

مهاجرت پیش از برانبارش عمقی داده‌های لرزه‌ای یک خط از میدان نفتی جنوب ایران،

به روش کیرششف

کسری امامی* و محمدعلی ریاحی*

موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، صندوق پستی ۶۴۶۶-۱۴۱۵۵

(دریافت مقاله: ۸۲/۷/۲۱، پذیرش مقاله: ۸۳/۴/۱۶)

چکیده

مهاجرت پس از برانبارش، معمولاً تصویری مناسب از بازتابنده‌های زیر سطحی ارائه می‌دهد. ولی کیفیت این تصاویر هنگامی که تغییرات جانبی سرعت و یا ساختارهایی با زمین‌شناسی پیچیده وجود داشته باشند، تنزل پیدا می‌کنند. کاهش کیفیت تصاویر به دست آمده با کم شدن نسبت علامت به نوفه (S/N)، قرارگیری نادرست بازتابنده‌ها و واضح نبودن تصاویر، نمود پیدا می‌کند. در این شرایط، مهاجرت پیش از برانبارش عمقی می‌تواند تصاویر بهتری را ارائه دهد.

در این مقاله مهاجرت در حیطه پیش از برانبارش و عمقی مهاجرت به روش کیرششف مورد بررسی قرار گرفته است، سپس مهاجرت به روش کیرششف پیش از برانبارش عمقی روی داده‌هایی واقعی اعمال شد و نتایج به دست آمده مورد بررسی قرار گرفت.

کلیدواژه‌ها: مهاجرت عمقی، پیش از برانبارش، تصویر لرزه‌ای، تغییر جانبی سرعت، ساختارهای پیچیده

۱ مقدمه

به‌خوبی به انجام می‌رسد. اما هنگامی که ساختارهای زیرسطحی پیچیده باشند، عملگر برانبارش به خوبی عمل نمی‌کند، و در نتیجه بهتر است از مهاجرت پیش از برانبارش استفاده شود. مهاجرت پیش از برانبارش هنگامی که تغییرات جانبی سرعت و ساختارهایی با زمین‌شناسی پیچیده وجود داشته باشند وقتی به صورت عمقی انجام شود کیفیت تصاویر را به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد.

۲ انواع مختلف مهاجرت

مهاجرت را می‌توان بر دو اساس طبقه‌بندی کرد. یکی بر اساس حیطه‌ای که در آن مهاجرت عمل می‌کند و دیگری بر اساس دستورالعمل مهاجرتی که استفاده می‌شود. پس می‌توان بین روش‌های مختلف مهاجرت فرق قائل شد؛ مهاجرت دوبعدی و سه‌بعدی، مهاجرت زمانی و عمقی و مهاجرت پیش از برانبارش و پس از برانبارش.

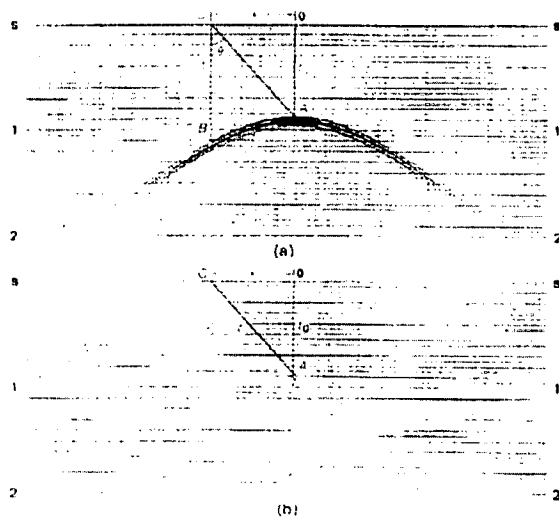
مهاجرت دوبعدی بر رویدادهای لرزه‌ای در فضای دو بعدی عمل می‌کند، در حالی که مهاجرت سه‌بعدی رویدادهای لرزه‌ای را در محیطی سه‌بعدی مورد بررسی

