

## برگردان داده‌های لرزه‌ای میدان گازی سراجه و محاسبه تخریل

مهدی هزینه<sup>۱</sup> و محمد مختاری<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف نفت، پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران

<sup>۲</sup> پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

(تاریخ دریافت ۸۵/۶/۲۸، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۷/۹/۸، تاریخ تصویب ۸۸/۲/۲۷)

### چکیده

راه مستقیم دستیابی به خواص پتروفیزیکی در بررسی مخازن هیدروکربنی، حفر چاه است و از آن جا که این عمل هزینه زیادی را در بر دارد، همواره تلاش بر استخراج این خواص از ردهای لرزه‌ای می باشد. بدین منظور، روش های متعددی ابداع شده‌اند که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارند. از میان این روش‌ها، برگردان لرزه‌ای، یکی از ابزارهای بسیار مناسب جهت توصیف لرزه‌ای مخزن قلمداد می‌شود. برگردان لرزه‌ای رد لرزه‌ای را به مدل بلوکی امپدانس تبدیل کرده و به صورت یک واهمامیخت عمل می‌کند. امپدانس صوتی یک ارتباط قوی با تخریل داشته و به عنوان یک مشخصه مفید برای توصیف مخزن است. در این مقاله از دو روش خارهای پراکنده به شیوه برنامه ریزی خطی و بر مبنای مدل برای برگردان داده‌های لرزه‌ای دو بعدی میدان گازی سراجه و ساخت مدل امپدانس استفاده شده است. با به کارگیری این مدل و ایجاد یک رگرسیون خطی، مدل تخمینی تخریل به دست می‌آید.

**واژه‌های کلیدی:** برگردان لرزه‌ای، امپدانس صوتی، مدل تخریل

### مقدمه

#### برگردان به روش خارهای پراکنده<sup>۱</sup> (برنامه ریزی خطی نرم $L_1$ )

با فرض پردازش دقیق و صحیح داده‌ها که منجر به حذف کامل نویز، بازتاب‌های مکرر، پراش و همچنین تصحیح واگرایی کروی است، رد لرزه‌ای را می‌توان حاصل همامیخت موجک با توالی بازتاب دانست.

$$x(t) = r(t) * w(t) \quad (1)$$

یک روش کارآمد برای به دست آوردن توالی بازتاب که خطای کمتری داشته باشد، نوشتن معادله (۱) به شکل زیر است؛

$$x(t_j) = x_j = \int r(t) w(t_j - t) dt, \quad j = 1, \dots, N \quad (2)$$

این معادله می‌تواند برای به دست آوردن مدل‌های قابل قبول از توالی بازتاب مورد استفاده قرار گیرد. مانع اولیه برای رسیدن به این هدف، یکتایی نبودن مدل‌ها است. این بدان معنی است که  $r(t)$  های مختلفی وجود دارند که می‌توانند باعث تشکیل لرزه‌نگاشت‌های یکسان شوند. مشکل یکتا نبودن مدل با در دست داشتن اطلاعات اضافی می‌تواند کاهش یابد. با فرضیه توالی لایه‌های همگن در رابطه با ساختار زمین، قسمتی از این اطلاعات تأمین می‌شود. با این فرضیه، توالی بازتاب، شکلی ریاضی بدین گونه پیدا می‌کند [۲]:

هدف از تعیین خصوصیات لرزه‌ای مخزن، ایجاد مدلی از مخزن در فاصله بین چاه‌ها است. این مدل از ترکیب همه اطلاعات موجود مانند نگارهای چاه، اندازه‌گیری‌های مغزه و داده‌های لرزه‌ای ایجاد می‌شود. به این ترتیب مدلی ساخته می‌شود که بهتر می‌تواند خصوصیات مخزنی میدان را به صورت دوبعدی یا سه‌بعدی مورد بحث و بررسی قرار دهد. در واقع با استفاده از این روش می‌توان به طور زمانی و مکانی، خصوصیات پتروفیزیکی را در هر نقطه از مخزن معین نمود. در این راستا برگردان لرزه‌ای یکی از ابزارهای بسیار مناسب برای توصیف لرزه‌ای مخزن قلمداد می‌شود. برگردان لرزه‌ای برای به دست آوردن مدلی از مقاومت صوتی در منطقه تحت بررسی از روش حذف موجک انجام می‌گیرد. این موضوع تفسیر سنگ شناسی و زمین‌شناسی لایه‌ها را سهل‌تر کرده و به طراحی توسعه میادین هیدروکربنی کمک می‌کند. تمایل به بررسی روش‌های مختلف برگردان داده‌های لرزه‌ای، در چند دهه اخیر به طور ثابت و یکنواختی افزایش یافته است.

در این مقاله اطلاعات موجود، نگارهای چاه و اطلاعات لرزه‌ای است، بنابراین هدف از شناسایی خصوصیات مخزن تخمین و ارزیابی خصوصیات پتروفیزیکی مخزن با استفاده از اطلاعات لرزه‌ای و چاه است.

$$\varphi = \sum_{n=0}^{N-1} |r_n| \quad (۴)$$

برای مینیمم‌سازی، نیاز به یکسری معادلات شرطی است. دو تا از این شرایط به طور کامل مشخص است:

۱-  $r(t)$  باید به شکل معادله (۳) باشد.

