تخمین تخلخل افق مخزنی آسماری با استفاده از داده‌های لرزه‌ای در یکی از میادین نفتی خلیج‌فارس

حامد فتحی پور[۱]، محمد علی ریاحی[۲] و محمدرضا شایسته فر[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر، کرمان ، ایران
[۲]دانشیار موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران
[۳]استادیار گروه مهندسی اکتشاف معدن، دانشگاه شهیدباهنر، کرمان، ایران

چکیده

اهمیت و نقش تعیین کننده خواص پتروفیزیکی در بررسی مخازن نفت و گاز، ایجاب می‌کند که از هر گونه اطلاعات برای پی بردن به این خواص استفاده شود. یکی از روشهای متداول و مفید جهت بررسی تغییرات لیتولوژی و تخلخل در میادین نفت و گاز استفاده از روشهای برگردان لرزه‌ای می‌باشد. در این مقاله داده‌های دوبعدی لرزه‌ای یکی از میادین نفتی خلیج فارس به همراه نگارهای صوتی، گاما و چگالی چاههای این میدان استفاده شد تا پس از استخراج روابط موجود بین نشانگرهای لرزه‌ای و مقادیر تخلخل درچاهها، از این روابط برای تخمین تخلخل در فواصل چاهها استفاده شود. بعد از بررسیهای کلی داده‌ها، یک خط لرزه‌نگاری که چاههای شماره ۱و۳ روی آن قراردارند، انتخاب شد و روشهای برگردان لرزه‌ای (روشهای خارهای پراکنده و بر پایه مدل) بر آن اعمال گردید. نتایج حاصل از این روشها با یکدیگر مقایسه شدند که از این میان روش بر پایه مدل نتایج قابل قبولی را ارائه نمود. سپس با استفاده از روابط موجود بین امپدانس صوتی حاصل از برگردان لرزه‌ای و تخلخل موجود درچاهها، توزیع تخلخل به روشهای تک نشانگر، چندنشانگر و شبکه‌های عصبی مصنوعی تخمین زده شد.

Abstract

It is important to use the available data and techniques to determine the petrophysical parameters of any Oil and Gas reservoir. One of the most important methods is the seismic inversion, which enables to determine the most important characteristics such as the porosity and permeability. In this article, 2-D seismic data and well logging measurements from an oilfield in Persian Gulf was used to estimate porosity distribution in the reservoir rock. After a general analysis one line was selected for further prospecting. In addition, the results based on two seismic inversion methods (Sparse Spike and Model based inversion) were compared. Because the obtained results from the Model based inversion method was satisfactory, therefore they are selected for further study. Finally based on relationship between acoustic impedance and porosity, an estimated porosity distribution along the studied profile has been presented by using Single Attribute, Multi Attribute and Neural Networks.

مقدمه

ارزیابی پارامترهای مخزنی نظیر تخلخل و تراوایی پایه مدلسازی و مطالعات مخازن را تشکیل می‌دهد. هرقدر این اطلاعات دقیقتر باشند، ریسک تصمیم‌گیری در خصوص حفاری کاهش پیدا کرده و عملکرد میدان از نظر بازدهی تولید فنی و اقتصادی مطلوبتر خواهد بود. راه مستقیم دستیابی به خواص پتروفیزیکی در بررسی مخازن هیدروکربنی، حفر چاه می‌باشد و از آنجا که این عمل هزینه زیادی را در بردارد، همواره تلاش برای استخراج خواص پتروفیزیکی از داده‌های لرزه‌ای وجود داشته است. استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای می‌تواند بعنوان پارامتری کلیدی برای بدست آوردن بسیاری از اطلاعات مفید مخزنی باشد. می توان رابطه بین نشانگرهای لرزه‌ای و خواص مخزنی (به طور خاص تخلخل)، در محل چاه‌ها را بدست آورد و با یافتن این ارتباط و تعمیم آن به کل میدان، خواص مخزنی را در تمام محدوده مخزن، با دقت بالایی پیش‌بینی کرد.