مهاجرت (migration) فرایندی است که اثرات ناشی از مسیر انتشار موج را روی داده‌های لرزه‌ای بر طرف می‌کند (ایلماز، ۱۹۸۷)، در نتیجه بازتابنده‌های شیب‌دار به مکان درست آنها منتقل می‌شوند و امواج پراش هم فرو نشانده می‌شوند. با طبقه‌بندی انواع مختلف مهاجرت می‌توان بین روش‌های متفاوت مهاجرت فرق قائل شد؛ مهاجرت دوبعدی (2D-migration) و سه‌بعدی (3D-migration)، مهاجرت زمانی (time-migration) و عمقی (depth-migration) و مهاجرت پیش از برانبارش (prestack-migration) و پس از برانبارش (poststack-migration). مهاجرت پس از برانبارش زمانی، معمولاً تصویری مناسب از بازتابنده‌های زیرسطحی ارائه می‌دهد. (جین و رن، ۱۹۸۰) کیفیت این تصاویر هنگامی که تغییرات جانبی سرعت و یا ساختارهایی با زمین‌شناسی پیچیده وجود داشته باشند، تنزل پیدا می‌کند. هنگامی که تغییرات جانبی سرعت وجود داشته باشد، مهاجرت زمانی به درستی عمل نمی‌کند و مهاجرت عمقی باید به کار آید. وقتی ساختارهای زیر سطحی ساده باشند، رویدادهای بازتابی هذلولی هستند و عمل برانبارش

معادله منحنی به قرار زیر است:

$$t^2(x) = t^2(0) + 4x^2 / V_{rms}^2 \quad (1)$$

با محاسبه زمان ورودی $t(x)$ ، دامنه موقعیت B روی مقطع خروجی، در موقعیت A قرار داده می‌شود که متناظر با زمان خروجی $t(0) = \tau$ در محور هذلولی است. در این روش با هر نقطه به‌طور مستقل برخورد می‌شود. در این روش از سه فاکتور اصلاحی میل (obliquity factor)، واگرایی کروی (spherical spreading factor) و شکل موجک (wavelet shaping factor) استفاده می‌شود که با اضافه کردن این فاکتورها به روش جمع پراش‌ها برای مهاجرت روش مهاجرت کیرششف خوانده می‌شود. در کل می‌توان گفت روش جمع پراش‌ها کیرششف دارای عملکرد خوبی در برخورد با سطوح شیب‌دار است ولی وقتی نسبت علامت به نوفه کم باشد، عملکرد ضعیفی دارد (ایلماز، ۱۹۸۷).



شکل ۱. a: مقطع با دورافت صفر b: دامنه نقاط (مانند نقطه B) در طول هذلولی پراش با هم جمع می‌شوند و به نقطه A نسبت داده می‌شود. (ایلماز، ۱۹۸۷).

۴ مهاجرت عمقی

تفاوت مهاجرت زمانی و مهاجرت عمقی را به خوبی می‌توان با کمک روش جمع پراش‌ها (diffraction summation) توصیف کرد (در بخش‌های بعدی توضیح داده خواهد شد). در این روش مقادیر

قرار می‌دهد. در مهاجرت دوبعدی فرض بر این است که مقطع برانبارش شده حاوی هیچ انرژی، خارج از صفحه ثبت شده نیست. در صورتی که مهاجرت سه‌بعدی تصویرسازی صحیح‌تری را از انرژی‌های خارج از صفحه ثبت شده صورت می‌دهد. مزیت دیگر مهاجرت سه‌بعدی، تمرکز انرژی است که باعث ایجاد افزایش نسبت علامت به نوفه داده‌ها می‌شود (اشنایدر، ۱۹۷۸).