۲- هم‌میخت موجک با تابع بازتاب بازسازی شده، باید هم شکلی مناسبی با داده‌های لرزه‌ای ایجاد کند.

$$\operatorname{Re} \{R_j\} = \sum_{n=0}^{N-1} r_n \cos(2\pi jn/N)$$

$$\operatorname{Im} \{R_j\} = \sum_{n=0}^{N-1} r_n \sin(2\pi jn/N)$$

برای به دست آوردن  $R_j$  می‌توان تبدیل فوریه نگاشت را بر تبدیل فوریه موجک تقسیم کرد، آنگاه یک الگوریتم برنامه‌ریزی خطی با شرایط معادلات بالا، می‌تواند برای مینیمم کردن معادله (۴) به کار رود.

با وجود به کار بردن شروط برنامه‌ریزی خطی و محدود کردن فضای مدل، باز هم یکتایی نبودن در جواب‌ها مشاهده می‌شود. برای بالا بردن ضریب اطمینان جواب نهایی، می‌توان از شروط اضافی دیگری استفاده کرد. این شرط‌ها را می‌توان از روی نمودارهای صوتی و چگالی چاه‌های نزدیک و یا از روی آنالیز سرعت به دست آورد. از نمودار چاه، محدوده تغییرات امپدانس صوتی را می‌توان تعیین کرد. این کار باعث قرار گرفتن جواب‌های حاصل از برگردان در این محدوده می‌شود.

$$\eta(t) = Ln \left[ \frac{\varepsilon(t)}{\varepsilon(0)} \right] = 2 \sum_{n=0}^{N-1} r_n H(t-n\Delta) \quad (۵)$$

معادله (۵) نتیجه مورد نظر و مطلوب است. اگر  $\eta(t)$  برای هر زمان ضبط شده  $t$ ، معلوم و مشخص باشد، آنگاه مشروطیت خطی که به مشروطیت‌های قبلی داده‌ها اضافه می‌شود عبارت است از:

$$\eta(t) - \sigma_1(t) \leq 2 \sum_{n=0}^{N-1} r_n H(t-n\Delta) \leq \eta(t) + \sigma_2(t)$$

$\sigma_1, \sigma_2$  محدوده‌های خطا برای  $\eta(t)$  است، که به راحتی قابل محاسبه هستند.

$$r(t) = \sum_{n=1}^{NL} r_n \delta(t - \tau_n) \quad (۳)$$

$NL$ ،  $\tau_n$ ،  $r_n$  به ترتیب تعداد لایه‌های زمین در مدل، زمان مربوط به لایه  $n$ ام و دامنه ضریب بازتاب است.  $\delta$  نیز تابع دلتای کرونیگر بوده که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\begin{cases} \delta = 0 & \tilde{a}_i \quad t \neq \tau_n \\ \delta = 1 & \tilde{a}_i \quad t = \tau_n \end{cases}$$

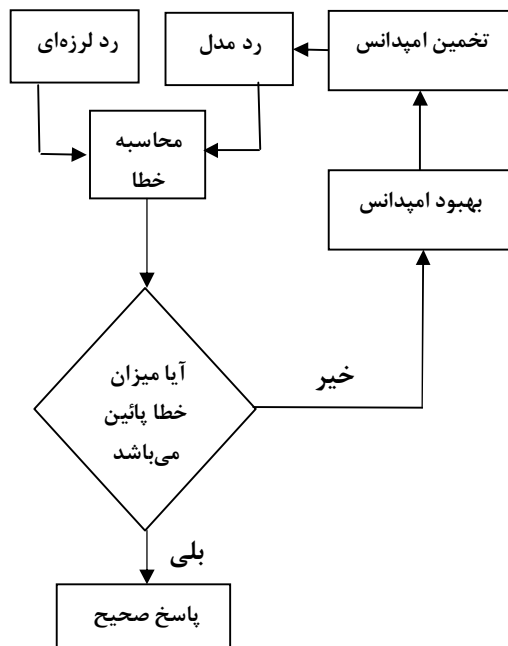
اهمیت این معادله از دو نظر قابل بررسی است، نخست اینکه، این معادله یکتایی نبودن را کاهش می‌دهد، زیرا مدل‌های زیادی وجود دارند که در قالب این معادله نمی‌گنجند، که از آن جمله می‌توان مدل‌های باند محدود را برشمرد. دلیل آن خیلی روشن است زیرا معادله (۳) از حاصل جمع توابع مجزای دلتا تشکیل شده است در نتیجه باند پهن می‌باشد. بنابراین اطلاعات فرکانس پایین و بالای توالی بازتاب نیز قابل احیاء می‌باشند. دوم اینکه، در اکثر مواقع توصیف ریاضی مدل با واقعیت فیزیکی تطبیق دارد. این بدان معنی است که زمین در بیشتر موارد یک توالی لایه‌ای دارد و در این مواقع امید زیادی برای بازیافت توالی بازتاب حقیقی است.

