

حذف بازتابهای تکراری در حیطه‌های  $\tau$ -p و معرفی یک فیلتر جدید

عبدالرحیم جواهریان\* و رضا متفکر فرد\*

## چکیده

تبدیل  $\tau$ -p یکی از روش‌ها در مراحل پردازش داده‌های لرزه‌ای است که هدف آن بالا بردن قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای می‌باشد. این عمل به منظورهای مختلف منجمله تضعیف یا حذف امواج تکراری درون آب و چندگانه‌ها، تحلیل سرعت، مهاجرت و مدل دادن، وارونه‌سازی و تضعیف نوفه‌ها در اکتشافات لرزه‌ای به کار می‌رود.

هدف این مقاله بررسی دو نوع تبدیل  $\tau$ -p خطی و سهموی به منظور تضعیف بازتابهای تکراری و دیگر امواج ناخواسته و بیان برتری تبدیل سهموی بر تبدیل خطی می‌باشد. در این مطالعه، نرم‌افزارهایی جهت تبدیل‌های  $\tau$ -p خطی و سهموی و انجام پردازش بر روی داده‌های لرزه‌ای مصنوعی تدوین و به کار گرفته شده است. مدل‌های ساده دو تا چند لایه به همراه امواج مستقیم و صوتی در هوا، بازتابهای اولیه و امواج تکراری درون آب (بازآوایش‌ها) مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج مربوط به دو مدل متشکل از ۶ لایه افقی ارائه شده است.

یک فیلتر خطی جدید که L-filter نامیده شده است جهت حذف بازآوایش‌ها در حیطه  $\tau$ -p سهموی پس از تصحیح بیرون‌راند نرمال ارائه شده است. با توجه به اینکه همواره بازتابها نسبت به بازآوایش‌ها و چندگانه‌ها در حیطه  $\tau$ -p سهموی دارای  $\tau$  کمتر و عدد p بیشتر می‌باشند، می‌توان کردوری خطی در محدوده بازتابها در حیطه  $\tau$ -p سهموی بعد از تصحیح بیرون‌راند نرمال انتخاب و کلیه داده‌های موجود در آن را حفظ و بقیه را صفر نمود. بدین طریق حذف کامل امواج تکراری و امواج مستقیم و امواج صوتی در هوا در صفحه  $\tau$ -p صورت می‌پذیرد. با تبدیل معکوس  $\tau$ -p سهموی، داده‌ها در حیطه  $\tau$ -x بدون حضور امواج ناخواسته فوق حاصل خواهند شد. البته قسمتی از اطلاعات مربوط به لایه‌ها از بین خواهد رفت که با تغییر محدوده کردوری اعمال شده تا اندازه‌ای قابل اصلاح خواهد بود. در این مقاله کارایی این فیلتر بر روی داده‌های مصنوعی به تأیید رسیده است.

کلیدواژه‌ها: بازتابهای تکراری، بازآوایش، تبدیل  $\tau$ -p خطی، تبدیل  $\tau$ -p سهموی، L-filter

## ۱ مقدمه

چندگانه‌ها، بازتابهای شیخ، امواج سطحی، امواج مستقیم و امواج صوتی در هوا از عمده اثرات ناخواسته می‌باشند. روش‌های جداسازی امواج خواسته از ناخواسته متنوع می‌باشند که بطور کلی با تبدیل داده‌ها به پارامترهای جدید دیگر انجام و سپس در حیطه تبدیل شده جداسازی امکان پذیر

جهت نوعی از پردازش داده‌های لرزه‌ای که هدف آن تضعیف یا حذف اثراتی است که به نوع زمین و چشمه ارتباط دارند و عملیات لرزه‌نگاری را مبهم و مغشوش می‌سازند، باید پارامترهای این اثرات ناخواسته را تخمین زد و سپس فیلتر مورد نیاز جهت حذف آنها طراحی نمود. بازتابهای بازآوایش،

$$p = \frac{\sin i}{V}, \quad q = \frac{\cos i}{V} \quad (3)$$

از روابط فوق کندی به صورت زیر بدست می آید.

$$U = \frac{1}{V} = (p^2 + q^2)^{1/2} \quad (4)$$

چون مطابق قانون سنل،  $p$  برای امواج عبوری از سطح مشترک لایه های افقی ثابت است می توان جمع مؤلفه های افقی کندی را با جمله  $px$  به صورت زیر جایگزین نمود.

$$\tau = 2 \sum_{k=1}^n q_k z_k = t - px \quad (5)$$

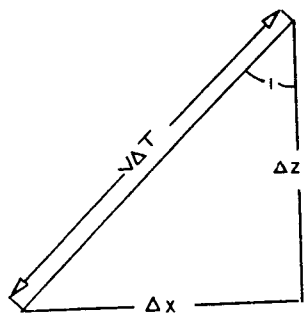
از این رابطه مفهوم فیزیکی  $\tau$  که مجموعه ای از حاصلضرب مؤلفه قائم کندی در ضخامت هر لایه است مشخص می شود (بسنوا و همکاران، ۱۹۷۴). با توجه به رابطه (۴)  $q_k$  و سهم  $\tau$  از یک لایه منفرد می توان به صورت زیر نوشت.

