

بررسی نوفه اثرانگشتی حاصل از طراحی عملیات لرزه‌نگاری سه‌بعدی میدان نفتی اهواز

احسان پگاه^۱، عبدالرحیم جواهریان^{۲*} و داود نوروزی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران
^۲ استاد بازنشسته، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران و استاد دانشکده مهندسی نفت دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
^۳ کارشناس ارشد اکتشاف معدن، طراح ارشد عملیات‌های لرزه‌نگاری، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران

(دریافت: ۸۸۷/۱۱، پذیرش نهایی: ۸۹/۱۱/۱۹)

چکیده

وجود نوفه اثرانگشتی موجب بروز مشکلاتی در تفسیر مقاطع لرزه‌ای مهاجرت داده شده در تحلیل چینه‌شناسی، AVO و افزایش ضریب باز یافت نفت از مخزن می‌شود. میزان حضور این نوفه در مقاطع لرزه‌ای، وابسته به شدت آهنگ تغییرات مقادیر پارامترهای عملیاتی انتخاب شده است. در مقاله حاضر این مقادیر و هندسه برداشت برای عملیات لرزه‌نگاری سه‌بعدی میدان نفتی اهواز به گونه‌ای عرضه می‌شود که علاوه بر دستیابی به اهداف ژئوفیزیکی مورد نظر، کمترین آهنگ تغییرات در مقادیر پارامترهایی چون پوشش عمقی، توزیع دورآفت، توزیع آزیموت، قطبی شدن توزیع دورآفت، قطبی شدن توزیع آزیموت و مانند آن در Binها وجود داشته باشد. در انتها با مدل‌سازی مکعب سه‌بعدی پاسخ برانبارش برای هندسه برداشت منتخب با استفاده از نرم‌افزار OMNI و استخراج مقاطع لرزه‌ای از برش‌های زمانی زده شده روی این مکعب، این پارامترها در مرحله طراحی عملیات بهینه می‌شود و در نتیجه با به حداقل رساندن این نوفه در مقاطع لرزه‌ای، شدت حضور آن در مقاطع حاصل از این طراحی مشاهده خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: نوفه اثرانگشتی، تغییر در پوشش عمقی، تغییر در توزیع دورآفت و آزیموت، هندسه پیچ، تغییر در الگوی مقادیر

دامنه

Calculation of footprint noise result of 3D seismic survey design for AHWAZ oil field

Pegah, E.¹, Javaherian, A.² and Norouzi, D.³

¹ M.Sc. Student of Geophysics, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

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 M.Sc. in Mine Exploration, Exploration Directorate, National Iranian Oil Company, Tehran, Iran

(Received: 3 Oct 2009, Accepted: 8 Feb 2011)

Abstract

Any 3D seismic survey can have an acquisition footprint. Acquisition footprint is an expression of the surface geometry (most common on land data) that leaves an imprint on the stack of 3D seismic data. Often we recognize it as amplitude and phase variations on time slices, which of course display the amplitudes within our data set at a specified two way time (Cordsen, 2004). On the other hand, acquisition footprint is often used to describe amplitude stripes that appear in time slices or horizon slices produced from 3D seismic data volumes. Although acquisition design of a 3D survey has a major influence on the nature and severity of a footprint, improper data processing techniques such as the use of incorrect normal moveout (NMO) velocities can also create footprint (Cordsen, et al., 2000). More seriously, on horizon slices, footprint can interfere with and confuse stratigraphic patterns.

Many different contributions to the generation of acquisition footprint are possible. These can be divided into two main categories: (1) geometry effects: line spacing, fold variations, wide versus narrow patch geometry, source generated noise and variations of offset and azimuth distribution. (2) non-geometry effects: topography, culture, weathers, surface conditions and processing artifacts. In this article we study the effects of these parameters for 3D seismic survey in AHWAZ oil field and calculate acquisition footprint noise in this field. Most of the time the acquisition footprint is based on the source and receiver line spacing and orientations. The larger the line spacing, the more severe the footprint. In land situations where access is very open and, therefore, the lines are very regularly spaced, we may be able to recognize the footprint very clearly. Because the geometry is regular, the footprint also will have the same periodicity. Fold variation themselves are the simplest form of an acquisition footprint. Fold changes with offset (or rather mute distance from the source point); each offset range, therefore, has differing fold contributions (Cordsen, 1995). Because each individual bin of a 3D survey has changing offset distributions, the CMP stack of all traces in a bin will display bin-to-bin amplitude variations. This variation in itself can produce an acquisition footprint.

Generally it has been thought that acquisition footprint is far worse in the shallow part of the seismic and therefore, of course, the geological section, mainly because the fold is lower, and amplitude variations necessarily are far more dramatic. Offset limited fold variations alone may produce a recognizable footprint. The higher the fold, the better the signal to noise ratio; therefore, less footprint is evident.

Wide recording patch geometries are far more accepted these days than narrow patch geometries (Cordsen, et al., 2000). The reasons are numerous and ranges from reduction in acquisition footprint (particularly that due to back-scattered shot noise) to improved statics solutions and the availability of large channel capacities on seismic recording crews (also leading to higher fold). In addition to the impact of the fold variations, acquisition footprint is made worse by source generated noise trains that penetrate our data sets. The lower the signal to noise ratio is, the worse the footprint will be.

Unfortunately, the noise typically has a low frequency content that is much less affected by attenuation. Therefore the noise becomes more prominent relative to the signal content deeper in the section. Our experiences have shown that acquisition footprint problems can be just as prevalent in the deep section as they are in the shallower section. If surface access is poor because of topography variations, tree cover, towns, etc., we irregularize the geometry by moving source points to locations of easier access, and therefore mask the acquisition footprint. It is still present, however. The footprint is just so much harder to identify. Weather and surface conditions may also impact the recorded amplitudes.

One can model an acquisition footprint by creating a stack response on either synthetic or real data. We stack the data in a 3-D cube and display the resulting seismic data over a small time window. The best input is a single NMO and static corrected, offset sorted 2D (or 3D) CMP gather. These traces will be applied to each CMP Bin in the recording geometry. In summary, we should attempt to minimize footprints by employing proper seismic acquisition and processing techniques, but if a footprint persists in the stacked data, there are ways to filter the data and mitigate its effect on geological interpretation. In this article we optimized acquisition parameters in order to minimize acquisition footprint noise for 3D seismic survey in AHWAZ oil field and finally with 3D modeling by OMNI software we saw the intensity of this noise in our seismic sections.

Key words: acquisition footprint, fold variation, variation of offset and azimuth distribution, patch geometry, variation of amplitude pattern

۱ مقدمه

برسانند تا بتوانند از ایجاد نوفه اثرانگشتی حاصل از برداشت داده‌ها جلوگیری به عمل آورند. عوامل متفاوتی در ایجاد نوفه اثرانگشتی دخیل هستند. این عوامل را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد: ۱- اثرات ناشی از نوع هندسه برداشت شامل: فاصله خطوط، تغییرات پوشش عمقی از یک Bin به Bin دیگر، تغییرات نسبت سیگنال به نوفه، هندسه پیچ (پیچ با هندسه پهن یا باریک)، نوفه حاصل از چشمه، تغییر در توزیع دورافت و آزیموت و قطبی شدن آزیموت و دورافت. ۲- اثرات ناشی از عوامل محیطی شامل: پستی و بلندی، عوارض شهری و مسکونی، شرایط سطح الارضی و روش پردازش داده‌ها.

اولین بار محققانی چون هیل و همکاران (۱۹۹۹) به بررسی عوامل تاثیر گذار در کسب نوفه اثرانگشتی حاصل از برداشت داده‌ها پرداختند و با بررسی پارامترهایی چون پوشش عمقی و تاثیر آن بر داده‌های برانبارش، نتایجی را در زمینه تضعیف این نوفه بیان کردند. محققان دیگری چون سویچ و متوسن (۲۰۰۱) نیز چگونگی پیش‌بینی نوفه اثرانگشتی در داده‌های سه‌بعدی از داده‌های دو‌بعدی را مورد بحث قرار دادند و در این زمینه نیز با عرضه راه‌کارهایی، سعی در تضعیف این نوع نوفه به هنگام برداشت داده‌های سه‌بعدی داشتند. شوستر و لیو (۲۰۰۱)، نظریه چگونگی طراحی آرایه و محاسبه سریع نوفه اثرانگشتی را مطرح کردند. کوردسن (۲۰۰۴)، با عرضه اثرات ناشی از نوع هندسه برداشت و عوامل محیطی موجود در مناطق عملیاتی، به بررسی تاثیر این عوامل در ایجاد نوفه اثرانگشتی و چگونگی بهینه کردن مقادیر پارامترهای عملیاتی پرداختند. راه‌کارهای بیان شده طراح عملیات را قادر می‌سازد تا بهترین هندسه برداشت را به‌دست دهد و در نهایت با مدل‌سازی طراحی صورت گرفته و ساخت مکعب سه‌بعدی داده‌های برانبارش، میزان

نوفه اثرانگشتی (footprint) خود را در مقاطع لرزه‌ای به‌صورت الگویی متغیر در مقادیر دامنه نشان می‌دهد که ناشی از چگونگی برداشت و پردازش صورت گرفته است و مانع از تفسیر صحیح و تشخیص عارضه‌های مهم زیرزمینی خواهد شد. نوفه اثرانگشتی حاصل از برداشت داده‌ها می‌تواند سبب ایجاد اشتباه در تفسیر درست مقاطع لرزه‌ای از جمله تغییرات چینه‌شناسی، تحقیقات تغییرات دامنه در مقابل دورافت و افزایش ضریب بازیافت نفت از مخزن شود و آسیب‌هایی را به تصاویر لرزه‌ای سه‌بعدی وارد سازد (شوستر و همکاران، ۲۰۰۱). غالباً این نوع نوفه را می‌توان در برش‌های زمانی زده شده روی مکعب داده‌های سه‌بعدی به‌دست آمده به صورت تغییرات موجود در دامنه تشخیص داد که مانع از شناخت الگوهای چینه‌شناسی در این مقاطع خواهند شد. امروزه یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های طراحان عملیات لرزه‌نگاری دو و سه‌بعدی، به حداقل رساندن این نوفه و در نتیجه کاهش اثرات منفی ناشی از آن در هنگام تعیین نوع هندسه برداشت است. اگرچه چگونگی برداشت داده‌های سه‌بعدی می‌تواند تاثیر عظیمی بر طبیعت و شدت نوفه اثرانگشتی داشته باشد، اما ایجاد خطا در قسمت پردازش داده‌ها نظیر استفاده از سرعت ناصحیح برون‌راند نرمال، نیز ممکن است در ایجاد این نوع نوفه سهمیم باشد (کوردسن و همکاران، ۲۰۰۰).

