

بررسی برداشت داده های لرزه نگاری سه بعدی کشانه ای در خلیج فارس

احمد کامایستانی^۱، حمیدرضا سیاه کوهی^۲

^۱ دانشجوی دکتری ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه ژئوفیزیک، تهران، ایران، kamayestani@yahoo.com
^۲ عضو هیات علمی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، گروه فیزیک زمین، تهران، ایران

چکیده

در سال های اخیر برداشت داده های لرزه نگاری با آزیموت باز (Wide Azimuth) مورد درخواست اغلب مفسرین لرزه ای بوده است. از طرفی در محیط های دریایی، اکثر برداشت های لرزه نگاری با استفاده از یک کشتی که چندین کشانه (Streamer) را پشت سر خود می کشد بسیار مرسوم می باشد. با توجه به اینکه در سالهای اخیر استفاده از تعداد بیشتر کشانه توسط پیمانکاران ژئوفیزیکی مرسوم شده و این افزایش تعداد کشانه از برخی جنبه ها باعث باز شدن آزیموت داده های برداشتی می شود، این تصور ایجاد شده است که شاید برداشت داده ها با تعداد کشانه بیشتر به مفهوم آزیموت باز بودن داده ها می باشد. این موضوع در مطالعه حاضر مورد تحلیل قرار گرفته و بخصوص ایرادات برداشت داده ها با تعداد کشانه زیاد در آبهای کم عمق همانند خلیج فارس نشان داده شده است. نشان داده می شود که تعداد کشانه زیاد باعث غیریکنواخت شدن نشانگر خانک ها (Bins) شده، ایجاد ردپای چیدمان برداشت در داده های لرزه ای نموده و بازتاب های کم عمق نیز دریافت نخواهند شد.

واژه های کلیدی: آزیموت باز، لرزه نگاری سه بعدی، کشانه، توزیع فولد، آزیموت، خلیج فارس

Evaluation of Streamer Based 3D Seismic Survey in Persian Gulf

Ahmad Kamayestani¹, Hamid Reza SiahKoochi²

¹ PhD student, Department of Geophysics, Science and Research Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran

² PhD, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

In recent years, wide-azimuth seismic data has been demanded by most of seismic interpreters. On the other hand, in marine environments, it is much common to have seismic acquisition performed using a vessel towing a number of streamers. Given the use of increased number of streamers by geophysical contractors in recent years, and the fact that the increase in the number of streamers has ended up, in some sense, will widen the azimuth coverage of the acquired seismic data, the perception that the acquisition of seismic data using higher number of streamers will provide wide-azimuth seismic data has been emerged. This study is an attempt to analyze this subject-matter and especially it focuses on the drawbacks associated with data acquisition using an excessive number of streamers in shallow waters such as Persian Gulf. The results indicate that, excessive number of streamers not only results in non-uniformity of bin indicators, but also creates geometry foot print and prevents recording of shallow reflections.

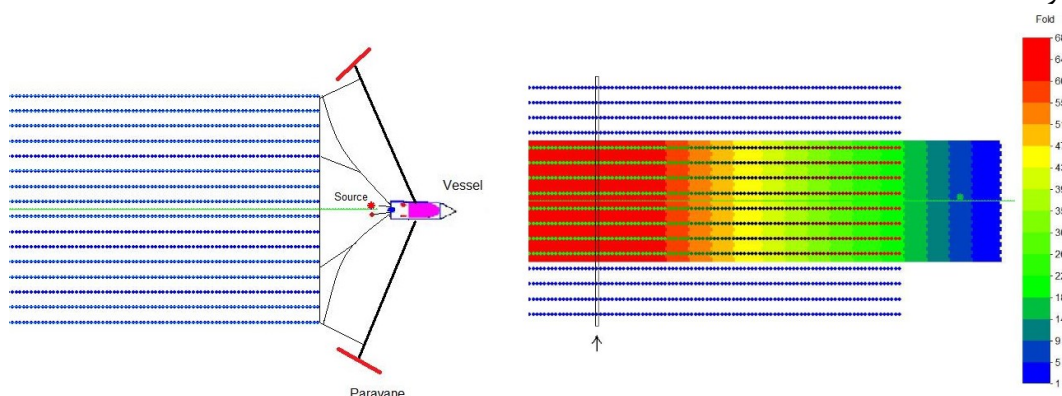
Keywords: Wide Azimuth, 3D seismic, streamer, fold distribution, azimuth, Persian Gulf