$$q_k = \left[ \frac{1}{v_k^2} - p^2 \right]^{1/2} = [u_k^2 - p^2]^{1/2} \quad (6)$$

$$\Delta \tau_k = 2z_k [u_k^2 - p^2]^{1/2} \quad (7)$$

رابطه فوق بیانگر یک معادله بیضی در صفحه  $\tau - p$  است. هر گاه چند لایه افقی در مدل وجود داشته باشد ارتباط بین زمان رسید و دور افت آنها هذلولی هستند که در حیطه  $\tau - p$  به صورت مجموعه ای از چند بیضی در می آیند (دیبولد و استوفا، ۱۹۸۱).

برای یک مدل ۶ لایه افقی (شکل ۲) هر یک از منحنی های زمان - مسافت از هذلولی در حیطه  $\tau - x$  (شکل ۳) به قسمتی از



شکل ۱. قسمتی از یک موج تخت که در یک محیط همگن با سرعت  $v$  در زمان  $\Delta t$  طی مسیر نموده است.

و عمل فیلتر کردن نیز انجام می شود. در این فرآیند موفقیت صد در صد ممکن است تحقق نیابد.

تبدیل  $\tau - p$  داده های لرزه ای یکی از تبدیلهایی است که بوسیله آن می توان با اعمال فیلتر مناسب امواج ناخواسته را تضعیف نمود. دیبولد و استوفا (۱۹۸۱) اشاره به محققین زیادی کرده اند که در این موضوع کار نموده اند. از آنجمله می توان به بسنوا و همکاران (۱۹۷۴) و تاتم و همکاران (۱۹۸۳) اشاره نمود.

## ۲ تبدیل های $\tau - p$

یکی از اهداف اولیه تبدیل رکوردهای لرزه ای دو بعدی از حیطه  $t - x$  به حیطه  $\tau - p$  جدا کردن امواج خواسته از امواج ناخواسته همدوس<sup>۱</sup> می باشد (تاتم، ۱۹۸۹) که به روش های مختلف در حیطه  $\tau - p$  صورت می پذیرد. تبدیل  $\tau - p$  معمولاً بعد از برانبارش داده های لرزه ای در رکورد CDP یا CMP صورت می گیرد، ولی جهت کم کردن حجم داده ها به منظور برانبارش می توان آنرا قبل از برانبارش داده ها نیز استفاده نمود (زو و گرین هالک، ۱۹۹۴). تبدیل های  $\tau - p$  به دو دسته اصلی خطی و سهموی تقسیم می گردند که هر دو می توانند بر روی داده های پیوسته و ناپیوسته بکار گرفته شوند.

### ۱.۲ تبدیل $\tau - p$ خطی

اگر یک موج تخت در یک محیط کشتسان همگن با سرعت انتشار موج لرزه ای  $v$  در جهتی که با امتداد قائم زاویه  $i$  می سازد در نظر گرفته شود در یک بازه  $\Delta t$  این موج مسافت  $v \Delta t$  را طی می کند که می تواند مطابق رابطه (۱) و شکل ۱ به مؤلفه های افقی و قائم تجزیه شود (دیبولد و استوفا، ۱۹۸۱).

$$\Delta x = v \Delta t \sin i; \quad \Delta z = v \Delta t \cos i \quad (1)$$

زمان عبور بر حسب مؤلفه های افقی و قائم می تواند به صورت زیر بیان گردد.

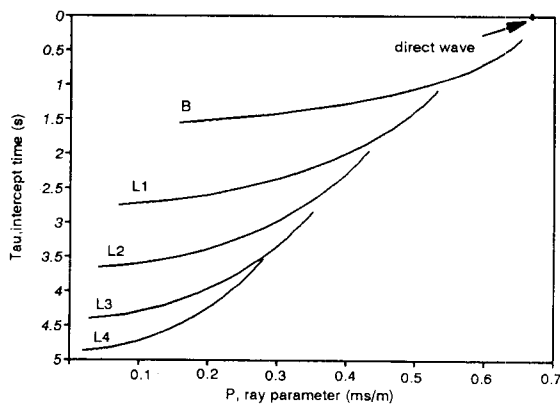
$$\Delta t = p \Delta x + q \Delta z \quad (2)$$

که در آن  $p$  و  $q$  به ترتیب مؤلفه های افقی و قائم کندی<sup>۲</sup> مطابق روابط زیر هستند.