هر عاملی در برداشت و پردازش داده‌ها که موجب شود ردلرزه برانبارش به‌دست آمده از پوشش عمقی در هر Bin دارای تغییرات شدیدی در قیاس با دیگر ردلرزه‌های برانبارش موجود در Bin‌های مجاور، در برش زمانی استخراج شده باعث ایجاد نوفه اثرانگشتی می‌شود. یکی از تلاش طراحان عملیات‌های لرزه‌نگاری سه‌بعدی این است که آهنگ تغییرات پارامترهای دخیل در طراحی را از یک Bin به Bin دیگر به حداقل ممکن

حضور این نوع نوفه را در مقاطع ثبت شده پیش‌بینی کند. در این مقاله پارامترهای عملیاتی و هندسه برداشت در طراحی عملیات لرزه‌نگاری سه‌بُعدی میدان نفتی اهواز به گونه‌ای صورت گرفته است که علاوه بر دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده، کمترین آهنگ تغییرات در مقادیر این پارامترها در هر Bin به منظور جلوگیری از ایجاد نوفه اثرانگشتی وجود داشته باشد. در نهایت با مدل‌سازی مکعب سه‌بُعدی، پاسخ برانبارش برای بهترین هندسه برداشت با استفاده از نرم‌افزار طراحی عملیات OMNI و استخراج مقاطع لرزه‌ای از برش‌های زمانی زده شده روی این مکعب، پارامترهای پیش‌گفته در مرحله طراحی عملیات بهینه شوند.

۲ اثرات ناشی از نوع هندسه برداشت

در خیلی از موارد، ایجاد نوفه اثرانگشتی ناشی از مقدار فواصل خطوط چشمه و گیرنده و همچنین جهت‌گیری این خطوط است. هرچه فاصله خطوط از هم بیشتر باشد، شدت نوفه اثرانگشتی افزایش می‌یابد. در عملیات خشکی که قدرت دسترسی آسان است، خطوط لرزه‌نگاری در فواصل منظم از هم چیده می‌شوند و لذا می‌توان نوفه اثرانگشتی را به راحتی تشخیص داد. در واقع به دلیل نظم موجود در چینش هندسه برداشت، این نوع نوفه نیز دارای حالت تناوبی یکسانی است (کوردسن، ۲۰۰۴).

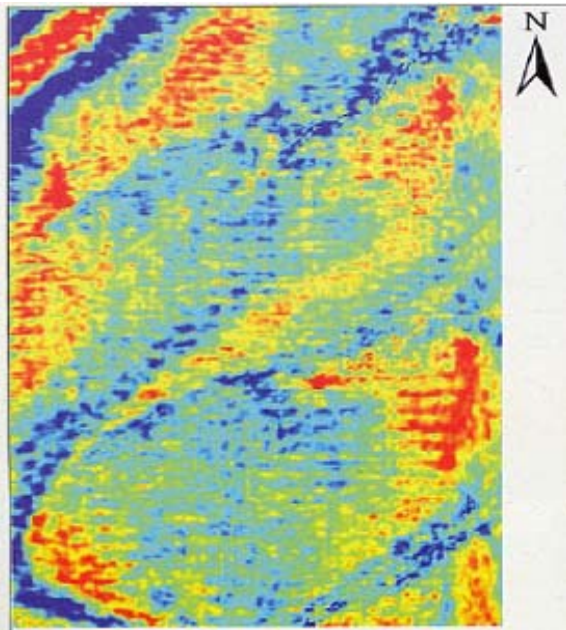
تغییرات پوشش عمقی ساده‌ترین شکل از نوفه اثرانگشتی حاصل از برداشت داده‌ها است. پوشش عمقی با دورافت تغییر می‌کند، به عبارت دیگر هر محدوده از مقادیر دورافت، دارای توزیع پوشش عمقی متفاوتی خواهد بود (کوردسن، ۱۹۹۵). اغلب حضور نوفه اثرانگشتی حاصل از برداشت داده‌ها در قسمت‌های کم‌عمق مقاطع لرزه‌ای بسیار بیشتر است و این به دلیل کم بودن پوشش عمقی در این قسمت است. بنابراین در این قسمت از مقاطع، تغییرات بسیار زیادی در دامنه وجود

خواهد داشت. در بخش‌های کم‌عمق یک مقطع لرزه‌ای، تنها ردلرزه‌های با دورافت کم در برانبارش سهم هستند و به همین دلیل است که این بخش از تصاویر لرزه‌ای بیشتر در معرض مشکلات ناشی از حضور نوفه اثرانگشتی قرار می‌گیرند. می‌توان گفت که تعداد ردلرزه‌های با دورافت کوتاه هموار از یک Bin به Bin دیگر متفاوت است و این نیز به نوبه خود ناشی از نوع هندسه برداشت صورت گرفته است. در بخش‌های عمیق‌تر مقاطع لرزه‌ای، پوشش عمقی برانبارش (fold-of-stack) در تعداد بسیار بیشتری Bin مساوی است و در نتیجه حالتی یکسان و یکنواخت از یک Bin به Bin دیگر وجود خواهد داشت (هیل و همکاران، ۱۹۹۹). اگرچه غالباً حضور نوفه اثرانگشتی در اعماق کم نسبت به اهداف موجود در اعماق زیاد بیشتر است اما این واقعیت را باید در نظر داشت که این نوع نوفه غیر قابل پیش‌بینی است.

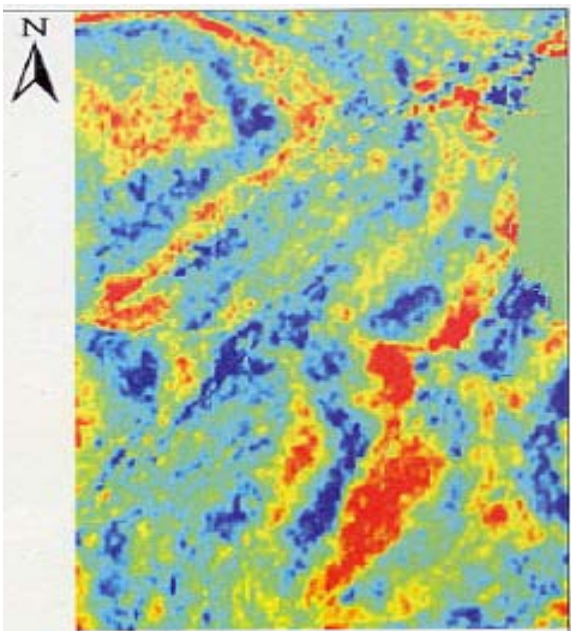
از آنجاکه هر Bin منفرد در عملیات سه‌بُعدی دارای توزیع دورافت متفاوتی است، بنابراین ردلرزه حاصل از برانبارش همه ردلرزه‌های موجود در یک Bin، دارای دامنه متفاوتی نسبت به دیگر ردلرزه‌های برانبارش شده در سایر Binها خواهد بود. این تغییرات در دورافت می‌تواند باعث ایجاد نوفه اثرانگشتی حاصل از برداشت داده‌ها شود. بعضی از پردازشگران برای جبران مشکل نبود توزیع هموار دورافت در بعضی از Binها، تعدادی از ردلرزه‌ها را از دیگر Binهای مجاور به درون این Binها انتقال می‌دهند تا یک توزیع هموار و ملایم از دورافت را در همه Binها ایجاد کنند. اگرچه به ظاهر این عمل می‌تواند در کاهش نوفه اثرانگشتی موثر باشد اما با آسیب‌زدن به محتوای بسامدی (بسامدهای زیاد) موجب کاهش یافتن تفکیک‌پذیری خواهد شد.

امروزه بنا به دلایل زیادی، از جمله توانایی استفاده از دستگاه‌های ثبت با ظرفیت زیاد که موجب افزایش پوشش عمقی خواهد شد، پیچ‌های با هندسه پهن مقبول‌تر از

زمین‌شناسی اشتباه گرفت.



(الف)



(ب)

شکل ۱. (الف) برش زمانی در ۱۰۲۰ میلی‌ثانیه، به دست آمده از داده‌های لرزه‌ای سه‌بُعدی دریایی با آرایش متعامد دارای نوفه اثرانگشتی در جهت غرب به شرق در نوارهای دامنه است. (ب) برش زمانی در ۱۰۲۰ میلی‌ثانیه، به دست آمده از داده‌های لرزه‌ای سه‌بُعدی دریایی با آرایش زیگزاگ که فاقد نوفه اثرانگشتی قابل‌ملاحظه‌ای است (ساهیایی و سوفی، ۲۰۰۷).

