# مقایسه روش‌های بین‌سازی موج تبدیلی با استفاده از یک مدل مصنوعی

سید محسن صالحی[1]، مهندس جواد جمالی[2] و دکتر مجید نبی بیدهندی[3]

**چکیده**

روش‌های مختلف بین‌سازی موج تبدیلی (CMP, asymptotic CCP, Depth-variant CCP, PSV DMO)، بر روی یک گروه از مجموعه داده‌های لرزه‌ای PSV بکار گرفته شده است. همچنین نتیجه معکوس کردن پلاریته در گسترش دنباله‌دار نیز مطرح شده است. در پایان نتیجه‌گیری شد که بین‌سازی در عمق‌های متغیر و برونراند شیب PSV بهترین نتایج را دارند. بین‌سازی نقطه تبدیلی مشترک Asymptotic و گسترش دنباله‌دار نسبت به بین‌سازی نقطه میانی مشترک بدون پلاریته معکوس بهتر است، در حالیکه نسبت به بین‌سازی نقطه تبدیلی مشترک در عمق‌های متغیر و برونراند شیب PSV سریع‌تر است.

**کلید واژه ها:** بین، موج تبدیلی، نقطه تبدیل مشترک، تصحیح برونراند نرمال، برونراند شیب.

# A comparison of converted-wave binning methods using a synthetic model

**Seyed Mohsen Salehi, Javad Jamali and Dr . Majid Nabi-Bidhendi**

## Abstract

Various converted-wave binning methods (CMP, asymptotic CCP, depth variant CCP, and PSV DMO) were applied to a synthetic PSV seismic data set. The effect of reversing the polarity of the trailing spread is also considered. It is found that depth-variant CCP binning and PSV DMO give the best results. Asymptotic CCP binning, with reversal of the trailing spread, is better than CMP binning with no polarity reversals, while being quicker than depth-variant CCP binning and PSV DMO.

**Keywords:** bin, converted-wave, common converted point (CCP), NMO correction, dip move out(DMO).

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

[2] کارشناس ارشد مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران

[3] عضو هیئت علمی مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

Archive of SID

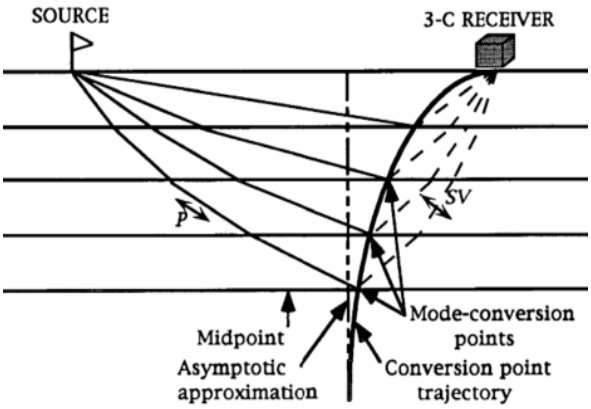
www.SID.ir

## مقدمه

در ابتدا پروژه‌های لرزه‌نگاری، یک فولد تنها را شامل می‌شدند، که نقطه بازتاب در عمق قرار داشت و فقط یک پرتو این نقطه را قطع می‌کرد. بعد از آن برای افزایش نسبت سیگنال به نویز از چند برابر داده استفاده کردند که از سال ۱۹۵٦ شروع شد (Mayne, 1956). مزایای استفاده از چند برابر داده این است که وقتی چندین تریس باهم ترکیب و تبدیل به یک تریس می‌شوند، نویزهای اتفاقی زیادی تضعیف می‌شوند. حال برای اینکه تریس-های تصحیح شده را باهم ترکیب کنیم لازم است آنها را بر اساس نقطه میانی مشترک (CMP) دسته‌بندی کنیم. یک CMP محل بازتاب‌های چند موج لرزه‌ای در عمق است. تریس‌ها در مکان‌های CMP، در حقیقت در محدوده اطراف این مکان‌ها، فرود می‌آیند و معمولاً نصف فاصله گروه چشمه – گیرنده می‌باشد. محدوده این محل-های CMP به عنوان یک CMP bin مطرح شده و تریس‌های وارد شده به این بین یک گروه CMP را تشکیل می‌دهند. این گروه بعد از تصحیح NMO و استک شدن، مطابق یک CMP واقع شده روی مقطع لـرزه‌ای چندتـایی، به یک تریس تبدیل می‌شود.