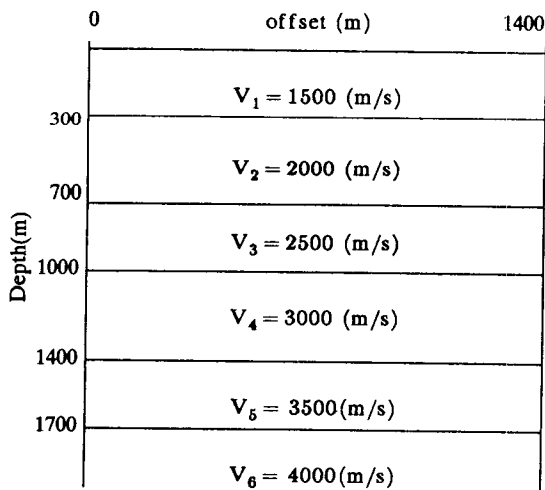
تبدیل  $\tau$ -p خطی شکل ۶ آورده شده است. چنانکه ملاحظه می‌گردد در حیطه  $\tau$ -p خطی بازتابها بصورت قسمتی از بیضی و موج مستقیم و موج هوا بصورت نقطه دیده می‌شوند.

**۲.۲ تبدیل  $\tau$ -p سهموی**

در برداشت‌های نقطه میانی مشترک<sup>۱</sup> (CMP) یا نقطه انفجار مشترک (CSP) بازتابها، چندگانه‌ها و پراشها<sup>۲</sup> به



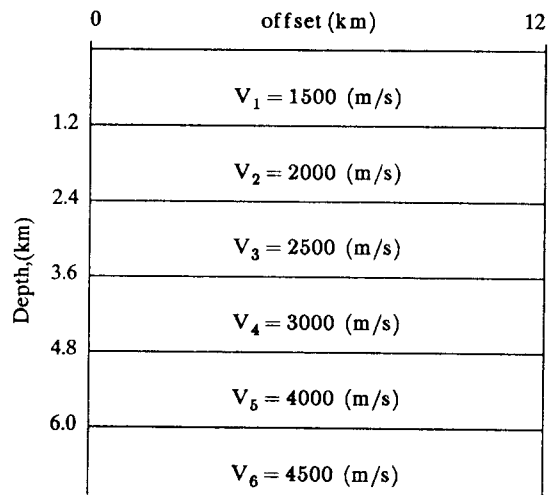
شکل ۴. نمایش تبدیل  $\tau$ -p خطی منحنی‌های زمان رسید و دورافت مندرج در شکل ۳.



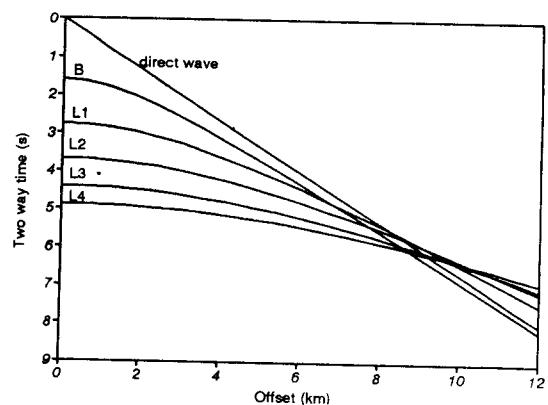
شکل ۵. مدل ۶ لایه افقی با محیط لایه‌ای همسانگرد. لایه اول محیط دریا فرض شده است.

بیضی در حیطه  $\tau$ -p در می‌آید (شکل ۴). محل برخورد بیضی‌ها با یکدیگر زمان رسید و دورافت بازتابها در حالت زاویه بحرانی را نشان می‌دهد.

بررسی موقعیت موج مستقیم و موج هوا و هم‌چنین چندگانه‌ها در حیطه  $\tau$ -p خطی نیز در خور توجه است. برای این بررسی (مطابق شکل ۵) لایه اول آب روی یک نیم فضا در نظر گرفته شده است. شکل ۶ ارتباط بین  $t$  و  $x$  برای موج مستقیم، موج هوا، بازتاب اولیه از کف دریا و بازآوایش تا مرتبه سوم لایه اول مربوط به شکل ۵ را نشان می‌دهد. در شکل ۷



شکل ۲. مدل ۶ لایه افقی با محیط لایه‌ای همسانگرد.

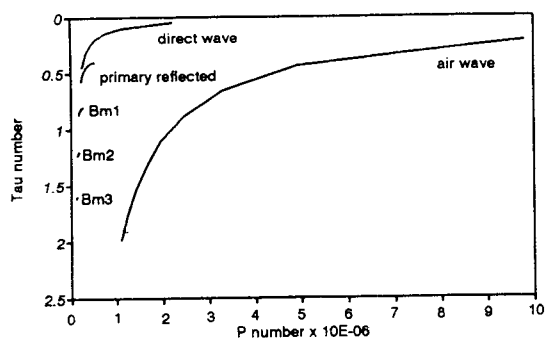


شکل ۳. منحنی‌های بازتاب اولیه حاصل بر مدل ۶ لایه افقی شکل ۲.

تبدیل خطی بکار برده می‌شود از رابطه زیر استفاده می‌شود.

