

مطالعه ساختار گنبد نمکی گورزین در جزیره قشم با استفاده از توموگرافی سه بعدی امواج ریلی

راضیه حیدری مهارلویی^۱، عباس غلامزاده^۲، محسن فرخی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، زلزله‌شناسی، دانشگاه هرمزگان، ms_heydari@yahoo.com
^۲ استادیار زلزله‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، abbas.gholam@hormozgan.ac.ir
^۳ استادیار زلزله‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، m.farrokhi@hormozgan.ac.ir

چکیده

گنبد‌های نمکی از محل‌های مناسب جهت به تله افتادن ذخایر هیدروکربنی می‌باشند و همچنین در ذخیره‌سازی زیرزمینی نفت و گاز از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. استفاده بهینه و مطلوب از ساختارهای نمکی جهت اکتشافات هیدروکربوری مستلزم توجه ویژه به امر مطالعه و بررسی این ساختارها است. در این تحقیق با استفاده از روش توموگرافی سه بعدی سرعت گروه موج ریلی با استفاده از الگوریتم همسایگی به بررسی ساختار سرعتی گنبد نمکی گورزین، واقع در جزیره قشم می‌پردازیم. نتیجه تحقیق بیانگر این است که نمک مربوطه در اعماقی پایین‌تر از پی‌سنگ و از عمق ۱۵ کیلومتری در کناره‌های گسل قشم شروع شده است و توده نمکی به سمت غرب پیشروی دارد.

واژه‌های کلیدی: گنبد نمکی گورزین، توموگرافی سه بعدی، جزیره قشم، زاگرس، امواج سطحی، امواج ریلی.

Studying Gavarzin salt dome structure in the Qeshm island, using 3D tomography of Rayleigh waves

¹Raziye Heydari Maharloei, ²Abbas Gholamzade, ³Mohsen Farrokhi

¹MsC. Student of seismology, University of Hormozgan
²Assistant professor of seismology, University of Hormozgan
³Assistant professor of seismology, University of Hormozgan

Abstract

Salt domes are one of the hydrocarbon traps and are very important in underground storage of oil and gas. The optimal use of salt structures for hydrocarbon exploration requires special attention to the study of these structures. In this research, the velocity structure of the Gavarzin salt dome located in Qeshm Island has been investigated using 3D tomography of group velocity of Rayleigh waves. 3-D tomography of this region has been determined by using the neighborhood algorithm. It has been observed that the salt dome has been originated at depth of 15 km along the Qeshm faults and spreads westward.

Keywords: Gavarzin Salt Dome, 3D Tomography, Rayleigh wave, Surface wave, Zagros, Qeshm Island

۱ مقدمه

به برجستگی‌های حاصل از حرکات و بالا آمدن نمک، گنبد نمکی گفته می‌شود. نمک بدلیل چگالی کمتر نسبت به سنگ‌های اطرافش، دارای خاصیت شناوری می‌باشد و در نتیجه به سمت بالا مهاجرت می‌کند و گنبد‌های نمکی را تشکیل می‌دهد (توویس و همکاران، ۲۰۰۷). ایران از نظر رسوبات تبخیری بسیار غنی است و بهترین نمونه‌های گنبد نمکی شناخته شده در دنیا مربوط به جنوب ایران و کویر مرکزی می‌باشد. در مورد گنبد نمکی‌های ایران و چگونگی به وجود آمدن آنها، نظرات متفاوتی وجود دارد. تمرکز تکتونیک نمک در کوه‌های زاگرس و حواشی آن، به ویژه نواحی جنوبی ایران را می‌توان با توجه به ساختمان چین‌خورده زاگرس و گسترش زیاد انباشت‌های نمکی اینفراکامبرین در بخش پلاتفرم پالتوزوئیک (دوران اول) توجیه نمود (شایان و زارع، ۲۰۱۱). منشأ گنبد‌های نمکی زاگرس، حوضه تبخیری هرمز (پرکامبرین) و منشأ گنبد‌های نمکی دشت کویر و آذربایجان رسوبهای تبخیری نئوژن (میوسن) هستند (علایی، ۲۰۰۳).

