

تصحیح برون‌راند نرمال به روش برون‌راند نرمال بدون کشیدگی

بابان مصطفی یوسف^۱، عبدالرحیم جواهریان^{۲*}، حسام شینی کیماسی^۳ و ابوالفضل مسلمی^۴

^۱ عضو هیات علمی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه صلاح‌الدین، اربیل، عراق

^۲ استاد بازنشسته، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران و استاد دانشکده مهندسی نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

^۳ کارشناس ارشد، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، اهواز، ایران

^۴ کارشناس ارشد، شرکت عملیات اکتشاف نفت، تهران، ایران

(دریافت: ۸۷/۱۰/۲۳، پذیرش نهایی: ۸۸/۷/۲۱)

چکیده

یکی از مشکلات اصلی در پردازش داده‌های لرزه‌ای، کشیدگی برون‌راند نرمال است. این اثر به صورت کشیدگی، به‌خصوص در رویدادهای کم‌عمق و دورافت‌های دور نمایان می‌شود. با حذف نشدن این اثر در یک برداشت و برانبارش آن، رویدادهای کم‌عمق دچار ضعف و فقدان انرژی در بسامدهای زیاد می‌شوند، که این منجر به کاهش قدرت تفکیک‌پذیری می‌شود. کشیدگی NMO (Normal Moveout) به طور واضح می‌تواند باعث کاهش قابلیت تفسیر مقاطع شود. در این مقاله تصحیح به روش برون‌راند بدون کشیدگی (Nonstretch NMO)، که اثرهای کشیدگی تصحیح NMO مرسوم را کمینه می‌کند، معرفی می‌شود. این روش با محاسبه سرعت NMO اصلاح شده برای همه نمونه‌ها در یک محدوده زمانی حداقل برابر با یک طول موجک و برای همه دورافت‌ها، با موازی کردن زمان رسیده‌ها، از کشیدگی موجک جلوگیری می‌کند. روش Nonstretch NMO روی داده‌های مصنوعی و واقعی اعمال شده است. داده‌های مصنوعی مورد بررسی شامل برداشت‌های CMP تک‌لایه تخت، دو‌لایه تخت با بازتابنده‌های متقاطع و چهارلایه تخت با بازتابنده‌های متقاطع به همراه تکراری‌ها و وجود نوفه هستند. داده CMP واقعی مربوط به عملیات لرزه‌نگاری دوبعدی در ایران است. نتیجه این روش شامل حفظ بسامدهای بیشتر نسبت به روش NMO مرسوم و کاهش تغییر شکل طیفی داده‌ها در دورافت‌های دور و بهبود نتیجه برانبارش است.

واژه‌های کلیدی: تصحیح برون‌راند نرمال، کشیدگی NMO، تصحیح برون‌راند بدون کشیدگی، دورافت‌های دور، برانبارش CMP

NMO correction with nonstretch NMO method

Yousef, B. M.¹, Javaherian, A.², Shini Kimassi, H.³ and Moslemi, A.⁴

¹ Associate Lecturer, Department of Geology, College of Science, Salahddin University, Arbil, Iraq

² Retired Professor, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran and presently at the Department of Petroleum Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

³ Senior Geophysicist, National Iranian South Oil Co, Ahwaz, Iran

⁴ Senior Geophysicist, Oil Exploration Operations Co, Tehran, Iran

(Received: 12 Jan 2009, Accepted: 13 Oct 2009)

Abstract

The application of NMO (normal moveout) has been recognized as an effective method of generating quasi-zero-offset traces in traditional common-midpoint processing. Artifacts of the NMO method relate to the NMO-stretch effects. Conventional application of normal-moveout correction to a common-midpoint (CMP) reflection generates a stretch that increases with offset and decreases with zero-offset time. Shatilo and Aminzadeh (2000) introduced the technique which implies constant

normal moveout (CNMO) for a finite time interval of a seismic trace. Perroud and Tygel (2004) introduced the implementation, called nonstretch NMO, automatically, which avoids the undesirable stretch effects that are present in the conventional NMO. They applied their new method (Nonstretch NMO) to shallow seismic data including high resolution (HR) seismic data and ground-penetrating radar (GPR) measurements.

In this paper, nonstretch NMO (Perroud and Tygel, 2004) is applied to seismic reflection data. NMO correction is usually considered in a hyperbolic equation where $t(x)$, is travel time, related to the x , offset between the source and the receiver, t_0 , two-way zero offset travel time, and V_{nmo} , is NMO velocity which estimates the root-mean-square (RMS) velocity in a case of horizontal stratified earth. Hyperbolic equation represents a hyperbola whose asymptote passes through the origin and has slope equal to V_{nmo}^{-1} . Ideally, the entire pulse width must be shifted to the horizontal line $t = t_0$ without any distortion. Traditional NMO correction moves the samples $t(x) + \tau$ in the vicinity of traveltimes onto $t_0 + \tau'$ and with substituting these quantities in hyperbolic equation, then by comparing these equations the stretch ratio $\tau'/\tau = t(h)/t$ can be extracted. For avoiding stretching we try to parallel the hyperbolae traveltimes. The traveltimes in conventional NMO converge to each other whereas in nonstretch NMO the traveltimes are almost parallel to each other. It can be if $\tau' = \tau$, in this case, we obtain the adjusted velocity ($V(\tau)$) relation. It can be seen from the adjusted velocity relation that for the set of recorded events on a given trace, stronger effects on the stacking velocity are observed at shorter zero offset times. Also, we know that $V(\tau)$ always decreases when the time shift increases. Therefore, even setting NMO velocity constant is not sufficient to avoid stretching, as it is done in the constant-velocity-stack (CVS) approach. In addition, the conventional increase of NMO velocity with time that results from interpolation, the time-velocity distribution is going the wrong way and further increases the stretching effect of the NMO. With adjusted velocity equation the original time-velocity point picked from conventional velocity analysis is replaced by adjusted velocity in the curve segment that was obtained by it. The quantity time shift (τ) is obtained by inverting the bandwidth of the propagating signal. In this method, the time-velocity distribution is dependent on a trace in the τ range as for each sample in the τ range about the t_0 the modified velocity calculated for all of traces. Because in the τ range the velocity decreases with time, the interpolated NMO velocity between events will increase faster, and thus the NMO stretch effect will be increased between events. The problem arises when events cross each other and it can be solved by processing the reflection events one at a time. At first, we obtained the traveltimes corresponding to each reflection by the traditional velocity analysis. Then, for each event, we mute all samples above the corresponding hyperbola and below those for the next events and apply the nonstretch NMO. The process completed by summing all the events.

The no stretch NMO technique has been tested on synthetic and real data. The synthetic data include CMP gathers of a flat layer, two layers with crossing reflectors and four flat layers with crossing reflectors which contain multiples and noise. The real CMP data belong to one of the 2-D seismic reflection operations in Iran. The method improves the resolution of CMP stack. Nonstretch NMO correction reduces the stretch effects of conventional NMO. This results in higher spectral frequencies and smaller spectral distortion of shallow far offset reflected events. Following the nonstretch NMO correction, muting may be less when compared with conventional NMO.

Key words: NMO correction, NMO stretch, Nonstretch normal moveout, far offsets, CMP stack

۱ مقدمه

بسیاری شده‌اند، است (میلر، ۱۹۹۲). اولین روش غیر حذفی برای رفع اثر کشیدگی NMO را راپرت و چان (۱۹۷۵) به نام جمع حرکت بلوک عرضه کردند. در این روش ردلرزه‌ها به بلوک‌هایی که با یکدیگر همپوشانی دارند، تقسیم می‌شوند، به طوری که هر بلوک دارای برون‌راند ثابتی است. بلوک‌ها با وزن خاصی با یکدیگر جمع می‌شوند تا ورداشت تصحیح شده به دست آید. کوهن (۱۹۸۹) روشن ساخت که بسامدهای لحظه‌ای و تحلیل بسامد زمان، نمای بهتری از کشیدگی NMO را نشان می‌دهد. بارنس (۱۹۹۲) چگونگی تغییر شکل طیفی با زمان را مورد بررسی قرار داد و اثر کشیدگی NMO را روی بسامدهای لحظه‌ای، طیف توان لحظه‌ای و طیف دامنه نشان داد. کلاثریوت (۱۹۹۲) روش برانبارش NMO را با بازنگری تصحیح NMO و برانبارش به صورت وارون‌سازی توضیح داد. روش کلاثریوت مشکل متقاطع بودن رویدادها را حل می‌کرد ولی قادر به رفع مشکل کشیدگی NMO نبود. دبازلیر و ویالیکس (۱۹۹۴) با معرفی کمیت زمان کانونی تصحیح NMO را با یک انتقال زمانی ثابت در یک دورافت معین کاهش دادند. بایون و نلان (۱۹۹۷) با اعمال فیلترهای متغیر با زمان روند کاهشی بسامدهای زیاد را برعکس کردند. لیچمان (۱۹۹۹) با معرفی برون‌راند فاز درحکم رویکردی جالب که با تعریف مجدد برون‌راند به منزله تنها عمل فازی، توانست روند کاهشی بسامدهای زیاد را تضعیف کند. شاتیلو و امین‌زاده (۲۰۰۰) روش CNMO را معرفی کردند. در این روش تصحیح NMO به صورت تغییرات برون‌راند ثابت در یک موجک (یا محدوده زمانی) صورت می‌گیرد. هیکس (۲۰۰۱) رفع کشیدگی NMO در هنگام برانبارش، براساس تبدیل

رویدادهای بازتابی در عملیات لرزه‌ای بازتابی به صورت هذلولی‌هایی دیده می‌شود که به دلیل تاخیر زمان رسید ناشی از فاصله بین منبع و گیرنده، رخ می‌دهد. یکی از تصحیحاتی که به منظور حذف تاخیر زمان رسید اعمال است، تصحیح برون‌راند نرمال است. دیکس (۱۹۵۵) تحلیل سرعت و تصحیح NMO را مورد بررسی قرار داد و روابطی بر آن تعریف کرد. تر و کهلر (۱۹۶۹) بسط زمان سیر را مورد بررسی قرار دادند و ضرایب آن را به دست آوردند.