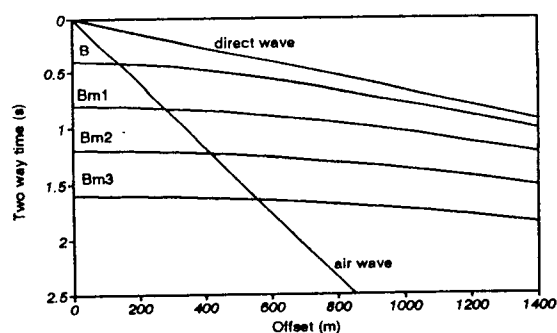
$$\tau = t - px^2 \quad (۸)$$

در اینجا  $p$  دیگر کندی افقی، همانطوریکه در تبدیل  $\tau - p$  خطی تعریف شد نیست. معنی فیزیکی پارامتر  $p$  مربوط به داده‌های ورودی در حیطه  $t - x$  است. اگر داده‌های ورودی تصحیح NMO شده باشند در اینصورت  $p$  دارای بُعد مربع سرعت است (هامپسون، ۱۹۸۶). اگر ورودی بسط  $t^2$  داده شده باشد، در اینصورت  $p$  مربع‌کندی افقی در نظر گرفته می‌شود (ایلماز، ۱۹۸۹). در هر حال تبدیل  $\tau - p$  سهموی مستقیم گرانتر از تبدیل  $\tau - p$  خطی مستقیم است، زیرا تبدیل  $\tau - p$  سهموی وابسته به زمان است (هامپسون، ۱۹۸۶). برای ساخت تبدیل  $\tau - p$  سهموی مستقل از زمان، یک بسط  $t^2$  (ایلماز، ۱۹۸۹) یا تصحیح NMO روی داده‌های لرزه‌ای جهت هذلولی کردن داده‌ها اجرا می‌شود. سپس یک تبدیل  $\tau - p$  سهموی جهت بسط  $t^2$  یا تصحیح NMO روی مجموعه داده‌ها بکار می‌رود و یک مقطع کانونی شده بهتر می‌تواند برای تضعیف نوفه‌های هم‌دوس بکار برده شود. شکل ۸ تبدیل سهموی شکل ۶ (قبل از تصحیح پرونراند نرمال، NMO) را نشان می‌دهد. شکل ۹ حاصل انجام تصحیح NMO بر روی شکل ۶ می‌باشد و تبدیل  $\tau - p$  سهموی شکل ۹ مطابق شکل ۱۰ می‌باشد.

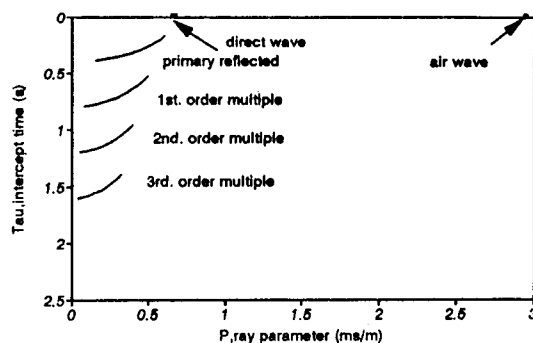


شکل ۸. تبدیل  $\tau - p$  سهموی مدل متشکل از یک لایه آب روی یک نیم فضا که موج مستقیم، موج هوا، بازتاب اولیه از کف دریا و چندگانه‌ها تا مرتبه سوم آن در شکل ۶ ترسیم شده‌اند.

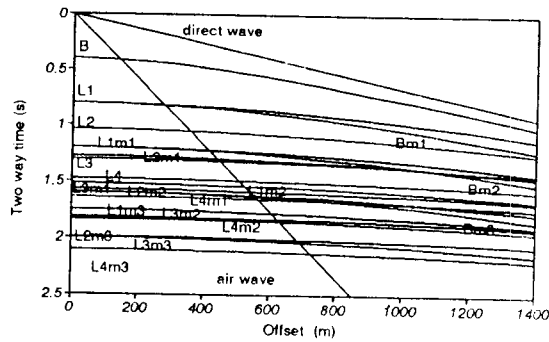
صورت هذلولی هستند در حالیکه در حیطه  $\tau - p$  خطی بصورت رویدادهای بیضی در می‌آیند. این نوع تبدیل کمک زیادی به تضعیف چندگانه‌ها و جداسازی امواج  $p$  و  $s$  نمی‌کند. بجای تبدیل  $\tau - p$  خطی، تبدیل  $\tau - p$  سهموی می‌تواند طراحی شود که رویدادهای هذلولی را از حیطه  $t - x$  به نقاطی در حیطه  $\tau - p$  تبدیل نماید. درست به همان طریقی که تبدیل  $\tau - p$  خطی رویدادهای خطی را به نقاط تبدیل می‌کند. اینگونه تمرکز انرژی، قدرت تفکیک داده‌های لرزه‌ای را در جداسازی رویدادها بهبود می‌بخشد. بویژه چندگانه‌ها می‌توانند بسیار ساده‌تر از امواج خواسته مورد نظر جدا شوند. برای بالا بردن قدرت تفکیک بجای  $\tau = t - px^2$  که در



