انجام برگردان داده های لرزه ای بازتابی و تاثیر آن در تخمین تخلخل درسازند بورگان دریکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران

وحید ساطعی[1] و دکتر محمد مختاری[2]

چکیده

تخلخل (Porosity) از مهمترین پارامترهائی است که بعنوان یکی از اساسی ترین فاکتورها در مهندسی مخازن بشمار می رود. دانستن این پارامتـر، متخصصان را قادر می سازد تا فرآیندهای توسعه میادین نفت و گاز را بصورت کارا و مؤثر طراحی و مدیریت کنند. استفاده از نمونه های مغزه یکی از قدیمی ترین روشها برای اندازه گیری تخلخل و تراوایی می باشد. اما این روش کاستی های مر بوط به خود را دارد. به عنوان مثال نتایج این روش فقط می تواند نمایانگر خواص مخزن در محل چاه یا محدوده چاه باشد. با ترکیب داده های لرزه نگاری سه بعدی، نگارهای چاه پیمایی و اطلاعات حاصل از نمونه های مغزه میتوان خواص مخزن را در فواصل دورتر از چاه نیز تخمین زد.

در این مقاله داده های لرزه نگاری سه بعدی در محدوده مطالعه (یکی از میادین نفتی در جنوب غرب ایران) با استفاده از داده های نگارهای چاه پیمایی تعبیر و تفسیر شده و همچنین جهت تخمین و توزیع تخلخل در محدوده مطالعه جهت رسیدن به مقطع مقاومت صوتی پروسه برگردان لرزه ای بر روی داده های لرزه نگاری سه بعدی انجام گرفته است.

کلید واژه ها: تخلخل، داده های چاه پیمایی، لرزه نگاری سه بعدی، برگردان لرزه ای و مقاومت صوتی

The Inversion of Seismic Reflection Data and its Effect on Porosity Estimation in Burgan Formation in an oil field in South West of Iran

Vahid Sateei and Dr. Mohammad Mokhtari

Abstract

Porosity is one of the most important parameters, which is considered as one of the fundamental factors in reservoir engineering. By knowing this parameter, specialists are able to design and manage, effectively, the process of oil and gas fields development. One of the oldest procedure in porosity and permeability evaluation is, using the core samples, but this method has its own short come, namely only indicated the reservoir parameters/properties at the well or well vicinity. In this regards 3D seismic data has ability in combination with the core and well log data to define/estimate these result far away from the well location. To

[1] دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی(نفت) دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران

[2] پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

Archive of SID

www.SID.ir

achieve this result seismic attributes especially the seismic inversion method are powerful tolls.

In this paper 3D seismic data in the study area (an oil field in South West of Iran) has been interpreted using well data. In addition seismic inversion has been conducted in order to estimate the porosity distribution based on acoustic impedance within the study area.

Keywords: Porosity, Well Log Data, 3D Seismic, Seismic Inversion, Acoustic Impedance

مقدمه:

مناسب ترین نوع مدیریت مخازن هیدروکربنی زمانی امکان پذیر است که توزیع فضائی اجسام سنگ مخزن بخوبی و با جزئیات زیاد بدست آید. از این رو اندازه گیری، محاسبه و ارزیابی پارامترهای پتروفیزیکی و ژئوفیزیکی مخزن ضروری است.

در بین این پارامترها تخلخل یکی از مهمترین شاخصه های یک مخزن هیدروکربنی می باشد که در امر طراحی و توسعه مخزن (در جهت تعیین دقیق محل چاههای اکتشافی و توسعه ای) نقش مؤثری ایفا می کند.

تخلخل را می توان با استفاده از آنالیز نگار ها و مغزه ها و همچنین از برگردان داده های لرزه نگاری سه بعدی با نتایج آنالیزهای نگار و مغزه ارزیابی و محاسبه کرد. در بین نگارهای چاه پیمایی نگار نوترون تنها نگاری است که جهت محاسبه تخلخل طراحی شده است (Serra 2004). از تحلیل این نگار و نتایج آزمایشات مغزه در آزمایشگاه میتوان تخلخل را بطور مستقیم محاسبه کرد. در عین حال با تحلیل نگارهای صوتی و چگالی و تطابق این نگارها با نتایج برگردان داده های لرزه نگاری سه بعدی و همچنین محاسبه نگار مقاومت صوتی از روی آنها میتوان میزان تخلخل را تخمین زد.