هدف، به دست آوردن مقاومت صوتی لایه‌های اصلی است که لایه‌های نازک تأثیر چندانی بر آن ندارند. نظر به این موضوع، طرح مسئله به طوری که سری بازتاب محاسبه شده، کمترین تغییرات ساختاری را نشان دهد، منطقی و معقول است. چنین الگوریتمی رخساره‌های اصلی را در ساختار توالی بازتاب جدا می‌کند، بدین جهت ما اطمینان خواهیم داشت که ضرایب بازتاب حقیقی باید تغییرات بیشتری نسبت به جواب بازسازی شده داشته باشند [۵]. برای بدست آوردن یک توالی بازتاب با کمترین تغییرات ساختاری از روش برنامه‌ریزی خطی که توسط اولدنبرگ (۱۹۸۳) و لوی و فولگر (۱۹۶۱) مطرح شده است استفاده می‌شود.

یک ساختار مینیمم توسط مینیمم کردن نرم مدل به دست می‌آید. در اینجا با فرض توزیع پراکنده سری بازتاب از نرم  $L_1$  استفاده می‌شود. معادله (۴) به عنوان یک تابع هدف که باید مینیمم شود، در نظر گرفته می‌شود و جواب حاصل از این مینیمم‌سازی کمترین تعداد ضرایب بازتاب غیرصفر را خواهد داشت.

رفته است. برای کاهش این خطا از  $M$  به عنوان حدس اولیه جدید در معادله (۷) استفاده کرده و دوباره عمل برگردان انجام می‌گیرد.

میزان خطا در هر تکرار، از روش کمترین مربع‌ها به دست می‌آید. روش تکرار تا زمانی که مقدار خطا از یک مقدار از قبل تعیین شود، کمتر شود، ادامه می‌یابد، فلوجارت این روش در شکل (۱) نمایش داده شده است.



شکل ۱: فلوجارت محاسبه توالی بازتاب به روش بر مبنای مدل [۴].

## موقعیت جغرافیایی و ریخت شناسی<sup>۴</sup> میدان

### مورد مطالعه

میدان گازی سراج در ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان قم و به فاصله ۱۴۰ کیلومتری از تهران بین طول شرقی  $۵۱^{\circ}۰۵'$  -  $۵۱^{\circ}۲۵'$  و عرض شمالی  $۳۴^{\circ}۲۵'$  -  $۳۴^{\circ}۳۵'$  واقع شده است. میدان گازی سراج در سال ۱۳۳۶ کشف شد. سازند قم در این میدان گازخیز است که مقدار قابل ملاحظه‌ای میعانات گازی دارد. شکل ساختمانی میدان سراج در سطح زمین به صورت طاقدیسی است که محور طولی آن در امتداد  $N120$  است. وسعت این میدان ۱۲۵ کیلومتر مربع است. در حدود ۲۵ کیلومتر طول و ۵ کیلومتر عرض دارد.

## برگردان به شیوه بر مبنای مدل<sup>۲</sup>

روش بر مبنای مدل بر اساس روش برگردان خطی تعمیم یافته (GLI)<sup>۳</sup> است. در این روش باید رابطه ریاضی بین مدل و نگاشت لرزهای و همچنین طریقه تصحیح مدل بر مبنای اختلاف حاصل از مقایسه نگاشت لرزهای و نگاشت مصنوعی مشخص شود. برای انجام برگردان به شیوه خطی تعمیم یافته، نیاز به یک مدل اولیه است که این مدل از روش داده‌های چاه به دست می‌آید. این روش، مدل زمین‌شناسی واقعی‌تری حاصل می‌کند. برگردان خطی تعمیم یافته که به عنوان مدل آشفته، رگرسیون غیرخطی و مدل‌سازی معکوس نیز نامیده شده است، برای به دست آوردن باند وسیعی از امیدانس به کار می‌رود [۱]. ساده‌ترین تابع ریاضی برای بیان ارتباط بین مدل و نگاشت لرزهای مدل هم‌میخت زمین است (معادله ۱)، این تابع ارتباط بین رد لرزهای و امیدانس زمین را بیان می‌کند. الگوریتم روش برگردان خطی تعمیم یافته، بر اساس بسط سری تیلور مدل تابعی معادله (۱) است. این بسط به صورت زیر است:

$$F(M) = F(M_0) + \frac{\partial F(M_0)}{\partial M} \Delta M + \dots \quad (6)$$

$M_0$ ,  $M$  به ترتیب، مدل واقعی و مدل اولیه توالی بازتاب و همچنین  $F(M_0)$  و  $F(M)$  نگاشت مصنوعی و نگاشت لرزهای است. در معادله (۶) ما به دنبال به دست آوردن خطای مدل اولیه،  $\Delta M$ ، هستیم. بدین منظور تنها دو جمله نخستین از این سری لحاظ می‌شود.

$$F(M) - F(M_0) = \frac{\partial F(M_0)}{\partial M} \Delta M \quad (7)$$

$$\Delta F = \frac{\partial F(M_0)}{\partial M} \Delta M = A \Delta M$$

$A$  ماتریکس مشتق جزئی است که هر ستون آن حاصل مشتق جزئی نگاشت مصنوعی نسبت به مقادیر امیدانس است. برای حل معادله بالا و به دست آوردن  $\Delta M$  می‌توان نوشت:

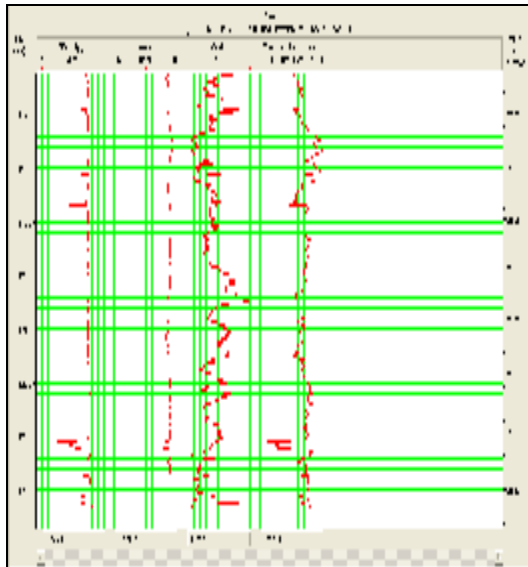
$$\Delta M = A^{-1} \Delta F$$

زمانی که  $\Delta M$  مشخص شود، آنگاه  $M$  به راحتی از معادله زیر به دست می‌آید:

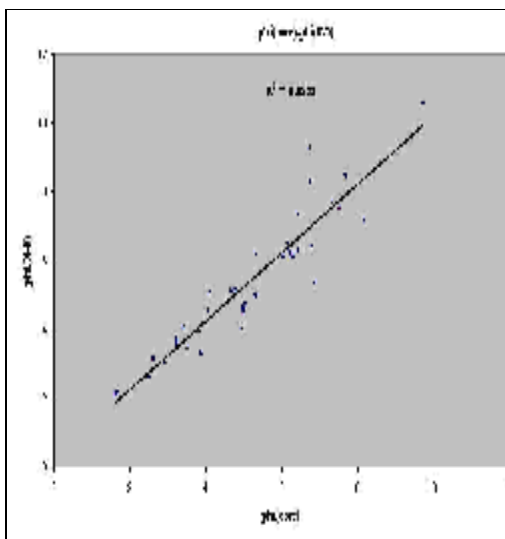
$$M \approx M_0 + \Delta M$$

$M$  به صورت تقریبی به دست می‌آید، زیرا از بسط کامل سری تیلور استفاده نشده و فقط دو جمله اول آن به کار

قابل مشاهده است. این عمل در نرم افزار EXCEL انجام شده و ضریب همبستگی ۸۷٪ را نشان می‌دهد.



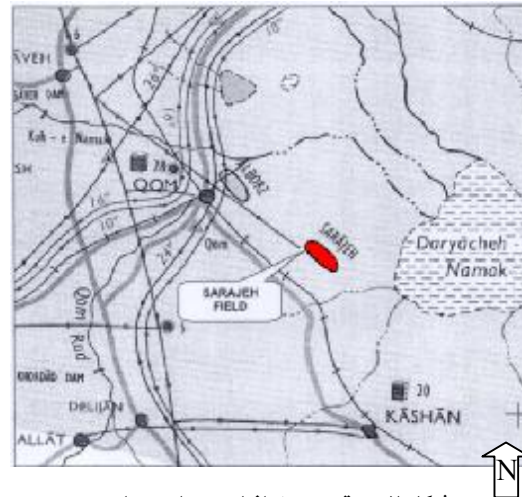
شکل ۳: نگارهای مربوط به چاه s-8، به ترتیب از چپ به راست: نگار چگالی، صوتی، تخلخل، امیدانس.



شکل ۴: تطابق نگار تخلخل چگالی-نوترون و داده‌های تخلخل مغزه.

### داده‌های لرزه‌ای

بررسی لرزه‌ای میدان سراجیه در سال ۱۹۹۹ توسط مدیریت اکتشاف انجام گرفت و یک تفسیر لرزه‌ای نیز توسط شرکت سفره گاز فرانسه روی این داده‌ها انجام شد. این داده‌ها دو بعدی بوده و ۱۲ خط لرزه‌ای را شامل می‌شوند. با توجه به موقعیت چاه s-8 و قرارگیری آن روی خطوط لرزه‌ای و همچنین داشتن توزیع فضائی مناسب، خط لرزه‌ای ۷۶۴۲۴ برای تحقق این پژوهش انتخاب شد.



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی میدان سراجیه.

### زمین‌شناسی عمومی منطقه

از نظر واحدهای مهم زمین‌شناسی و ساختمانی ایران بر حسب موقعیت جغرافیایی در زون مرکزی واقع است. در سطح‌الارض به شکل طاق‌دیس کوتاه نمایان است که در نهشته‌های الیگو - میوسن (سازند کربناته قم) توسعه یافته و با سازند قرمز بالایی (U.R.F) به سن میوسن پوشیده شده است. طاق‌دیس سراجیه، منظم و با جهت‌یافتگی شمال غرب - جنوب شرق است.