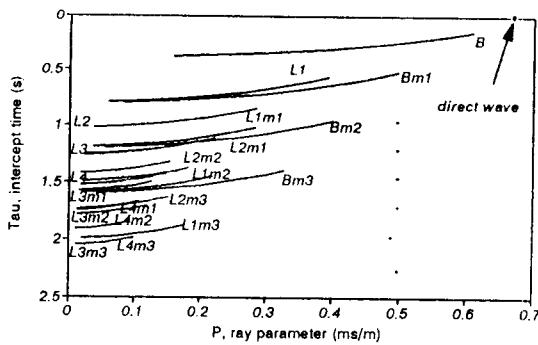
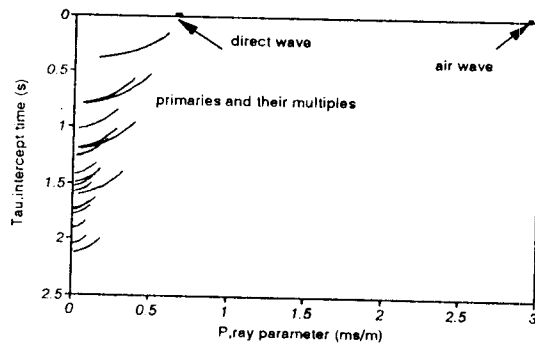
شکل ۶. ارتباط بین  $t$  و  $x$  برای موج مستقیم و موج هوا، بازتاب اولیه از کف دریا و چندگانه‌ها در محیط دریا در مورد لایه اول شکل ۵.



شکل ۷. نمایش تبدیل  $\tau - p$  خطی شکل ۶. چنانچه ملاحظه می‌شود بازتابها به قسمتی از بیضی، موج مستقیم و موج هوا به نقطه تبدیل گردیده‌اند.



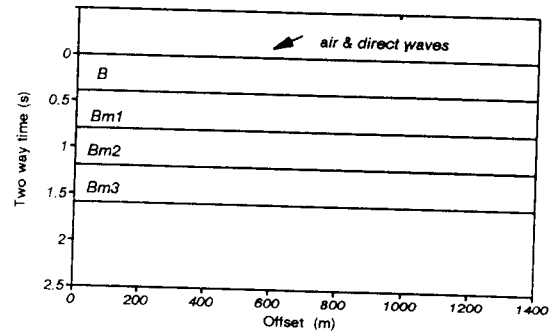
شکل ۱۱. ارتباط بین  $t$  و  $x$  برای موج مستقیم، موج هوا، بازتابهای اولیه و چندگانه‌های بازآوایش تا مرتبه سوم بر روی مدل ۶ لایه افقی شکل ۵. در این شکل  $B$  بازتاب از ته دریا،  $L_1$ ،  $L_2$ ،  $L_3$  و  $L_4$  به ترتیب بازتاب از لایه‌های اول تا چهارم زیر محیط آب و پسوندهای  $m_1$ ،  $m_2$  و  $m_4$  بیانگر چندگانه‌های باز آوایش مرتبه اول تا سوم از سطح مشترک لایه‌های مختلف هستند.



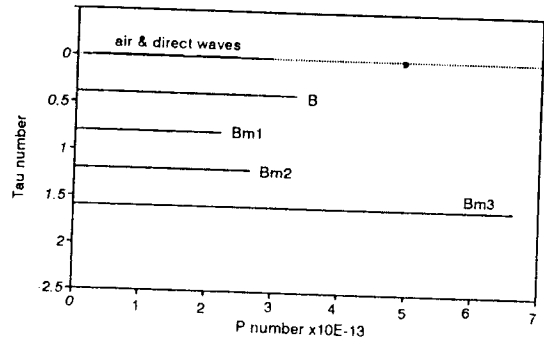
شکل ۱۲. تبدیل  $\tau$ - $p$  خطی شکل ۱۱ با دو مقیاس افقی مختلف، (الف) حاوی موج مستقیم، موج هوا، بازتابها و چندگانه‌های بازآوایش و (ب) بدون امواج مستقیم و هوا و با بزرگنمایی افقی بیشتر نسبت به حالت (الف) برای بهتر نشان دادن موقعیت بازتابها و چندگانه‌های بازآوایش.