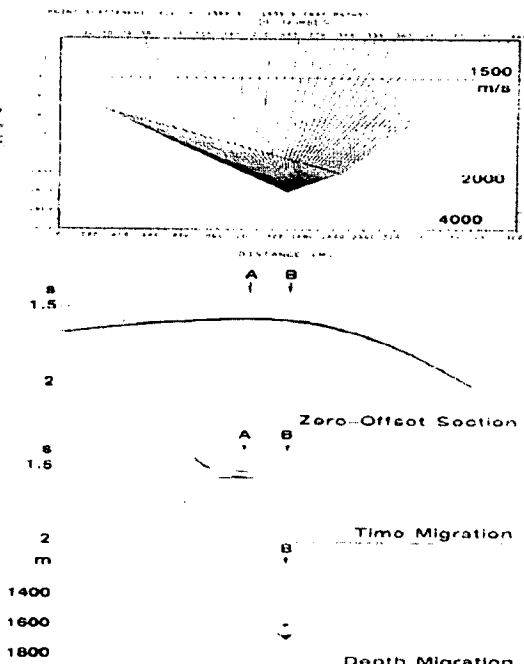
مهاجرت پس از برانبارش در یک مقطع برانبارش شده عمل می‌کند. مهاجرت پس از برانبارش معمول نمی‌تواند تصویر خوبی را از بازتابنده‌ها ارائه دهد. وقتی ساختارهای زیرسطحی پیچیده باشند، رویدادهای بازتابی هذلولی نیستند و عمل برانبارش به خوبی صورت نمی‌گیرد. در این موارد مهاجرت پیش از برانبارش نتایج بهتری را ایجاد می‌کند و به صورت قابل ملاحظه‌ای کیفیت تصویر را بالا می‌برد. در این روش داده‌های برانبارش نشده مستقیماً مهاجرت داده می‌شوند (بنکروفت، ۱۹۹۸).

مهاجرت زمانی برای حالتی که تغییرات قائم سرعت داریم درست عمل می‌کند، و اگر تغییرات جانبی سرعت داشته باشیم، دیگر مهاجرت زمانی به درستی عمل نمی‌کند و در نتیجه از مهاجرت عمقی استفاده می‌شود (شولتز و شرود، ۱۹۸۰).

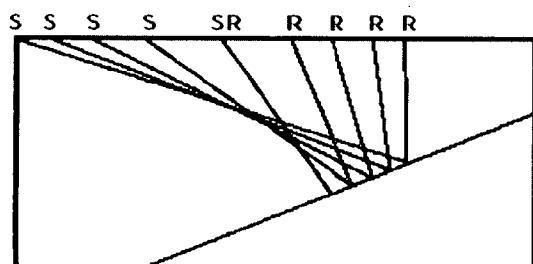
۳ مهاجرت به روش کیرششف

این روش بر اساس جمع پراش‌ها عمل می‌کند و فرض می‌کند سطح بازتابنده از مجموعه‌ای از نقاط تشکیل شده که هر کدام به صورت یک چشمه عمل می‌کنند. روش جمع پراش‌ها بر پایه جمع دامنه داده‌های موجود در طول منحنی پراش که این منحنی با مدل سرعت معین می‌شود، صورت می‌گیرد. این روش با توجه به اصل هویگنس به انجام می‌رسد. اصل هویگنس فرض می‌کند که یک بازتابنده از مجموعه‌ای از نقاط پراش که در کنار هم قرار گرفته‌اند تشکیل شده است. مهاجرت با فرونشاندن هر هذلولی پراش به نقطه آغازین آن حاصل می‌شود و معادله منحنی را می‌توان از شکل ۱ حساب کرد.

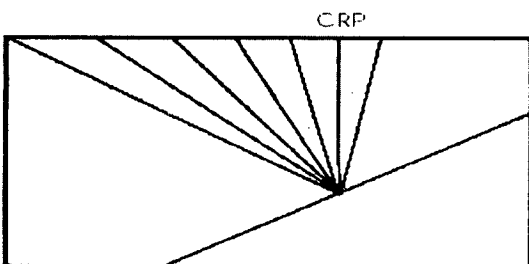
می‌شوند. برداشت‌های مهاجرت داده شده پیش از برانبارش، برداشت نقطه بازتاب مشترک (common reflection point (CRP)) خوانده می‌شوند (شکل ۴).



شکل ۲. موقعیت نقطه پراش در محیطی با تغییرات جانبی سرعت (ایلماز، ۱۹۸۷).



شکل ۳. پراکندگی نقطه بازتاب (پارادایم، ۲۰۰۱).



شکل ۴. مسیر پرتوها در یک برداشت نقطه بازتاب مشترک (پارادایم، ۲۰۰۱).