هدف از تحقیق

هدف از این تحقیق شناخت و تخمین تخلخل در محدوده زیر پوشش لرزه نگاری سه بعدی در سازند بورگان با استفاده از نتایج بدست آمده از آنالیز نگارهای چاه های موجود در یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران و همچنین برگردان داده های لرزه نگاری سه بعدی می باشد.

مقدمه ای بر برگردان لرزه ای

با توجه به اینکه دامنه های لرزه ای دریافت و ثبت شده در گیرنده ها نتیجه ترکیب موجک لرزه ای تولید شده توسط چشمه و ضریب بازتاب زمین است و موجک لرزه ای یک سری زمانی با طول مشخص میباشد، بنابراین دامنه های دریافت شده فقط بخشی از داده ها با فرکانس معین را شامل می شوند.

بطور خلاصه می توان گفت که رد لرزه نگاری ثبت شده نتیجه همامیخت موجک لرزه ای با پاسخ زمین است. بنابراین رد لرزه نگاری نیز فقط شامل داده های فرکانسی محدود و موجود در باند موجک است. از آنجا که زمین بطور طبیعی به عنوان یک فیلتر پایین گذر عمل می کند، بنابراین محتوای فرکانسی در اثر حرکت به پایین

به سمت فرکانس های پایین حرکت مینماید این امر باعث می شود که قابلیت تفکیک پذیری جانبی و قائم که متناسب با طول موج گذر کننده از لایه ها هستند نیز کاهش یابد.

برگردان لرزه ای روشی است برای برگرداندن داده های از دست رفته فرکانسی به واسطه حذف اثر موجک و بازسازی کامل باند فرکانسی زمین.

هدف از برگردان لرزه ای، تبدیل داده های لرزه ای باند محدود به شبکه نگارهای مقاومت صوتی باند پهن در هر برداشت نقطه هم عمق و یا نقطه میانی مشترک می باشد. بنابراین برگردان لرزه ای پروسه ای اســـت کـه می کوشد بر اساس مدل های لرزه ای اولیه و موجک های تخمین زده شده، مدل مقاومت صوتی نزدیک به مدل واقعی زمین را تخمین بزن(Verwest. et al. 2001) .

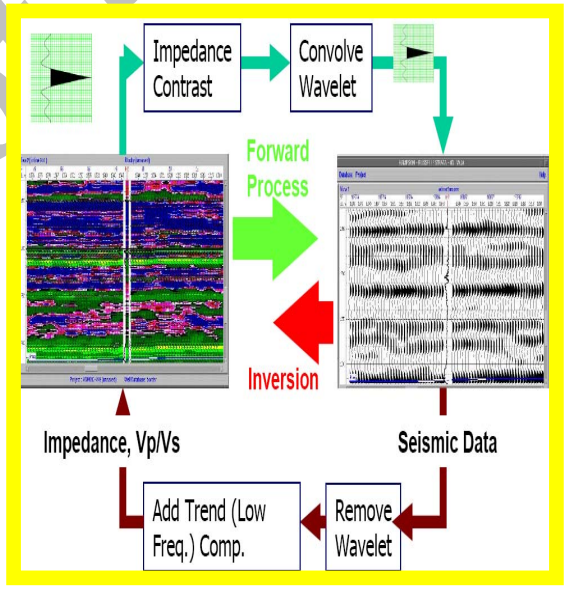
در برگردان داده های لرزه ای سعی می شود تا با ترکیب داده های لرزه ای با سایر داده های موجود مانند

Archive of SID

www.SID.ir

داده های زمین شناسی بزرگ مقیاس و داده های حاصل از نگارهای چاه، اطلاعاتی به دست آید که بتوان آنها را به خصوصیاتی نظیر نوع سنگ، میزان تخلخل، میزان هیدروکربن و مواردی نظیر اینها مرتبط ساخت. مقاومت صوتی یکی از این داده ها است، یعنی با مشاهده تغییرات مقاومت صوتی در یک لایه با ویژگی سنگ شناسی مشخص، می توان به تغییرات رخساره سنگی در لایه پی برد. بنابراین مقاومت صوتی به عنوان یک نشانگر لرزه ای عمل می کند(Hampson. et al. 2000).