۱ مقدمه

در لرزه نگاری دریایی با کشتی، کشانه ها که اغلب چندین کیلومتر طول دارند در پشت سر کشتی و در فواصل اندک از یکدیگر (با جدایش در حدود یکصد متر) قرار داشته و به همراه چشمه لرزه ای تفنگ بادی (Air Gun) توسط کشتی کشیده می شوند. تعداد کشانه های بکار رفته در برداشت های لرزه نگاری به طور پیوسته افزایش یافته و گاهی این تصور اشتباه را باعث شده است که شاید افزایش تعداد کشانه ها مترادف با آزیموت باز شدن عملیات و یا سه بعدی تر شدن برداشت ها می باشد. در این مطالعه کیفیت برداشت داده های لرزه نگاری با استفاده از تحلیل نشانگرهای عملیات بررسی شده و همچنین استفاده از تعداد بیشتر کشانه در آبهای خلیج فارس که عمق آب در آن در حدود چندین ده متر می باشد، بررسی می گردد.

۲ بررسی کیفیت و درجه سه بعدی بودن داده های لرزه نگاری با کشانه

اطلاعات برداشت شده سه بعدی دریایی کشانه ای در تفاوت آشکار با سه بعدی خشکی، بسیار شبیه به خطوط لرزه نگاری دو بعدی نزدیک به هم می باشند. در حقیقت تفاوت اساسی یک برداشت سه بعدی دریایی با برداشت دوبعدی دریایی در برداشت همزمان چندین خط دوبعدی (برابر با حاصلضرب تعداد کشانه در تعداد چشمه لرزه ای) در هر حرکت کشتی می باشد. برای بررسی بیشتر موضوع، یک برداشت لرزه نگاری را با استفاده از ۱۶ کشانه هر کدام به طول ۵ کیلومتر، فاصله بین کشانه ها برابر با ۱۰۰ متر، دو آرایه چشمه با فاصله ۵۰ متری از یکدیگر با عملکرد flip-flop در فواصل شوت ۲۵ متری و فاصله بین کانالهای گیرنده برابر با ۲۵ متر بر روی کشانه ها را در نظر بگیرید (تصویر شماره ۱). در این حالت ابعاد خانک برابر با ۱۲.۵ متر در جهت "به خط" و ۲۵ متر در جهت "عمود به خط" خواهد بود. در ادامه، پارامترهای حاصله و نشانگرهای خانک بررسی خواهند شد.



شکل ۱- سمت چپ: برداشت لرزه نگاری با استفاده از یک کشتی دارای ۱۶ کشانه. مسیر حرکت کشتی توسط خط سبز باریکی نشان داده شده که به عنوان Sail Line خوانده شده و نشان دهنده راستای "به خط" یا InLine می باشد. راستای عمود بر آن راستای "عمود به خط" یا CrossLine نامیده می شود (ابعاد بدون مقیاس می باشد) سمت راست: مقدار فولد حاصله از عملیات فوق الذکر. چنانچه ملاحظه می گردد مقدار فولد در راستای "به خط" دارای حاشیه بوده ولی در جهت "عمود به خط" دارای هیچگونه حاشیه (Fold Taper) نمی باشد. ردیف خانک نشان داده شده با علامت پیکان در شکل شماره ۲ جهت بررسی بیشتر نشان داده شده است