۳ مدل سازی

چند نرم افزار برای انجام تبدیل  $\tau$ - $p$  خطی، تبدیل  $\tau$ - $p$  سهموی قبل از تصحیح NMO و تبدیل  $\tau$ - $p$  سهموی بعد از تصحیح NMO بمنظور بررسی تضعیف یا حذف بازآوایش‌ها در عملیات لرزه‌ای بازتابی توسط متفکر فرد (۱۳۷۶) طراحی و کارآئی آنها در این مقاله بر روی مدل‌های متشکل از لایه‌های افقی مورد بررسی قرار گرفته است. شکل ۱۱ ارتباط بین  $t$  و  $x$  برای موج مستقیم، موج هوا، بازتابهای اولیه و چندگانه‌های بازآوایش تا مرتبه سوم بر روی یک مدل ۶ لایه افقی مندرج در شکل ۵ را نشان می‌دهد. لایه اول محیط دریا فرض شده است. تبدیل  $\tau$ - $p$  خطی شکل ۱۱ با دو مقیاس افقی مختلف در شکل ۱۲ آورده شده است. در این شکل دیده می‌شود که بازتابها و چندگانه‌های بازآوایش در محدوده‌هایی دارای هم‌پوشی هستند. شکل ۱۳ تبدیل  $\tau$ - $p$  سهموی شکل ۱۱ را نشان می‌دهد. به منظور بهتر نشان دادن موقعیت موج مستقیم، موج



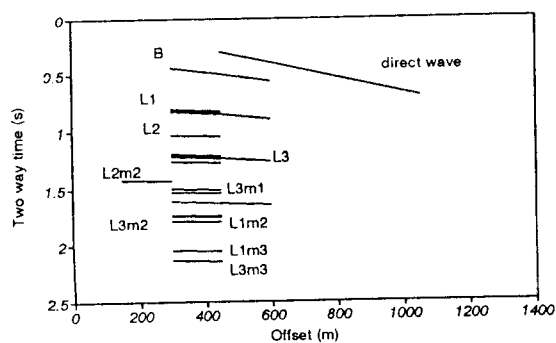
شکل ۹. تصحیح برونراند نرمال شکل ۶.



شکل ۱۰. تبدیل سهموی شکل ۹.

بصورت هذلولی است در تبدیل  $\tau$ -p خطی بصورت قسمتی از بیضی در می آید. مشاهده می گردد در تبدیل  $\tau$ -p خطی بازتابهای اولیه از هر سطح مشترک نسبت به چندگانه های حاصل از آن سطح یا بازآوایش مربوطه زودتر دریافت و لذا نوعی جداسازی نسبت به زمان رسید و کندی ها بدست می آید. یکی از معروفترین فیلترها جهت تضعیف بازآوایشها و دیگر چندگانهها در حیطه  $\tau$ -p خطی فیلتر HV است که توسط نوپانن و کینی (۱۹۸۶) و میشل و کلامیس (۱۹۹۰) بکار برده شده است. شکل ۱۴ نتیجه به کارگیری فیلتر HV بر داده های شکل ۱۲ و انجام تبدیل معکوس  $\tau$ -p خطی به  $t$ -x نشان می دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می شود. موج مستقیم و برخی از چندگانهها در مقطع  $t$ -x حضور دارند و کامل حذف نشده اند.

در این مقاله، یک فیلتر جدید به نام L-filter ارائه شده است که در حیطه  $\tau$ -p سهموی پس از تصحیح NMO بکار برده می شود. اساس کار این فیلتر انتخاب مناسب یک کریدوری است که محدوده های آن در حیطه  $\tau$ -p سهموی پس از تصحیح NMO خطی است و فقط بازتابهای اولیه را در بر دارد. از آنجا که همواره اولین رسیدهها نسبت به چندگانهها در روی داده های مذکور دارای  $\tau$  کمتر و  $p$  بیشتر هستند بدست آوردن چنین کریدوری میسر می باشد. شکل ۱۵ تبدیل  $\tau$ -p سهموی پس از تصحیح NMO داده های مندرج در شکل ۱۱ و

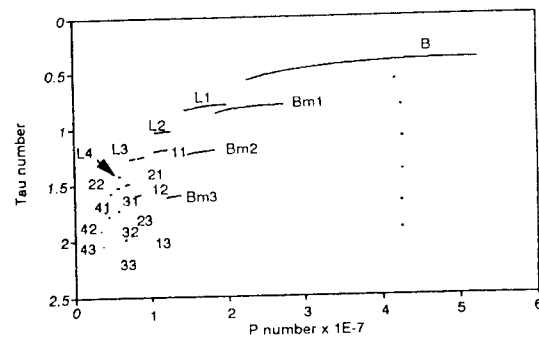
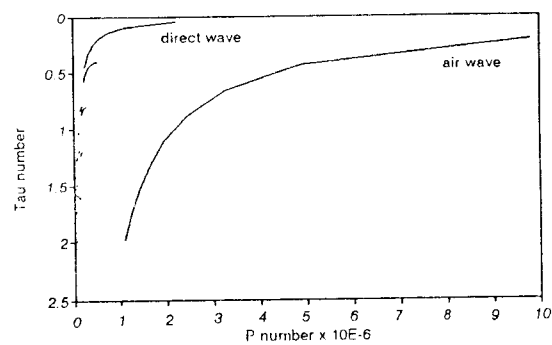


شکل ۱۴. نمایش  $t$ -x داده های شکل ۱۲ پس از اعمال فیلتر HV و تبدیل  $\tau$ -p خطی معکوس. مشاهده می شود که امواج مستقیم و هوا و برخی از بازآوایشها بطور کامل حذف نشده اند.

