

کاربرد برگردان داده های لرزه ای سه بعدی در تخمین پارامترهای مخزنی

ماشالله رحیمی - مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، اداره ژئوفیزیک

چکیده:

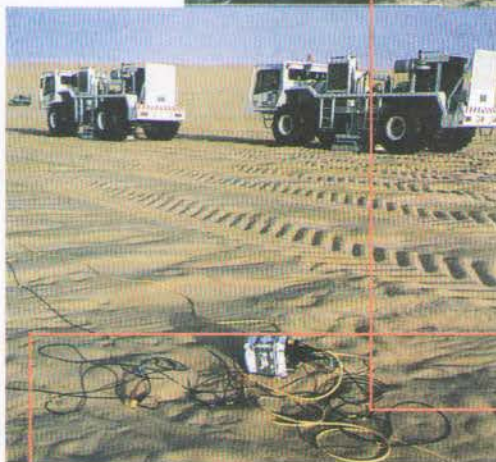
برگردان لرزه ای یک ابزار بسیار مناسب برای توصیف مخزن است در این فرایند داده های گوناگون شامل اطلاعات لرزه ای، اطلاعات نگارهای چاه، نتایج به دست آمده از مغزه و آزمایشهای تولید چاهها و فشار مخزن، اطلاعات زمین شناسی و بسیاری از اطلاعات دیگر از منابع وسیع جمع آوری

می شود و یک تیم متخصص متشکل از ژئوفیزیکست، زمین شناس، پتروفیزیکست، مهندس مخزن و مهندس حفاری و تولید روی ساختن یک مدل تلفیقی متمرکز می شوند در واقع این

تلفیق ارزش داده ها را افزایش می دهد و بالاخره ارزش کسب شده، تفکیک پذیری، صحت و اعتبار مدل مخزن را بالا می برد و باعث می شود برای بهره برداری مخازن از چاههای کمتر در محل های بهتر استفاده کنیم و این کمکی عمده برای کنترل هزینه اکتشاف و تولید است.

مدل امپدانس که مطابق یک اسکلت توالی چینه شناسی ساخته می شود همه این شرایط را برآورده می کند زیرا چنین

مدلی، مدلی تلفیقی است اساس مدل امپدانس، برگردان داده های لرزه ای است نتایج برگردان با یک مدل زمین شناسی تلفیق شده اند تا یک نتیجه ثابت با حجم اطلاعات افزوده شده، تولید کنند مدل زمین^۲ (مدل امپدانس) از ترکیب مدل زمین شناسی با نگارهای چاه و سایر داده ها ساخته شده است مدلی که ما به عنوان هسته فرایند تلفیق



- ۱- تفسیر لرزه ای زونهای اصلی مورد استفاده کرده ایم.
- ۲- کالیبره کردن چاه با داده های لرزه نگاری درون چاهی
- ۳- تخمین موجک
- ۴- ساخت مدل زمین شناسی سه بعدی
- ۵- برگردان لرزه ای سه بعدی مشروط شده
- ۶- تفسیر مجدد واحدهای چینه شناسی مخزن با استفاده از مکعب برگردان لیتولوژی لرزه ای و تلفیق شده با مدل زمین شناسی
- ۷- تخمین پارامترهای مخزنی از قبیل تخلخل و Netpay از مکعب لیتولوژی

مقدمه

هدف برگردان لرزه ای، تبدیل داده های لرزه ای باند محدود به شبه نگارهای امپدانس صوتی باند پهن در هر د لرزه ای است امپدانس صوتی را می توان نوعی

مقاومت سنگها در برابر انتشار امواج دانست و محصول دانسیته و سرعت موج طولی سنگ است این بدان معنی است که امپدانس صوتی، یک خاصیت^۱

پیشنهاد می کنیم چنین مدلی است ما برای ساختن چنین مدلی مراحل زیر را به کار برده، همچنین برای برگردان، از روش خارهای پراکنده مشروط^۲

● متدولوژی

استخراج موجک لرزه ای

استخراج موجک در قلب هر تکنیک برگردان لرزه ای قرار می گیرد و شکل موجک استنتاج شده لرزه ای شدیداً ارزیابی کیفیت مخزن را تحت تاثیر قرار می دهد لذا دانش کافی در مورد موجک موجود در داده های لرزه ای، یکی از اساسی ترین اصول برگردان را تشکیل می دهد.

