

بررسی خصوصیات مخزنی با انجام برگردان داده‌های لرزه‌ای و تلفیق نشان‌گرهای لرزه‌ای در سازند سروک در یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران

پژوهش نفت

سال بیست و سوم

شماره ۷۵

صفحه ۲۹-۲۰ ۱۳۹۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۳/۳

مریم امیرزاده^{۱*}، محمدرضا کمالی^۲ و مجیدنبی بیده‌ندی^۳

۱- دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- پژوهشکده پردیس و توسعه صنایع بالادستی نفت، پژوهشگاه صنعت نفت

۳- مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

Amirzadeh_maryam@yahoo.com

در یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به نتایج به دست آمده، رسوبات این میدان دارای خصوصیات تغییر رخساره‌ای می‌باشد و در نتیجه در بخش‌های مختلف میزان تخلخل متفاوت است، اما در بخش مرکزی سازند سروک در میدان مورد مطالعه تخلخل به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: تخلخل، لرزه‌نگاری سه‌بعدی، نگارهای چاه‌پیمایی، برگردان لرزه‌ای، مقاومت صوتی

مقدمه

شناخت رفتار مخزن در گذشته و حال و پیش‌بینی رفتار آن در آینده، یکی از وظایف متخصصان نفتی می‌باشد و به همین منظور در فواصل تولیدی سنگ مخزن، نگاربرداری

چکیده

تخلخل یکی از اساسی‌ترین پارامترها در مهندسی مخازن به‌شمار می‌رود که متخصصان را قادر می‌سازد فرآیندهای توسعه میادین نفت و گاز را به‌صورت کارا و مؤثر طراحی و مدیریت نمایند. استفاده از نمونه‌های مغزه و نگارهای چاه‌پیمایی روش‌های متداول برای اندازه‌گیری تخلخل و تراوایی می‌باشند اما نتایج حاصل از این روش‌ها فقط می‌تواند نمایانگر خواص مخزن در محل چاه یا محدوده چاه باشد. لذا با ترکیب داده‌های لرزه‌نگاری سه‌بعدی، نگارهای چاه‌پیمایی و اطلاعات حاصل از نمونه‌های مغزه می‌توان خواص مخزن را در فواصل دورتر از چاه نیز تخمین زد. در این مقاله داده‌های لرزه‌نگاری سه‌بعدی و نتایج حاصل از آنالیز نگارهای چاه‌پیمایی تعبیر و تفسیر شده است. همچنین با انجام برگردان لرزه‌ای بر روی داده‌های لرزه‌نگاری سه‌بعدی و تلفیق نشان‌گرهای لرزه‌ای، خصوصیات مخزنی سازند سروک

یک لایه با ویژگی‌های سنگ‌شناسی مشخص، می‌توان به تغییرات رخساره سنگی در لایه پی برد. بنابراین مقاومت صوتی به‌عنوان یک نشان‌گر لرزه‌ای عمل می‌کند [۳].

نشان‌گرهای لرزه‌ای توابع ریاضی مشتق شده از داده‌های لرزه‌نگاری هستند که در حوزه‌های زمان و فرکانس از داده‌های لرزه‌ای استخراج می‌شوند. این داده‌ها شامل زمان، دامنه، فرکانس و جذب می‌باشند. نشان‌گرهای مشتق شده از زمان شامل اطلاعات ساختمانی و نشان‌گرهای حاصل از دامنه شامل اطلاعات چینه‌شناسی هستند. نشان‌گرهای مشتق شده از فرکانس شامل اطلاعاتی در ارتباط با خصوصیات مخزن می‌باشند و نشان‌گرهای حاصل از جذب انرژی می‌تواند اطلاعاتی در ارتباط با سیال و نفوذپذیری بدهد. نشان‌گرهای لرزه‌ای می‌توانند در مراحل قبل و بعد از برانبارش از داده‌های لرزه‌ای استخراج گردند. نشان‌گرهای لرزه‌ای پس از برانبارش می‌توانند روی یک برش زمانی و یا بین دو افق استخراج گردند [۴].

هر نشان‌گر لرزه‌ای می‌تواند سطحی و یا حجمی باشد. نشان‌گرهای سطحی نشان‌گرهایی هستند که در روی یک سطح یا یک افق محاسبه می‌شوند. نشان‌گرهای حجمی نشان‌گرهایی هستند که بین دو زمان معین یا بین دو افق تفسیر شده، محاسبه می‌گردند این نشان‌گرها به ما کمک می‌کنند تا بتوانیم داده‌های لرزه‌ای را از جنبه‌های مختلف ساختاری و چینه‌شناسی تعبیر و تفسیر نماییم. بدین ترتیب ما را در شناخت بهتر خصوصیات یک مخزن همراهی می‌نمایند.

هدف از این تحقیق، تعیین خصوصیات مخزنی سازند سروک با استفاده از روش برگردان داده‌های لرزه‌ای و تلفیق نشان‌گرهای لرزه‌ای در یکی از میداین نفتی در جنوب غرب ایران می‌باشد.

مقاومت صوتی

مهم‌ترین نشان‌گر لرزه‌ای که برای یک مقطع لرزه‌ای تهیه می‌شود، مقاومت صوتی است. این نشان‌گر جزء نشان‌گرهای مشتق شده از دامنه می‌باشد و در گروه نشان‌گرهای سطحی قرار می‌گیرد. مقاومت صوتی حاصل ضرب چگالی در

و مغزه‌گیری در چاه انجام شده و اطلاعات مورد نیاز نظیر تخلخل، تراوایی، اشباع سیال و ... به‌دست می‌آید. تخلخل یکی از مهم‌ترین خصوصیات پتروفیزیکی است که در شناخت هرچه بهتر یک مخزن هیدروکربنی نقش مؤثری ایفا می‌کند. تخلخل را می‌توان با استفاده از آنالیز نگارها و مغزه‌ها و همچنین از طریق تلفیق داده‌های لرزه‌نگاری سه‌بعدی با نتایج آنالیزهای نگار و مغزه ارزیابی و محاسبه کرد. نگار نوترون تنها نگاری است که جهت محاسبه تخلخل طراحی شده است [۱]. از تحلیل این نگار و نتایج آزمایشات مغزه در آزمایشگاه می‌توان تخلخل را به‌طور مستقیم محاسبه کرد. در عین حال می‌توان با تحلیل نگارهای صوتی و چگالی و تطابق این نگارها با داده‌های لرزه‌نگاری سه بعدی، میزان تخلخل مؤثر را تخمین زد. همچنین با استخراج نشان‌گرهای لرزه‌ای از جمله مقاومت صوتی و تلفیق آن با دیگر نشان‌گرهای لرزه‌ای از جمله فرکانس لحظه‌ای، فاز لحظه‌ای، واریانس و ... می‌توان به برخی رخدادهای زمین‌شناسی مؤثر در خصوصیات مخزنی همچون محل گسل‌ها، کانال‌های مدفون، سطح تماس آب و نفت و دیگر رویدادهای زمین‌شناسی مرتبط با خصوصیات مخزنی پی برد.

