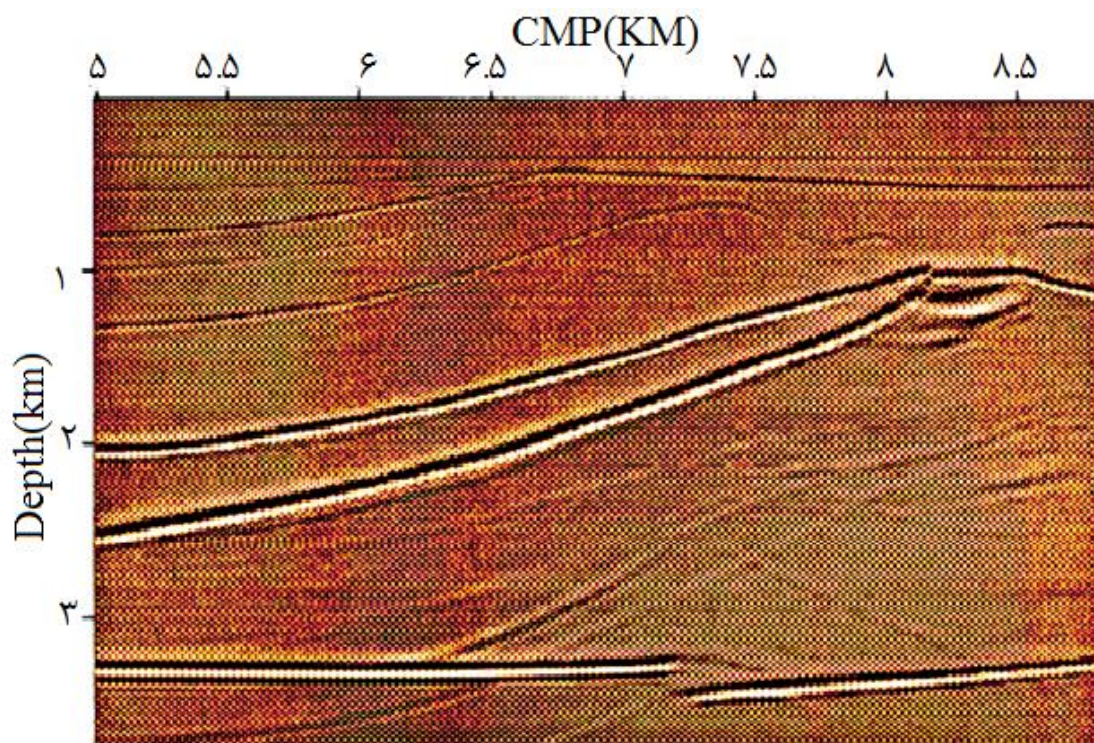


شکل ۲-۱۴: برانبارش بخش کوچ یافته، کوچ پیش از برانبارش کیرشلف با استفاده از مدل لایه‌ای [۲۵].

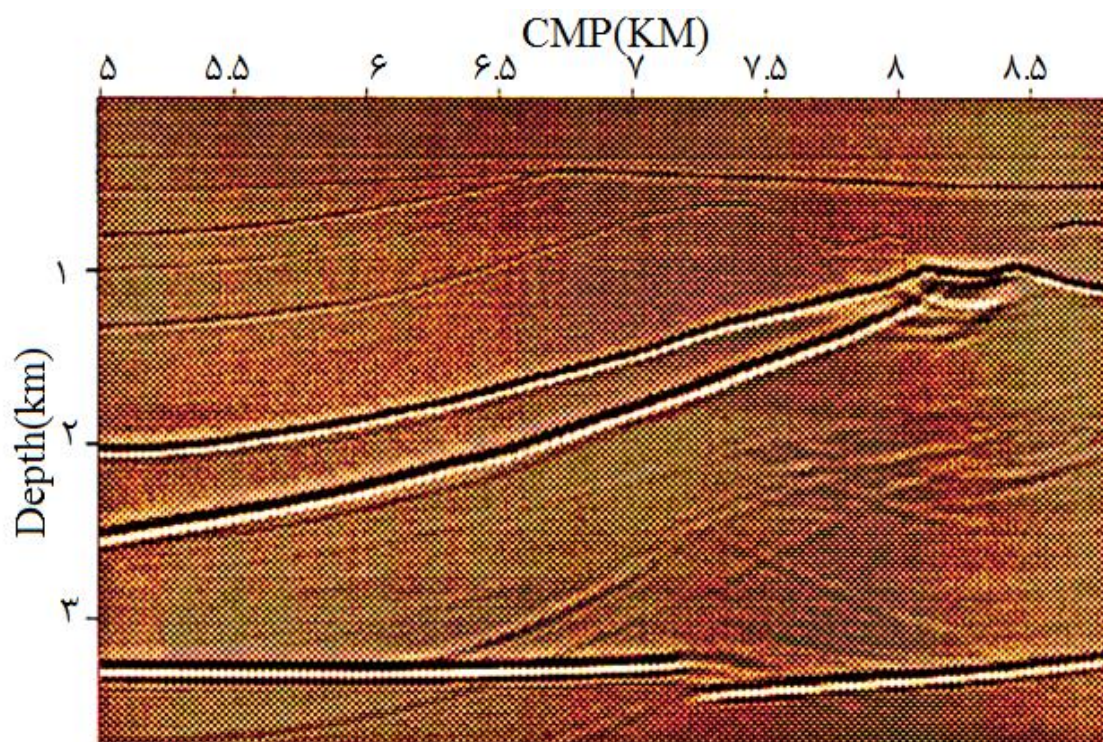


شکل ۲-۱۵: برانبارش بخش کوچ یافته، کوچ پیش از برانبارش کیرشلف با استفاده از مدل هموار [۲۵].

در عمل یک مدل سرعت از داده‌های لرزه‌ای تخمین زده می‌شود و در نتیجه مشخص است که دارای میزانی خطا است. در مدل لایه‌ای، سرعت را در نمک به میزان ۵ درصد تصحیح کرده و همین مدل خطادار را هموار کرده و کوچ عمق کیرشیف را برای هر دو حالت انجام گرفته که کوچ برای مدل سرعت خطادار، که سرعت در نمک ۵ درصد تصحیح شده در شکل (۲-۱۶) و برای مدل سرعت خطادار که هموار شده در شکل (۲-۱۷) نمایش داده شده‌است. در هر دو مورد کف نمک به صورت درست تصویر برداری نشده‌است که به نظر می‌رسد به دلیل خطا در سرعت نمک، شیب‌دار است. همانطور که مشاهده می‌شود هیچ اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین نتایج کوچ حاصل از مدل‌های لایه‌ای یا هموار دیده نشده‌است [۲۵].



شکل ۲-۱۶: برانبارش بخش کوچ‌یافته، کوچ پیش از برانبارش کیرشیف با استفاده از مدل لایه‌ای خطادار [۲۵].



شکل ۲-۱۷: برانبارش بخش کوچ یافته، کوچ پیش از برانبارش کیرشلف با استفاده از هموار کردن مدل خطادار [۲۵].

نتایج نشان می دهد که یک مدل سرعت هموار برای ارائه ی یک نتیجه ی کوچ دقیق کافی است، حتی هنگامی که مدل سرعت غیر دقیق است، این نتیجه صادق است و این نتیجه را می توان به این دلیل دانست که فرآیند کوچ از مولفه های فرکانس پایین میدان سرعت استفاده می کند تا از تغییرات ناگهانی که باعث بازتابها در داده های لرزه ای می شود تصویر برداری کند [۲۵].

فصل سوم

تئوری روش کار

۳-۱- مقدمه

در این فصل ابتدا، مروری بر روش‌های کنترل کیفیت سرعت پرداخته می‌شود. در ادامه روش آنالیز زمین‌آماري جهت کنترل سرعت مورد بررسی قرار خواهد گرفت و در پایان تئوري روش کار بیان خواهد شد. روش‌های زیادی برای کنترل کیفیت سرعت وجود دارد که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

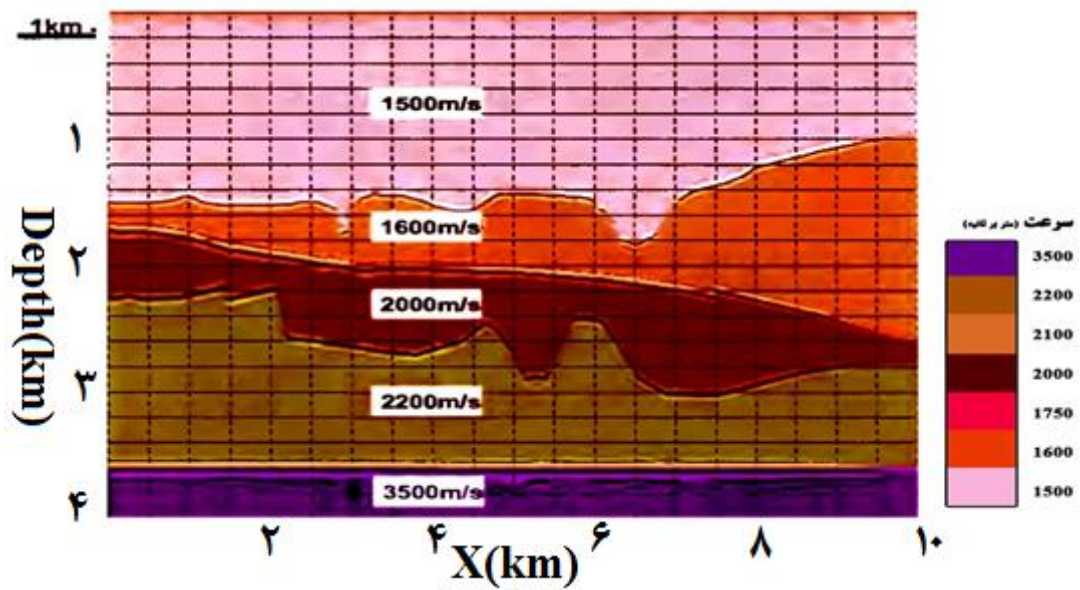
۱: اندازه‌گیری‌های برونراند باقیمانده‌ی RMO از ورداشت‌های CRP.

نیاز است که بررسی شود که آیا انتتخاب‌گر اتوماتیک^۱ چند لایه را انتخاب نکرده باشد، ممکن است که چند لایه را براساس سرعت فاصله‌ی غیر معقول که در گزینش اتوماتیک یافت می‌شود را انتخاب کرده باشد.

۲: اتصال خوب چاه برای نشانه‌های ساختاری کلیدی.

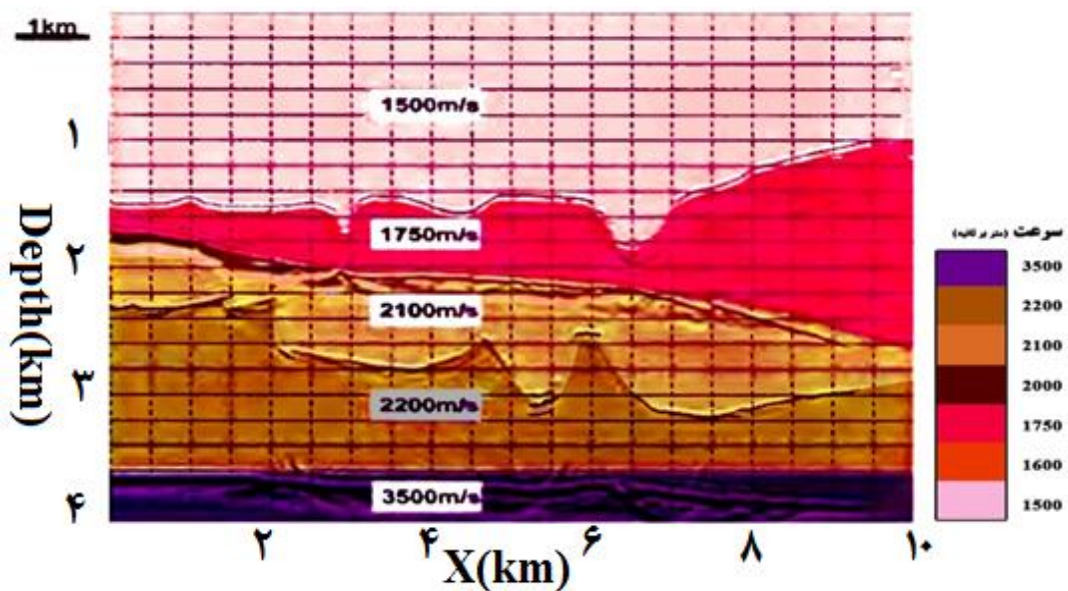
۳: انطباق فضایی مدل و تصویر تولید شده توسط آن، به عبارت دیگر مدل سرعت، تصویر لرزه‌ای را پوشش می‌دهد.

ساده‌ترین راه کنترل کیفیت مدل سرعت این است که مدل، افق‌ها را در کوچ مربوطه پوشش می‌دهد یا خیر؟ در شکل (۳-۱) یک مجموعه داده‌ی مصنوعی کوچ‌یافته به صورت صحیح را با پوشش مدل سرعت نشان داده شده است [۸].



شکل ۳-۱: مدل آب عمیق مصنوعی و نتیجه preSDM مربوطه. مدل، افق‌ها و افق‌های کوچ‌یافته را به درستی پوشش می‌دهد [۸].

در شکل (۳-۲) سرعت را در دومین و سومین لایه تغییر می‌دهیم همان‌طور که دیده می‌شود مدل سرعت و تصویر کوچ‌یافته همدیگر را به درستی پوشش نمی‌دهند.

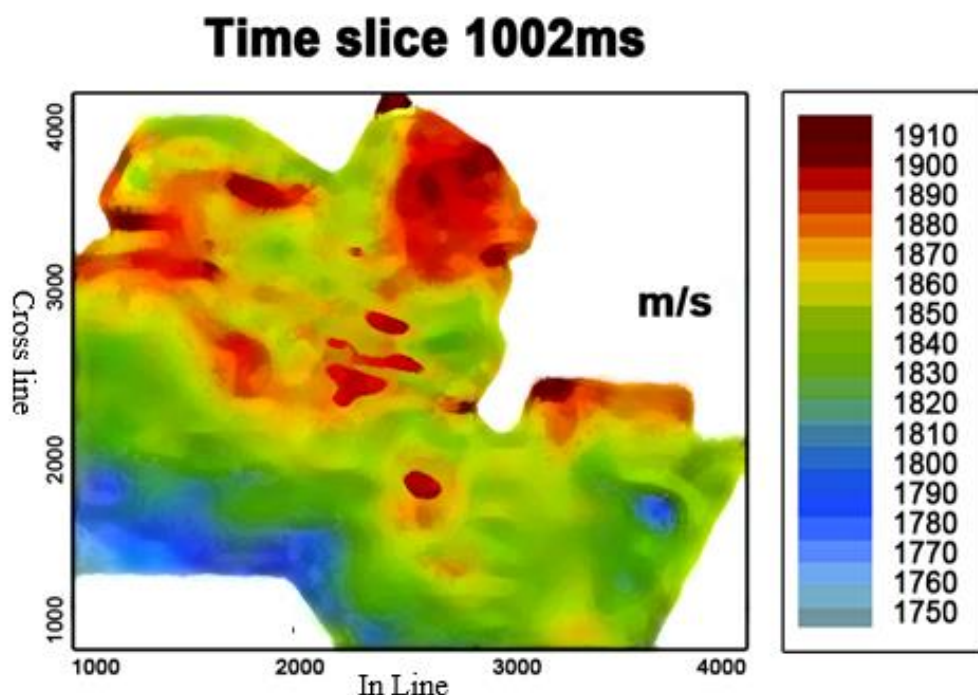


شکل ۳-۲: مدل آب عمیق مصنوعی به همراه یک خطای سرعت اضافه شده به نتیجه preSDM مربوطه. مدل، افق‌ها و افق‌های کوچ‌یافته را به دلیل خطای سرعت به خوبی پوشش نمی‌دهد [۸].

۳-۲- آنالیز زمین آماری برای کنترل کیفیت و کاهش آنومالی های غیرساختاری^۱

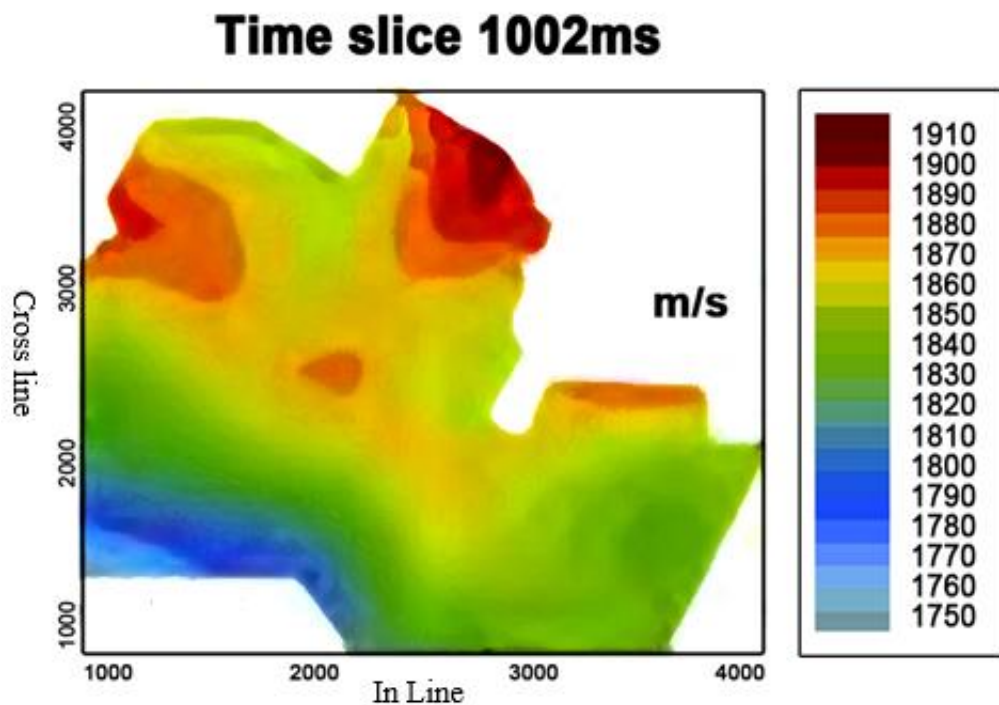
یک روش زمین آماری، جزء فرکانس پایین میدان سرعت را جدا می کند و سپس جزء فرکانس بالا را برای روندهای غیرقابل قبول زمین شناسی تحلیل می کند. اگر یک تغییرات بسیار سریع روی یک برش عمقی در جزء فرکانس بالای سرعت وجود داشته باشد آن را حذف کرده و سپس باقیمانده را به جزء فرکانس پایین برمی گرداند تا مدل سرعت جدید ساخته شود.

شکل (۳-۳) یک برش زمانی میدان سرعت اولیه (خام)^۲ که دارای نوفه می باشد را نشان می دهد (در مرکز شکل و همچنین قسمت بالاسمت چپ شکل روند خاصی وجود ندارد و تغییرات سرعت جانبی بسیار سریع است). برای کاهش آنومالی های غیرساختاری ابتدا میدان سرعت اولیه تحت یک آنالیز تغییرات سرعت به صورت تابعی از زاویه انجام گرفته است تا انحراف در این میدان سرعت ورودی شناسایی شود.

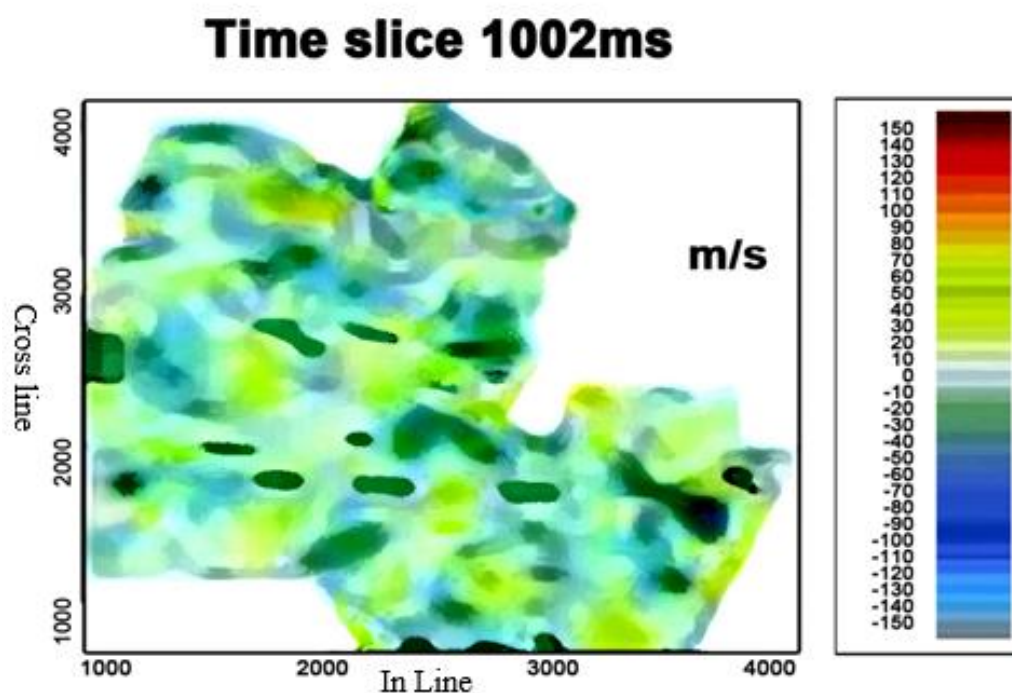


شکل ۳-۳: برش زمانی میدان سرعت اولیه [۸].

در این مرحله جزء فرکانس پایین قابل قبول از لحاظ زمین شناسی (روند کلی میدان سرعت) از مدل سرعت ورودی حذف شده است. شکل (۳-۴) جزء فرکانس پایین میدان سرعت (روند کلی میدان سرعت) را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود تغییرات سرعت جانبی شدید نیست و از یک روند خاص پیروی می‌کند. شکل (۳-۵) میدان سرعت باقیمانده^۱ (جزء فرکانس بالای میدان سرعت) را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود تغییرات سرعت جانبی در جزء فرکانس بالا به شدت زیاد است، و از روند خاصی پیروی نمی‌کند.



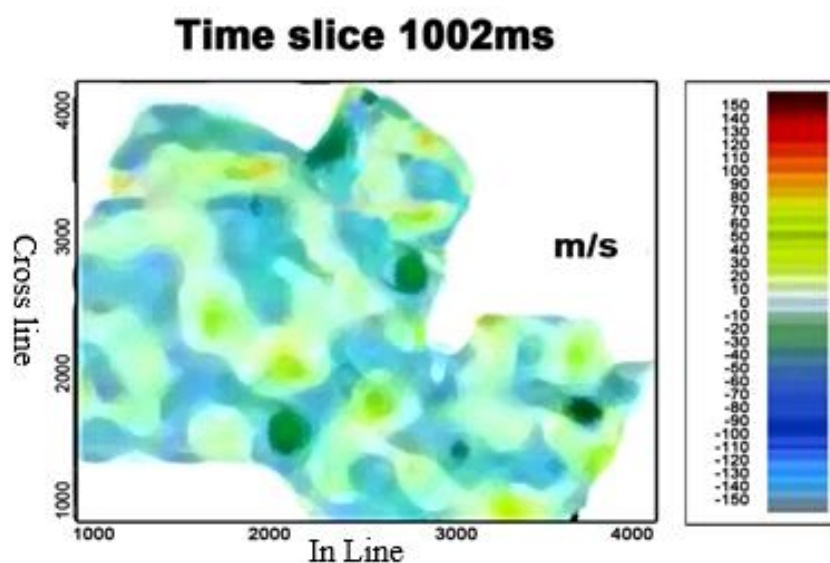
شکل ۳-۴: برش زمانی میدان سرعت فرکانس پایین قابل قبول از لحاظ زمین شناسی [۸].



شکل ۳-۵: برش زمانی میدان سرعت باقیمانده [۸].

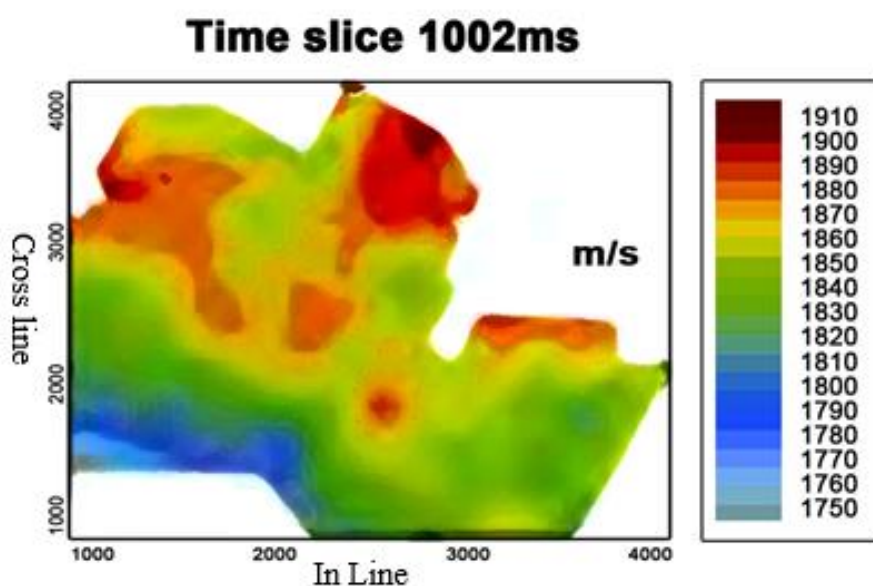
سپس این میدان سرعت باقیمانده با یک اپراتور دو بعدی که برای حذف تغییرات جانبی سریع غیر زمین‌شناسی طراحی شده است فیلتر می‌شود تا میدان سرعت باقیمانده‌ی فیلتر شده^۱ به دست آید. شکل (۳-۶) میدان سرعت باقیمانده فیلتر شده را نشان می‌دهد، همان‌طور که در شکل دیده می‌شود روند تغییرات سرعت جانبی در مقایسه با جزء فرکانس بالا (میدان سرعت باقیمانده) شدید نمی‌باشد و از یک روند منظم‌تری پیروی می‌کند.

