



بهبود تصویرسازی ساختارهای پیچیده با استفاده از روش سطح پراش مشترک

مرتضی رحمانی^۱، بهروداد سلیمانی منفرد^۲، دانشگاه صنعتی شاهرود

چکیده

از مراحل مهم در اکتشاف مخازن هیدروکربنی، تهیه تصویر لرزه‌ای از ساختارهای زیرسطحی است. در اغلب موارد مخازن هیدروکربنی در ساختارهای پیچیده‌ی زمین‌شناسی قرار گرفته‌اند که تصویرسازی این ساختارها با روش‌های متداول، دشوار و گاهی غیرممکن است. از روش‌های نوین تصویرسازی، روش برانبارش صفحه‌ای است. روش سطح بازتاب مشترک با برانبارش صفحه‌ای، مقاطعی با نسبت سیگنال به نوفه‌ی زیادی تولید می‌کند که پیوستگی رخدادهای مقاطع حاصل از این روش مطلوب‌تر است. با این حال روش مذکور در نواحی با ساختار پیچیده (دارای رخدادهای با شیب متداخل) ضعف‌هایی دارد. روش سطح پراش مشترک که نسخه‌ی توسعه‌یافته‌ی روش سطح بازتاب مشترک است، علاوه بر برانبارش صفحه‌ای، بر پایه‌ی آشکارسازی پراش‌ها عمل می‌کند که منجر به تصویرسازی بهتر ساختارهای پیچیده می‌شود. در این تحقیق داده‌ی لرزه‌ای که ساختاری پیچیده دارد پردازش شد. سپس هر دو روش برانبارش ذکر شده اعمال گردید که رخدادهای موجود در مقطع حاصل از روش سطح بازتاب مشترک مطلوب‌تر بود اما امتداد رخدادهای با شیب متداخل در روش سطح پراش مشترک بهتر نمایش داده شده بود.

واژگان کلیدی: روش سطح پراش مشترک، سطح بازتاب مشترک، برانبارش صفحه‌ای، پراش

مقدمه

بدون در نظر گرفتن مقدار همدوسی، تمام پراش‌ها را آشکارسازی می‌کند. این روش که از روش‌های مبتنی بر داده است بسیار زمان‌بر می‌باشد. شاهسونی (۲۰۱۱) روش CDS مبتنی بر مدل را بیان کرد که زمان پردازش کمتری نیاز دارد. با این وجود در هر دو روش CDS (مبتنی بر داده و مبتنی بر مدل) علاوه بر پراش‌های ضعیف، نوفه‌های زمینه نیز تقویت می‌شوند [۶]. بالارستاقی (۱۳۹۱) خورشیدی) با محدود کردن دورافت در روش سطح پراش مشترک (FO-CDS^۲) توانست تأثیر نوفه‌های زمینه را در صفحه‌ی برانبارش به حداقل برساند [۷].

۱- سطح بازتاب مشترک

در هندسه‌ی برداشت دوبعدی، داده‌های لرزه‌ای در امتداد یک خط که معمولاً به‌عنوان محور X سیستم مختصات کارترین تعریف شده برداشت می‌شود. جهت این محور معمولاً به‌جهت خط لرزه‌ای اشاره دارد و محور مختصاتی Y تعیین‌کننده‌ی جهت عمود بر خط لرزه‌ای است اگر عوامل زیرسطحی در امتداد عمود بر خط لرزه‌ای تغییر نکنند تمامی پرتوها در سطح (صفحه‌ی) مشاهده‌ای قائم که توسط خط برداشت تعیین می‌شود باقی خواهند ماند. این وضعیت معمولاً متناسب به هندسه‌ی دو و نیم‌بعدی است. زیرا در مدلی با تغییرات دوبعدی، موج به‌صورت سه‌بعدی انتشار می‌یابد.

