

## بررسی کارایی روش مهاجرت PSpC در پردازش داده‌های لرزه‌ای به‌دست آمده از

### محیط‌های دارای تغییرات جانبی سرعت

محمدعلی ریاحی\* و فرهاد بازرگانی\*

موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، صندوق پستی ۶۴۶۶-۱۴۱۵۵

(دریافت مقاله: ۸۲/۴/۳، پذیرش مقاله: ۸۳/۹/۱۰)

#### چکیده

در این مقاله، درستی و دقت عملکرد روش مهاجرت PSpC یا روش انتقال فاز تصحیح شده در پردازش داده‌های لرزه‌ای بازتابی در محیط‌هایی دارای تغییرات نسبتاً شدید سرعت در راستای جانبی هستند، به منزله یک روش مهاجرت عمقی که درحوزه پس از برانبارش عمل می‌کند، مورد مطالعه قرار گرفت. به این منظور، مقطع سرعت لرزه‌ای مورد استفاده در انجام مهاجرت‌های عمقی در مراحل مختلف، با روش بازگشتی تحلیل برون‌راند باقی‌مانده زمانی از طریق اعمال مهاجرت پیش برانبارش زمانی کیرشهف، ارتقاء داده شد. سپس از این مقطع سرعت ارتقاء یافته برای انجام مهاجرت‌های PSDM کیرشهف و PSpC استفاده شد و نتایج حاصل مورد مقایسه قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: تغییرات جانبی سرعت، پیش برانبارش، پس برانبارش، انتقال فاز، مهاجرت عمقی

#### ۱ مقدمه

روش مهاجرت PSPI (phase shift plus interpolation) را به‌منزله راه حلی برای این مشکل ارائه کردند (گزدگ و سگوازرو، ۱۹۸۴). در این روش چند مهاجرت سرعت ثابت برای هر بازه‌ای که مهاجرت می‌شود صورت می‌گیرد و نتایج به‌دست آمده برای رسیدن به تصویر مهاجرت داده شده نهایی ترکیب می‌شوند. این روش برای هر مهاجرت با سرعت ثابت، نیاز به انجام یک انتقال فاز و سپس تبدیل فوریه معکوس دارد.

روش مهاجرت فوریه‌ای گام‌های گسسته (split step Fourier) که به روش PSpC هم معروف است، نوع جدیدی از مهاجرت در حوزه F-K است که بر اساس بهینه‌سازی روش انتقال فاز برای ایجاد امکان احتساب تغییرات جانبی سرعت در هر بازه مهاجرتی، استوار است (استوفا و فوکما، ۱۹۹۰).

این روش به دلیل این که مزایای روش انتقال فاز را داراست و در عین حال تغییرات جانبی سرعت را هم

برخی از روش‌های مهاجرت بر اساس ادامه فرسوی داده‌های لرزه‌ای ثبت شده از سطح در حوزه بسامد-عدد موج (F-K) استوارند (ایلماز، ۱۹۸۷). اولین الگوریتم مهاجرت از این دسته را استولت (۱۹۷۸) معرفی کرد. این روش سرعت انتشار امواج لرزه‌ای را ثابت فرض می‌کند. روش دیگر مهاجرت در حوزه F-K روش انتقال فاز (phase shift method) است (گزدگ، ۱۹۷۸). این روش توانایی احتساب تغییرات قائم سرعت را دارد، عملگرهای دیفرانسیلی مورد استفاده در آن دقیق و مطلق هستند، روش مذکور بدون هیچ قید و شرطی پایدار است و در مهاجرت رخداد های با شیب تند تا ۹۰ درجه دقیق عمل می‌کند.

اما چون معادله موج در حوزه بسامد-عدد موج حل می‌شود، این روش ناگزیر به استفاده از یک سرعت ثابت در هر بازه عمقی است یعنی نمی‌تواند تغییرات جانبی سرعت را منظور کند. (گزدگ و سگوازرو، ۱۹۸۴).

## ۲ مبانی نظری روش مهاجرت PSPC

در روش PSPC کندی لایه‌ای (عکس سرعت لایه‌ای) به دو جمله تقسیم می‌شود: یک کندی مرجع که ثابت است و یک جمله "آشفتگی". از کندی مرجع برای مهاجرت درون لایه مورد نظر در حوزه بسامد عدد موج، درست مانند روش مهاجرت انتقال فاز با سرعت ثابت، استفاده می‌شود. اما وجود جمله آشفتگی در سرعت لایه‌ای، اعمال تصحیحاتی را در قالب اعمال یک انتقال فاز دوم در حوزه بسامد- مکان، ایجاب می‌کند. انتشار یک موج تراکمی با معادله زیر را در یک محیط با چگالی ثابت در نظر بگیرید (استوفا و فوکما، ۱۹۹۰):

$$\nabla^2 p - u^2 \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

که در معادله فوق  $p = p(x, y, z, t)$  میدان موج و  $u = u(x, y, z)$  کندی محیط است که برای سازگاری و هماهنگی با مدل بازتابنده انفجاری به صورت  $u(x, y, z) = \frac{2}{V(x, y, z)}$  تعریف می‌شود. بعد از انتقال معادله (۱) به حوزه فوریه داریم:

$$\nabla^2 P + \omega^2 u^2 P = 0 \quad (2)$$

که P در معادله (۲) در رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P(\vec{r}, z, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} p(\vec{r}, z, t) e^{-i\omega t} dt \quad (3)$$

و  $\vec{r}$  بردار موقعیت افقی را نشان می‌دهد. یعنی

$$\vec{r} = x\hat{i}_x + y\hat{i}_y \quad \text{و} \quad r = |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

میدان کندی  $u(\vec{r}, z)$  را به دو مؤلفه تجزیه می‌کنیم:

$$u(\vec{r}, z) = u_0(z) + \Delta u(\vec{r}, z) \quad (4)$$

$u_0(z)$  به صوت کندی مرجع، که نشان دهنده کندی متوسط در هر بازه عمقی است تعریف می‌شود. همه تغییرات کندی نسبت به این کندی مرجع با جمله آشفتگی