فقط افق تولیدی گاز میعانی میدان سراجیه، ممبر E سازند قم (آهک‌های الیگو - میوسن) با سنگ‌شناسی سنگ آهک رسی تا سنگ آهک ماری است. پوشش سنگ اغلب از تبخیری‌های نمک و انیدریت تشکیل یافته است. تا کنون ۹ چاه عمودی در این میدان در بین سال‌های ۱۹۵۸ تا ۲۰۰۵ حفاری شده است.

### داده‌های چاه

برای انجام روش‌های مختلف برگردان لرزه‌ای نیاز به مجموعه‌ای از داده‌های نگارهای ژئوفیزیکی از جمله نگار چگالی و نگار صوتی است. همچنین برای به دست آوردن تخلخل، نیاز به نگار نوترون بوده که این اطلاعات برای چاه s-8 گردآوری شده است.

در شکل (۳) نگارهای مربوط به چاه s-8، با توجه به مراحل بالا ترسیم شده است. برای به دست آوردن نگار تخلخل در چاه s-8 از دو نگار چگالی و نوترون استفاده کرده و توسط نگار گاما اثر شیل از داده‌ها حذف می‌شود. در شکل (۴) نتیجه تطابق این داده‌ها با داده‌های مغزه

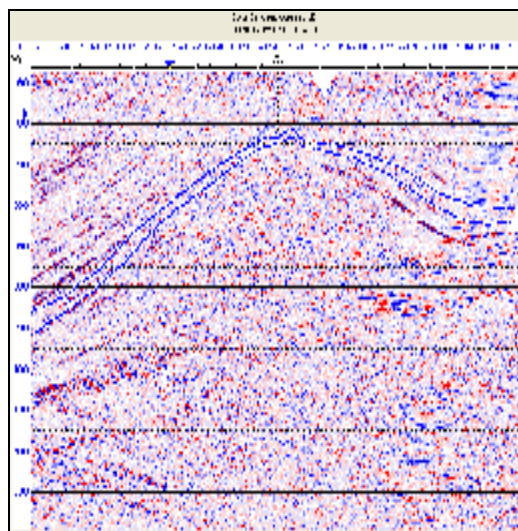
اولین قدم در عملیات برگردان و قبل از استخراج موجک، انطباق داده‌های لرزهای و داده‌های چاه است. با توجه به اینکه اطلاعات شلیک کنترل و لرزه‌نگاری عمودی<sup>۵</sup> وجود ندارد، اقدام به ساختن لرزه‌نگاشت مصنوعی شد. لرزه‌نگاشت مصنوعی با تطابق یک نقطه عمقی روی نگار صوتی با یک پدیده لرزهای مهم (پیک شدید) ساخته می‌شود و این نقطه از نگار صوتی که بر حسب عمق است، به آن پدیده لرزهای که بر حسب زمان است نسبت داده می‌شود. توسط تغییر سه پارامتر طول پنجره داده‌های لرزهای، طول موجک و طول پنجره انتخابی برای انجام عملیات، می‌توان موجک‌های مختلفی را استخراج کرد که در این صورت موجکی که بیشترین تطابق را نشان دهد، به عنوان موجک اصلی انتخاب می‌شود. شکل‌های (۶) و (۷) به ترتیب میزان انطباق نگاشت مصنوعی و لرزهای و موجک تخمینی را برای خط لرزهای ۷۶۴۲۴ نشان می‌دهند.

### ساخت مدل اولیه

در روش‌های برگردان لرزهای، نبود یک روند فرکانس پایین برای سری بازتاب، موضوع مهمی قلمداد می‌شود. به دلیل نبود اطلاعات نگاشت لرزهای در خارج از باند فرکانسی موجک، نمی‌توان با روش واهمامیخت مستقیم (روش بازگشتی)، فرکانس‌های پایین (زیر ۱۰ هرتز) را احیاء کرد.

خطا در روند فرکانس پایین، منجر به مشکل یکتایی نبودن پاسخ‌ها می‌شود. برای محدود کردن جواب‌های ممکن، یک اطلاعات فرکانس پایین اولیه به مدل اضافه می‌شود که این اطلاعات از روش داده‌های چاه و آنالیز سرعت به دست می‌آید. این موضوع، مدل زمین‌شناسی واقعی‌تری حاصل می‌کند. نگار امپدانس با توجه به افق‌های تفسیر شده، توسط نگارهای چگالی و صوتی ساخته شده و سپس از روش معکوس فاصله به کل منطقه بسط داده می‌شود. افق‌هایی که در به دست آوردن امپدانس به کار می‌روند مطابق با ابتدای سازندها (در این مطالعه موردی سر و قاعده بخش E سازند قم) در داده‌های چاه هستند. در نتیجه مدل امپدانس به دست آمده، تنها محدود به افق نگارگیری می‌شود.