پچ‌های با هندسه باریک هستند (کوردسن و همکاران، ۲۰۰۰). هرچه مقدار پوشش عمقی بیشتر باشد، نسبت سیگنال به نوفه بیشتر است و در نتیجه از شدت نوفه اثرانگشتی کاسته خواهد شد.

قطار نوفه‌های حاصل از چشمه نیز با تحت تاثیر قرار دادن داده‌های بازتابی، عامل دیگری در ایجاد نوفه اثرانگشتی است. هرچه نسبت سیگنال به نوفه کمتر باشد، شدت نوفه اثرانگشتی بیشتر خواهد بود. نوفه‌های حاصل از چشمه دارای محتوای بسامدی کمی هستند و از این رو بسیار کم تضعیف می‌شوند و در قسمت‌های عمیق‌تر مقاطع لرزه‌ای با تحت تاثیر قرار دادن سیگنال‌های بازتابی، خود را به جای آنها نشان می‌دهند (کوردسن، ۲۰۰۴).

۳ اثرات ناشی از عوامل محیطی

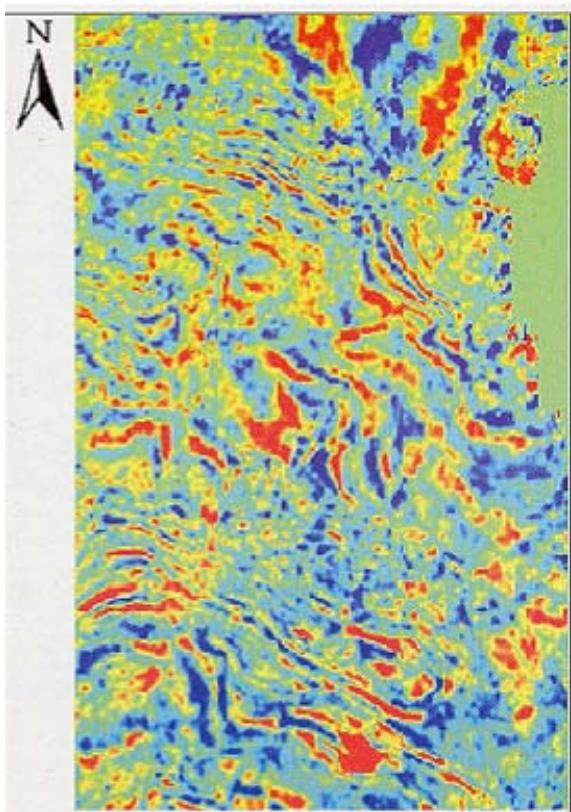
اگر بنا به دلایلی چون تغییرات موجود در پستی و بلندی، پوشش گیاهی، بافت شهری و مانند آن، چینش منظم خطوط لرزه‌نگاری امکان‌پذیر نباشد، می‌توان با انتقال نقاط چشمه به جایگاهی که دارای دسترسی آسان باشد و در نتیجه ایجاد یک هندسه نامنظم در برداشت از ایجاد نوفه اثرانگشتی جلوگیری کرد. شرایط جوئی و ساختار سطح الارضی منطقه نیز ممکن است دامنه ثبت شده را تحت تاثیر قرار دهند.

مثال

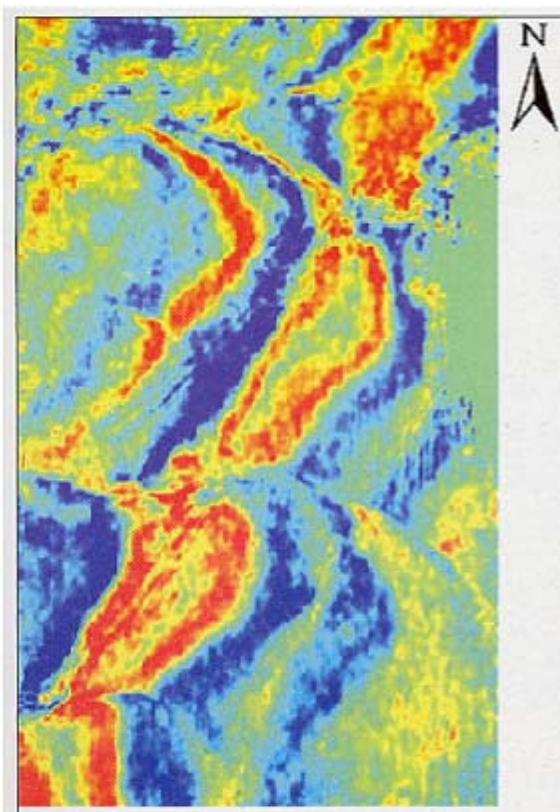
شکل ۱-الف یک برش زمانی استخراج شده از مکعب داده‌های سه‌بُعدی را نشان می‌دهد. این داده‌ها از یک عملیات لرزه‌نگاری سه‌بُعدی دریایی با آرایش متعامد به دست آمده‌اند و نشان‌دهنده حضور شدید نوفه‌های اثرانگشتی در جهت غرب به شرق در نوارهای دامنه‌اند که به صورت متناوب ضعیف و قوی می‌شوند. باید توجه داشت که این نوع نمایش از نوارهای دامنه، ناشی از نوع هندسه برداشت است و نباید آن را با عارضه‌های

مقایسه بین شکل ۲-الف و ۲-ب با شکل ۱-ب نشان می‌دهد که در برش زمانی ۱۰۲۰ میلی‌ثانیه (شکل ۱-ب) نوفه اثرانگشتی قابل ملاحظه‌ای وجود ندارد در حالی که برش زمانی زده شده در ۱۲۰۰ میلی‌ثانیه (شکل ۲-الف) دارای نوفه اثرانگشتی به صورت نوارهای عمودی شمال به جنوب است. این در حالی است که برش زمانی زده شده در ۱۵۵۰ میلی‌ثانیه (شکل ۲-ب) چنین چیزی را نشان نمی‌دهد. ملاحظه می‌شود که در این مقاطع، نوفه اثرانگشتی در عمق کم (شکل ۱-ب) وجود ندارد، اما در اعماق بیشتر (شکل ۲-الف) ظاهر می‌شود و مجدداً در عمق‌های بالاتر ناپدید می‌شود (شکل ۲-ب). این امر، طبیعت غیر قابل پیش‌بینی بودن این نوع نوفه را ثابت می‌کند.

برداشت داده‌های لرزه‌نگاری با آرایش زیگزاگ (zig-zag geometry) نیز نوع دیگری از آرایش موجود در اکتشافات لرزه‌نگاری است. در این آرایش خطوط گیرنده به موازات یکدیگر قرار دارند و خطوط چشمه نیز به صورت زیگزاگ بین هر زوج از خطوط گیرنده مجاور قرار می‌گیرند، به گونه‌ای که هر خط چشمه، یک تصویر آینه‌ای بازتاب شده از خط چشمه قبلی است. شکل ۱-ب برش زمانی به دست آمده از حجم داده‌های سه‌بُعدی برداشت شده با آرایش زیگزاگ را در همان منطقه‌ای که شکل ۱-الف از آن به دست آمده است نشان می‌دهد. یکی از ویژگی‌های این تصویر نبود قابل ملاحظه نوفه اثرانگشتی نظیر آنچه در شکل ۱-ب وجود دارد است.



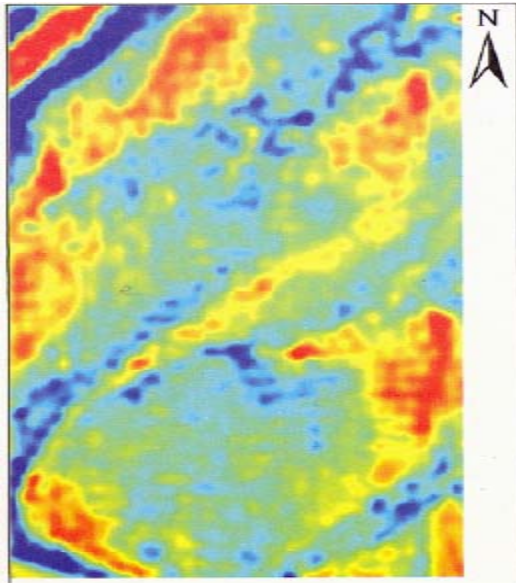
(ب)



(الف)

شکل ۲. (الف) برش زمانی در ۱۰۲۰ میلی‌ثانیه، به دست آمده از داده‌های لرزه‌ای سه‌بُعدی دریایی با آرایش زیگزاگ. (ب) برش زمانی در ۱۵۵۰ میلی‌ثانیه برای آرایش زیگزاگ که فاقد نوفه اثرانگشتی است (ساهیایی و سوفی، ۲۰۰۷).

و از سمت جنوب به میدان منصوری محدود می‌شود (شکل ۴).