گنبد‌های نمکی یکی از مناطق مناسب جهت به تله افتادن ذخایر هیدروکربنی می‌باشند و در ذخیره‌سازی زیرزمینی نفت و گاز از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. استفاده بهینه و مطلوب از ساختارهای نمکی در جهت اکتشافات هیدروکربوری، مستلزم

توجه ویژه به امر مطالعه و بررسی این ساختارها است. مطالعه همه جانبه و درک ویژگی‌های آنها از تمامی ابعاد به ویژه چینه‌شناسی، زمین‌شناسی ساختاری، ژئوفیزیک و ویژگی‌های رسوب شناسی، به امر یافتن راهکارهای توسعه‌ای و استفاده مطلوب از قابلیت‌های این نوع ساختارها کمک شایانی می‌نماید. مطالعه، تجزیه و تحلیل ساختارهای نمکی جهت شناخت وضعیت زمین‌شناسی و عوارض تکتونیکی امری ضروری و اجتناب ناپذیر به‌شمار می‌آید.

گنبد نمکی گورزین در بخش میانی جزیره قشم قرار دارد. این جزیره در منتهی‌الیه شرقی رشته کوه زاگرس واقع شده و جزئی از زاگرس چین‌خورده و زیر پهنه بندرعباس است (آقا نباتی، ۱۳۸۳). رسوبهای سنگ بستر رخنمون‌یافته در جزیره، شش چین تاقدیسی مهم، یک تاقدیس کوچک و یک ناودیس را تشکیل داده است. به استثنای تاقدیس گورزین با جهت شمال غربی - جنوب شرقی، همه ساختارهای فوق راستای تقریبی شرقی - غربی دارند. تاقدیس گورزین تاقدیسی نسبتاً بزرگ و مهم‌ترین ساختار جزیره از نظر زمین ساختی است. روند محوری آن بر خلاف روند راستای کلی ساختارهای زمین‌ساختی در جزیره و این منطقه از زاگرس است. روند ساختارها در بخش جنوب شرقی زاگرس تقریباً شرقی - غربی است و روند کلی محور تاقدیس گورزین علاوه بر پیچشهایی که دارد تقریباً شمالی - جنوبی یا شمال شمال غربی - جنوب جنوب شرقی است. به نظر می‌رسد که تغییر محور تاقدیس گورزین نسبت به ساختارهای منطقه و اطراف آن، بیش از هر عامل دیگری می‌تواند مربوط به وجود فعالیت احتمالی توده نمکی در زیر جنگل حرا باشد که از بخش غربی (از منطقه لافت) به ویژه به طرف بخش شمالی از این تاقدیس فشار می‌آورد و آن را به طرف شرق منحرف می‌کند (شاه پسندزاده، ۱۳۸۵).

در این تحقیق با استفاده از توموگرافی سه بعدی سرعت گروه موج ریلی به بررسی ساختار سرعتی پوسته در منطقه مورد نظر و در نتیجه به ساختاری از گنبد نمکی گورزین دست خواهیم یافت.

۲ روش تحقیق

برای بررسی ساختار سرعتی منطقه از روشی تحت عنوان توموگرافی سه بعدی سرعت گروه موج ریلی با استفاده از الگوریتم همسایگی بهره‌جسته‌ایم.

زمین‌لرزه‌ای با بزرگای $M_b = 6/0$ در تاریخ ۶ آذر ۱۳۸۴ و در ساعت ۱۳:۵۳ دقیقه به وقت محلی (۱۰:۲۲:۰۰ به وقت گرینویچ، روز ۲۷ نوامبر ۲۰۰۵) در ۴۶ کیلومتری غرب شهر قشم، در بخش میانی جزیره به وقوع پیوست. از پس‌لرزه‌های پردازش شده این زمین‌لرزه، که توسط پژوهشگاه بین‌المللی زلزله به ثبت رسیدند، برای استفاده در برآورد توموگرافی دو بعدی سرعت گروه موج ریلی استفاده شده است (حیدرپور، ۱۳۹۴).