شکل (۵) مقطع لرزهای خط ۷۶۴۲۴ را در فرمت رنگی نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل مشخص است، داده‌ها کم کیفیت و وضوح پایینی دارند. نسبت پائین سیگنال به نویز در راس طاق‌دیس و حوالی آن کاملاً بارز است. این موضوع ممکن است به علت روش‌ها و تکنیک‌های غلط پردازش و طراحی بوده که عمل تعیین و ترسیم سرو قاعده افق مخزنی را دچار مشکل می‌کند.



شکل ۵: مقطع لرزهای خط ۷۶۴۲۴ همراه با مکان چاه و زون مخزنی.

### استخراج موجک لرزهای

تخمین موجک در قلب هر پروژه برگردان لرزهای قرار دارد و نوع موجک استخراج شده بسیار ارزیابی کیفیت مخزن را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

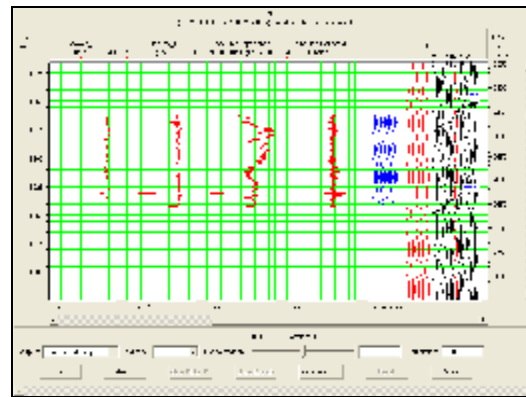
برای استخراج موجک سری ضرایب بازتاب در محل چاه به دست می‌آید و با اعمال موجک دلخواهی، نگاشت مصنوعی محاسبه شده و با نگاشت لرزهای در محل چاه مطابقت داده می‌شود. اگر خطا زیاد باشد، موجک را تغییر داده و این عمل تا زمانی که تطابق مطلوبی بین نگاشت مصنوعی و لرزهای به دست آید، ادامه می‌یابد. به طور معمول به علت وجود بازتاب‌های مکرر، خطا در تبدیل عمق به زمان، تغییرات جزئی ضرایب بازتاب در داخل لایه‌های زمین به علت ناهمگن بودن مواد در داخل این لایه‌ها و برخورد غیر نرمال موج به لایه‌ها، تطابق کاملی بین نگاشت مصنوعی و نگاشت لرزهای حاصل نمی‌شود [۳].



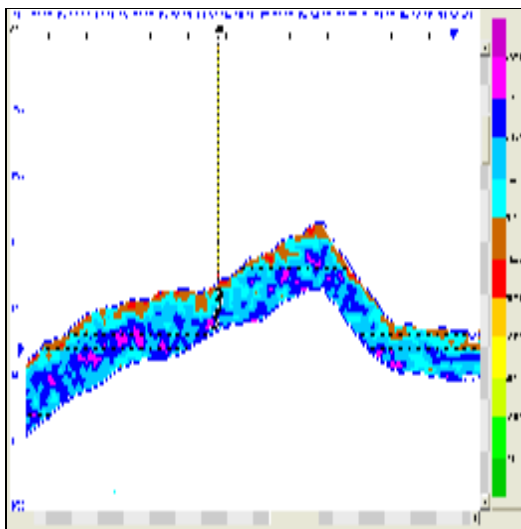
این مدل اطلاعاتی درباره فرکانس پایین امپدانس داشته که در هر دو روش برگردان لحاظ می شود. مدل اولیه مقطع لرزه‌ای ۷۶۴۲۴ در شکل (۸) آورده شده است.

### نتایج برگردان

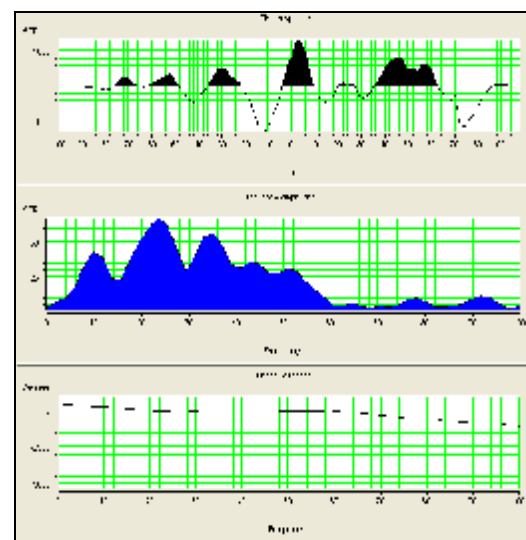
در این پژوهش برای دستیابی به یک مقطع امپدانس از دو روش برگردان به شیوه بر مبنای مدل و خارهای پراکنده (برنامه ریزی خطی) که توسط نرم‌افزار Hampson Russell انجام می‌گیرد، استفاده شده است. نتایج این دو روش در شکل‌های (۹) و (۱۰) مشاهده می‌شود.