شکل شماره ۱ روند تشکیل رد لرزه ای به واسطه همـآمیخت موجک لرزه ای و پاسخ زمین و برگردان داده های لرزه ای به مقطع مقاومت صوتی در اثر حذف اثر موجک لرزه ای و اضافه نمودن اجزاء فرکانس پایین نگارهای چاه را نشان می دهد.



شکل شماره ۱: تشکیل رد لرزه ای و برگردان

مزایای برگردان لرزه ای

برخی از مزایای برگردان لرزه ای و تبدیل داده های لرزه ای به مقاومت صوتی عبارتند از :

۱- تصحیح و کاهش اثرات هم کوکی موجک (Wavelet Tuning) در لایه های نازک

۲- تبدیل مقطع لرزه ای از افق های بازتابی به لایه هایی که به زمین شناسی نزدیکترند.

۳- امکان ترکیب داده های معلوم فرکانس پایین ژئوفیزیکی و داده های زمین شناسی بزرگ مقیاس با داده های لرزه ای.

۴- تضعیف نوفه های تصادفی.

۵ -مدل سازی واستفاده از داده های چینه شناسی لایه ها.

۶- افزایش قابلیت تفسیر افق های لرزه ای بر اساس خواص مرتبط با زمین شناسی.

۷- پهنای باند بیشتر برای نتایج حاصل از برگردان لرزه ای نسبت به داده های لرزه ای.

۸- امکان برقراری ارتباط بین مقاومت صوتی به عنوان یک نشانگر لرزه ای وخواص پتروفیزیکی، بخصوص تخلخل و میزان ذخیره.

۹- کالیبره شدن با داده های نگارهای چاه.

با توجه به این مزایا، تفسیر هایی که بر روی مقاطع مقاومت صوتی انجام می شوند، دقیق تر می باشند.

بخصوص در آن نواحی از مقاطع لرزه ای که امکان تعقیب بازتاب ها به دلایل مختلف وجود ندارد.

در میان خواص پتروفیزیکی، تخلخل ارتباط مشخص تر و قابل توجه تری با مقاومت صوتی دارد. تحقیقات نشان داده است که تخمین سایر خواص پتروفیزیکی با استفاده از مقاومت صوتی به تنهایی مطمئن نبوده و تنها تخلخل را می توان با اطمینان خوبی از مقاومت صوتی تخمین زد.

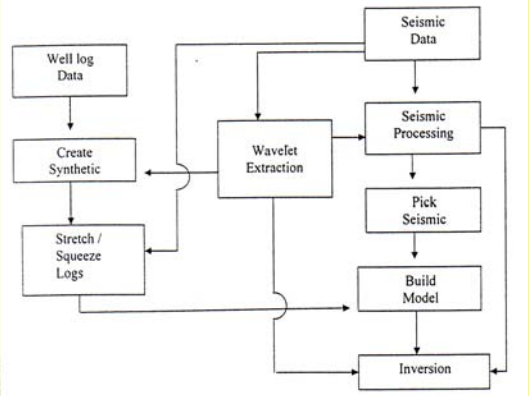
مراحل انجام برگردان لرزه ای

همانطور که قبلا بیان شد هدف از برگردان لرزه ای، تبدیل داده های لرزه ای به شبکه نگارهای مقاومت صوتی در هر رد لرزه ای می باشد. این فرآیند شامل حذف کردن تاثیر موجک لرزه ای است که در هنگام عملیات و پردازش روی داده ها اعمال شده است.

برای انجام برگردان لرزه ای مراحلی باید انجام شود که در شکل شماره ۲ آمده است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل شماره ۲: مراحل انجام برگردان لرزه ای(راسل و همکاران (۱۹۹۷

در این مطالعه انجام عملیات برگردان لرزه ای بر روی داده های لرزه نگاری سه بعدی میدان مورد نظر در شش مرحله دنبال شده است.

۱- جمع آوری داده های ورودی

داده های ورودی شامل داده های چاهها، داده های لرزه ای، قید ها یا تحمیلگرها می باشد. مهمترین نگارهایی که برای پروسه برگردان لرزه ای مورد نیاز هستند، نگارهای صوتی و چگالی می باشند.