روش CMP bin و استـک کردن بـرای داده‌هـای موج P عملکرد خوبی دارد. با توجه به مزیتهای جدید داده‌های PSV ، لازم است در خصوص مکان صحیح CMP bin تجدید نظر کرد.

نقطه بازتاب برای داده لرزه‌ای PP، با توجه به اینکه پرتوهای فرودی و بازتابی متقارن هستند، در نقطه میانی قرار دارد که نصف فاصله میان چشمه و گیرنده است (شکل۱). بنابراین دسته بندی داده‌های موج P از مکان-های چشمه و گیرنده نسبت به نقاط واقعی بازتاب یک موضوع ساده از تقسیم بندی با دو دورافت چشمه-گیرنده می‌باشد. از آنجائیکه مسافت موج P فرودی دو برابر مسافت موج S بازتابی می‌باشد، پرتوهای فرودی و بازگشتی برای داده‌های موج تبدیلی متقارن نیستند. بنابراین بر اساس قانون اسنل، پرتو بازگشتی نسبت به حالت نرمال خمش پیدا می‌کند و از پرتوهای فرودی کوتاه‌تر می‌شود (شکل۱). این دورافت‌های نقاط تبدیل مد، در سمت نقطه میانی به طرف مکان گیرنده می‌باشند. علاوه بر این، محل این نقاط تبدیل متغیر با عمق، تقریباً بعد از $\frac{2}{3}$ مسافت چشمه تا گیرنده بعد از asymptotic قرار دارد، فرض کنید نسبت Vp/Vs نزدیـک محـل گیرنـده و در عمق‌هـای کم تقریبـاً برابـر ۲ است.




**شکل ۱: نمودار شماتیک نشان دهنده خط سیر نقاط تبدیل، تقریب asymptotic و پرتوهای موج تبدیل**

## مجموعه داده‌ها

مجموعه داده استفاده شده برای این آنالیز یک مجموعـه داده بـازتـابی لـرزه‌ای تـرکیب PSV می‌باشد.

برداشت و پردازش:

برداشت در این مدل با یک نرم افزار مدلسازی UNISEIS با نشان اختصاصی RT انجام می‌شود. ابتدا نمونه به صورت دستی وارد UNISEIS می شود، بنابراین ترسیم پرتو تنها برای تبدیل به SV در سطح مشترک مجاز است. روش ترسیم پرتو از ضرایب Knott-Zoeprittz استفاده می‌کند و برای دامنه‌های مختلف به عنوان تابعی از برخورد زاویه‌ای تهیه شده است. نتیجه، سری ضرایب بازتاب است که با موجک Ricker با فرکانس میانی حداکثر ۲۰ Hz، کانوالو شده و داده بازتابی لرزه‌ای ترکیبی PSV تولید می‌کند. برای پردازش داده‌ها ابتدا داده، برای انتقال به ایستگاه روی نوار

Archive of SID

www.SID.ir

نوشته می‌شود. سپس داده‌ها برای استفاده در نرم افزار IT&A، از فرمت SEGY به فرمت ITA's INSIGHT تبدیل می‌شوند. یک مرتبه هدرها را که شامل هندسه برداشت، پردازش‌های متعاقب قابل انجام مانند بین‌سازی CCP، دسته‌بندی، کاربرد NMO و استک کردن می‌باشند را تنظیم می‌کنند.

بیشتر مراحل پردازش PSV شبیه مراحل پردازش pp است، بنابراین می‌توان از نرم‌افزار یکسان استفاده کرد. اگرچه به علت پرتوهای نامتقارن باید برای CCP binning برنامه‌های جدید نوشت. همچنین PSV DMO شبیه PP DMO نیست و باید برنامه جدید نوشته شود(Harrison, 1990). علاوه بر این، ماهیت غیر هذلولی منحنی برونراند PSV برای بکار بردن، مستلزم یک تصحیح NMO می باشد، اما از آنجا که برای دورافت‌های متوسط، خطای بین منحنی‌های برونراند PP و PSV جزئی هست، تصحیح NMO معمولی PP را می‌توان برای تصحیح برونراند PSV بکار برد. از آنجا که پلاریته گسترش trailing عکس پلاریته گسترش leading است، لازم است که پلاریته گسترش trailing را برای داده‌های PSV معکوس کرد. از آنجا که این داده-ها ترکیبی هستند، دیکانوولوشن و یا هر تصحیح ایستا که تا حدودی پردازش را ساده می‌کنند نیاز نیست. داده ها براحتی برای ژئومتری، دسته‌بندی و بر اساس مکان‌های CCP تصحیح می‌شوند، پلاریته گسترش trailing معکوس هست، گروه‌های CCP، تصحیح NMO ، میوت و استک می‌شوند. در پایان برای نمایش دادن هدف‌ها از یک تقویت AGC استفاده می‌کنند.