1-Filtered Residual Velocity Field.



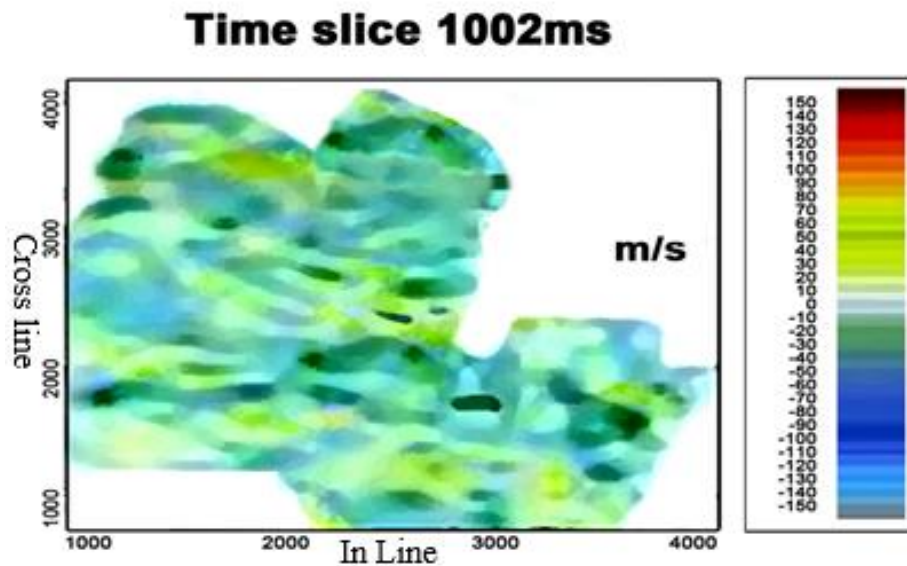
شکل ۳-۶: برش زمانی میدان سرعت باقیمانده‌ی فیلتر شده [۸].

سپس میدان سرعت باقیمانده‌ی فیلتر شده به روند فرکانس پایین قابل قبول از لحاظ زمین‌شناسی برگردانده می‌شود تا میدان سرعت نهایی فیلتر شده تولید شود. شکل (۳-۷) میدان سرعت نهایی را نشان می‌دهد. این میدان سرعت نهایی در مقایسه با میدان سرعت اولیه تغییرات شدید جانبی سرعت را ندارد و روند منظم‌تری نسبت به میدان اولیه را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷: میدان سرعت نهایی [۸].

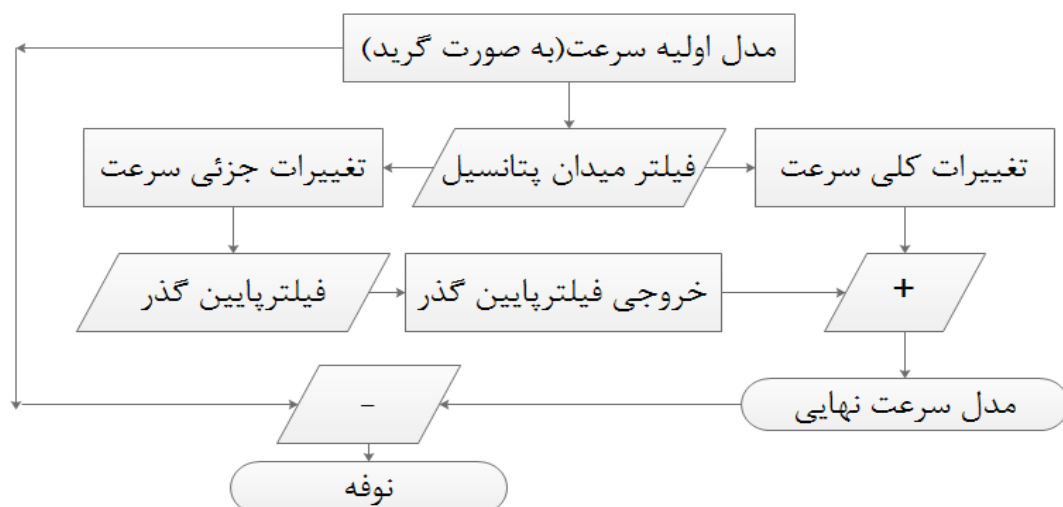
شکل (۳-۸) میزان نوفه حذف شده از میدان سرعت اولیه را نشان می‌دهد که اختلاف بین میدان سرعت ورودی و نتیجه‌ی فیلتر شده‌ی نهایی است.



شکل ۳-۸: نوفه خارج شده از میدان سرعت اولیه [۸].

۳-۳- تئوری روش انجام کار

تئوری استفاده شده در این پایان‌نامه بر مبنای تئوری گفته شده در قسمت قبل است که طبق فلوچارت ارائه شده در شکل (۳-۹) انجام می‌شود.



شکل ۳-۹: فلوچارت انجام کار

همان‌طور که مشاهده می‌شود مدل سرعت اولیه در مرحله اول با استفاده از فیلترهای میدان پتانسیل به دو قسمت مدل سرعت با تغییرات کلی (روند فرکانس مکانی پایین قابل قبول از لحاظ زمین شناسی) و مدل سرعت با تغییرات جزئی (روند فرکانس مکانی بالا) تفکیک می‌شود. در مرحله بعد مدل سرعت با تغییرات جزئی (روند فرکانس مکانی بالا) با اعمال یک فیلتر پایین‌گذر بعضی از فرکانس‌های بالای آن حذف شده و در مرحله بعد خروجی فیلتر پایین‌گذر بر روی مدل سرعت با تغییرات جزئی و مدل سرعت با تغییرات کلی (روند فرکانس مکانی پایین در مرحله اول) با هم جمع می‌شوند، و مدل سرعت نهایی که یک مدل سرعت هموار است برای انجام عملیات کوچ بدست می‌آید. همچنین از اختلاف مدل سرعت اولیه با مدل سرعت نهایی میزان نوفه خارج شده بر روی مدل سرعت اولیه بدست می‌آید.

۳-۴- جداسازی آنومالی‌ها

برای تفکیک آنومالی‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد. از جمله تفکیک آنومالی‌ها به روش گرافیکی، روش روندسطح، تفکیک به روش طول موجی^۱ و روش‌های گسترش میدان (روش گسترش به سمت بالا^۲ و روش گسترش به سمت پایین^۳) [۲۶]. که در زیر به طور خلاصه به دو روش (روندسطح و ادامه فراسو) که در این پایان نامه استفاده شده پرداخته می‌شود.

۳-۴-۱- روش روند سطح

یکی از انعطاف پذیرترین روش‌های تحلیلی برای تعیین اثرات ناحیه‌ای، روش روندسطح می‌باشد. در این روش، میدان تغییرات کلی سرعت (فرکانس پایین) از میدان سرعت اولیه بوسیله روش کمترین مربعات یا روش اورتونرمال تقریب زده می‌شود. این روش براساس محاسبه سطحی (به روش ریاضی) استوار است که بهترین تطابق را نسبت به میدان سرعت اولیه داشته باشد.

در این روش بر میدان سرعت اولیه سطحی عبور داده می‌شود که پیچیدگی معادله ریاضی سطح مورد

1-Wave Length
2-Upward Continuation
3-Downward Continuation

نظر به روند حاکم بر میدان سرعت اولیه بستگی دارد. در حالت کلی معادله سطح مذکور برای حالت دو بعدی به صورت زیر است [۲۷]:

$$V(cdp, time) = A_{00} + A_{10}cdp + A_{01}time + A_{11}cdptime + A_{20}cdp^2 + A_{02}time^2 + A_{21}cdp^2time + \dots + A_{mn}cdp^m time^n \quad (۱-۳)$$

که در آن $V(cdp, time)$ مقدار میدان تغییرات کلی سرعت، A_{ij} ضرایب سطح مذکور، cdp^1 و $time$ مختصات نقاط میدان سرعت اولیه می باشند. پس از عبور دادن سطح مزبور بر میدان سرعت اولیه، مقدار باقی مانده میدان سرعت (تغییرات جزئی سرعت) به صورت زیر محاسبه می شود [۲۷]:

$$V(res)_i = V(raw)_i - V_i \quad (۲-۳)$$

که در آن $V(raw)_i$ میدان سرعت اولیه، V_i پاسخ سطح مزبور به عنوان میدان تغییرات کلی سرعت (فرکانس پایین) و $V(res)_i$ نماینده میدان سرعت باقی مانده (فرکانس بالا) می باشد. درجه روند سطحی به پیچیدگی میدان سرعت اولیه بستگی دارد. از درجه روند سطحی بیشتر برای همپوشانی بین مقادیر سطح مزبور و میدان سرعت اولیه در شرایط پیچیده تر زمین شناسی استفاده می شود [۲۸].

۳-۴-۲- روش گسترش میدان

محاسبه میدان در سطحی متفاوت از سطح برداشت (معمولاً زمین) را گسترش میدان می گویند. این عملیات شامل اندازه گیری میدان در سطحی بالاتر از سطح برداشت و سطحی پایین تر از سطح برداشت است، که به ترتیب گسترش به سمت بالا (ادامه فراسو) و گسترش به سمت پایین (ادامه فروسو) نام دارد [۲۹].

۳-۴-۲-۱- روش گسترش به سمت بالا

یکی از روش های تفکیک آنومالی ها، روش گسترش به سمت بالا می باشد [۳۰]. در یک سطح بالاتر الگوی تغییرات ناحیه ای (میدان تغییرات کلی سرعت) به طور واضح تر نمایان شده و آنومالی های محلی (میدان تغییرات جزئی سرعت) کمتر واضح می باشند. در نقشه های تهیه شده به این روش هرچه از سطح مبنا دور

شویم آنومالی‌های کوچک با طول موج کوتاه ضعیف شده و در نتیجه آنومالی‌های ناحیه‌ای با طول موج بلند باقی می‌مانند [۳۰].

فیلتر گسترش به سمت بالا طی سه مرحله صورت می‌پذیرد.

۱- تبدیل فوریه داده‌ها و انتقال آن‌ها به حوزه فرکانس.

۲- ضرب کردن نتیجه مرحله ۱ در عبارت $e^{\pm 2\pi h \sqrt{u^2 + v^2}}$ (در این رابطه h ارتفاع گسترش به متر و u و v متغیرهای حوزه فرکانس می‌باشند).

۳- برگرداندن نتایج مرحله ۲ به حوزه مکان توسط عکس تبدیل فوریه.

در صورتی که مقدار h در این رابطه مثبت باشد، گسترش به سمت بالا و در صورتی که مقدار h منفی باشد، گسترش به سمت پایین نامیده می‌باشد.

فصل چهارم

زمین‌شناسی منطقه و اعمال فیلتربرد روی

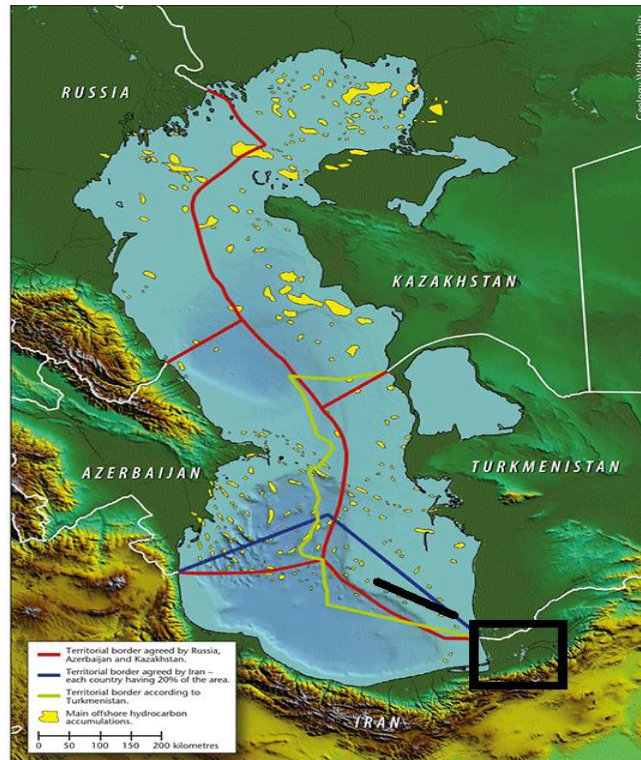
مدل سرعت اولیه

۴-۱- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه کپه داغ به طول ۷۳۳ کیلومتر از شمال غرب دریای مازندران شروع شده و با عبور از شمال شرق ایران به سمت شمال غرب ترکمنستان امتداد می‌یابد. این منطقه صفحه توران را از ایران مرکزی جدا می‌کند. ارتفاع منطقه متغیر بوده و به ۹۳۳۳ متر در بعضی نقاط می‌رسد. کربنات‌های دریایی ژوراسیک-میوسن و رسوبات تبخیری نهشته شده در منطقه، مجموعه‌ای از گسل‌ها و راندگی‌ها را تشکیل داده‌اند. تحذب این نهشته‌ها به سمت شمال می‌باشد و به صورت یک روند موازی با گسل راست‌گرد عشق‌آباد در حاشیه شمالی این ناحیه، خم می‌شوند. چین‌ها در خط ساحلی خزر امتداد شمالی-جنوبی دارد که بیانگر مولفه کوتاه شدگی شرقی-غربی می‌باشد. ساز و کار مرکزی در این منطقه روراندگی شدید شمالی-جنوبی روی صفحات با شیب شمالی را نشان می‌دهد. این کوتاه شدگی‌ها، بر اساس نهشته‌های ۱/۵ کیلومتری آواری‌های پلیوکواترنری روی یک توالی دریایی الیگوسن پایینی-میوسن، اصولاً سنی معادل با پلیوکواترنری دارند. بالا آمدگی براساس این که واحدهای چین‌ه‌ای پلیوسن در سمت غرب، نهشته‌های دریایی اما در سمت شرق غیر دریایی بودند ظاهراً از سمت شرق به غرب غیر همزمان هستند [۳۱].

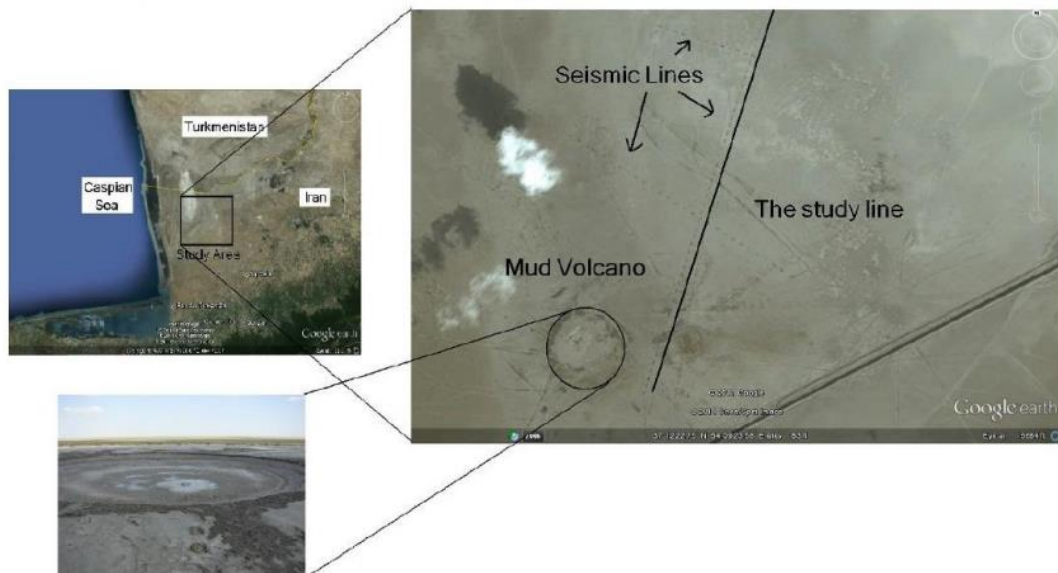
منطقه گرگان بخشی از محدوده کپه داغ واقع در شمال شرق ایران است که در دو ناحیه زمین‌شناسی متفاوت قرار دارد. این دو ناحیه در بین چند حوزه‌ی رسوبی مختلف قرار دارند که بین ایران و ترکمنستان توزیع شده‌اند. این منطقه از رسوبات ضخیمی به سن ژوراسیک تا میوسن به وجود آمده است. این رسوبات، شیل، سنگ آهک، مارن، ماسه‌سنگ و گاهی کنگلومرا و رسوبات تبخیری را شامل می‌شود. این توالی پایین‌تر از یک ناپیوستگی کنگلومرای پالتوسن قرار دارد.

در بالای ناپیوستگی، رسوبات کواترنری، حاصل از رودخانه، ساحل و همچنین رسوبات دلتایی وجود دارد. در منطقه گرگان که با یک چهارضلعی در شکل (۴-۱) مشخص شده، گلفشان‌ها نقش مهمی در تعیین محل برداشت‌های لرزه‌ای جهت اکتشاف گاز دارند.



شکل ۴-۱: دریای خزر و یک نمونه خط لرزه‌ای (نشان داده شده با خط سیاه) و منطقه مورد مطالعه که با چهارضلعی مشکی مشخص شده است [۳۱].

شکل (۴-۲) خط لرزه‌ای در شمال منطقه مورد مطالعه و گلفشان مجاور آن را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲: عکس ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه در شمال شرق ایران. گلفشان در نزدیک خط لرزه‌ای نشان داده شده است [۳۱].

۴-۲- هندسه برداشت

طول لرزه‌ای این برداشت که هدف آن کشف مخازن گاز بوده‌است، ۳۵ کیلومتر می‌باشد و ۴۶۵ چشمه انفجاری در امتداد این خط وجود داشته که هر چشمه انفجاری بوسیله ۹۶ کانال گیرنده به ثبت رسیده‌است. کم‌ترین دورافت ۱۴۰ متر و بیشترین دورافت ۳۴۵۸ متر می‌باشد. فاصله گیرنده‌ها در امتداد خط مذکور ۳۵ متر و فاصله چشمه‌های انفجاری از هم ۷۰ متر بوده‌است. بیشترین مقدار چینش در طول خط برداشت ۲۴ است. به عبارت دیگر به ازای هر رکورد CMP، ۲۴ ردلرزه در این داده‌ها وجود دارد. جدول (۴-۱) هندسه برداشت این داده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱: پارامترهای هندسی برداشت داده مربوط به داده واقعی.

هندسه چشمه و گیرنده		هندسه نقطه میانی و دورافت	
تعداد چشمه‌ها	۴۶۵	تعداد شبکه CMP	۱۹۵۲
تعداد گیرنده‌ها	۹۹۷	حداکثر تعداد چینش CMP	۲۴
فاصله چشمه‌ها	۷۰ متر	فاصله بین هر دو CMP متوالی	۱۷/۵ متر
فاصله گیرنده‌ها	۳۵ متر	بازه دورافت	۱۴۰-۳۴۸۵
پارامترهای ثبت		محتوای فرکانسی	
زمان ثبت	۷ ثانیه	فرکانس	۵۲-۱۰ هرتز
فاصله نمونه برداری	۰,۰۰۴ ثانیه	فرکانس غالب	۲۰ هرتز

۴-۳- مدل‌های سرعت ساخته شده

برای تفکیک میدان سرعت اولیه به میدان تغییرات کلی سرعت (فرکانس پایین) و میدان تغییرات جزئی سرعت (فرکانس بالا)، از دو فیلتر روند سطح با درجه‌های مختلف (۲، ۳، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۱۶) و فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع‌های مختلف (۲۰ و ۱۰۰ متر) استفاده شده‌است. در مرحله بعد با اعمال فیلتر پایین‌گذر با حذف طول

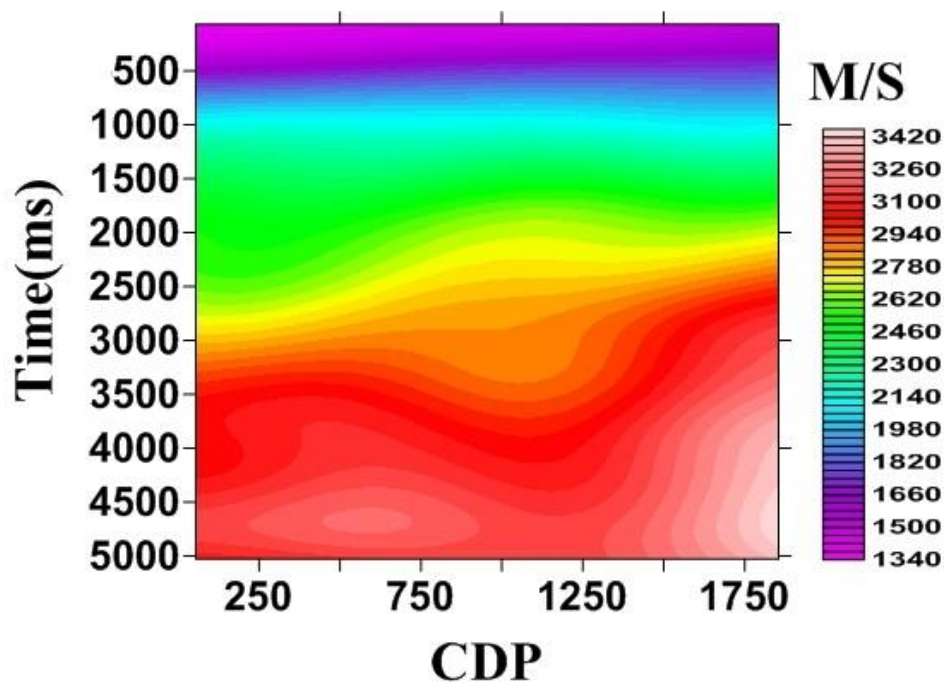
موج‌های مختلف (۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر) بر روی میدان تغییرات جزئی سرعت، حاصل از اعمال فیلتر روند سطح با درجه‌های مختلف بر روی میدان سرعت اولیه و همچنین اعمال فیلتر پایین‌گذر با حذف طول موج‌های (۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر) بر روی میدان تغییرات جزئی سرعت، حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع‌های مختلف بر روی میدان سرعت اولیه، باقیمانده هر فیلتر بدست آمد. در مرحله بعد باقیمانده بدست‌آمده هر فیلتر به میدان تغییرات کلی سرعت حاصل از اعمال همان فیلتر در مرحله یک بر روی میدان سرعت اولیه، اضافه گردید و مدل‌های سرعت مختلفی برای انجام فرآیند کوچ بدست‌آمد.

۴-۳-۱- مدل‌های سرعت حاصل از اعمال فیلتر روند سطح

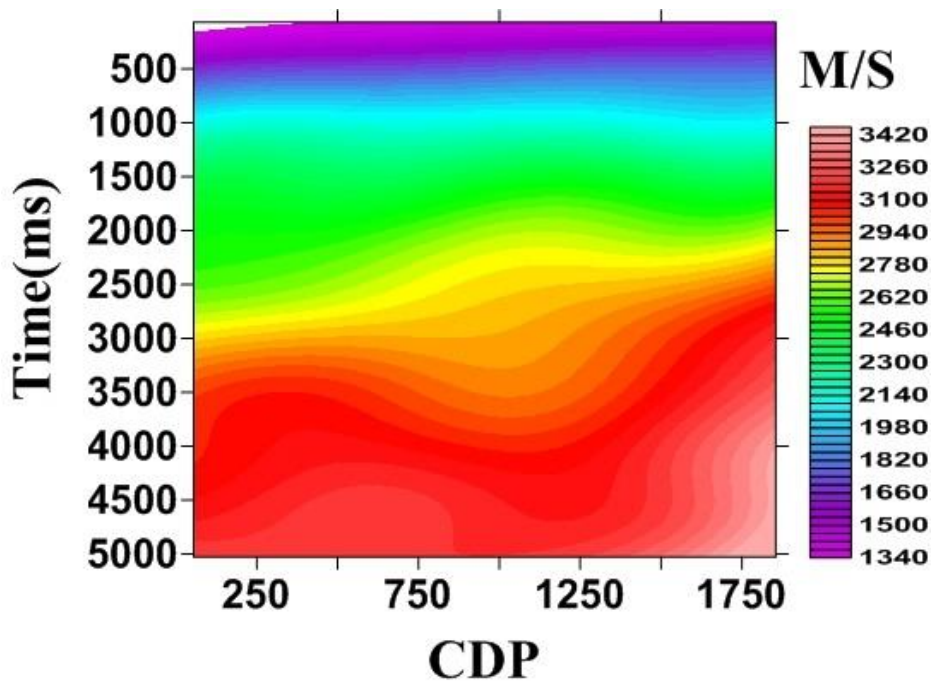
برای بدست آوردن مدل سرعت نهایی با استفاده از فیلتر روند سطح، ابتدا با استفاده از نرم افزار وینگ-لینک^۱، مدل اولیه سرعت را که یک مدل سرعت کوچ است و در نرم افزار پرومکس تهیه شده است، با استفاده از فیلتر روند سطح با درجات ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۱۶ به میدان تغییرات کلی سرعت (فرکانس پایین) و میدان تغییرات جزئی سرعت (فرکانس بالا) تفکیک می‌شود. در مرحله بعد با اعمال فیلتر پایین‌گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر بر روی میدان تغییرات جزئی سرعت، میدان سرعت باقیمانده فیلتر شده بدست می‌آید. با اضافه کردن این میدان سرعت باقیمانده فیلتر شده به میدان تغییرات کلی سرعت، مدل‌های سرعت مختلفی بدست می‌آید. برای بدست بهترین درجه روند سطح، فرآیند کوچ با استفاده از مدل‌های سرعت بدست آمده انجام می‌شود. مدل سرعتی که بهترین مقطع کوچ را تولید می‌کند، به عنوان بهترین مدل سرعت انتخاب می‌شود. و درجه‌ی روند سطحی که بهتر مدل سرعت را تولید کرده، به عنوان بهترین درجه روند سطح برای تفکیک میدان سرعت انتخاب می‌شود. شکل‌های (۴-۳) تا شکل (۴-۸) مدل سرعت نهایی با درجات مختلف روند سطح و اعمال فیلتر پایین‌گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر را نشان می‌دهد.