قید ها یا تحمیلگرها کلیه داده های غیر لرزه ای هستند که علاوه بر چاهها وارد پروسه برگردان لرزه ای شده و آن را در هنگام عملکرد محدود می سازند تا نتایج دقیق تری حاصل گردد. مهمترین آنها نتایج حاصل از تفسیر لرزه ای است. همچنین نتایج به دست آمده از مغزه و آزمایشات تولید چاه ها و فشار مخزن و بسیاری موارد دیگر نیز می توانند به عنوان قید وارد پروسه شوند و عملیات برگردان لرزه ای را کنترل و محدود نمایند

۲- تصحیح نگارهای چاه با VSP و یاCheck Shot

در اولین قدم باید داده های چاه و مقطع لرزه ای تصحیح شوند.این کار با استفاده از Shot Check و یا VSP صورت می گیرد.در واقع Check Shot و VSP نگارهایی هستند که قادرند نگارهای دیگر را از حوزه عمـــق به زمان تبدیل کنند. بنابراین چاه و مقطع لرزه ای هم حوزه می شوند.نتیجه اینکه Check Shot وVSP پل ارتباطی بین نگارهای با حوزه عمقی و مقطع لرزه ای با حوزه زمانی است و بدون وجود آنها نمی توان هیچگونه ارتباطی بین چاه و مقطع لرزه ای برقرار نمود.

۳- تخمین موجک لرزه ای

مرحله بعدی برآورد موجک لرزه ای است اولین قدم در برداشت داده های لرزه ای، تولید یک موج با طول زمانی محدود و مشخص می باشد.در عملیات لرزه نگاری، چشمه، انرژی را در مدت بسیار کوتاهی آزاد می کند و انرژی به صورت یک پالس به داخل زمین منتشر می شود که این موج به موجک لرزه ای معروف است.این موجک با انرژی و زمان متفاوت به گیرنده باز می گردد. تغییرات موجک از چشمه تا گیرنده تابعی از سرعت و چگالی زیر سطحی و همچنین موقعیت نسبی چشمه وگیرنده می باشد. مشخص بودن موجک لرزه ای در روش های مختلف تفسیر داده های لرزه ای از اهمیت زیادی برخوردار است. شناخت شکل صحیح موجک از تفسیر غلط چینه ای و ساختمانی جلوگیری کرده و علاوه بر آن قطبیت صحیح تابش را مشخص می نماید (Hampson. et al. 1992).

درمواردی که نگارهای چاه‌پیمایی(Well-log data) در دسترس باشند، می توان با استفاده از داده های چاه و داده های لرزه ای، موجک قابل قبولی بدست آورد.

در این روش ابتدا با استفاده از نگار صوتی (Sonic log) و نگار چگالی (Density log)، نگار مقاومت صوتی در محل چاه محاسبه می شود.

$$I = \rho \bullet V \qquad \text{(رابطه-۱)}$$

ρ چگالی در محل نمونه، V سرعت موج P در محل نمونه و I مقدار مقاومت صوتی در محل نمونه می باشد. با توجه به رابطه موجود بین مقاومت صوتی و ضرایب بازتاب که در زیر آمده سری ضرایب بازتاب در محل چاه بدست می آید.

$$R = \frac{I - I_{-1}}{I + I_{-1}} \qquad \text{(رابطه-۲)}$$

Archive of SID

www.SID.ir

در محاسبه این ضرایب، چند نکته باید در نظر گرفته شود، از جمله اینکه انتخاب نرخ نمونه برداری صحیح باشد.

با توجه به نرخ نمونه برداری داده های لرزه ای و نگارهای چاه و همچنین در نظر گرفتن خطاهای مربوط به تبدیل نگارهای چاه از نگارهای عمقی به نگارهای زمانی، با مشخص شدن ضرایب بازتاب در محل چاه، با روش های مختلفی موجک لرزه ای استخراج می گردد.