از نتایج غیر واقعی و مصنوعی روش NMO، پدیده کشیدگی، و به خصوص در تصحیح رویدادهای بازتابی متقاطع، ایجاد پیش‌رویداد (pre-event) و پس‌رویداد (post-event) است. باخهولتز (۱۹۷۲) آشفتگی و تغییر شکل سیگنال را که در نتیجه اعمال تصحیح NMO به وجود می‌آید، مطرح کرد و علت این رویدادها را با تصحیح رویدادهای بازتابی متقاطع مرتبط کرد. توصیف باخهولتز، توصیفی کیفی بود. اهمیت بررسی کشیدگی NMO از این رو که باعث کشیده شدن موجک و به موجب آن باعث کاهش قدرت تفکیک و کیفیت داده‌ها می‌شود، ضروری است. دانکین و لوین (۱۹۷۳) حالت ساده‌تر تپ‌های مجزا را در نظر گرفتند و برای کشیدگی NMO توصیفی کیفی مربوط به سیگنال‌های بدون تقاطع، عرضه کردند. تصحیح NMO همچنین بر تحلیل دامنه در مقابل دورافت (AVO) تاثیر گذارده و می‌تواند با پوشش پدیده‌ها باعث پاسخ‌های AVO متفاوتی شود و تفکیک پدیده‌ها با مشخصه‌های متفاوت AVO را دشوار می‌سازد (سووان، ۱۹۸۸، ۱۹۹۷).

یکی از روش‌های رفع اثر کشیدگی NMO، حذف نمونه‌های زمانی اولیه ردلرزه‌هایی که دچار کشیدگی

تایع نیم دورافت، است. در اینجا t_0 بیان کننده زمان رسید دورافت صفر و V_{nmo} ، سرعت NMO را معرفی می کند که برآوردی از سرعت RMS برای حالت محیط با لایه تخت است. از نگاه هندسی می توان اثبات کرد که رابطه (۱) نشان می دهد هذلولی دارای مماسی است که از مبدا عبور می کند و شیب آن برابر با $2V_{nmo}^{-1}$ است. برای منع ضربه ای رویدادهای بازتابی رابطه (۱) به صورت باریکه با پهنای ثابت (پهنای منع ضربه ای) در همسایگی منحنی است. تصحیح NMO ایدئال همه باریکه در همسایگی منحنی رابطه (۱) را به باریکه با همان پهنای که در همسایگی خط $t = t_0$ است، منتقل می کند. برای t_0 مشخص، برآورد V_{nmo} به جستجوی تک کمیته مرتبط است که همدوسی داده را در یک ورداشت CMP پیشینه می کند. این عمل تحلیل سرعت NMO نامیده می شود. بعد از آنکه مقدار قابل قبول V_{nmo} به دست آمد، تصحیح NMO متداول، نمونه های $t(h) + \tau$ در همسایگی منحنی زمان رسید رابطه (۱) را به مقادیر مربوطه $t_0 + \tau'$ بر طبق رابطه (۲) منتقل می کند.

$$(t_0 + \tau')^2 = (t(h) + \tau)^2 - 4h^2/V_{nmo}^2 \quad (2)$$

مقایسه بین رابطه های (۱) و (۲)، منجر به رابطه مرتبه اول شناخته شده $\tau'/\tau = t(h)/t_0$ می شود (دانکین و لوین، ۱۹۷۳)، که تعریف کننده معیار کشیدگی است. به منظور درک آنکه چرا تصحیح NMO متداول، همان طور که بر طبق رابطه (۲)، صورت می گیرد، بیان کننده کشیدگی در سیگنال خروجی است، با مشاهده شکل (۱-الف) قابل توضیح است. همان طور که دیده می شود برای V_{nmo} ثابت، منحنی های زمان رسید NMO برای زمان های دورافت صفر، t_0 و $t_0 + \tau$ به آن به مماس مشترک یکدیگر همگرا هستند. این به آن معنی است که هذلولی ها با یکدیگر موازی نیستند.

رادن سهمی وار (PRT) را معرفی کرد. کاستل (۱۹۹۴)، دبازلیر (۱۹۸۸) و سان و همکاران (۲۰۰۲) مرتبه های بالاتر معادله زمان سیر را برای تصحیح NMO مورد بررسی قرار دادند و نتیجه بهتری در دورافت های دور به دست آوردند. دانتون و لینز (۲۰۰۲) تحلیل AVO بدون کشیدگی را قبل از اعمال تصحیح NMO به انجام رساندند. پرود و تیگل (۲۰۰۴) روش Nonstretch NMO را عرضه کردند. در این روش، با محاسبه سرعت اصلاح شده برای همه نمونه ها در یک موجک (یا بازه زمانی) و برای همه دورافت ها، با موازی کردن زمان رسیده ها، از کشیدگی موجک جلوگیری می شود. در این مقاله روش Nonstretch NMO عرضه شده پرود و تیگل (۲۰۰۴) مورد بررسی قرار گرفته و بر داده های مصنوعی و واقعی لرزه ای بازتابی اعمال شده است.

۲ تصحیح برونراند نرمال

تاثیر تصحیح برونراند نرمال بر داده های بازتابی همیشه موضوعی مورد توجه بوده است. به دلیل کشیدگی تعداد زیادی از ردلرزه های تصحیح NMO شده برای دورافت مشخص به بعد حذف می شوند. به همین منظور باید حد قابل قبولی از کشیدگی را در نظر گرفت. این معیار تاثیر شگرفی روی محتوای بسامد تصویر برانبارش دارد (میلر، ۱۹۹۲). درحکم نتیجه می توان بیان کرد که ردلرزه های با دهنه (aperture) بزرگ نمی توانند برای تحلیل سرعت برانبارش مورد استفاده قرار گیرند. این مطلب به خصوص برای رویدادهای کم عمق که دارای نسبت دورافت به عمق (یا زمان رسید) بزرگ هستند، مضر است. کشیدگی NMO در رابطه هذلولی برقرار است.

$$t^2(h) = t_0^2 + 4h^2/V_{nmo}^2 \quad (1)$$

که بیان کننده آن است که زمان بازتاب، t ، درحکم

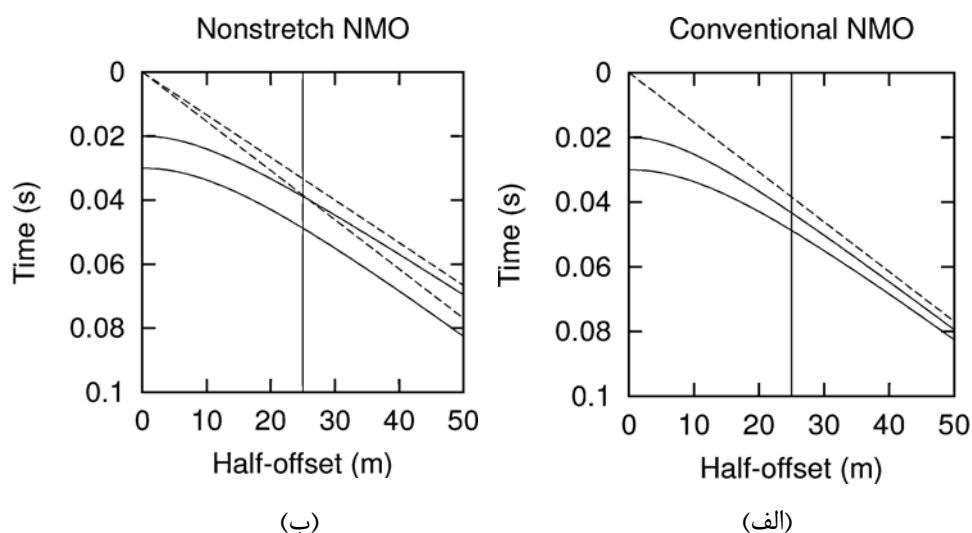
انتقال NMO تقریباً ثابت از مرحله NMO دینامیک معمولی به روشی شبیه روش برونراند بلوک صورت می‌گیرد.

۳ روش تصحیح Nonstretch NMO

همان‌طور که در قسمت ۲ بیان شد، یکی از روش‌های حذف اثر کشیدگی، موازی کردن زمان رسیده‌ها تا جای ممکن است. اگرچه موازی بودن کامل امکان‌پذیر نیست، با اعمال رابطه NMO مرسوم (۱)، از آنجا که مماس‌ها همدیگر را در مبدا قطع می‌کنند. می‌توان این مشکل را چنین فرمول‌بندی کرد. تنها کمیتی که تا اندازه‌ای آزاد است، V_{nmo} است، که به شیب خط مماس بستگی دارد. برونراند بدون کشیدگی به‌منظور موازی کردن محدوده خاص زمان رسیده‌ها (اطراف یک بازتابنده)، سرعت‌ها را چنان محاسبه می‌کند تا موازی بودن‌ها رخ دهد. برای توضیح آنکه چگونه این عمل صورت می‌گیرد، با رجوع به شکل ۱-ب و مشاهده رابطه (۳) می‌توان نوشت:

$$(t(h) + \tau)^2 = (t_0 + \tau)^2 + 4h^2/V^2(\tau). \quad (3)$$

بعد از تصحیح برونراند، تپ بازتابی برای دورافت‌های دور به صورت کشیده شده در می‌آید، زیرا، در یک ردلرزه، نمونه‌های زمانی کوچک‌تر دچار برونراند بزرگ‌تری نسبت به نمونه‌های زمانی بزرگ‌تر می‌شوند. با توجه به این تحلیل، اولین راهکار برای جلوگیری از کشیدگی NMO آن است که با معرفی عبارت‌های برونراند زمان رسید متفاوت به‌طوری که تا آنجا که امکان داشته باشد، موازی بودن بین هذلولی‌ها برای زمان‌های دورافت صفر متفاوت، حفظ شود، صورت پذیرد. این روش را که هذلولی‌های انتقال داده شده نام دارد دبازلیر (۱۹۸۸) پیشنهاد کرد. در فرمول‌های این روش، کمیت بررسی شده زمان کانونی هذلولی t_p ، به جای V_{nmo} ، است. دیگر روش‌های معرفی شده، همچون جمع-حرکت-بلوک (BMS؛ block-move-sum) (راپرت و چان، ۱۹۷۵) بدین صورت است که با اعمال مجموعه‌ای از انتقال‌های ثابت در بلوک‌های داده و سپس جمع آنها همراه است. BMS هدف بسیاری از تحقیقات است که اخیراً پروتر (۲۰۰۲) عرضه کرده است. در روش برونراند بدون کشیدگی



شکل ۱. مقایسه بین NMO مرسوم (الف) و NMO بدون کشیدگی (ب). هذلولی‌های مربوط به رویداد بازتابی (خطوط پر)، به همراه مماس‌هایشان (خط‌چین‌ها). در نیم دورافت برابر ۲۵ m خط عمودی جدایش بین هذلولی‌ها را آشکار می‌کند. برای NMO متداول، هذلولی‌ها با افزایش دورافت به یکدیگر همگرا هستند، درحالی‌که برای NMO بدون کشیدگی جدایش بین هذلولی‌ها ثابت است (تیگل و پرود، ۲۰۰۴).