با مقایسه مدل‌های سرعت ساخته شده که در زیر نشان داده شده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌های ساخته شده با فیلتر روند سطح درجه ۲، ۳ و ۵ تقریباً به هم شبیه هستند و نسبت به سه مدل دیگر از روند

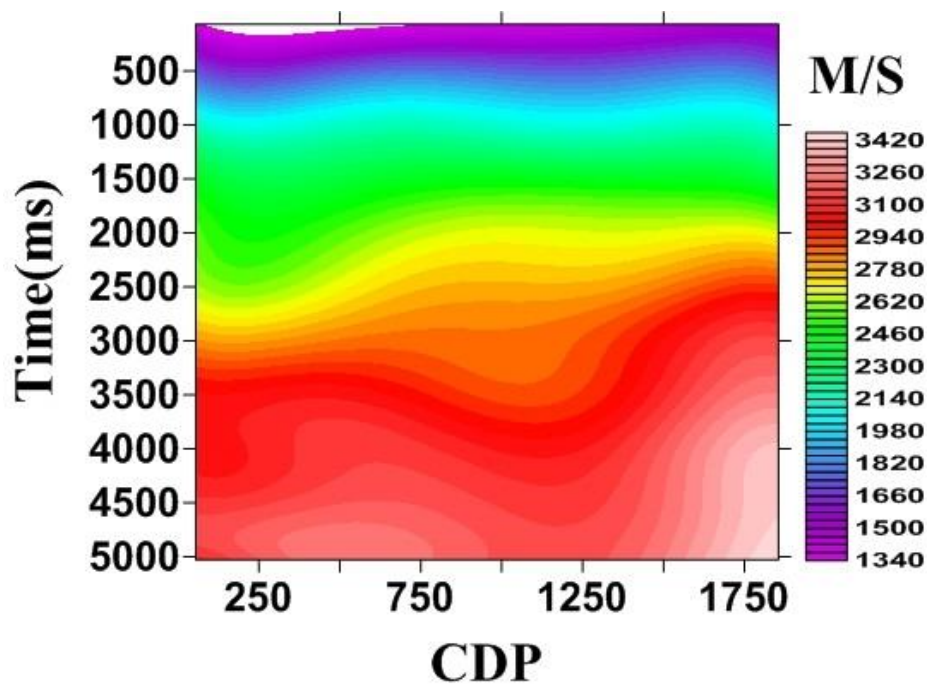
طبیعی تری برخوردار هستند.



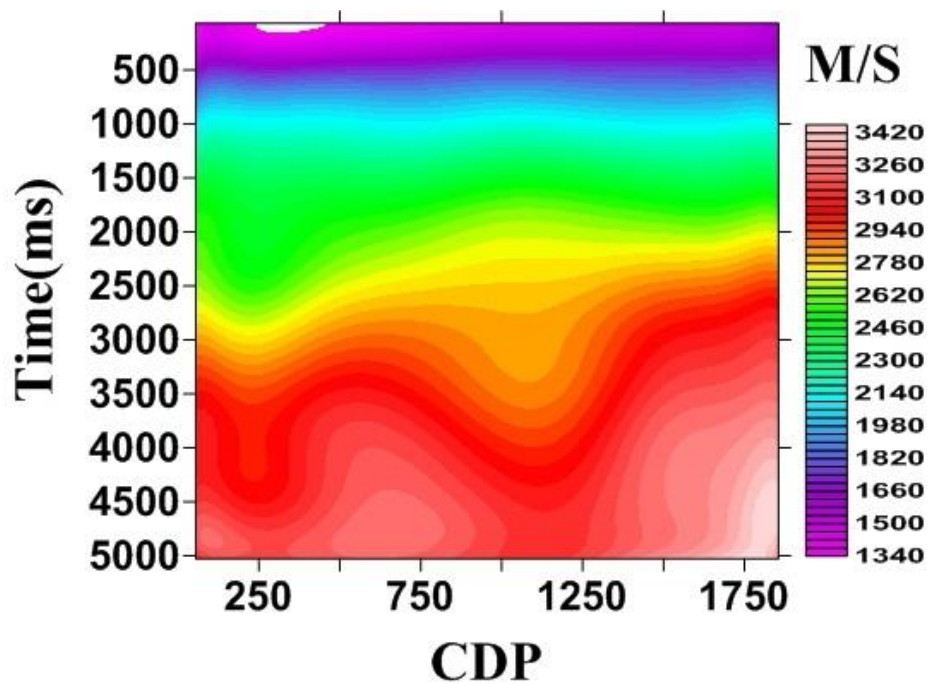
شکل ۳-۴: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر روند سطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.



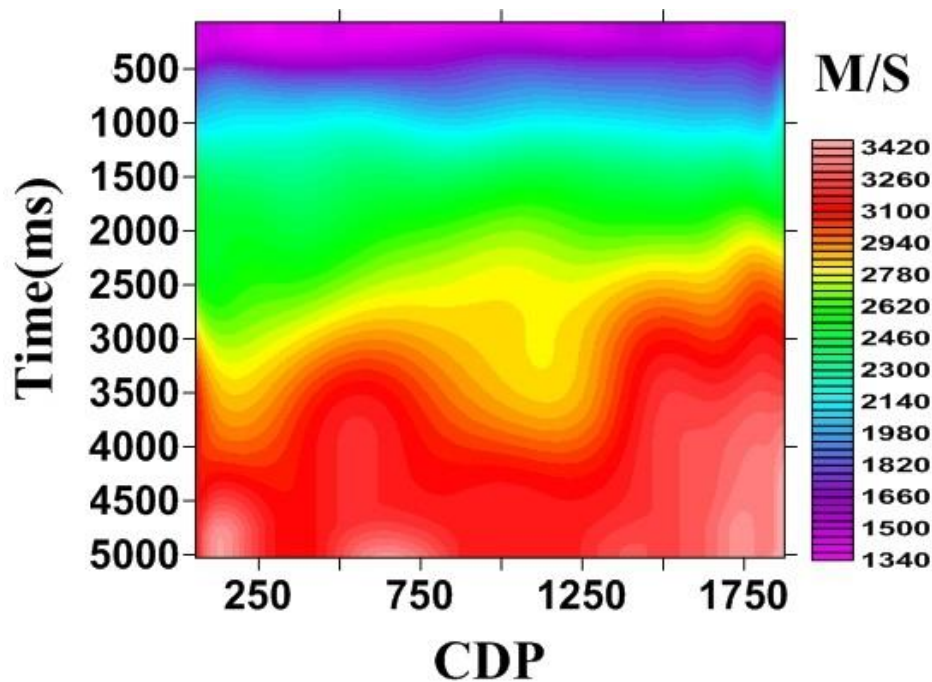
شکل ۴-۴: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر روند سطح درجه سه و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.



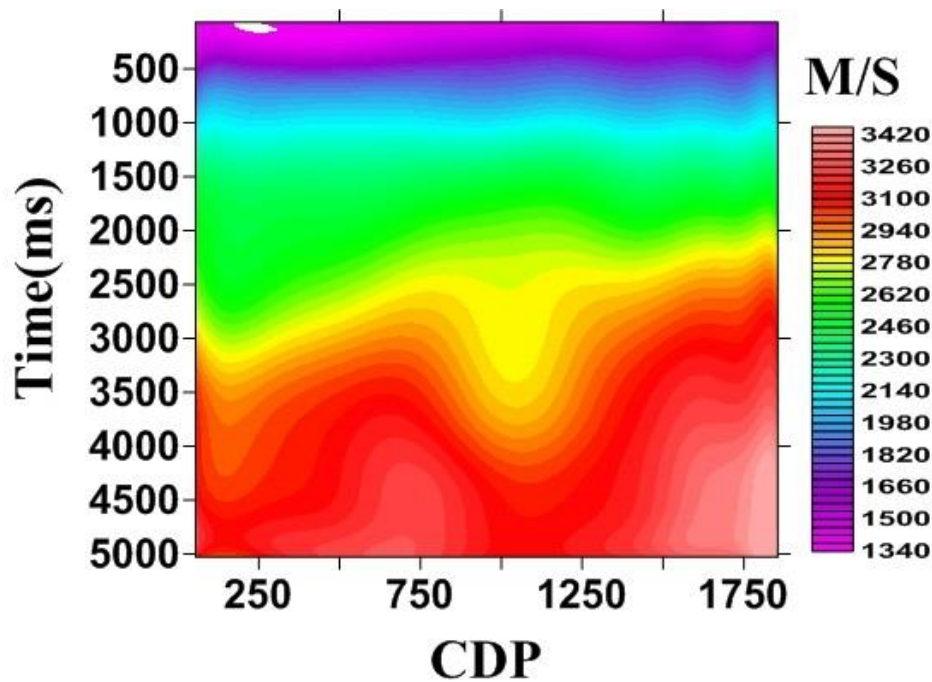
شکل ۴-۵: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر روند سطح درجه پنج و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.



شکل ۴-۶: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر روند سطح درجه ده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.



شکل ۴-۷: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر روند سطح درجه پانزده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

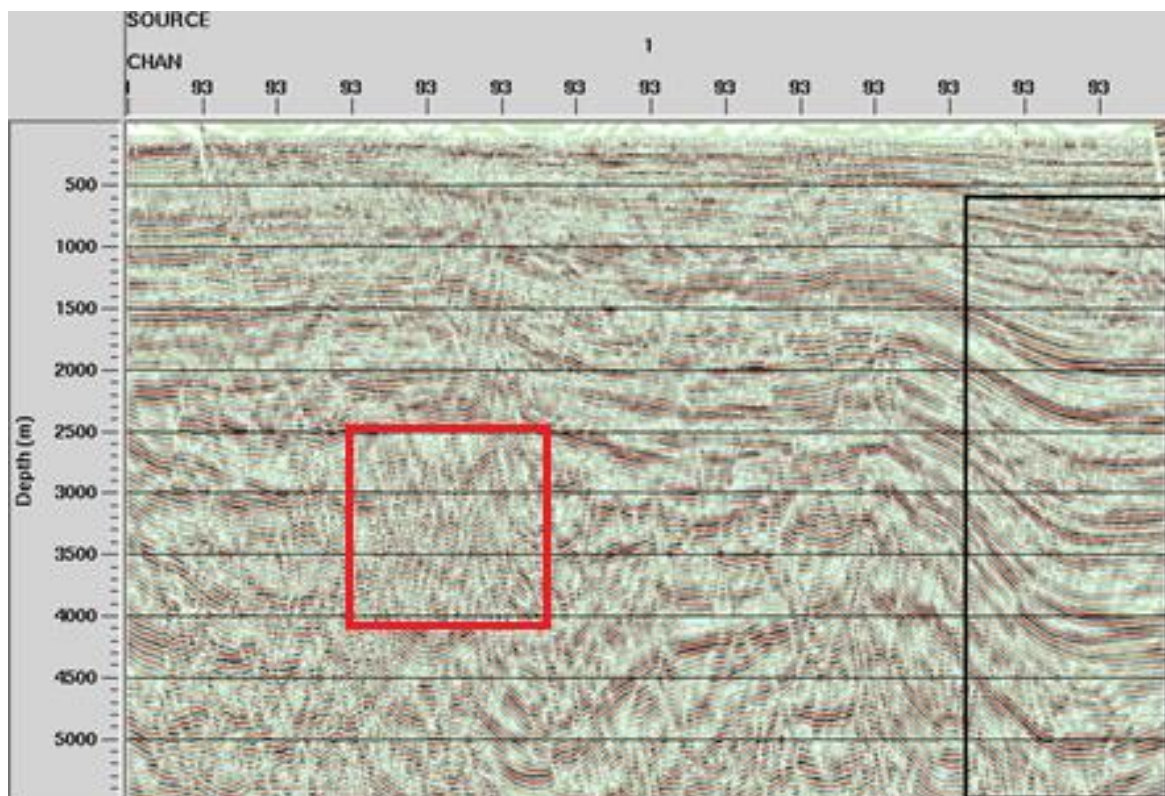


شکل ۴-۸: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر روند سطح درجه شانزده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

برای انتخاب بهترین مدل سرعت در این مرحله، فرآیند کوچ با استفاد از مدل‌های سرعت ساخته شده انجام می‌شود. مدل سرعتی که بهترین مقطع کوچ را تولید می‌کند به‌عنوان بهترین مدل سرعت انتخاب

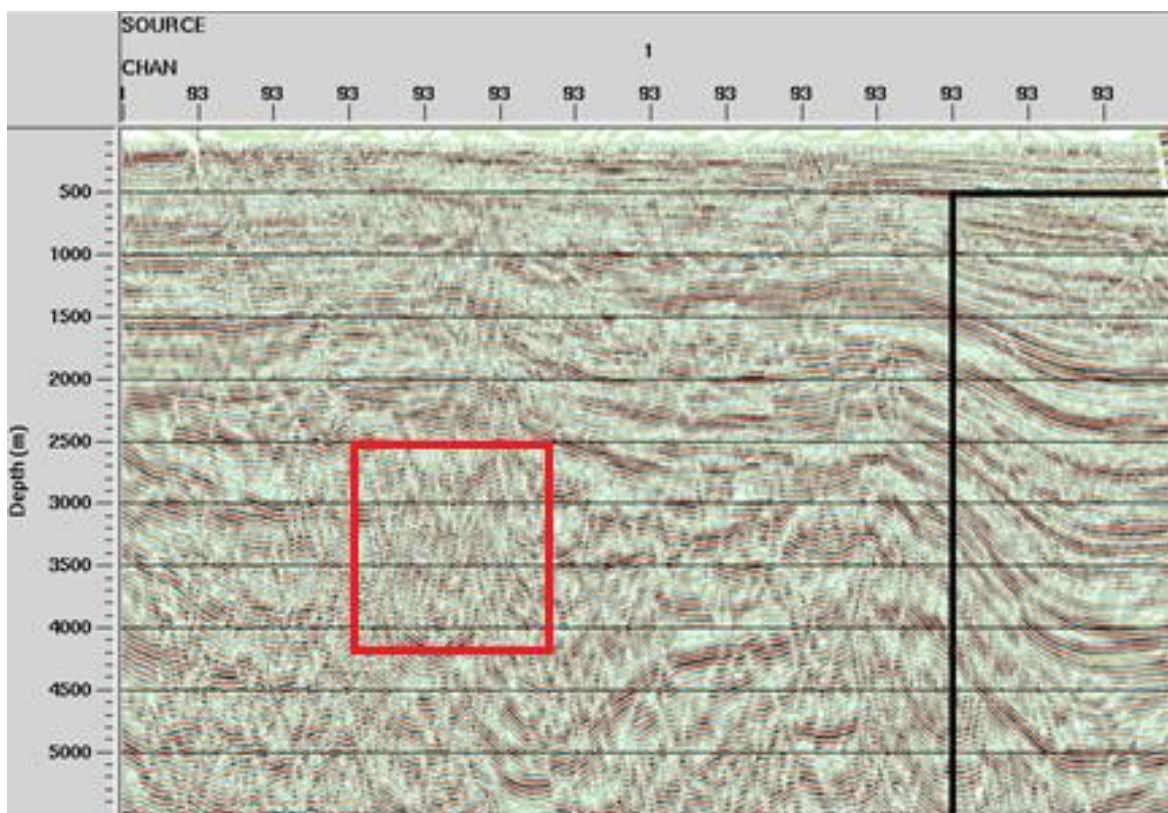
می‌شود. شکل‌های (۹-۴) تا شکل (۱۴-۴) مقطع کوچ با استفاده از مدل‌های سرعت مختلف بدست آمده، از اعمال فیلتر روندسطح با درجات مختلف و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر را نشان می‌دهد.

با مقایسه مقاطع کوچ نشان داده شده در شکل‌های زیر می‌توان نتیجه گرفت، مدل سرعت استفاده شده برای انجام فرآیند کوچ در مقاطع شکل‌های شماره (۹-۴)، (۱۰-۴) و (۱۱-۴) نسبت به مقاطع کوچ شکل-های (۱۲-۴)، (۱۳-۴) و (۱۴-۴) مدل سرعت مناسب‌تری می‌باشد. زیرا بازتابنده‌های سمت راست مقطع (کادر مستطیل شکل) را به خوبی نشان می‌دهند. هرچند هیچکدام از مدل‌های سرعت استفاده شده برای کوچ، بخوبی نتوانستند بازتابنده‌های وسط مقطع (کادر قرمز رنگ) را نشان دهند. با مقایسه دقیق‌تر سمت چپ مقطع (شکل‌های شماره (۹-۴)، (۱۰-۴) و (۱۱-۴)) می‌توان نتیجه گرفت، مقطع کوچ شماره (۹-۴) بازتابنده‌ها را در این قسمت به صورت واضح‌تر نشان داده است. با توجه به اینکه مقطع ذکر شده بهترین مقطع کوچ را نشان می‌دهد، پس مدل سرعتی که این مقطع کوچ را تولید کرده به عنوان بهترین سرعت انتخاب می‌شود. در بین مدل‌های سرعت استفاده شده، مدل سرعت بدست آمده با استفاده از فیلتر روندسطح درجه دو به عنوان بهترین مدل سرعت انتخاب می‌شود.



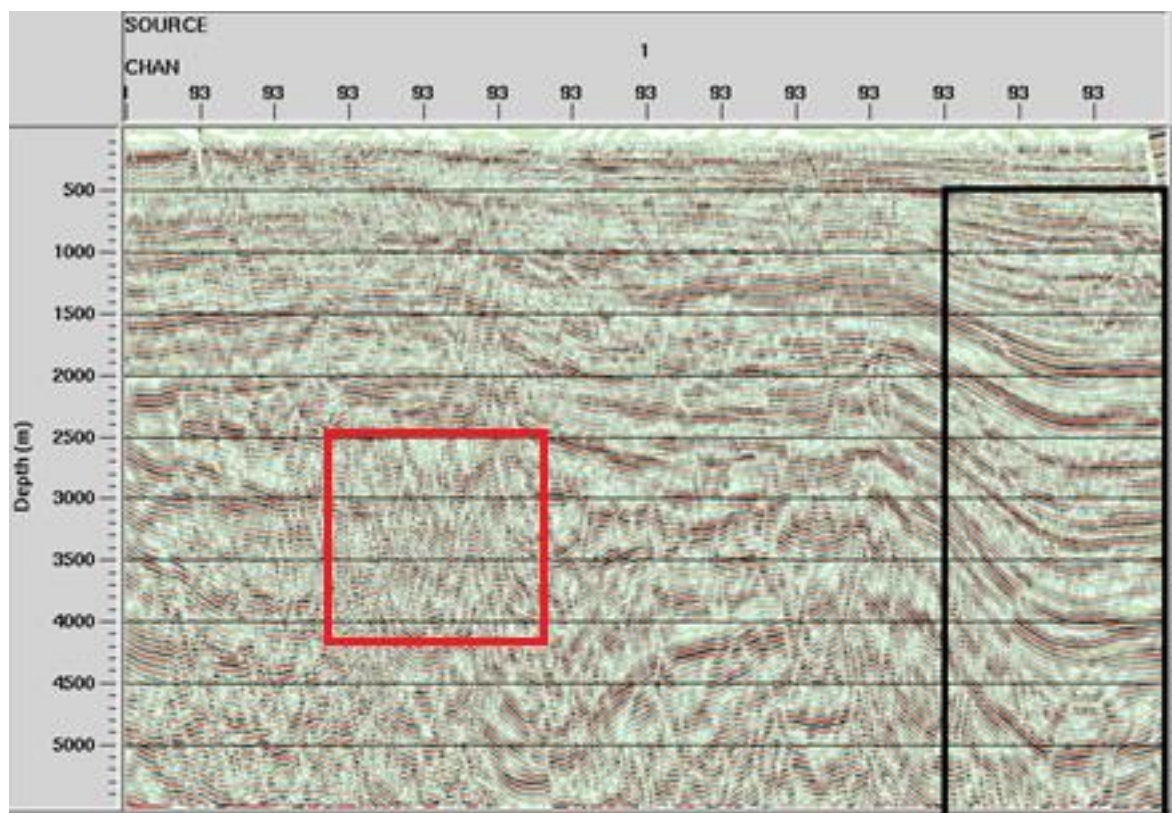
شکل ۴-۹: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

در مقطع کوچ بالا، مدل سرعت استفاده شده برای انجام فرآیند کوچ، بازتابنده‌های سمت راست مقطع (کادر مشکی رنگ) را بخوبی نشان داده است. اما بازتابنده‌های وسط مقطع (کادر قرمز رنگ) را نتوانسته نشان دهد. همچنین مدل سرعت استفاده شده بازتابنده‌های سمت چپ مقطع را نسبتاً نشان می‌دهد.



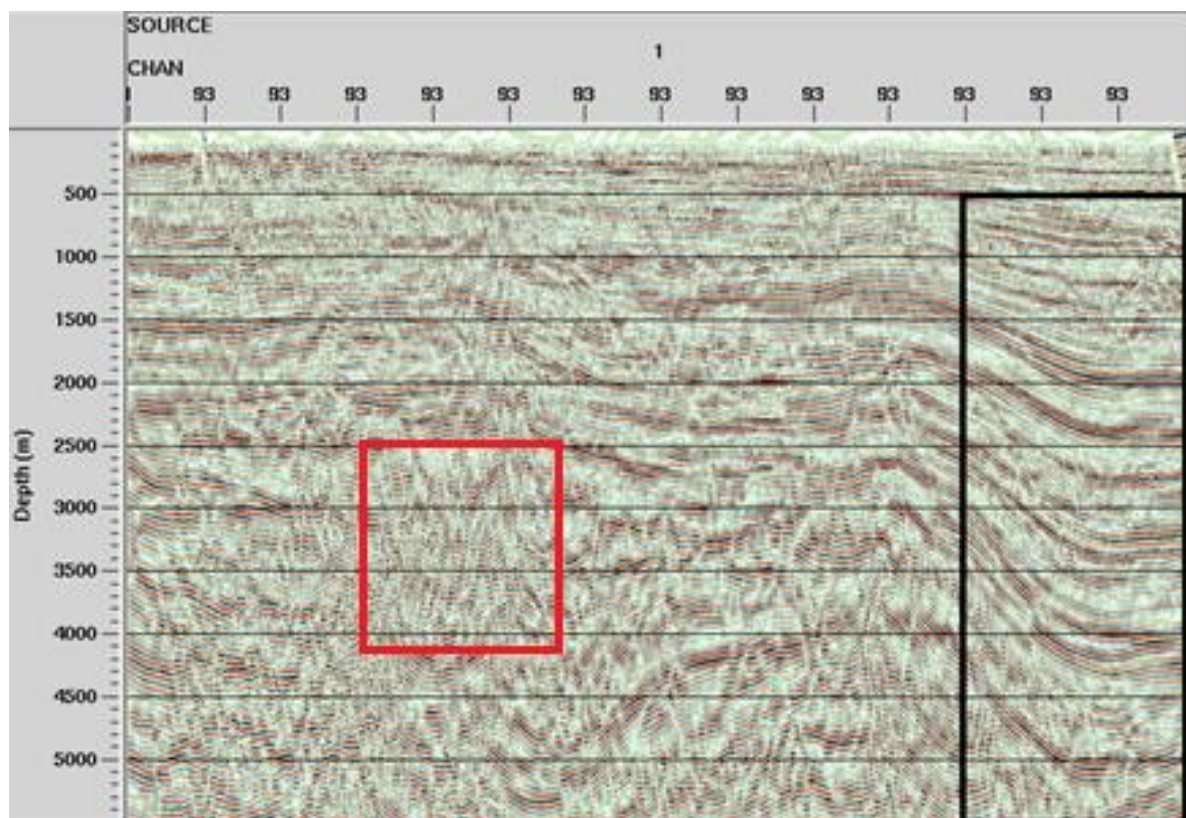
شکل ۴-۱۰: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روندسطح درجه سه و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج-های پایین تر از ۱۰۰۰ متر.

با توجه به شکل بالا، مدل سرعت استفاده شده برای انجام فرآیند کوچ، بازتابنده‌های سمت راست مقطع (کادر مشکی رنگ) را بخوبی نشان داده است، ولی در نشان دادن بازتابنده‌های قسمت وسط مقطع (کادر قرمز رنگ) دچار ضعف است.