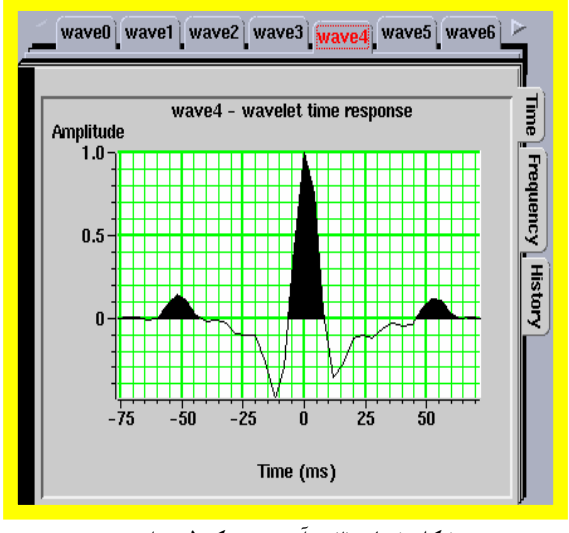
در این مطالعه از روش واهمآمیخت جهت استخراج موجک لرزه ای استفاده شده است. هدف از واهمامیخت پیداکردن فیلتری است که موجک ورودی را به شکل خروجی مورد پسند و مناسب تبدیل نماید. این روش را روش فیلتـر ونـر- لوینسون (Wiener Levinson) نیز گویند. اگر یک موجک با n نمونه در نظر گرفته شود، معادله ونر – لوینسون به شرح زیر خواهد بود:

$$R*F = G \qquad \text{(رابطه-۳)}$$

به طوری که R لرزه نگاشت همآمیخت ورودی، F فیلتر مطلوب و G لرزه نگاشت همبستگی خروجی مطلوب با ورودی است. حل معادله فوق به شرح زیر است:

$$F = R^{-1}G \qquad \text{(رابطه-۴)}$$

که R^{-1} لرزه نگاشت معکوس لرزه نگاشت R است.



شکل شماره ۳: برآورد موجک لرزه ای

۴- تصحیح چاه و مقطع لرزه ای

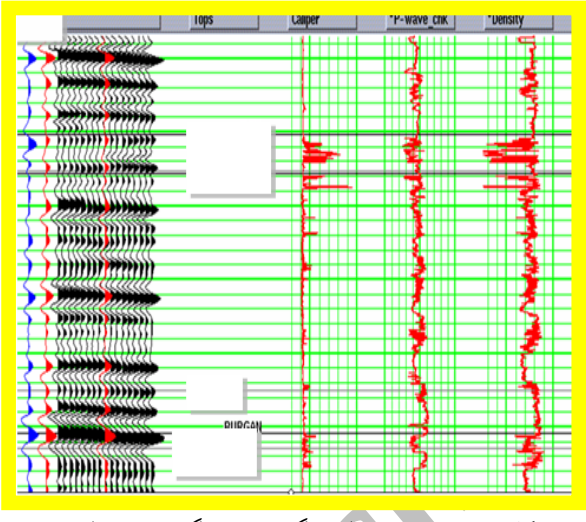
پس از آنکه چاه و مقطع لرزه ای هم حوزه شدند و موجک لرزه ای نیز استخراج گردید اکنون باید مقطع لرزه ای و چاه را با هم تصحیح نماییم.

این کار به واسطه ساختن لرزه نگاشت مصنوعی انجام می گیرد.

لرزه نگاشت مصنوعی از همآمیخت موجک لرزه ای و ضریب بازتاب (RC) ساخته میشود.

RC* Wavelet = Synthetic Seismogram

در اینجا مقایسه بین رد های لرزه نگاری و لرزه نگاشت مصنوعی و نگارهای چاه به همراه افق های پیک شده در چاه B، نمایش داده می شود.