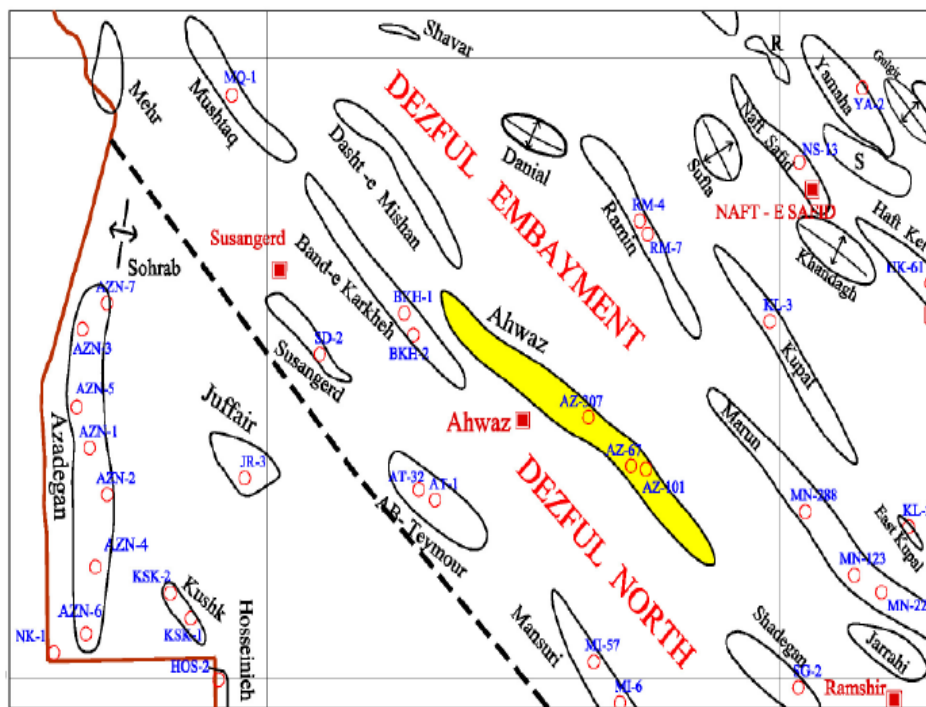


شکل ۳. برش زمانی نشان داده شده در شکل ۱-الف با اعمال فیلتر f-k روی آن. کاهش چشمگیر نوفه اثرانگشتی در این شکل اجازه تفسیر قابل اطمینانی را از کانال موجود در قسمت شمال شرقی تصویر می‌دهد (ساهیایی و سوفی، ۲۰۰۷).

در بعضی از موارد، حضور نوفه اثرانگشتی ممکن است آن قدر شدید باشد که موجب پوشش اطلاعات مهمی از وضعیت زیرساختی منطقه مورد نظر شود. برای مثال در شکل ۱-الف، در قسمت شمال شرقی تصویر یک کانال وجود دارد که با این نوفه کاملاً پوشیده شده است. طراحی یک فیلتر مناسب در حیطه بسامد-عدد موج ($f-k$)، می‌تواند نوارهای قائم و افقی ناشی از نوفه اثرانگشتی را در این مقطع کاهش دهد و سبب رویت کانال شود (شکل ۳).

۴ بررسی نوفه اثرانگشتی حاصل از طراحی عملیات لرزه‌نگاری سه‌بُعدی میدان نفتی اهواز

میدان نفتی اهواز تاقدیسی شکل است که در دزفول شمالی درست در ناحیه بلافضل شمالی گسل پیشانی زاگرس قرار گرفته است. این میدان از طرف شرق به میدان مارون، از طرف شمال به میدان رامین، از غرب به ساختمان بندر کرخه، از طرف جنوب غرب به آب تیمور



شکل ۴. موقعیت جغرافیایی میدان نفتی اهواز (سپه‌وند، ۱۳۸۶).

نمودار توزیع پوشش عمقی در جهت خطوط چشمه، قرار گرفتن مقدار پوشش عمقی کلی عملیات در بازه مطلوب ۴۵ تا ۷۰، توزیع مناسب دورافت و آزمون، قرارگیری شهر اهواز در محدوده عملیات لرزه‌نگاری و محدودیت‌های متعدد ایجاد شده از جانب بافت شهری و همچنین شرایط اقتصادی اشاره کرد. با توجه به شرایط ذکر شده، ۱۰۴ پیچ براساس جدول‌های محاسباتی استاندارد با مشخصات ژئوفیزیکی متفاوت برای میدان نفتی اهواز طراحی شد و سپس به منظور دستیابی به یک پیچ بهینه، همه این ۱۰۴ پیچ توسط نرم‌افزار طراحی عملیات OMNI مورد بررسی قرار گرفت. از این تعداد با توجه به نمودارها و گراف‌های به‌دست آمده از این نرم‌افزار و اینکه توزیع دورافت دور نقش مهمی در طراحی به منظور به تصویر درآوردن هدف عمیق در عملیات ایفا می‌کند، ۴ طراحی درحکم بهترین طراحی‌های صورت گرفته، انتخاب شد که مشخصات هرکدام در جدول ۱ آورده شده است. درنهایت پس از بررسی کامل و در نظر گرفتن همه شرایط و محدودیت‌های موجود، از جمله تلاش در جهت ایجاد کمترین میزان نوفه اثرانگشتی که در ادامه درباره آن بحث خواهد شد، پیچ شماره ۴۳ به‌منزله پیچ عملیاتی موردنظر در میدان نفتی اهواز پیشنهاد می‌شود. این پیچ در برآورده کردن خواسته‌های ژئوفیزیکی و اقتصادی موردنظر، دارای توانایی و دقت بسیار زیادی است (پگاه، ۱۳۸۸).

این میدان جزو میداین دارای تولید زیاد است که در آن هدف اصلی سازند آسماری و هدف عمیق سازند فهلیان است. عمق هدف اصلی در این منطقه مرز بین نفت و آب فعلی اهواز در نظر گرفته می‌شود که برابر با ۲۹۰۰ متر و هدف عمیق برابر با ۵۰۰۰ متر است. پیچ طراحی شده در عملیات لرزه‌نگاری سه‌بعدی میدان نفتی اهواز در برگیرنده پارامترهای عملیاتی فاصله ایستگاه‌های گیرنده، فاصله ایستگاه‌های چشمه، فاصله خطوط گیرنده، فاصله خطوط چشمه، تعداد کانال‌های فعال در پیچ، تعداد خطوط گیرنده فعال در پیچ، میزان پوشش عمقی، بزرگ‌ترین کمینه دورافت (X_{min})، بزرگ‌ترین بیشینه دورافت (X_{max})، نسبت ابعادی (Aspect Ratio)، چگالی نقاط چشمه در واحد سطح، حاشیه پوشش عمقی در جهت خطوط گیرنده و حاشیه پوشش عمقی در جهت خطوط چشمه است که محاسبه آنها به‌دلیل محدودیت‌های ناشی از دستیابی به مقادیر مطلوب پارامترهای ژئوفیزیکی، خصوصیات مخزنی، زمین‌شناسی ساختمانی و ساختارهای زیر سطحی، جلوگیری از کاهش مقدار تفکیک پذیری جزئیات زیر زمینی و به تبع آن کاهش کیفیت داده‌ها به‌منظور روئیت مخزن با وضوح زیاد در مقاطع لرزه‌ای، صورت گرفته است. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به حضور هدف کم‌عمق در عمق ۷۰۰ متر و هدف عمیق در عمق ۵۰۰۰ متر، ابعاد Bin طراحی شده برای میدان نفتی اهواز، جلوگیری از ایجاد پدیده نامطلوب راه‌راه شدن در

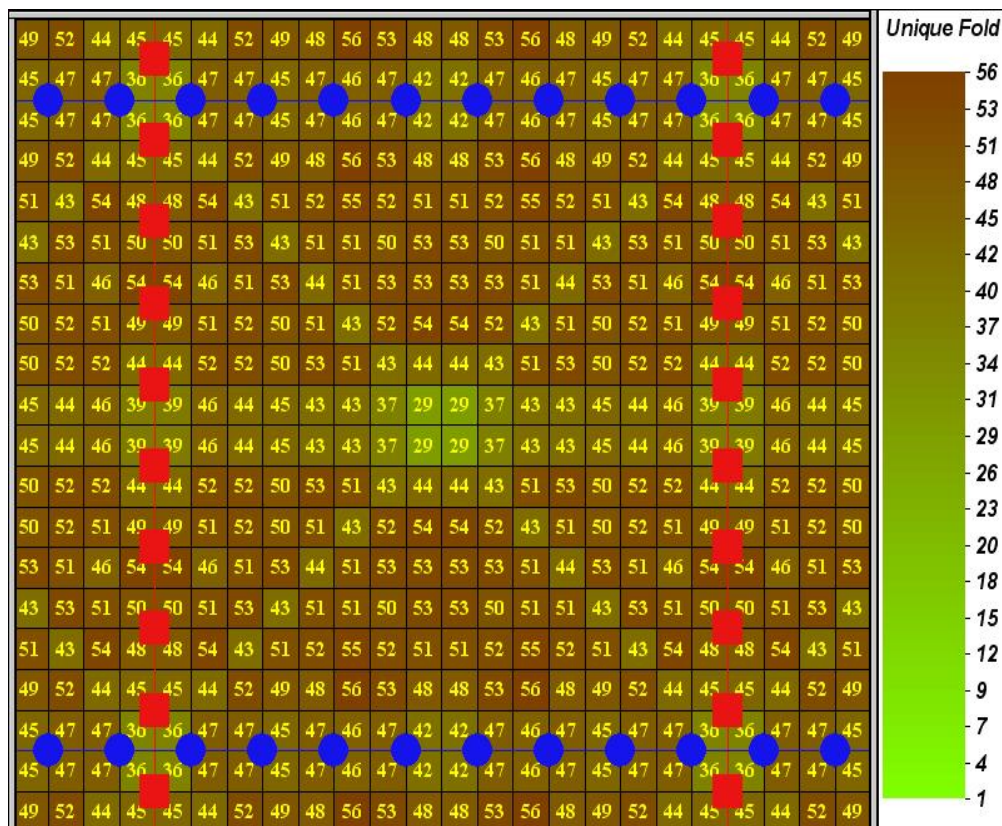
جدول ۱. مشخصات ۴ پیچ پیشنهاد شده از ۱۰۴ طراحی صورت گرفته برای عملیات لرزه‌نگاری سه‌بعدی میدان نفتی اهواز.