لرزه‌نگاری بازتابی از مهم‌ترین مراحل اکتشاف مخازن هیدروکربنی است که شامل برداشت، پردازش و تفسیر داده‌های لرزه‌ای می‌باشد. هدف نهایی از برداشت داده‌های لرزه‌ای و انجام مراحل پردازش روی این داده‌ها، به‌دست آوردن تصاویر لرزه‌ای هرچه دقیق‌تر و واقعی‌تر از زیر سطح زمین است. در تصویرسازی ساختارهای پیچیده‌ی زیرسطحی، تهیه‌ی مدل سرعت بسیار دشوار است و اغلب این‌گونه مدل‌های سرعت قابل اطمینان نیستند. هوبرال و همکاران (۱۹۹۶) مفهوم روش سطح بازتاب مشترک (CRS^۳) را معرفی کردند [۱]. برانبارش CRS مستقل از مدل سرعت عمل کرده و با توجه به برانبارش صفحه‌ای، نسبت سیگنال به نوفه و پیوستگی رخدادهای در مقطع نهایی بسیار بیشتر از روش‌های پردازشی متداول است. این روش در نواحی دارای پراش (شیب‌های متداخل)، تنها رخداد با همدوسی بیشتر را در نظر می‌گیرد [۲]. برای رفع این مشکل روش بهینه‌ی CRS ارائه شد که تنها تعداد معدودی از شیب‌های متداخل را در نظر می‌گیرد [۲]. بر گلر (۲۰۰۱) برانبارش CRS با دورافت یکسان را بیان کرد [۳]. در مطالعات بیشتر، روش CRS برای برانبارش داده‌های سه‌بعدی توسعه داده شد [۴]. سلیمانی و همکاران (۲۰۰۹) روش سطح پراش مشترک (CDS^۴) را برای آشکارسازی تمام شیب‌ها ارائه کردند [۵]. روش CDS

*نویسنده عهده‌دار مکاتبات (morteza_men@yahoo.com)

حسب مشتقات درجه اول و دوم زمان سیر بیان کرد. هوخ (۱۹۹۸) برای به دست آوردن زمان سیر پرتوها به روش بسط تیلور و به کمک نشانگرهای میدان موج، معادلاتی را ارائه کرد که به عنوان معادلات اصلی عملگر برانبارش CRS شناخته می شوند [۸]. در این روش ابتدا بسط تیلور مرتبه اول برای t و سپس بسط تیلور مرتبه دوم برای t^2 محاسبه می شود. شکل نهایی (هندلولی) عملگر دوبعدی CRS به صورت رابطه ۱- نوشته می شود [۳]:

$$t_{hyp}^2(x_m, h) = \left(t_0 + \frac{2\text{Sin}\alpha}{v_0}(x_m - x_0) \right)^2 + \frac{2t_0\text{Cos}^2\alpha}{v_0} \left(\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right) \quad (1)$$

و معادله عملگر برانبارش تقریب سهموی زمان سیر به صورت رابطه ۲- خواهد بود:

$$t_{par}(x_m, h) = t_0 + \frac{2\text{Sin}\alpha}{v_0}(x_m - x_0) + \frac{\text{Cos}^2\alpha}{v_0} \left(\frac{(x_m - x_0)^2}{R_N} + \frac{h^2}{R_{NIP}} \right) \quad (2)$$

البته عملگر سهموی در داده های با دورافت زیاد توانایی تطابق را از دست می دهند [۹]. برای محاسبه عملگر برانبارش نیاز به سه نشانگر است که عبارتند از زاویه ورود (α) ، شعاع انحنای موج عمود (RN) و شعاع انحنای موج عمود در نقطه ورود (RNIP) (شکل ۱- [۲]). شکل ۱- نشانگرهای مورد استفاده در روابط ۱ و ۲ را نشان می دهد. در این معادلات V_0 سرعت لایه سطحی و α زاویه ورود پرتو مرکزی بوده و نقطه ای که باید در مقطع ZO شبیه سازی شود با X_0 نشان داده شده که در حقیقت موقعیت محل ورود پرتو مرکزی است.

۲- سطح پراش مشترک

به طور سنتی تصویرسازی لرزه ای حلقه ای پایانی زنجیر بلندی از فرآیندهای پردازشی است. همه مراحل پردازش داده های لرزه ای شامل متناسب سازی دامنه ها، واهم آمیخت، تصحیح استاتیک و تحلیل سرعت، تصحیحات برون راند نرمال و برون راند شیب و برانبارش، به کوچ منتهی می شوند که اصولاً هدف این مرحله، تصویرسازی ساختاری^۸ است.