برگردان لرزه‌ای روشی است برای برگرداندن داده‌های از دست رفته فرکانسی به واسطه حذف اثر موجک و بازسازی کامل باند فرکانسی زمین. هدف از برگردان لرزه‌ای، تبدیل داده‌های لرزه‌ای باند محدود به شبکه نگارهای مقاومت صوتی باند پهن در هر برداشت نقطه هم عمق و یا نقطه میانی مشترک می‌باشد. بنابراین برگردان لرزه‌ای فرآیندی است که می‌کوشد بر اساس مدل‌های لرزه‌ای اولیه و موجک‌های تخمین زده شده، مدل مقاومت صوتی نزدیک به مدل واقعی زمین را تخمین بزند [۲].

در برگردان لرزه‌ای سعی می‌شود از طریق ترکیب داده‌های لرزه‌ای با سایر داده‌های موجود مانند داده‌های زمین‌شناسی بزرگ مقیاس و داده‌های حاصل از نگارهای چاه، اطلاعاتی به‌دست آورد که بتوان آنها را به خصوصیات نظیر نوع سنگ، میزان تخلخل و ... مرتبط ساخت. مقاومت صوتی یکی از این داده‌ها می‌باشد که با مشاهده تغییرات آن در

می‌گردد. هم‌چنین حضور شیل در بخش‌های ماسه‌سنگی می‌تواند میزان مقاومت صوتی را تا حد زیادی پایین آورد، به طوری که ممکن است پتروفیزیست‌ها را در ارزیابی خصوصیات مخزنی گمراه نماید. بنابراین می‌توان گفت که مقاومت صوتی مهم‌ترین نشان‌گری است که با خصوصیات مخزنی نظیر تخلخل و سنگ‌شناسی در ارتباط می‌باشد [۷].

روش کار

داده‌های مورد نیاز در این تحقیق شامل داده‌های لرزه‌نگاری سه بعدی، نگارهای چاه‌پیمایی، داده‌های نقاط کنترلی^۱ و کلیه اطلاعات زمین‌شناسی منطقه می‌باشد. جهت انجام مراحل وارون لرزه‌ای از نرم افزار همپسون - راسل^۲ و برای استخراج نشان‌گرهای لرزه‌ای، از نرم افزار پترل^۳ استفاده شده است. مراحل کار به شرح زیر است:

۱- ابتدا داده‌های مورد نیاز با فرمت مناسب وارد نرم‌افزار گردید.

۲- پس از وارد کردن داده‌های چاه‌پیمایی به نرم‌افزار با کالیبره کردن نگارهای چاه با داده‌های نقاط کنترلی، این نگارها از حوزه عمق به حوزه زمان تبدیل می‌شود تا چاه و مقطع لرزه‌ای هم حوزه شوند.

۳- در این مرحله به ترتیب زیر، لرزه نگاشت مصنوعی ساخته می‌شود:

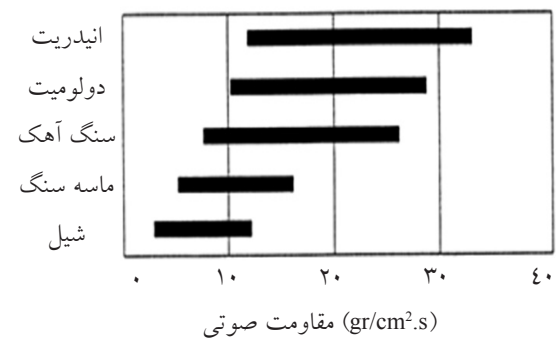
الف- برای این کار ابتدا با استفاده از نگار صوتی^۴ و نگار چگالی^۵، نگار مقاومت صوتی از حاصل ضرب نگارهای چگالی و صوتی در محل چاه محاسبه می‌شود.

$$I = \rho \cdot V \quad (1)$$

ρ چگالی در محل نمونه، V سرعت موج P در محل نمونه و I مقدار مقاومت صوتی در محل نمونه می‌باشد.

ب- با توجه به رابطه موجود بین مقاومت صوتی و ضرایب بازتاب که در زیر آمده، سری ضرایب بازتاب در محل چاه به دست می‌آید.

سرعت عبور موج از داخل لایه است. به عبارتی می‌توان گفت که مقاومت صوتی، مقاومت سنگ‌ها در برابر انتشار امواج الاستیک است. این نشان‌گرها معرف سنگ‌شناسی لایه و تا حدی نیز نشان‌دهنده سیال مخزنی موجود در لایه‌ها می‌باشد. سنگ‌های مختلف مقادیر مقاومت صوتی متفاوتی دارند. با توجه به شکل ۱ معلوم می‌شود که مقادیر مقاومت صوتی برای سنگ‌های مختلف هم‌پوشانی دارد، به این معنی که دو سنگ متفاوت ممکن است مقدار مقاومت صوتی مشابهی داشته باشند [۵].



شکل ۱- هم‌پوشانی محدوده تغییرات مقاومت صوتی چند سنگ رایج [۵]

این تشابه می‌تواند علل مختلفی داشته باشد که عبارتند از: عمق تدفین، فشردگی تکتونیکی، پیشینه تدفین، تخلخل بین دانه‌ای، تخلخل ناشی از شکستگی، نوع شکستگی، نوع سیمان و میزان اشباع خلل و فرج سنگ. در نتیجه از مشاهده تغییرات مقاومت صوتی در داخل یک لایه با ویژگی سنگ‌شناسی مشخص، می‌توان به تغییرات رخساره سنگی در داخل لایه پی برد و به این صورت مقاومت صوتی به‌عنوان یک نشانگر لرزه‌ای عمل می‌کند [۵]. با توجه به اینکه سرعت گذر موج از لایه‌ها با افزایش عمق و نیز تغییر سنگ‌شناسی تغییر می‌کند، بنابراین سنگ‌های متراکم‌تر و محکم‌تر، سرعت گذر موج را افزایش می‌دهند. از طرفی افزایش تخلخل در مخازن باعث کاهش سرعت گذر موج و در نتیجه کاهش مقاومت صوتی می‌گردد [۶].