Bin Size = 30 , 45 < Desired Fold < 70														
Number of Design	RI	SI	RLI	SLI	NC	NRL	Fold	Xmin	Xmax	Aspect Ratio	SD	In-Line Taper	Cross-Line Taper	Comment
43	60	60	480	480	176	12	66	636	5876	0.53	417	2385	1080	Wide Azimuth
45	60	60	480	480	112	14	49	636	4563	0.94	486	1425	1320	Wide Azimuth
46	60	60	480	480	128	14	56	636	4924	0.82	486	1665	1320	Wide Azimuth
52	60	60	480	480	144	16	72	636	5600	0.84	555	1905	1560	Wide Azimuth

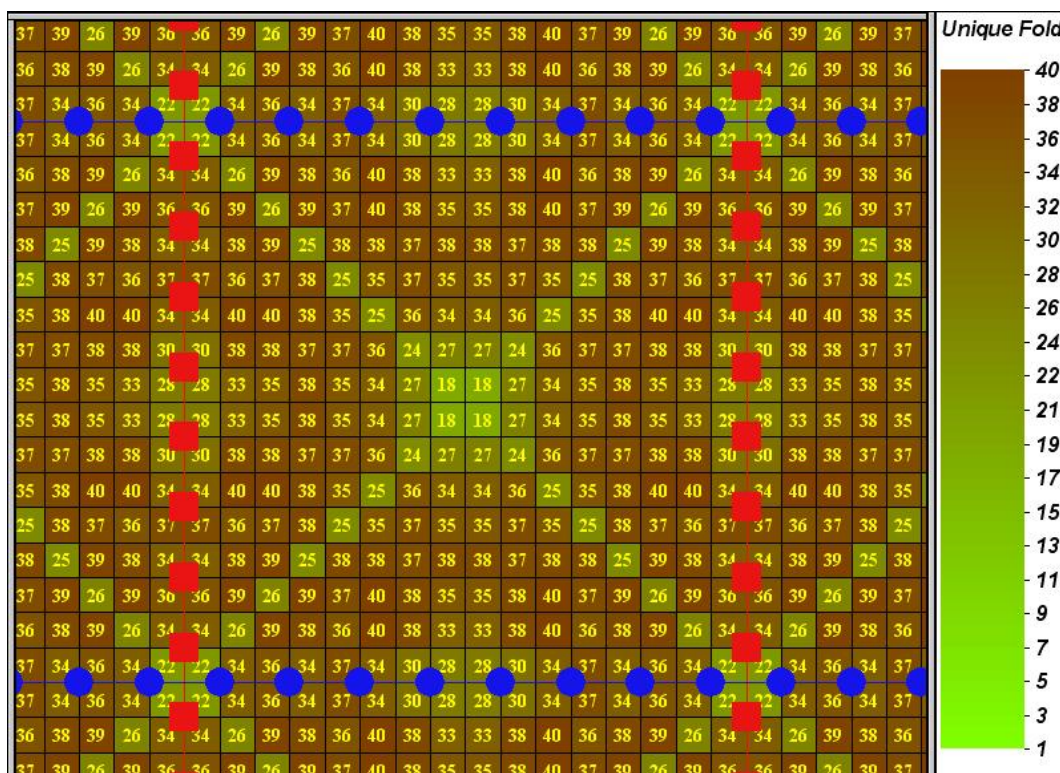
مقادیر گوناگون دورآفت در هر Bin پی برد و در نتیجه با مقایسه این مقادیر در چند Bin مجاور هم، شدت حضور نوفه اثرانگشتی حاصل از هر برداشت را بررسی کرد. هرچه آهنگ تغییرات این پارامتر در چند Bin مجاور هم کمتر باشد، حضور نوفه اثرانگشتی حاصل از آن برداشت ضعیف‌تر خواهد بود. شکل‌های ۵-الف، ۵-ب، ۵-ج و ۵-د به ترتیب نمودار unique fold را برای چهار طراحی ۴۳، ۴۵، ۴۶ و ۵۲ نشان می‌دهند. ملاحظه می‌شود که در طراحی شماره ۴۳ (شکل ۵-الف) آهنگ تغییرات پارامتر unique fold در چند Bin مجاور هم نسبت به طراحی‌های دیگر کمتر است. از این رو مقاطع حاصل از این برداشت، کمتر تحت تاثیر نوفه اثرانگشتی قرار می‌گیرند و لذا با اطمینان زیادی می‌توان به تفسیر این مقاطع و تشخیص درست عارضه‌های زیرزمینی پرداخت.

این پیچ با نسبت ابعادی برابر با ۰/۵۳ از نوع آزیموت متوسط است و همه مزایایی را که یک پیچ با آزیموت متوسط، اعم از تجزیه و تحلیل خوب سرعت، کاستن از میزان امواج تکراری، تصحیحات مطلوب استاتیکی، یکنواخت بودن نمونه‌گیری جهت‌دار زیرسطحی و مانند آن دارد را دارا است.

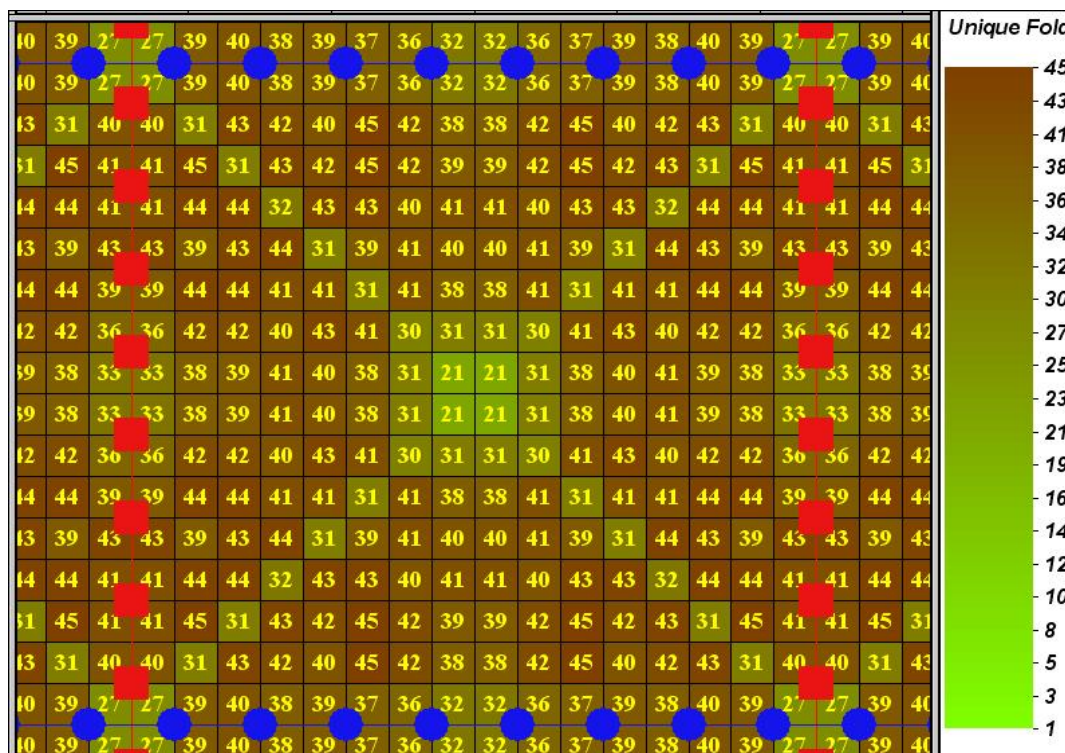
مجموعه ردلرزه‌های موجود در یک Bin که دارای دورآفت یکسان باشند، به هنگام محاسبه پارامتر unique fold برای آن Bin، یکی در نظر گرفته می‌شوند و عدد به دست آمده برای آن Bin را unique fold می‌نامند. به عبارت دیگر، به هنگام محاسبه این پارامتر در هر Bin، ردلرزه‌های با دورآفت یکسان فقط یک بار شمرده می‌شوند. پارامتر unique fold به منظور آگاهی از وجود تعداد دورآفت‌های متفاوت در یک Bin به کار می‌رود. با استفاده از نمودار unique fold می‌توان به توزیع



