

استفاده از وارون سازی داده های لرزه ای برای تخمین تخلخل در منطقه عرب C میدان رشادت

محمدرضا یوسف پور - علی چهارزی
شرکت فلات قاره ایران

مقدمه

در سال های اخیر بهره برداری بهینه از منابع هیدروکربنی و حداکثر تولید با هزینه کمتر، باعث استفاده از داده های لرزه ای برای اکتشاف مستقیم هیدروکربن و همچنین تخمین پارامترهای مخزن و خواص پتروفیزیکی در مخازن تولیدی شده است. بدین منظور روش های مختلفی توسعه یافته اند که تفسیر کمی داده های لرزه ای را با توجه به خصوصیات لرزه ای ردلرزه ها مدنظر دارند. از جمله این روش ها، وارون سازی داده های لرزه ای ۲ است که جهت به دست آوردن پاگیری ۳ صوتی در لایه های مختلف زیرسطحی به کار می رود.

بررسی تغییرات و برون یابی پارامترهای مخزنی صرفاً براساس اطلاعات چاه نمی تواند ناهنجاری های زمین شناسی را بین چاه ها نشان دهند، حال آنکه استفاده از داده های لرزه ای که از ویژگی های آن پیوسته بودن اندازه گیری ها در بین چاه ها است، امکان تفسیر واضح تر تغییرات در گستره مخزن را فراهم می آورد.

وارون سازی لرزه ای تکنیکی است که خواص فیزیکی زیر سطحی را از

روی داده های مشاهده شده لرزه ای استخراج می کند. این تکنیک، داده های لرزه ای را به ماهیت زمین که همان پاگیری صوتی است $\approx \frac{1}{2} \Delta(LnZ) \approx \frac{1}{2} K/A$ نزدیک کرده و

امکان تخمین پارامترهای پتروفیزیکی را فراهم می سازد.

اصول و روش انجام کار

برای بررسی پارامترهای پتروفیزیکی با استفاده از داده های لرزه ای دوبعدی و سه بعدی لازم است مقاطع لرزه ای زمانی به مقاطع پاگیری صوتی تبدیل شود که طی آن اطلاعات اولیه دوبعدی به مقاطع دوبعدی پاگیری صوتی و اطلاعات اولیه سه بعدی به مکعبی از پاگیری صوتی تبدیل می شوند. انجام این تبدیل نخستین گام در وارون سازی لرزه ای می باشد.

پاگیری صوتی (AI) حاصل ضرب سرعت موج P در چگالی محیط می باشد. پاگیری صوتی به عبارتی مقاومت سنگ ها در برابر انتشار امواج الاستیک بوده و اختلاف آن در فصل مشترک لایه ها باعث بازتاب امواج لرزه ای می شود. رابطه بین دامنه انرژی موج بازتابی و دامنه

انرژی تابشی مطابق رابطه زیر بوده و به عنوان ضریب بازتاب فصل مشترک دو محیط خوانده می شود:

$$R_c = \frac{A_c - \rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{A_c + \rho_2 V_2 + \rho_1 V_1} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \frac{\Delta Z}{2Z} \approx \frac{1}{2} \Delta(LnZ) \approx \frac{1}{2} K/A$$

در این رابطه V_1 و V_2 سرعت موج P در لایه اول و دوم، P_1 و P_2 چگالی لایه اول و دوم، Z پاگیری صوتی، A دامنه بازتابش و K یک ضریب ثابت می باشند.

اگرچه ماتریکس سنگ های مختلف مقادیر پاگیری صوتی متفاوتی دارند، ولی این پارامتر در سازندهای مختلف همپوشانی دارد به این معنی که دو سازند متفاوت ممکن است پاگیری صوتی یکسانی داشته باشند. این تشابه می تواند علل مختلفی داشته باشد که از جمله می توان به عمق تدفین، فشردگی تکنونیک، پیشینه تدفین، درصد تخلخل بین دانه ای، تخلخل ناشی از شکستگی ها، نوع سیمان و میزان اشباع شدگی خلل و فرج سنگ اشاره نمود. بنابراین تغییرات پاگیری صوتی نشانگر تغییرات پارامترهای مذکور بوده و لذا با مشاهده تغییرات پاگیری صوتی در یک لایه با ویژگی سنگ شناسی مشخص، می توان به