تأثیر گاز نیز نقش بسزایی در سرعت موج P در لایه‌ها دارد، به طوری که حضور گاز باعث کاهش سرعت موج و چگالی لایه گردیده و مقاومت صوتی را کاهش می‌دهد. ضمناً باید توجه داشت که حضور آب در حفره‌های سنگ، سبب افزایش سرعت موج تراکمی و افزایش چگالی

1. Checkshots
2. Hampson Russel
3. Petrel
4. Sonic Log
5. Density Log

دست داشتن اطلاعاتی چون محل قرارگیری سرسازندها و اینکه سرسازندها در لرزه نگاشت مصنوعی در چه محلی واقع شده‌اند (پیک یا ترف و یا ما بین این دو)، داده‌های حفاری چاه‌ها، نگارهای چاه‌پیمایی و کلیه داده‌هایی که قبلاً وارد نرم‌افزار شده است، پیک کردن افق‌های مخزنی میدان مورد نظر آغاز می‌شود (شکل ۴). در این شکل IL روند چیدمان ژئوفون در راستای یا تاقدیس و XL روند برداشت داده‌های لرزه‌نگاری در راستای محور تاقدیس

۵- پس از تعیین محل سرسازندها نشان‌گر لرزه‌ای مقاومت صوتی استخراج می‌شود (شکل ۵). روش کار نرم‌افزار به این صورت است که با یکی کردن ردهای لرزه‌ای و عبور نتایج حاصل از یک فیلتر BUTTERWORTH، نشان‌گر مقاومت صوتی از اطلاعات دامنه‌ای داده‌های لرزه‌ای به روش مشتق‌گیری استخراج می‌شود. همان‌گونه که در شکل ۵ دیده می‌شود، میزان مقاومت صوتی در بخش مرکزی سازند سروک نسبت به لایه‌های بالا و پایین کاهش یافته که این مسأله تاقدیس بودن این میدان را تایید می‌کند.

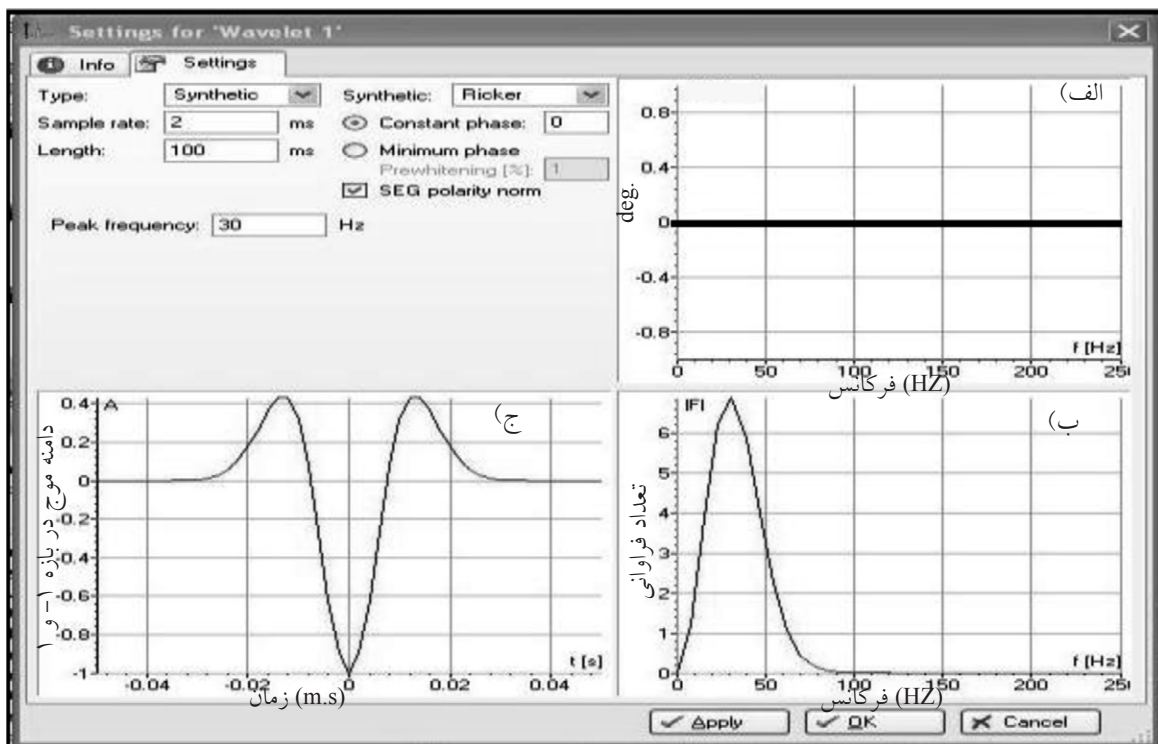
$$R = \frac{I_2 - I_1}{I_2 + I_1} \quad (2)$$

I_2 مقاومت صوتی در محل نمونه، I_1 مقاومت صوتی لایه زیرین و R ضریب بازتاب می‌باشد.

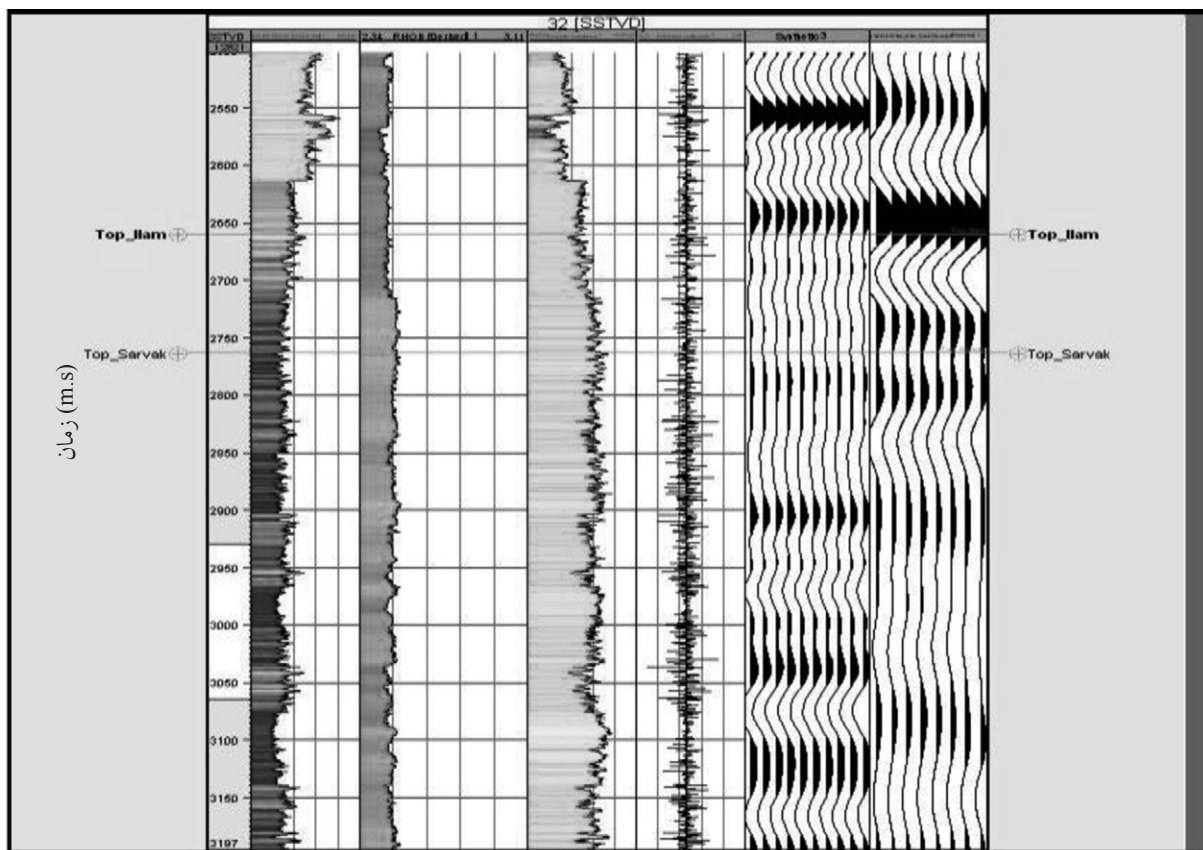
ج- موجک لرزه‌ای در فاز صفر یا می‌نیمم از داده‌های چاه و لرزه‌ای استخراج می‌گردد (شکل ۲).