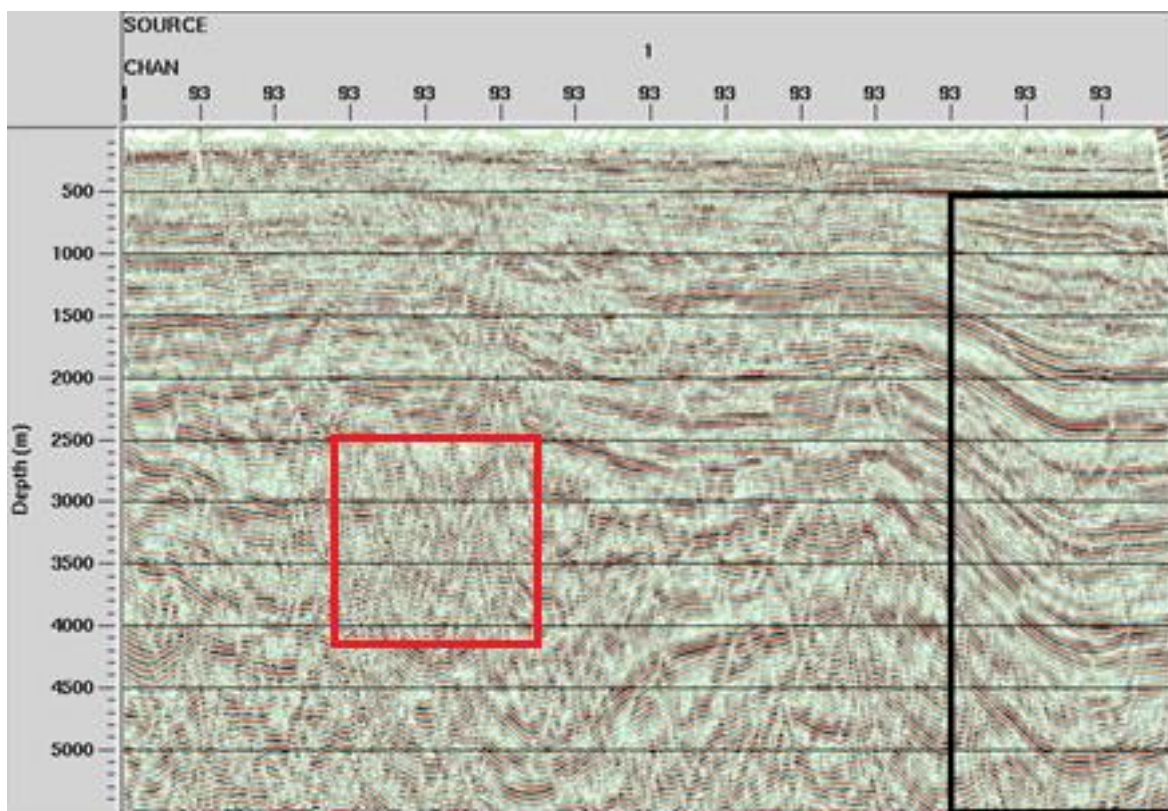
شکل ۴-۱۱: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روند سطح درجه ۵ و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

مقطع کوچ بالا نشان می‌دهد که مدل سرعت استفاده شده برای انجام فرآیند کوچ، بازتابنده‌های قسمت راست مقطع (کادر مشکی رنگ) را نشان داده است. همچنین بازتابنده‌های قسمت چپ مقطع را تا حدودی به تصویر کشیده است.



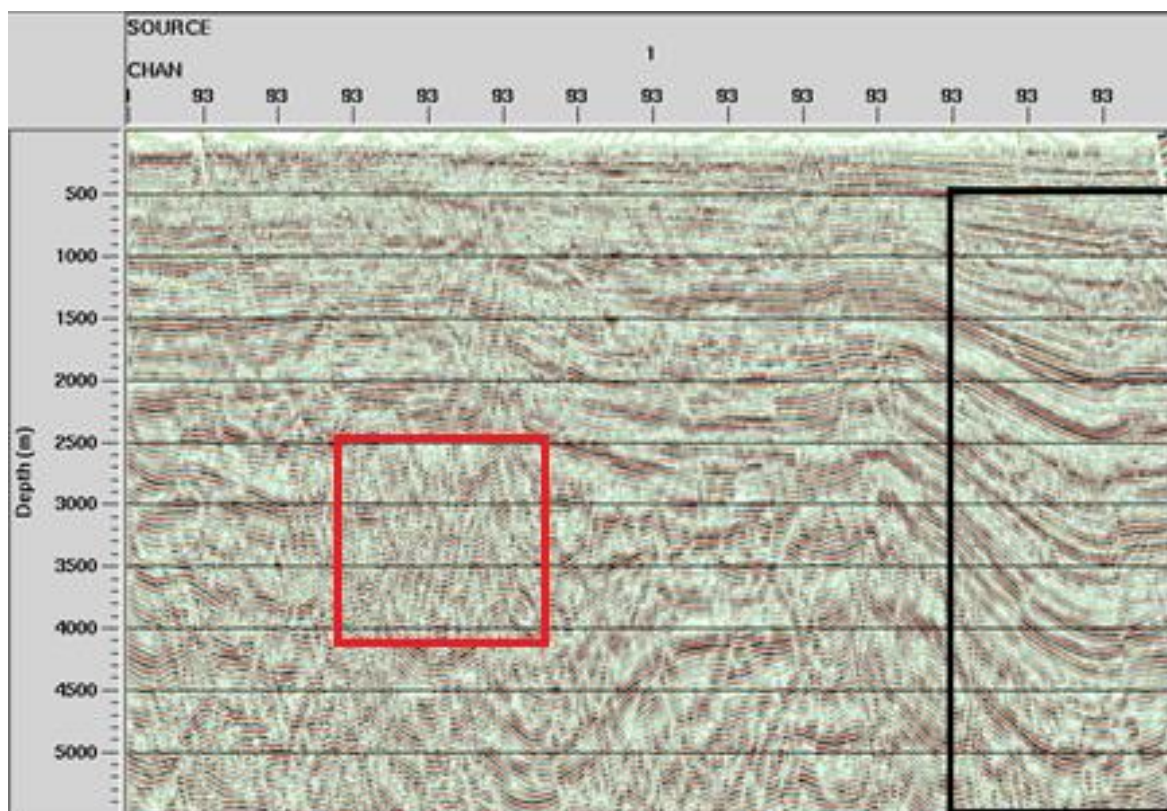
شکل ۴-۱۲: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روند سطح درجه ده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج-های پایین تر از ۱۰۰۰ متر.

با توجه به شکل بالا، مدل سرعت استفاده شده برای انجام فرآیند کوچ، بازتابنده‌های سمت راست مقطع (کادر مشکی رنگ) را نشان داده است. ولی در به تصویر کشیدن بازتابنده‌های وسط مقطع (کادر قرمز رنگ) دارای ضعف است.



شکل ۴-۱۳: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روندسطح درجه پانزده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

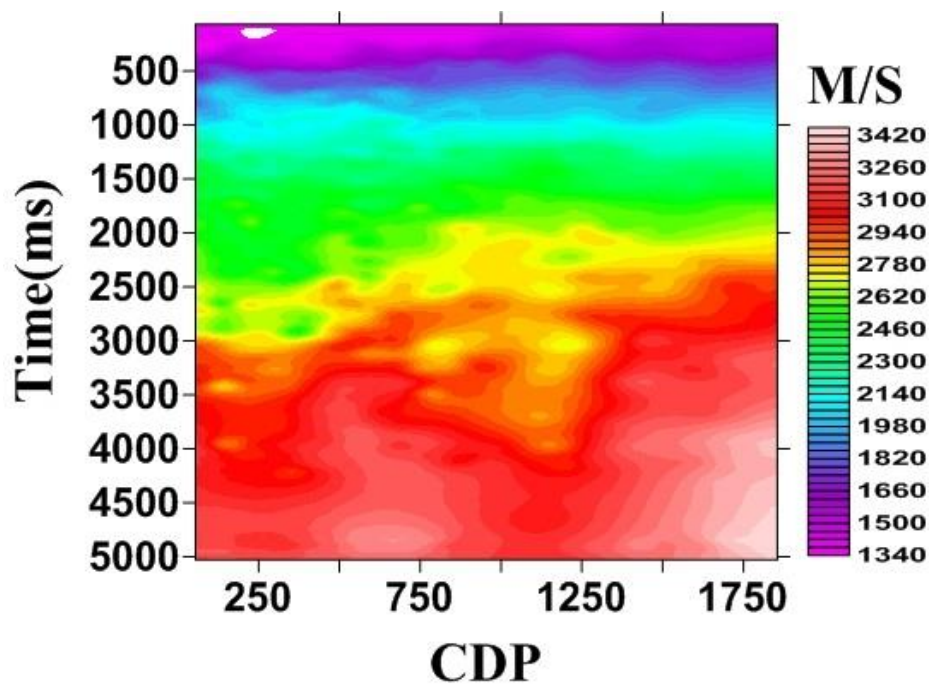
هرچند مدل سرعت استفاده شده برای انجام فرآیند کوچ، توانسته بازتابنده‌های سمت راست مقطع (کادر مشکی رنگ) را به تصویر بکشد، اما نسبت به مدل‌های سرعتی که قبلاً گفته شد، دارای کیفیت کمتری است.



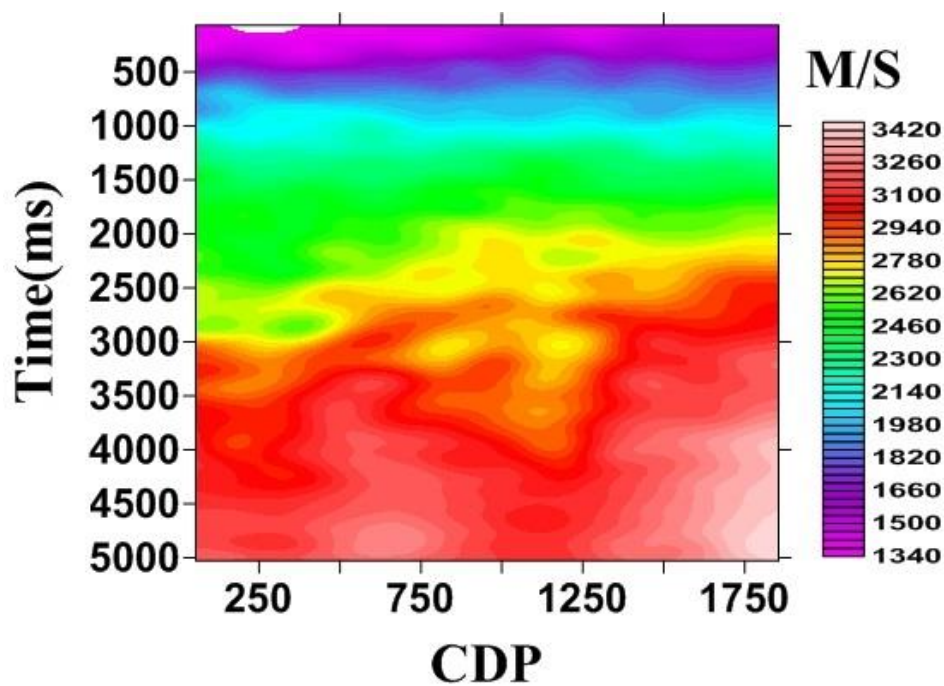
شکل ۴-۱۴: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده با فیلتر روندسطح درجه شانزده و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

پس از انتخاب بهترین درجه فیلتر روندسطح، مدل‌های جدید سرعت، با استفاده از اعمال فیلتر روندسطح درجه دو (که به‌عنوان بهترین درجه فیلتر روند سطح در تهیه مدل سرعت در مرحله قبل انتخاب شد) و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های مختلف تهیه می‌شود، تا بهترین مدل سرعت از لحاظ فیلتر پایین گذر شناخته شود. شکل‌های (۴-۱۵) تا شکل (۴-۱۸) مدل‌های سرعت بدست آمده با استفاده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های مختلف، را نشان می‌دهد.

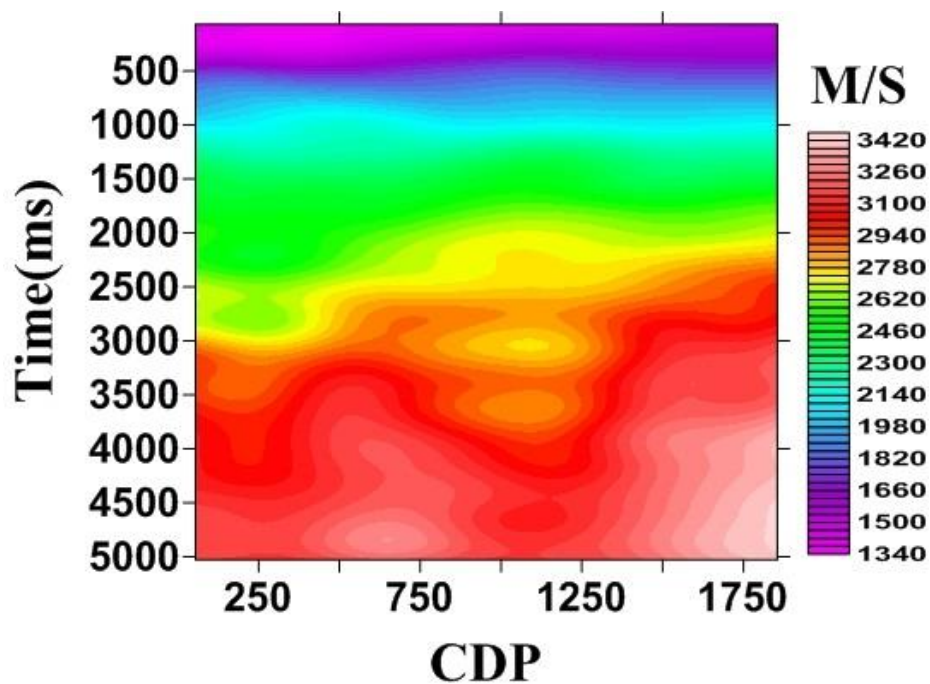
با مقایسه مدل‌های سرعت ساخته شده در این مرحله که در زیر نشان داده شده است، می‌توان نتیجه گرفت که هرچقدر طول موج‌های بیشتری حذف شود، مدل سرعت ساخته شده هموارتر می‌شود.



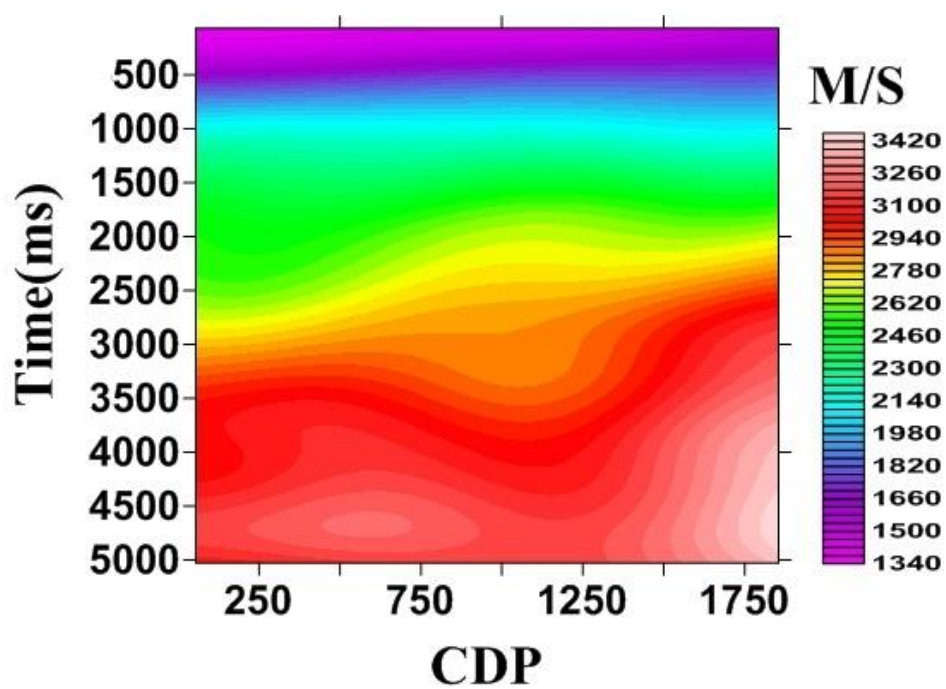
شکل ۴-۱۵: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰ متر.



شکل ۴-۱۶: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر.



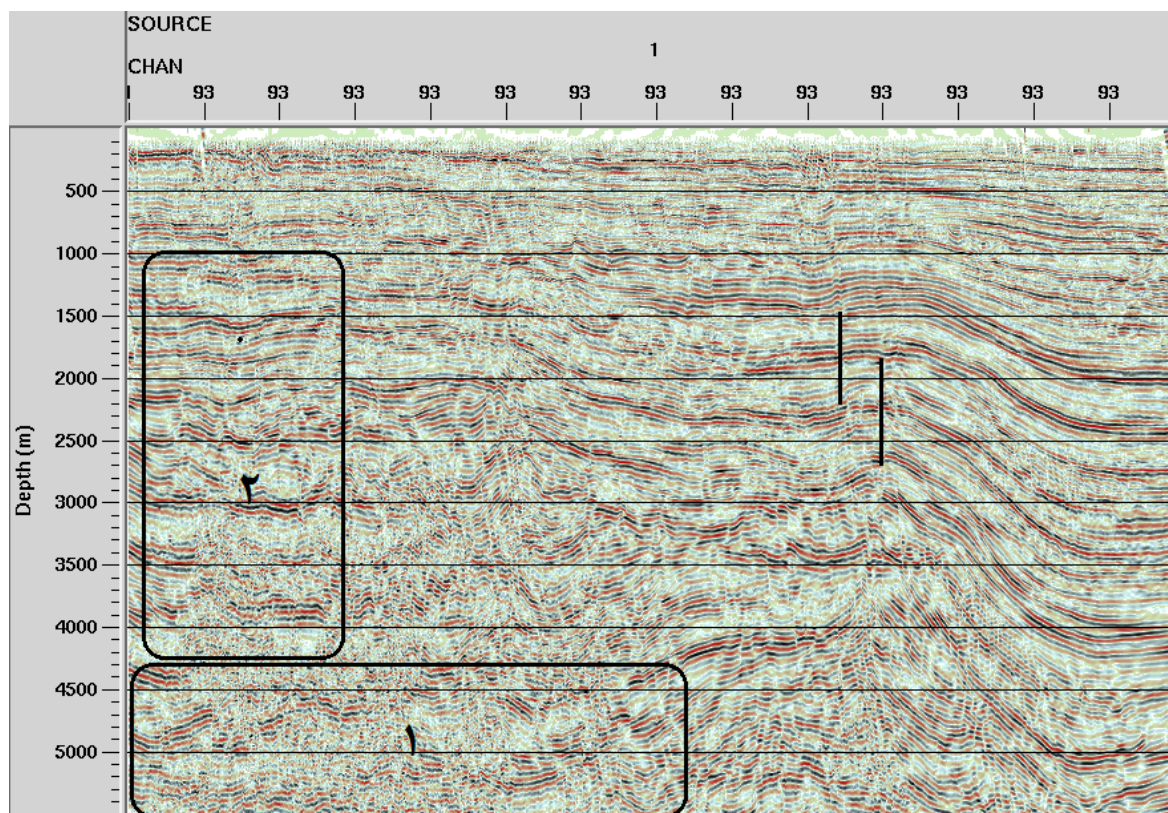
شکل ۴-۱۷: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۵۰۰ متر.



شکل ۴-۱۸: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

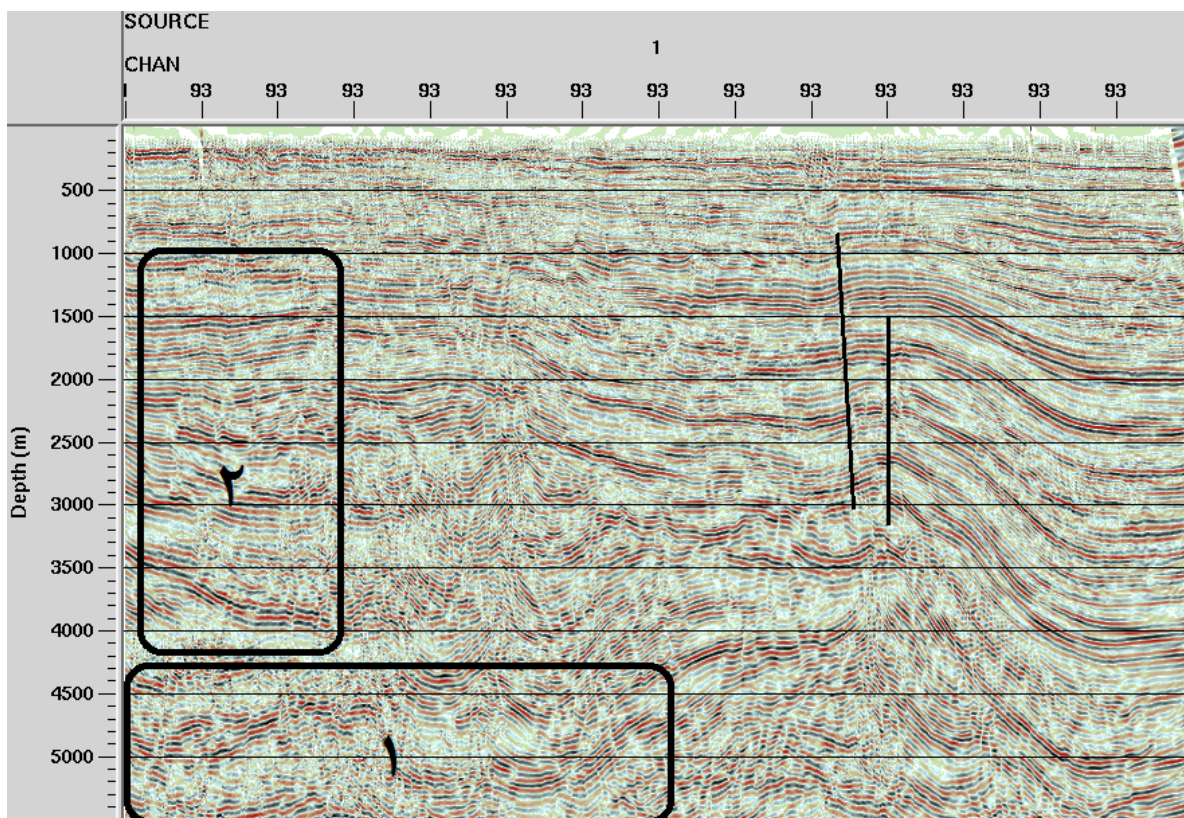
برای انتخاب بهترین مدل سرعت در این مرحله، فرآیند کوچ با استفاد از مدل‌های سرعت ساخته شده انجام می‌شود. مدل سرعتی که بهترین مقطع کوچ را تولید کند، به‌عنوان بهترین مدل سرعت انتخاب می‌شود. شکل‌های (۴-۱۹) تا شکل (۴-۲۲) مقطع کوچ با استفاده از مدل‌های سرعت بدست آمده را نشان می‌دهد.

با مقایسه مقاطع کوچ بدست آمده از مدل‌های مختلف سرعت که در شکل زیر نشان داده شده است به این نتیجه می‌رسیم، که مقطع کوچ شماره (۴-۲۰) بهترین مقطع کوچ را نشان می‌دهد. زیرا بازتابنده‌ها را در سمت چپ مقطع، نسبت به مقاطع دیگر بخوبی نشان داده است (کادر مستطیل شکل شماره ۱ و ۲). همچنین گسل‌های سمت راست مقطع، نسبت به مقاطع دیگر به خوبی و با برجستگی بالا نشان داده شده است. بنابراین مدل سرعتی که چنین مقطعی را تولید کرده، به‌عنوان بهترین مدل حاصل از اعمال فیلتر روند سطح و فیلتر پایین گذر انتخاب می‌شود. با توجه به شماره شکل مقطع مورد نظر، مدل سرعت حاصل از اعمال فیلتر روند سطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر به‌عنوان بهترین مدل سرعت انتخاب شد.