## تئوری بین‌سازی

### - تقریب Asymptotic

یک تلاش ابتدائی در بین‌سازی موج تبدیلی، استفاده از مقدار Asymptotic در منحنی نقاط تبدیل می‌باشد. این مقدار از منحنی به اندازه کافی در عمق مناسب بزرگ است، بطوریکه می‌توان فرض کرد نسبت دورافت – عمق نزدیک صفر است. شکل کلی تصحیح Asymptotic به صورت زیر است:

$$Xp = X / (1+ Vs/ Vp)$$

که Xp دورافت از چشمه تا نقطه تبدیل و X کل دورافت چشمه – گیرنده و Vs/ Vp نسبت سرعت موج عرضی به سرعت موج طولی در منطقه می باشد. مزایای این روش این است که عمق متفاوت نیست و بنابراین برای هر جفت چشمه و گیرنده تنها یک محاسبه ساده برای ساختن Bin درون مکانهای صحیح زیر سطح لازم می‌باشد. نکته مهم در طراحی سه بعدی با امواج تبدیلی چگونگی در Bin قرار گرفتن داده‌هایی است که نقاط بازتاب آنها در موقعیت‌های نقاط میانی مشترک قرار نمی‌گیرد. در این ارتباط راه حل‌های متعددی عرضه شده است. محاسبات فولد و در Bin قرار دادن داده‌ها در طی پردازش مبتنی بر اندازه Bin می‌باشند که بر اساس رابطه Lawton (1993) تعریف شده است:

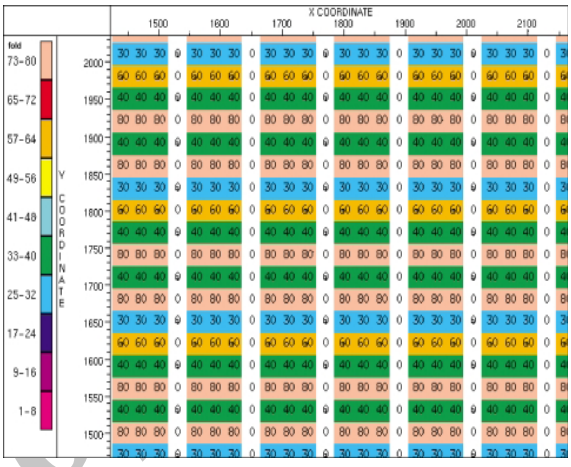
$$B = RI / (1+ Vs/ Vp)$$

که RI فاصله ایستگاه‌های گیرنده است. روابط بالا بر اساس مفهوم نقطه تبدیلی asymptotic می باشد (شکل ۱) و نه بر اساس تهیه نقشه مبتنی بر تغییرات عمق نقطه تبدیلی مشترک که از پیچیدگی بیشتری برخوردار است. اگر چه برای تعیین اندازه Bin باید نسبت Vp/Vs معلوم باشد ولی دانستن نسبت سرعت، قبل از انجام برداشت داده‌ها ضروری نیست. زیرا نتایج حاصل از پردازش اولیه نسبت مذکور را ایجاد خواهدکرد. Vp/Vs بزرگتر از یک بوده و معمولاً ارزشی در حدود ۲ دارد. در نتیجه اندازه Bin مبتنی بر موج تبدیلی همیشه از CMP Bin استاندارد سه بعدی بزرگتر خواهد بود. نسبت Vp/Vs معادل یک باعث بدست آمدن اندازه Bin معمولی برابر با نصف فاصله ایستگاه‌های گیرنده خواهد شد. چنانچه اندازه Bin برای نقطه تبدیلی مشترک به منظور بازتاب موقعیت این نقطه تبدیلی تغییر داده نشود در آن صورت نقشه توزیع فولد مبتنی بر نقطه تبدیلی مشترک دارای