روش استخراج موجک، برگردان لرزه ای در محل چاه است در این روش با استفاده از اطلاعات نگارهای دانسیته و صوتی، مدلی از سری ضرایب بازتاب در محل چاه ساخته می شود ابتدا با اعمال موجک دلخواهی، رد مصنوعی محاسبه شده و با رد لرزه ای در محل چاه مطابقت داده می شود اگر خطا زیاد باشد، موجک به گونه ای تغییر داده می شود تا خطا کاهش یابد این عمل تا زمانی ادامه می یابد که تطابق بین رد مصنوعی و لرزه ای مطلوب باشد.

● ساخت مدل زمین (مدل امپدانس)

کاربرد مدل زمین شناسی در برگردان دو مزیت دارد مزیت اول آن محدود کردن جوابهای ممکن در برگردان است زیرا جواب برگردان یکی نیست و مدلهای بیشماری که از نظر ریاضی موجه هستند، وجود دارد در مدل زمین شناسی شرطهای محدود کننده در هر عمق ایجاد می شوند و جواب برگردان، محدود به این شرطها می شود مزیت دوم مدل زمین شناسی ایجاد اطلاعات فرکانس پایین است معمولاً نتیجه برگردان در فرکانس های پایین تر از باند داده های لرزه ای به خوبی محدود نمی شود که می توانیم با استفاده از مدل زمین شناسی این داده ها را جایگزین کنیم.

برای ساخت مدل از داده های نگارهای امپدانس این نگار از تقسیم نگار دانسیته بر نگار صوتی موقعیت چاهها به دست می آید افقهای تفسیر شده و از اطلاعات بزرگ مقیاس زمین شناسی مانند ناپیوستگی ها و توالی لایه ها استفاده شده است تغییرات زمین شناسی ما بین افق ها به صورت موازی

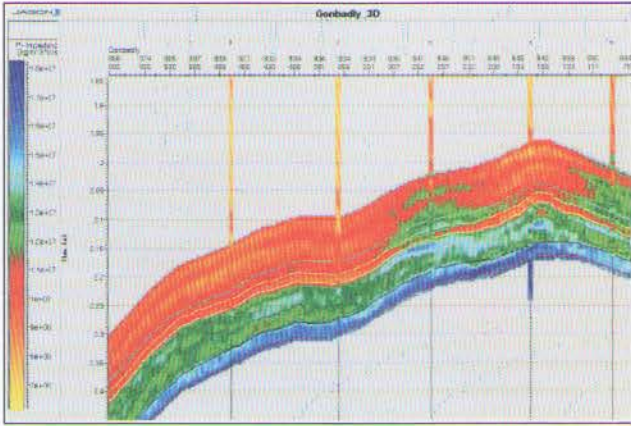
سنگ است نه یک خاصیت فصل مشترک (مثل اطلاعات بازتاب لرزه ای) این اختلاف توان امپدانس صوتی است سنگهای مختلف، مقادیر امپدانس متفاوتی دارند در نتیجه از مشاهده تغییرات امپدانس صوتی در داخل یک لایه با ویژگی سنگ شناسی مشخص (به عنوان مثال سنگ آهک) می توان به تغییرات رخساره سنگی در داخل لایه پی برد امپدانس صوتی را می توان به سایر مشخصات توده سنگ نظیر تخلخل، میزان اشباع، شکستگی و... ربط داد بنابراین تغییرات امپدانس صوتی در محل مورد مطالعه، تغییرات این پارامترها را نیز می تواند مشخص سازد.

به طور مختصر برخی از مزایا و کاربرهای برگردان لرزه ای در زیر بیان شده است.

- ۱- کاهش اثرات هم کوکی موجک
- ۲- تبدیل مقاطع لرزه ای از افق های بازتابی به لایه هایی که به زمین شناسی نزدیکتر باشند
- ۳- امکان ترکیب اطلاعات معلوم فرکانس پایین ژئوفیزیکی و اطلاعات زمین شناسی بزرگ مقیاس با داده های لرزه ای
- ۴- مدل سازی و استفاده از اطلاعات چینه شناسی لایه ها
- ۵- افزایش قابلیت تفسیر افق های لرزه ای
- ۶- نتایج حاصل از برگردان در صورت استفاده از سایر اطلاعات مثل نگار چاهها پهنای باند وسیع تری نسبت به داده های لرزه ای خواهند داشت.