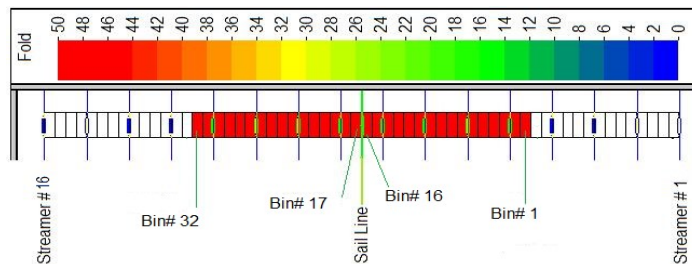
۳ بررسی مقدار فولد عملیات سه بعدی فرض شده:

در یک لرزه نگاری مقدار فولد سه بعدی برابر با حاصلضرب فولد در جهت "به خط" با فولد در جهت "عمود به خط" می باشد. مقدار فولد در جهت "عمود به خط" در اغلب آرایش ها نسبت به مقدار فولد در جهت "به خط" کمتر بوده ولی بیشتر از یک می باشد. برای مثال در چیدمان سه بعدی متعامد، فولد در جهت "عمود به خط" برابر با نصف تعداد خطوط گیرنده فعال در پچ (Patch) لرزه ای می باشد. ولی در برداشت های کشانه ای، تریس های هر ردیف خانک واقع در جهت "به خط" تنها از یک زوج چشمه- کشانه خاص تغذیه شده و حضور چشمه دوم و کشانه های دیگر در افزایش فولد آنها هیچ تاثیری ندارد. بنابراین مقدار فولد جانبی تنها به مقدار یک بوده و مقدار فولد سه بعدی برابر با مقدار فولد در راستای "به خط" خواهد بود. به این جهت و نیز به دلایلی که در ادامه در مورد آزمون داده ها گفته می شود برداشت اطلاعات لرزه نگاری سه بعدی با کشانه تنها می تواند بنام شبه سه بعدی خوانده شود. همچنین مشخص است که مقدار فولد در جهت "عمود به خط" دارای هیچگونه حاشیه (Fold Taper) نمی باشد. بنابراین ردیف های خانک پر شده از خط برداشت دوم که در فاصله نصف پهنای "عمود به خط" کشانه ها $(\frac{1}{2} \text{ of } \# \text{ Streamers} \times \text{Streamer Interval})$ (Liner C.L., 1999) یا در این مورد برابر با ۸۰۰ متری از خط برداشت اول قرار خواهد داشت بایستی دقیقاً در کنار ردیف های خانک پر شده قبلی قرار گیرند.

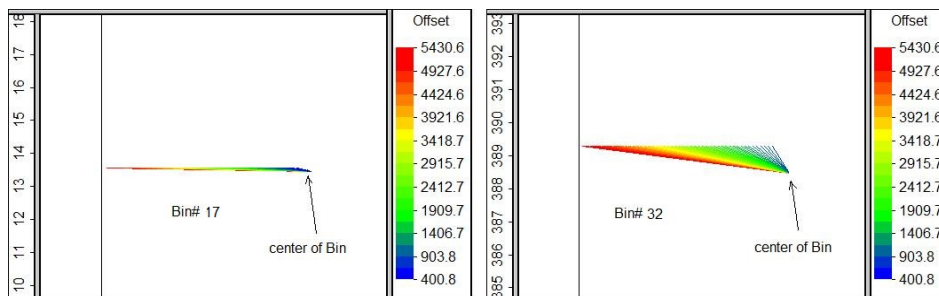
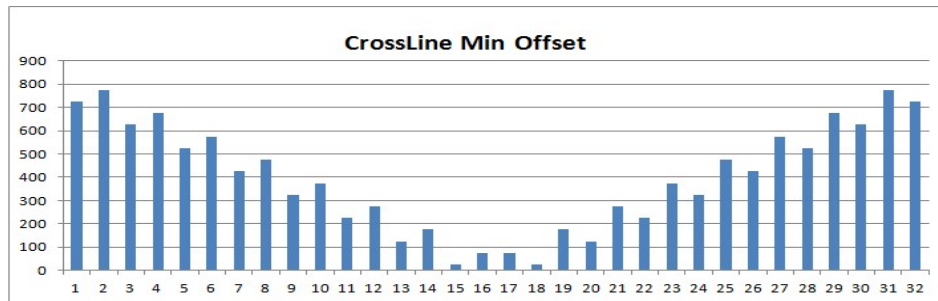
۴ بررسی چگونگی توزیع دورافت حداقل و آزمون در عملیات سه بعدی دریایی:

با توجه به اینکه طول کشانه ها با عمق عمیقترین هدف اکتشافی تعیین شده و غالباً چندین کیلومتر یعنی اغلب ۵ تا ۷ کیلومتر بوده ولی جدایش آنها از یکدیگر تنها چندین ده متر و یا آنچنانکه معمول است در حدود یکصد متر می باشد، واضح است که توزیع دورافت همانند یک لرزه نگاری دو بعدی بسیار مناسب ولی توزیع آزمون در آن بسیار ضعیف (همانند

دوبعدی در یک امتداد) خواهد بود. برای بررسی این موضوع، ردیف خانک نشان داده شده با علامت پیکان در شکل ۱ را در نظر گرفته و خانک های خاصی از آن را طبق شکل ذیل مورد بررسی قرار می دهیم.



شکل ۲- ردیف خانک نشان داده شده با علامت پیکان در شکل ۱. بدون در نظر گرفتن تغییر علامت دورافت (دورافت منفی و یا مثبت) می توان گفت که پارامترهای خانک از شماره ۱۶ تا ۱ واقع در سمت راست خط برداشت با خانک های شماره ۱۷ تا ۳۲ واقع در سمت چپ قرینه می باشد. همچنین تغییر نشانگرهای خانک از شماره ۱۶ تا ۱ (و یا ۱۷ تا ۳۲) به صورت تدریجی می باشد. بنابراین دو خانک مشخص شده با شماره های ۱۷ و ۳۲ در شکل شماره ۳ بررسی شده است.



شکل ۳- بالا: توزیع دورافت حداقل "عمود به خط" در خانک های شماره ۱ تا ۳۲ نشان داده شده در تصویر شماره ۲. البته دورافت حداقل کلی، به دلیل وجود دورافت حداقل "به خط" که مقدار آن به طور معمول در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر می باشد، از دورافت حداقل "عمود به خط" نشان داده شده بیشتر خواهد بود. پایین: توزیع آزمون در دو خانک شماره ۱۷ و ۳۲. مقادیر آزمون به شکل واقعی خود بوده و مقدار دورافت هر تریس نیز با نسبت طول خط نشان داده شده متناسب می باشد.

همانطور که در شکل شماره ۳ دیده می شود دورافت حداقل "عمود به خط" به شدت برای کسانه های دورتر از کشتی افزایش پیدا می کند (تا بیش از ۷۰۰ متر). بدیهی است که این موضوع در برداشت های دریایی کم عمق همانند خلیج فارس (با عمق آب حداکثر ۹۰ متر) برای به نقشه درآوردن بازتاب کننده کف دریا و یا لایه های کم عمق زمین شناسی بسیار مخرب خواهد بود. این موضوع با توجه به اینکه دورافت حداقل کلی به دلیل وجود دورافت حداقل "به خط" (در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر)، مقادیری بزرگتر از دورافت حداقل "عمود به خط" خواهد بود، تشدید نیز خواهد گردید. به طور معمول در یک برداشت لرزه نگاری سه بعدی، بزرگترین دورافت حداقل (LMO) نباید از عمق اولین و یا کم عمق ترین هدف اکتشافی بیشتر باشد. با توجه به اینکه در عملیات فرض شده با ۱۶ کسانه، مقدار LMO در بهترین (یعنی کوچکترین) حالت که با فرض صفر بودن دورافت حداقل "به خط" رخ می دهد برابر با ۷۷۵ متر می باشد، مشخص است که در این حالت برداشت کف دریا در خلیج فارس به عنوان یک بازتابنده یا لایه های کم عمق امکانپذیر نمی باشد. همچنین بایستی توجه داشت که چنانچه مقادیر