بحث

Archive of SID

www.SID.ir

برگردان لرزه‌ای روشی است برای ساخت یک مدل از زمین با استفاده از داده‌های لرزه‌ای به عنوان ورودی. هدف از برگردان لرزه‌ای، تبدیل داده‌های لرزه‌ای باند محدود به شبه نگارهای امپدانس صوتی باند پهن در هر برداشت نقطه هم عمق مشترک (CDP) و یا نقطه میانی مشترک (CMP) می‌باشد. [1]

نشانگر لرزه‌ای (Seismic Attribute) را غالباً به عنوان هر تبدیل ریاضی از داده‌های لرزه‌ای تعریف می‌نمایند. مهمترین نشانگر لرزه‌ای که می‌توان برای یک مقطع لرزه‌ای تهیه کرد مقاومت صوتی است. برای پیدا کردن رابطه بین نشانگر لرزه‌ای و تخلخل، ساده‌ترین روش ترسیم آنها در یک دستگاه مختصاتی یا Crossplotting و یافتن خطی می باشدکه از بیشترین تعداد نقاط ممکن عبورنماید (Single Attribute) . در روشهای چند نشانگری (Multi Attribute) و شبکه‌های عصبی (Neural Network) هدف یافتن یک نوع تبدیل ریاضی خطی یا غیرخطی بین تعدادی از نشانگرهای لرزه‌ای و داده‌های چاه می‌باشد. درحالت خطی روش Stepwise Regression استفاده می‌شود و تبدیل شامل مجموعه‌ای است از وزنهای ریاضی که با استفاده از روشهای حداقل مربعات تولید می‌گردند. درحالت غیرخطی نیز، یک شبکه عصبی با استفاده از ورودی نشانگرهای لرزه‌ای بکار برده می‌شود. [2]

مطالعه موردی

داده‌های ورودی در این مطالعه شامل داده‌های لرزه‌ای دوبعدی میدان، نگارهای صوتی، گاما و چگالی برداشت شده در چاهها و همچنین چک شات چاه شماره یک می‌باشند.

۱- وارد کردن داده‌ها وتصحیح آنها: بعد از بررسیهای کلی داده‌ها، یک خط لرزه‌نگاری و چاههای شماره ۱و۳ که روی آن قراردارند، انتخاب و داده‌های آنها وارد نرم افزار گردید. بعد از وارد کردن نگارهای ذکر شده این داده ها با داده‌های چک شات هم سنجی گردید. هدف از این عمل تبدیل نگار صوتی و نگار چگالی از عمق به زمان بود تا تطبیق این داده‌ها با داده های لرزه‌نگاری امکان‌پذیر گردد.

۲- استخراج موجک و ساخت لرزه نگاشت مصنوعی: با استفاده از اطلاعات نگارهای چگالی و صوتی، مدلی از سری ضرایب بازتاب درمحل چاه ساخته می شود، با اعمال موجک تخمینی رد لرزه مصنوعی ساخته می‌شود و این رد با رد لرزه‌ای در محل چاه مطابقت داده می‌شود، اگر خطا زیاد باشد موجک تغییر داده می‌شود تا خطا کاهش یابد. این عمل تا حصول یک تطابق خوب ادامه پیدا می‌کند. [4] از همامیخت موجک لرزه‌ای با سری ضرایب بازتاب لرزه‌نگاشت مصنوعی تولید می‌شود. [1] در این مرحله به منظور تطبیق داده‌های لرزه‌ای با داده‌های چاه لرزه‌نگاشت مصنوعی تولید گردید که با نزدیک ترین خط لرزه‌ای به آن چاه قابل مقایسه است. بعد از انجام عمل همامیخت درجه همبستگی ٪۶۷ بدست آمد. پس لرزه‌نگاشت مصنوعی انطباق نسبتاً خوبی با داده‌های لرزه‌ای دارد. بعد از ساخت، لرزه‌نگاشت برروی مقطع لرزه‌ای قرار گرفت.