منظور می‌کند بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

در روش یادشده تغییرات جانبی سرعت از طریق معرفی یک جمله آشفتگی در تابع سرعت، محاسبه می‌شود که در نتیجه فقط به یک تبدیل فوریه اضافه نسبت به روش انتقال فاز گردک (۱۹۷۸) در هر گام، و به یک برون‌یابی عمقی نیاز است. از این نظر روش PSPC با روش PSPI که برای هر سرعت مورد استفاده به یک مهاجرت انتقال فاز کامل نیاز دارد، متفاوت است. بنابراین با وجود توانایی، این روش احتساب تغییرات جانبی سرعت بدون نیاز به انجام چندین مهاجرت انتقال فاز جداگانه، امکان استفاده واقعی از مزایای روش مهاجرت انتقال فاز نیز فراهم می‌شود. بعضی از این مزایا عبارت‌اند از:

مهاجرت درست داده‌ها در باند بسامدی مورد نظر، به کارگیری دقیق عملگرهای دیفرانسیلی، ایستایی بی‌قید و شرط و توانایی انجام مهاجرت در یک بازه بزرگ عمقی (مثلاً لایه ستون آبی در مناطق دریایی) در یک گام. به علاوه روش PSPC دارای این مزیت است که می‌تواند فقط بسامدهای مورد نظر را مهاجرت دهد. این موضوع به خصوص در مورد داده‌های سه‌بعدی که دارای حجم زیادی هستند اهمیت پیدا می‌کند (استوفا و فوکما، ۱۹۹۰). از مزایای دیگر روش PSPC این است که در آن از شیوه جایگزینی لایه استفاده می‌شود، بدین صورت که ابتدا هر لایه باتوجه به اطلاعات زمین‌شناسی منطقه مهاجرت داده می‌شود و سپس لایه‌های بعدی پردازش می‌شوند. روش مذکور با توجه به این که هم‌زمان با پردازش، از تفسیر داده‌های زمین‌شناسی نیز استفاده می‌کند، به منزله الگویی شناخته شده است که در آن برای نخستین بار می‌توان به‌طور هم‌زمان از اطلاعات پردازش و تفسیر استفاده کرد. بنابراین، ویژگی مورد اشاره در خصوص روش PSPC در زمینه تلفیق هم‌زمان پردازش و تفسیر باعث شده است که این روش نسبت به روش‌های دیگر مزیت قابل ملاحظه‌ای داشته باشد (استوفا و فوکما، ۱۹۹۰).

موج‌ها، یک انتقال فاز صورت می‌گیرد:

$$\tilde{P}_1(\vec{k}_r, z_n, \Delta z, \omega) = \tilde{P}_-(\vec{k}_r, z_n, \omega) e^{ik_{z_0} \Delta z} \quad (9)$$

که در این رابطه:

$$k_{z_0} = \sqrt{\omega^2 u_0^2 - k_r^2} = \omega u_0 \sqrt{1 - \left(\frac{k_r}{\omega u_0}\right)^2} \quad (10)$$

که در آن  $u_0$  کندی مرجع برای لایه  $\Delta z$  است، البته با فرض کوچک بودن  $\Delta z$ . در رابطه ۹ پارامتر  $\tilde{P}_1$  میدان موج انتقال فاز داده شده است. سپس این داده‌های انتقال فاز داده شده با تبدیل فوریه معکوس از حوزه  $\vec{k}_r$  به حوزه  $\vec{r}$  منتقل می‌شوند.

(11)

$$p_1(\vec{r}, z_n, \Delta z, \omega) = \left(\frac{1}{2\Pi}\right)^2 \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{p}_1(\vec{k}_r, z_n, \Delta z, \omega) e^{-i\vec{k}_r \cdot \vec{r}} dk_r$$

در مرحله بعد یک انتقال فاز دوم که به جمله آشفستگی در تعریف کندی یعنی  $\Delta u(\vec{r}, z) = u(\vec{r}, z) - u_0(z)$  مربوط است، اعمال می‌شود (استوفا، ۱۹۹۰).

(12)

$$p_-(\vec{r}, z_{n+1}, \omega) = \exp(i\omega \Delta u(\vec{r}, z) \Delta z) p_1(\vec{r}, z_n, \Delta z, \omega)$$

و سرانجام با انتگرال‌گیری  $P(\vec{r}, z_{n+1}, \omega^0)$  روی همه بسامدهای مورد علاقه یعنی  $\omega_1$  تا  $\omega_2$  داده‌های مهاجرت داده شده در عمق  $z_{n+1}$  به‌دست می‌آیند. یعنی:

(13)

$$P(\vec{r}, z_{n+1}, \omega) = \left(\frac{1}{2\Pi}\right)^2 \int_{\omega_1}^{\omega_2} \tilde{P}_-(\vec{r}, z_{n+1}, \omega) d\omega$$

انتقال فاز اول معادل آن چیزی است که در مهاجرت

$\Delta u(\vec{r}, z)$  نشان داده می‌شود.

با جایگزین کردن معادله (۴) در معادله (۲) داریم:

$$\nabla^2 P + \omega^2 u_0^2 P = -\omega^2 (2u_0 \Delta u + \Delta u^2) P \quad (5)$$

و یا

$$\nabla^2 P + \omega^2 u_0^2 P = -S(\vec{r}, z, \omega) \quad (6)$$

که در آن با توجه به روابط (۴) و (۵)،  $S$  به صورت زیر بیان می‌شود:

(۷)

$$S(\vec{r}, z, \omega) = \omega^2 \left[ 2u_0 \Delta u(\vec{r}, z) + \Delta u^2(\vec{r}, z) \right] P(\vec{r}, z, \omega)$$

بنابراین معادله موج اکوستیکی همگن (۲) به واسطه ایجاد شدن یک جمله شبه‌چشمه‌ای یعنی  $S(\vec{r}, z, \omega)$  که مربوط به تغییرات جانبی کندی است، به معادله موج ناهمگن معادله (۶) تبدیل شد (استوفا و فوکما، ۱۹۹۰).