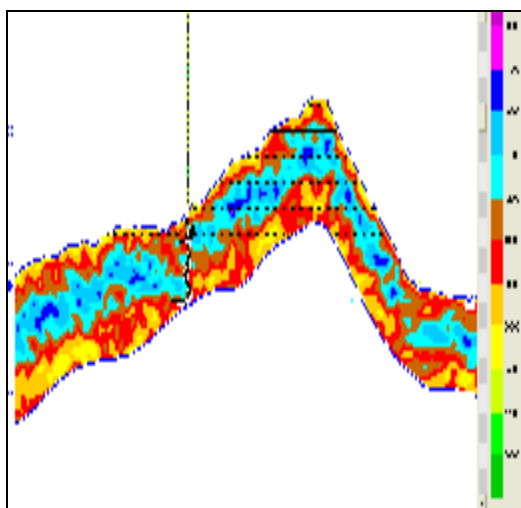
شکل ۶: انطباق نگاشت مصنوعی حاصل از موجک به دست آمده از روش اسفاده از داده‌های چاه با نگاشت لرزه‌ای.



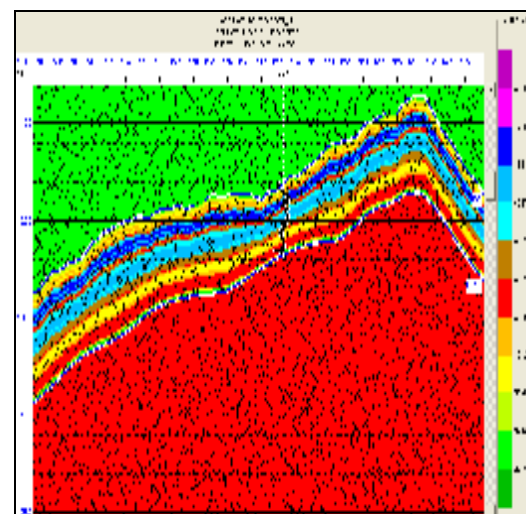
شکل ۹: مقطع امپدانس خط لرزه‌ای ۷۶۴۲۴ به شیوه بر مبنای مدل.



شکل ۷: موجک استخراجی، از بالا به پایین به ترتیب: شکل موجک در بعد زمان، دامنه موجک در بعد فرکانس و فاز آن.



شکل ۱۰: مقطع امپدانس خط لرزه‌ای ۷۶۴۲۴ به شیوه خارهای پراکنده.

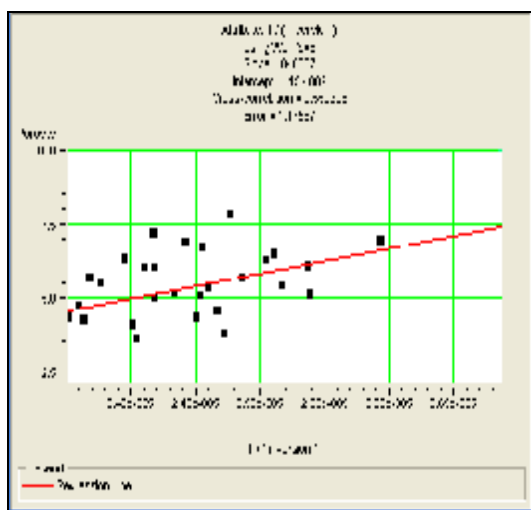


شکل ۸: مدل اولیه مربوط به مقطع لرزه‌نگاری ۷۶۴۲۴.

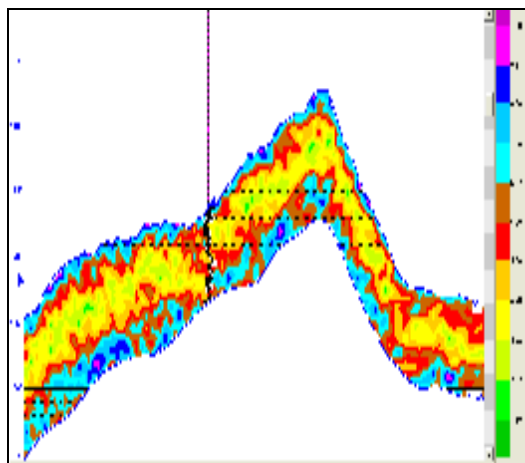
می باشد.

Time	Amplitude	Phase	Frequency
0.000	0.000	0.000	0.000
0.001	0.001	0.001	0.001
0.002	0.002	0.002	0.002
0.003	0.003	0.003	0.003
0.004	0.004	0.004	0.004
0.005	0.005	0.005	0.005
0.006	0.006	0.006	0.006
0.007	0.007	0.007	0.007
0.008	0.008	0.008	0.008
0.009	0.009	0.009	0.009
0.010	0.010	0.010	0.010

شکل ۱۱: لیست ضرایب مختلف همبستگی بین امیدانس و نگار تخلخل.



شکل ۱۲: نمودار رگرسیون تخلخل با معکوس امیدانس.



شکل ۱۳: مقطع تخمینی تخلخل.

همان طور که مشخص است، لایه‌بندی منظمی در مقطع شکل (۹) دیده نمی‌شود، در صورتی که در شکل (۱۰) که نتیجه به دست آمده از روش خارهای پراکنده به شیوه برنامه‌ریزی خطی نرم  $L_1$  بوده، به نسبت بلوک هائی از امیدانس قابل مشاهده است. این موضوع به علت حساسیت بیشتر روش بر مبنای مدل به مدل اولیه و به دنبال آن تعداد چاه است. این بدان معنا است که وجود بیشتر تعداد چاه باعث بهبود مدل اولیه و نتیجه برگردان به شیوه بر مبنای مدل می‌شود.