۳- ساخت مدل اولیه: برای انجام برگردان لرزه‌ای، نیاز به تفسیر ساختمانی یا مدل زمین‌شناسی به صورت افقهای مشخص می‌باشد. در این قسمت هریک از افقهای موجود تفسیرشد و با استفاده از چاه و مقطع لرزه‌ای یک مدل اولیه زمین‌شناسی از اطلاعات لرزه‌ای ساخته شد. کاربرد مدل زمین‌شناسی اینست که چون جوابهای حاصل از برگردان یکی نیست پس این جوابها را محدود می‌کند و همچنین اطلاعاتی در محدوده فرکانس پائین بدست می‌آورد.

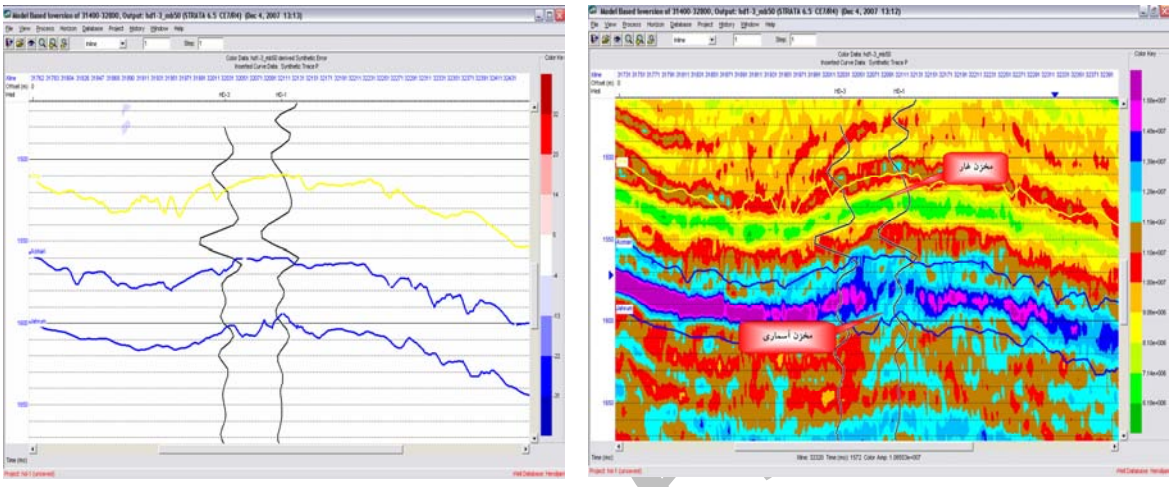
۴- برگردان لرزه‌ای: روشهایی که انتخاب شدند، دو روش اصلی یعنی: ۱ـ بر پایه مدل ۲ ـ خارهای پراکنده بودند. در روش بر پایه مدل، ابتدا یک مدل زمین شناسی ساخته می شود، این مدل با داده‌های لرزه‌ای واقعی مقایسه می‌گردد، سپس از نتایج مقایسه بین داده‌های حقیقی و مدل‌سازی شده استفاده می‌گردد تا مدل آنقدر اصلاح گردد که بهترین حالت انطباق با داده‌های لرزه‌ای را داشته باشد.[1]

در برگردان لرزه‌ای به روش خارهای پراکنده، هدف بدست آوردن سری ضرایب بازتاب از لرزه‌نگاشت و بازسازی کامل باند فرکانسی مدل زمین است، به گونه‌ای که دارای فرکانسهای بالاو پایین نیز باشد. [3]