حل معادله (۶) که مهاجرت گام‌های گسسته یا PSPC مورد استفاده قرار می‌گیرد، به صرف نظر کردن از اثر جمله  $\Delta u^2$  منوط است و می‌توان آن را به صورت زیر خلاصه کرد:

با انتقال فوریه موج بالارونده مهاجرت یافته در عمق  $z_n$  یعنی  $P(\vec{r}, z_n, \omega)$  از حوزه  $\vec{r}$  به حوزه  $\vec{k}$  داریم:

$$\tilde{P}_-(\vec{k}_r, z_n, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} P_-(\vec{r}, z_n, \omega) e^{i\vec{k}_r \cdot \vec{r}} d\vec{r} \quad (8)$$

که در آن بردار موج افقی است که با

$$k_r = \left| \vec{k}_r \right| = \sqrt{k_x^2 + k_y^2} \quad \text{و} \quad \vec{k}_r = k_x \hat{i}_{k_x} + k_y \hat{i}_{k_y}$$

تعریف می‌شود، به طوری که  $P_-$  میدان موج بالارونده (upgoing wavefield) و  $\tilde{P}_-$  تبدیل فوریه آن است.

سپس با به کارگیری عدد موج قائم که با استفاده از کندی مرجع محاسبه می‌شود، برای همه بسامدها و عدد

اولیه و تهیه مقطع سرعت برانبارشی و یک مقطع لرزه‌ای برانبارش که در شکل ۱ نشان داده شده است به دست آمد. سپس یک مقطع سرعت RMS با استفاده از مقطع سرعت برانبارش که قبلاً به دست آمده بود، ساخته شد. این مقطع که آن را مقطع RMS شماره یک می‌نامیم در شکل ۲ نشان داده شده است.

در این جا لازم به یادآوری است که به خاطر ساختار پیچیده زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه، در مقطع لرزه‌ای مذکور و به دلیل افقی و یکنواخت نبودن لایه‌ها، پیش فرض‌هایی که روش تحلیل سرعت بر آن‌ها استوار است به درستی رعایت نمی‌شوند و به علاوه به همین دلیل نمی‌توان از رابطه دیکس به‌تنهایی برای استخراج یک مقطع سرعت بازه‌ای قابل اطمینان استفاده کرد (شریف، ۱۹۹۵). بنابراین ابتدا از روش بازگشتی تحلیل برون‌راند باقی‌مانده زمانی (residual time moveout analysis) برای ارتقاء کیفیت مقطع سرعت RMS و نزدیک‌تر کردن آن به سرعت واقعی استفاده شد (ایلماز، ۲۰۰۱). مراحل مختلف این روش در نمودار گردش کار شکل ۳ نشان داده شده است.

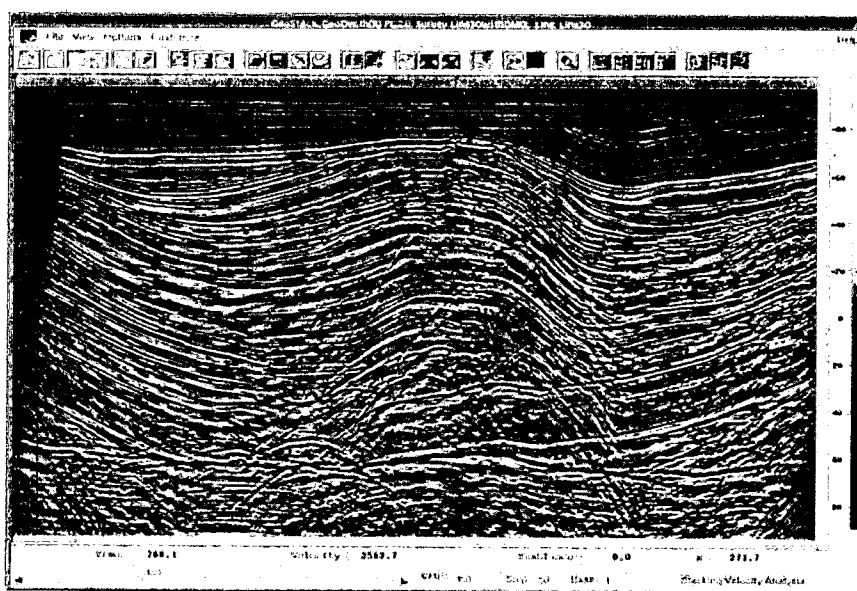
انتقال فاز با سرعت ثابت، اعمال می‌شود. انتقال فاز دوم با ایجاد یک اجابه‌جایی زمانی بر اساس اختلاف سرعت واقعی در هر موقعیت مکانی و سرعت مرجع، نتیجه را تصحیح می‌کند. درست مانند سایر روش‌های مهاجرت، این فرایند برای بازه‌های بعدی مهاجرت تکرار می‌شود.

### ۳ انجام مهاجرت روی داده‌های واقعی

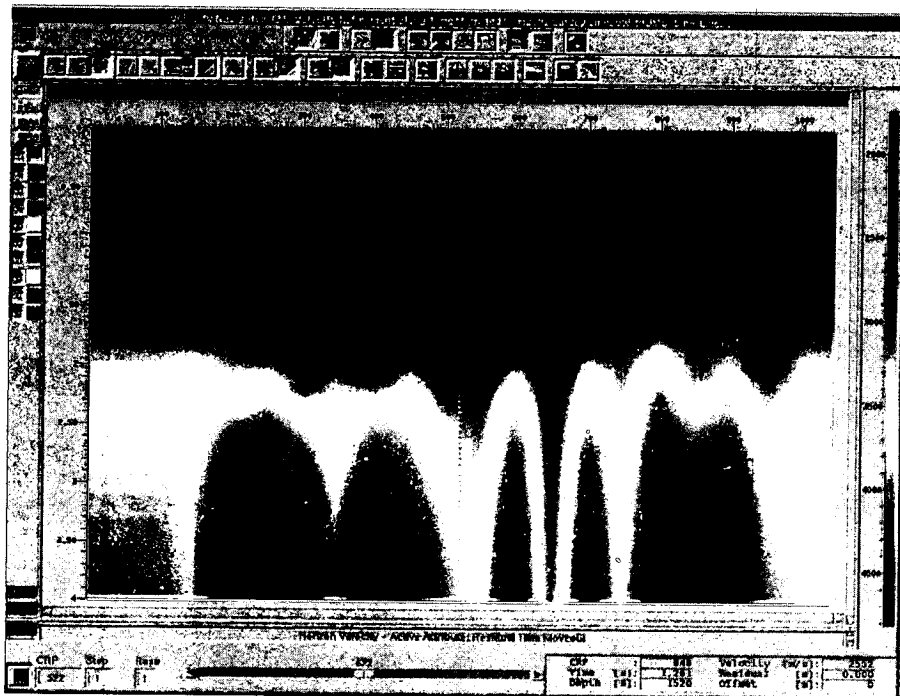
داده‌های مورد استفاده از خط لرزه‌نگاری بلوک 48B واقع در دریای شمال است که از سوی شرکت پارادایم در اختیار نگارندگان این مطالعه قرار گرفته است. این داده‌ها در مراحل پردازشی شامل ۱۰۴۳ گردآورد CMP حاصل از یک عملیات لرزه‌نگاری دوبعدی دریایی است و چنانچه ذکر شد محل برداشت این داده‌ها صورت گرفته در دریای شمال (North Sea) است. فاصله نقاط CMP از یکدیگر ۵۰ متر و چشمه مورد استفاده Airgun است (بازرگانی، ۱۳۸۲).