تغییرات پارامترهای فیزیکی در داخل لایه پی برد.
 در وارون سازی لرزه‌ای، داده‌های لرزه‌ای به شبه نمودارهای ۴ پاگیری صوتی در هر رد لرزه و نهایتاً مدل لرزه‌ای به مدل زمین شناسی تبدیل می‌شود (شکل‌های ۱ و ۲)
 از جمله مزایای تبدیل داده‌های لرزه‌ای به پاگیری صوتی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

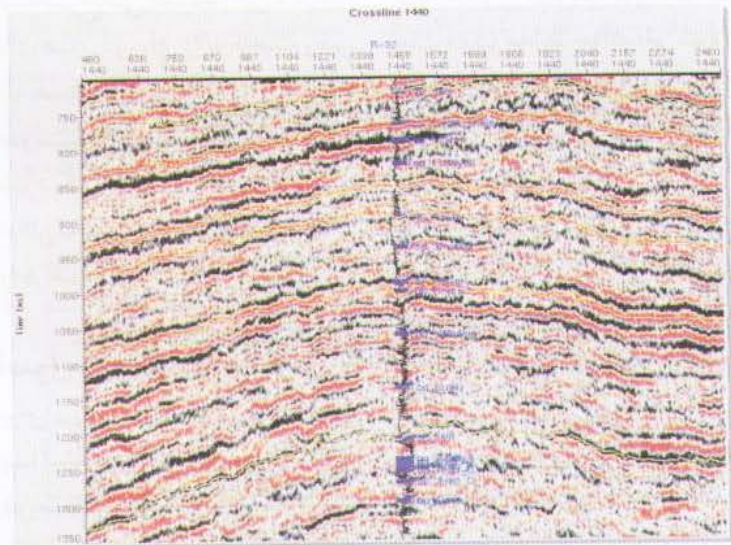
- تصحیح و کاهش اثر Tuning در لایه‌های نازک
- تبدیل مقاطع لرزه‌ای از افق‌های بازتابی به افق‌هایی که به لایه بندی زمین نزدیک تر است
- مدل سازی و استفاده از اطلاعات چینه شناسی لایه‌ها
- افزایش قابلیت تفسیر افق‌های لرزه‌ای بر اساس پارامترهای زمین شناسی
- امکان برقراری ارتباط بین

پاگیری صوتی به عنوان يك تناگر و خواص پتروفیزیکی (برای مقایسه به شکل‌های ۱ و ۲ رجوع شود).

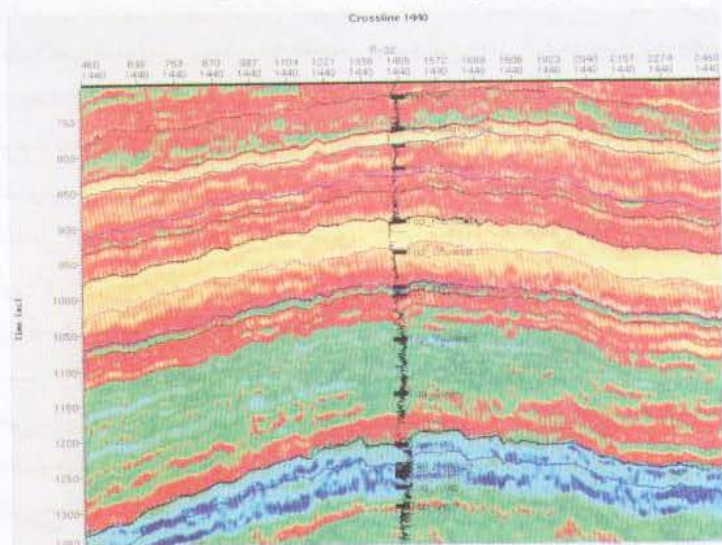
از میان خواص پتروفیزیکی مختلف، تخلخل ارتباط مشخص تر و قابل توجه تری با پاگیری صوتی دارد. تحقیقات مختلف حاکی از این است که استفاده صرف از پاگیری صوتی در تخمین سایر پارامترهای پتروفیزیکی قابل اعتماد نبوده و تنها تخلخل را می‌توان با دقت مناسب از پاگیری صوتی تخمین زد. تخمین سایر پارامترها مستلزم استفاده از سایر پارامترهای لرزه‌ای (Seismic Attributes) است.
 بررسی کمی خصوصیات مخزنی مستلزم کالیبره کردن پاگیری صوتی با ویژگی‌های مخزن از قبیل تخلخل حاصل از اطلاعات چاه می‌باشد. لذا دومین مرحله در وارون سازی، کالیبراسیون داده‌های لرزه‌ای با داده‌های چاه است.