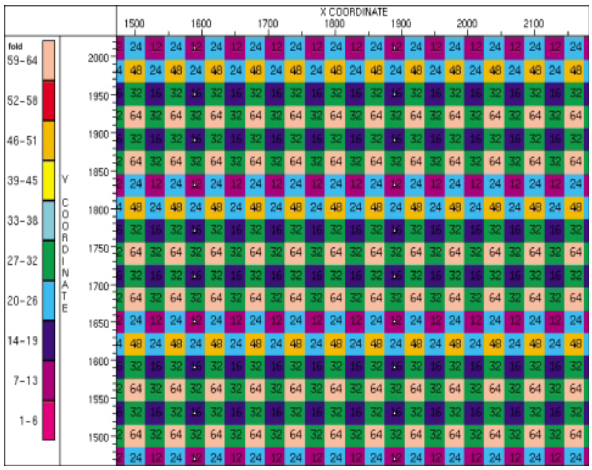
Archive of SID

www.SID.ir

ظاهری راه‌راه و احتمالاً حاوی مناطق فاقد اطلاعات خواهد بود (شکل ۲a). برای کاهش پدیده راه‌راه شدن می‌توان نسبت فواصل خطوط چشمه به فواصل خطوط گیرنده را طوری انتخاب کرد که یک عدد صحیح فرد باشد. علاوه بر این، هنگام افزایش اندازه Bin به صورتی که در بالا توضیح داده شد نقشه فولد یکنواخت تر و یکدست خواهد شد (شکل ۲b).




**شکل ۲a: نمودار توزیع فولد برای موج S تبدیلی ترکیب شده با Bins منظم**




**شکل ۲b: نمودار توزیع فولد برای موج S تبدیلی ترکیب شده با Bins بزرگ**

**- نقطه تبدیلی مشترک عمق - متغیر**

برای پیشرفت سریع و آسان در روش Asymptotic ، لازم است که برای انحراف عمق منحنی نقاط تبدیل، گزارش تهیه کنیم. Tessmer و Behle (1988) نشان دادند که اختلاف ، D ، میان Xp و نقطه میانی چشمه - گیرنده با یک چند جمله ای درجه ٤ بیان می شود:

$$D4 + (Z2 - X2)D2Z2kXD + 1/16 (X4+4X2Z2) = 0$$

که Z ضخامت لایه، X دورافت چشمه-گیرنده و $k = (1+ Vs/ Vp) / (1- Vs/ Vp)$ می باشد.

چهار روش حل برای این معادله وجود دارد، که تنها دوتا واقعی هستند و برای این راه‌های صحیح باید $D \leq X/2$ باشد. راه‌حل فرمول تک لایه استفاده می‌شود تا هر نقطه نمونه برداری شده در عمق که مکان نقطه تبدیلش درست است را تغییر دهد.

**- برونراند شیب (Dip Move Out):**

این روش بین‌سازی نقطه تبدیل مشترک ( CCP binning) برای لایه‌های تخت و متقارن خوب عمل می-کند. اگر چه این روش برای حالت PP معروف است، همین یک‌بار برای لایه‌های شیب دار که داده‌های آلوده یا پراکنده درون یک گروه نقطه میانی مشترک قرار دارند، بعد از اینکه نقاط بازتاب برای داده‌های یک سطح مشترک شیب دار بطرف نقطه میانی جابجا شدند، مطرح می‌شود. پراکندگی درون یک گروه نقطه میانی مشترک باعث افزایش سرعت ظاهری لازم برای افقی کردن درست رخدادهای شیب‌دار می شود، بنابراین داده‌های شیب‌دار با استک کردن تضعیف می‌شوند. برای اجتناب از این مشکل، برای قرار گرفتن بازتاب در محل درست برای داده‌های شیب‌دار، از برونراند شیب استفاده می‌شود. برای حالت PP ، استفاده از این روش موفقیت آمیز بوده است. PP DMO توسط Harrison (1990) برای استفاده حالت PSV توسعه یافته است. مطالعات برای پراکندگی PSV، سرعت ظاهری PSV و عامل DMO سرعت ثابت PSV، نسبت به حالت PP خیلی پیچیده هستند. این روش وجود یک الگوریتم، که ابتدا برای هر تریس ورودی در عامل DMO زمان - دامنه ایجاد می‌شود را به طور مختصر بیان می‌کند، سپس عامل‌ها با