### ۴ ساخت مقطع اولیه سرعت RMS

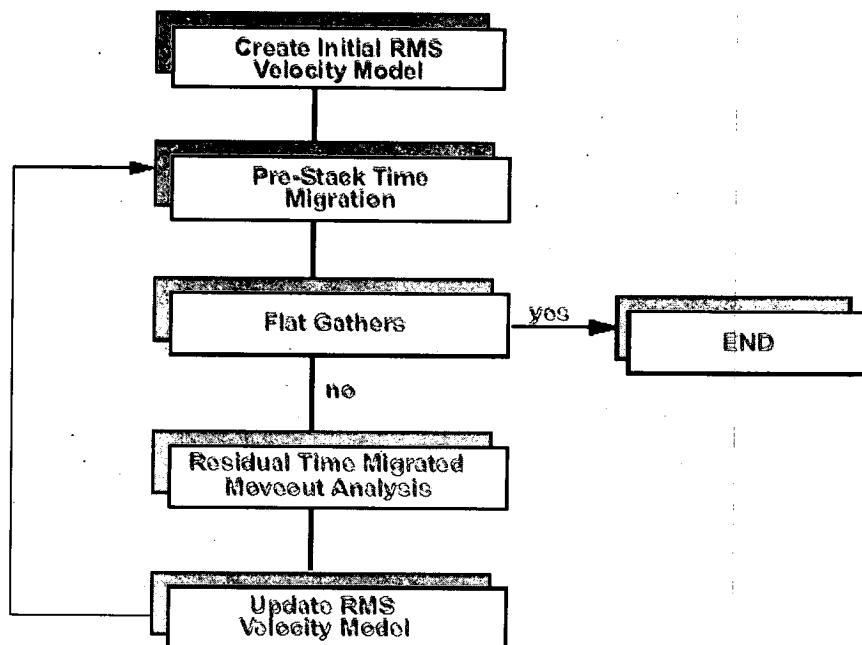
پس از اجرای مراحل پردازشی اولیه از قبیل تصحیح DMO تحلیل سرعت عمودی روی گردآوردهای CMP



شکل ۱. مقطع لرزه‌ای برانبارش حاصل از خط لرزه‌ای بلوک 48B واقع در دریای شمال.



شکل ۲. مقطع سرعت RMS شماره یک. این مقطع با استفاده از رابطه (سرعت برانبارش =  $RMS/\cos \theta$  سرعت) از مقطع سرعت برانبارش به‌دست آمده است. شایان ذکر است که در این مرحله لایه‌ها افقی فرض شده‌اند.

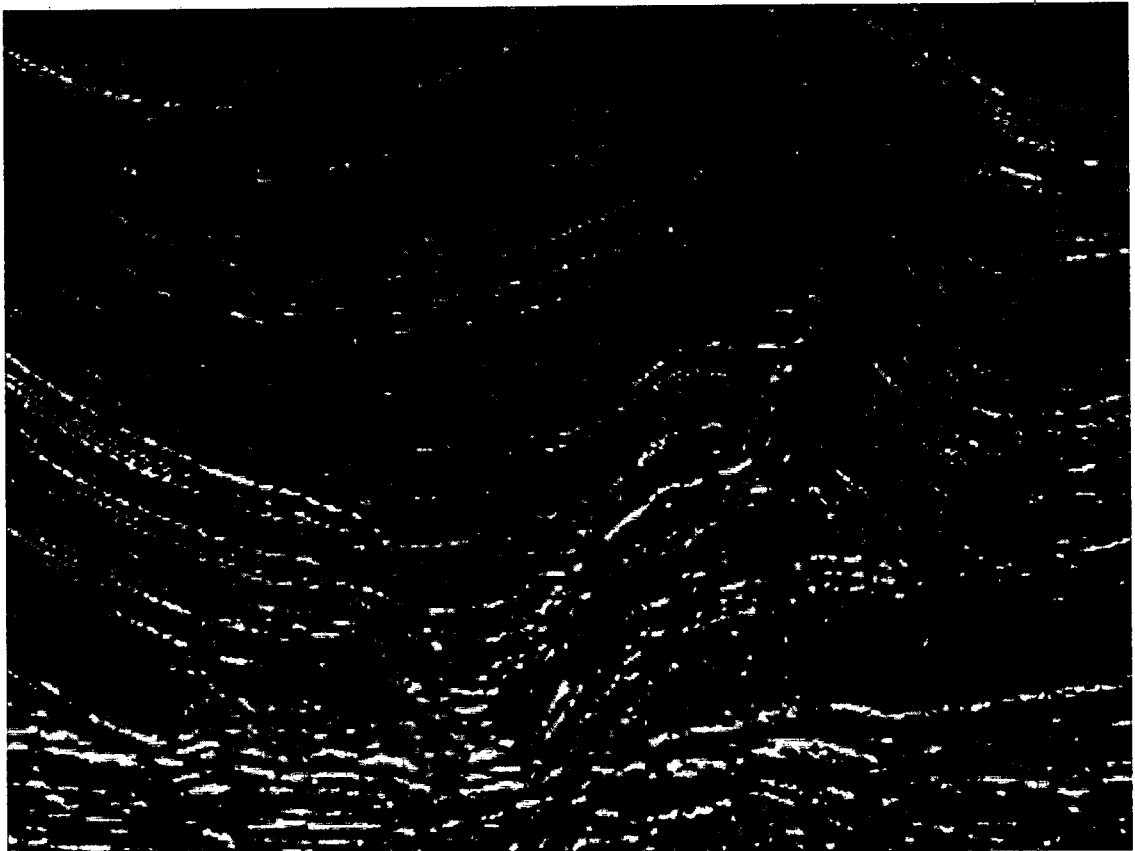


شکل ۳. نمودار گردش کار روش بازگشتی تحلیل برون‌راند باقی‌مانده برای تصحیح مقطع سرعت RMS (پارادایم، ۲۰۰۱). این نمودار گردش کار مراحل متفاوت تحلیل برون‌راند باقی‌مانده زمانی را نشان می‌دهد.