د- لرزه نگاشت مصنوعی از هم‌آمیخت^۱ موجک لرزه‌ای و سری‌های ضرایب بازتابش (RC) ساخته می‌شود [۸]. اکنون نگاشت‌های مصنوعی به منظور تعیین افق‌های لرزه‌ای با مقطع لرزه‌ای در محل چاه مطابقت داده می‌شود. البته نباید انتظار داشت که داده‌های لرزه‌ای از نظر دامنه، فرکانس و فاز با داده‌های درون چاهی کاملاً منطبق باشد. زیرا به‌عنوان مثال فرکانس‌های مورد استفاده در امواج لرزه‌ای بین ۸ تا ۸۰ هرتز است، در حالی که فرکانس‌های مورد استفاده در نگار صوتی بین ۱۰ تا ۳۰ کیلوهرتز می‌باشد [۵]. در اینجا جهت دست‌یابی به یک انطباق مناسب به میزان ۸ m.s، بلوک لرزه‌ای برای کلیه چاه‌ها به سمت بالا شیفت داده شد (شکل ۳).

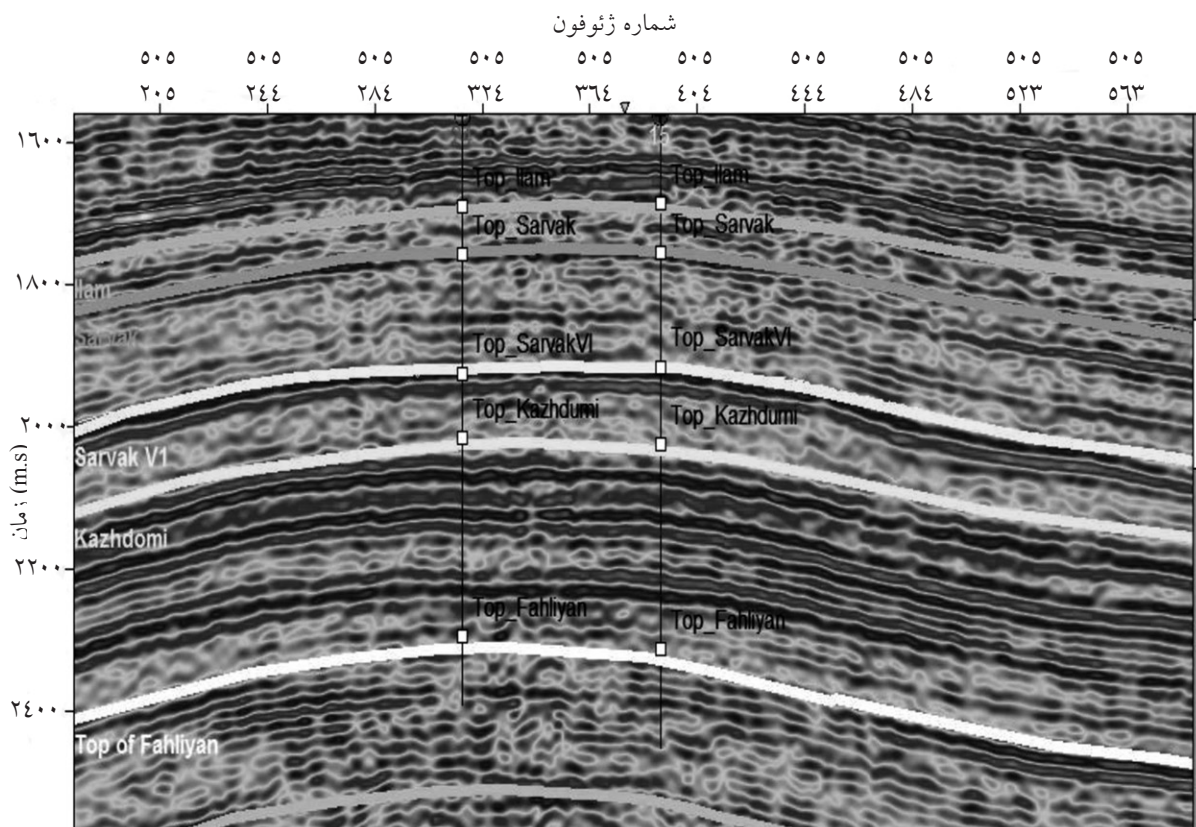
۴- پس از اتمام کار ساخت لرزه نگاشت مصنوعی، با در



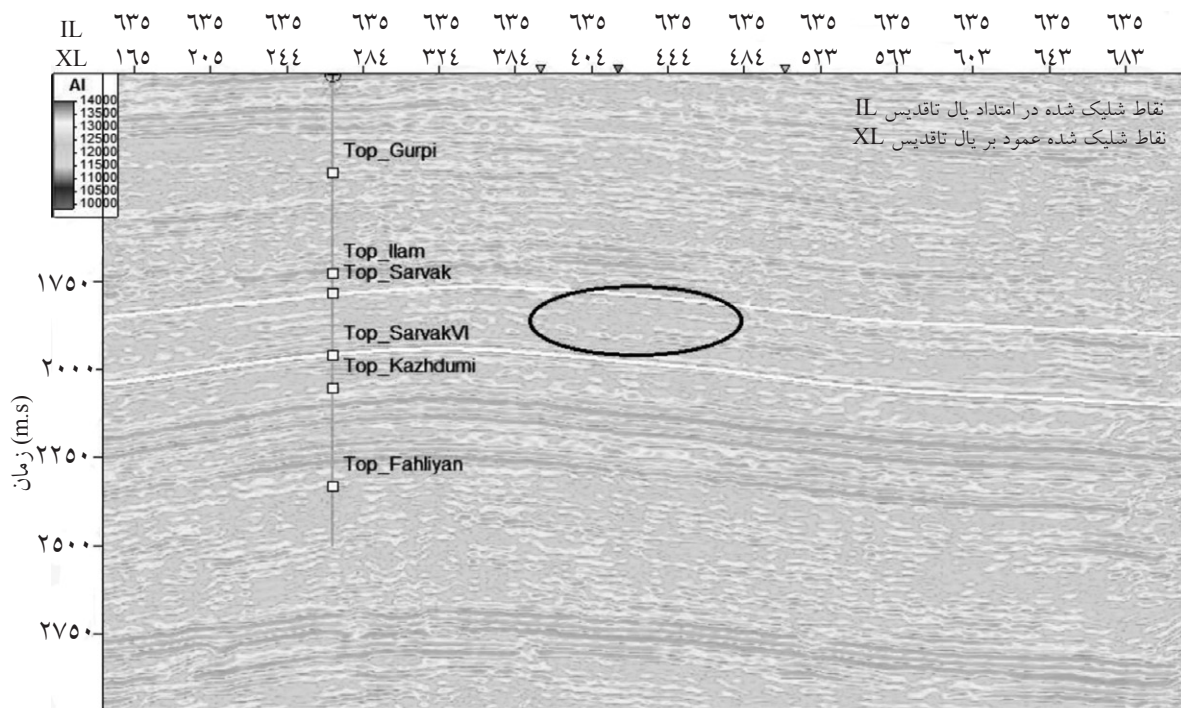
شکل ۲- برآورد موجک مصنوعی در فاز صفر توسط نرم‌افزار، الف) مقدار فاز طیف (اسپکتروم) موجک (درجه بر فرکانس) ب) مقدار مطلق طیف موجک (درجه بر فرکانس) ج) استخراج موجک مصنوعی (ریکر) در فاز صفر (درجه بر فرکانس)