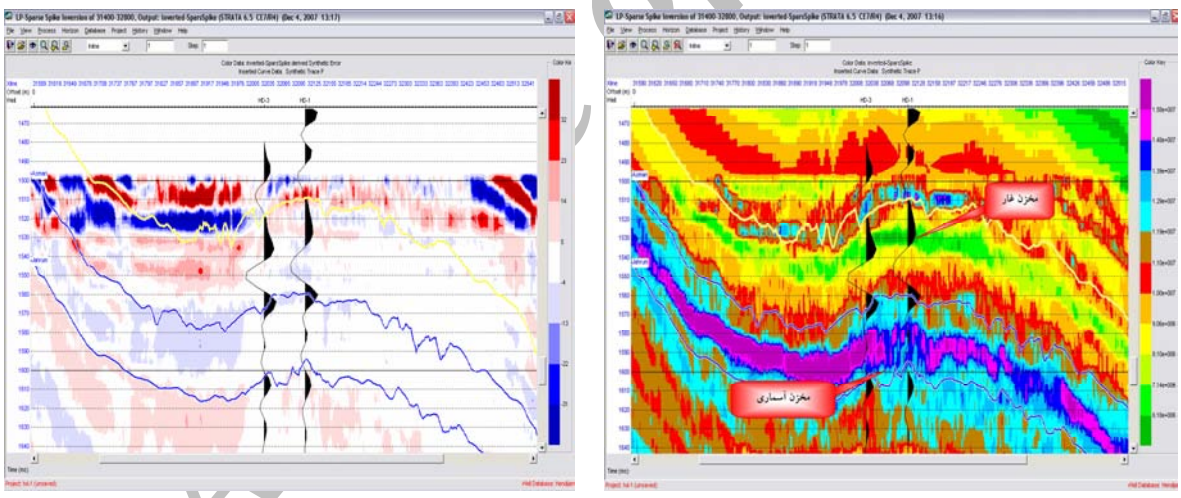
Archive of SID

www.SID.ir

مقطع امپدانس صوتی حاصل از برگردان لرزه‌ای به این دو روش و خطای موجود در هرکدام از روشها در شکلهای ۱ و ۲ نشان داده شده است. رنگ سبز مقادیر امپدانس پایین و رنگ بنفش مقادیر امپدانس بالارا نشان می‌دهد، پس امپدانس صوتی در لایه ماسه سنگی غار و لایه آهکی آسماری پایینی، کم می‌باشد.



شکل ۱. سمت راست: مقطع امپدانس صوتی با استفاده از روش برگردان لرزه ای بر پایه مدل. سمت چپ: خطای موجود در روش مورد استفاده.



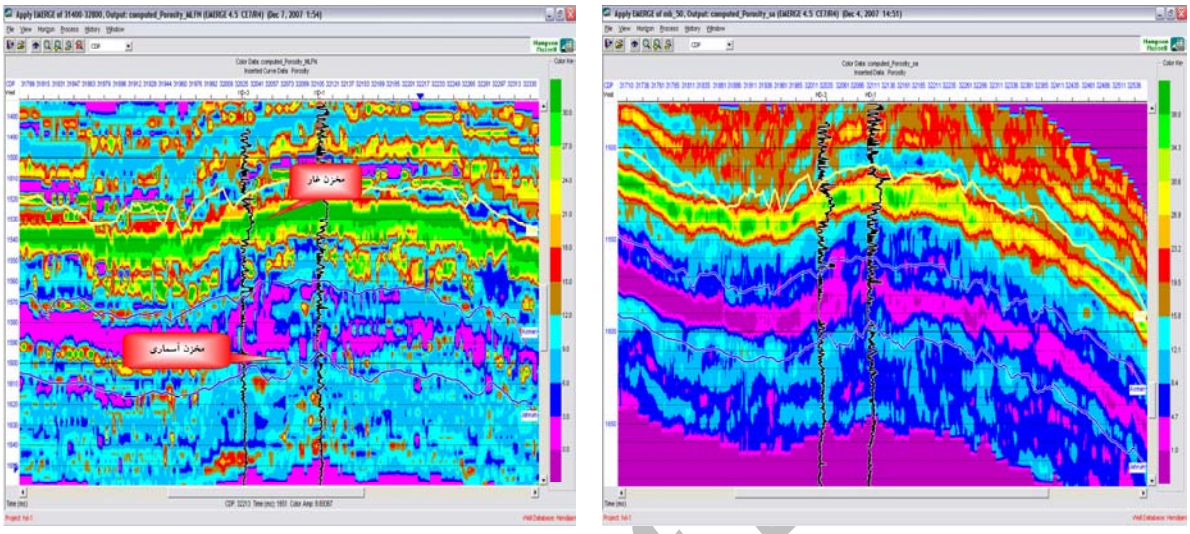
شکل ۲. سمت راست: مقطع امپدانس صوتی با استفاده از روش برگردان لرزه ای خارهای پراکنده. سمت چپ: خطای موجود در روش مورد استفاده.