هوا، بازتابها و بازآوایشها شکل ۱۳ نیز مانند شکل ۱۲ با دو مقیاس افقی مختلف ترسیم شده است. چگونگی تفکیک دادهها در این دو نوع تبدیل بخوبی مشاهده می گردد. در تبدیل  $\tau$ -p سهموی جداسازی بازتابها از بازآوایشها بیشتر از تبدیل  $\tau$ -p خطی است.

#### ۴ تضعیف یا حذف نمودن چندگانه های بازآوایش

رویدادهای لرزه ای که تغییرات زمان رسید با دورافت آنها دارای شیب ثابت می باشند (کندی ثابت) مانند موج هوا، امواج سطحی و امواج مستقیم و شکسته مرزی در تبدیل  $\tau$ -p خطی هر یک به یک نقطه تبدیل می شوند. لذا اینگونه امواج در این حیطه قابل شناسائی و حذف شدن می باشند. در مقابل رویدادهای لرزه ای که تغییرات زمان رسید با دورافت آنها



شکل ۱۳. تبدیل  $\tau$ -p سهموی شکل ۱۱ با دو مقیاس افقی مختلف، (الف) حاوی امواج مستقیم و هوا، بازتابها و چندگانه های بازآوایش و (ب) بدون موج مستقیم و موج هوا با بزرگنمایی محور افقی بیشتر نسبت به حالت (الف) برای بهتر نشان دادن موقعیت بازتابها و چندگانه های بازآوایش.

اطلاعات مربوط به سطح مشترک لایه‌ها از دست رفته است که با تغییر مختصات کریدور اعمال شده تا اندازه‌ای قابل اصلاح است که بستگی به هدف مورد نظر در فیلتر نمودن و میزان دقت مورد نظر دارد.

### ۵ نتیجه‌گیری

با ایجاد داده‌های لرزه‌ای مصنوعی بر روی دو مدل ۶ لایه افقی نتایج به دست آمده جهت هر یک از تبدیل‌های  $\tau$ -p خطی و سهموی به تفکیک به شرح زیر می‌باشند.  
الف) رویدادهای خط مستقیم (مانند امواج مستقیم، امواج صوتی در هوا) در حیطه  $t$ -x تبدیل به نقاط در حیطه  $\tau$ -p خطی می‌شوند.

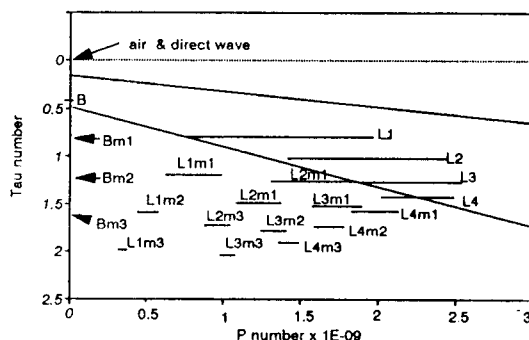
ب) در حیطه  $\tau$ -p خطی مؤلفه افقی کندی (p) بین صفر و مقدار بیشینه‌ای مانند  $p_{max}$  و زمان برخوردگاه ( $\tau$ ) نیز بین صفر و  $\tau_{max}$  محدود شده‌اند. لذا یک مجموعه هندسی معلوم از داده‌ها فراهم می‌شود.

ج) در تبدیل  $\tau$ -p سهموی رویدادهای هذلولی به نقاط تبدیل می‌شوند. اینگونه تمرکز انرژی قدرت جداسازی امواج خواسته از ناخواسته را بهبود می‌بخشد.

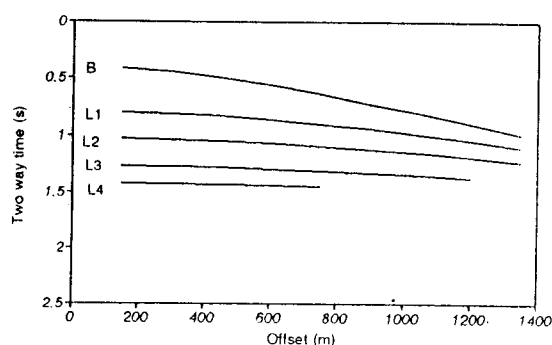
د) بسا بکارگیری فیلتر HV در حیطه  $\tau$ -p خطی می‌توان بازآوایش‌ها را تضعیف نمود ولی نمی‌توان آنها را حذف کرد. البته ضرورت دارد قبل از بکارگیری این فیلتر امواج مستقیم و امواج هوا را از طرق دیگر حذف نمود.