شکل ۳- تطابق نگارهای چاه پیمایی، لرزه نگاشت مصنوعی و داده های لرزه نگاری سه بعدی در چاه ۳۲



شکل ۴- نمایش سرسازندها در تعبیر و تفسیر لرزه ای



شکل ۵- مقاومت صوتی مقطع لرزه‌ای میدان با روند ازدیاد تخلخل در بخش مخزنی سازند سروک

می‌باشند و چاه‌هایی که دورتر از بخش مرکزی، خصوصاً در بخش‌های جنوبی حفر شده‌اند، بهره‌دهی اقتصادی لازم را نخواهند داشت.

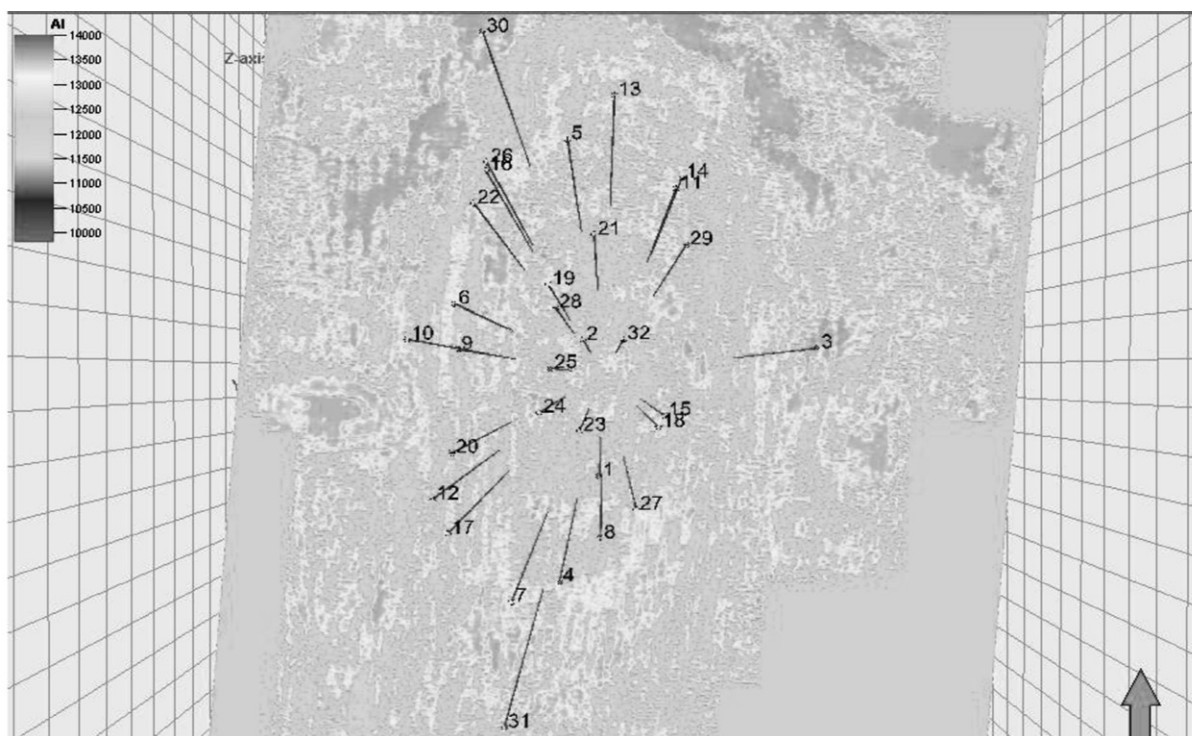
رسم دیاگرام تقاطعی

در این مرحله پس از تخمین سرشت مخزنی جهت اطمینان بخشیدن به فعالیت‌های انجام شده، دو دیاگرام تقاطعی جهت تطابق چاه‌های میدان و مدل کلی تهیه می‌گردد. دیاگرام تقاطعی نگار مقاومت صوتی در مقایسه با مدل مقاومت صوتی در چاه‌های (شکل ۷) و دیاگرام تقاطعی نگار تخلخل در مقایسه با مدل مقاومت صوتی در چاه‌های شماره ۲ و ۳ (شکل ۸) ترسیم گردیده است. شیب خط حاصل نشان‌دهنده تطابق مقاومت صوتی به دست آمده مدل کلی و چاه‌های میدان است. اگر شیب خط 45° باشد، تطابق موجود 100% می‌باشد. میزان تطابق در هر دو نمودار در میدان مورد نظر در این مطالعه 86% است که نشان‌دهنده تطابق نسبتاً بالایی است. لذا مقاومت صوتی حاصل، قابل استفاده برای کل میدان می‌باشد. در شکل‌های فوق مشاهده می‌شود که هر چه از میزان مقاومت صوتی کاسته شود، بر میزان تخلخل افزوده می‌گردد.