داده‌ها در طول منحنی پراش با هم جمع می‌شوند و به نقطه اوج منحنی نسبت داده می‌شوند. در مهاجرت زمانی از جذر میانگین مربعات سرعت (V_{rms} , root-mean-square) استفاده می‌شود ولی مهاجرت عمقی از سرعت بازه‌ای (interval velocity) استفاده می‌کند و در نتیجه منحنی‌های پراش را به‌طور دقیق مشخص می‌سازد. هنگامی که تغییرات جانبی سرعت وجود داشته باشد، رأس منحنی پراش (با حداقل زمان رسید) بر نقطه پراش منطبق نیست. رأس منحنی پراش جایی است که پرتویی که از نقطه پراش تا سطح زمین حرکت کرده، به‌طور عمود بر سطح زمین به آن می‌رسد، در حقیقت سریع‌ترین پرتویی است که به سطح زمین می‌رسد (نقطه A در شکل ۲). با استفاده از مهاجرت عمقی که سرعت بازه‌ای را در محاسبات منحنی پراش به درستی محاسبه می‌کند (در این نوع مهاجرت فرض بر هذلولی بودن منحنی پراش نیست) و حاصل جمع به مکان صحیح نقطه پراش (نقطه B) نسبت داده می‌شود. در شکل ۲ AB میزان اختلاف در مکان‌یابی صحیح نقطه پراش است. تصویری که از مهاجرت عمقی به‌دست می‌آید دارای کیفیت بهتری است، چون در این نوع مهاجرت مقادیر داده‌ها در طول منحنی پراش واقعی جمع می‌شوند، نه هذلولی تقریبی.

۵ مهاجرت قبل از برانبارش

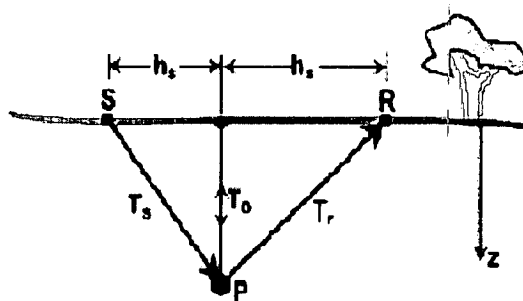
در مناطق دارای بازتابنده‌های شیب‌دار، نقاط میانی بازتاب با هم دارای اختلاف زمانی هستند که با افزایش شیب، این اختلاف نیز افزایش می‌یابد. در نتیجه می‌توان گفت برای سطح مشترک شیب‌دار، نقطه بازتاب برای دورافت‌های متفاوت یک برداشت نقطه میانی مشترک (CMP)، تغییر می‌کند. (ایلماز و کلریات، ۱۹۸۰) این اثر پراکندگی نقطه بازتاب (reflection point dispersal) خوانده می‌شود (شکل ۳).

مهاجرت این اثر را از بین می‌برد و تمام برداشت‌های نقطه میانی مشترک به یک نقطه زیرسطحی مشترک مربوط

وقتی ساختارهای زمین شناسی ساده باشند، بازتاب‌ها روی برداشت‌های نقطه میانی مشترک هذلولی هستند و برانبارش به خوبی عمل می‌کند. اما وقتی این ساختارها پیچیده باشند، برانبارش با از دست دادن داده‌های با ارزش انجام می‌شود. در این موارد انجام مهاجرت نیز بسیار ضروری است و در نتیجه بهتر است در این موارد از مهاجرت پیش از برانبارش استفاده شود. با این کار انرژی سیگنال در مرحله قبل از برانبارش متمرکز می‌شود و کار روی داده‌ها برای انجام برانبارش ساده‌تر است (ایلماز و کلربات، ۱۹۸۰).

مهاجرت به روش کیرشیف به راحتی می‌تواند برای حالت قبل از برانبارش اصلاح شود. اصولاً مهاجرت کیرشیف بر پایه روش جمع پراش‌ها استوار بود. اگر منحنی پراش شناخته شده باشد، عمل جمع می‌تواند در هر حیطه‌ای انجام شود. مهاجرت به روش کیرشیف پیش از برانبارش مشابه با مهاجرت کیرشیف پس از برانبارش است و شامل تشخیص موقعیت چشمه و محاسبه شکل پراش و جمع کردن انرژی روی سطح پراش و نسبت آن به نقطه پراش است. در مقطع با دورافت صفر، منحنی پراش هذلولی است و به صورت معادله ۱ تعریف می‌شود و در حالت دورافت ثابت (غیر صفر) به این صورت اصلاح می‌شود:

$$T = T_s + T_r = \sqrt{\frac{T_o^2}{4} + \frac{h_s^2}{V_{rms}^2}} + \sqrt{\frac{T_o^2}{4} + \frac{h_r^2}{V_{rms}^2}} \quad (2)$$



شکل ۵. مسیر پرتو برای حالت دورافت غیر صفر (بنکرافت، ۱۹۸۸).