Archive of SID

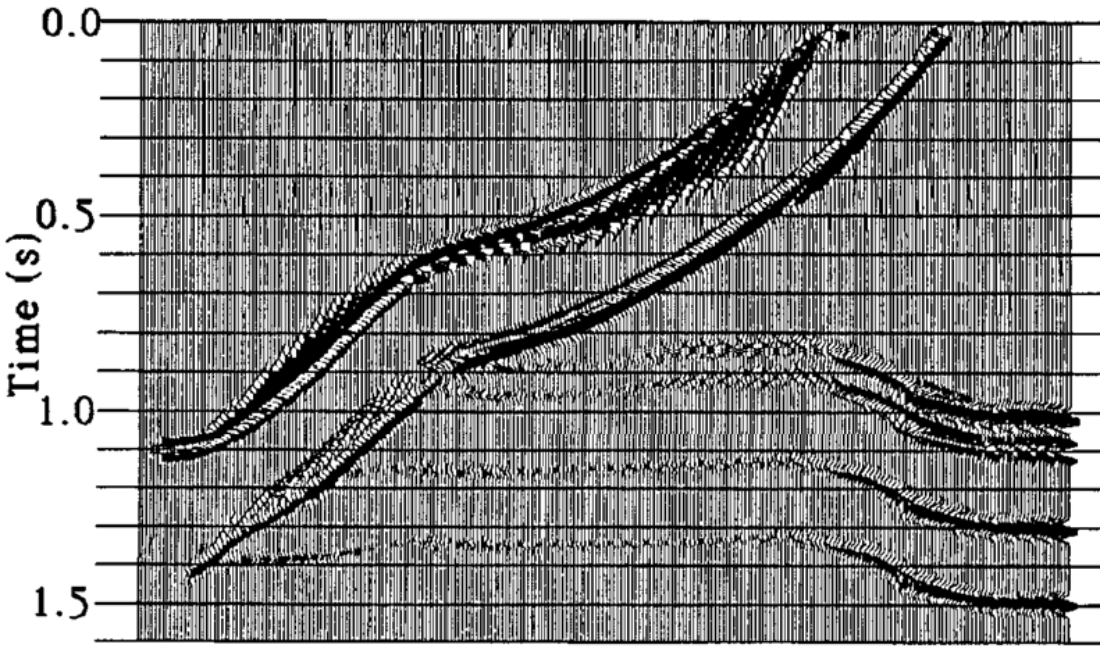
www.SID.ir

هم جمع می‌شوند تا سرانجام نتیجه DMO را بدهند، مانند شیوه جمع انتگرال برای PP DMO (Deregowski, 1985).

## نتایج:

نتیجه اعمال دسته‌بندی نقطه میانی مشترک روی داده‌های PSV ، بدون وارون سازی پلاریته در گسترش trailing در شکل ۳a نشان داده شده است. رفتار داده‌های PP وPSV یکسان هست، چون داده PP در نقطه میانی مشترک دسته‌بندی می‌شود و به وارون سازی پلاریته نیازی ندارد. توجه کنید که افق‌ها به علت پراکندگی تریس‌ها در CMP بین‌ها تیز نیستند و رخدادها هم ناپیوسته‌اند. بنابراین پلاریته در گسترش trailing برای داده های دسته‌بندی CMP معکوس می‌شود (شکل ۳b). این نتایج مقدار کمی پیوستگی بازتابنده‌های عمیق‌تر را بهتر می‌کند، اما پراکندگی تریس‌ها در CMP بین‌ها هنوز آشکار است، بویژه در مقطع های در عمق کمتر. استفاده از بین‌سازی Asymptotic CCP به برطرف کردن برخی از پراکندگی‌ها در بین‌های CCP کمک می‌کند (شکل٤a) و نهایتاً وارون کردن پلاریته در گسترش trailing پیوستگی را در سرتاسر بازتابنده‌ها بهبود می‌بخشد (شکل٤b). هرچند که تعدادی تریس خام به علت توزیع نامرتب تریس‌ها دربین‌های Asymptotic CCP وجود دارد( Eaton and Lawton, 1990).