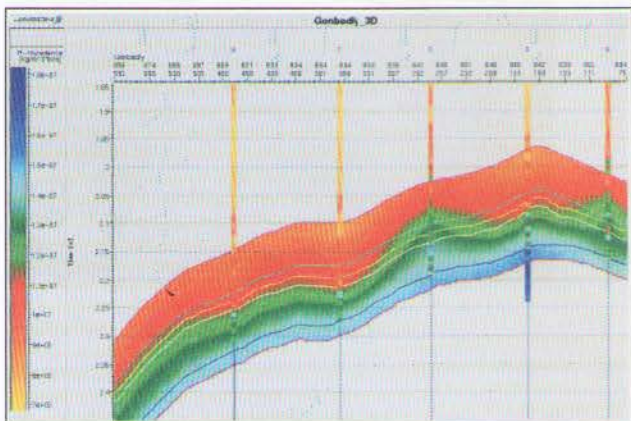
● کلیاتی در مورد میدان گنبدلی

میدان گازی گنبدلی ساختمان تاقدیسی با امتداد شمال غرب جنوب شرق است که در حوضه رسوبی کپه داغ آمودریا در شمال استان خراسان (ناحیه سرخس) قرار دارد در این میدان سازند شوربجه واجد مخزن گازی ماسه سنگی است این مخزن از نظر لیتولوژی فاسیس رسوبی، ماسه سنگ و کنگلومرا است که تناوبی از لایه های رس و سیلت قرمز قهوه ای و خاکستری روشن در آن یافت می شود.



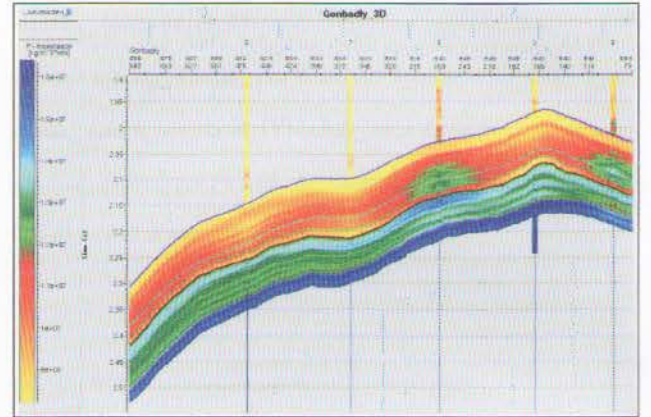
شکل ۲- نتیجه حاصل از برگردان با روش خارهای پراکنده مشروط در یک خط اختیاری قبل از تلفیق با اطلاعات فرکانس پایین.

است این بخش از داده ها را حذف و نتیجه را با اطلاعات فرکانس پایین مدل امیدانس (مدل زمین) ترکیب می نمایند. به منظور ترکیب اطلاعات از دو فیلتر در حوزه فرکانسی استفاده شد. فیلتر پایین گذر (۱۰-۰ هرتز) بر داده های مدل امیدانس و فیلتر باند گذر (۷۵-۱۰ هرتز) بر داده های حاصل از برگردان اعمال و نتایج با هم ترکیب شدند. در فرکانس مرزی ۱۰ هرتز برای دو فیلتر، همپوشانی به میزان ۱۰ هرتز در نظر گرفته شد تا قطع ناگهانی در اطلاعات صورت نگیرد. نتیجه حاصل از کاربرد فیلتر پایین گذر بر مدل امیدانس در شکل (۳) و نتیجه نهایی جایگزینی اطلاعات فرکانس پایین در نتایج برگردان در شکل (۴) برای یک خط اختیاری ترسیم شده اند.



شکل ۳- مؤلفه فرکانس پایین (۰ تا ۱۰ هرتز) از مقطع امیدانسی در شکل (۱) این فرکانس ها با نتیجه برگردان ترکیب می شوند تا تصویر باند پهنی از زمین ساخته شود.

با افق پایین و بالا و به صورت لایه هایی با ضخامت چهار میلی ثانیه در مدل ایجاد شدند. سپس با درون یابی مقادیر نگارهای امیدانس با یک روش آماری مناسب با نوع داده ها، مقادیر نگارهای امیدانس در طول مدل به دست آمد. در شکل (۱) مدل زمین شناسی که طبق جدول اسکلت چینه شناسی ساخته شده ترسیم شده است. تغییرات ریز لایه ها بین افق ها بیانگر تغییرات چینه شناسی ما بین افق ها است.