رویداد مشخص، بیشترین تاثیر روی سرعت برانبارش مربوط به دهنه صفر ($a = 0$) است، که رابطه (۵) را به رابطه (۷) تبدیل می‌کند.

$$V(\tau) = V_{nmo} \left(1 + \frac{\tau}{t_0} \right)^{-1/2} \quad (۷)$$

رابطه (۷) عبارت $(t_0 + \tau)V^2(\tau)$ را که مقداری ثابت و مشخص دارد به انحنا منحنی‌های زمان رسید در دورافت صفر مرتبط می‌کند. به بیان دیگر، اگر دهنه بسیار بزرگ باشد، رابطه (۵) به مقدار $V(\tau) = V_{nmo}$ میل می‌کند، بدین معنی که برای کل طول تپ، سرعت ثابت V_{nmo} در نظر گرفته شده است. برای وضعیت‌های بین این دو حالت، سرعت تنظیم شده، $V(\tau)$ مقداری بین این دو حد را دارد. از رابطه (۴) می‌توان فهمید که برای مجموعه‌ای از رویدادهای ثبت شده برای یک ردلرزه مشخص، بیشترین تاثیر بر سرعت برانبارش در زمان‌های دورافت کوچک‌تر مشاهده می‌شود.

از آنجا که t_0 و $V(\tau)$ مقادیری مثبت هستند، از رابطه (۴) می‌توان استنباط کرد که با افزایش زمان انتقال τ ، مقدار $V(\tau)$ کاهش می‌یابد. بنابراین تنها با حفظ سرعت NMO ثابت، نمی‌توان از کشیدگی جلوگیری کرد، همان‌طور که در یک رویداد برانبارش سرعت ثابت (CVS) صورت می‌گیرد. علاوه بر آن، افزایش کلاسیک سرعت NMO با زمان که از درون‌یابی توزیع سرعت-زمان به دست می‌آید، به منزله روشی محسوب می‌شود که منجر به افزایش بیشتر پدیده کشیدگی NMO می‌شود.

با توجه به مباحث گفته شده، برون‌راند بدون کشیدگی بدین گونه صورت می‌گیرد که پس از تحلیل سرعت مرسوم که کمیت‌های t_0 و V_{nmo} برای هر رویداد بازتابی، تعیین می‌شود، توزیع سرعت ویژه‌ای برای هر ردلرزه محاسبه می‌شود. برای هر رویداد، نقطه

که τ ، زمان انتقال و $V(\tau)$ سرعت تنظیم شده که کشیدگی را برای نیم دورافت h حذف می‌کند. رابطه (۳) همان رابطه (۲) است با این تفاوت که سرعت تنظیم شده، $V(\tau)$ با سرعت NMO ثابت، V_{nmo} جایگزین شده و شرط بدون کشیدگی، $\tau = \tau'$ اعمال شده است. از رابطه (۱) و رابطه (۳)، عبارت زیر به دست می‌آید.

$$V(\tau) = V_{nmo} \left(1 + \frac{2\tau}{t(h) + t_0} \right)^{-1/2} \quad (۴)$$

که سرعت تنظیم شده $V(\tau)$ ، برای رویداد بازتابی که با t_0 و V_{nmo} مشخص شده را در دورافت h و زمان انتقال τ ، تعیین می‌کند. برای بهتر فهمیدن معنای فیزیکی رابطه (۴)، بهتر است رابطه (۴) را به شکل زیر دوباره نوشت.

$$V(\tau) = V_{nmo} \left(1 + \frac{2}{1 + \sqrt{1 + a^2}} \frac{\tau}{t_0} \right)^{-1/2} \quad (۵)$$

که کمیت a طبق رابطه (۶) بیان می‌شود.

$$a = \frac{2h}{t_0 V_{nmo}} \quad (۶)$$

دهنه هندسی، a برای یک محیط مشخص با t_0 و V_{nmo} تعریف می‌شود. با فرض مدل لایه‌بندی شده تخت با سرعت ثابت، دهنه هندسی a برای جفت منبع و گیرنده در نیم دورافت h برابر با تانژانت زاویه فرود بر بازتابنده مشخص در عمق $V_{nmo} t_0 / 2$ است. در این چنین محیطی، عامل کشیدگی NMO با فرمول $\frac{\tau'}{\tau} = \frac{t(h)}{t_0} = \sqrt{1 + a^2}$ ، به دهنه هندسی a ، مرتبط می‌شود.

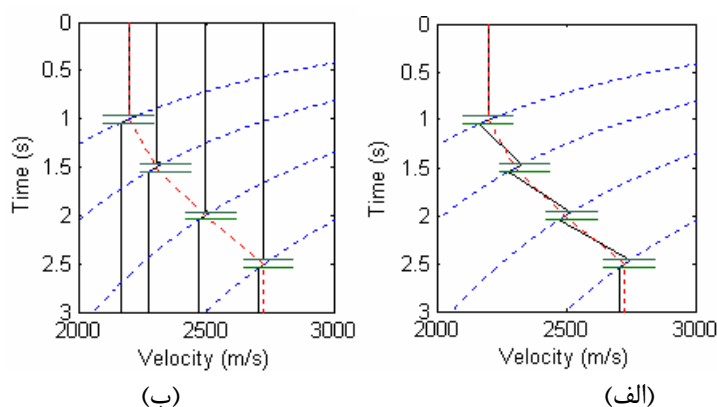
رابطه (۵) به‌طور واضح‌تری عامل‌های زمان رسید دورافت صفر t_0 و دهنه هندسی، a را که در برآورد $V(\tau)$ تاثیر گذار هستند را نمایش می‌دهد. برای یک

کشیدگی بیشتر از این حد شوند را حذف می‌کنند. حذف این گونه، برگشت تصحیح NMO را ناممکن می‌سازد. درحالی‌که در روش تصحیح NMO بدون کشیدگی امکان عمل معکوس تصحیح NMO وجود دارد، بنابراین این روش از این لحاظ که هر وقت بخواهیم می‌توانیم آن را اعمال کنیم و سپس آن را به حالت اولیه بازگردانیم مفید است.

مشکل در تصحیح NMO هنگامی روی می‌دهد که رویدادهای بازتابی همدیگر را قطع کرده باشند. برای غلبه بر این مشکل، تصحیح NMO رویدادهای بازتابی، یک‌به‌یک صورت می‌گیرد. برای این کار، ابتدا هذلولی مربوط به هر رویداد از توزیع سرعت-زمان به دست آمده روبش سرعت NMO، ساخته می‌شود. سپس برای هر رویداد همه نمونه‌های زمانی بالای رویداد مربوط و نمونه‌های زمانی پایین رویداد مربوط، اما از رویداد بعد از آن، حذف می‌شود و سپس تصحیح NMO بدون کشیدگی اعمال می‌شود. از آنجا که هر رویداد به طور جداگانه تصحیح NMO می‌شود نیازی به درونیابی بین رویدادها برای محاسبه توزیع سرعت اصلاح شده نیست. به طرز ساده‌ای، برای همه زمان‌ها در ردلرزه‌ها برون‌یابی می‌شود (شکل ۲-ب). درحکم یک نتیجه

انتخاب شده سرعت-زمان از تحلیل سرعت، با بخشی از یک منحنی حاصل از رابطه (۴)، جایگزین می‌شود (شکل ۲-الف). تنها کمیتی که مقدار آن لازم است، محدوده برای کمیت τ است. یک برآورد مناسب برای τ از عکس پهنای باند سیگنال منتشر شده به دست می‌آید. به این ترتیب، کل عمل به طور خودکار صورت می‌گیرد. آنچه را که به طور آشکار می‌توان فهمید آن است که توزیع سرعت-زمان که به ردلرزه وابسته می‌باشد، تنها برای اعمال تصحیح NMO بدون کشیدگی بکار گرفته می‌شود و پس از آن دیگر کاربردی نخواهد داشت. از آنجا که اعمال NMO بدون کشیدگی، به کاهش سرعت با زمان در محدوده τ منجر می‌شود که سرعت NMO با درونیابی بین رویدادها، بسیار سریع‌تر رشد می‌کند و منجر به کشیدگی NMO بیشتری در بین رویدادهای بازتابی می‌شود. با فراموش نکردن انتخاب همه رویدادهای بازتابی، کشیدگی در بین رویدادها، فقط به نوبه مرتبط می‌شود.

ابزارهای پردازشی NMO متداول، حد بالای مورد قبول برای کشیدگی را در بر دارند، معیار حذف کشیدگی، به طوری که همه نمونه‌های زمانی که دچار



شکل ۲. ساخت توزیع سرعت برای رویدادهای: (الف) نامتقاطع و (ب) متقاطع. خط‌پر مشکی نشان‌دهنده توزیع سرعت اصلاح شده است که جایگزین توزیع سرعت مرسوم مربوط نشان داده شده با خط چین، است. خطوط منحنی خط چین آبی توابع سرعت حاصل از رابطه (۴) برای تک‌تک رویدادهای انتخاب شده برای دورافت h برابر با 2500 m . توزیع سرعت اصلاح شده برای محدوده زمانی که به طول تپ مربوط است (دو خط افقی)، به کار برده می‌شود (یوسف، ۱۳۸۷).

برابر طول موجک اصلی در نظر گرفته شده است. در شکل ۳ دو ردلرزه برانبارش شده روش برونراند نرمال مرسوم (ردلرزه آبی) و روش برونراند نرمال بدون کشیدگی (ردلرزه سرخ) در سمت چپ برداشت نقطه میانی مربوط به خود نشان داده شده است. تفاوت عمده در دامنه موجک و بسامد غالب آنها کاملاً مشهود است. برای مقایسه بین این دو روش تصحیح، از طیف دامنه استفاده شده است. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده، تفاوت طیف دامنه موجک در برداشت CMP تصحیح شده در دورافت‌های دور در این دو روش کاملاً مشخص است. دامنه تپ در دورافت‌های دور مربوط به روش برونراند نرمال مرسوم افزایش می‌یابد. به بسامد غالب، دامنه طیف و مقایسه نتایج این دو روش با دورافت صفر در شکل ۴ توجه شود.