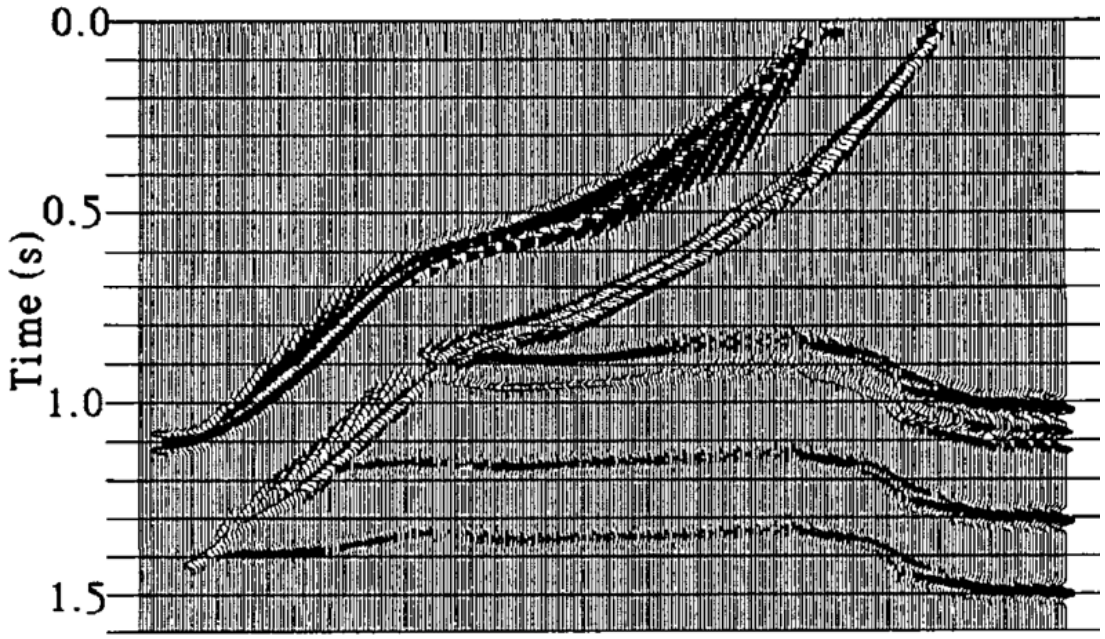
نهایتاً استفاده از بین‌سازی CCP عمق – متغیر (شکل ۵) و DMP (شکل ٦) بـه رفع پراکندگی مکان‌های CCP کمک می‌کند و پیوستگی بازتابنده ها را خیلی زیاد بهبود می‌بخشد. هرچند این دو روش حدوداً ۳۰ دقیقه برای اجرا وقت می‌گیرد، در صورتیکه Asymptotic CCP binning یا CMP binning تنها ۵ دقیقه وقت می‌گیرد.




a)

