مهاجرت زمان معکوس در تصویرسازی لایه‌های زیرین سازند گچساران

آرزو جوهر[۱]، عبدالرضا قدس[۲]، امین رحیمی دلخانی[۳]، مهدی نجفی[۴]، سام‌الدین اسماعیلی[۵]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، arezoo_johar@yahoo.com
[۲]دانشیار ژئوفیزیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم‌پایه زنجان، aghods@iasbs.ac.ir
[۳]کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، aminrahimi@aut.ac.ir
[۴]استادیار زمین‌شناسی- تکتونیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم‌پایه زنجان، mahdinajafi@iasbs.ac.ir
[۵]کارشناس ارشد ژئوفیزیک، شرکت نفت مناطق مرکزی ایران، s.esmaeili@icofc.ir

چکیده

روش‌های مرسوم مهاجرت مقاطع لرزه‌ای نمی‌توانند تصویرسازی مطلوبی از مخازنی که در زیر سازند گچساران قرار دارند را ارائه دهند. روش‌های مهاجرت زمان معکوس به دلیل استفاده از حل کامل معادله موج اکوستیک در محیط‌هایی با ساختار پیچیده، برترین روش برای تصویرسازی شناخته می‌شوند. در این مقاله نتایج بدست آمده از روش مهاجرت تفاضل محدود، مهاجرت زمان معکوس پس از برانبارش و پیش از برانبارش بر روی یک خط لرزه‌ای در یکی از میدان‌های نفتی واقع در جنوب غرب ایران با یکدیگر مقایسه شده و برتری روش مهاجرت زمان معکوس پیش از برانبارش به طور مشهودی قابل مشاهده می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: گچساران، مهاجرت زمان معکوس، حل کامل معادله موج، پس از برانبارش، پیش از برنبارش، تصویرسازی، مهاجرت تفاضل محدود.

Reverse Time Migration in Imaging Geological Units beneath Gachsaran Formation

Arezoo Johar[1],Abdolreza Ghods[2], Amin Rahimi Delkhani[3], Mahdi Najafi[4], Sameddin Esmaeili[5]

[1]*MSc student, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS)*
[2]*Associate professor, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS)*
[3]*MSc, Amirkabir University of Technology*
[4] *Assistant Professor, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS)*
[5]*Senior Geophysicist, Iranian Central Oilfield Company*

Abstract

Conventional seismic migration methods cannot provide an adequate image for reservoirs located below the evaporates Gachsaran formation. Reverse Time Migration (RTM) method is a superior imaging algorithm because it solves fully the acoustic wave equation in areas with complex velocity structure. In this paper, we compare the results of the finite difference, poststack and prestack RTM depth migration on a seismic line in an oil field in SW Iran. We show the performance of the RTM depth migration is better than the other methods.

Keywords: Gachsaran, Reverse Time Migration, Fully wave equation solution, Poststack, Prestack, Imaging, Finite Difference Migration

مقدمه

تهیه مقاطع لرزه‌ای عمقی دقیق و با کیفیت در اکتشاف منابع هیدروکربوری و تعیین محل دقیق چاه‌های حفاری نقش بسیار مهمی دارد. در محیط‌هایی که دارای تغییرات جانبی سرعت قابل ملاحظه می‌باشند، استفاده از روش‌های مهاجرت زمانی نمی‌تواند تصویر خوبی از بازتابنده‌ها ارائه کند و نیاز است از مهاجرت عمقی استفاده بشود. همچنین در محیط‌هایی که ساختارهای پیچیده با شیب‌های زیاد وجود دارد مانند مناطقی که سازند تبخیری گچساران به عنوان سنگ پوش مخازن هیدروکربوری عمل می‌کند، فرض یکسان بودن مقطع برانبارش شده با مقطع دورافت صفر برای استفاده از مهاجرت پس از برانبارش نیز نمی‌تواند نتیجه قابل قبولی را ایجاد کند و در نتیجه لازم است از مهاجرت پیش از برانبارش استفاده گردد. روش‌های مرسوم در مهاجرت پیش از برانبارش مبتنی بر حل معادله انتشار موج به صورت یک طرفه می‌باشند. روش‌های معادله موج یک طرفه مانند مهاجرت تفاضل محدود برای حل معادله موج از یک تقریب زاویه‌ای استفاده می‌کنند. این روش‌ها