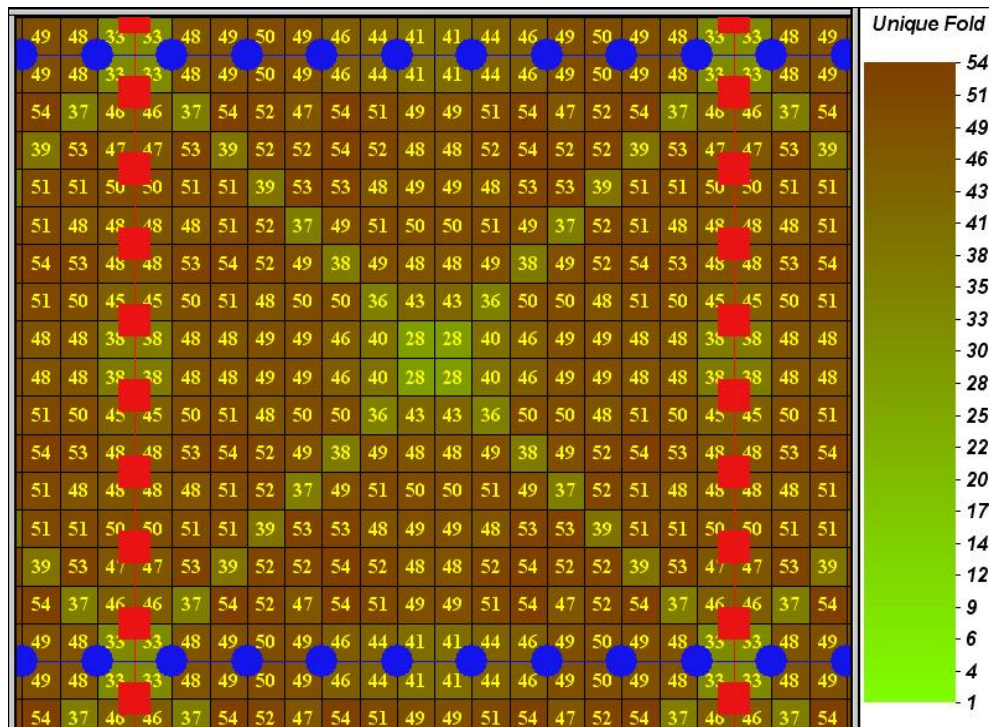
شکل ۵. الف) نمودار unique fold به دست آمده از نرم‌افزار OMNI برای طراحی شماره ۴۳.



شکل ۵. ب) نمودار unique fold به دست آمده از نرم افزار OMNI برای طراحی شماره ۴۵.



شکل ۵. ج) نمودار unique fold به دست آمده از نرم افزار OMNI برای طراحی شماره ۴۶.



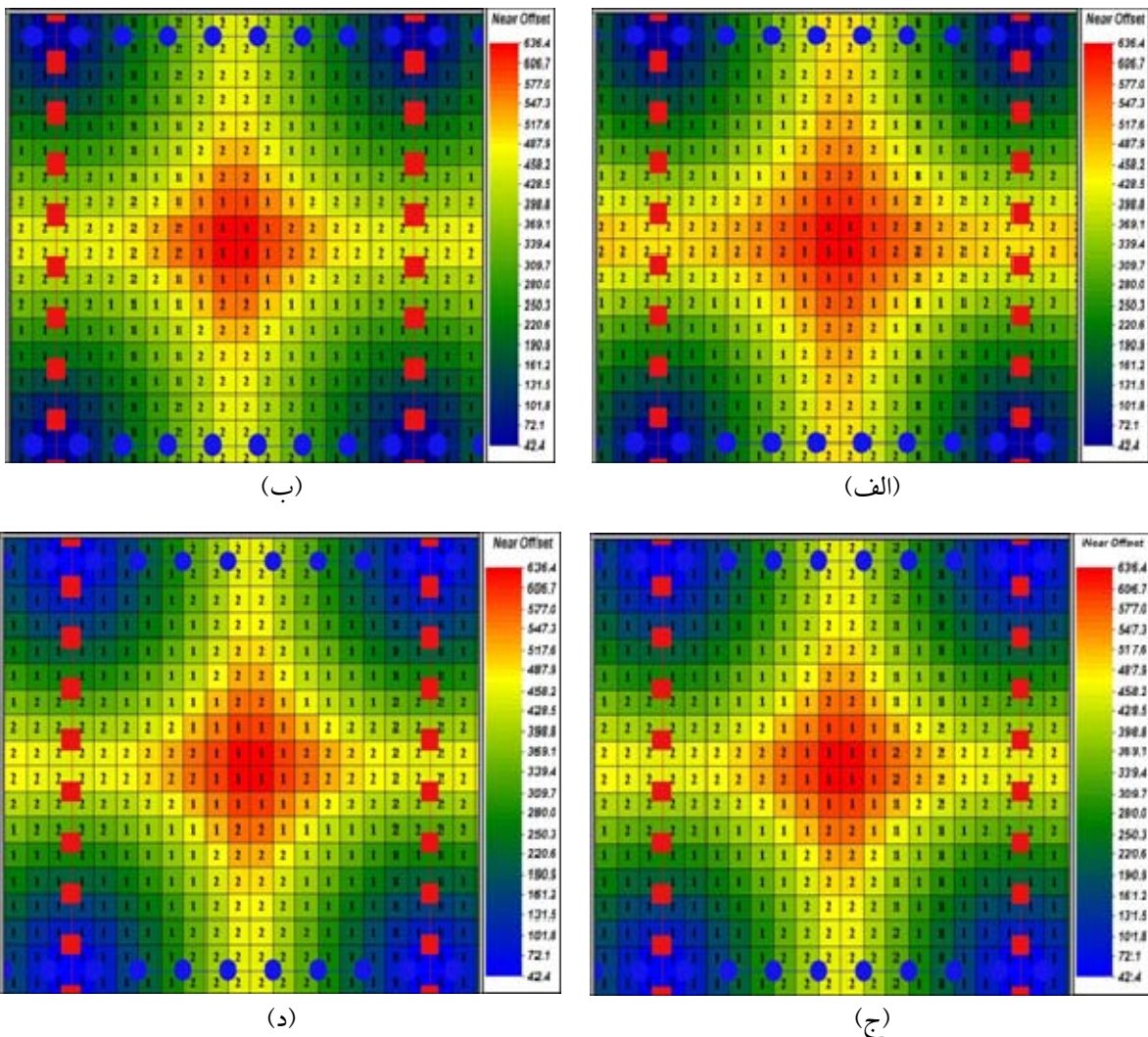
شکل ۵. د) نمودار unique fold به دست آمده از نرم‌افزار OMNI برای طراحی شماره ۵۲.

افزایش می‌یابد. در نتیجه، کنترل و کاهش این تغییرات نیز به نوبه خود مشکل‌تر خواهد شد.

همان‌گونه که در قبل ذکر شد، فقط ردلرزه‌های دارای دورأفت کم در برانبارش اهداف کم عمق سهیم هستند و در واقع بیانگر مقدار پوشش عمقی این اهداف‌اند. تعداد ردلرزه‌های با دورأفت کوتاه همواره از یک Bin به Bin دیگر متفاوت است و این نیز به نوبه خود ناشی از نوع هندسه برداشت صورت گرفته است. شکل‌های ۶-الف، ۶-ب، ۶-ج و ۶-د به ترتیب مقدار پوشش عمقی را در محدوده دورأفت نزدیک (از صفر تا $X_{min} = 636/4$) برای طراحی‌های ۴۳، ۴۵، ۴۶ و ۵۲ نشان می‌دهد. با مقایسه این چهار شکل با یکدیگر می‌توان مقدار پوشش عمقی را روی اهداف کم عمق در هر طراحی سنجید و به این نکته پی برد که در هر طراحی، اطلاعات حاصل از اهداف کم عمق، با چه میزان پوشش عمقی به دست آمده‌اند.

در طراحی شماره ۴۳ مقدار پوشش عمقی نسبت به دو طراحی شماره ۴۵ و ۴۶ بیشتر است و این بدین معنا است که نسبت سیگنال به نوفه در ردلرزه‌های حاصل از این برداشت بیشتر است و در نتیجه حضور نوفه اثرانگشتی در قیاس با دو طراحی ذکر شده به حداقل مقدار خود می‌رسد. اما طراحی شماره ۵۲ به دلیل دارا بودن بیشترین مقدار پوشش عمقی در میان این چهار طراحی از بزرگ‌ترین نسبت سیگنال به نوفه بهره‌مند است و لذا نسبت به سه طراحی دیگر دارای کمترین مقدار نوفه اثرانگشتی حاصل از پارامتر پوشش عمقی است.

در هر چهار طراحی، فاصله بین خطوط برداشت از هم ۴۸۰ متر و لذا نوفه اثرانگشتی حاصل از این عامل در هر چهار حالت یکسان است. هرچه فواصل خطوط از هم بیشتر باشد، ابعاد چارچوب گسترش یافته و مساحت آن بیشتر می‌شود، در نتیجه تعداد Bin واقع در این سطح افزایش می‌یابد و به تبع آن، آهنگ تغییرات پارامترها نیز



شکل ۶. مقدار پوشش عمقی به دست آمده از نرم افزار *OMNI* در محدوده دورآفت نزدیک برای یک چارچوب در مرکز عملیات. (الف) طراحی شماره ۴۳، (ب) طراحی شماره ۴۵، (ج) طراحی شماره ۴۶ و (د) طراحی شماره ۵۲.