شکل ۵ طیف دامنه سه ردلرزه برانبارش شده روش برونراند نرمال مرسوم، روش برونراند نرمال بدون کشیدگی و دورافت صفر را نشان می‌دهد. در این شکل تفاوت‌های نتایج دو روش کاملاً مشهود است. کاهش بسامد که به علت اعمال تصحیح برونراند نرمال و همین‌طور افزایش دامنه طیف موجک که به علت حذف یا برش به وجود آمده در طیف دامنه ردلرزه برانبارش شده تصحیح NMO در شکل مشخص است. تفاوت خیلی جزئی در طیف دامنه ردلرزه برانبارش شده تصحیح Nonstretch NMO با طیف دامنه ردلرزه برانبارش شده دورافت صفر، مربوط به کامل به‌خط نشدن موجک‌ها به علت اعمال تصحیح Nonstretch NMO است (شکل ۵).

مدل بعدی که در شکل ۶-الف نشان داده شده است، برداشت CMP دو رویداد بازتابی با سرعت‌های 1500 m/s و 2000 m/s به ترتیب در زمان‌های t_0 ، S و 0 قرار دارند را بیان می‌کند. شکل ۶-ب برداشت تصحیح شده به روش NMO مرسوم، شکل

می‌توان گفت که این حالت، کشیدگی ناشی از NMO بین رویدادها را محدود می‌کند. با توجه به شکل ۲ می‌توان فهمید که سرعت NMO در بالای رویداد بزرگ‌تر از سرعت در پایین رویداد است. نتیجه دیگری که می‌توان بیان کرد آن است که هیچ همخوانی بین سرعت‌های NMO بدون کشیدگی و سرعت برانبارش برای آن رویداد به‌جز برای زمان t_0 وجود ندارد. این روش یک راه حل طبیعی برای حل مشکل حالت رویدادهای بازتابی (حتی اگر قسمتی از رویداد حذف شده باشد) است. این روش با جمع همه رویدادهای به‌طور انفرادی تصحیح NMO بدون کشیدگی شده، کامل می‌شود. نکته‌ای که می‌توان بیان کرد آن است که از آنجا که هیچ رویدادی تحت تاثیر حذف کشیدگی NMO قرار نگرفته است، معکوس روش NMO امکان‌پذیر است.

۴ اعمال تصحیح Nonstretch NMO بر داده‌های مصنوعی

شکل ۳-الف یک برداشت CMP که شامل یک رویداد بازتابی با سرعت 2000 m/s در زمان $t_0 = 1 \text{ s}$ ، را نشان می‌دهد. در این برداشت از موجک ریکر با بسامد غالب 30 Hz استفاده شده و از تغییر شکل موجک با عمق و دورافت صرف‌نظر شده است (این مسئله لازمه این روش نیست و فقط در این مثال برای ساده‌سازی در نظر گرفته شده است). شکل ۳-ب برداشت CMP تصحیح شده را نشان می‌دهد. در این شکل، تغییر شکل موجک در دورافت‌های دور کاملاً مشخص است. برای اینکه اثر کشیدگی روی ردلرزه برانبارش شده کاهش یابد و همچنین دامنه موجک حفظ شود، از حذف و برش 70% درصد کشیدگی استفاده شده است. این حذف در شکل ۳-ج نشان داده شده است. شکل ۳-د روش Nonstretch NMO را نشان می‌دهد. محدوده زمانی، t

مرسوم تصحیح شده است. تصحیح به روش برونراند نرمال بدون کشیدگی در شکل ۸-د نشان داده شده است در شکل ۸ دو ردلرزه برانبارش شده روش برونراند نرمال مرسوم (ردلرزه آبی) و روش برونراند نرمال بدون کشیدگی (ردلرزه سرخ) در سمت چپ و درداشت نقطه میانی مربوط به خود نشان داده شده است. به علت کشیدگی زیاد در رویدادهای سطحی با S, t_0 و S ۰٫۸ را که در روش برونراند نرمال مرسوم به وجود آمده، نتیجه کاملاً با روش برونراند نرمال بدون کشیدگی متفاوت است. در شکل ۹-د طیف دامنه موجک تصحیح شده به روش برونراند مرسوم نسبت به سه شکل قبل کشیدگی کمتری دارد ولی هنوز نسبت به موجک تصحیح شده به روش برونراند بدون کشیدگی، بسامد غالب کمتری دارد. در چهار شکل ۹-الف، ب، ج و د موجک تصحیح شده به روش برونراند بدون کشیدگی دارای بسامد غالب موجک دورافت صفر است.

در شکل ۱۰ دو ردلرزه برانبارش شده و درداشت‌های CMP تصحیح شده شکل‌های ۹-ج و ۹-د، که به ترتیب مربوط به روش‌های تصحیح برونراند نرمال مرسوم و تصحیح برونراند نرمال بدون کشیدگی است را نشان می‌دهد. در شکل ۱۱ ردلرزه شکل ۱۰ برای رویدادهای زمانی به ترتیب، S ۰٫۸ و S ۱٫۵ ثانیه به منظور وضوح بهتر و تمایز بین آنها نشان داده شده است. شکل ۱۱ تفاوت بین طیف دامنه موجک‌های دو ردلرزه شکل ۱۰ را نشان می‌دهد. در شکل ۱۲-الف، طیف دامنه مربوط به رویداد زمان S ۰٫۸ برای دو ردلرزه شکل ۱۰ نشان داده شده است. در شکل ۱۲-ب، طیف دامنه مربوط به زمان S ۱٫۵ نشان داده شده است که مانند شکل ۱۲-الف، افزایش دامنه طیف و کاهش بسامد غالب در طیف دامنه مربوط به ردلرزه تصحیح شده به روش NMO مرسوم مشاهده می‌شود. در شکل‌های ۱۲-

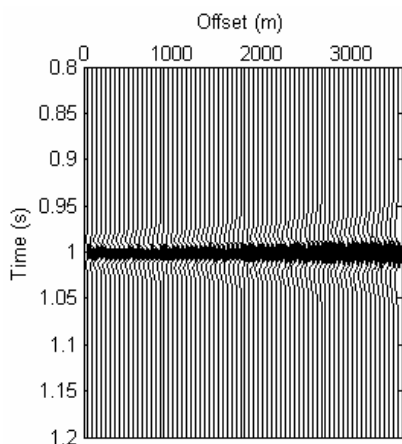
۶-ج و درداشت تصحیح شده به روش NMO مرسوم با اعمال حذف ۷۰ درصد کشیدگی و شکل ۶-د و درداشت تصحیح شده به روش Nonstretch NMO را نشان می‌دهد. همان‌طور که در قسمت ۳، اعمال روش پیشنهادی بر رویدادهای متقاطع بیان شد، این روش با همان اصول در شکل ۶-د نشان داده شده است. برتری این روش نسبت به روش مرسوم با اعمال روش Nonstretch NMO بر رویدادهای بازتابی در شکل ۶-د دیده می‌شود. در شکل ۶-ب، به علت تداخل بین دو رویداد در و درداشت CMP، پیش رویدادها و پس‌رویدادهایی در ناحیه تداخل به وجود آمده است. در شکل ۶ دو ردلرزه برانبارش شده روش برونراند نرمال مرسوم (ردلرزه آبی) و روش برونراند نرمال بدون کشیدگی (ردلرزه سرخ) در سمت چپ و درداشت نقطه میانی مربوط به خود نشان داده شده است.

در شکل ۷ طیف دامنه‌های سه ردلرزه برانبارش شده روش برونراند نرمال مرسوم (ردلرزه آبی شکل ۶-ج)، روش برونراند نرمال بدون کشیدگی (ردلرزه سرخ شکل ۶-د) و دورافت صفر نشان داده شده است. تفاوت عمده در دامنه موجک و بسامد غالب آنها کاملاً مشهود است. برای مقایسه بین این دو روش تصحیح، از طیف دامنه استفاده شده است. همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده، تفاوت طیف دامنه موجک در و درداشت CMP تصحیح شده در دورافت‌های دور در این دو روش کاملاً مشخص است.

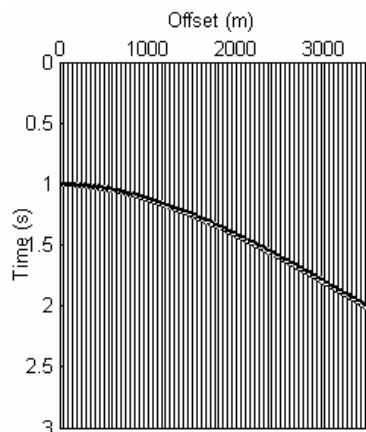
در ادامه یک و درداشت CMP چهارلایه با دو موج تکراری مرتبه اول و مرتبه دوم به ترتیب در زمان‌های S, t_0 ۱٫۸ و S ۲٫۴ مربوط به رویداد زمانی S ۰٫۸ به همراه نوفه در شکل ۸ نشان داده شده است. در شکل ۸-ب و درداشت CMP شکل ۸-الف به روش برونراند نرمال مرسوم تصحیح شده و در شکل ۸-ج با حذف معیار کشیدگی ۵۰ درصد به روش برونراند نرمال

به شکل ۱۲، حفظ بسامد غالب به روش Nonstretch NMO کاملاً مشخص است.