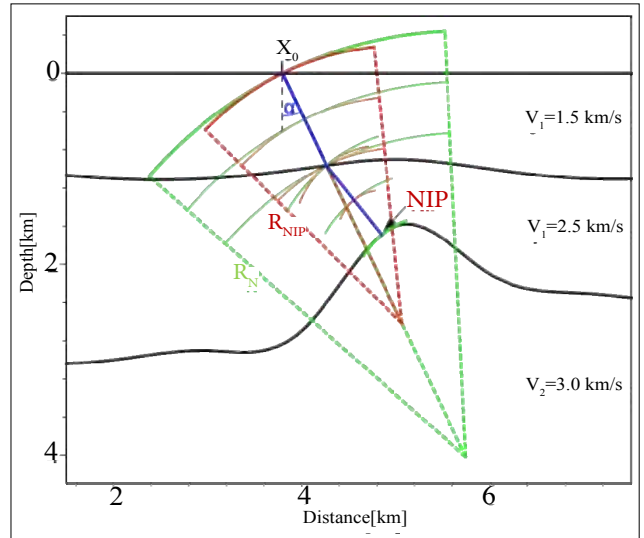
در فرآیند کوچ، انرژی ها جمع آوری شده و به محل واقعی منتقل می شوند. روش CDS نیز بر پایه آشکار سازی انرژی ها عمل می کند.

در رخدادهای پراش، مقدار شعاع موج (N) و شعاع موج (NIP) با یکدیگر برابرند؛ $R_{NIP} = RN$.

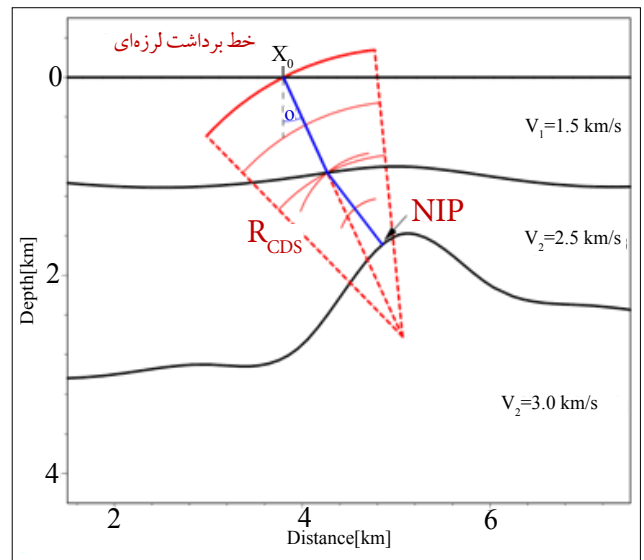
در یک زاویه ورود مشخص α ، تنها نشانگری که باید محاسبه شود ترکیبی از شعاع انحنای RN و NIP است که می توان آنرا RCDS نام گذاری کرد. بنابراین در این حالت تخمین زمان سیر CRS از طریق رابطه ۳- صورت می گیرد [۵]:

$$t_{hyp}^2(x_m, h) = \left(t_0 + \frac{2\text{Sin}\alpha}{v_0}(x_m - x_0) \right)^2 + \frac{2t_0\text{Cos}^2\alpha}{v_0 R_{CDS}} \left((x_m - x_0)^2 + h^2 \right) \quad (3)$$

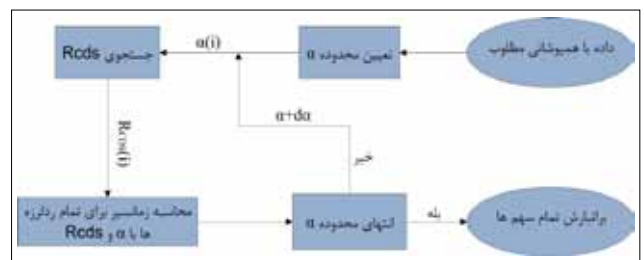
در شرایط هندسه دو و نیم بعدی، مختصات نقطه میانی و نیم دورافت به اسکالر تبدیل می شوند و تقریب زمان سیر را می توان بر