شکل شماره ۴: مقایسه لرزه نگاشت ساختگی، ردهای لرزه ای و نگارهای چاه در محل چاه B

۵- ساخت مدل اولیه

پس از استخراج موجک با استفاده از چاه و مقطع لرزه ای، و اطمینان پیدا کردن از اینکه چاه و مقطع لرزه ای تطابق خوبی دارند و یا به عبارتی پس از اطمینان از اینکه مقطع لرزه ای ونگارهای چاه با هم تصحیح شده اند اکنون باید یک مدل اولیه از اطلاعات لرزه ای و نگارها ساخت. این مدل اولیه عموما یک مدل واهمآمیخت است. بر اساس نتایج بدست آمده مدل اولیه از رابطه زیر بدست می آید.

$$Model = \left(W^T * W\right)^{-1} * W^T \qquad \text{(رابطه-۵)}$$

Archive of SID

www.SID.ir

W ماتریسی است که ستون های آن شامل بردار موجک چشمه استخراج شده می باشد. ماتریس W به گونه ای ساخته می شود که تعداد سطر های آن برابر با تعداد نمونه های حاصل همآمیخت موجک و سری ضرایب بازتاب و تعداد ستون های آن برابر با تعداد نمونه های موجود در سری ضرایب بازتاب باشد.

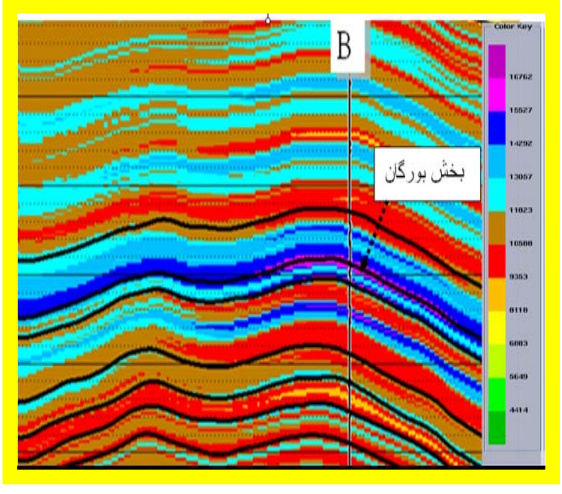
حال برای بدست آوردن ضریب بازتاب مدل ساخته شده را در تریس های مجاور همآمیخت کرده و ضریب بازتاب بدست می آید. این ضریب بازتاب سری ضرایب بازتاب زمین در کل محدوده زیر پوشش لرزه نگاری سه بعدی می باشد.

$$RC = Model * t \quad \text{(رابطه-۶)}$$

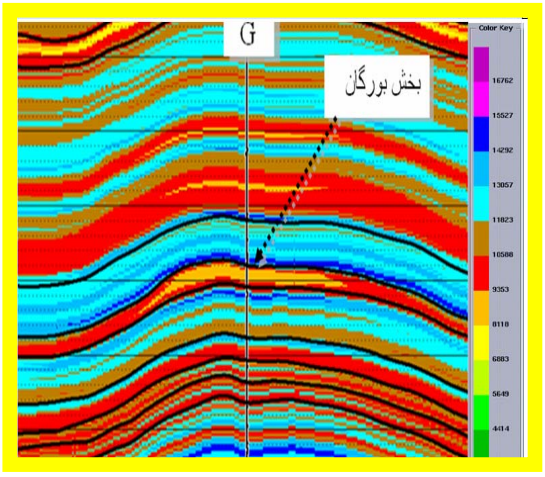
در اینجا با استفاده از داده های افق های تعبیر و تفسیر شده و نگارهای صوتی و چگالی مدل اولیه مقاومت صوتی ساخته شده است.

لازم به ذکر است که از افق های تفسیر شده جهت کنترل ژئومتری منطقه و از نگارهای صوتی و چگالی جهت کالیبره کردن مقاومت صوتی استفاده شده است.

شکل های شماره ۵و۶ مدل های اولیه ساخته شده مقاومت صوتی را در محدوده تحت پوشش لرزه نگاری سه بعدی در محل چاه های B و G نشان می دهد.