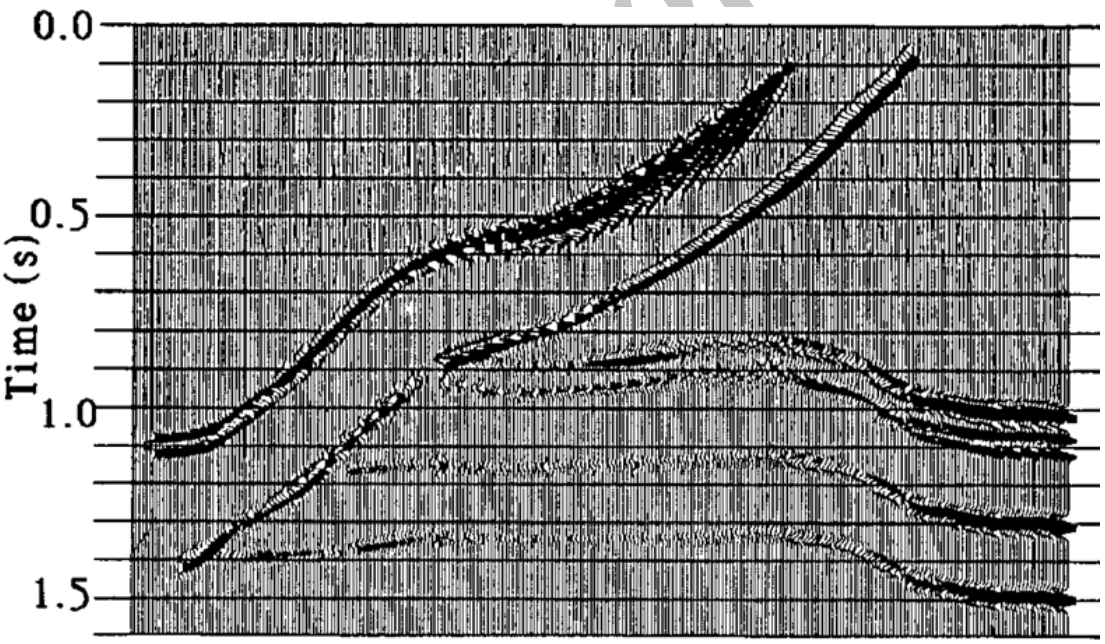
of SID

www.SID.ir



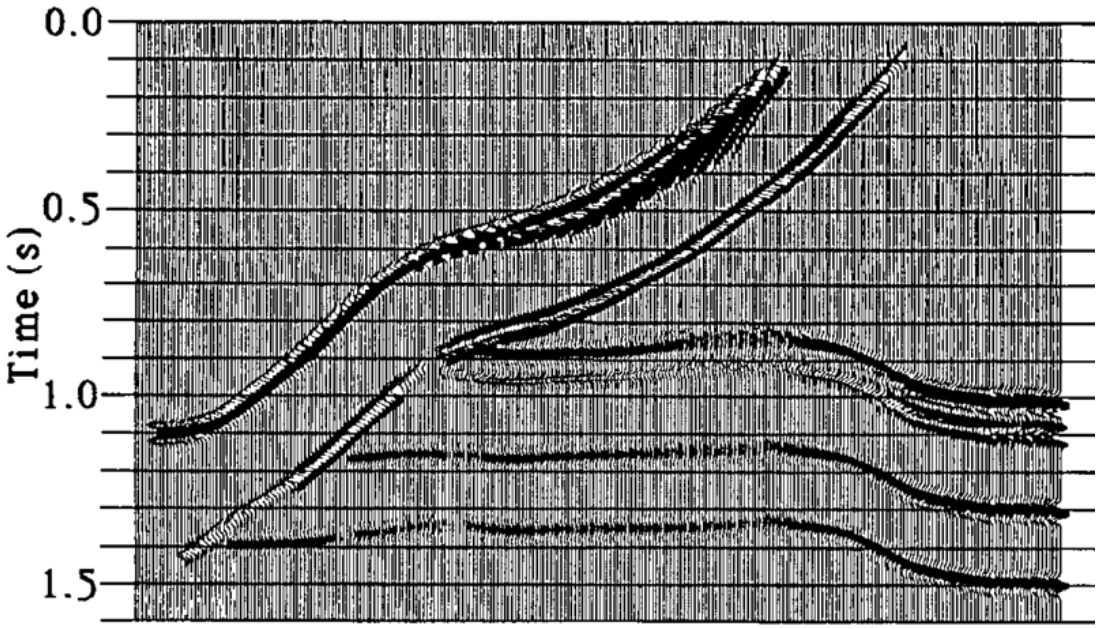

b)

شکل ۳- نتیجه استفاده از بین‌سازی نقطه میانی(**CMP binning**) برای مقطع لرزه‌ای ترکیبی **PSV** گسترش **Trailing** : **a**) بدون وارون سازی پلاریته و **b**)با پلاریته معکوس



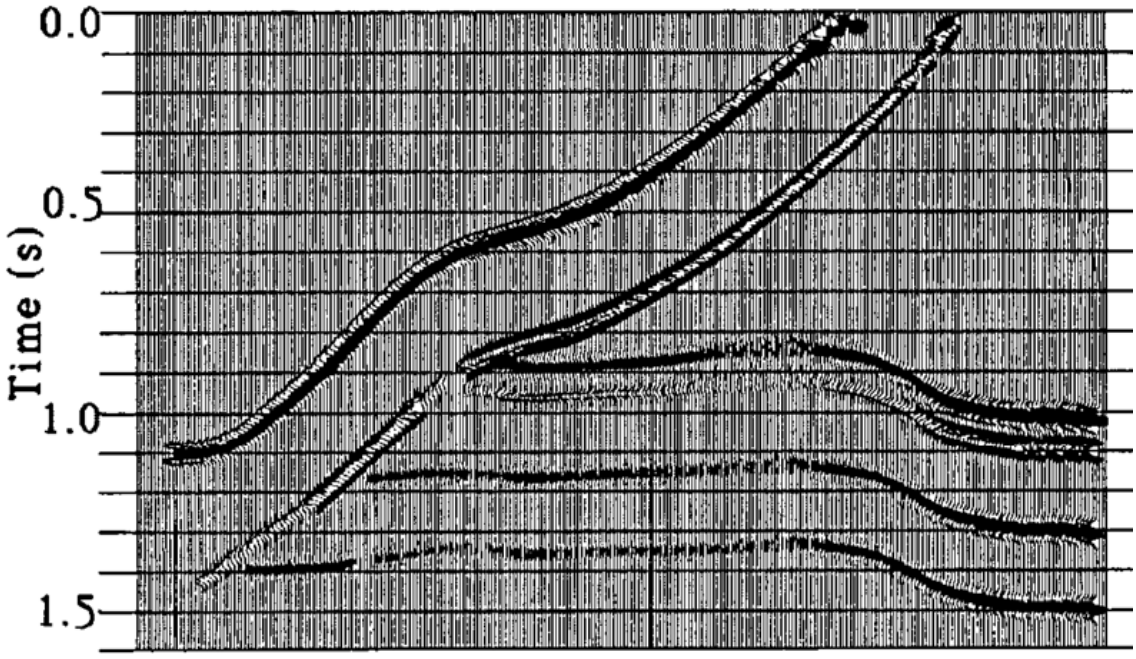

a)