ه) فیلتر پیشنهادی در این مقاله، L-filter، در مرحله تبدیل

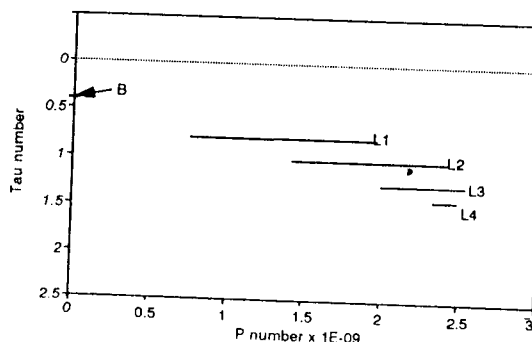
محدوده کریدور خطی را نشان می‌دهد. شکل ۱۶ اعمال L-filter بر داده‌های شکل ۱۵ می‌باشد. ملاحظه می‌گردد چگونه با انتخاب مناسب این فیلتر فقط بازتابهای اولیه حفظ و بقیه امواج ناخواسته از بین رفته‌اند. بدین طریق حذف کامل امواج مستقیم و هوا و بازآوایش‌ها در حیطه  $\tau$ -p سهموی صورت می‌پذیرد. با انجام تبدیل معکوس  $\tau$ -p سهموی رویدادهای شکل ۱۶ به صورت شکل ۱۷ در حیطه  $t$ -x حاصل می‌شوند. در این روش نیاز به پردازش اولیه‌ای جهت حذف امواج مستقیم و هوا وجود ندارد و این امواج هم به همراه کلیه چندگانه‌ها و بازآوایش‌ها حذف شده‌اند. البته قسمتی از



شکل ۱۵. تبدیل  $\tau$ -p سهموی پس از تصحیح NMO داده‌های مندرج در شکل ۱۱ و محدوده کریدور خطی برای اعمال L-filter.



شکل ۱۷. تبدیل  $t$ -x داده‌های مندرج در شکل ۱۶ پس از بکارگیری تبدیل  $\tau$ -p سهموی معکوس.



شکل ۱۶. نتیجه بکارگیری L-filter بر داده‌های مندرج در شکل ۱۵. مشاهده می‌شود که امواج مستقیم و هوا و کلیه بازآوایش‌ها بطور کامل حذف شده‌اند.

- 619-625.
- Neoponen, I., and Keeney, J., 1986, Attenuation of waterborne coherent noise by application of hyperbolic velocity filtering during the tau-p transform: *Geophysics*, 51, 20-33.
- Stoffa P.L., Buhl, P., Diebold, J.B., and Wenzel, F., 1981, Direct mapping of seismic data to the domain of intercept time and ray parameter- a plane-wave decomposition: *Geophysics*, 46, 255-267.
- Tatham, R., Keeney, J., and Neoponen, I., 1983, Application of the tau-p transform (slant stack) in processing seismic reflection data: *Bull. Austral. Soc. Explor. Geophysic.*, 14, 163-172.
- Yilmaz, O., 1989, Velocity stack processing: *Geophys. Prosp.*, 37, 357-382.
- Zhou, B., and Greenhalgh, S.A., 1994, Linear and parabolic  $\tau - p$  transforms revisited: *Geophysics*, 59, 1133-1149.
- متفکر فرد، ر.، ۱۳۷۶، تبدیل‌های  $\tau - p$  و کاربرد آنها در تضعیف بازتابهای تکراری داده‌های لرزه‌ای در شرایط دریایی، پایان نامه کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.
- $\tau - p$  سهموی بر روی داده‌های تصحیح برونراند نرمال شده با انتخاب کریدوری خطی می‌توان داده‌های مطلوب را حفظ و کلیه رویدادهای ناخواسته را حذف نمود. کاربرد این فیلتر نتیجه مفیدی در بر داشته است.
- و) در L-filter نیاز به پردازش اولیه جهت حذف امواج مستقیم و هوا نیست.
- ز) پارامترهایی که در حیطه‌های  $\tau - p$  خطی و سهموی لازم است در انتخاب آنها دقت شود عبارتند از: نوع فیلتر و محدوده مناسب پنجره فیلتر مورد نظر.
- منابع
- Bessonova, E.N., Fishman, V.M., Ryaboyi, V.Z., and Sitnikova, G.A., 1974, The tau method for inversion of traveltimes -I. Deep seismic sounding data: *Geophysics J. Roy. Ast. Soc.*, 36, 377-398.
- Diebold, J.B., and Stoffa, P.L., 1981, The traveltime equation, tau-p mapping, and inversion of common midpoint data : *Geophysics*, 46, 238-254.
- Hampson, D., 1986, Inverse velocity stacking for multiple elimination: *J. Can. Soc. Expt. Geophysics*, 22, 44-55.
- Mitchell A.R., and Kelamis, P.G., 1990, Efficient tau-p hyperbolic velocity filtering : *Geophysics*, 55,