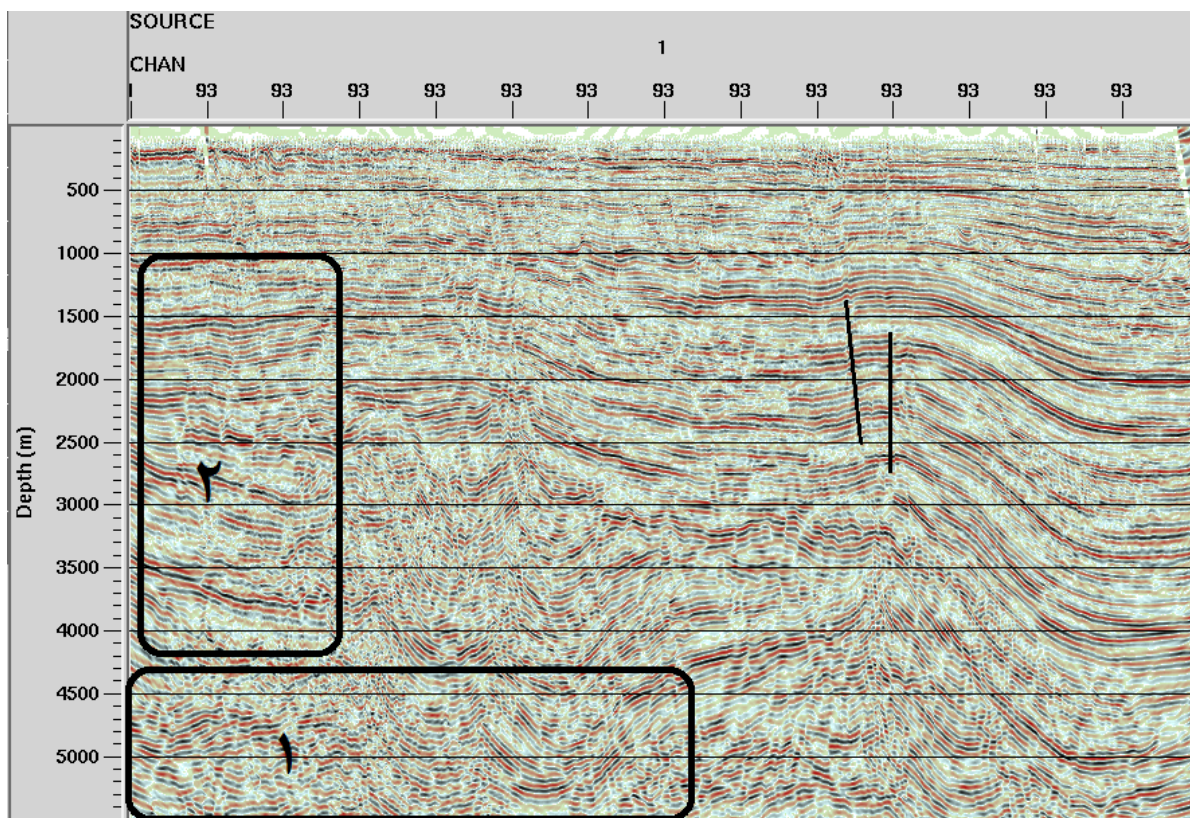
شکل ۴-۱۹: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر روند سطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج-های پایین تر از ۱۰۰ متر.

با توجه به مقطع کوچ نشان داده شده در بالا، مدل سرعت استفاده شده برای انجام فرآیند کوچ، بازتابنده‌های سمت چپ مقطع (کادر مستطیل شکل شماره ۱ و ۲) و همچنین گسل‌های موجود در سمت راست مقطع را تا حدودی نشان می‌دهد.



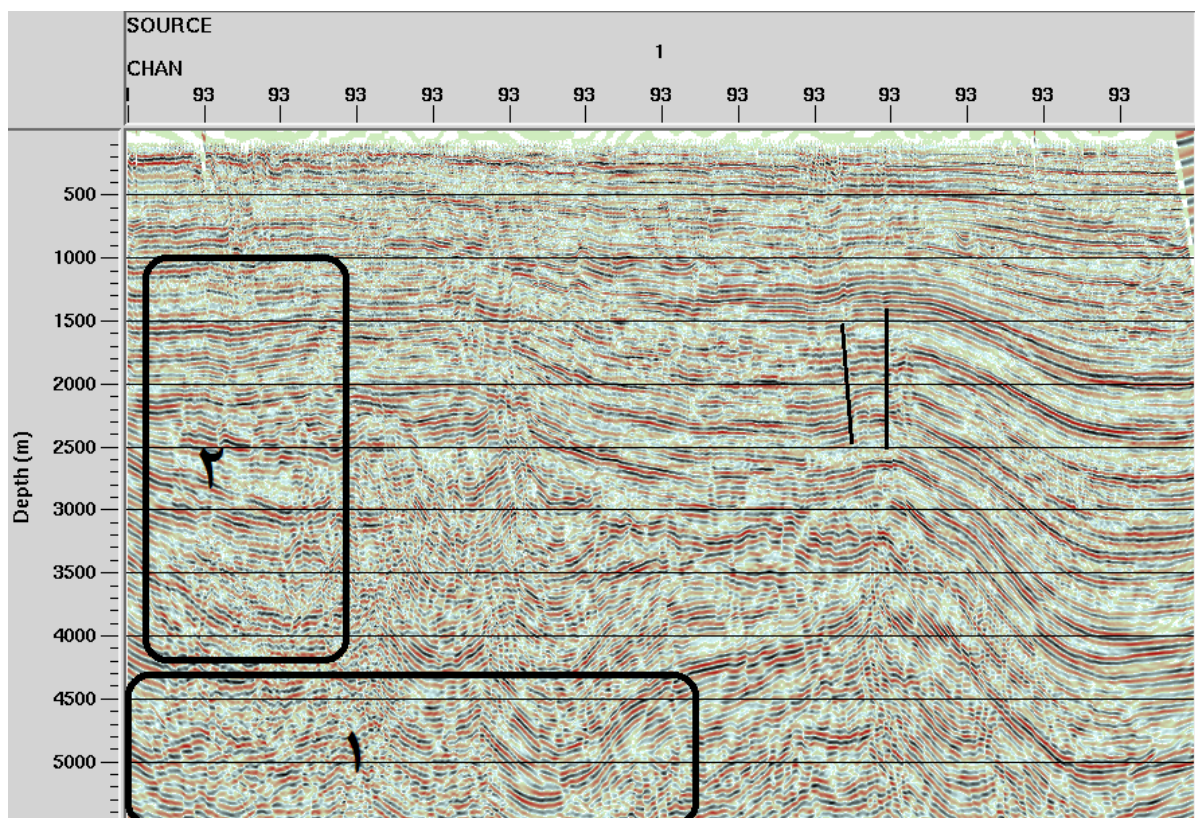
شکل ۴-۲۰: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر روندسطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج-های پایین تر از ۲۵۰ متر.

مقطع کوچ بالا نشان می دهد که مدل سرعت استفاده شده بهترین مدل سرعت است. زیرا گسل های سمت راست مقطع و بازتابنده های سمت چپ مقطع نسبت به مقاطع دیگر بخوبی نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۱: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر روند سطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج-های پایین تر از ۵۰۰ متر.

با توجه به شکل بالا، بازتابنده‌های موجود در سمت چپ مقطع و همچنین گسل‌های موجود در سمت راست مقطع نشان داده شده است.



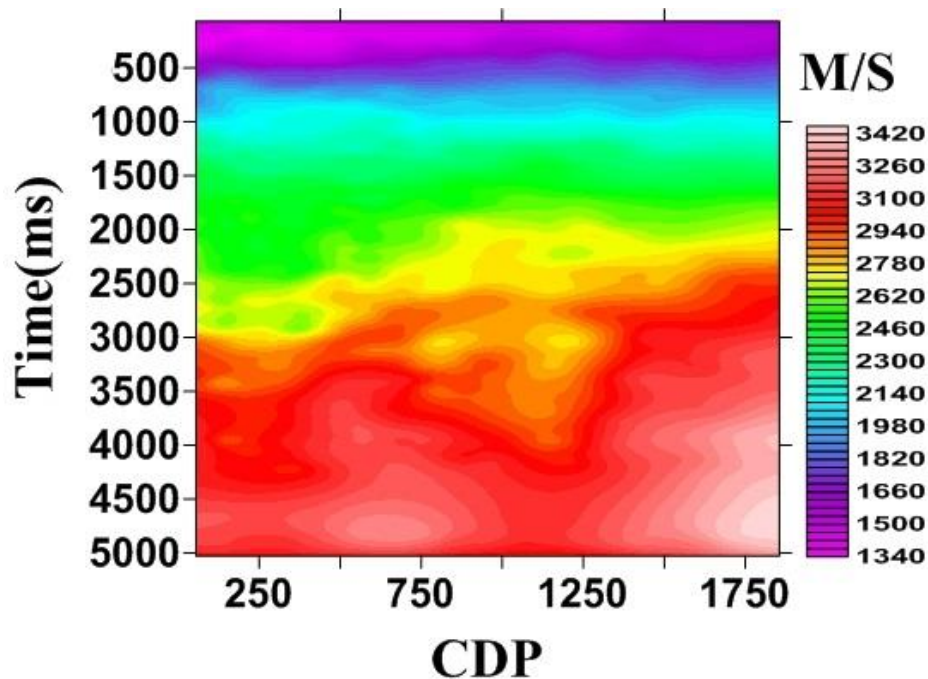
شکل ۴-۲: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر روند سطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج-های پایین تر از ۱۰۰۰ متر.

۴-۳-۲- مدل های سرعت حاصل از فیلتر ادمه ی فراسو

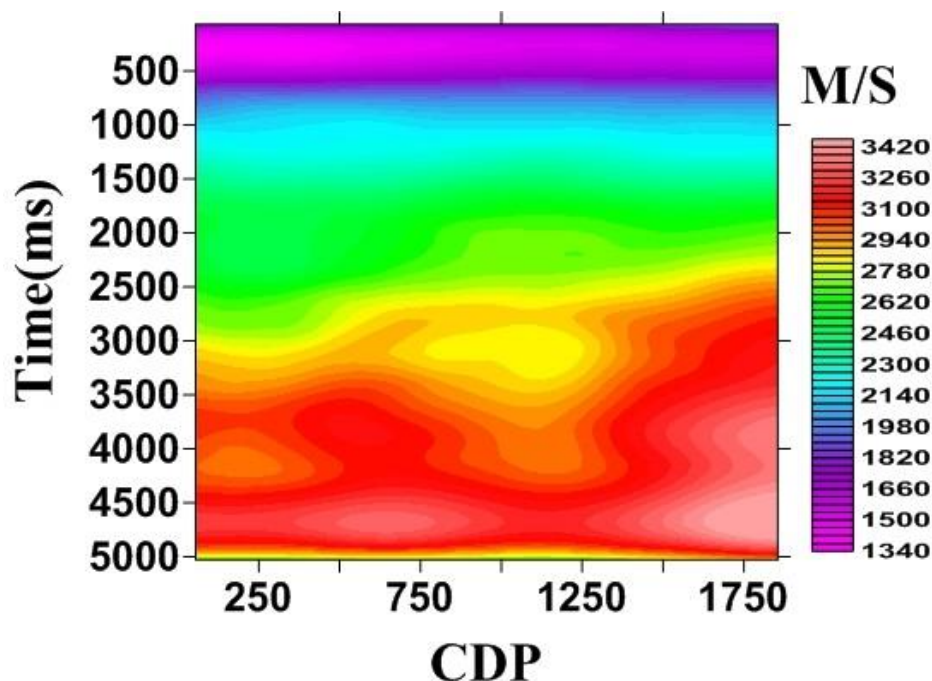
برای بدست آوردن مدل سرعت نهایی با استفاده از فیلتر ادامه فراسو، ابتدا با استفاده از نرم افزار وینگ لینک، مدل اولیه سرعت را که یک مدل سرعت کوچ است و در نرم افزار پرومکس تهیه شده است، با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ و ۱۰۰ متر به میدان تغییرات کلی سرعت (فرکانس پایین) و میدان تغییرات جزئی سرعت (فرکانس بالا) تفکیک می شود. در مرحله بعد با اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول های پایین تر از ۱۰۰۰ متر بر روی میدان تغییرات جزئی سرعت، میدان سرعت باقیمانده فیلتر شده بدست می آید. با اضافه کردن این میدان سرعت باقیمانده فیلتر شده به میدان تغییرات کلی سرعت، مدل های سرعت مختلفی بدست می آید. برای بدست بهترین ارتفاع فیلتر ادامه فراسو، فرآیند کوچ با استفاده از مدل های سرعت بدست آمده انجام می شود. مدل سرعتی که بهترین مقطع کوچ را تولید می کند به عنوان بهترین مدل سرعت انتخاب می شود. ارتفاعی که فیلتر ادامه فراسو بهترین مدل سرعت را تولید کرده، به عنوان بهترین ارتفاع فیلتر ادامه

فراسو برای تفکیک میدان سرعت انتخاب می‌شود. شکل (۴-۲۳) و شکل (۴-۲۴) مدل سرعت نهایی با اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع مختلف و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر را نشان می‌دهد.

با مقایسه مدل‌های سرعت ساخته شده در این مرحله که در زیر نشان داده شده است، می‌توان نتیجه گرفت، مدل ساخته شده با اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع بالاتر، خیلی هموارتر از مدل ساخته شده با اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع کم‌تر است.



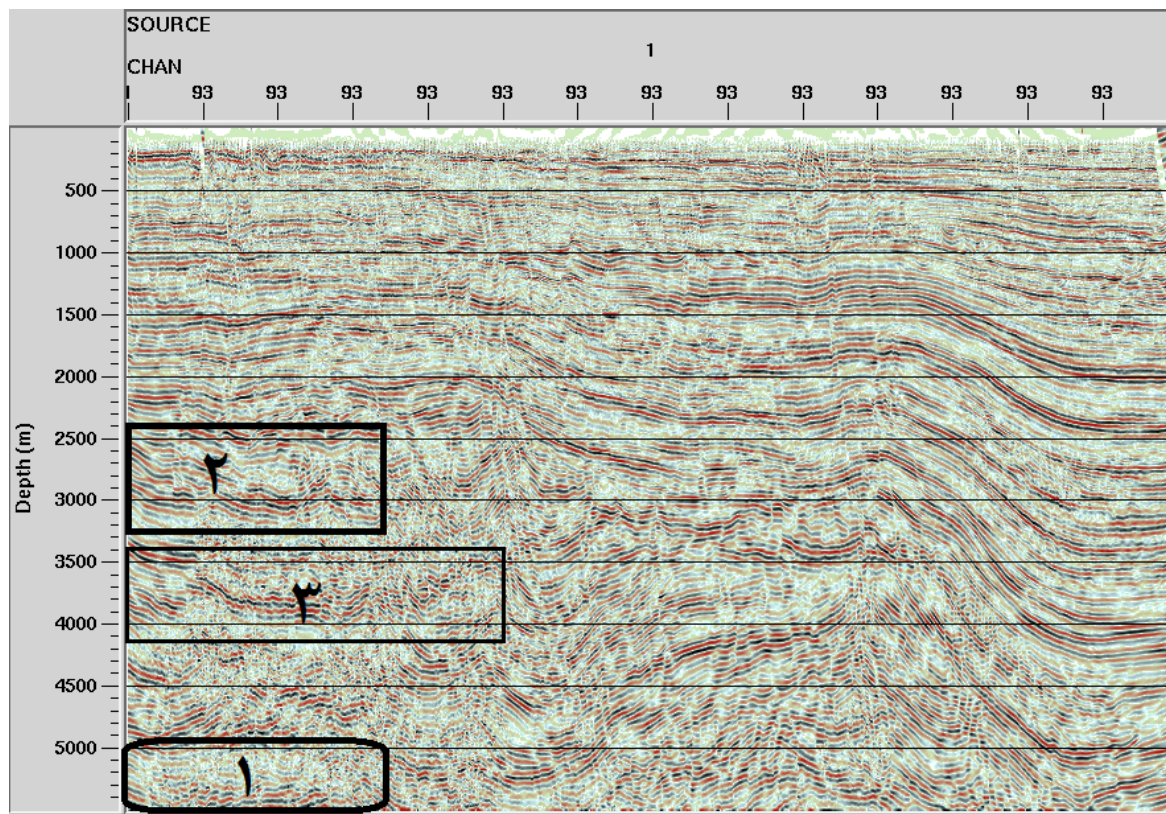
شکل ۴-۲۳: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.



شکل ۴-۲۴: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۱۰۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

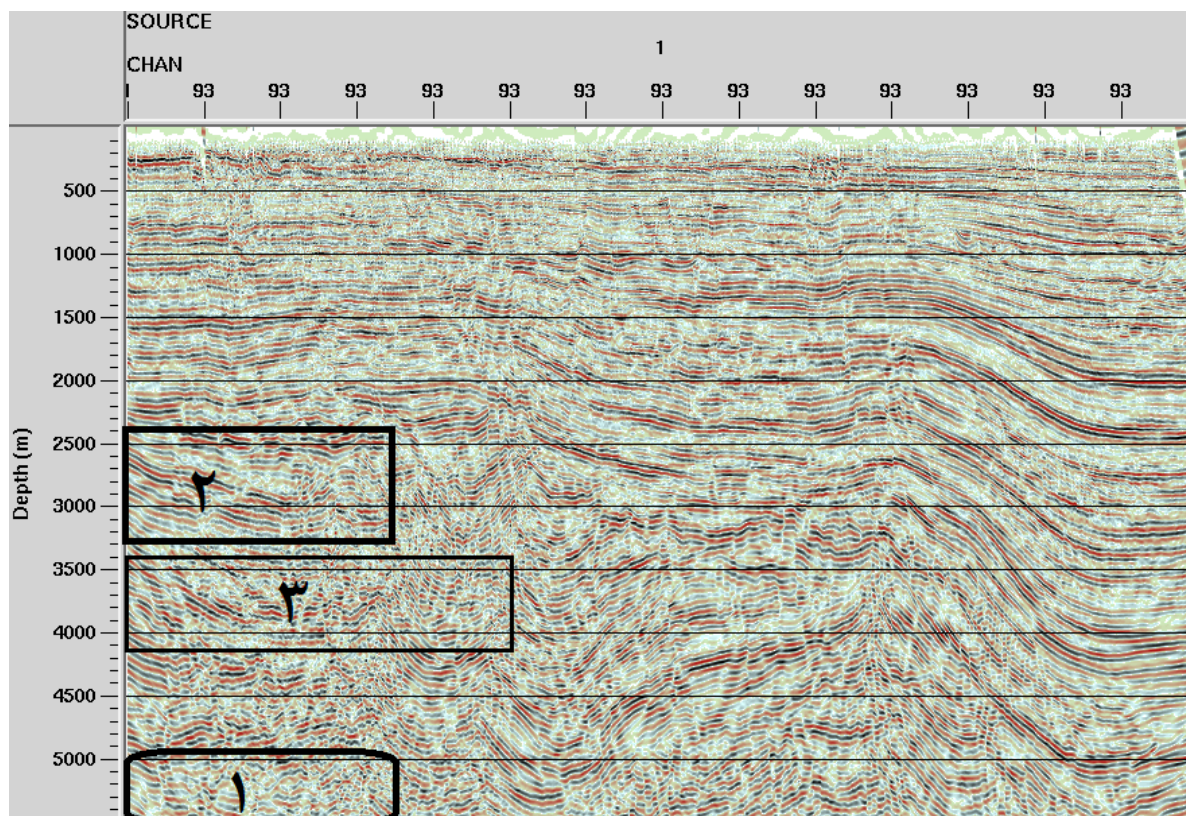
برای انتخاب بهترین مدل سرعت در این مرحله، فرآیند کوچ با استفاد از مدل‌های سرعت ساخته شده انجام می‌شود. مدل سرعتی که بهترین مقطع کوچ را تولید کند، به عنوان بهترین مدل سرعت انتخاب می‌شود. شکل (۴-۲۵) و شکل (۴-۲۶) مقطع کوچ با استفاده از مدل‌های سرعت مختلف بدست آمده از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع مختلف و اعمال فیلتر پایین گذر حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر را نشان می‌دهد.

با مقایسه مقاطع کوچ، با مدل‌های مختلف سرعت حاصل از اعمال از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع‌های مختلف و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر که در شکل‌های زیر نشان داده شده است، نتیجه می‌شود که مدل سرعت بدست آمده با فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر بهترین مدل سرعت می‌باشد. زیرا علاوه بر این که بازتابنده‌ها در سمت راست مقطع به خوبی نشان داده شده است. در سمت چپ مقطع بازتابنده‌ها (کادر مستطیل شکل با شماره‌های ۱، ۲ و ۳) نسبت به مقطع دیگر به خوبی نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۵: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

با توجه به مقطع کوچ بالا، بازتابنده‌ها در سمت راست مقطع و همچنین در سمت چپ مقطع (کادر مستطیل شکل با شماره‌های ۱، ۲ و ۳) به خوبی نشان داده شده است.

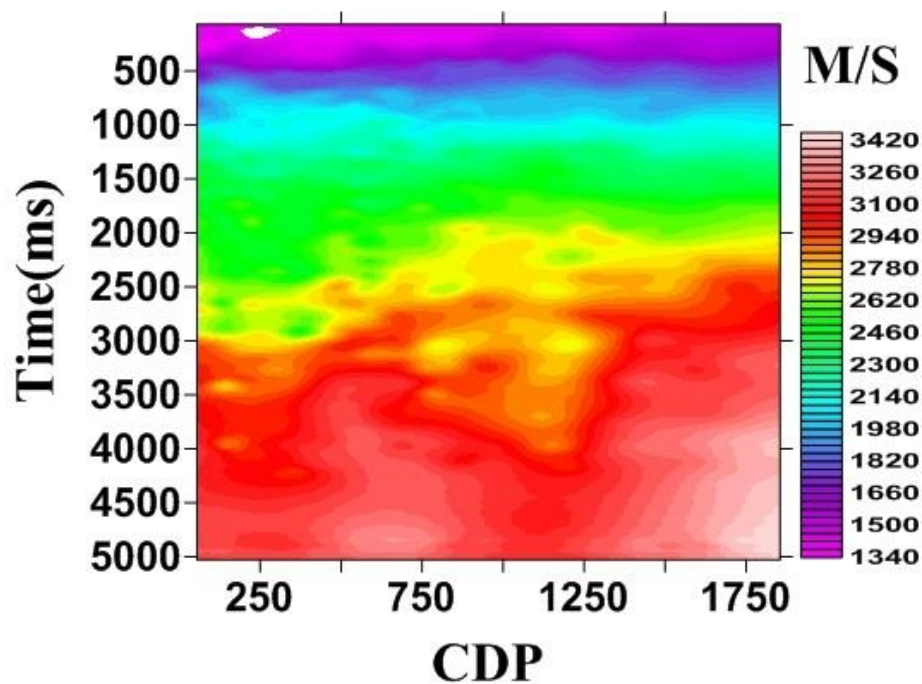


شکل ۴-۲۶: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۱۰۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

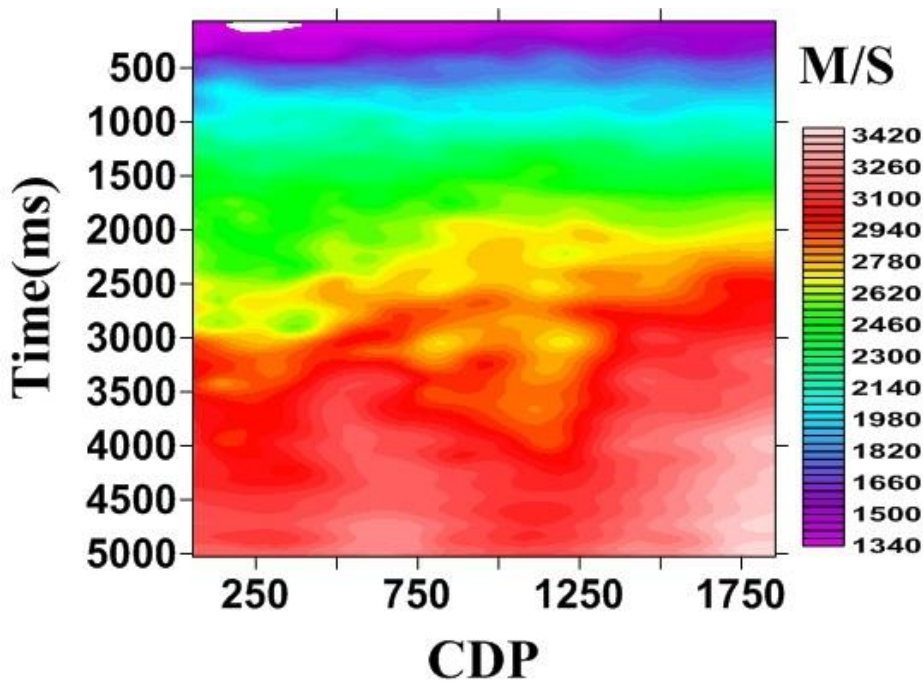
در مقطع کوچ بالا اگر چه بازتابنده‌ها در سمت چپ و راست مقطع نشان داده شده است، اما نسبت به مقطع شکل قبلی در سمت راست، بازتابنده‌ها کمتر مشخص شده است.

پس از انتخاب بهترین ارتفاع فیلتر ادامه فراسو، مدل‌های جدید سرعت با استفاده از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر (که به عنوان بهترین ارتفاع فیلتر ادامه فراسو در تهیه مدل سرعت در مرحله قبل انتخاب شد) و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های مختلف تهیه می‌شود، تا بهترین مدل سرعت از لحاظ فیلتر پایین گذر شناخته شود. شکل‌های (۴-۲۷) تا شکل (۴-۳۰) مدل‌های سرعت بدست آمده با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های مختلف را نشان می‌دهد.