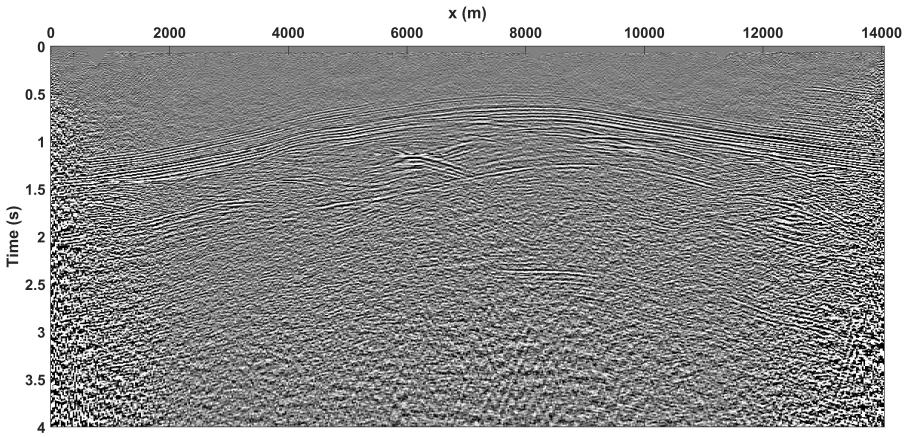
برای انتشار موج در جهت‌هایی نزدیک به جهت اصلی بسیار خوب کار می‌کنند (مثلاً در محدوده ۹۰ درجه از جهت قائم) ولی برای زوایای بیشتر و یا ساختارهایی با شیب زیاد استفاده نمی‌شود (لیو و همکاران، ۲۰۱۱). روش RTM با حل کامل معادله موج اکوستیک می‌تواند دقت بیشتری از انتشار موج در محیط‌هایی با ساختار پیچیده را ارائه کند و شیب‌های زیاد، تغییرات جانبی سرعت، امواج برگشتی، زمان رسیدهای چندگانه و ... را مهاجرت داده و ساختارهای زیر زمین را بهتر به تصویر بکشد (فارمر و همکاران، ۲۰۰۹). مزیت قابل توجه روش RTM حساس نبودن آن به انتخاب مدل سرعتی می‌باشد و به عبارت دیگر مدل سرعتی‌ای که برای آن انتخاب می‌شود نیاز به دقت بالایی نخواهد داشت. روش RTM نوعی برون‌یابی میدان موج در زمان است که بر اساس معادله موج دو طرفه عمل می‌کند. اولین کارها در زمینه مهاجرت زمان معکوس توسط وایت‌مُر، بایسال و همکاران در سال ۱۹۸۳ انجام شد. این محققین از مهاجرت زمان معکوس برای داده‌های دورافت صفر و به صورت دوبعدی استفاده کردند. پس از آن، چنگ و مکمیکان (۱۹۸۶) مهاجرت زمان معکوس (RTM) را برای داده‌های پیش از برانبارش پیشنهاد دادند.