شکل ۱ | مشخصه های لازم برای تعیین عملگر برانبارش سطح بازتاب مشترک [۲]



شکل ۲ | شعاع موج N و شعاع موج NIP با یکدیگر برابرند که به آن RCDS گفته می شود

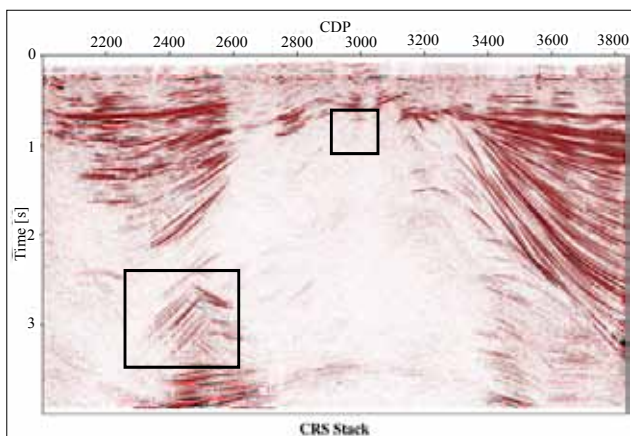


شکل ۳ | نمودار ساده شده روش سطح پراش مشترک

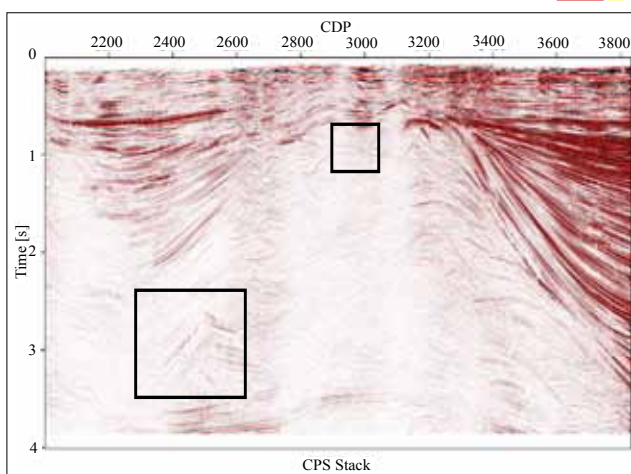
چشمه با فاصله میان چشمه‌ای ۲۰ متر و همچنین ۳۶۲ عدد گیرنده با فاصله میان گیرنده‌ای ۲۰ متر می‌باشد. نرخ نمونه برداری آن ۴ میلی ثانیه و محدوده‌ی دورافت آن صفر تا ۳۷۸۰ متر می‌باشد. مقطع برانبارش با دو روش CRS و CDS به دست آمده است. مقطع برانبارش CRS با بازه‌ی ۷۵۰ متر و عوامل ذکر شده در جدول ۱- پردازش شده است. در شکل ۴- مقطع برانبارش CRS و در شکل ۵ مقطع برانبارش CDS مشاهده می‌شود. در برانبارش صفحه‌ای تعداد ردلرزه‌های برانبارش شده برای به دست آوردن هر ردلرزه موجود در مقطع دورافت صفر بسیار بیشتر از روش‌های متداول است. به همین دلیل نسبت سیگنال به نوفه نیز زیاد بوده و سبب افزایش کیفیت مقطع دورافت صفر می‌شود.

به منظور بررسی عملکرد این روش‌ها در عمق‌های بیشتر، محدوده‌ی

همان طور که در شکل ۴- مشاهده می‌شود از مزایای روش CRS حفظ پیوستگی رخدادهاست. اما این روش در آشکار سازی امتداد



شکل ۴ | مقطع برانبارش به دست آمده از روش سطح بازتاب مشترک



شکل ۵ | مقطع برانبارش به دست آمده از روش سطح پراش مشترک

که به نام عملگر برانبارش CDS خوانده می‌شود. تنها نشانگر جنبشی میدان موج باقیمانده، RCDS است که با تعیین محدوده و گام جستجوی α توسط پردازشگر، RCDS تعیین می‌گردد. در شکل ۳- نمای مرحله‌وار روش CDS نشان داده شده است. با در نظر گرفتن تمام زوایای ممکن در رابطه‌ی ۳-، به جای یک عملگر تکی در حوزه‌ی زمان، گروهی از عملگرها یک حجم وزن داده شده را برای نمونه‌ی موجود در مقطع دورافت صفر تشکیل می‌دهند. این عمل باعث تقویت هر رخداد بازتابی یا پراش ضعیف موجود در نمونه می‌شود که در روش‌های قبلی توسط سایر رخدادها قوی‌تر پوشانده شده بود.