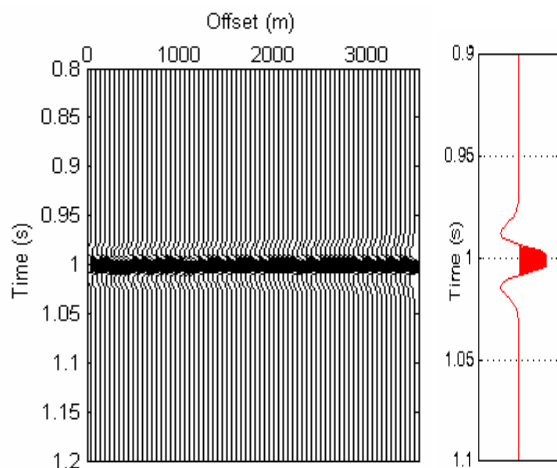
ج و ۱۲-د، به علت حذف نشدن کشیدگی، کاهش بسامد یا افزایش دامنه طیف همراه است. با نگاه اجمالی



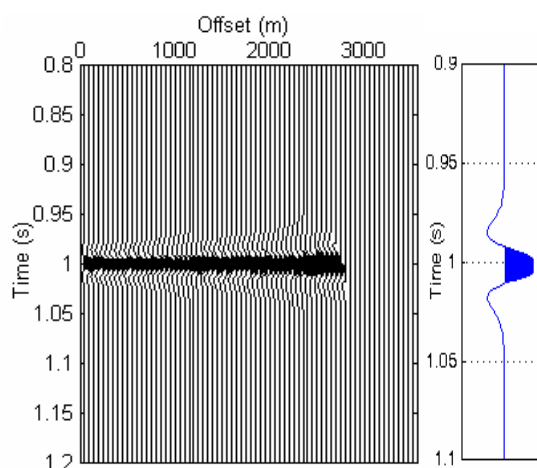
(ب)



(الف)

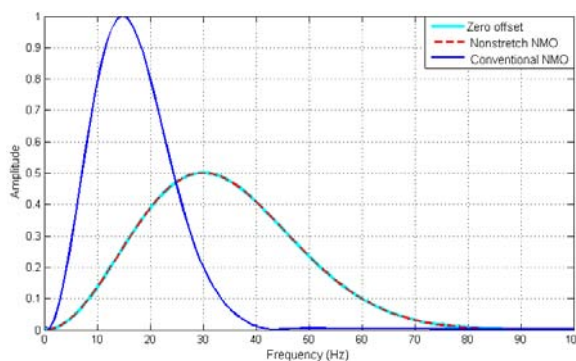


(د)

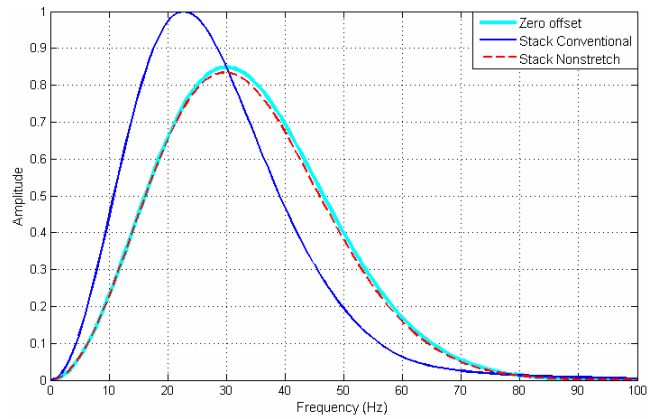


(ج)

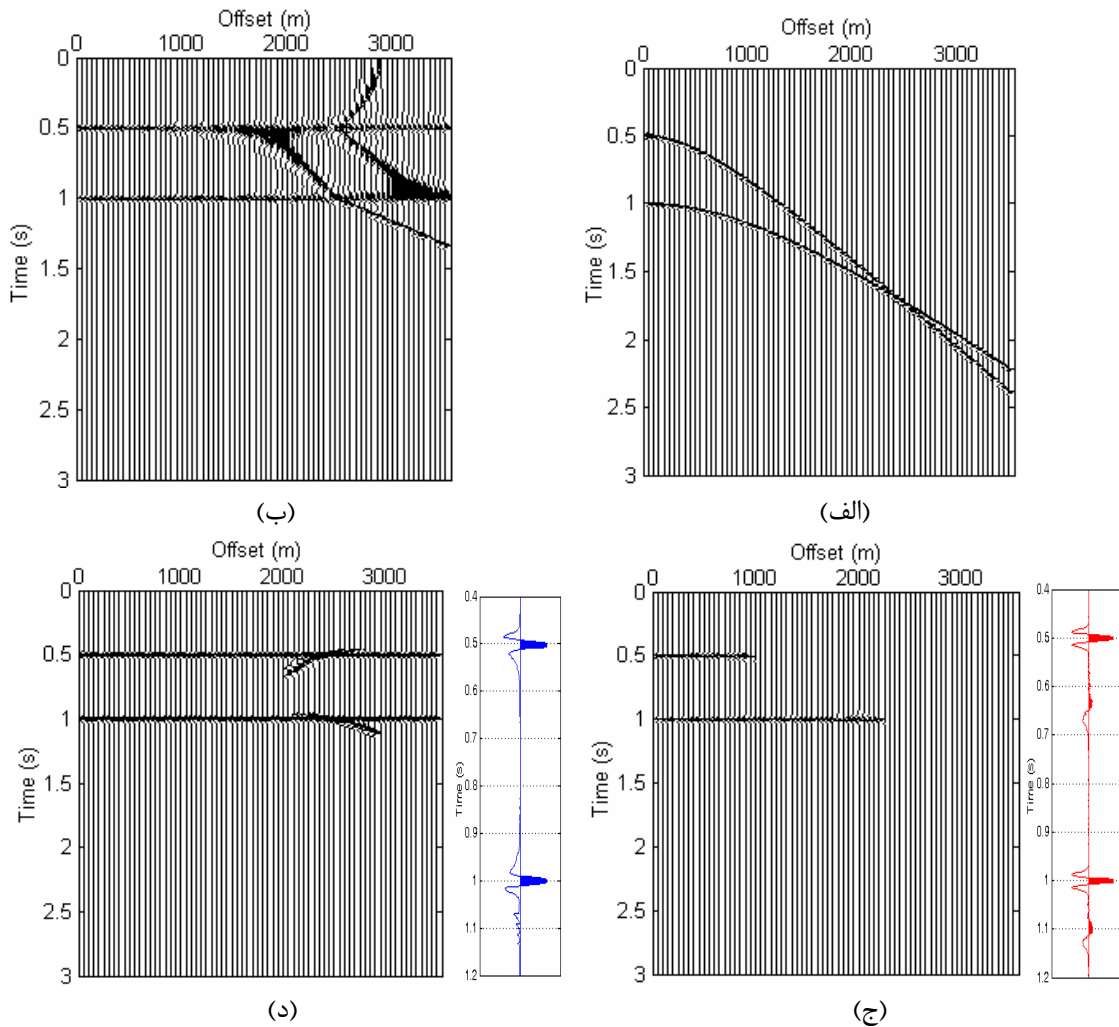
شکل ۳. (الف) ورداشت CMP با تک رویداد بازتابی در زمان ۱ s با سرعت ۲۰۰۰ m/s. (ب) ورداشت CMP تصحیح شده شکل ۳-الف به روش برون‌راند نرمال مرسوم. (ج) ورداشت CMP تصحیح شده شکل ۳-الف با حذف ۷۰ درصد کشیدگی به روش برون‌راند نرمال مرسوم. (د) ورداشت CMP تصحیح شده با روش NMO بدون کشیدگی.



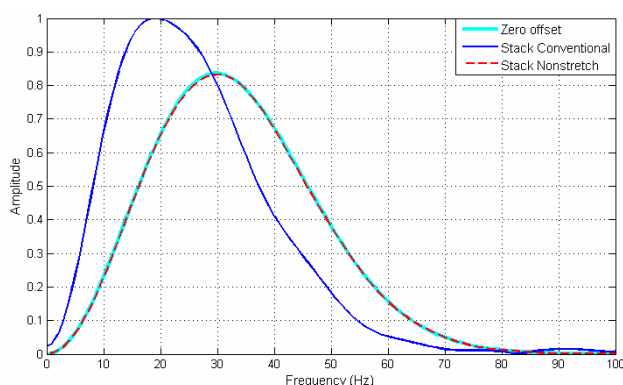
شکل ۴. طیف دامنه موجک در دورترین دورافت شکل ۳ برای دو روش تصحیح NMO مرسوم و NMO بدون کشیدگی و مقایسه آنها با طیف دامنه موجک مربوط به دورافت صفر. طیف دامنه موجک حاصل از روش NMO بدون کشیدگی و موجک دورافت صفر کاملاً بر هم منطبق‌اند.



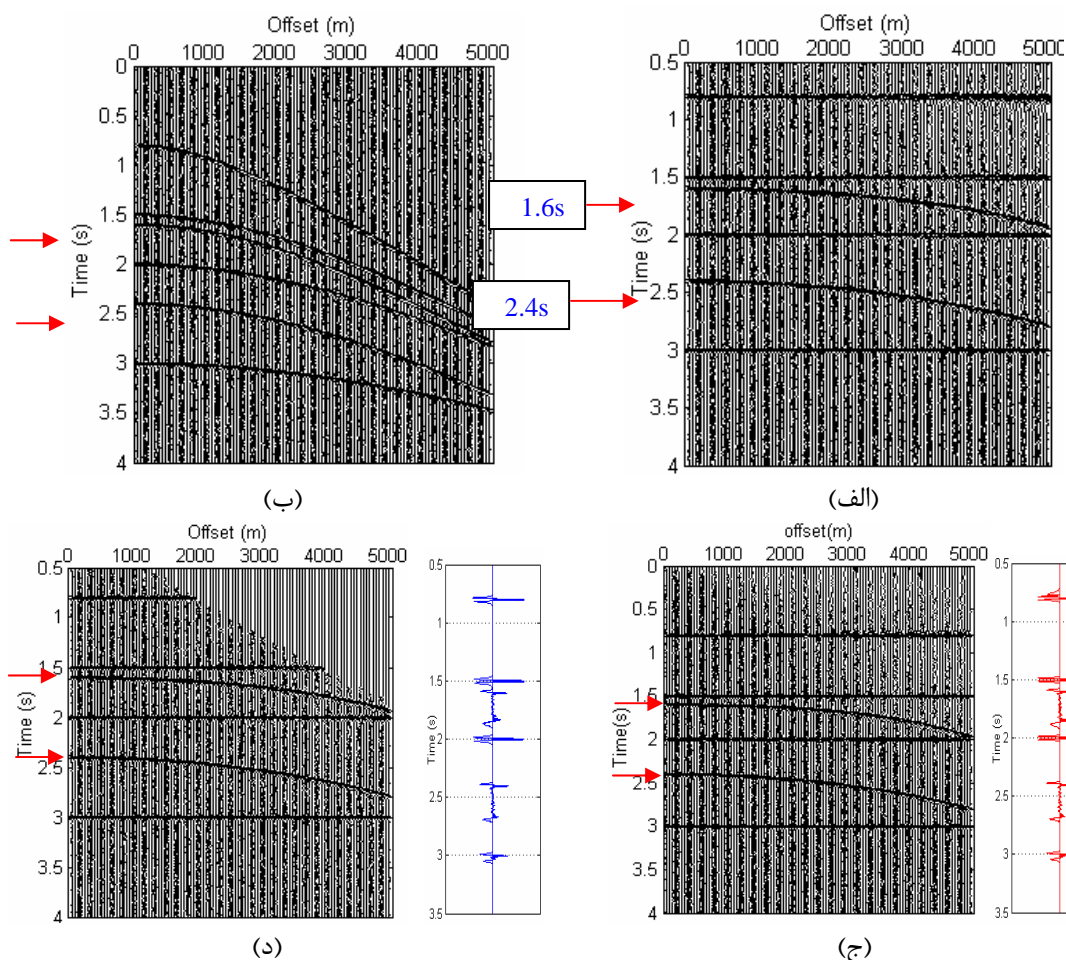
شکل ۵. طیف دامنه ردلرزه‌های برابارش شده شکل ۳، برای دو روش NMO مرسوم (ردلرزه آبی) و NMO بدون کشیدگی (ردلرزه سرخ) و مقایسه آنها با طیف دامنه ردلرزه مربوط به دورافت صفر. طیف دامنه موجک ردلرزه حاصل از روش NMO بدون کشیدگی و ردلرزه دورافت صفر با یکدیگر تفاوت کمی دارند.