روش تحقیق

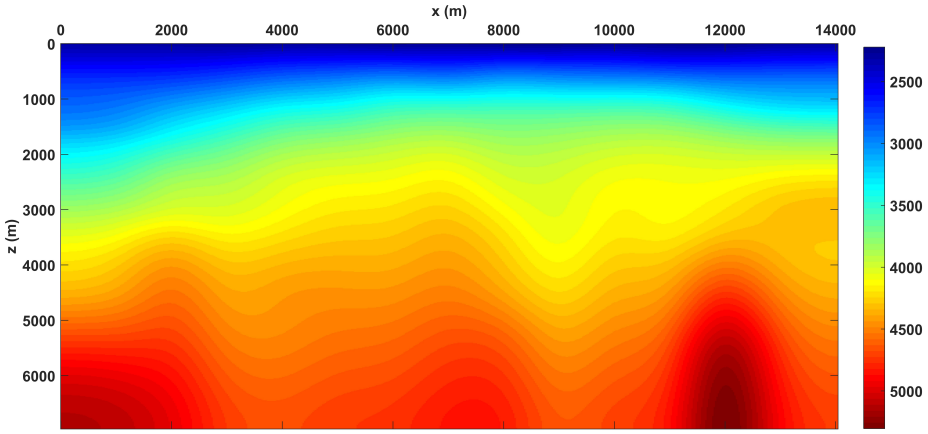
در روش RTM میدان موج چشمه و گیرنده در زمان برون‌یابی می‌شوند. ابتدا میدان موج چشمه که از محل چشمه شروع می‌شود (از یک تابع موجک به عنوان چشمه استفاده می‌شود) به صورت مستقیم در گام‌های زمانی Δt مدل‌سازی می‌شود و SnapShot هایی برای هر گام زمانی ایجاد و ذخیره می‌گردد. سپس میدان موج گیرنده‌ها به صورت معکوس مدل‌سازی می‌شود، یعنی مدل‌سازی از بیشترین زمان ($T_{\max}$) شروع شده و زمان‌های قبل‌تر با گام زمانی Δt برون‌یابی می‌شوند. در این مرحله داده‌هایی که به صورت چشمه مشترک در گیرنده‌ها ثبت شده‌است، به عنوان چشمه‌های فرضی در نظر گرفته می‌شود و در مدل سرعتی منتشر می‌گردد و به این ترتیب میدان موج در کل مدل بازسازی می‌شود و مجددا SnapShot هایی برای هر گام زمانی ایجاد و ذخیره می‌گردد. در آخرین مرحله از یک شرط تصویرسازی مناسب برای ساختن تصویر استفاده می‌گردد و با استفاده از آن هر SnapShot ذخیره شده در میدان موج چشمه با فرمت (x,z) در SnapShot متناظر با میدان موج گیرنده ضرب شده و در انتها نتایج تمامی گام‌های زمانی با یکدیگر جمع می‌شوند و نقاط بازتاب به تصویر کشیده می‌شوند. شرط تصویرسازی به کار رفته در این مقاله، همبستگی متقابل با تاخیر صفر (Zero-Lag Cross Correlation) می‌باشد که این کار با استفاده از رابطه ۱ انجام می‌شود (کلربوت، ۱۹۸۵):