دورآفت مرتب شده باشد. با ایجاد این مکعب می توان آن را در هر زمان با طول پنجره دلخواه برش داد و نوفه اثرانگشتی موجود را مشاهده و بررسی کرد. آرایشی که دارای کمترین آهنگ تغییرات در پاسخ برانبارش مدل سازی شده باشد دارای کمترین میزان نوفه اثرانگشتی نیز خواهد بود. در این قسمت با استفاده از مشخصات طراحی شماره ۴۳، درحکم پیچ عملیاتی منتخب برای میدان نفتی اهواز، از یک دسته نقاط میانی برانبارش دوبعدی برداشت شده روی این میدان به منظور مدل سازی مکعب سه بعدی پاسخ برانبارش و در نتیجه مشاهده و

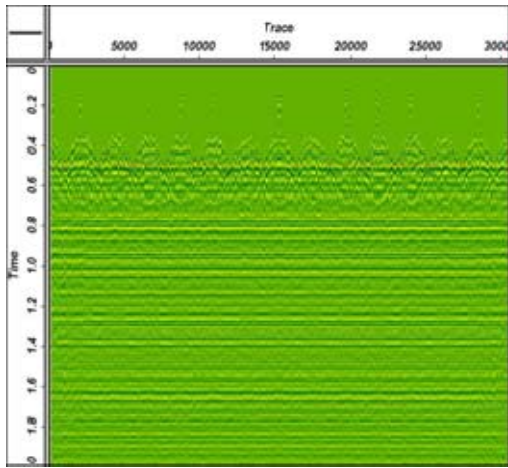
نوفه اثرانگشتی حاصل از برداشت داده ها را می توان با تولید پاسخ برانبارش (stack response) ناشی از داده های مصنوعی یا واقعی مدل سازی کرد. در این حالت مکعب داده های سه بعدی پاسخ برانبارش ساخته خواهد شد و می توان برش های زمانی را با طول پنجره محدود، در هر زمانی از این مکعب استخراج کرد. بهترین داده ورودی برای مدل سازی و در نتیجه تولید مکعب سه بعدی پاسخ برانبارش، استفاده از یک دسته نقاط میانی مشترک دوبعدی (یا سه بعدی) است که تصحیحات NMO و استاتیکی روی آن صورت گرفته و همچنین برحسب

روی مکعب سه‌بُعدی پاسخ برانبارش در زمان ۱/۱ ثانیه با طول پنجره زمانی ۶۰ میلی‌ثانیه است. با توجه به این شکل می‌توان تغییرات موجود در دامنه ردلرزه وابسته به هر Bin را ملاحظه کرد و در نتیجه به بررسی شدت حضور نوفه اثرانگشتی پرداخت. هر چقدر آهنگ تغییرات دامنه در Bin‌های مجاور هم کمتر باشد، حضور نوفه اثرانگشتی ضعیف خواهد بود و هر چقدر میزان این تغییرات در Bin‌های مجاور هم بیشتر باشد حضور نوفه اثرانگشتی در این برش زمانی گسترده‌تر است.

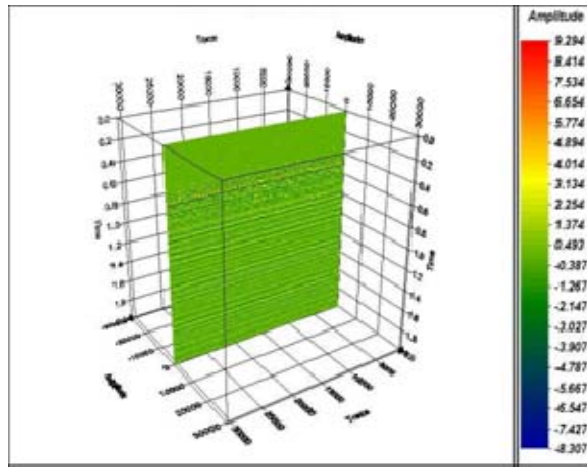
بررسی نوفه اثرانگشتی حاصل از این طراحی استفاده می‌شود.

شکل ۷ یک مقطع برانبارش قائم را از مکعب سه‌بُعدی داده‌های برانبارش نشان می‌دهد. محور افقی این شکل نشانگر ردلرزه است و محور قائم زمان را نشان می‌دهد. با استفاده از این شکل می‌توان افق‌های حاضر در این مقطع را با الگوی دامنه موجود در هر یک از آنها ملاحظه کرد و از این رو شدت تغییرات این پارامتر و در نتیجه میزان حضور نوفه اثرانگشتی را مورد بررسی قرار داد.

شکل ۸ نشان دهنده یک مثال از برش زمانی زده شده

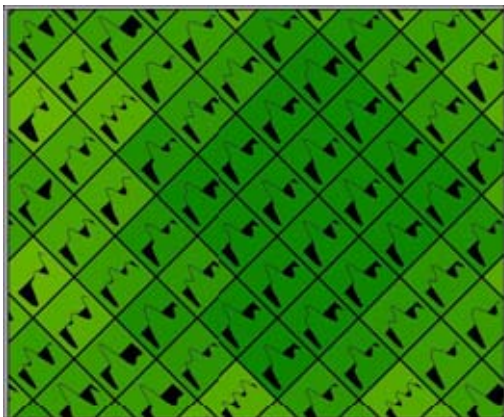


(ب)

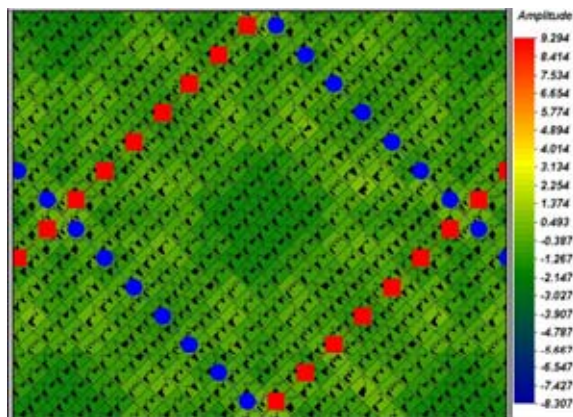


(الف)

شکل ۷. (الف). مقطع برانبارش قائم به‌دست آمده از مکعب سه‌بُعدی داده‌های برانبارش شده میدان نفتی اهواز با استفاده از نرم‌افزار OMNI. (ب). تصویر بزرگ شده مقطع برانبارش قائم موجود.



(ب)



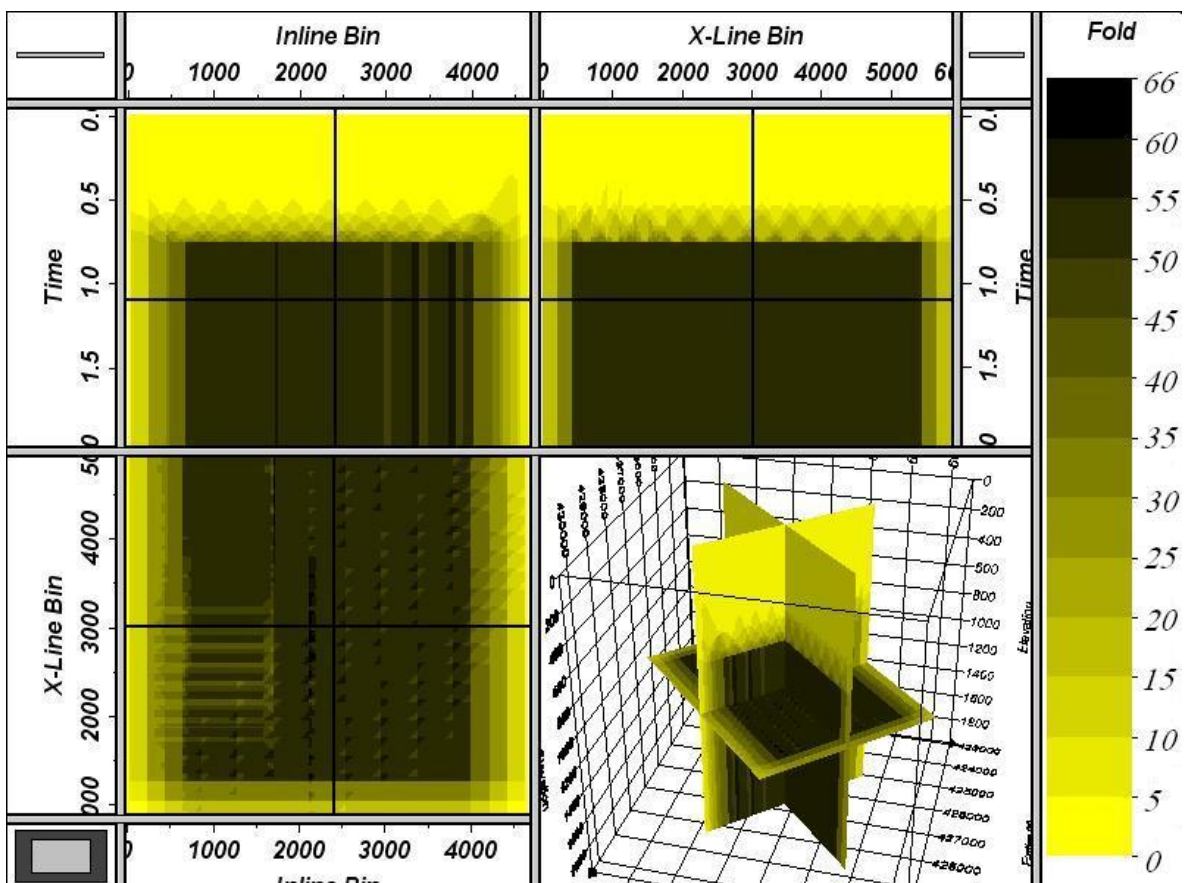
(الف)

شکل ۸. برش زمانی زده شده روی مکعب سه‌بُعدی پاسخ برانبارش در زمان ۱/۱ ثانیه و با طول پنجره زمانی ۶۰ میلی‌ثانیه به‌دست آمده از نرم‌افزار OMNI. (الف). تغییرات موجود در دامنه ردلرزه وابسته به هر Bin در یک چارچوب واقع در مرکز عملیات. (ب) تصویر بزرگ شده چارچوب موجود.