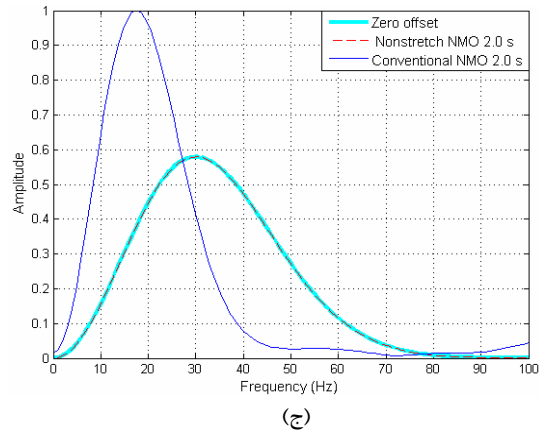
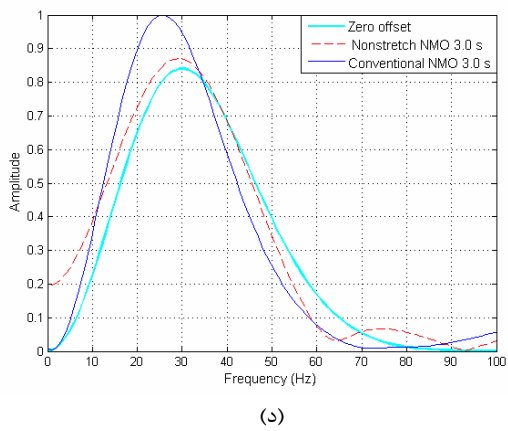
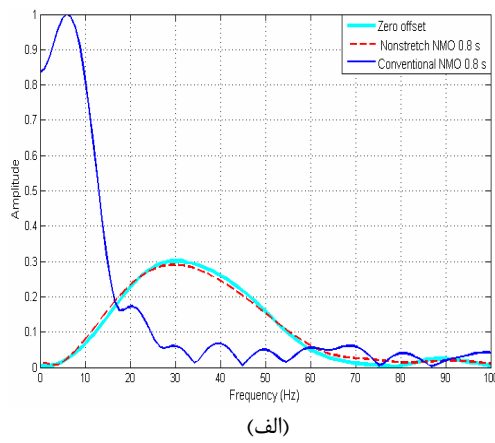
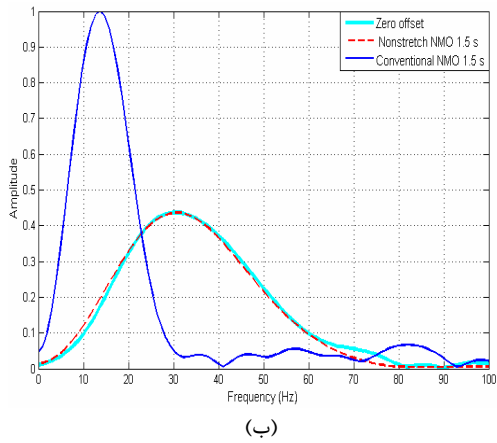
شکل ۶. (الف) ورداشت CMP با دو رویداد بازتابی در زمان‌های ۰٫۵ s و ۱ s با سرعت‌های به ترتیب ۱۵۰۰ m/s و ۲۰۰۰ m/s. (ب) ورداشت CMP تصحیح شده شکل ۶-الف به روش برون‌راند نرمال مرسوم. (ج) ورداشت CMP تصحیح شده شکل ۶-الف با حذف ۷۰ درصد کشیدگی به روش برون‌راند نرمال مرسوم. (د) ورداشت CMP تصحیح شده با روش NMO بدون کشیدگی.



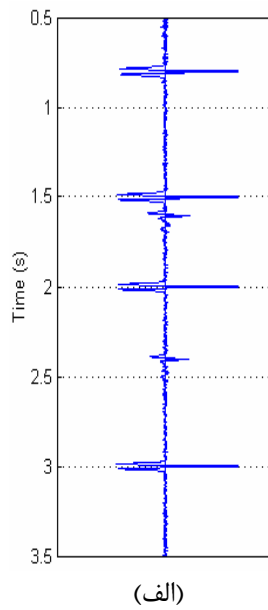
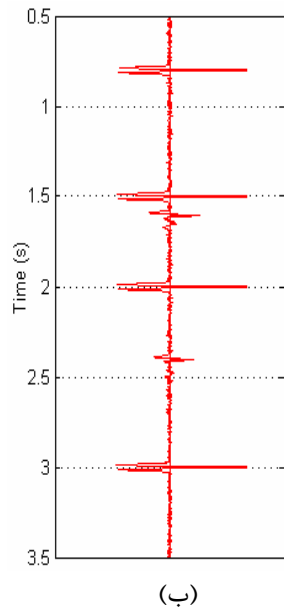
شکل ۷. طیف دامنه ردلرزه برانبارش شده شکل ۶، برای دو روش NMO مرسوم (ردلرزه آبی) و NMO بدون کشیدگی (ردلرزه سرخ). مقایسه طیف ردلرزه‌های هر دو روش با طیف دامنه ردلرزه مربوط به دورافت صفر برای بازتاب ۰.۵ S. طیف دامنه ردلرزه برانبارش حاصل از روش NMO بدون کشیدگی و طیف دامنه ردلرزه دورافت صفر تقریباً بر یکدیگر منطبق‌اند.



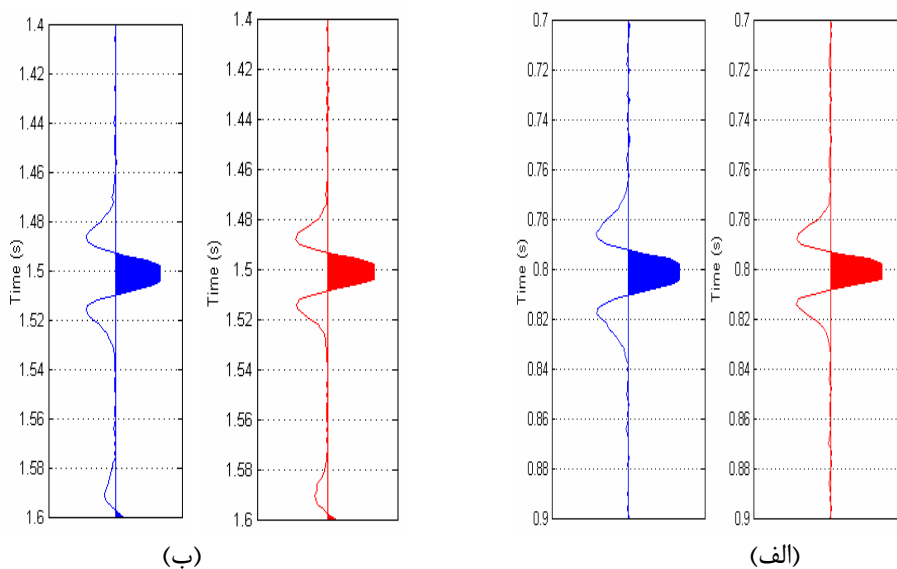
شکل ۸. (الف) ورداشت CMP با چهار رویداد بازتابی در زمان‌های t_0 ، ۱.۸ S، ۲.۵ S، ۳ و ۳ که به ترتیب دارای سرعت‌های ۲۲۰۰، ۲۵۰۰، ۳۰۰۰ و ۳۵۰۰ است. این ورداشت دارای دو موج تکراری مرتبه اول و مرتبه دوم به ترتیب در زمان‌های t_0 ، ۱.۸ S و ۲.۵ S مربوط به رویداد زمانی ۱.۸ S به همراه نوفه است (پیکان‌های سرخ، دو موج تکراری را نشان می‌دهند). (ب) ورداشت CMP تصحیح شده شکل ۸-الف به روش برون‌راند مرسوم. (ج) ورداشت CMP تصحیح شده با حذف ۵۰ درصد کشیدگی به روش برون‌راند نرمال مرسوم. (د) ورداشت CMP تصحیح شده با روش NMO بدون کشیدگی.



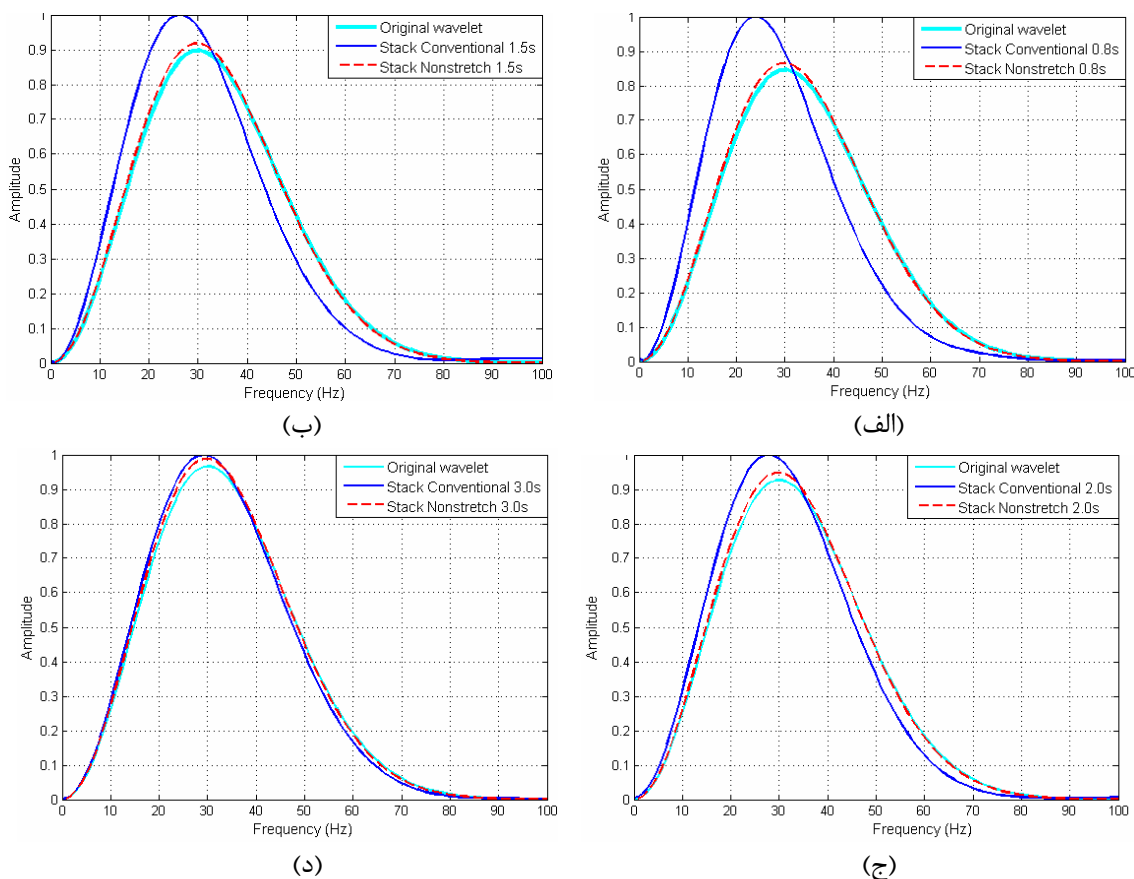
شکل ۹. (الف) طیف‌های دامنه مربوط به زمان ۰.۸ s در دورترین دورافت و برداشت CMP شکل ۸. (ب) طیف‌های دامنه مربوط به زمان ۱.۵ s در دورترین دورافت و برداشت CMP شکل ۸. (ج) طیف‌های دامنه مربوط به زمان ۲ s در دورترین دورافت و برداشت CMP شکل ۸. (د) طیف‌های دامنه مربوط به زمان ۳ s در دورترین دورافت و برداشت CMP شکل ۸.