در تحقیق حاضر با استفاده از نتایج توموگرافی دوبعدی، برای هر نقطه از منطقه منحنی پاشندگی سرعت گروه موج ریلی را استخراج کرده و به عنوان اطلاعات اولیه برای توموگرافی سه بعدی استفاده کردیم.

الگوریتم همسایگی یکی از روش‌های جستجوی مستقیم تصادفی برای معکوس‌سازی محسوب می‌شود (سمبریح، ۱۹۹۹). این الگوریتم برای مدل‌سازی سرعت (هم سرعت برشی و هم سرعت فشارشی) در عمق Z_i از قانون نمایی زیر استفاده می‌کند:

$$v_i = v_0 \left((Z_i + 1)^\alpha - (Z_0 + 1)^\alpha + 1 \right), \quad (1)$$

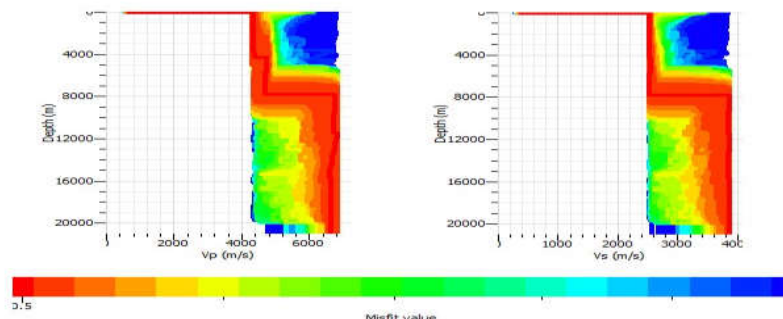
که Z_0 عمق بالای لایه داده شده، v_0 سرعت در Z_0 و α پارامتر قانون نمایی، که بین صفر و یک تغییر می‌کند (واتلیت و همکاران ۲۰۰۴؛ واتلیت ۲۰۰۸).

خروجی مورد نظر از توموگرافی سه بعدی با استفاده از الگوریتم همسایگی، پروفیل سرعتی زمین (منحنی سرعت موج برشی بر حسب عمق) می‌باشد (شکل ۱).

با رسیدن به پروفیل سرعتی زمین برای تمام نقاط منطقه مورد نظر، می‌توان با کنار هم قرار دادن این منحنی‌ها و ترسیم مقاطعی عمودی در جهت‌های مختلف به ساختار سرعتی از منطقه رسید (شکل ۲ و شکل ۳).

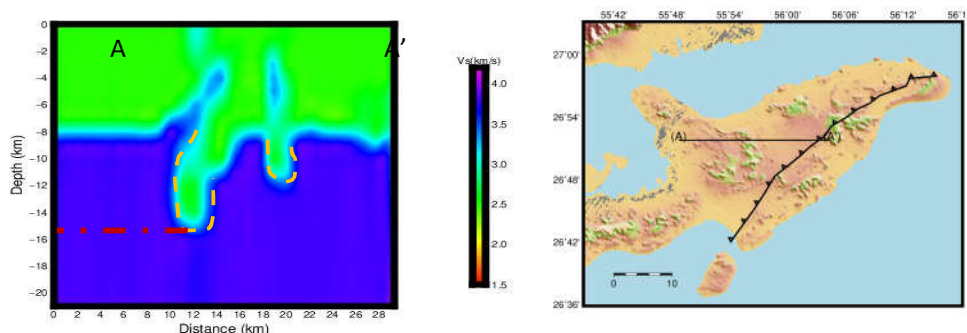
نسبت V_p/V_s در این منطقه برابر ۱/۸۵ گزارش شده است (یمینی فرد و همکاران، ۲۰۱۲). این مقدار نسبتاً بالا را به تأثیر گنبد نمکی مربوط دانسته‌اند. این بدان معنی است که سرعت امواج برشی در منطقه نسبتاً کم می‌باشد. بنابراین آنومالی کم-سرعت موجود در عمق‌هایی که بطور معمول سرعت امواج بیشتر است، را می‌توان به حضور گنبد نمکی نسبت داد. در مقطع