در مطالعه مخزن عرب C در میدان رشادت واقع در خلیج فارس، تعداد هفت حلقه چاه قائم و انحرافی که دارای لاگ‌های چگالی، نوترون و سونیک بودند انتخاب و تخلخل از روی تلفیقی از لاگ‌های مذکور با فواصل نیم فوتی در مخزن عرب C، محاسبه شد و مقادیر پاگیری صوتی محاسبه گردید.

با ترسیم مقاطع عرضی تخلخل در مقابل پاگیری صوتی در این چاه‌ها ارتباطی قابل قبول بین تخلخل و پاگیری صوتی دیده شد،



شکل ۱- مقطع لرزه‌ای از Cross Line در میدان رشادت



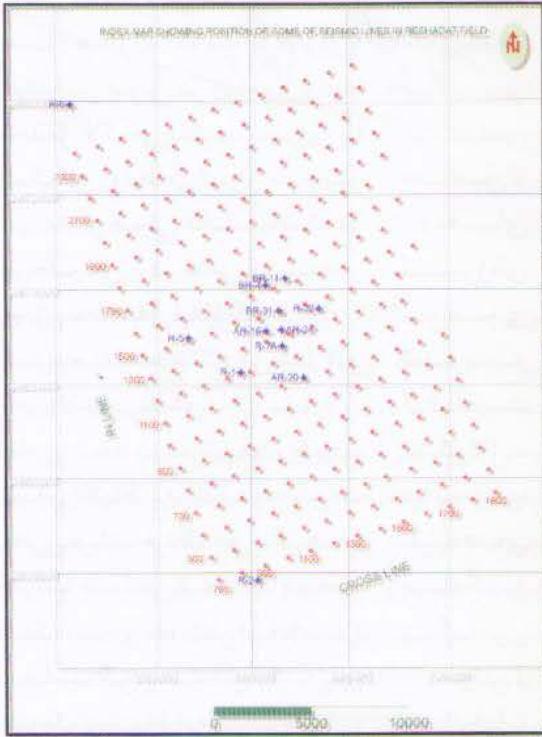
شکل ۲- مقطع پاگیری صوتی Cross Line در میدان رشادت

۱۶
 رشادت
 ۱۳۸۳

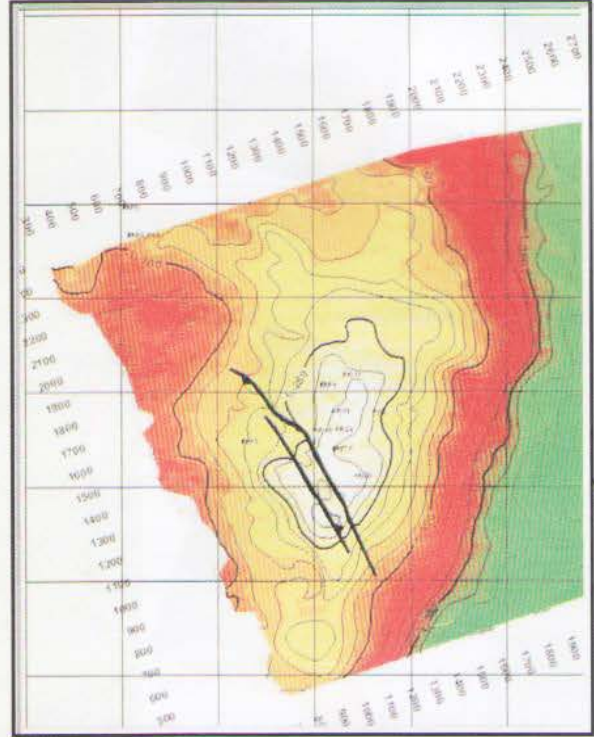
کل میدان و با مختصات معین چهار گوشه میدان توزیع گردید. شکل ۶ نقشه میانگین پاگیری صوتی را در مخزن عرب C نشان می دهد که بر اساس مقادیر یاد شده، قسمت های متمایل به رنگ زرد دارای تخلخل بیشتر و قسمت های

زمانی راس مخزن (شکل ۴) از روی مقاطع پاگیری صوتی (شکل ۵) قرائت گردیده است. در گام بعدی با کمک نرم افزارهای آماری این مقادیر برای شبکه ای به فواصل شبکه بندی ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر، با تخمین زن Kriging برای