۱- سریع‌ترین دستورالعمل مهاجرتی قبل از برانبارش است.

۲- تنها روشی است که می‌تواند در حیطه دور افت مشترک اجرا شود.

مهاجرت کیرشیف قبل از برانبارش معمولاً در دو مرحله انجام می‌شود: مرحله اول، جمع کردن داده‌ها با دورافت مشخص و مرحله دوم جمع کردن سراسری دورافت‌ها (برانبارش).

۶ اعمال عملگر مهاجرت پیش از برانبارش عمقی روی داده‌ها

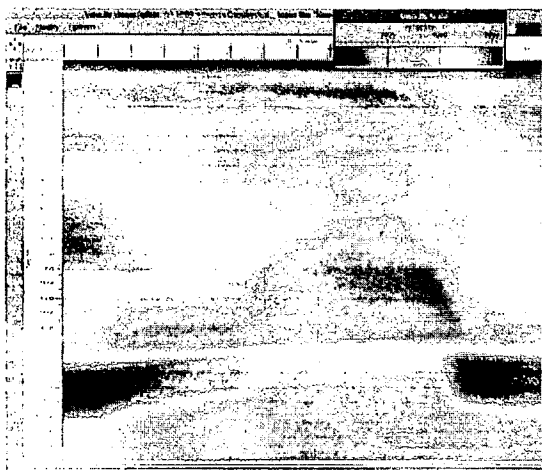
داده‌ها مربوط به یک خط از یک میدان نفتی در جنوب ایران است. این خط روند شمال شرقی - جنوب غربی دارد. روش برداشت روش انفجار یک طرفه (offend) است. فاصله ایستگاه‌ها ۷۵ متر و فاصله چشمه‌ها از یکدیگر ۱۵۰ متر بوده است. داده‌ها با ۴۸ کانال برداشت شده‌اند و در نتیجه ۱۲ فولدی هستند. داده‌های مذکور با فرمت SEG-B برداشت شده‌اند و مدت زمان ثبت ۵ ثانیه و آهنگ نمونه‌برداری (sampling rate) ۲ میلی ثانیه بوده است. برای انجام پردازش روی داده‌ها از نرم افزار Promax version 7/1، سال ۱۹۹۸ استفاده شده است.

۱-۶ محاسبه مدل سرعتی

برای محاسبه مدل سرعتی از مدل‌های متداول که بر اساس محیط زمین لایه ای استوار هستند، استفاده شده است. نرم افزار مدل‌سازی مورد استفاده، RAYINVR نام دارد که زلت و اسمیت (۱۹۹۲) آن را ارائه کرده‌اند. این روش از یک مدل دوبعدی ناهمگن استفاده می‌کند و لایه‌ها با

۳-۶ تحلیل سرعت

پس از تصحیح برون‌راند شیب برای انجام تحلیل سرعت، بین هر ۲۰ نقطه عمقی مشترک ابر دسته (سوپرگدر) ساخته شد، سپس با روش‌های همانندی و CVS تحلیل سرعت روی داده‌ها اعمال شد. در این مرحله مدل‌های سرعت اولیه براساس روش وارون تهیه (شکل ۶) و پس از تبدیل سرعت‌های V_{rms} به سرعت بازه‌ای، مدل تهیه سرعت به دست آمد. (شکل ۷).



شکل ۷. مدل سرعت بازه‌ای حاصل از روش تحلیل سرعت. (* شکل رنگی در صفحه ۵۳).