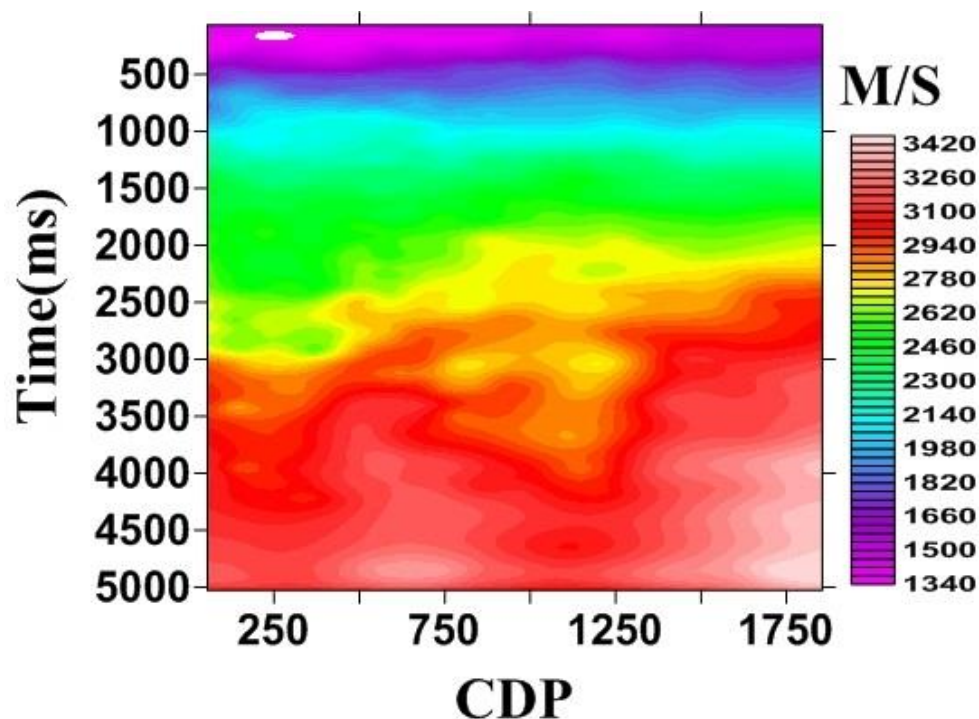
با مقایسه مدل‌های سرعت ساخته شده در این مرحله که در زیر نشان داده شده است می‌توان نتیجه گرفت که هرچه قدر طول موج‌های بیشتری حذف شود، مدل سرعت تقریباً هموارتر می‌شود.



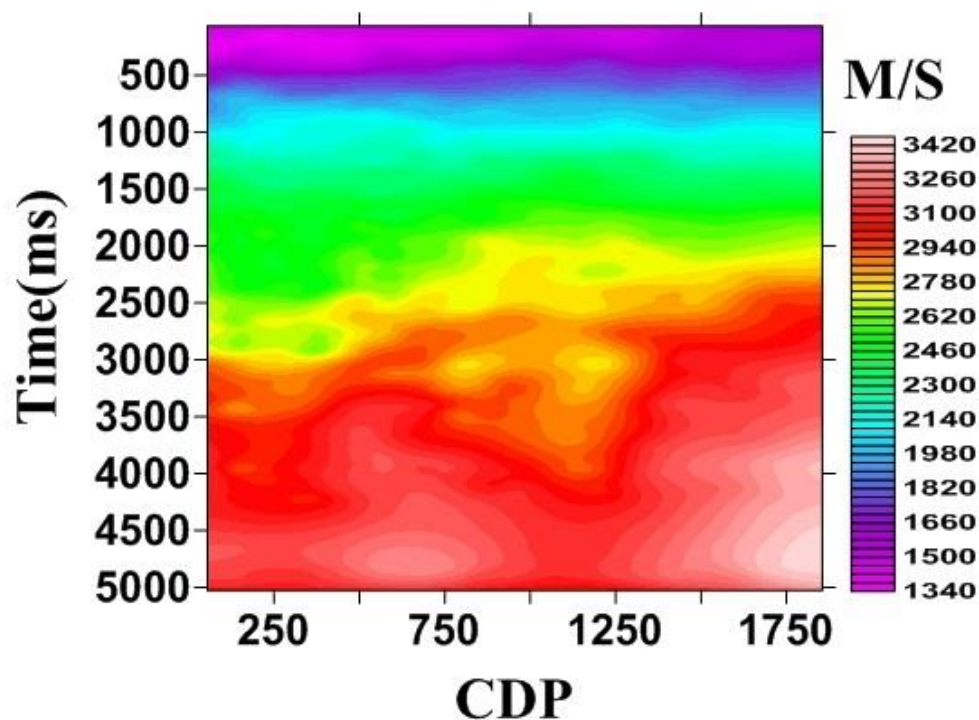
شکل ۴-۲۷: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰ متر.



شکل ۴-۲۸: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر.



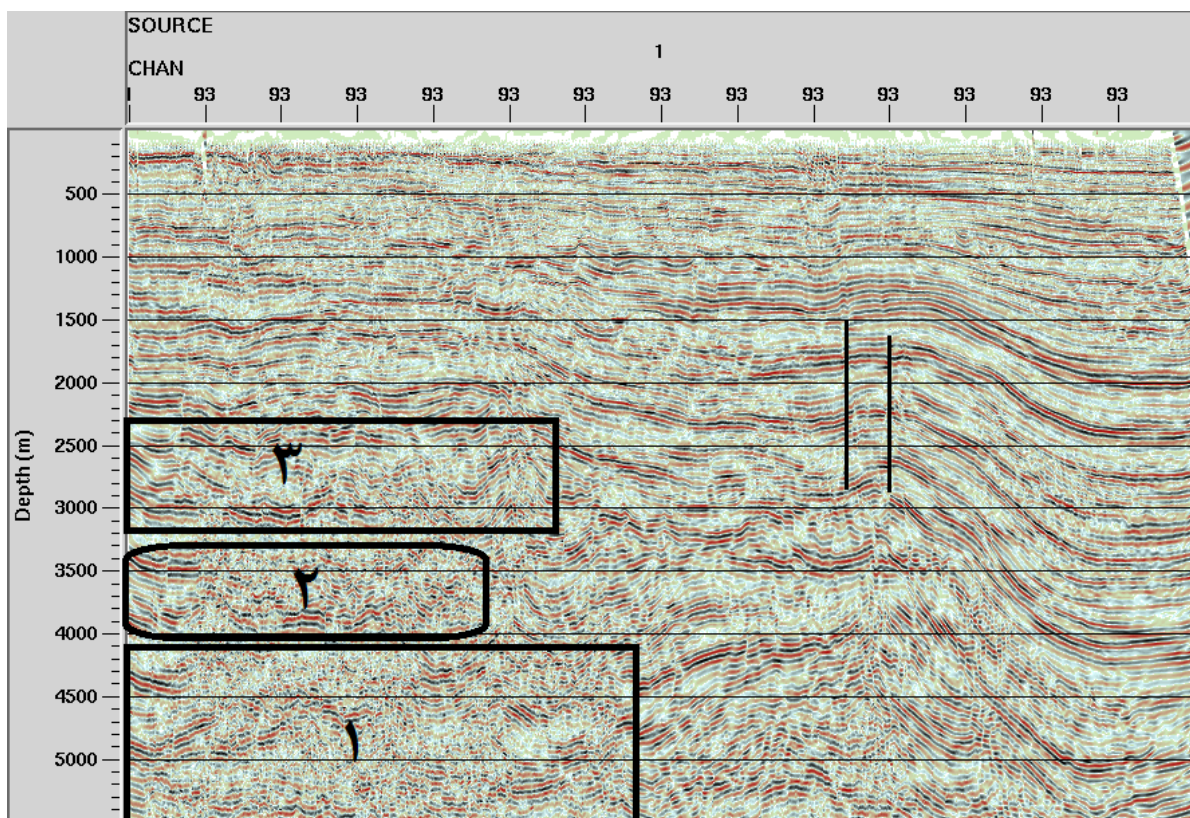
شکل ۴-۲۹: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۵۰۰ متر.



شکل ۴-۳۰: مدل سرعت نهایی در نرم افزار وینگ لینک با استفاده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

برای انتخاب بهترین مدل سرعت در این مرحله، فرآیند کوچ با استفاد از مدل‌های سرعت ساخته شده انجام می‌شود. مدل سرعتی که بهترین مقطع کوچ را تولید کند، به‌عنوان بهترین مدل سرعت انتخاب می‌شود. شکل‌های (۴-۳۱) تا شکل (۴-۳۴) مقطع کوچ با استفاده از مدل‌های سرعت بدست آمده را نشان می‌دهد.

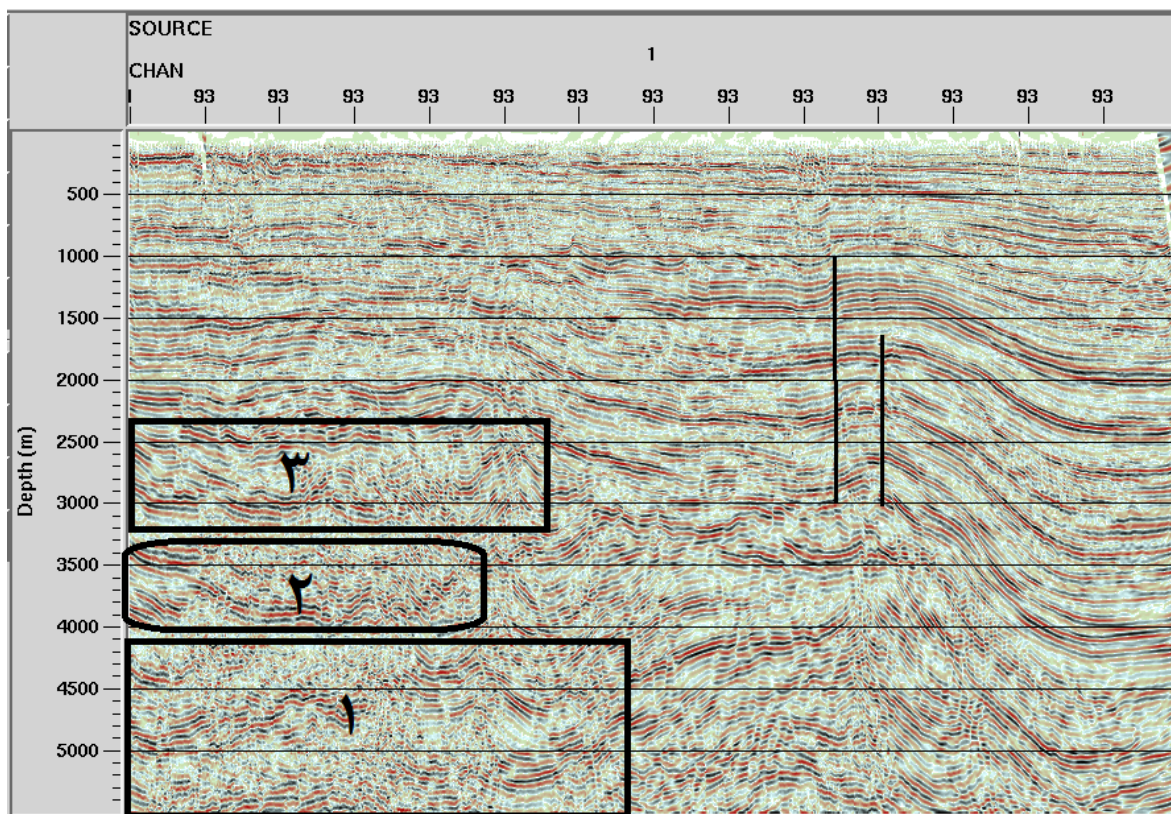
با توجه به مقاطع کوچ بدست آمده، با استفاده از مدل‌های سرعت حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول‌های مختلف، که در شکل‌های زیر نشان داده شده است. می‌توان نتیجه گرفت، مقطع کوچ شماره (۴-۳۲) بهترین مقطع کوچ می‌باشد. زیرا علاوه بر این که بازتابنده‌های سمت راست مقطع را بخوبی نشان می‌دهد، بازتابنده‌های سمت چپ (کادرهای مستطیلی شکل شماره‌های ۱، ۲ و ۳) و همچنین گسل‌های موجود در سمت راست مقطع، نسبت به مقاطع دیگر به نحو بهتری نشان داده شده است. بدین جهت مدل سرعتی که چنین مقطعی تولید کرده است، به‌عنوان بهترین مدل سرعت حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو و فیلتر پایین گذر انتخاب می‌شود. با توجه به شماره شکل مقطع ذکر شده، مدل سرعت حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر، به‌عنوان بهترین مدل سرعت حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو و اعمال فیلتر پایین گذر انتخاب شد.



شکل ۴-۳: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰ متر.

بازتابنده‌های سمت راست مقطع و گسل‌ها در شکل بالا دیده می‌شود. همچنین درست چپ (کادرهای

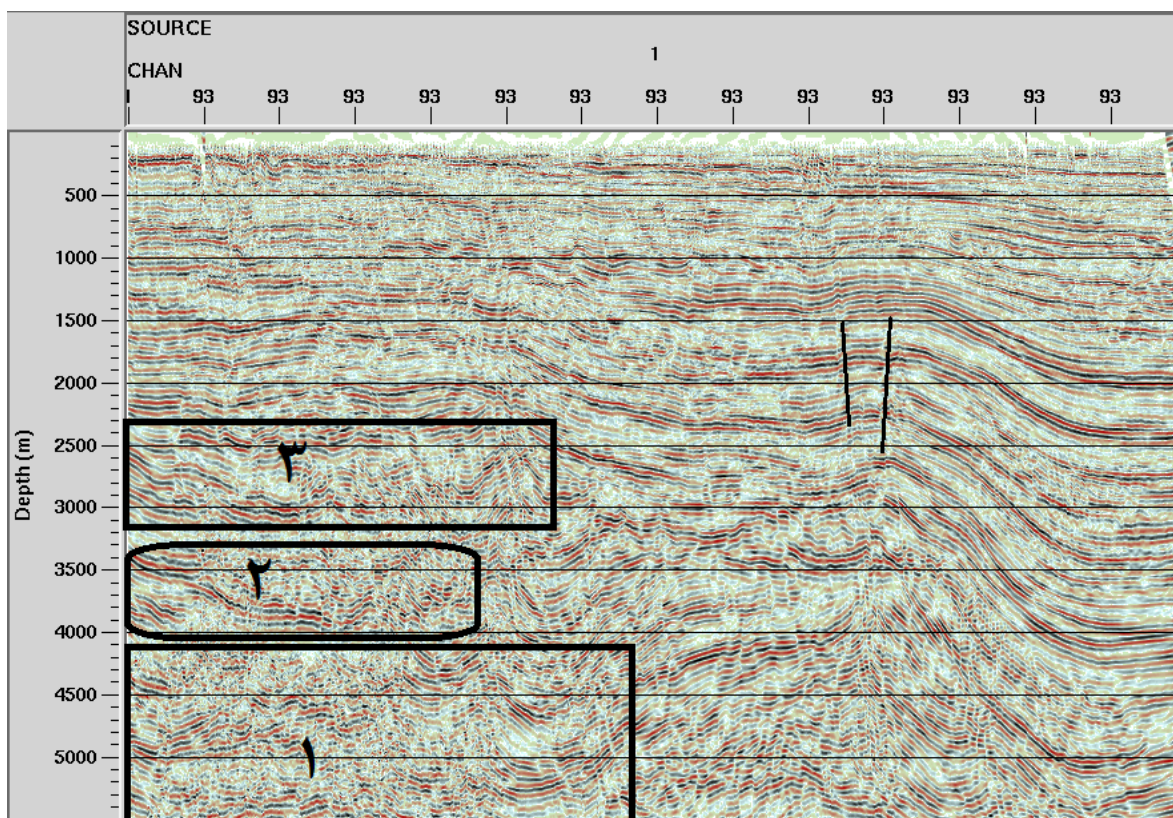
مستطیلی شکل با شماره‌های ۱، ۲ و ۳) بازتابنده‌ها نسبتاً مشخص شده‌اند.



شکل ۴-۳: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر.

بازتابنده‌های سمت راست مقطع و گسل‌ها بخوبی در شکل بالا دیده می‌شود. همچنین در سمت

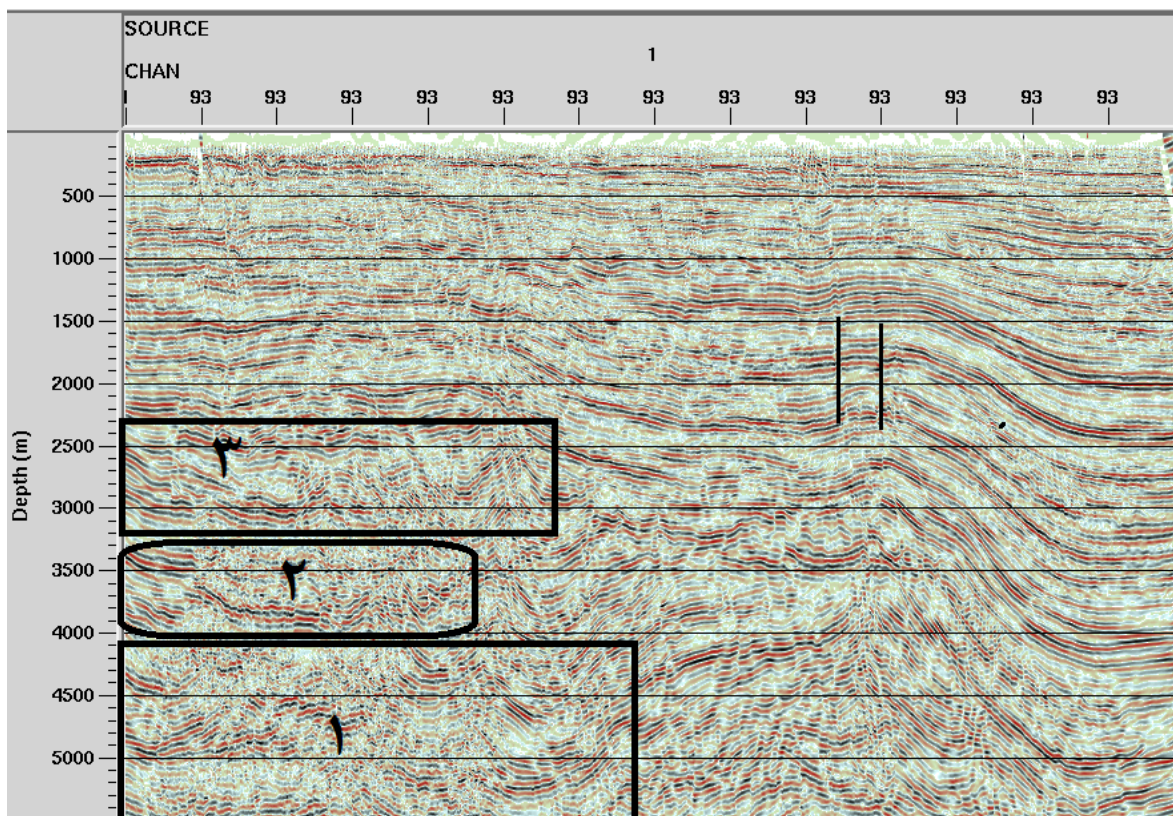
چپ (کادرهای مستطیلی شکل با شماره‌های ۱، ۲ و ۳) بازتابنده‌ها مشخص شده‌اند.



شکل ۴-۳: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۵۰۰ متر.

بازتابنده‌ها و گسل‌ها در سمت راست مقطع مشخص است. همچنین بازتابنده‌های سمت چپ مقطع (کادر -

های مستطیلی شکل با شماره‌های ۱، ۲ و ۳) نیز نسبتاً مشخص شده‌اند.



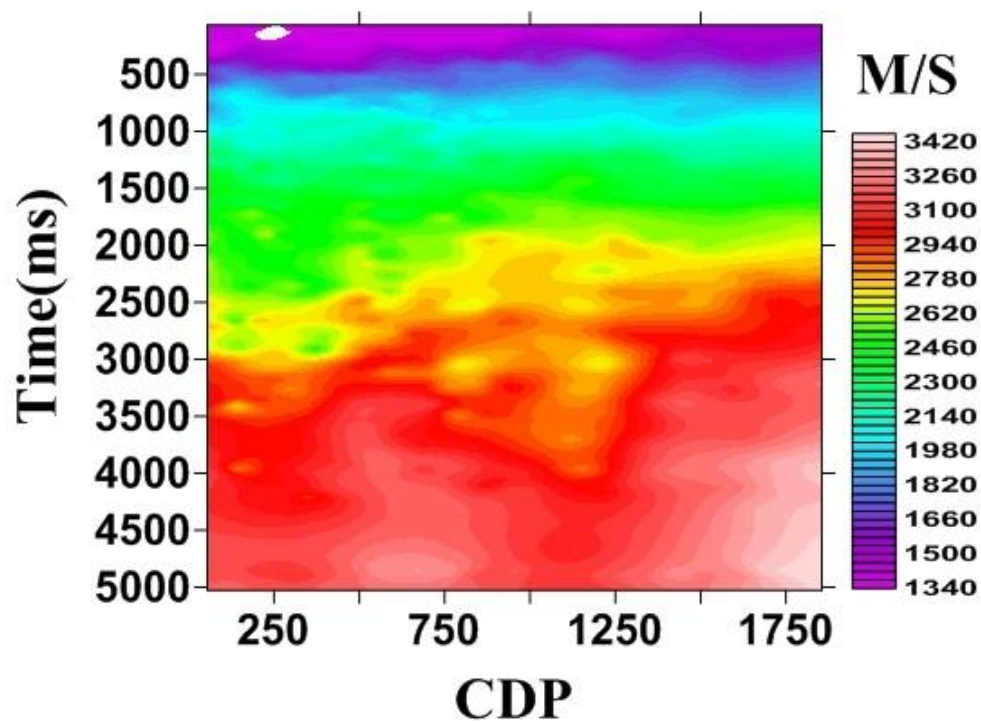
شکل ۴-۳: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر.

شکل بالا گسل‌ها و بازتابنده‌های سمت چپ مقطع (کادرهای مستطیلی شکل با شماره‌های ۱، ۲ و ۳) را نشان می‌دهد.

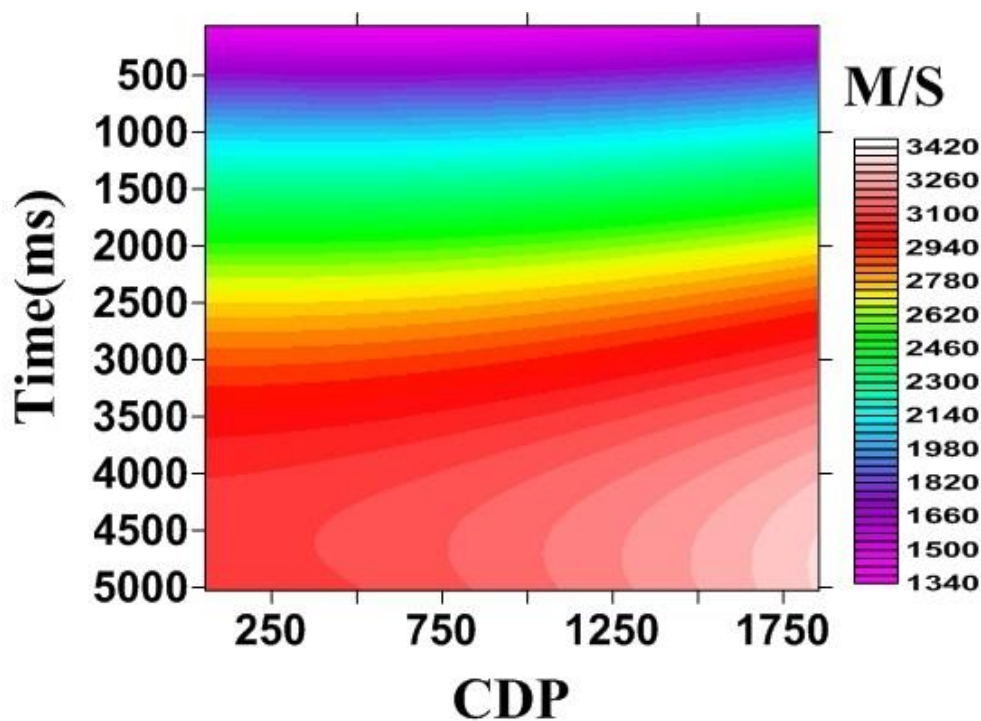
۴-۴- مقایسه مدل سرعت اولیه و مدل سرعت نهایی

پس از انتخاب بهترین مدل سرعت، از بین مدل‌های سرعت بدست آمده از دو روش فیلتر روند سطح، و فیلتر ادامه فراسو، به مقایسه مدل سرعت انتخاب شده با مدل سرعت اولیه، و مراحل بدست آوردن سرعت نهایی می‌پردازیم.

شکل‌های شماره (۴-۳۵) تا (۴-۴۰) مراحل تهیه بدست آوردن مدل سرعت با اعمال فیلتر روند سطح درجه دو و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر بر روی مدل سرعت اولیه، را نشان می‌دهد.

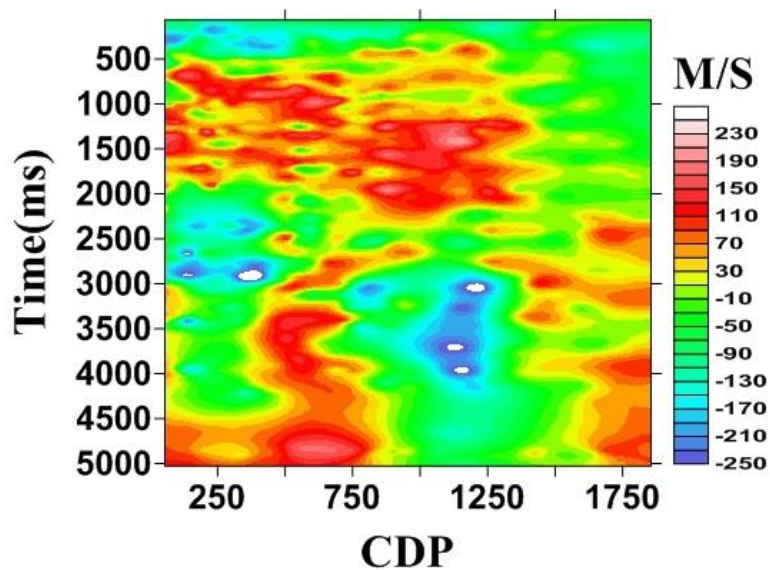


شکل ۴-۳۵: میدان سرعت اولیه (خام).