دورافت جانبی در ردیف های خانک ۱ تا ۱۶ را به عنوان اعدادی مثبت تلقی نماییم در این صورت مقادیر دورافت جانبی در خانک های ردیف ۱۷ تا ۳۲ به صورت قرینه و با علامت منفی خواهد بود. همه این عوامل باعث ایجاد ردپای چیدمان یا Acquisition Footprint در داده ها خواهد بود. همچنین با توجه به طول چندین کیلومتری کشانه ها و جدایش اندک آنها (برای مثال در حدود یکصد متر)، آزمون اکثر تریس های برداشت شده در یک عملیات دریایی کشانه ای در جهت "به خط" (InLine) و یا خیلی نزدیک به آن خواهد بود. این موضوع بخوبی در شکل شماره ۳ برای خانک های شماره ۱۷ و ۳۲ نشان داده شده است. از بررسی توزیع آزمون داده ها در شکل شماره ۳ مشخص می گردد که نه تنها میزان توزیع آزمون بسیار اندک می باشد بلکه آزمون موجود در خانک های حاشیه عملیات (مانند خانک شماره ۳۲) که در آن توزیع آزمون تا حدودی بازتر شده است در دورافت های مختلف به طور یکسانی پخش نشده است. به زبانی دیگر، آزمون های غیر "به خط" تنها شامل تریس هایی با دورافت کم بوده و آزمون های "به خط" نیز تنها شامل دورافت های دور می باشند. این عامل مجدداً باعث ایجاد ردپای چیدمان در داده ها خواهد بود.

۵ نتیجه گیری:

با توجه به اینکه از اصول پایه و حائز اهمیت برداشت داده های لرزه نگاری، یکنواخت بودن پارامترهای برداشت برای خانک های مختلف داده می باشد بنابراین کاملاً مشخص است که داده های لرزه نگاری که با یک کشتی و با استفاده از تعداد زیادی کشانه برداشت می شود، از نظر یکنواختی داده های برداشتی بسیار ضعیف بوده و آزمون تریس های برداشت شده نیز تقریباً با آزمون داده ها در برداشت های دوبعدی برابری می کند. از طرفی افزایش تعداد کشانه ها، باعث از دست رفتن دورافت های حداقل شده و برداشت بازتابنده کف دریا و لایه های کم عمق با تردید جدی مواجه می گردد. قابل ذکر است که غیریکنواختی در خصوصیات خانک های مختلف باعث تغییرات دامنه لرزه ای شده و به اصطلاح ردپای چیدمان برداشت لرزه ای (Acquisition footprint) را بر روی داده ها خواهیم داشت که این ردپا بخصوص برای تفسیر لایه های کم عمق مشکل زیادی ایجاد خواهد نمود. بنابراین استفاده از تعداد زیاد کشانه برای برداشت های لرزه نگاری در خلیج فارس توصیه نشده و در صورت نیاز به برداشت هایی با توزیع آزمون بالا برداشت به روش چندسمتی (Multi Azimuth)، استفاده از کشتی های چشمه مجزا (Moldoveanu. N, Egan. M., 2006)، ترکیب دو روش اخیر که بنام Rich Azimuth خوانده می شود (Howard M., 2007)، استفاده از برداشت حلقوی و یا (Hill D.I., et al., 2009) Coil Shooting، روش OBC و یا OBN و ... مناسبتر خواهد بود.

منابع:

- Hill D.I., Brown G., Campbell R., Hager E., 2009, A highly efficient coil survey design, , 71st EAGE Conference & Exhibition Amsterdam, 8-11.
- Howard M., 2007, Marine seismic surveys with enhanced azimuth coverage, The Leading Edge, P 480-493.
- Liner, C.L., 1999, Element of 3-D Seismology, PennWell Publishing
- Moldoveanu. N, Egan. M, 2006, From narrow-azimuth to wide- and rich-azimuth acquisition in the Gulf of Mexico, First Break, 2006 - Issue 12 - Volume 24