۳- بررسی عملکرد روش‌های برانبارش صفحه‌ای

برای آزمودن عملکرد روش‌های برانبارش صفحه‌ای داده‌ای با ساختار پیچیده در نظر گرفته شده است. این داده دارای ۹۱۶ عدد

عوامل مورد استفاده در پردازش به روش CRS	عامل	عامل پردازش	مقدار
سرعت و محدوده‌ی جستجوی آن	سرعت لایه‌ی سطحی	سرعت بر ثانیه	۲۰۰۰ متر بر ثانیه
	سرعت‌های برانبارش در جستجو	سرعت بر ثانیه	۱۵۰۰ تا ۵۰۰۰ متر بر ثانیه
منطقه‌ی هدف	زمان سیرهای ZO شبیه‌سازی شده	ثانیه	۰ تا ۴ ثانیه
	فاصله نمونه برداری زمانی در شبیه‌سازی	میلی ثانیه	۴ میلی ثانیه
	تعداد ردلرزه‌های ZO شبیه‌سازی شده		۱۸۳۱
تعیین بازه‌ی جستجو	فاصله بین ردلرزه‌های ZO در شبیه‌سازی	متر	۱۰ متر
	حداقل بازه ZO	متر در ۰/۲ ثانیه	۵۰ متر در ۰/۲ ثانیه
	حداکثر بازه ZO	متر در ۴ ثانیه	۷۵۰ متر در ۴ ثانیه
	حداقل بازه CMP	متر در ۰/۲ ثانیه	۵۰ متر در ۰/۲ ثانیه
برانبارش خودکار CMP	حداکثر بازه CMP	متر در ۴ ثانیه	۳۷۸۰ متر در ۴ ثانیه
	ابعاد تعمیم بازه		۳۰
برانبارش خطی ZO	اولین افزایش برون راند برای بزرگ‌ترین دورافت	میلی ثانیه	۴ میلی ثانیه
	تعداد مراتب جستجو		۳
	بازه‌ی زاویه مورد جستجو	درجه	۶۰- تا ۶۰+ درجه
برانبارش هذلولی ZO	مقدار افزایش گام زاویه‌های مورد جستجو	درجه	۱ درجه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو		۳
برانبارش هذلولی ZO	اولین برون راند برای بزرگ‌ترین فاصله ZO	میلی ثانیه	۴ میلی ثانیه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو		۳
برانبارش هذلولی CS/CR در	اولین برون راند نرمال برای بزرگ‌ترین دورافت	میلی ثانیه	۴ میلی ثانیه
	مراتب تکرار در بهینه کردن جستجو		۳

روش CDR توانایی آشکار سازی تمام شیب‌های متداخل را دارد (شکل-۶ب) به منظور بررسی عملکرد این روش‌ها در عمق‌های بیشتر، محدوده‌ی زمانی ۵/۲ تا ۶/۳ ثانیه جدا شده است (شکل-۷). در شکل-۷الف مقطع پردازش شده به روش CRS مشاهده می‌شود که در آن پیوستگی رخدادهای موجود مطلوب بوده ولی امتداد رخدادهای با شیب متداخل مشاهده نمی‌شود.

روش CDS بر پایه‌ی آشکار سازی انرژی‌ها عمل می‌کند. مقطع شکل-۷ب با این روش پردازش شده که در آن رخدادهای با شیب متداخل و همچنین رخدادهای با انرژی کم به خوبی قابل مشاهده‌اند.