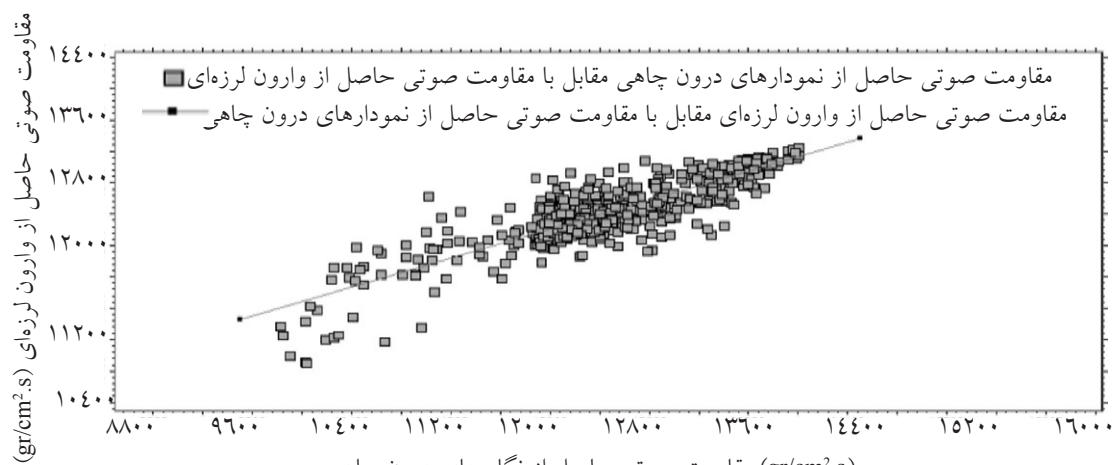
۶- در مرحله نهایی یک برش حجمی از مقطع مقاومت صوتی در سازند سروک جهت دستیابی به روند توزیع مقاومت صوتی و در نتیجه بررسی تخلخل در کل محدوده لرزه‌نگاری سه بعدی تهیه می‌شود (شکل ۶). هدف اصلی از استخراج مقاومت صوتی رسیدن به همین برش حجمی می‌باشد. در واقع یکی از ابزارهای بسیار قوی برای مطالعات تحت‌الارضی و تعیین محل چاه توسعه‌ای در میادین هیدروکربنی، برش‌های حجمی حاصل از نشان‌گرهای لرزه‌ای می‌باشد.

با تحلیل این برش می‌توان نتیجه گرفت که در مجموع بخش مرکزی میدان جهت تولید از مخزن سروک مناسب‌تر از بخش‌های شمالی و جنوبی آن می‌باشد. زیرا مقاومت صوتی در قسمت‌های شمالی و جنوبی میدان بیشتر از بخش مرکزی است. در نتیجه میزان تخلخل در بخش مرکزی میدان در این افق بیشتر می‌باشد.

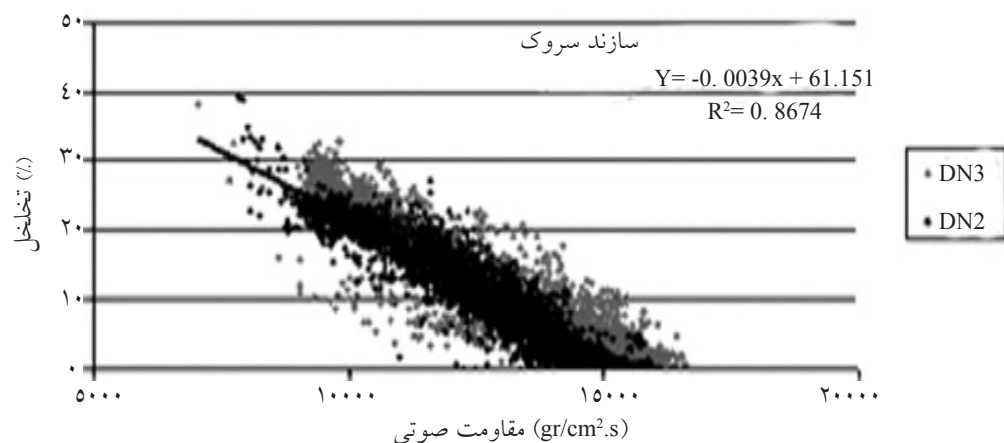
همچنین میزان تخلخل در قسمت‌های شمالی بیشتر از بخش‌های جنوبی میدان در این افق است. با دقت در محل ورود چاه‌ها به سرسازند سروک، می‌توان دریافت که محل ورود چاه‌هایی که در بخش مرکزی افق سروک حفر شده‌اند، دارای تخلخل بالایی نسبت به سایر چاه‌ها



شکل ۶- نمایش برش حجمی از مقاومت صوتی در سازند سروک با موقعیت چاه‌های حفر شده در میدان موردنظر



شکل ۷- دیاگرام تقاطعی نگار مقاومت صوتی در مقایسه با مدل مقاومت صوتی در چاه ۱۳



شکل ۸- دیاگرام تقاطعی نگار تخلخل در مقایسه با مدل مقاومت صوتی در چاه‌های شماره ۲ و ۳

فاز لحظه‌ای^۱

نشان‌گر دیگری که در این تحقیق بررسی شده است، نشان‌گر فاز لحظه‌ای است که از نشان‌گرهای افقی بعد از انبارش^۲ بر پایه زمان می‌باشد که با استخراج آن توسط نرم‌افزار، کانال‌های موجود در سازند سروک میدان مورد نظر نمایش داده شده است (شکل ۹).

دامنه^۳ RMS

این نشان‌گر از نشان‌گرهای لرزه‌ای حجمی بعد از انبارش بر پایه دامنه می‌باشد و تغییرات چینه‌شناسی را نشان می‌دهد.

با استخراج این نشان‌گر، همان‌گونه که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، یک تغییر چینه‌شناسی در جهت شمال شرق - جنوب غرب در مرکز سازند دیده می‌شود که احتمالاً نشان‌دهنده یک کانال می‌باشد.

استخراج نشان‌گرهای لرزه‌ای فاز لحظه‌ای و فرکانس لحظه‌ای تغییرات چینه‌شناسی با جهت شمال شرق - جنوب غرب در مرکز سازند سروک، تطابق کاملی با یکدیگر نشان می‌دهند (شکل ۱۱). همچنین با استفاده از نشان‌گرهای واریانس^۴ و فرکانس لحظه‌ای خطواره^۵ و بالا آمدگی در مرکز سازند سروک تشخیص داده شده است (شکل ۱۲).

نتیجه‌گیری

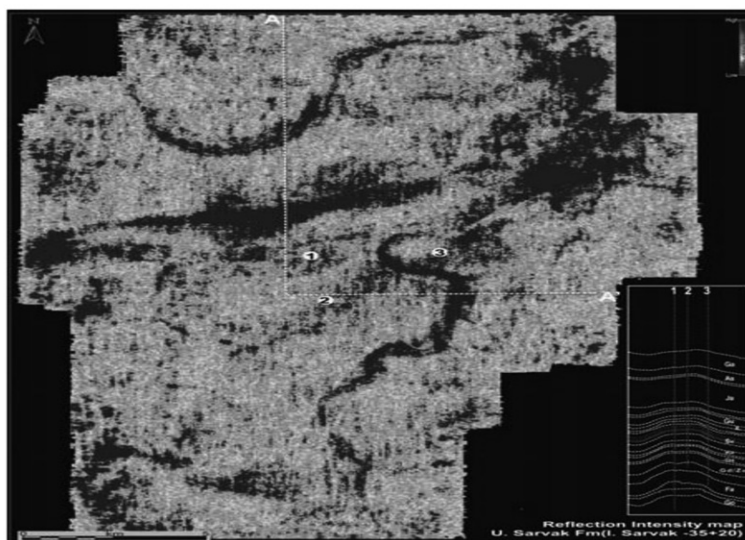
۱- استفاده از نگارهای چاه‌پیمایی و داده‌های لرزه‌نگاری سه بعدی، روش مناسبی جهت تخمین تخلخل و تعیین خصوصیات مخزنی می‌باشد.