شکل ۴-۳۶: میدان تغییرات کلی سرعت اولیه، حاصل از اعمال فیلتر روند سطح درجه ۲ بر روی میدان سرعت اولیه.
شکل بالا تغییرات کلی میدان سرعت اولیه، را نشان می‌دهد. سرعت از یک روند خاص پیروی می‌کند.

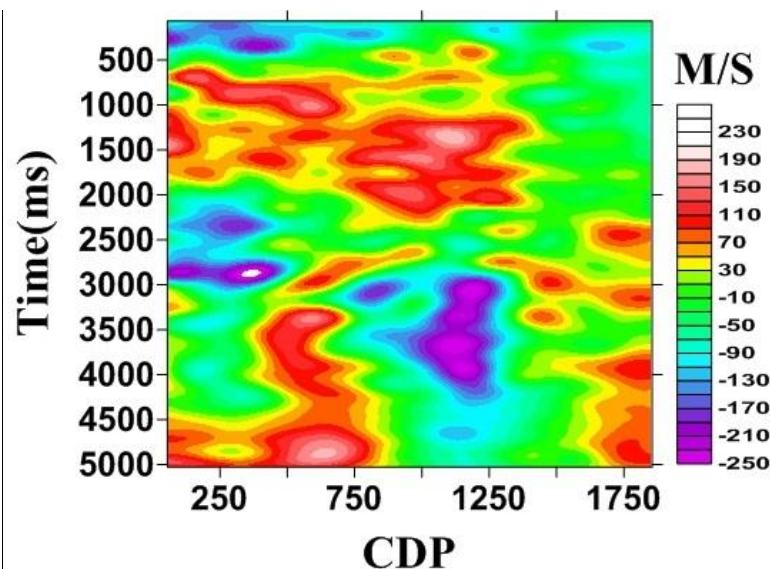
و به‌طور منظم تغییر می‌کند.



شکل ۳۷-۴: میدان تغییرات جزئی سرعت اولیه، حاصل از اعمال فیلتر روند سطح درجه ۲ بر روی مدل سرعت اولیه.

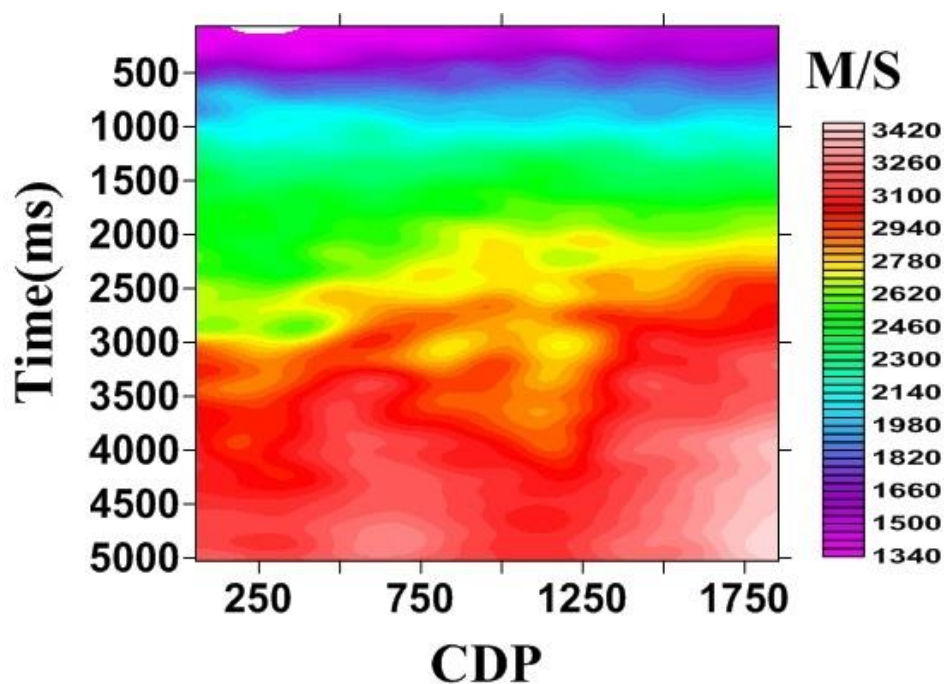
در شکل (۳۷-۴) تغییرات افقی سرعت شدید است. و سرعت از یک روند خاص پیروی نمی‌کند. در

مرحله بعد با اعمال یک فیلتر پایین گذر تغییرات افقی سرعت کم‌تر می‌شود.



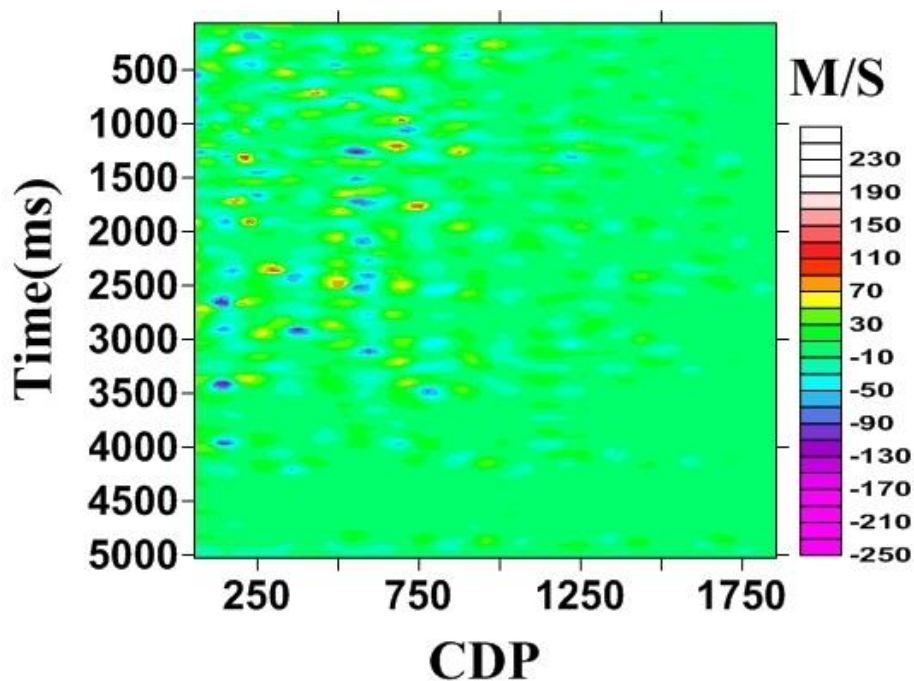
شکل ۳۸-۴: خروجی حاصل از اعمال فیلتر پایین‌گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر بر روی میدان تغییرات جزئی سرعت اولیه.

در شکل (۳۸-۴) تغییرات شدید افقی سرعت، تقریباً نسبت به مرحله قبل کم‌تر شده است.



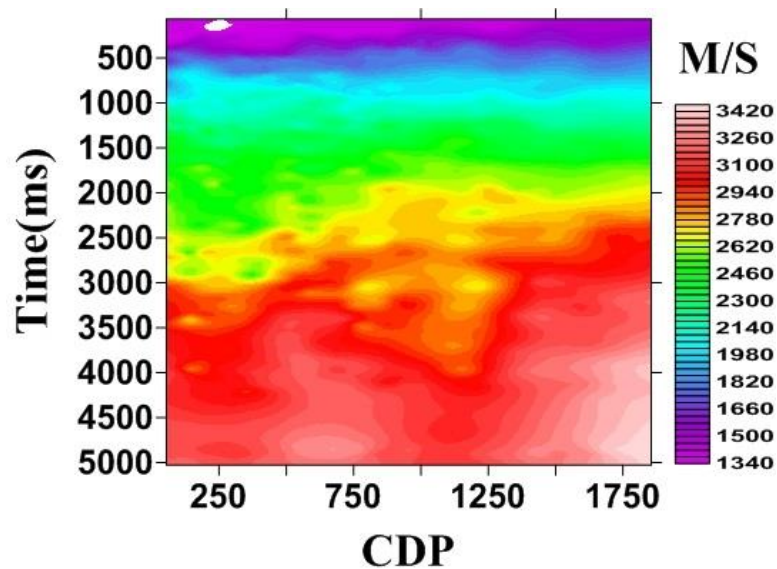
شکل ۳۹-۴: میدان سرعت نهایی (حاصل از اعمال فیلتر روند سطح درجه ۲ و فیلتر پایین گذر حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر).

شکل شماره (۳۹-۴) مدل سرعت نهایی که حاصل برگرداندن میدان تغییرات جزئی سرعت اولیه فیلتر شده، به میدان تغییرات کلی سرعت اولیه است، را نشان می‌دهد.

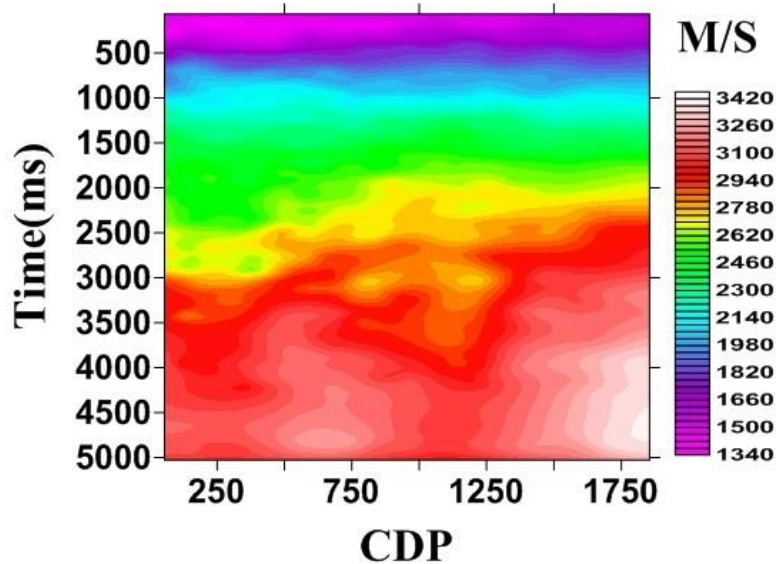


شکل ۴۰-۴: نوفه (حاصل از اعمال فیلتر روند سطح درجه ۲ و فیلتر پایین گذر حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر).

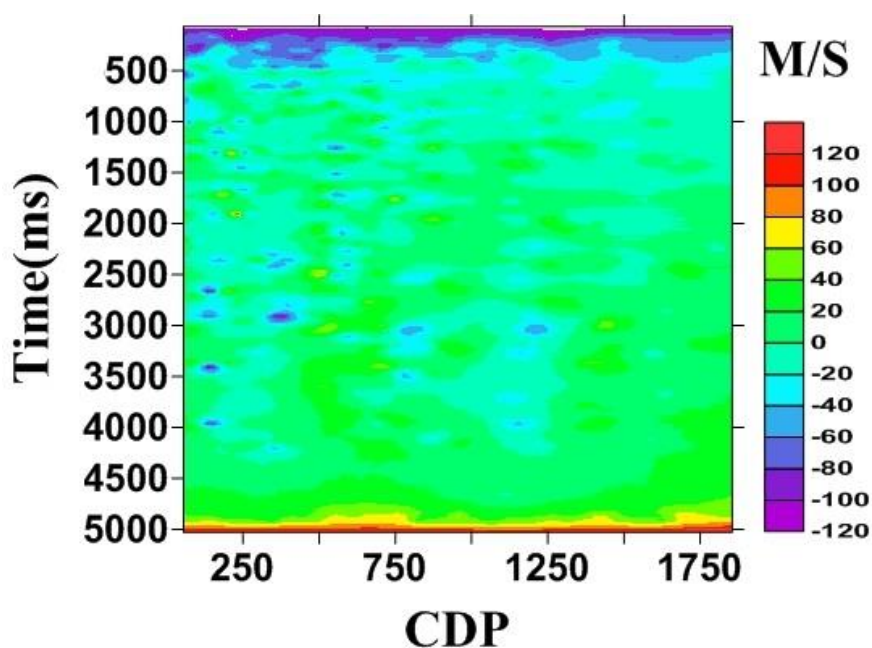
شکل‌های شماره (۴۱-۴) تا شماره (۴۶-۴) مراحل تهیه بدست آوردن مدل سرعت، با اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر بر روی مدل سرعت اولیه، را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۴۱: میدان سرعت اولیه (خام).

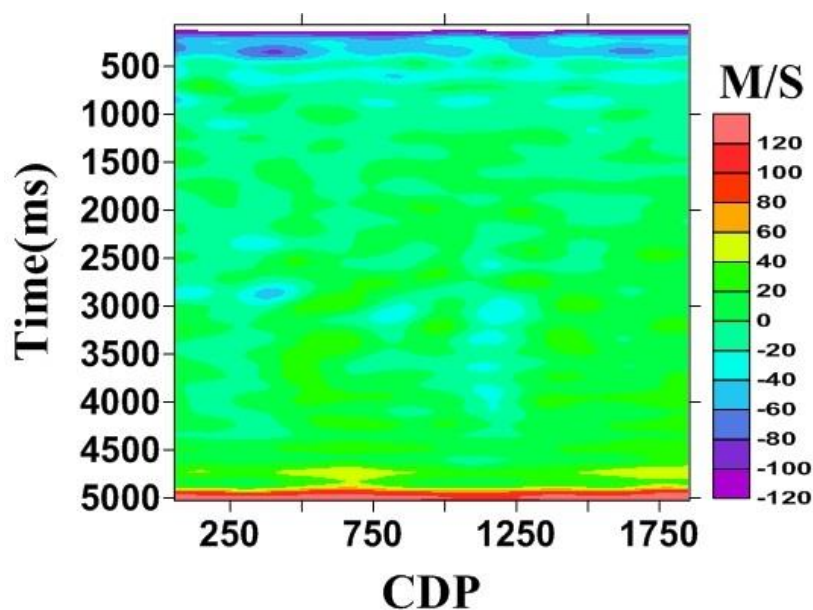


شکل ۴-۴۲: میدان تغییرات کلی سرعت اولیه، حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر، بر روی مدل سرعت اولیه. شکل (۴۲-۴) تغییرات کلی میدان سرعت اولیه را نشان می‌دهد. سرعت بخصوص در سطح از روند منظم‌تری نسبت به مدل اولیه سرعت پیروی می‌کند.



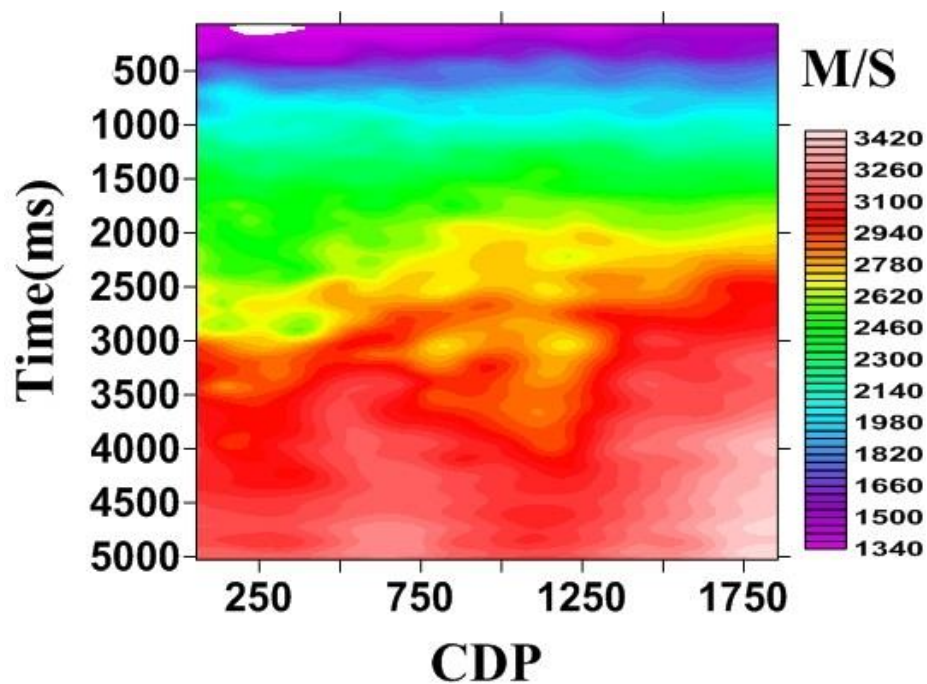
شکل ۴-۴۳: میدان تغییرات جزئی سرعت اولیه، حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر بر روی مدل سرعت اولیه.

در شکل (۴۳-۴) تغییرات سرعت شدید است و از روند خاصی پیروی نمی‌کند.



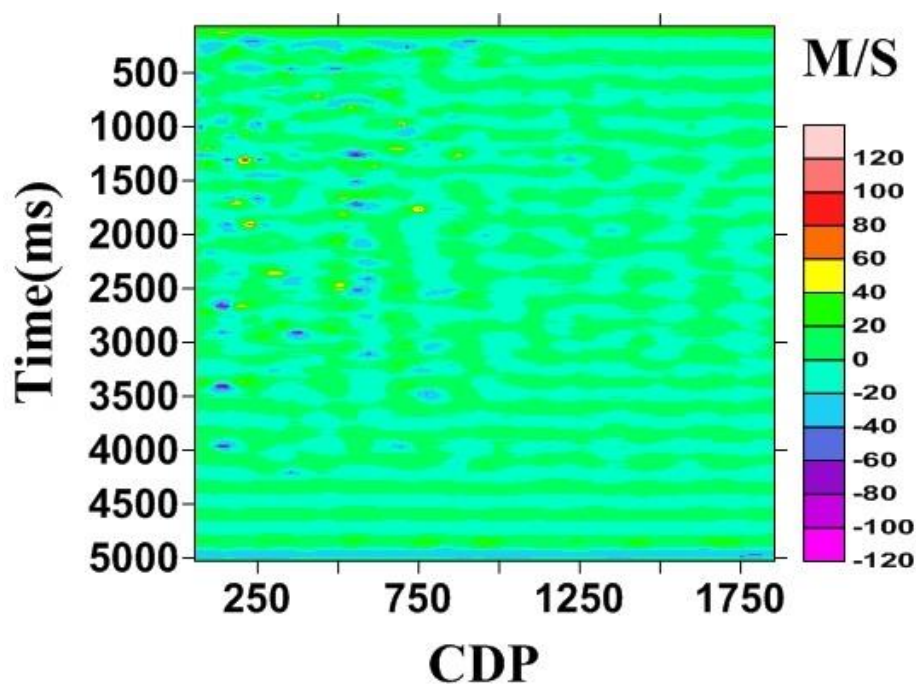
شکل ۴-۴۴: خروجی حاصل از اعمال فیلتر پایین‌گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر بر روی میدان تغییرات جزئی سرعت اولیه.

در شکل (۴۴-۴) تغییرات شدید سرعت نسبت به مرحله قبل کمتر شده است.



شکل ۴-۴۵: میدان سرعت نهایی (حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر).

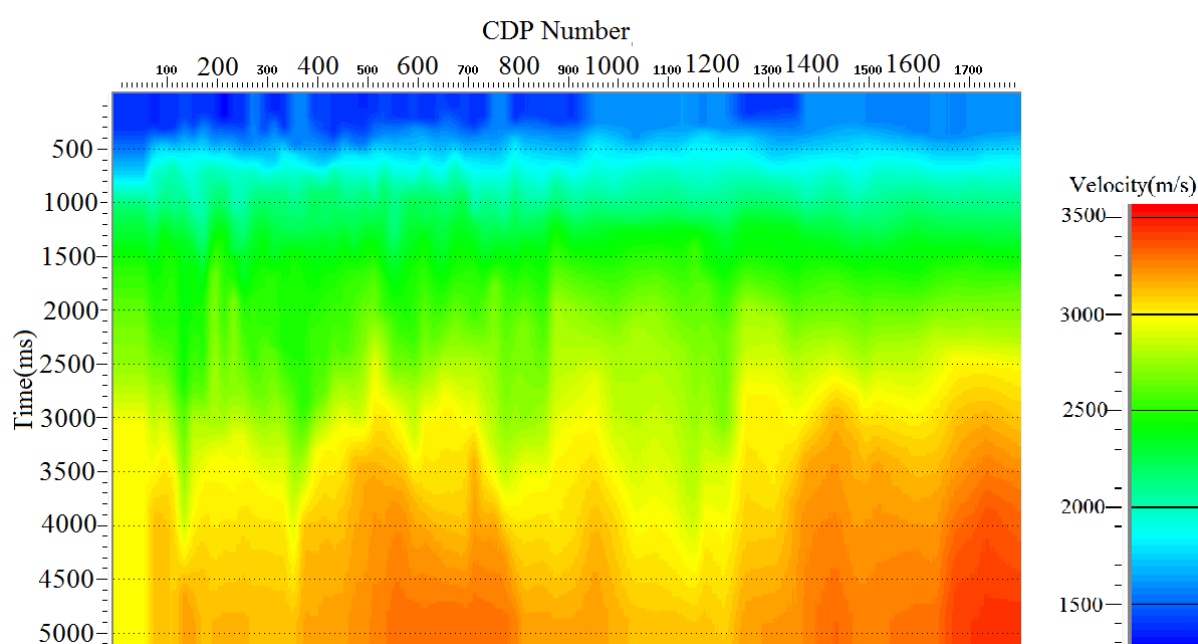
شکل شماره (۴-۴۵) میدان سرعت نهایی که حاصل برگرداندن میدان تغییرات جزئی سرعت اولیه فیلتر شده، به میدان تغییرات کلی سرعت اولیه است، را نشان می‌دهد.



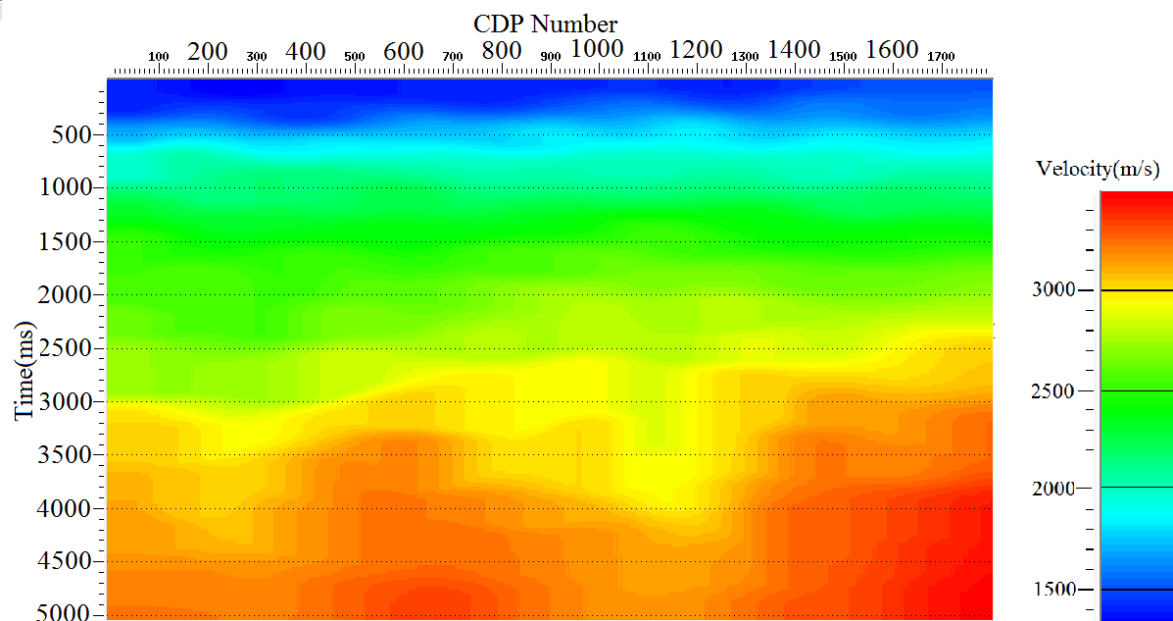
شکل ۴-۴۶: نوفه (حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر).

شکل‌های شماره (۴۷-۴) تا شماره (۴۹-۴) مدل سرعت اولیه، مدل سرعت انتخاب شده با اعمال روش فیلتر روندسطح و مدل سرعت انتخاب شده با اعمال فیلتر ادامه فراسو را نشان می‌دهد.