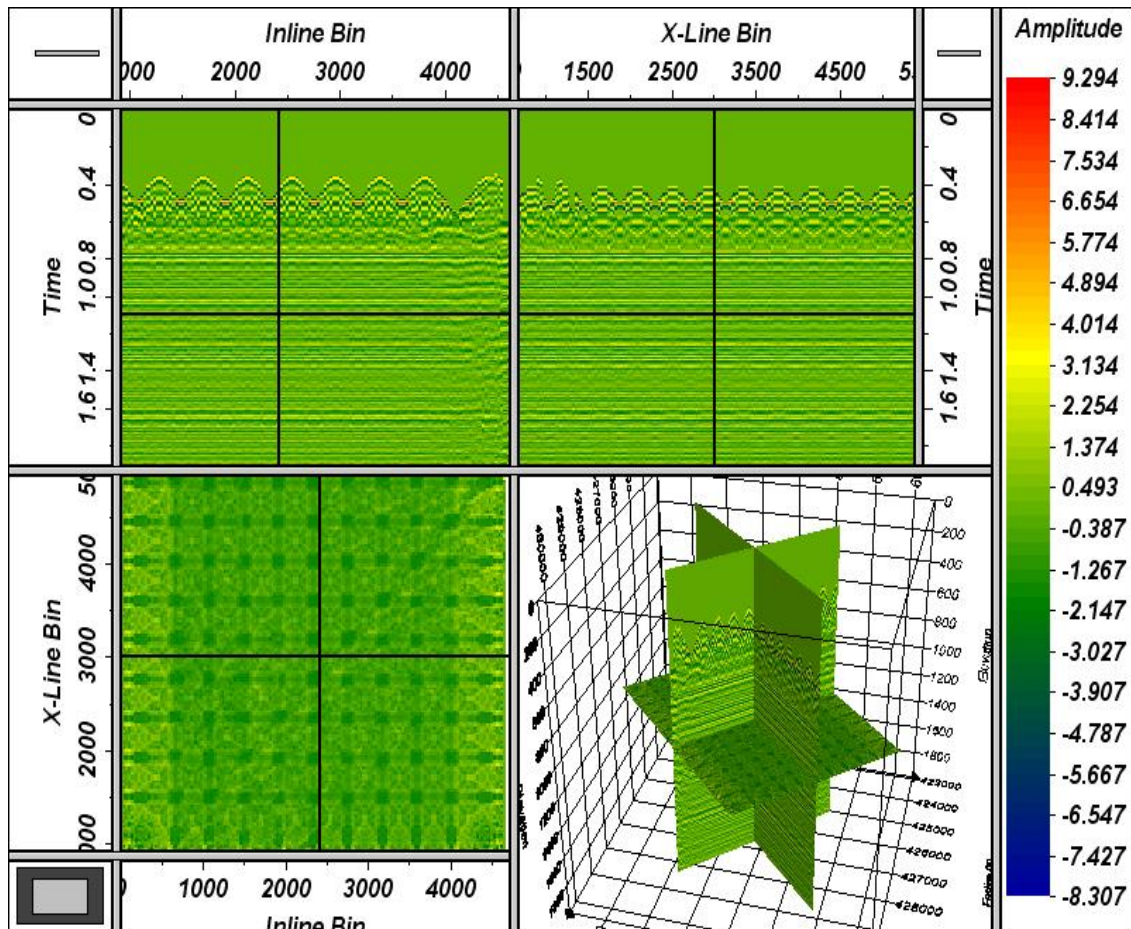
می‌دهد که عمدتاً علاوه بر بستگی مستقیم به چگونگی توزیع دورافت و مقدار پوشش عمقی در هر Bin، نشات گرفته از تاثیر جابه‌جایی ایستگاه‌های گیرنده نیز هست. می‌توان با استخراج برش‌های زمانی متفاوت بر مکعب سه‌بعدی حاضر، آهنگ تغییرات مقادیر دامنه را برای هر مقطع در هر زمان (عمق) ملاحظه کرد و در نتیجه با بررسی نوارهای دامنه، به بررسی شدت حضور نوفه اثرانگشتی در هر مقطع پرداخت. تغییرات کند در میزان مقادیر دامنه در هر عمق، نشان‌دهنده حضور ضعیف‌تر نوفه اثرانگشتی، و وجود تغییرات فاحش در میزان این پارامتر، بیانگر حضور هرچه بیشتر نوفه اثرانگشتی در مقاطع لرزه‌ای خواهد بود.

شکل ۹ تغییرات میزان پوشش عمقی با زمان (عمق) را نشان می‌دهد که عمدتاً علاوه بر بستگی مستقیم به چگونگی توزیع دورافت در هر Bin، نشات گرفته از تاثیر جابه‌جایی نقاط انفجار، به دلیل عوارض سطح الارضی موجود نظیر بافت مسکونی و پستی و بلندی‌های منطقه، نیز هست. می‌توان با استخراج برش‌های متفاوتی بر مکعب سه‌بعدی حاضر، مقدار پوشش عمقی در هر عمق دلخواهی را به دست آورد و آهنگ تغییرات پوشش عمقی با عمق را برای هر حالت ملاحظه کرد. هرچه آهنگ این تغییرات کمتر باشد، حضور نوفه اثرانگشتی ضعیف‌تر و در نتیجه یکنواختی در مقادیر دامنه برانبارش در هر عمق بیشتر خواهد بود.

شکل ۱۰ تغییرات مقادیر دامنه با زمان (عمق) را نشان



شکل ۹. تغییرات میزان پوشش عمقی با زمان (عمق) در میدان نفتی اهواز به دست آمده از نرم‌افزار OMNI. مقطع زمانی استخراج شده (پایین سمت چپ) از مکعب سه‌بعدی نشان داده شده در شکل بیانگر مقادیر پوشش عمقی در زمان ۱/۱ ثانیه است.



شکل ۱۰. تغییرات مقادیر دامنه با زمان (عمق) در میدان نفتی اهواز به‌دست آمده از نرم‌افزار OMNI. مقطع زمانی استخراج شده (پایین سمت چپ) از مکعب سه‌بُعدی نشان داده شده در شکل بیانیگر مقادیر دامنه در زمان ۱/۱ ثانیه است.

۵ نتیجه‌گیری

مقادیر پارامترهایی چون پوشش عمقی، توزیع دورافت، توزیع آزیموت، قطبی شدن توزیع دورافت، قطبی شدن توزیع آزیموت و ... در Binها باشد. درنهایت با مدل‌سازی مکعب سه‌بُعدی پاسخ برانبارش با استفاده از نرم‌افزار OMNI برای هندسه برداشت منتخب و استخراج مقاطع لرزه‌ای از برش‌های زمانی زده شده روی این مکعب، این پارامترها در مرحله طراحی عملیات بهینه شدند و در نتیجه، حضور این نوع نوفه در مقاطع لرزه‌ای به حداقل مقدار ممکن رسید. با کاهش حضور نوفه اثرانگشتی، ضریب اطمینان در صحت تفسیر مقاطع موجود افزایش یافت و از این‌رو تشریح خصوصیات مخزن مورد نظر با اعتمادی افزون و به گونه‌ای ساده‌تر عملی خواهد

در این مقاله با تحقیق و بررسی نوفه اثرانگشتی حاصل از تغییرات و انتخاب پارامترهای دخیل در طراحی عملیات لرزه‌نگاری سه‌بُعدی میدان نفتی اهواز و همچنین چگونگی تاثیر طراحی عملیات در تولید این نوفه، بهترین هندسه برداشت به گونه‌ای عرضه شد که علاوه بر دست‌یابی به اهداف ژئوفیزیکی موردنظر، اعم از خصوصیات مخزنی، زمین‌شناسی ساختمانی و ساختارهای موجود زیرسطحی، محل قرارگیری دقیق اهداف کم‌عمق و اصلی، جلوگیری از کاهش مقدار تفکیک‌پذیری جزئیات زیرزمینی و به تبع آن کاهش کیفیت داده‌ها به منظور رویت مخزن با وضوح بالا در مقاطع لرزه‌ای، دارای کمترین آهنگ تغییرات در

شد.

منابع

پگاه، ا.، ۱۳۸۸، طراحی عملیات لرزه‌نگاری سه‌بُعدی میدان نفتی اهواز با استفاده از داده‌های موجود و مطالعه نوفه‌های footprint حاصل از تغییرات پارامترها در طراحی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.

سپه‌وند، س.، ۱۳۸۶، گزارش تکمیلی زمین‌شناسی چاه اهواز-۳۰۷ (خامی)، اداره زمین‌شناسی تحت‌الارضی، اداره کل زمین‌شناسی، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران.

Cordsen, A., 1995, How to find the optimum 3-D fold, Ann. Mtg., Can. Soc. Expl. Geoph., Expanded Abstracts, 96-97.

Cordsen, A., 2004, Acquisition footprint, Search and discovery article, 40128., GEDCO, Calgary, Canada.

Cordsen, A., Galbraith, M. and Peirce, J., 2000, Planning land 3-D seismic surveys, Soc. Expl. Geophys., Tulsa, Oklahoma.

Hill, S., Shultz, M. and Brewe, J., 1999, Acquisition footprint and fold-of-stack plots, The Leading Edge, 686-695.

Sahai, S. and Soofi, K., 2007, Footprint in seismic data: Search and discovery article, 40230, Posted February 21.

Savage, E. G. and Mathewson, J. C., 2001, Prediction of 3-D seismic footprint from existing 2-D data: The Leading Edge, 464-473.

Schuster, G. T. and Liu, Z., 2001, Seismic array theorem and rapid calculation of acquisition footprint noise: Geophysics, **66**, 1843-1849.