شکل ۱۰. (الف) ردلرزه برانبارش شده شکل ۹-ج (روش برونراند مرسوم). (ب) ردلرزه برانبارش شده شکل ۹-د (روش برونراند بدون کشیدگی).



شکل ۱۱. (الف) ردلرزه شکل ۱۰ برای رویداد $t_0, 0.8\text{ s}$. (ب) ردلرزه شکل ۱۰ برای رویداد $t_0, 1.5\text{ s}$. ردلرزه‌های آبی مربوط به روش NMO مرسوم و ردلرزه‌های سرخ مربوط به روش NMO بدون کشیدگی‌اند.

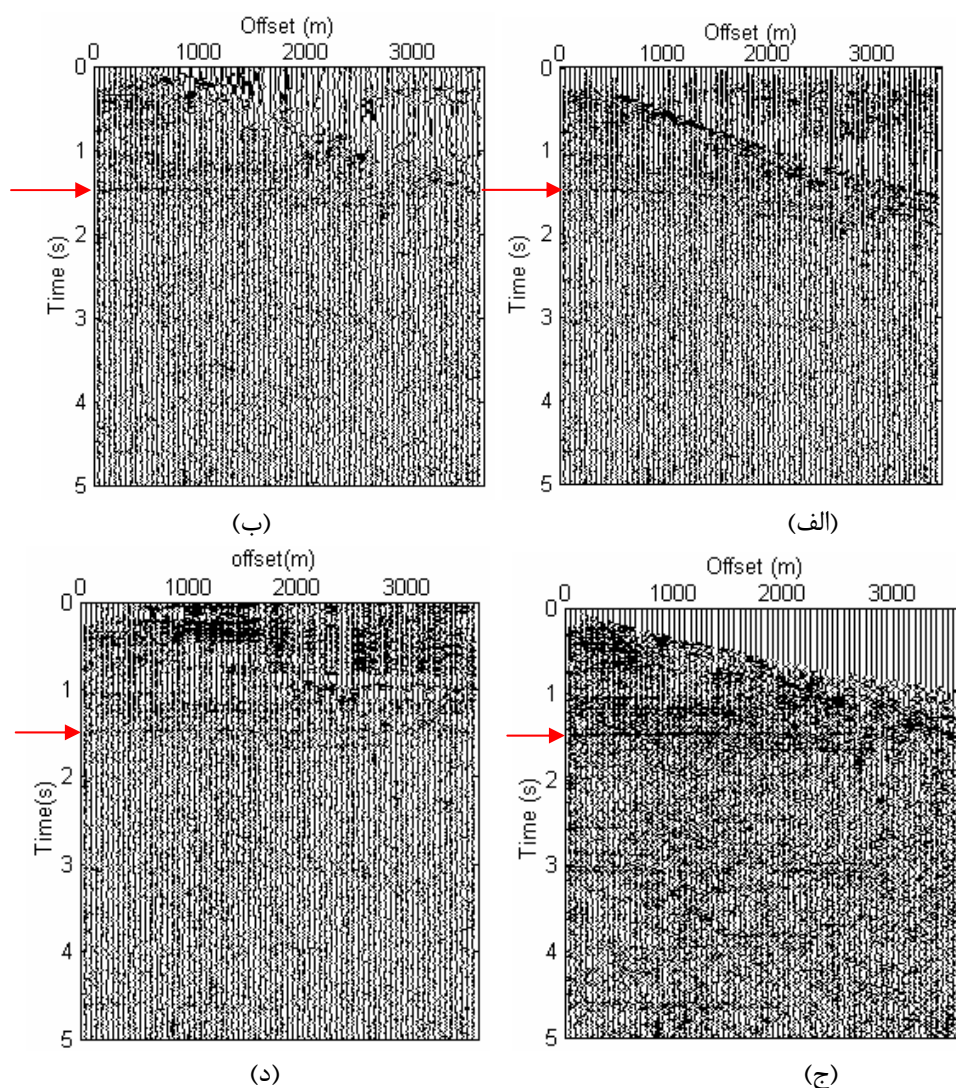


شکل ۱۲. (الف) طیف‌های دامنه مربوط به رویداد زمان 0.8 s برای دو ردلرزه برانبارش شکل ۱۰. (ب) طیف‌های دامنه مربوط به رویداد زمان 1.5 s برای دو ردلرزه برانبارش شکل ۱۰. (ج) طیف‌های دامنه مربوط به رویداد زمان 2 s برای دو ردلرزه برانبارش شکل ۱۰. (د) طیف‌های دامنه مربوط به رویداد زمان 3 s برای دو ردلرزه برانبارش شکل ۱۰.

شکل ۱۳-الف را نشان می‌دهد. طیف حاصل از روش NMO بدون کشیدگی دارای بسامدهای بالاتری نسبت به طیف روش NMO مرسوم در دورافت‌های دور است. تصحیح NMO صورت گرفته با هر دو روش در دورافت‌های کوچک چندان با یکدیگر فرق نمی‌کنند به طوری که طیف ردلرزه‌ها با دورافت کم (۵۰ m) در هر دو روش منطبق هستند (شکل ۱۴-الف).

۵ اعمال تصحیح Nonstretch NMO بر داده‌های واقعی

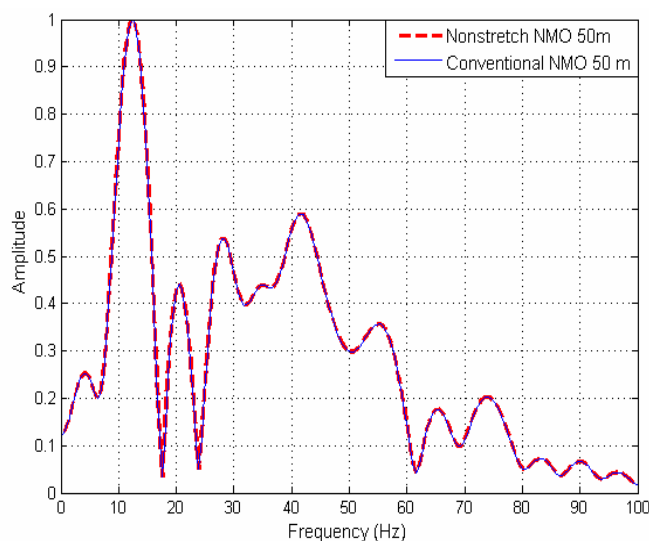
در شکل ۱۳-الف ورداشت CMP داده واقعی خشکی نشان داده شده است. شکل ۱۳-ب اعمال روش تصحیح برونراند نرمال مرسوم و ۱۳-ج اعمال روش تصحیح برونراند نرمال مرسوم با اعمال حذف کشیدگی ۷۰ درصد را نشان می‌دهد. شکل ۱۳-د اعمال روش برونراند نرمال بدون کشیدگی را بر ورداشت CMP



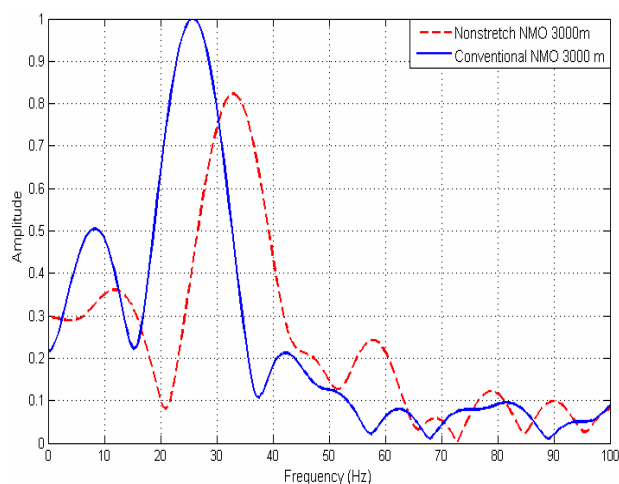
شکل ۱۳. (الف) ورداشت CMP واقعی خشکی. (ب) اعمال تصحیح NMO مرسوم بر ورداشت شکل ۱۳-الف به روش برونراند مرسوم. (ج) اعمال تصحیح NMO مرسوم با حذف کشیدگی ۷۰ درصد به روش برونراند مرسوم. (د) اعمال تصحیح NMO بدون کشیدگی. پیکان‌های سرخ محل بازتابنده ۱۴۷۰ ms را نشان می‌دهد.

شکل های ۱۳-ج و د برای بازه زمانی ۱٫۲ S تا ۱٫۸ نشان داده شده است. در شکل ۱۶ طیف های دامنه شکل ۱۵ برای بازتاب ۱۴۷۰ ms با طول پنجره زمانی ۱۲۰ ms نشان داده شده است. بسامد غالب موجک با اعمال روش NMO بدون کشیدگی دارای مقدار بزرگ تری نسبت روش NMO مرسوم است و همچنین دامنه بسامد در بسامدهای بزرگ تر مقدار بزرگ تری دارد که گواه این مطلب است که بیشتر انرژی موجک، مربوط به محدوده بسامدهای بزرگ تر است.