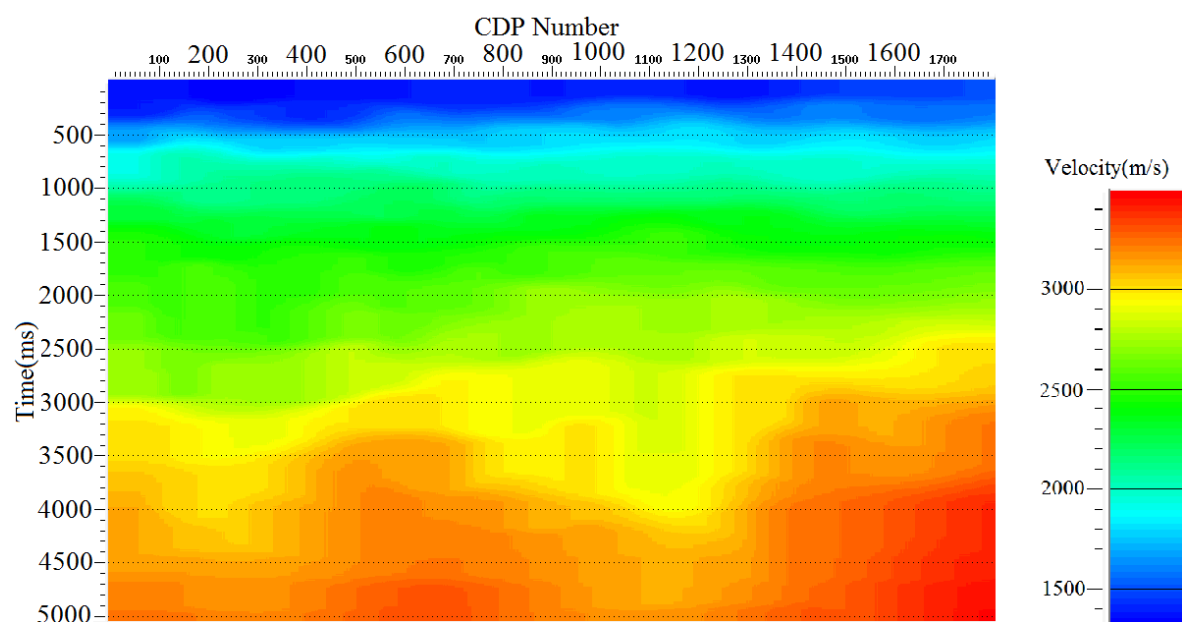
با مقایسه مدل‌های سرعت اولیه با مدل سرعت‌های انتخاب شده می‌توان نتیجه گرفت، مدل‌های سرعت انتخاب شده نسبت به مدل سرعت اولیه، هموارتر هستند.



شکل ۴-۴۷: مدل سرعت اولیه در نرم افزار پرومکس.



شکل ۴-۴۸: میدان سرعت نهایی در نرم افزار پرومکس (حاصل از اعمال فیلتر روند سطح درجه ۲ و فیلتر پایین گذر حذف طول موج های پایین تر از ۲۵۰ متر).

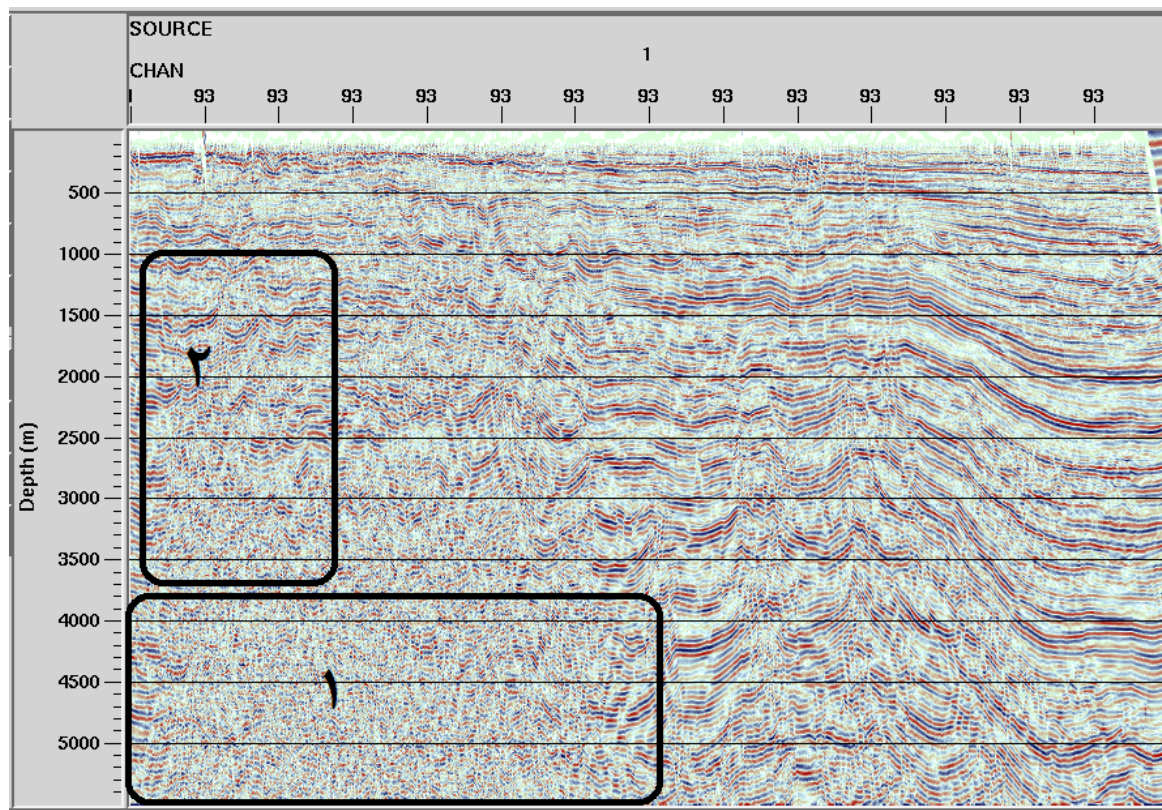


شکل ۴-۴۹: میدان سرعت نهایی در نرم افزار پرومکس (حاصل از اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر حذف طول موج های پایین تر از ۲۵۰ متر).

شکل های شماره (۴-۵۰) تا شماره (۴-۵۲) مقطع کوچ با مدل سرعت اولیه، مقطع کوچ با مدل سرعت

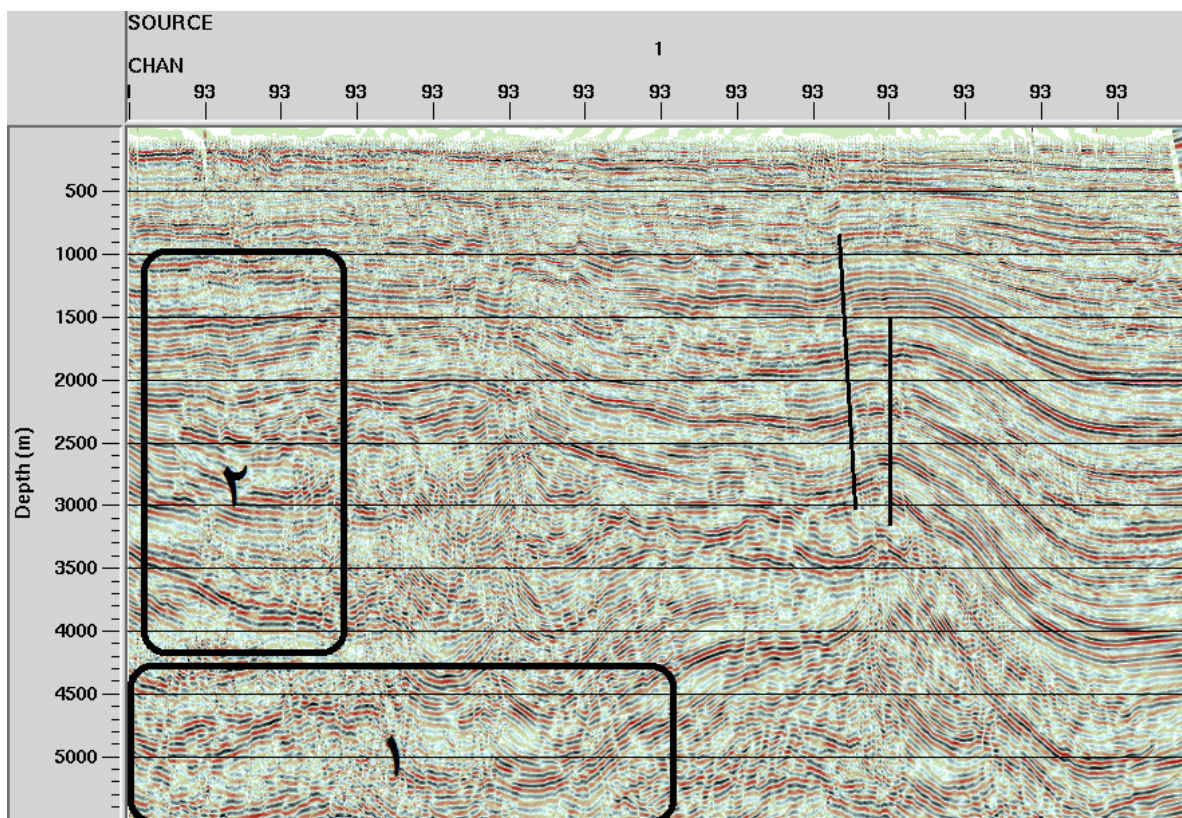
انتخاب شده با اعمال روش فیلتر روند سطح و مقطع کوچ با مدل سرعت انتخاب شده با اعمال فیلتر ادامه

فراسو را نشان می‌دهد.



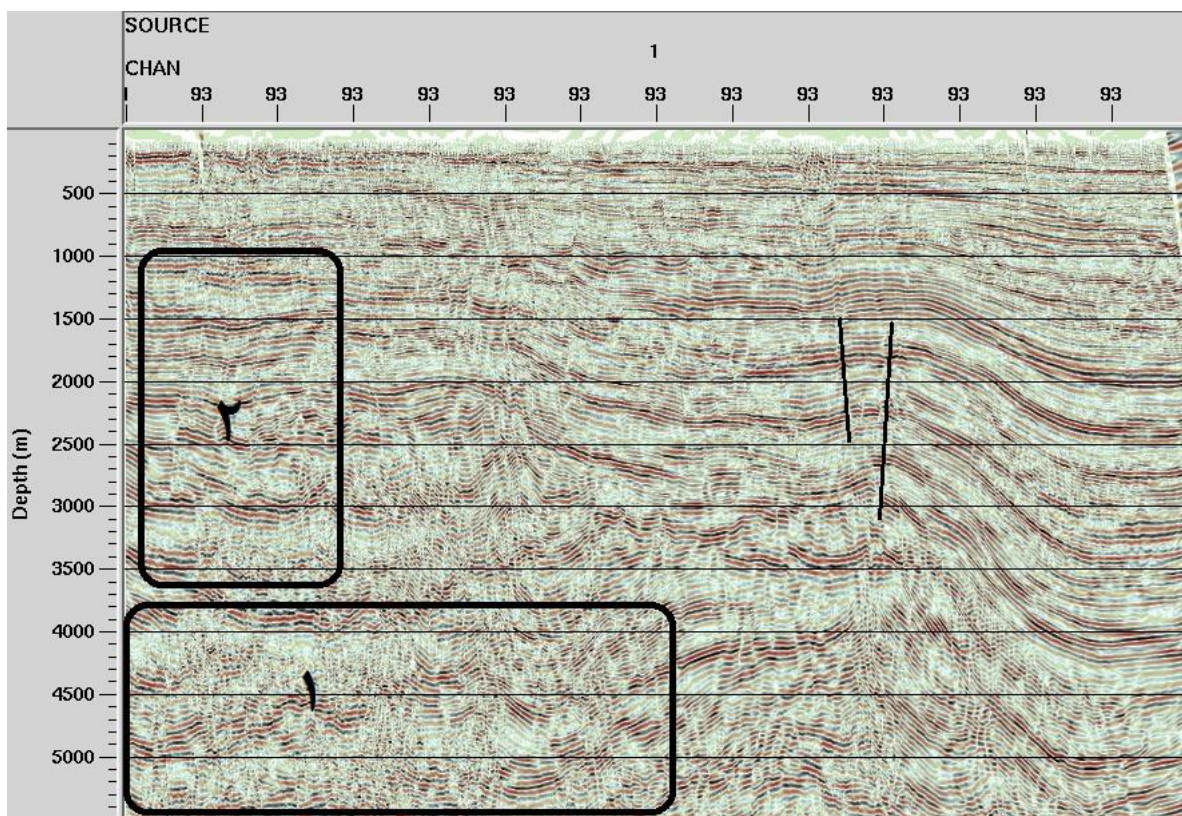
شکل ۴-۵۰: مقطع کوچ با مدل اولیه سرعت.

با توجه به شکل بالا بازتابنده‌ها در سمت چپ مقطع (کادرهای مستطیلی شکل شماره ۱ و ۲)، بخصوص در قسمت پایین نشان داده نشده است. همچنین گسل موجود در سمت راست مقطع، دیده نمی‌شود.



شکل ۴-۵۱: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر روند سطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج-های پایین تر از ۲۵۰ متر.

با مقایسه مقطع کوچ شکل شماره (۴-۵۱) با مقطع کوچ شکل شماره (۴-۵۰) می توان نتیجه گرفت، بازتابنده ها در سمت چپ مقطع و همچنین گسل های موجود در سمت راست مقطع، بخوبی نشان داده شده است. در نتیجه مدل سرعت استفاده شده، مدل سرعت بهتری می باشد.



شکل ۴-۵۲: مقطع کوچ با مدل سرعت نهایی بدست آمده از فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج‌های پایین‌تر از ۲۵۰ متر.

با مقایسه مقطع کوچ شکل شماره (۴-۵۲) با مقطع کوچ شکل شماره (۴-۵۰) می‌توان نتیجه گرفت، بازتابنده‌ها در سمت چپ مقطع و همچنین گسل‌های موجود در سمت راست مقطع، بخوبی نشان داده شده است. در نتیجه مدل سرعت استفاده شده، مدل سرعت بهتری می‌باشد.

فصل پنجم

نتیجہ گیری و پیشہاد

۵-۱- نتیجه گیری

پس از بدست آوردن مدل های مختلف سرعت با اعمال فیلتر روند سطح با درجات مختلف و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول موج های مختلف، بهترین مدل سرعت که بهترین مقطع کوچ را تولید کرد، مربوط به مدل سرعت بدست آمده با اعمال فیلتر روند سطح درجه دو و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج های پایین تر از ۲۵۰ متر می باشد. که این مدل سرعت در بین مدل های سرعت بدست آمده از همواری متوسطی برخوردار هست.

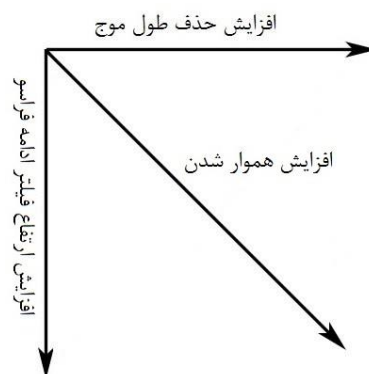
پس از بدست آوردن مدل های مختلف سرعت با اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع های مختلف و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول موج های مختلف، بهترین مدل سرعت که بهترین مقطع کوچ را تولید کرد، مربوط به مدل سرعت بدست آمده با اعمال فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و فیلتر پایین گذر با حذف طول موج های پایین تر از ۲۵۰ متر می باشد. که این مدل سرعت در بین مدل های سرعت بدست آمده از همواری متوسطی برخوردار هست.

از مقایسه دو سرعت انتخاب شده بالا، با مدل سرعت اولیه نتیجه می شود که مدل سرعت انتخاب شده نسبت به مدل سرعت اولیه، مقدار زیادی کیفیت مقطع کوچ را بالا می برد.

با مقایسه مقطع کوچ شکل های شماره (۵۱-۴) و (۵۲-۴) می توان نتیجه گرفت که گسل های سمت راست مقطع و همچنین بازتابنده های سمت چپ مقطع در مقطع کوچ شماره (۵۱-۴) نسبت به مقطع کوچ شماره (۵۲-۴) بهتر نشان داده شده است، در نتیجه مدل سرعت استفاده شده در مقطع کوچ شکل شماره (۴-۵۱) نسبت به مدل سرعت استفاده شده در مقطع کوچ شماره (۴-۵۲) بهتر است، یعنی مدل سرعت بدست آمده با استفاده از فیلتر روند سطح درجه دو و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول موج پایین تر از ۲۵۰ متر، نسبت به مدل سرعت بدست آمده با فیلتر ادامه فراسو با ارتفاع ۲۰ متر و اعمال فیلتر پایین گذر با حذف طول موج پایین تر از ۲۵۰ متر بهتر است.

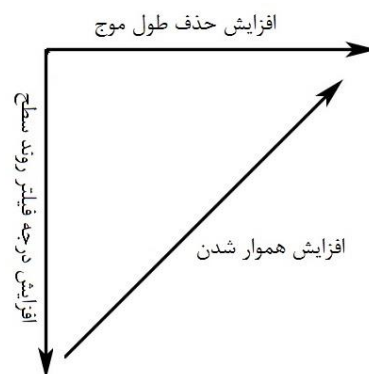
نتیجه‌های بالا، در راستای نتیجه‌ی کارهای افراد گذشته است، که هموارسازی کم مدل، مقطع کوچ را بهتر می‌کند. هرچند نمی‌توان درجه همواری دقیق را بدست آورد. ولی هموارسازی کم مدل، باعث افزایش کیفیت مقطع کوچ می‌شود.

با توجه به مدل‌های سرعت بدست آمده، مقدار همواری مدل، با افزایش ارتفاعِ فیلتر ادامه فراسو و با حذف طول موج‌های بیشتر رابطه مستقیم دارد شکل (۵-۱).



شکل ۵-۱: روند افزایش همواری مدل سرعت با استفاده از فیلتر ادامه فراسو.

با توجه به مدل‌های سرعت بدست آمده، مقدار همواری مدل، با افزایش درجه فیلتر روند سطح رابطه معکوس، و با حذف طول موج‌های بیشتر رابطه مستقیم دارد شکل (۵-۲).



شکل ۵-۲: روند افزایش همواری مدل سرعت با استفاده از فیلتر روند سطح.

۵-۲-پیشنهاده‌ها

در مرحله اعمال فیلتر پایین گذر، حذف طول موج‌ها با فاصله کمتری و با تعداد زیادی مورد بررسی قرار گیرد.

برای تعیین بهترین مدل سرعت با استفاده از انجام فرآیند کوچ، توصیه می‌شود کوچ عمق پیش از برانبارش هم انجام شود.

علاوه بر استفاده از فیلتر روند سطح و فیلتر ادامه فراسو، فیلترهای دیگری مثل: سیگنال تحلیلی، انواع فیلترهای مشتق و... استفاده شود.

علاوه بر فیلتر پایین گذر از فیلتر میان‌گذر^۱ هم استفاده شود بدین جهت که یک طیف فرکانسی خاصی در مدل سرعت موجود باشد.



- [١]Taner M. T. and Koehler F. (1969) “Velocity spectra-digital computer derivation applications of velocity functions” **Geophysics.**, **34, 6**, pp **859-881**.
- [٢]Li S. (2013) “Wave-equation migration velocity analysis by non-stationary focusing” 83th Annual International Meeting, Expanded Abstracts, **SEG.**, pp **1110-1115**.
- [٣]Chen J., Zelt C. A. and Jaiswal P. (2013) “A Case History: Application of Frequency-Dependent Traveltime Tomography and Full Waveform Inversion to a Known Near-Surface Target”83th Annual International Meeting, Expanded Abstracts, **SEG.**, pp **1743-1748**.
- [٤]Virieux J. and Operto S. (2009) “An overview of full-waveform inversion in exploration geophysics” **Geophysics. 15 FIGS.**, **74, 6**, pp **WCC127-WCC152**.
- [٥]Guitton A., Ayeni G. and Díaz E. (2012) “Constrained full-waveform inversion by model reparameterization 1” **Geophysics. 12 FIGS.**, **77, 2**, pp **R117-R127**.
- [٦]Yilmaz Ö. (2001), “**Seismic data analysis**”, vol. 1, Society of exploration geophysicists, pp.**271-462**.
- [٧]Bednar J. B. (2013), “**Modeling, Migration and Velocity Analysis in Simple and Complex Structure**”, Panorama Technologies, Inc, PP.**255-258**.
- [٨]Jones I. F. (2010), “**An Introduction to Velocity Model Building**”, EAGE publications bv, PP.**1-296**.
- [٩]Yilmaz Ö. (1987), “**Seismic Data Processing**”, vol. 2, Society of Exploration Geophysics, pp.**241-354**.
- [١٠]Albertin U., Kapoor J., Randall R., Smith M., Brown G., Soufleris C., . . . and Kemme M. (2002), “**The time for depth imaging**”, vol. 14, Oilfield Review, pp.**2-15**.
- [١١] Liner C. L. (2004), “**Elements of 3D seismology**”,vol. 1, pennwell corporation, USA Oklahoma, pp.**321-353**.

- [١٢] Shearer P. M. and Orcutt J. A. (1987) “Surface and near-surface effects on seismic wave-theory and borehole seismometer results”, **Bulletin of the Seismological Society of America.**, **77, 4**, pp **1168-1196**.
- [١٣] Lailly P. and Sinoquet D. (1996) “Smooth velocity models in reflection tomography for imaging complex geological structures” **Geophys. J. Int.**, **124**, pp **349-362**.
- [١٤] Biondi B. L. (2006). Migration Velocity Analysis, pp 159-184, In: “**3D Seismic Imaging**”, Cooper M. R. and Gardner G. SEG, Oklahoma.
- [١٥] Gray S. H. (2000) “Velocity smoothing for depth migration: How much is too much?” 70th Annual International Meeting, Expanded Abstracts, **SEG.**, pp **1055-1058**.
- [١٦] Larner K. and Pacheco C. (2005) “Velocity smoothing before depth migration: does it help or hurt?” 75th Annual International Meeting, Expanded Abstracts, **SEG.**, pp **1970-1974**.
- [١٧] Versteeg R. J. (1993) “Sensitivity of prestack depth migration to the velocity model” **Geophysics. 9 FIGS.**, **58, 6**, pp **873–882**.
- [١٨] Dix C. H. (1955) “Seismic velocities from surface measurements” **Geophysics.**, **20, 1**, PP **68-86**.
- [١٩] Robbein E. (2010), “**Seismic imaging. A review of the techniques, their principles, merits and limitations**”, EAGE publications bv, PP.**244**.
- [٢٠] Jones I. F. (2003), “**A review of 3D preSDM velocity model building techniques**”, first Break, Vol. 21, pp.**45-58**.
- [٢١] Tian Y., Montelli R., Nolet G. and Dahlen F. A. (2007) “Computing travel-time and amplitude sensitivity kernels in finite-frequency tomography” **Journal of Computational Physics.**, **226, 2**, pp **2271-2288**.
- [٢٢] Duveneck E. (2004) “Velocity model estimation with data-derived wavefront attributes” **Geophysics.**, **69, 1**, pp **265-274**.
- [٢٣] Robbein E. (2003), “**Velocities, time imaging and depth imaging in reflection seismics-Principles and methods**”, EAGE publications bv, pp.**464**.
- [٢٤] Zhang L. (1989) “Migration under velocity uncertainty” **SEP report 60.**, pp **179-186**.

[٢٥]Mispel J. and Hanitzsch C. (1996) “The use of layered or smoothed velocity models for prestack Kirchhoff depth migration” 66th Annual International Meeting, Expanded Abstracts, **SEG.**, pp **519-522**.

[٢٦]Reynolds J. M. (1997), “ **An introduction to applied and environmental geophysics**”, John Wiley. and Sons Ltd, pp.**796**.

[٢٧]Robinson E. (1988), “**Basic Exploration Geophysics**”, Somerset, NJ (US); John Wiley. and Sons, Inc, United States, pp.**562**.

[٢٨]Dobrin M. B. and Savit C. H. (1988), “ **Introduction to Geophysical Prospecting**”, McGraw Hill Book Company, pp.**867**.

[٢٩]Bergeron C. J., Morris T. L. and Ioup J. W. (1990) “Upward and Downward Continuation of Airborne Electromagnetic Data” *60th Annual International Meeting, SEG.*, pp **696-699**.

[٣٠]Fedi M., Rapollam A. and Russo G. (1999) “Upward continuation of scattered potential filed data” **Geophysics.**, **64**, pp **443-451**.

[٣١]Twigg C. and Baki A. (2013) “What has happened in recent years in the Caspian region, how has it changed – and what is preventing companies from operating here?” **Geo. Expro.**, **10, 5**, pp **28-34**

Abstract

Seismic imaging in geological structures with rapid lateral variation in velocity needs depth migration. This process needs an exact distribution of velocity. For determining velocity model there are two kinds of substructure model: Blocky model and smoothed model. In this thesis smoothed model is used.

Smoothing velocity model is unfavorable and the model becomes unreal. Before any depth migration there is velocity smoothing. Kirchhoff migration which is ray based needs the velocity field to be differentiable that means specific amount of smoothing is needed.

In this thesis a new method for velocity smoothing is introduced. Velocity smoothing is done with two potential field filters: surface trend filter and upward continuation filter.

In the first step the initial raw velocity field, we use two different surface trend filter with various degrees (2, 3, 5, 10, 15, and 16) and upward continuation with different height (20m, 100m) to separate main velocity field (low frequency) and small component of velocity field (high frequency). In the second step we use low pass frequency filter to suppress various wavelengths to gain residual small component. Then we add up this component to the main velocity field to get smoothed velocity fields with different degree of smoothing. After that we apply post stack migration with different velocity models to get the best velocity model.

Migration results show that when we apply surface trend filter method, best velocity model comes out of second degree of surface trend filter and cutting the wavelength lower than 250 meters. We get the best velocity model in upward continuation filter method, while applying upward continuation filter with 20 meters high and cutting wavelengths lower than 250 meters.

Key words:

Velocity model, velocity smoothing, surface trend filter, upward continuation filter, low pass frequency filter, migration



Shahrood University of Technology

Faculty of mining, Petroleum and Geophysics Engineering

MSc Thesis in oil and geophysics

**Non-geological noise suppression in seismic velocity model by
discriminating velocity source**

By: Ali Roeintan

Supervisor:

Dr. Mehrdad Soleimani Monfared

Advisor:

Dr. Hamid Aghajani

September 2016