AA' (شکل ۲) پروفیل به طول ۳۰ کیلومتر رسم شده است. در ۸ کیلومتر اول پروفیل، سطح بین دو لایه در عمق ۸ کیلومتری می‌باشد. در فواصل بین ۱۰ تا ۱۳ کیلومتری پروفیل، سطح بین دو لایه به عمق ۱۵ کیلومتری و در فواصل بین ۱۸ تا ۲۱ کیلومتری به عمق ۱۲ کیلومتری می‌رسد. در فواصل بعد این سطح در عمق ۸ کیلومتری قرار دارد.

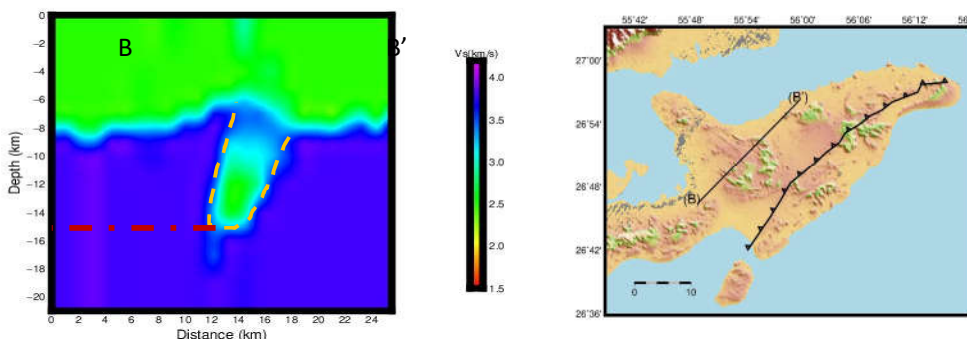


شکل ۱. نمودار پروفیل سرعتی زمین با استفاده از الگوریتم همسایگی، سمت چپ، مربوط به امواج P و نمودار سمت راست چگونگی تغییر سرعت امواج برشی با عمق را نشان می‌دهد.

در مقطع BB' (شکل ۳) پروفیلی به طول ۲۶ کیلومتر رسم شده است. ضخامت لایه کم‌سرعت در ۸ کیلومتری قرار دارد. در این مقطع تنها در فاصله ۱۱ تا ۱۶ کیلومتری از نقطه شروع پروفیل، یک توده از مواد کم‌سرعت در اعماق پایین‌تر مشاهده می‌شود و بیشترین عمق آنها به ۱۵ کیلومتری رسیده است. با استفاده از مقاطع عمودی ترسیم شده به تصویری از گنبد نمکی در منطقه مورد مطالعه خواهیم رسید.



شکل ۲. موقعیت مقطع عمودی AA' رسم شده در منطقه برای بررسی گنبد نمکی (سمت راست)، مقطع عمودی AA' (سمت چپ). خط چین‌های زرد رنگ مشخص‌کننده محدوده عمقی گنبد نمکی در پروفیل و خط چین‌های قرمز نقطه شروع گنبد نمکی در پروفیل.



شکل ۳. موقعیت مقطع عمودی BB' رسم شده در منطقه برای بررسی گنبد نمکی (سمت راست)، مقطع عمودی BB' (سمت چپ). خط چین‌های زرد رنگ مشخص‌کننده محدوده عمقی گنبد نمکی در پروفیل و خط چین‌های قرمز نقطه شروع گنبد نمکی در پروفیل.