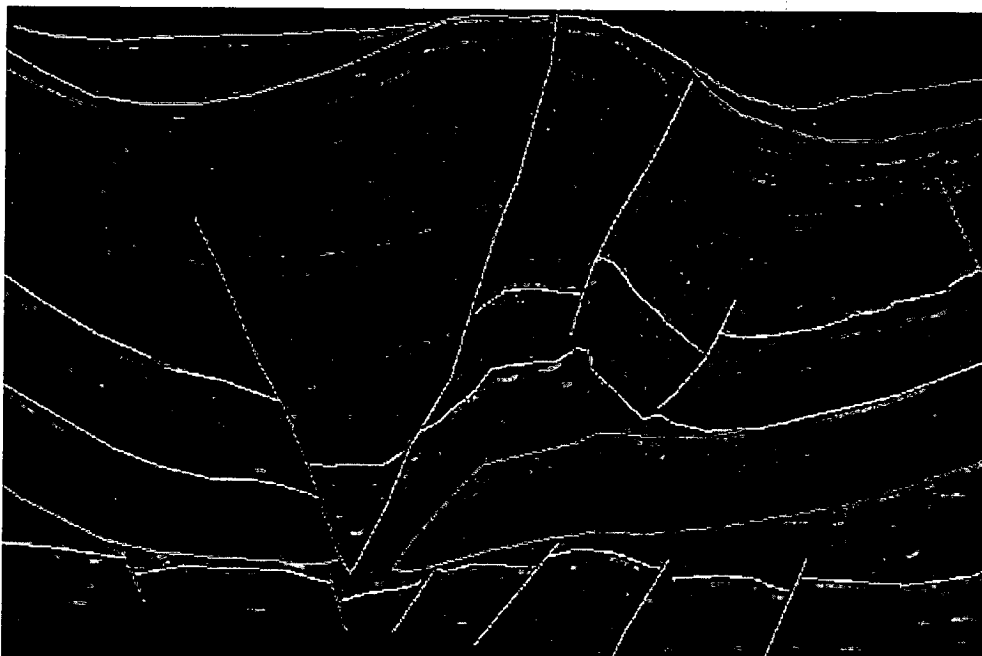
لرزه‌ای استفاده شد. شکل ۵ افق‌های تفسیر شده را در مقطع مهاجرت داده شده و شکل ۶ مدل ساختاری لایه‌ای زمانی ساخته شده بر اساس این تفسیرها را نشان می‌دهند. سپس مقادیر سرعت RMS در امتداد افق‌های مدل‌سازی شده، استخراج شدند یعنی یک مدل سرعت RMS در امتداد افق‌های مدل‌سازی شده و در حوزه زمان مهاجرت داده شده به دست آمد. شکل ۷ این مدل سرعت RMS در امتداد افق‌ها را نشان می‌دهد.

۵ مهاجرت پیش برانبارش زمانی کیرشلف ابتدا با استفاده از مقطع سرعت RMS شماره یک روی داده‌های گردآورد‌های CMP اولیه مهاجرت پیش برانبارش کیرشلف زمانی صورت گرفت. شکل ۴ نتیجه عملکرد این نوع مهاجرت را نشان می‌دهد.

۶ تفسیر و انتخاب افق‌ها در حوزه زمان مهاجرت داده شده برای ایجاد مدل از مقطع لرزه‌ای شکل ۴ برای تفسیر و مدل‌سازی افق‌های



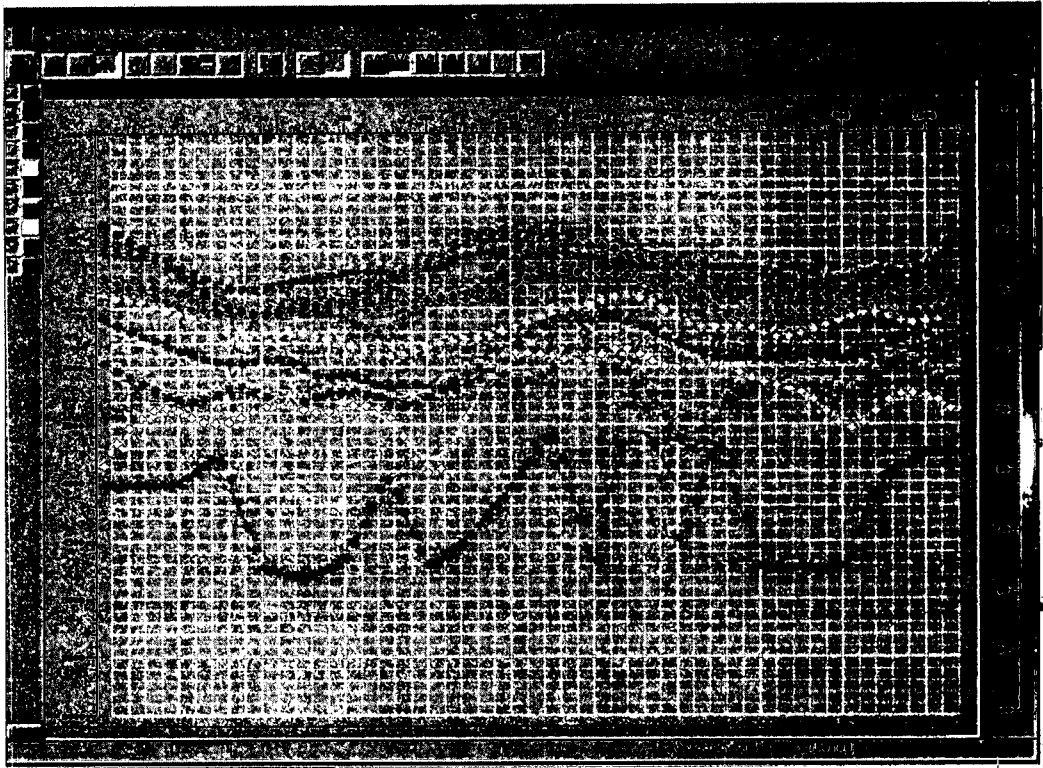
شکل ۴. مقطع لرزه‌ای نتیجه انجام مهاجرت پیش برانبارش زمانی با استفاده از مقطع سرعت RMS شماره یک.