مکان چاه و نگار امیدانس در این اشکال قابل مشاهده‌اند. نگار امیدانس به طور تقریبی با مقطع به دست آمده هم خوانی دارد. طبق مطالعات مغزه، شکستگی‌ها در قسمت بالایی و زیرین مخزن واقع شده‌اند و قسمت میانی مخزن به طور کامل متراکم و بدون شکستگی است. قسمت میانی شکل (۱۰) یک بلوک امیدانس بالا را نشان می‌دهد که در نتیجه با مطالعات مغزه همخوانی دارد.

### محاسبه تخلخل

امیدانس صوتی، یک ارتباط قوی با تخلخل دارد و به عنوان یک مشخصه مفید برای توصیف مخزن قلمداد می‌شود. در این قسمت با استفاده از مقطع امیدانس به دست آمده از روش خارهای پراکنده و ایجاد یک رگرسیون خطی با داده‌های نگار تخلخل چاه، می‌توان به نقشه تخمینی تخلخل دست یافت. به منظور نائل شدن به این مهم باید مراحل زیر انجام گیرد.

۱. وارد کردن نگار تخلخل چاه؛
  ۲. وارد کردن داده‌های لرزه‌ای و امیدانس صوتی به عنوان یک مشخصه؛
  ۳. انجام رگرسیون بین روابط مختلف تخلخل و امیدانس صوتی؛
  ۴. تعمیم نتایج رگرسیون به کل مقطع لرزه‌ای.
- در قسمت سوم، رگرسیون روابط مختلف تخلخل و امیدانس صوتی مورد آزمایش قرار می‌گیرد و آن رابطه‌ای که تطابق بیشتر و خطای کمتری حاصل کند در عملیات رگرسیون خطی شرکت خواهد کرد. شکل (۱۱) لیست ضرایب مختلف همبستگی این روابط را نشان می‌دهد و در شکل (۱۲) نمودار رگرسیون آورده شده است. همان طور که مشخص است، بالاترین ضریب همبستگی را تخلخل با معکوس امیدانس داشته است که میزان آن ۵۵٪

میدان گازی سراجه و تخمین مقطع تخلخل است. بر اساس نتایج به دست آمده از برگردان، کیفیت سنگ مخزن از نظر تخلخل، ضعیف ارزیابی شده و قسمت میانی مخزن تخلخل پایین تری دارد که دلیل آن می تواند وجود شکستگی ها در قسمت بالایی و پایینی مخزن باشد و قسمت میانی مخزن کاملاً متراکم و بدون شکستگی است. اهمیت لزوم بالا بودن وضوح مقطع لرزه‌ای برای یک عمل برگردان بهینه، طبق نتایج به دست آمده کاملاً مشهود است. همچنین برای استخراج بهتر موجک لرزه‌ای و بهتر شدن کیفیت مدل اولیه و به دنبال آن کیفیت نتایج برگردان، نیاز به تعداد بیشتری چاه با نگار صوتی و چگالی ضروری به نظر می‌رسد.

در مرحله آخر نتایج حاصل شده از رگرسیون به کل مقطع لرزه‌ای تعمیم داده می‌شود و در نهایت مقطع تخمینی تخلخل به دست می‌آید. مقطع تخمینی تخلخل در شکل (۱۳) نشان داده شده است.

بر اساس نتایج به دست آمده، همان طور که در شکل مشخص است، کیفیت سنگ مخزن از نظر تخلخل، ضعیف ارزیابی می‌شود. قسمت میانی مخزن تخلخل پایین تری دارد که دلیل آن می تواند وجود شکستگی‌ها در قسمت بالایی و پایینی مخزن باشد و قسمت میانی مخزن به طور کامل متراکم و بدون شکستگی است.

### بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مطالعه، برگردان داده‌های لرزه‌ای

### مراجع

- 1 - Cooke, D. A. and Schneider, W. A. (1983). "Generalized linear inversion of reflection seismic data." *Geophysics*, Vol. 48, PP. 665-676.
- 2 - Hampson-Russell Ltd (1999). *The theory of strata program*, Hampson-Russell Ltd.
- 3 - Hampson, D. and Galbraith, M. (1981). "Wavelet extraction by sonic log correlation." *J. Can. Soc. Expl. Geophys.*, Vol. 17, No. 01, PP. 24-42.
- 4 - Ida Herawati, (2001). *The use of time-lapse p-wave impedance inversion to a CO<sub>2</sub> flood*, M.Sc, thesis. Colorado School of Mines.
- 5 - Oldenburg, D. W., Scheuer, T. and Levy, S. (1983). "Recovery of the acoustic impedance from reflection seismograms." *Geophysics*, Vol. 48, PP. 1318-1337.

### واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 - Sparse spike
- 2- Model base
- 3 - Generalized linear Inversion
- 4 - Geography & morphology
- 5 - Vertical seismic profile