۲- با توجه به برش مقاومت صوتی حاصل از سازند سروک مشخص گردید که میزان تخلخل در این بخش در همه جا یکسان نبوده و در قسمت مرکزی سازند بیشتر از سایر نواحی آن می‌باشد که این امر تاییدی بر ساختار تقارن تاقدیسی میدان است. علاوه بر این، تخلخل در قسمت‌های جنوبی کمتر از بخش‌های شمالی سازند می‌باشد.

۳- استفاده از نشان‌گرهای لرزه‌ای و تلفیق آنها بهترین روش در تشخیص گسل‌ها، کانال‌های مدفون، ساختمان‌های عدسی شکل و ... در مخازن می‌باشد.

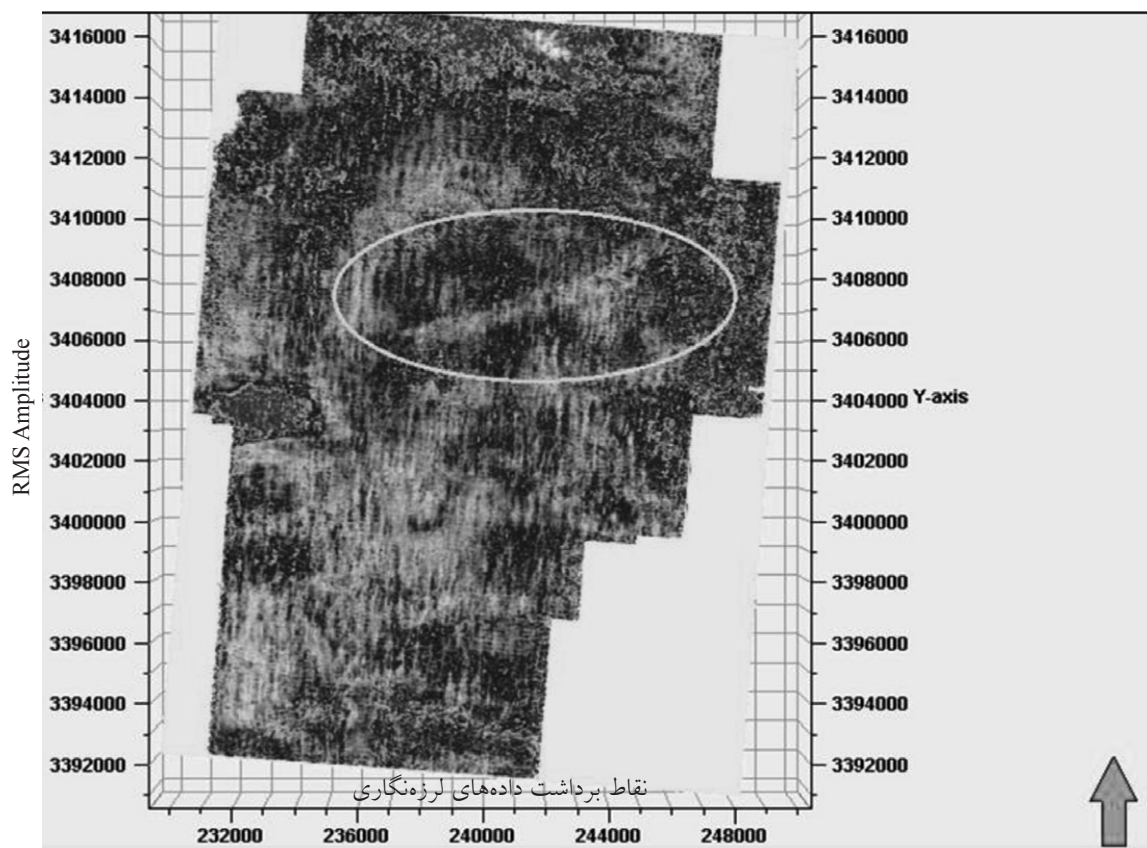
۴- با استفاده از نشان‌گرهای لرزه‌ای، کانال‌هایی با روند شمال شرق - جنوب غرب در مرکز سازند سروک دیده شده است، اما گسل عمده‌ای در این سازند مشاهده نگردید.

۵- با بررسی داده‌های لرزه‌ای و نشان‌گرها و تلفیق آنها مشخص گردید که رسوبات میدان مورد مطالعه دارای خصوصیات تغییر رخساره‌ای و در نتیجه کاهش و افزایش تخلخل در بخش‌های مختلف است که این امر در انتخاب محل چاه‌های آتی بسیار مؤثر می‌باشد.