نتیجه‌گیری

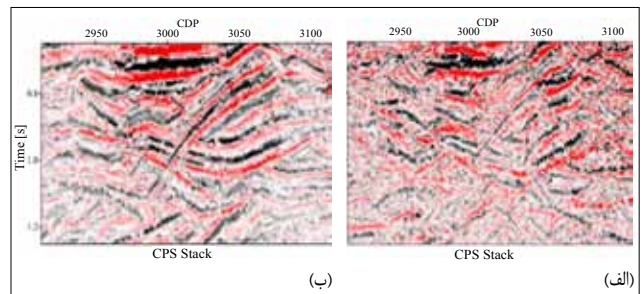
روش‌های برانبارش صفحه‌ای نسبت به روش‌های متداول، نسبت سیگنال به نوفه‌ی بیشتری دارند.

رخدادهای موجود در مقاطع حاصل از روش CRS نسبت به سایر روش‌ها پیوستگی بیشتری دارند.

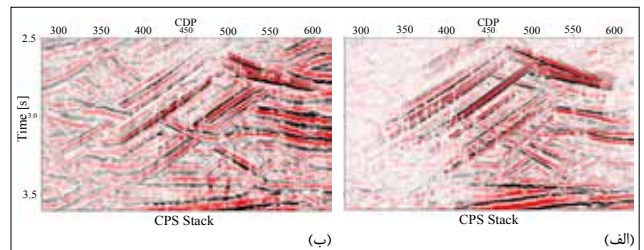
با افزایش عمق، انرژی داده‌های لرزه‌ای کاهش می‌یابد. روش CDS با تمرکز بیشتر بر آشکار سازی پراش‌ها در اعماق بیشتر، عملکرد مطلوب‌تری دارد.

روش CDS بدون در نظر گرفتن همدوسی رخدادها، داده‌ها را برانبارش می‌کند که منجر به آشکار سازی بهتر امتداد رخدادهای با شیب متداخل می‌شود.

پراش‌ها نسبت به روش CDR عملکرد ضعیف‌تری از خود نشان می‌دهد. قسمتی از مقاطع برای بررسی بهتر عملکرد روش CDR در شکل-۶ نشان داده شده‌اند. روش CRS در مواجهه با شیب‌های متداخل عملکرد مطلوبی ندارد (شکل-۶الف) ولی در مقابل،



شکل ۶ | قسمتی از مقاطع که به روش‌های الف) CRS و ب) CDS پردازش شده‌اند



شکل ۷ | مقاطع جدا شده از محدوده‌ی زمانی بیشتر که با روش‌های الف) CRS و ب) CDS پردازش شده‌اند

پانویس‌ها

1. msoleimani@shahroodut.ac.ir
2. Common Reflection Surface
3. Common Diffraction Surface
4. Finite Offset Common Diffraction Surface
5. normal incidence point
6. Zero Offset
7. scaling
8. structural imaging

منابع

- [1] Hubral, P., Schleicher, J., And Tygel, M. A Unified Approach To 3-D Seismic Reflection Imaging, Part I: Basic Concepts. Geophysics, 1996, 61:742-758.
- [2] Mann, J. Extensions And Applications Of The Common-Reflection-Surface Stack Method. Logos Verlag, Berlin, 1999.
- [3] Bergler, S. The Common-Reflection-Surface Stack For Common Offset Theory And Application, Master's Thesis, University Of Karlsruhe, 2001.
- [4] Müller, N... The 3D Common-Reflection-Surface Stacks Theory And Application, Master's Thesis, University Of Karlsruhe, 2001.
- [5] Soleimani Monfared, M., Piruz, I., Mann, J., And Hubral, P. Common Reflection Surface Stack, Accounting For Conflicting Dip Situations By Considering All Possible Dips, Journal Of Seismic Exploration, JSE, 2009, 18: 271288-.
- [6] Shamsavani, H., Mann, J. Piruz, I. A- Model Based Approach To The Common-Diffraction Surface Stack. 73 Rd EAGE Conference SPE EUROPEC 2011 Vienna, Austria, 2326-.
- [7] بالارستانی، م، تصویر سازی لرزه‌ای ساختارهای پیچیده با استفاده از روش برانبارش سطح بازتاب مشترک بادورافت محدود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۹۱.
- [8] Höcht, G. The Common Reflection Surface Stack. Master's Thesis, Universität Karlsruhe, 1998.
- [9] Jäger, R. The Common Reflection Surface Stack - Theory And Application. Master's Thesis, University Of Karlsruhe, 1999.