شکل ۵. بعضی از افق‌های لرزه‌ای با توجه به نظر زمین‌شناس و تجربه پردازشگر برای ساختن مدل زمین‌شناسی که در مراحل بعدی مورد استفاده قرار خواهند گرفت، تفسیر شده‌اند.



شکل ۶. مدل لایه‌ای ساخته شده در حوزه زمان مهاجرت داده شده بر اساس تفسیرهای صورت گرفته در شکل ۵.



شکل ۷. مدل سرعت RMS در امتداد افق‌های مدل‌سازی شده‌است. در این شکل محور عمودی سرعت و محور افقی مختصات CMP نقاط است.

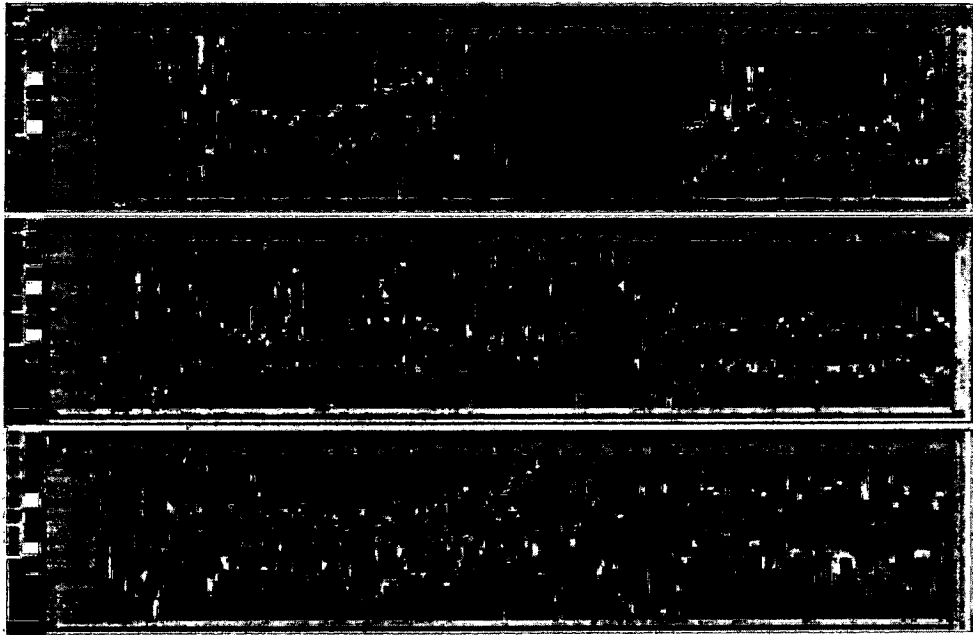
RMS شماره یک با توجه به مدل جدید سرعت RMS در امتداد افق‌های مدل‌سازی شده، بازسازی و تصحیح می‌شود. این مقطع که آنرا مقطع سرعت RMS شماره دو می‌نامیم در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

در این جا اولین تکرار از فرایند بازگشتی تصحیح مقطع RMS به روش تحلیل برون‌راند باقی‌مانده به پایان رسید. حال برای بهبود بیشتر مقطع سرعت RMS شماره دو، عملیات صورت گرفته برای سه بار دیگر، طبق مراحل نمودار گردش کار شکل ۳، تکرار شد که در هر قسمت یک مقطع سرعت RMS که در مقایسه با مقطع قبلی از کیفیت بهتری برخوردار است به‌دست آمد. آخرین و یا بهترین مقطع سرعت به‌دست آمده در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

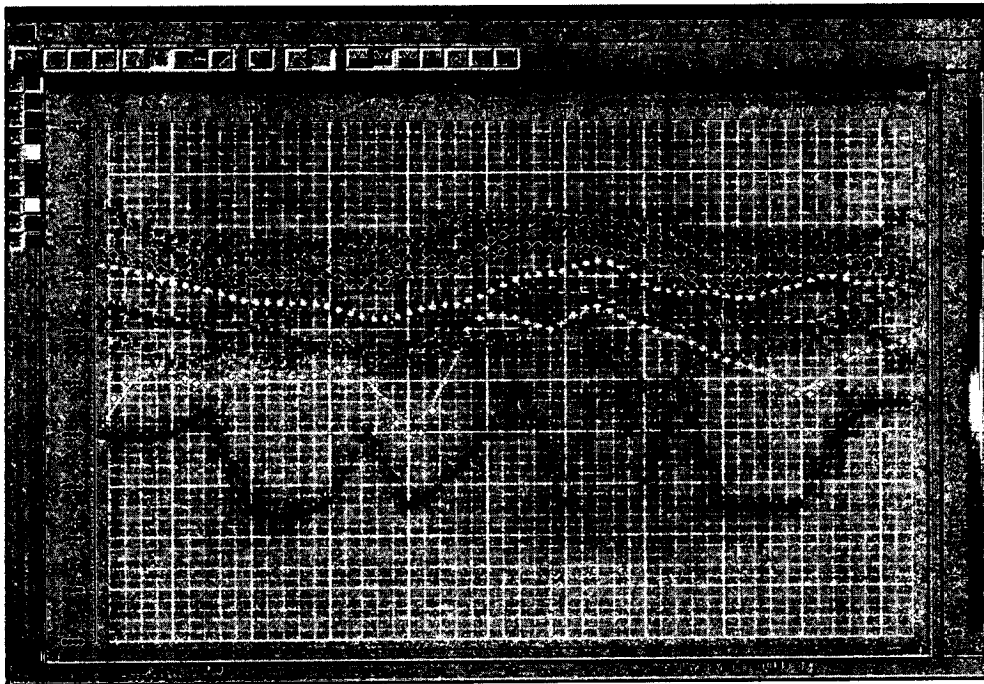
۷ بالا بردن کیفیت مدل سرعت RMS در امتداد افق‌های مدل‌سازی شده