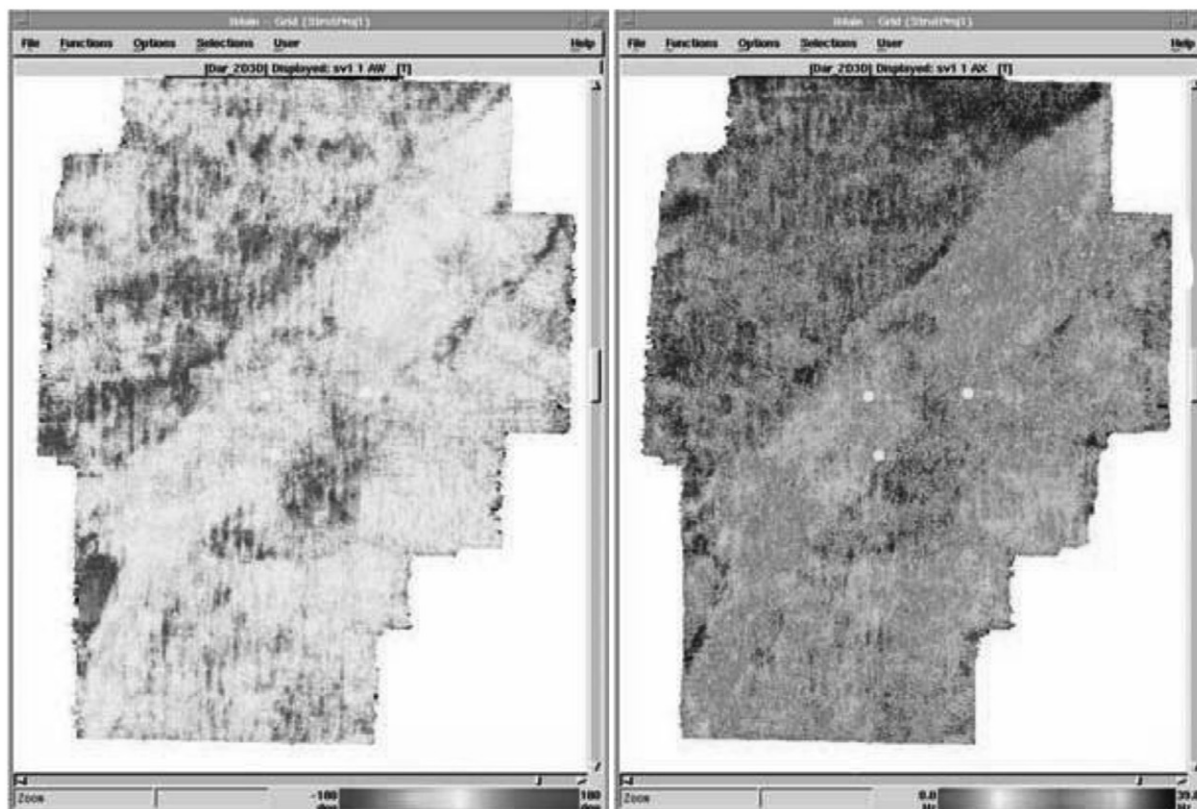


شکل ۹- تشخیص کانال‌ها در سازند سروک با استفاده از نشان‌گر فاز لحظه‌ای

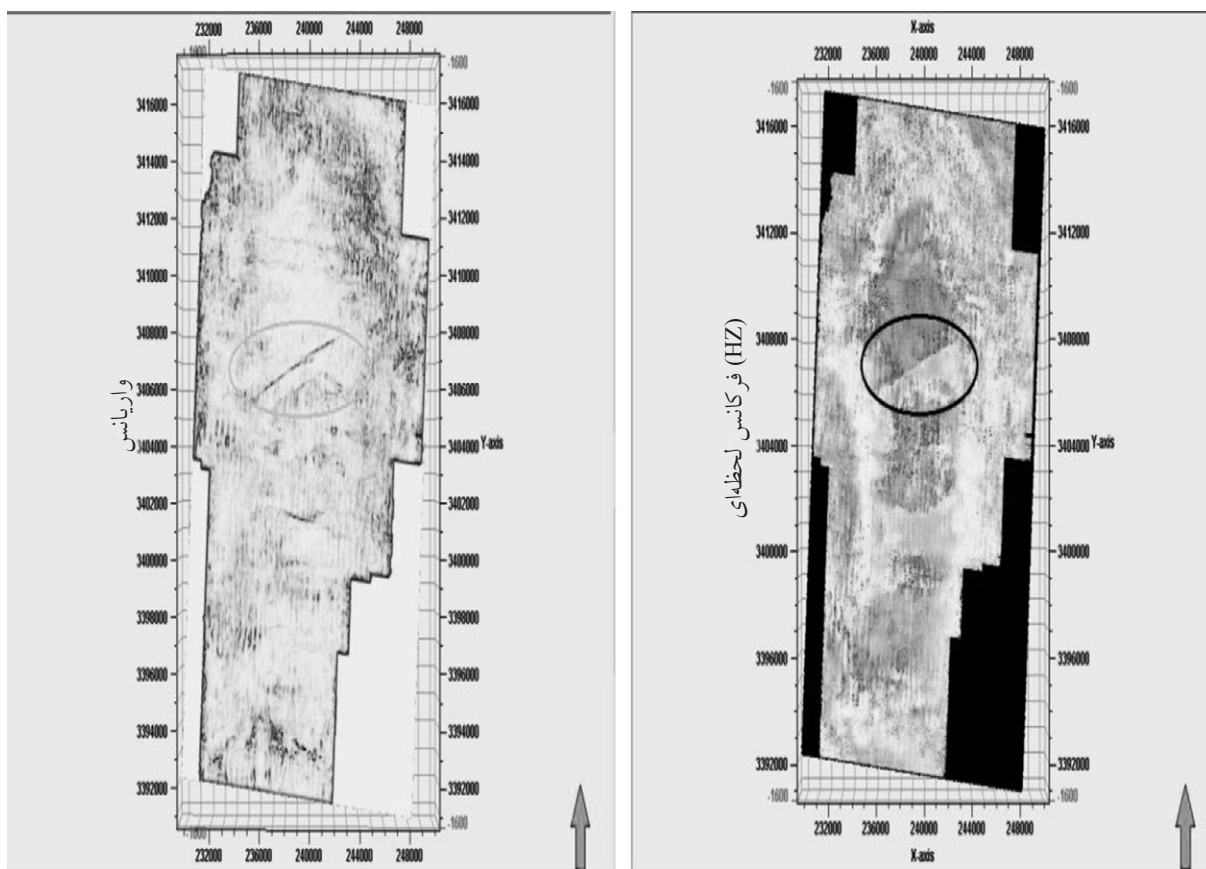
1. Instantaneous Phase
2. Post-Stack
3. RMS Amplitude
4. Variance of Amplitude
5. Lineaments



شکل ۱۰- تشخیص کانال در مرکز سازند سروک با استفاده از نشان‌گر RMS Amplitude



شکل ۱۱- نمایش تغییرات رخساره‌ای در سازند سروک با استفاده از نشان‌گرهای فاز لحظه‌ای (سمت چپ) و فرکانس لحظه‌ای (سمت راست)



شکل ۱۲- خطواره و بالآمدگی چینه‌ای در سازند سروک با استفاده از نشانگر واریانس (چپ) و نشانگر فرکانس لحظه‌ای (راست)

مراجع

- [1]. Serra O. and L., "Well Logging Data Acquisition and Application," Chapter. 6, pp. 119- 122 & chapter. 20, pp. 409- 434 & chapter. 22, p. 453-462, 2004.
- [2]. Verwest B., Masters, and Sena A., *Elastic impedance inversion*, 70th annual international Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 1580-1582, 2000.
- [3]. Hampson D. P., Schuelke J.S., and Quirein J. A., "Use of Multi-Attribute Transforms to Predict Log Properties," GEOPHYSICS, Vol. 66, NO.1, pp .220–236, 2001.
- [4]. Brown A., , "Understanding Seismic Attributes, Geophysics, Original from the University of Michigan," Vol.66, pp. 47-49, 2001.
- [5]. Telford W. M., and Sheriff R. E., and Geldart, L. P., and Keys, D. A., "Applied Geophysics, Cambridge" University Press. pp. 492-493, 1976.
- [۶] مختاری، محمد، لرزه‌نگاری آسان، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ص ۵۱-۹، ۱۳۸۰.
- [۷] معمارضیاء، ع.، نقش تعبیر و تفسیر داده‌های لرزه‌ای بازتابی دراکتشاف منابع هیدروکربوری، روابط عمومی شرکت نفت فلات قاره ایران، ص ۵۴-۲۱ و ص ۲۶۳-۲۰۸، ۱۳۸۳.
- [8]. Mari J. L., Glangaud F. and Coppens F., "Signal Processing for Geologists & Geophysicists," Chapter 2, pp. 141-156, & Chapter 3, pp.163-168, & Chapter 12. pp. 409- 425, 1997.