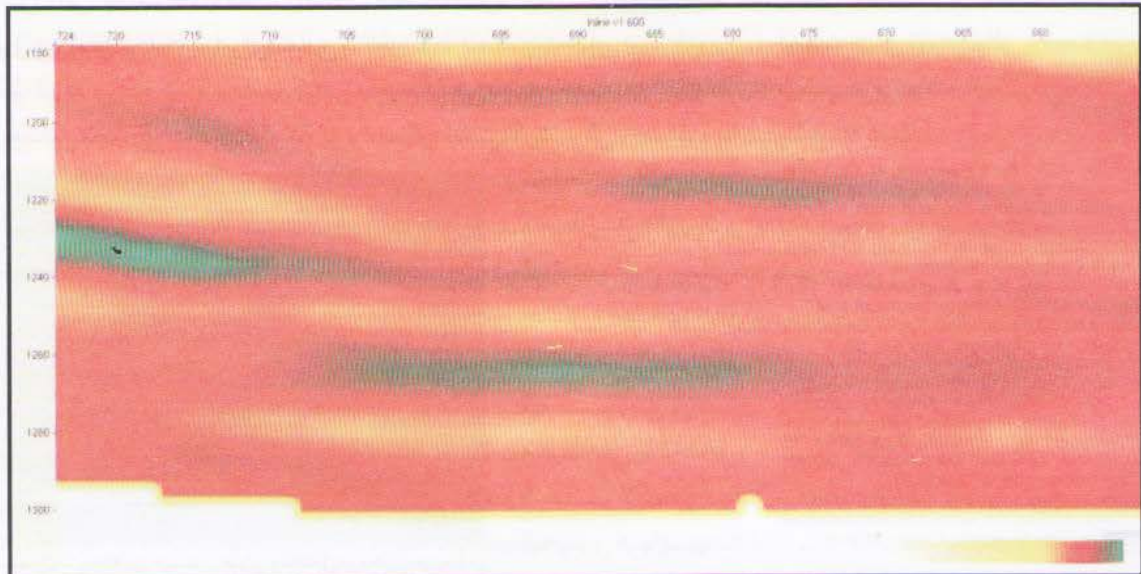
به طوری که با کاهش پاگیری صوتی مقدار تخلخل افزایش و با افزایش پاگیری صوتی مقدار تخلخل کاهش می یابد. شکل ۳ موقعیت نقاطی را روی مخزن عرب C نشان می دهد که مقادیر پاگیری صوتی در این نقاط با توجه به نقشه



شکل ۴ - نقشه زمانی راس زون عرب C در میدان رشادت

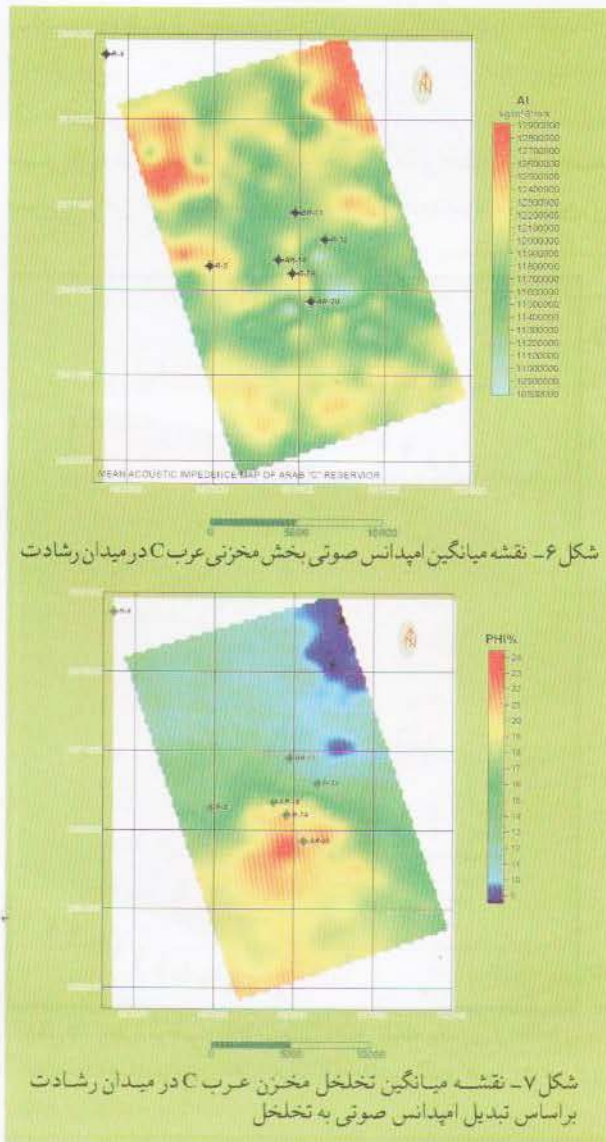


شکل ۳ - نقشه موقعیت نقاط انتخابی (محل تقاطع یکسری از Inline و Crossline ها) بر روی مخزن عرب C که مقادیر پاگیری صوتی در این نقاط قرائت شده است