$$I(\vec{x}) = \int_0^{T_{\max}} S(t,\vec{x}) r(t,\vec{x}) dt \qquad (۱)$$

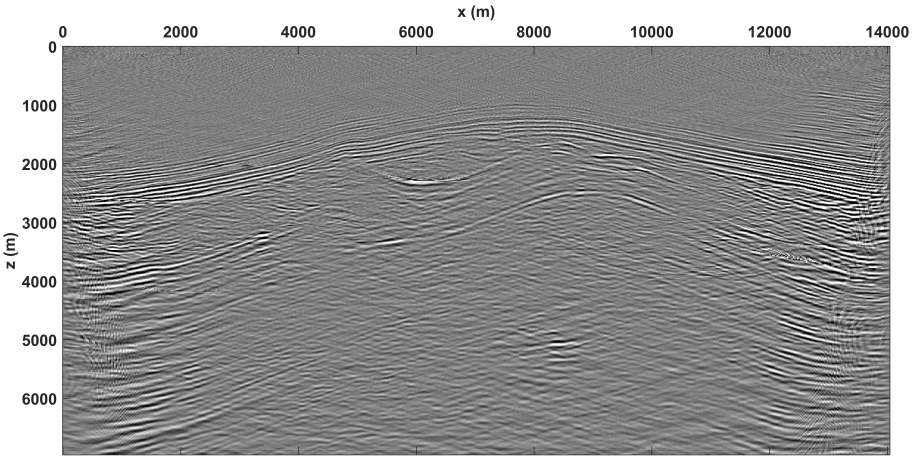
در رابطه (۱)، S میدان موج چشمه، r میدان موج گیرنده و I تصویر ساخته شده است. در هر مرحله‌ای که از شرط تصویر سازی استفاده می‌شود نتیجه‌ای که حاصل می‌گردد مربوط به مقطع ساخته شده یک برداشت چشمه مشترک می‌باشد و این عملیات بایستی که برای تمامی برداشت‌های چشمه مشترک تکرار شود و سپس نتایج تمام برداشت‌های چشمه مشترک مهاجرت داده شده برانبارش می‌شوند. برای به‌دست آوردن مقطع لرزه‌ای مهاجرت یافته به عمق یک لاین لرزه‌ای دو بعدی در یکی از میادین نفتی در جنوب غرب ایران به روش RTM ابتدا مدل سرعتی را توسط روش تحلیل سرعت مرسوم (Semblance) بدست آورده و سپس با استفاده از برنامه‌های Crews مهاجرت پیش از برانبارش را انجام دادیم. اجرای برنامه مهاجرت به عمق RTM با استفاده از تجهیزات کامپیوتر موازی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم‌پایه زنجان انجام گرفته است. طول لاین لرزه‌ای مورد استفاده ۱۴ کیلومتر با زمان نمونه برداری ۷ ثانیه می‌باشد. در شکل ۱ مقطع برانبارش شده داده‌های لرزه‌ای مورد مطالعه برای وضوح بهترتا ۴ ثانیه نمایش داده شده است. این مقطع دارای چندین Bowtie است و تصویر زیر لایه گچساران در آن بسیار ناواضح است. در شکل ۲ مدل سرعتی بازه‌ای مورد استفاده نمایش داده شده‌است. با اعمال مهاجرت عمقی تفاضل محدود پس از برانبارش و مهاجرت زمان معکوس پس از برانبارش و پیش از برانبارش، مقاطع لرزه‌ای مهاجرت یافته به صورت شکل‌های ۳، ۴ و ۵ به‌دست می‌آیند.



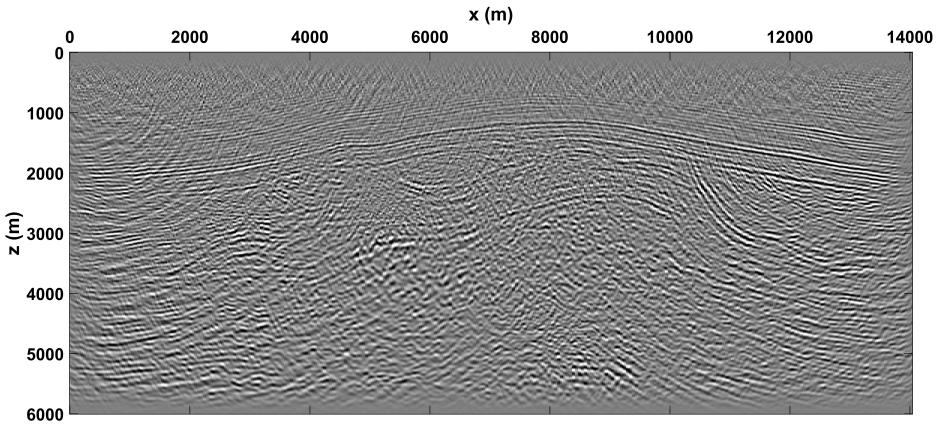
شکل ۱.مقطع برانبارش شده داده‌های مورد استفاده. محور افقی طول پروفیل بر حسب متر و محور عمودی زمان بر حسب ثانیه می‌باشد.