شکل شماره ۵: مدل اولیه مقاومت صوتی در محل چاه B



شکل شماره۶: مدل اولیه مقاومت صوتی در محل چاه G

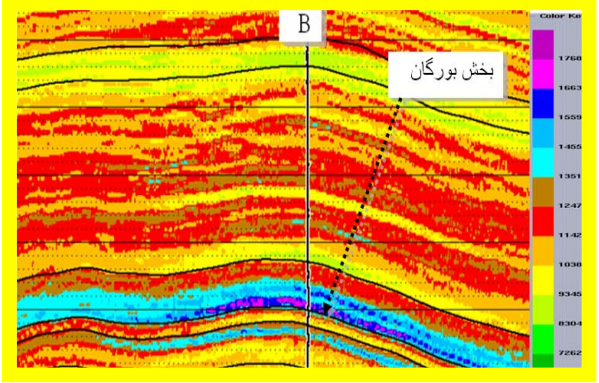
۶- برگردان لرزه ای

پس از تصحیح چاه و مقطع لرزه ای و ساخت مدل اولیه اکنون نوبت به انجام برگردان لرزه ای می باشد. در این قسمت هدف نهایی بدست آوردن مدل مقاومت صوتی است که دارای ارتباط و پیوستگی قابل قبولی با داده های لرزه ای واقعی و داده های نگارهای چگالی و صوتی باشد.برگردان لرزه ای از جمله روش های منحصر به فردی است که میتواند خصوصیات مخزنی را از میان داده های لرزه ای استخراج نماید.

در این روش با حذف اثر موجک لرزه ای وضوح داده های موجود را به حد اکثر می رسانیم.

در اینجا از بخش STRATA در نرم افزار همپسون –راسل استفاده شد و در این قسمت برگردان لرزه ای بر مبنای مدل را انجام دادیم.

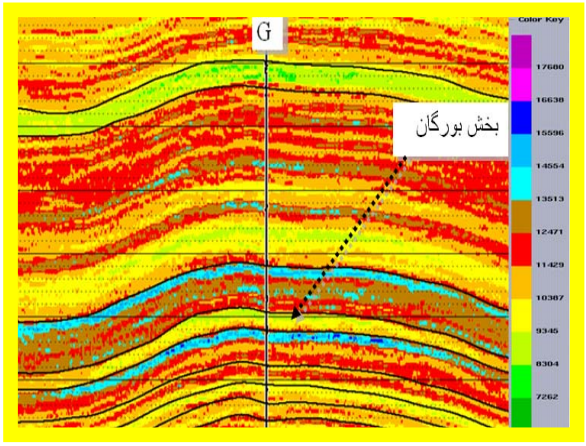
شکلهای ۷و۸ نتیجه برگردان لرزه ای با روش بر مبنای مدل را در محل چاه های B و G نشان می دهد.



شکل شماره ۷: مدل برگردان مقاومت صوتی بر پایه مدل اولیه در محل چاه B

Archive of SID

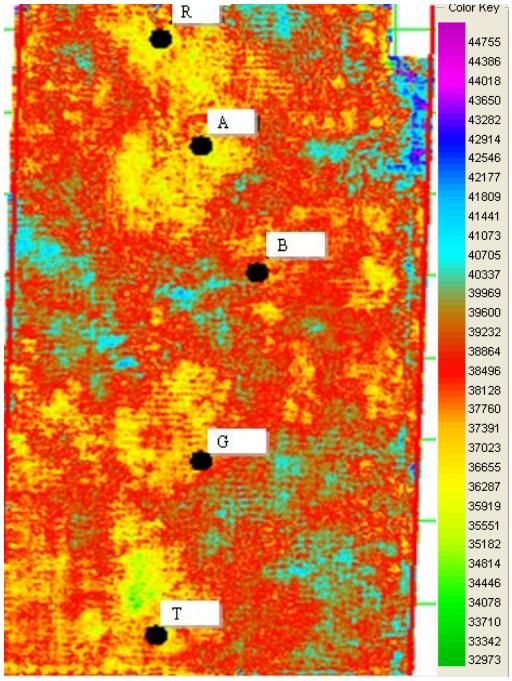
www.SID.ir



شکل شماره ۸: مدل برگردان مقاومت صوتی بر پایه مدل اولیه در محل چاه G

تهیه برش حجمی از مقطع مقاوت صوتی حاصل از برگردان لرزه ای در افق بورگان

پس از اتمام عملیات برگردان لرزه ای اکنون از افق مورد نظر برش حجمی (SLICE) تهیه می کنیم تا روند تغییرات مقاومت صوتی را در کل محدوده زیر پوشش لرزه نگاری بررس نماییم.