شکل ۴- یک مقطع عمودی از مدل سه بعدی زمین نگارهای امیدانس محاسبه شده، مطابق اسکلت- معین شده به وسیله افقهای تفسیری- درون یابی شده اند.

● برگردان خارهای پراکنده مشروط

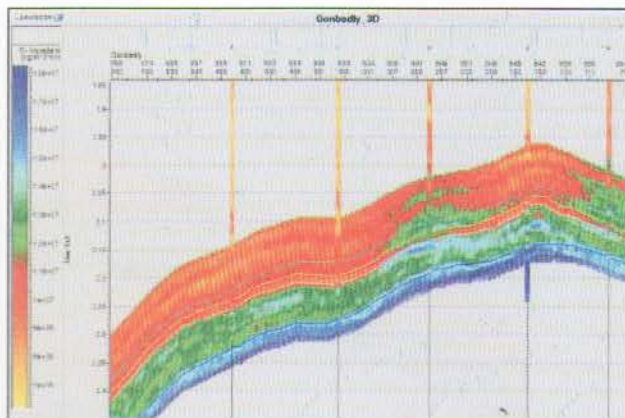
در این بخش کل داده های لرزه ای به امیدانس صوتی تبدیل شدند شرایط محدود کننده توسط مدل امیدانس بر برگردان اعمال می شود. روند تغییرات و محدوده تغییرات امیدانس در کل مقطع از روی تغییرات نگار امیدانس در محل چاهها تعیین و به کل مقطع تعمیم داده می شوند. نتیجه حاصل از برگردان در یک خط در شکل (۲) ترسیم شده است.

● جایگزینی اطلاعات فرکانس پایین

با اعمال محدود تغییرات امیدانس، داده های فرکانس پایین در نتیجه برگردان وجود دارند ولی کیفیت این داده ها پایین

صوتی، تعمیم داده می شود و با استفاده از این رابطه تخلخل در کل مکعب محاسبه می گردد. ما با رسم کراس پلات هایی^۶ بین نگار امپدانس و تخلخل، معادله انتقال از حوضه امپدانس به حوضه تخلخل را بدست آوردیم. در این مطالعه ضرایب تبدیل معادله عبارتند از $C=48/782$ و $C1=0/011$ با ضریب تطابق^۹ معادل $0/8863$ - لازم به ذکر است که ضرایب ۱- به علت شیب منفی در بین تخلخل و امپدانس است. (شکل ۶)

نقشه میانگین تخلخل با ضخامت هشت میلی ثانیه ای در بخش مخزنی در شکل (۷) نمایش داده شده است. رنگهای روشن (سبز و زرد) نشان دهنده بخش های مخزنی با تخلخل ۱۰ تا ۱۸ هستند.



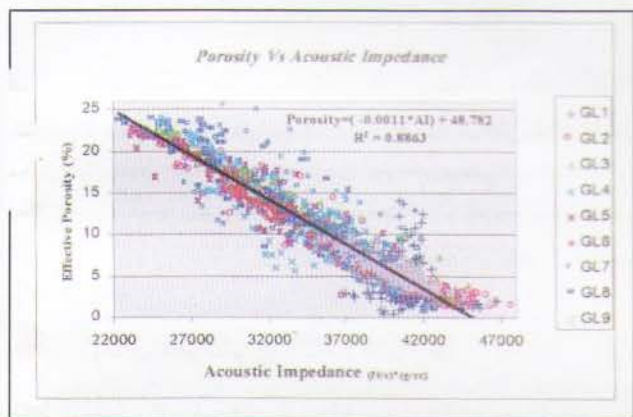
شکل ۴- مقطع عمودی از امپدانس صوتی نهایی (باند پهن)