بعد از انجام مهاجرت پیش برانبارش روی داده‌ها، گرد آورده‌های CDP (common reflection point) تهیه شدند. سپس با انجام تحلیل برون‌راند باقی‌مانده در امتداد افق‌های مدل‌سازی شده و ایجاد پروفیل‌های همانندی در امتداد این افق‌ها، بهترین سرعت‌ها برای تصحیح برون‌راند باقی‌مانده در رویدادهای بازتابی گردآورده‌های CRP انتخاب شدند. در شکل ۸ برای نمونه پروفیل‌های همانندی تولید شده برای سه افق همراه با سرعت‌های بهینه انتخاب شده روی آن‌ها، نشان داده شده است. سپس مدل سرعت RMS در امتداد افق‌های مدل‌سازی شده و با توجه به مقادیر جدید سرعت RMS تصحیح شد. شکل ۹ این مدل تصحیح شده را نشان می‌دهد. و بالاخره مقطع سرعت





شکل ۸. پروفیل‌های افقی همانندی نتیجه تحلیل برون‌راند باقی‌مانده افقی و سرعت‌های بهینه انتخاب شده روی آن‌ها برای تصحیح برون‌راند باقی‌مانده زمانی در گردآوردهای CRP.



شکل ۹. مدل RMS در امتداد افق‌های مدل‌سازی شده بعد از تصحیح در انتهای مرحله اول تصحیح برون‌راند باقی‌مانده.



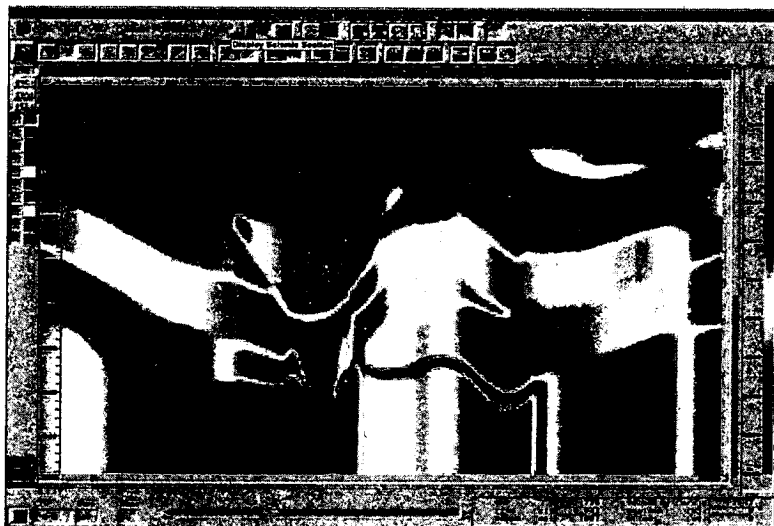
شکل ۱۰. مقطع سرعت RMS شماره دو. این مقطع با توجه به تصحیحات اعمال شده در مرحله اول تصحیح پرونراند باقی مانده در امتداد افق‌های مدل‌سازی شده به دست آمد.



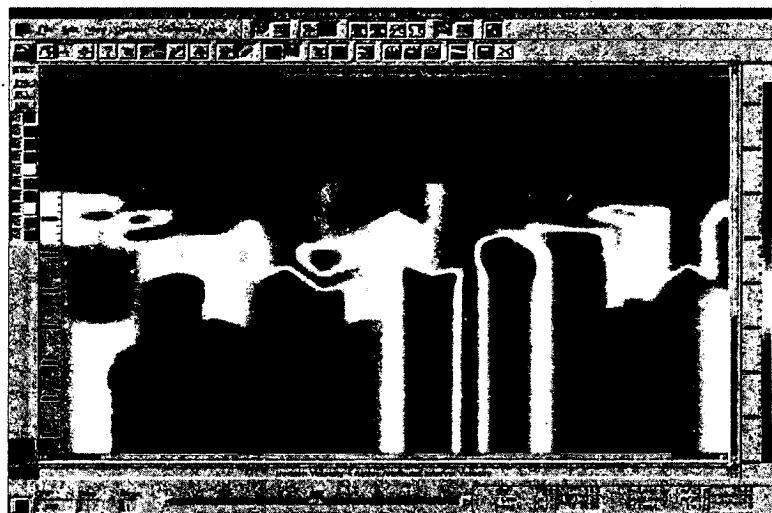
شکل ۱۱. مقطع سرعت RMS شماره سه. این مقطع با توجه به نتایج به دست آمده برای تصحیح مقادیر سرعت در امتداد افق‌های مدل‌سازی شده با استفاده از روش بازگشتی تحلیل پرونراند باقی مانده در سه تکرار به دست آمد.

میزان تاثیر روش تحلیل برون‌راند باقی‌مانده زمانی در بالا بردن کیفیت مقطع سرعت RMS، مقطع سرعت بازه‌ای که مستقیماً با استفاده از رابطه دیکس از مقطع سرعت RMS شماره یک استخراج شده است، در شکل ۱۴ نمایش داده شده.

۸ استخراج مقطع سرعت بازه‌ای از مقطع سرعت RMS ارتقاء یافته  
در این مرحله از بهترین مقطع سرعت RMS به‌دست آمده یعنی مقطع سرعت RMS شماره سه و با استفاده از رابطه تبدیل دیکس، مقطع سرعت بازه‌ای شماره I استخراج شد. این مقطع در شکل ۱۲ نشان داده شده. برای نشان دادن



شکل ۱۲. مقطع سرعت بازه‌ای شماره I که با استفاده از رابطه دیکس از مقطع سرعت RMS شماره سه استخراج شده است.



شکل ۱۳. مقطع سرعت بازه‌ای شماره II که با استفاده از رابطه دیکس از مقطع سرعت RMS شماره یک استخراج شده است.