۳ نتیجه‌گیری

با کنار هم قرار دادن نتایج پروفیل‌ها برای بررسی گنبد نمکی مشاهده می‌شود که در کناره‌های گسل قشم توده کم‌سرعت به عمق ۱۵ تا ۱۲ کیلومتری می‌رسد، این کاهش عمق از کناره‌های گسل به سمت غرب پیشروی دارد و تقریباً به طول جغرافیایی $55/8^{\circ}$ شرقی نیز می‌رسد. در حوالی عرض $26/75^{\circ}$ شمالی این آنومالی سرعتی به عمق ۱۸ کیلومتری نیز رسیده است. چنانچه به دلیل کوچک بودن این آنومالی از آن صرف‌نظر کنیم، می‌توان بیشترین عمقی که نمک به آنجا رسیده را ۱۵ کیلومتر دانست. بالاآمدگی گنبد نمکی در کناره‌های گسل قشم احتمالاً بر این قضیه دلالت دارد که برش ایجاد شده در اثر گسلش موجب حرکت گنبد نمکی شده‌است.

زلزله ۶ آذر ۱۳۸۴ جزیره قشم دارای سازوکار معکوس بود با این وجود، بزرگترین پس لرزه آن با بزرگای $M_b = 5/5$ ، که چند ساعت پس از زلزله اصلی روی داد، دارای مکانیسم امتداد لغز بوده است و همچنین رویدادهای کوچکتری از پس‌لرزه‌ها هم دارای این مکانیسم بوده‌اند (یمینی فرد و همکاران، ۲۰۱۲).

به نظر می‌رسد شکستگی‌های مشاهده شده که در آنها نمک به اعماق بیشتر از ۱۰ کیلومتر رسیده است ناشی از این گسلش امتداد لغز باشد و بیشترین عمقی که این شکستگی در پی‌سنگ ایجاد کرده است حدود ۱۸ کیلومتر باشد. این محدوده عمقی با عمق پس‌لرزه‌ها که توسط یمینی فرد و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کرده‌اند، مطابقت دارد.

تشکر و قدردانی

داده‌های این پژوهش مربوط به پروژه ۳۳۰-۵۱۱۹ پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله است، بنا بر این نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از تیم عملیاتی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی که در شرایط سخت میدانی اقدام به نصب شبکه موقت لرزه‌نگاری کردند و مسئولان محترم پژوهشگاه برای در اختیار گذاشتن داده‌ها صمیمانه تشکر و قدردانی کنند.

منابع

آقاباتی، ع. ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.
حیدرپور، نسیم، ۱۳۹۴، بررسی ساختار لایه رسوبی جزیره قشم با استفاده از توموگرافی دو بعدی امواج سطحی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان.
شاه پسندزاده، م.، ۱۳۸۵، بررسی گسیختگی‌های ناشی از زمین‌لرزه ششم آذرماه ۱۳۸۴ جزیره قشم، پژوهشنامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال نهم، شماره دوم.

- Alaei, M., 2003. Geomorphology of Iran, Ghomes press, 360 p.
Twiss, R. J. and Moores E. M., 2007. Structural Geology, New York-W.H. Freeman, 2nd ed. 532 p.
Sambridge, M., 1999. Geophysical inversion with a neighbourhood algorithm –I. Searching a parameter space. Geophys. J. Int. 138: 479-494.
Shayan, S. and Zare, GH.R., 2011. Salt dome in Iran. Journal of Geography, 25 (3): 18-25.
Wathelet, M., Jongmans, D. and Ohrnberger, M., 2004. Surface-wave inversion using a direct search algorithm and its application to ambient vibration measurements. European Association of Geoscientists & Engineers, Near Surface Geophysics. 2: 211-221.
Wathelet, M., 2008. An improved neighborhood algorithm: parameter conditions and dynamical scaling. Geophysical Research Letters. 35: 1-5 .
Yaminifard, F., Tatar, M., Hessami, K. and Gholamzadeh, A., 2012. Aftershock analysis of the 2005 November 27 (Mw 5.8) Qeshm Island earthquake (Zagros-Iran): Triggering of strike-slip faults at the basement. Journal of Geodynamics. 61: 138-147.