www.SID.ir



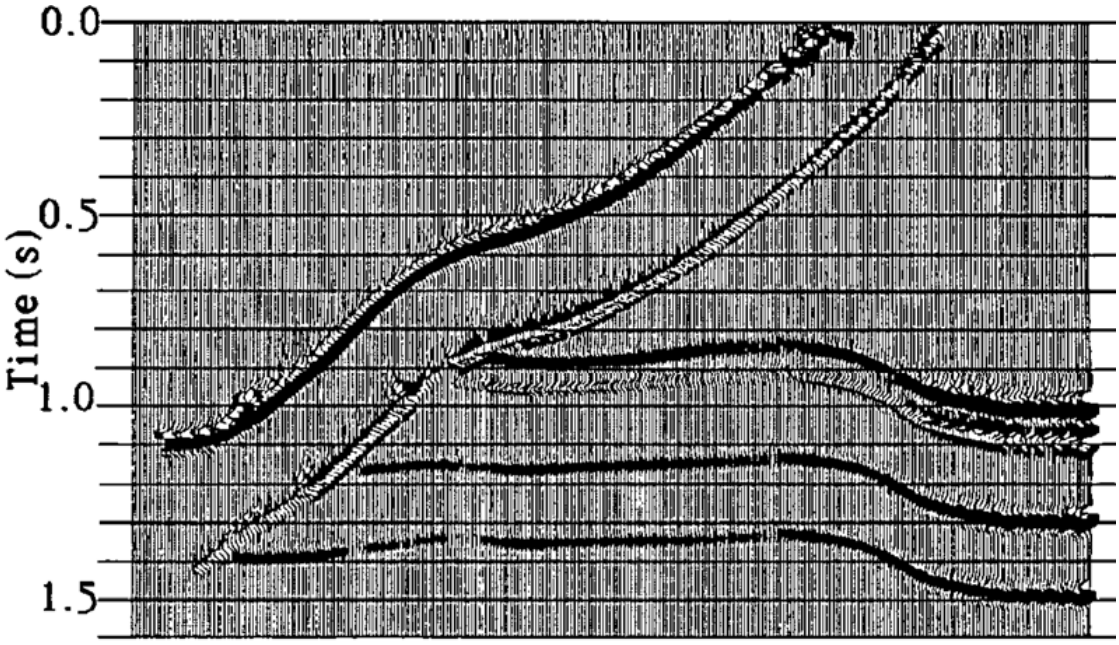

b)

شکل ٤-: نتیجه استفاده از بین‌سازی نقطه تبدیل مشترک **Asymptotic** برای مقطع لرزه‌ای ترکیبی **PSV** گسترش **Trailing** : **a**) بدون وارون سازی پلاریته و **b**) با پلاریته معکوس




شکل ٥- نتیجه استفاده از بین‌سازی نقطه تبدیل مشترک عمق- متغیر برای مقطع لرزه‌ای ترکیبی **PSV**

www.SID.ir




شکل ٦- نتیجه استفاده از **PSV DMO** برای مقطع لرزه‌ای ترکیبی **PSV**

## منابع


- Deregowski, S.M., 1985, An integral implementation of dip move out: Presented at the 47th Ann.Mtg., EAEG.
- Eaton, D.W.S., and Lawton, D.C., 1990, P-SV stacking charts and binning periodicity, in The CREWES Research Report, 2, 36-50.
- Harrison, M. P., 1990, Dip move out for converted wave (P-SV) data, in The CREWES Research Report, 2, 89-111.
- Mayne, W. H., 1956, Seismic surveying: U.S. Patent 2732906 (application 1950)(Abstract):
- Geophysics, 21,856.
- Slotboom, R.T., and Lawton, D.C., 1989, Depth-variant mapping and moveout correction of convcrted-wave data, in The CREWES Research Report, 1, 55-65.
- Tessmer, G., and Behle A., 1988, Common reflection point data-stacking technique for converted waves: Geophysical Prospecting, 36, 661-688.


Archive of SID

www.SID.ir