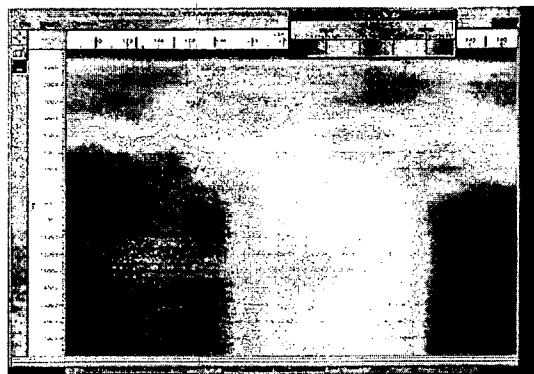
۴-۶ اعمال مهاجرت پیش از برانبارش

داده‌ها به صورت برداشت‌های با دورافت مشترک مرتب شدند. در این مرحله از داده‌هایی که تصحیح برون‌راند نرمال و شیب روی آنها اعمال نشده بود استفاده شد. سپس مهاجرت پیش از برانبارش زمانی، به روش کیرشلف عمقی، یک بار با استفاده از مدل سرعتی به دست آمده از روش وارون (شکل ۶) و یک بار پس از تبدیل سرعت‌های V_{rms} به سرعت‌های بازه‌ای (شکل ۷) روی داده‌ها اعمال شد. نتایج به دست آمده به ترتیب در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است.

بلوک‌ها و گره‌هایی مشخص می‌شوند. به هر گره دو سرعت یکی مربوط به لایه بالایی و یکی مربوط به لایه پایینی نسبت داده می‌شود. بنابراین هر لایه به چندین بلوک ذوزنقه‌ای تبدیل می‌شود. سرعت درون این ذوزنقه‌ها با درون‌یابی دوبعدی تعیین می‌شود و برای درون‌یابی از مقادیر سرعت در چهار گوشه ذوزنقه استفاده می‌شود. مدلی که بدین روش حاصل می‌شود، نه تنها خاصیت لایه‌ای بودن را دارد بلکه گویای تغییرات عمودی و افقی سرعت نیز هست (زلت و اسمیت، ۱۹۹۲). برای به دست آوردن مدل سرعتی بهینه روی خط لرزه‌ای مورد مطالعه، از روش اشاره شده استفاده و در مرحله وارون‌سازی به طریق کم‌ترین مربعات اعمال شده است. پس از محاسبه سرعت‌های V_{rms} ، آنها به سرعت‌های بازه‌ای تبدیل و سپس مدل سرعت بازه‌ای حاصل به دست آمد (شکل ۶).

۲-۶ مراحل پردازش

مراحل پردازش داده‌ها عبارت‌اند از وارد کردن داده‌ها، اعمال هندسه برداشت (geometry)، بازیافت دامنه واقعی (true amplitude recovery)، ویرایش (edit)، صافی‌میانگذر، عملگر و هم‌آمیخت، تحلیل سرعت، مهاجرت پیش از برانبارش، برانبارش، تصحیحات ایستای باقیمانده. برای اطلاعات بیشتر چگونگی تحلیل سرعت، مهاجرت پیش از برانبارش و برانبارش آورده شده است.



شکل ۸. مدل سرعت بازه‌ای حاصل از روش وارون. (* شکل رنگی در صفحه ۵۳).

۷ نتیجه گیری

با مقایسه بین مقاطع مهاجرت داده شده به روش کیرشهف قبل از برانبارش عمقی، یکی با استفاده از مدل سرعتی به دست آمده از تحلیل سرعت نهایی با روش همانندی و CVS و دیگری با استفاده از مدل سرعتی به دست آمده از وارون سازی به روش کم ترین مربعات می توان دید که مقطع دوم از کیفیت و پیوستگی بهتری برخوردار است. اما باید توجه کرد که مهاجرت به روش پیش از برانبارش عمقی به صحت مدل سرعتی و کیفیت داده ها، بسیار حساس است و در صورتی که مدل سرعتی و کیفیت داده ها صحیح و مناسب در دسترس نباشد، استفاده از عملگر مهاجرت پیش از برانبارش عمقی توصیه نمی شود.