● داده های مورد استفاده

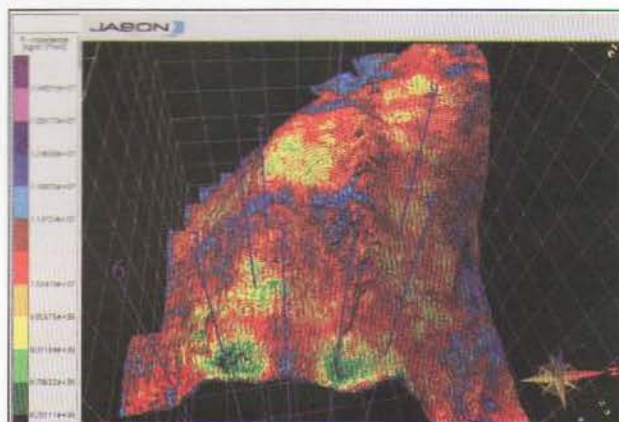
داده های مورد استفاده در این تحقیق داده های لرزه ای سه بعدی، افقهای تفسیر شده، نگارهای پتروفیزیکی صوتی و دانسیته چاهها و داده های چک شات (پروفیل عمودی لرزه ای) چاهها است.

● تخمین تخلخل

نقشه میانگین امپدانس صوتی در ضخامت هشت میلی ثانیه ای در بخشی مخزنی را نشان می دهد. مناطق با رنگ سبز و زرد نشان دهنده مقادیر کمتر امپدانس هستند. (شکل ۵)



شکل ۶- ارتباط خطی تخلخل مؤثر و امپدانس صوتی - با توجه به اطلاعات همه چاهها



شکل ۵- نقشه میانگین امپدانس صوتی در بخش مخزنی



شکل ۷- نقشه سه بعدی میانگین تخلخل (مؤثر)

یکی از کاربردهای مهم امپدانس صوتی، تخمین تخلخل است بدین ترتیب که با روشهای رگرسیون بین امپدانس صوتی حاصل از برگردان داده های لرزه ای در محل چاه و نگار تخلخل بر گرفته از چاه محاسبه و به کل مکعب امپدانس

منابع:

1. John Pendrel, 2001 Seismic Inversion-The Best Tool For Reservoir Characterization Jason Geosystems Canada
2. Paul Van Riel, 2000 The past, present, and future of quantitative reservoir characterization The Leading Edge August 2000
3. Pendrel, J.V., Van Reil, P., 1997 Methodology for seismic inversion, A Western Canadian reef example CSEG Recorder, 22, #
4. Latimer, R.B., Davison, R., Van Reil, P., 2000 An interpreter's guide to understanding and working with seismic-Derived acoustic The Leading Edge, 19 #3, P:242

- 1: Framework
- 2: Earth Model
- 3: CSSI (Constrained Sparse Spike Inversion)
- 4: Band Limited
- 5: Pseudo Acoustic Impedance Logs
- 6: Broad Band
- 7: Property
- 8: Crossplot
- 9: Correlation Coefficient

نتیجه گیری و پیشنهادات

توصیف لرزه ای مخازن با استفاده از برگردان لرزه ای امروزه یکی از ابزارهای اصلی در تخمین کمی پارامترهای پتروفیزیکی است که توان آن در تلفیق داده های گوناگون است. کیفیت برگردان نهایی یک نتیجه مستقیم از کیفیت داده های ورودی است. به منظور تخمین دقیق یک مکعب امپدانس صوتی، مفسر باید با فرایند پردازش لرزه ای، الگوریتم برگردان، جریان کار، جزئیات چاههای حفاری شده، فرایند پردازش نگارها و... با توجه به روش انتخاب برگردان، آشنا باشد.

نتایج به دست آمده از این مطالعه موردی:

- ۱- بخش مخزنی سازند شوربجه دارای امپدانس صوتی پایین تری نسبت به سایر بخش های سازند است که با لیتولوژی آن ماسه سنگ سازگاری دارد.
- ۲- در ناحیه مورد مطالعه پنج بخش مخزنی مناسب با توجه نقشه تخمینی تخلخل (شکل ۷) مشخص شده است که دارای تخلخل بین ۱۰ تا ۱۸ درصد هستند.
- ۳- با توجه به نقشه تخمینی تخلخل مشاهده می شود که برخی از چاهها در محل های مناسب حفاری نشده اند که می تواند دلیلی بر تولیدی نبودن این چاهها باشد لذا پیشنهاد می شود در انتخاب محل های حفاری بعدی حتماً از این روشها استفاده شود.

ماشاله رحیمی کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف نفت (ژئوفیزیکست)

Mrahimi@niocexp.org