شکل شماره ۹: برش حجمی مقطع برگردان مقاومت صوتی از افق بورگان

از نتیجه برگردان لرزه ای چنین بر میآید که تغییرات مقاومت صوتی از شمال و جنوب میدان به سمت مرکز روند منفی دارد. بنابراین میزان تخلخل از شمال و جنوب به سمت مرکز میدان کاهش پیدا می کند. همانطور که از شکل شماره ۹ بر می آید میزان تخلخل در چاه B ضعیفتر از میزان آن برای چاه های دیگر میدان است.در نتیجه مکان چاه B نسبت به چاههای دیگر میدان بدرستی انتخاب نشده است.

نتیجه گیری

۱- استفاده همزمان از داده های نگارهای چاه پیمایی و داده های لرزه نگاری سه بعدی بهترین روش جهت تخمین و ارزیابی تخلخل در مخازن هیدروکربنی می باشد.

۲- روش برگردان لرزه ای روشی منحصر به فرد جهت تشخیص لایه های مخزنی نازک است. این لایه های نازک که ضخامت آنها کمتر از۱/۴ طول موج رد لرزه ای ثبت شده می باشد در اثر حذف اثر موجک لرزه ای از داده ها و اضافه نمودن اجزاء فرکانسی نگارهای چاه به آنها قابل شناسایی و ردیابی می باشند.

۳- بکار گیری همزمان داده های لرزه ای و نگارهای چاه در لرزه نگاشت مصنوعی هم حوزه با چاه مناسب ترین راه برای استخراج موجک لرزه ای می باشد.

۶- در مواردی که تعداد چاه ها در محدوده مورد مطالعه کافی باشد، برگردان لرزه ای بر مبنای مدل جواب مناسبی می دهد.در صورتی که اگر چاه ها از محدوده مورد مطالعه دور تر باشند، خطای این روش افزایش می یابد. زیرا داده های مربوط به چاه فقط در محل چاه معتبر بوده و نمی توان آنها را برای نقاط بسیار دور تعمیم داد.

۸- با توجه به برش های مقاومت صوتی حاصل از سازند بورگان مشخص می شود که میزان تخلخل در این سازند برای همه چاه ها یکسان نمی باشد بلکه این میزان از طرف جنوب و شمال میدان به طرف مرکز کاهش پیدا کرده است. بنابراین میتوان انتظار داشت که تخلخل در سازند بورگان برای چاههایT- G – A و R در حد

Archive of SID

www.SID.ir

خوب تا عالی و برای چاه B در حد ضعیف تخمین زده شود.

پیشنهادات

۱- برداشت داده های لرزه نگاری سه بعدی در بخش هایی از میدان که زیر پوشش لرزه نگاری قرار نگرفته اند.

۲- اعمال کردن فیلتر های مناسب در مرحله پردازش جهت از بین بردن نوفه های نا خواسته بنحوی که اصل داده آسیب نبیند.

۳- استفاده از داده های خروجی از برگردان لرزه ای در ساخت مدل استاتیکی مخزن.

۴- به روز رسانی داده های برگردان لرزه ای پس از حفاری چاه های جدید.

۵- برنامه ریزی جهت حفاری و تولید از مخزن بورگان در بخش جنوبی و شمالی میدان.

۶- با توجه به ضخامت محدود سازند بورگان طراحی چاه های جهت دار و افقی در این سازند (در صورتی که تکنولوژی روز اجازه دهد) می تواند به تولید بیشتر از این میدان کمک کند.

References:

- Hampson,D. P., Schuelke, J.S., and Quirein, J. A., (2001), Use of Multi-Attribute Transforms to Predict Log Properties, Geophysics, Vol. 66, NO. 1 P. 220–236.
- Hampson, D., and Galbraith, M.,(1992), Wavelet Extraction by Sonic Log Correlation, Edition Verities Seismic Processor Ltd.
- Russell, B., Hampson, D. P., Schuelke, J. S and Quirein, J. A., (1997), Multi-Attribute Seismic Analysis, The leading Edge, 16, P-1439-1443.
- Serra, O., and L.,(2004), Well Logging, Data Acquisition and Application, Edition Serralog 25 Rue Des Chaumieres 14370 Mery Corbon France, Chapter 15 p. 297- 319.
- Verwest, B., Masters. R., and Sena, A., (2001), Elastic Impedance Inversion., ARCO Exploration.

Archive of SID

www.SID.ir