از مقایسه مقاطع حاصل از دو روش نتیجه گرفته شد که روش برگردان بر پایه مدل دارای خطای کمتری بوده، ناپیوستگی لایه‌ها نیز واضح‌تربوده و نتایج بسیار مطلوب تری نسبت به روش خارهای پراکنده دارد.

۵- تخمین توزیع تخلخل: به دلیل موجود نبودن نگار تخلخل با روابط ریاضی این نگار تخمین زده شد. سپس از امپدانس صوتی حاصل از برگردان لرزه‌ای بر پایه مدل بعنوان یک نشانگر استفاده شد و میزان همبستگی آن با تخلخل ٪۸۳ بدست آمد. در مرحله بعدی لیستی از نشانگرهای چندگانه توسط نرم افزار تهیه گردید، خطای بدست آمده با استفاده از حالات مختلف بررسی و بهترین ترکیب نشانگرها با استفاده از روش رگرسیون مرحله‌ای Stepwise Regression انتخاب شد. میزان همبستگی ٪۹۳ بدست آمد. در مرحله آخر نیز

www.SID.ir

روش شبکه‌های عصبی بکارگرفته شد. میزان همبستگی ٪۹۶ بین لاگهای تخلخل اندازه گیری شده در چاهها و لاگهای تخلخل پیش‌بینی شده بدست آمد.



شکل ۳. سمت راست: تخمین توزیع تخلخل در سازند آسماری با استفاده از روش Single Attribute . سمت چپ: تخمین توزیع تخلخل در سازند آسماری با استفاده از روش Neural Network (رنگ سبز نشانگر تخلخل بالا ورنگ بنفش نشانگر تخلخل پایین).

نتیجه گیری

۱- برگردان لرزه‌ای روشی مناسب برای بررسی تغییرات لیتولوژی و تخلخل درافق های مخزنی می‌باشد.

۲- استفاده از روشهای چند نشانگری وشبکه های عصبی به جای روش ساده Crossplotting باعث افزایش توانایی ما در پیش‌بینی صحیح لاگهای مختلف از داده‌های لرزه‌ای گردید. همچنین تفکیک‌پذیری لایه‌ها افزایش پیدا کرد و تخمین بهتری از توزیع تخلخل به دست آمد.

۳- در سازند آسماری دو لایه مخزنی (لایه ماسه سنگی غار و لایه آهکی آسماری پایینی) دیده می‌شود، به طوریکه این دو لایه توسط یک لایه متراکم و با تخلخل پایین از یکدیگر جدا شده‌اند.

۴- افق مخزنی غار توسط یک لایه شیلی به دو مخزن تقسیم شده است که مخزن فوقانی دارای تخلخل بسیار بالاتری می‌باشد.

منابع

Russell, H. B., “Introduction to seismic inversion methods”, Course Notes Series, **2**, SEG, 1998.

Hampson, D., Schuelke, J., Quirein, “Use of multi attribute transforms to predict log properties from seismic data”, Geophysics2001, **66**, 1.

Hampson, D., and Russell, H. B., “Maximum likelihood of seismic inversion”, National Canadian CSEG meeting, Calgary, Alberta, 1985.

Hampson, D., Galbraith, M., “Wavelet extraction by sonic-log correlation”, Journal of the CSEG, **17**, 24-42, 1981.

Archive of SID

www.SID.ir