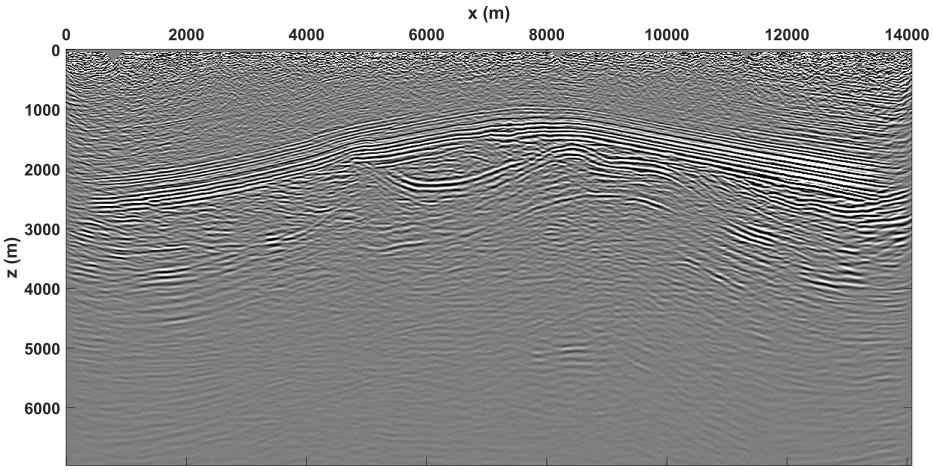
شکل ۲. مدل سرعتی بازه‌ای در عمق بدست آمده از روش سمبلنس بر روی داده‌های منطقه مورد مطالعه. محور افقی طول پروفیل لرزه‌ای بر حسب متر و محور عمودی عمق بر حسب متر می‌باشد. گستره تغییرات سرعت از ۲۳۰۰ تا ۵۳۰۰ متر بر ثانیه است.



شکل ۳. مقطع لرزه‌ای حاصل از اعمال مهاجرت تفاضل محدود.



شکل ۴. مقطع لرزه‌ای حاصل از اعمال مهاجرت زمان معکوس پس از برانبارش.



شکل ۵.مقطع لرزه‌ای حاصل از اعمال مهاجرت زمان معکوس پیش از برانبارش

نتیجه‌گیری

مهاجرت زمان معکوس پیش از برانبارش توانسته است نسبت به سایر روش‌های مهاجرتی اعمال شده بر روی داده‌ها تصویر بهتری از ساختار سازند تبخیری گچساران و لایه آسماری در زیر آن ارایه داده است. با استفاده از روش RTM می‌توان عدم قطعیت در اکتشافات نفت و گاز در ایران را کم کرد و همچنین تفسیرهای زمین‌شناسی مبتنی بر مقاطع لرزه‌ای را بهبود داد.

منابع

Liu, F., Zhang, G., Morton, S.A. and Leveille, J.P., 2011. An effective imaging condition for reverse-time migration using wavefield decomposition. *Geophysics*, *76*(1), pp.S29-S39.

Farmer, P., Z.Z. Zhou, and D. Jones, *The role of reverse time migration in imaging and model estimation.* The Leading Edge, 2009. 28(4): p. 436-441.

Whitmore, N.D. *Iterative depth migration by backward time propagation*. in *53rd Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts*. 1983.

Chang, W.F. and G.A. McMechan, *Reverse-time migration of offset vertical seismic profiling data using the excitation-time imaging condition.* Geophysics, 1986. 51(1): p. 67-84.

Claerbout, Jon F. *Imaging the earth's interior*. Vol. 1. Oxford: Blackwell scientific publications, 1985.