تفاوت در دورافت های دور (۳۰۰۰ m) مشاهده می شود. در روش Nonstretch NMO داده ها دارای بسامد بیشتری نسبت به روش معمول هستند (شکل ۱۴-ب). این روش می تواند برانبارش CMP را با دقت تفکیک بیشتری به دست آورد. (توجه: به علت مجموعه ای از تصحیحات قبل از تصحیح NMO بر برداشت شکل ۱۳-الف در زمان های سطحی دورافت های دور بعد از تصحیح NMO و بدون کشیدگی داده وجود ندارد). در شکل ۱۵ برانبارش دو برداشت تصحیح شده

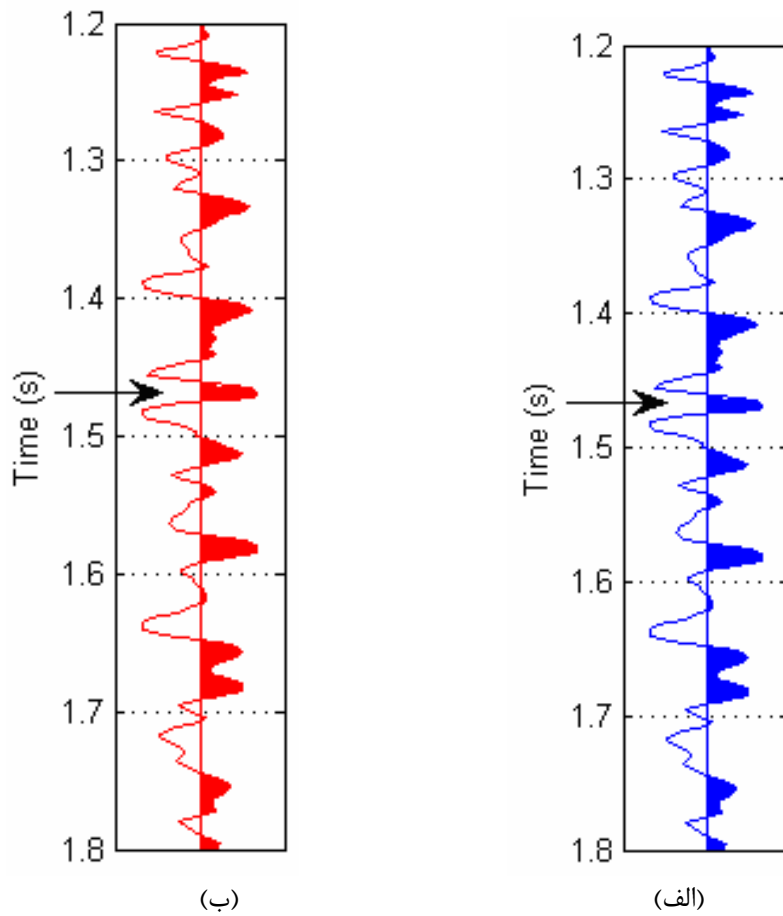


(الف)

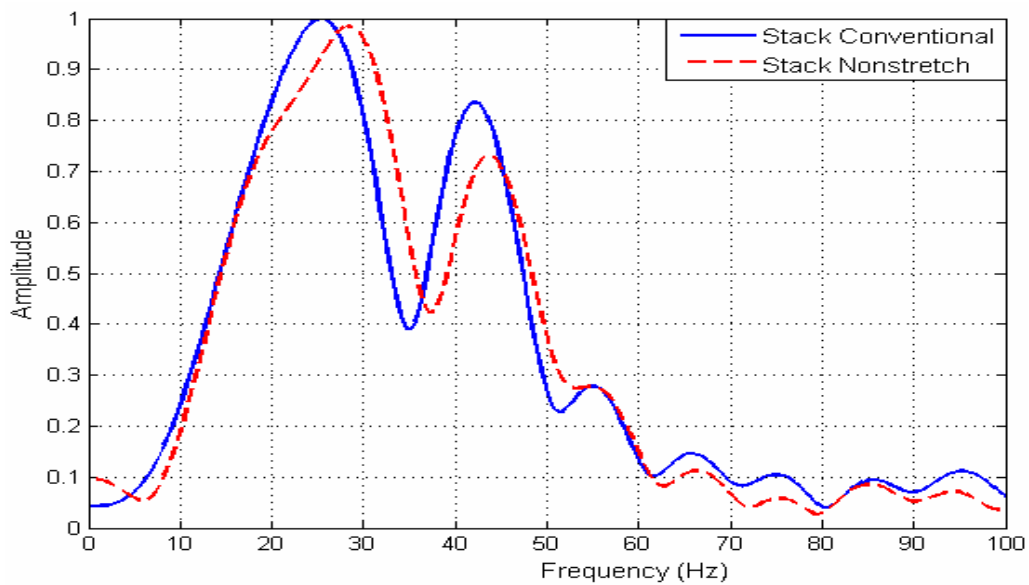


(ب)

شکل ۱۴. (الف) طیف های دامنه ردلرزه های تصحیح شده برای بازتاب ۱۴۷۰ ms در دورافت ۵۰ m (هر دو منحنی کاملاً بر هم منطبق هستند). (ب) طیف های دامنه ردلرزه های تصحیح شده برای بازتاب ۱۴۷۰ ms در دورافت ۳۰۰۰ m.



شکل ۱۵. (الف) بازه زمانی ۱٫۲ s تا ۱٫۸ s ردلرزه برانبارش شده ورداشت شکل ۱۳-ج حاصل از NMO مرسوم. (ب) بازه زمانی ۱٫۲ s تا ۱٫۸ s ردلرزه برانبارش شده ورداشت شکل ۱۳-د حاصل از NMO بدون کشیدگی.



شکل ۱۶. طیف‌های دامنه شکل ۱۵ برای بازتاب ۱۴۷۰ ms با طول پنجره زمانی ۱۲۰ ms.

- Byun, B. S., and Nelan, E. S., 1997, Method and system for correcting seismic traces for normal move-out stretch effects, U.S. Patent 5, 684, 745.
- Castle, R. J., 1994, Theory of normal moveout: Geophysics, **59**, 983-999.
- Clearbout, J. F., 1992, Earth sounding analysis: Processing versus inversion, Blackwell Scientific.
- Cohen, L., 1989, Time-frequency distributions – A review: Proc. IEEE, **77**, 941-981.
- De Bazelaire, E., 1988, Normal moveout revisited: Inhomogeneous media and curved interfaces: Geophysics, **42**, 477-499.
- De Bazelaire, E., and Viallix, J. R., 1994, Normal moveout in focus: Geophysical Prospecting, **42**, 477-499.
- Dix, C. H., 1955, Seismic velocity from surface measurements: Geophysics, **20**, 68-86.
- Downton, J., and Lines, L., 2002, AVO before NMO, 72nd Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., 233-236.
- Dunkin, J. W., and Levin, F. K., 1973, Effect of normal moveout on a seismic pulse: Geophysics, **38**, 635-642.
- Hicks, G. J., 2001, Removing NMO stretch using Radon and Fourier-Radon transforms, 63rd Mtg.: Eur. Assn. of Expl. Geophys., Session: A-18.
- Lichman, E., 1999, Automated phase-based moveout correction, 69th Ann. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstract, 1150-1153.
- Miller, R. D., 1992, Normal moveout stretch mute on shallow-reflection data: Geophysics, **57**, 1502-1507.
- Perroud, H., Tygel, M., 2004, Nonstretch NMO: Geophysics, **69**, 599-607.
- Rupert, G. B. and Chun, J. H., 1975, The block move sum normal moveout correction: Geophysics, **40**, 17-24.
- Shatilo, A. and Aminzadeh, F., 2000, Constant normal moveout (CNMO) correction: a technique and test results: Geophysical Prospecting, **48**, 473-488.
- Sun, C., Wang, H. and Martinez, R. D., 2002, Optimized 6th order NMO correction for long-offset seismic data: 72nd Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 2313-2316.
- Swan, H. W., 1988, Amplitude versus offset analysis in a finely layered media. 58th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 1195-1198.
- Swan, H. W., 1997, Removal of offset-dependent tuning in AVO analysis. 73rd Ann. Internat.

۶ نتیجه گیری

با توجه به روش تصحیح NMO بدون کشیدگی عرضه شده در این مقاله که نیازمند تحلیل سرعت مرسوم است، تصحیح به روشی مشابه روش NMO مرسوم، منجر به تصحیح ردلرزه‌ها می‌شود. این مزیت به راحتی امکان مشارکت این روش را در مراحل پردازشی فراهم می‌سازد. از آنجاکه این روش تصحیح NMO بر داده‌های مصنوعی و واقعی به کار گرفته شده، با توجه به طیف دامنه موجک‌ها در دورافت‌های دور و همین‌طور طیف دامنه ردلرزه برانبارش شده برای برداشت‌های مصنوعی و واقعی، شامل محتوای بسامدی طیفی بزرگ‌تر و تغییر شکل طیفی کمتر، به‌خصوص برای دورافت‌های دور را نتیجه داده است. با این تصحیح، حذف و برش، کاهش قابل توجهی نسبت به برون‌راند نرمال مرسوم پیدا می‌کند. با توجه به اینکه محدوده دورافت دورتری از داده‌ها بدون ایجاد پدیده کشیدگی حاصل از روش NMO مرسوم حفظ شده است و رویدادهای بازتابی سطحی با وضوح بهتری نمایان شده‌اند، این روش می‌تواند برانبارش CMP را با قدرت تفکیک بیشتری تهیه کند.

منابع

یوسف، ب. م.، ۱۳۸۷، تصحیح برون‌راند نرمال به روش برون‌راند نرمال بدون کشیدگی در پردازش داده‌های لرزه‌ای بازتابی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

- Barnes, A. E., 1992, Another look at NMO stretch: Geophysics, **57**, 749-751.
- Brouwer, J. H., 2002, Improved NMO correction with a specific application to shallow seismic data: Geophysical Prospecting, **50**, 225-237.
- Buchholtz, H., 1972, A note on signal distortion due to dynamic (NMO) corrections: Geophysical Prospecting, **20**, 395-402.

Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts,
175-178.

Taner, M.T., and Koehler, F., 1969, Velocity
spectra-digital computer derivation and
applications of velocity functions: Geophysics,
34, 859-881.