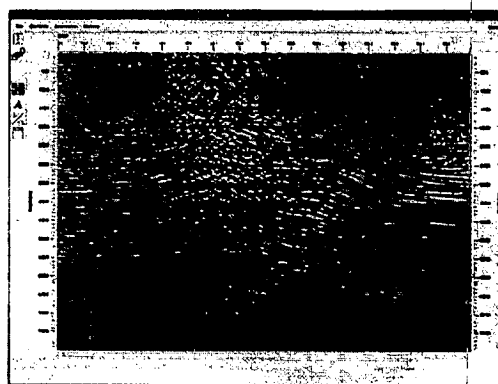
با توجه به مطالب مورد اشاره در بالا می توان نتیجه گرفت که با صرف نظر کردن از مدت زمان عمل پردازش، مهاجرت پیش از برانبارش عمقی (که با پیشرفت فناوری، این مدت زمان نیز رفته رفته کم خواهد شد)، روشی بسیار دقیق است و بهترین انتخاب برای به دست آوردن تصویر لرزه ای نهایی است، و می توان از آن در نواحی با ساختارهای پیچیده که دارای تغییرات جانبی سرعت هستند، به خوبی استفاده کرد و نتایج بهتری را نسبت به دیگر روش ها به دست آورد.

تشکر و قدر دانی

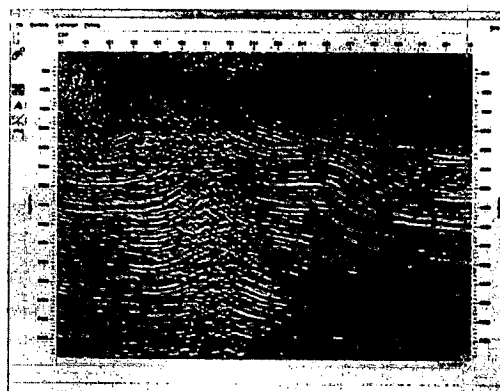
بر خود لازم می دانیم از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران به خاطر حمایت مالی در اجرای این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۶۵۲/۶/۸۹۵ تشکر و قدر دانی به عمل آوریم.

منابع

- Bancroft, J. C., 1998, A practical understanding of pre- and poststack migration: Vols. I, and II, SEG, Tulsa, Oklahoma.
- Jain, S. and Wren, A. E., 1980, Migration before stack-procedure and significance: Geophysics, 45, 204-213.
- Paradigm Geophysical, 2001, PG2 product support documentation and tutorial.



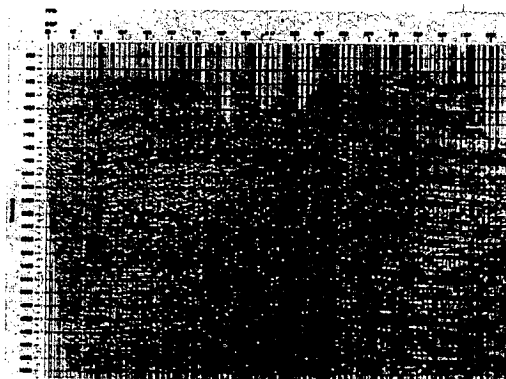
شکل ۸. مقطع مهاجرت داده شده به روش کیرشهف عمقی پیش از برانبارش با استفاده از مدل سرعت بهینه.



شکل ۹. مقطع مهاجرت داده شده به روش کیرشهف عمقی پیش از برانبارش با استفاده از مدل سرعت اولیه.

۵-۶ برانبارش

پس از تصحیح برون راند نرمال و شیب روی داده ها و همچنین اعمال پردازش های لازم مرحله برانبارش داده ها صورت گرفته است، شکل ۱۰ مقطع برانبارش شده را به منظور مقایسه با شکل ۹ نشان داده است. چنانچه از شکل ۱۰ دیده می شود کیفیت مقطع لرزه ای افزایش وضوح تصویری قابل ملاحظه ای یافته است.



شکل ۱۰. مقطع برانبارش شده.

- Schneider, W., 1978, Integral formulation for migration in two and three dimensions: *Geophysics*, **43**, 49 - 76.
- Schultz, P. S., and Sherwood, J. W. C., 1980, Depth migration before stack: *Geophysics*, **45**, 376 - 393.
- Yilmaz, O., 1987, *Seismic data processing*: SEG, Tulsa, Oklahoma.
- Yilmaz, O., and Clearbout, J. F., 1980, Prestack partial migration: *Geophysics*, **45**, 1753-1777.
- Zelt, C. A., and Smith, R. B., 1992, Seismic travel time inversion for 2-D crustal velocity structure: *Geophys. J. Int.*, **108**, 16-34.