شکل ۵ - مقطع پاگیری صوتی در Inline:600 در میدان رشادت. تغییرات پاگیری صوتی به طور جانبی در بخش عرب C در قسمت زیرین مقطع با رنگ روشن به وضوح دیده می شود

۱۷
شماره ۱۹ - بهمن ۱۳۸۳



شکل ۶- نقشه میانگین امپدانس صوتی بخش مخزنی عرب C در میدان رشادت

شکل ۷- نقشه میانگین تخلخل مخزن عرب C در میدان رشادت براساس تبدیل امپدانس صوتی به تخلخل

قسمت‌های نیمه شمالی به خصوص شمال غربی و شمال شرقی میدان، باشد.

- Azer, S.R., And Peebles, R.G., 1998, Sequence Stratigraphy of the Arab "A" to "C" Members and Hith Formation (Offshore Abu Dhabi), GeoArabia, Vol. 3, No.2, pp.251-265, Gulf PetroLink, Bahrain.
- Berteussen, K.A. And Ursin, B., 1983, Approximate Computation of the Acoustic Impedance From Seismic Data, Geophysics, Vol. 48, pp. 1351-1358.
- Cook, D.A. And Schneider, W.A., 1983, Generalized Linear Inversion of Reflection Seismic Data, Geophysics, Vol.48, No.6, pp.665-676.
- Latimer, R.B. and Davison, R., 2000, An interpreter's Guide to Understanding and Working With Seismic-Derive Acoustic Impedance Data, The Leading Edge, March, pp.242-256.
- Russell, B.H., 1988, Introduction to Seismic Inversion Methods, Course Notes Series, Vol.2.

مربوط به قسمت‌های نیمه جنوبی میدان می باشد. علت این تغییرات ممکن است، گسترش رخساره با

تخلخل بالای زیر محیط پشته الیتی و ۵ کانال‌های جزرومدی ۶ در قسمت‌های جنوبی و گسترش زیر محیط‌های با تخلخل کمتر لاگون تا تبخیری‌های پهنه جزرومدی در

روش بالا نقشه تخلخل بخش عرب C در میدان رشادت بر مبنای تبدیل صوتی حاصل از داده‌های لرزه‌ای سه بعدی ترسیم گردیده است (شکل ۷) با توجه به نقشه‌های میانگین پاگیری صوتی و تخلخل، بیشترین مقدار تخلخل

متمایل به رنگ قرمز دارای تخلخل کمتر می باشند.

در کراس پلات‌های تخلخلی در مقابل امپدانس صوتی در چاه‌های استفاده شده، هفت رابطه خطی به صورت $Y_i = A_i X + B_i$ به دست آمده است (جدول ۱) که در آنها X برابر با امپدانس صوتی در چاه و Y برابر با تخلخل لاگ می باشد. بنابراین با کمک این روابط می توان مقادیر امپدانس صوتی محاسبه شده در مرحله قبل را در تمامی قسمت‌های مخزن به تخلخل تبدیل کرد.

با توجه به شعاع تاثیر هر یک از این معادلات بر شبکه ساخته شده روی مخزن، مقادیر ضرایب A و B برای تمامی نقاط به وسیله محاسبات آماری همانند مرحله قبل برای همان شبکه طراحی شده (با فواصل شبکه بندی ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر) محاسبه گردید. به این ترتیب برای هر یک از نقاط این شبکه مقادیر Impedance, Acoustic, A و B متناظر از نظر مختصات به دست می آید. با حصول این پارامترها، با کمک رابطه فوق می توان تخلخل را برای تمامی نقاط شبکه ساخته شده محاسبه کرد. براساس تخلخل به دست آمده به

Well	Equation
R-5	$Y=2E-06X+41.24$
R-6	$Y=2E-06X+39.122$
R-7A	$Y=3E-6X+59.583$
BR-11	$Y=2E-06X+37.065$
AR-18	$Y=3E-06X+51.97$
AR-20	$Y=3E-06X+56.436$
R-32	$Y=-3E-06X+41.029$

جدول ۱- رابطه بین امپدانس صوتی و تخلخل در مخزن عرب C در چاه‌های استفاده شده در میدان رشادت