## ۹ انجام مهاجرت PSPC و مهاجرت PSDM (post stack depth migration) با استفاده از مقطع

سرعت بازه‌ای ارتقاء یافته

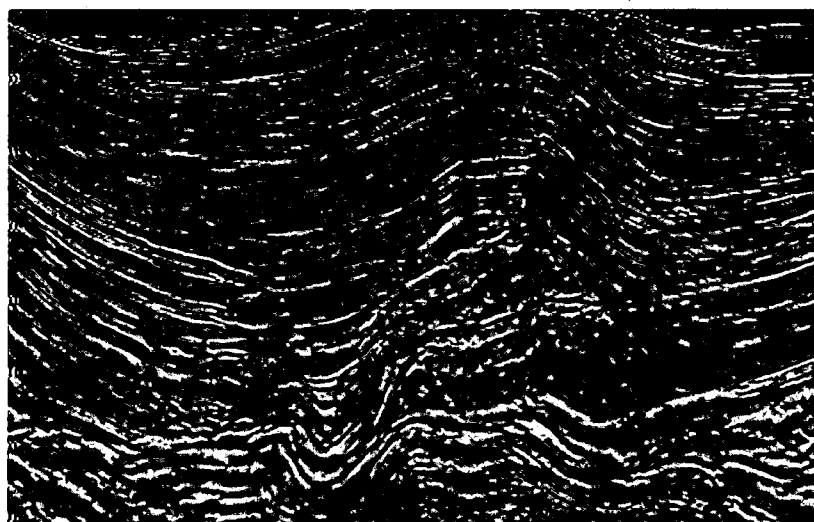
در آخرین گام با استفاده از مقطع سرعت بازه‌ای شماره یک روی مقطع برانبارش شکل ۱ مهاجرت PSPC و روی گردآوردهای CMP اولیه مهاجرت PSPC کیرشهف صورت گرفت. مقاطع به دست آمده از این دو الگوریتم

در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ نشان داده شده‌اند.

از مقایسه دو مقطع لرزه‌ای شکل ۱۴ و شکل ۱۵ مشاهده می‌شود که مقاطع به دست آمده به طور کلی تطابق نسبتاً خوبی با یکدیگر دارند که این نتیجه صحت عمل مهاجرت عمقی پس برانبارش به روش PSPC را تأیید می‌کند.



شکل ۱۴. نتیجه مهاجرت PSPC روی مقطع برانبارش با استفاده از مقطع سرعت بازه‌ای شماره ۱.



شکل ۱۵. نتیجه مهاجرت عمقی کیرشهف با استفاده از مقطع سرعت بازه‌ای شماره ۱. روی گردآوردهای CMP اولیه.

## ۱۰ نتیجه‌گیری

بر اساس مطالب مورد اشاره در این مقاله، مهاجرت به روش PSpC مهاجرتی عمقی است که روی داده‌های برانبارش شده صورت می‌گیرد. الگوریتم این مهاجرت بر اساس ادامه فرسوی داده‌های لرزه‌ای در حوزه فوریه، استوار است. این روش علاوه بر داشتن کلیه امکانات و مزایای روش مهاجرت انتقال فاز (گردگ، ۱۹۷۸) به دلیل توانایی احتساب تغییرات جانبی سرعت، قابلیت استفاده در نواحی پیچیده زمین‌شناسی با تغییرات جانبی سرعت را نیز دارد.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در این مقاله و مقایسه نتیجه به‌دست آمده از مهاجرت PSpC روی مقطع برانبارش شده با نتایج به‌دست آمده از مهاجرت PSDM روی گردآوردهای CMP اولیه می‌توان به نتایج زیر اشاره کرد:

روش مهاجرت PSpC از توانایی هم‌زمان پردازش و تفسیر برخوردار است. تصویر لرزه‌ای به‌دست آمده از مهاجرت با الگوریتم PSpC در مهاجرت داده‌های لرزه‌ای به‌واسطه استفاده از شیوه جایگزینی لایه و تلفیق استفاده از این الگوریتم با نتیجه به‌دست آمده از الگوریتم مهاجرت عمقی پیش برانبارش کیرشسف، تطابق نسبتاً خوبی را نشان می‌دهد.

در این مطالعه، اعمال روش تحلیل برون‌راند باقی‌مانده زمانی روی داده‌ها نشان داد که می‌توان از این روش برای ارتقاء کیفیت مقاطع سرعت استفاده کرد. نتیجه استفاده از این روش در بهبود کیفیت مقاطع سرعت، با توجه به نتایج به‌دست آمده از آن در مهاجرت‌های عمقی، به وضوح مشهود است.

مهاجرت PSpC علاوه بر داشتن مزیت تلفیق هم‌زمان پردازش و تفسیر، بسیار سریع‌تر از مهاجرت عمقی کیرشسف است که موارد ذکر شده امتیاز بزرگی است که نیاز استفاده از این روش را در پردازش داده‌های لرزه‌ای

توجیه و توصیه می‌کند.

## تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانیم از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران به خاطر حمایت از اجرای این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۶۵۲/۶/۸۸۸ تشکر و قدردانی به‌عمل آوریم.

## منابع

بازرگانی، ف.، ۱۳۸۲، مهاجرت عمقی PSpC در پردازش داده‌های لرزه‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

Gazdag, J., 1978, Wave-equation migration with the phase shift method: *Geophysics*, **43**, 1342-1351.

Gazdag, J., and Sguazzero, P., 1984, Migration of seismic data by phase shift plus interpolation: *Geophysics*, **49**, 124-131.

Paradigm Geophysical, 2001, PG2 product support documentation and tutorials.

Sheriff, R. E., 1995, *Exploration seismology*, 2<sup>nd</sup> Edition, Cambridge University Press, New York.

Stolt, R. H., 1978, Migration by Fourier transform, *Geophysics*, **43**, 23-48.

Stoffa, P. L., and Fokkema, J. T., 1990, Split-step Fourier migration: *Geophysics*, **55**, 410-421.

Yilmaz, O., 1987, *Seismic data processing*, SEG, Tulsa, Oklahoma.

Yilmaz, O., 2001, *Seismic data analysis*, SEG, Tulsa, Oklahoma.