

## ساخت و بهینه سازی لرزه نگاشت مصنوعی با استفاده از سری داده های واقعی در یکی از میادین نفتی واقع در جنوب غرب ایران

سید وحید زارع<sup>۱</sup>، دکتر مجید نبی بید هندی<sup>۲</sup> و دکتر بهرام عکاشه<sup>۳</sup>

### چکیده

در این مقاله سعی شده که بطور دقیق مراحل طی شده که در طی ساخت یک لرزه نگاشت مصنوعی مورد استفاده قرار می گیرد تشریح شده و عواملی که به هر طریق بر روی ساخت یک لرزه نگاشت تاثیر گذار بوده شناسایی و اثرات مربوط به آن تعدیل و یا تصحیح گردد. خطاهای محیطی و دستگاهی و عدم تخمین صحیح موجک و اختلاف محتوای فرکانسی اطلاعات چاه و داده های لرزه ای از جمله این عوامل می باشند. با انجام تصحیحات و دقت در تهیه لرزه نگاشت مصنوعی، بدون دخالت در داده های اصلی از طریق کشش و فشارش لرزه نگاشت مصنوعی، به دست آوردن همبستگی بالا بین لرزه نگاشت مصنوعی و رد لرزه در محل چاه امکان پذیر است. در این مطالعه از یک سری داده های واقعی مربوط به یکی از میادین جنوب غربی ایران بهره گرفته شد.

کلید واژه ها: لرزه نگاشت مصنوعی، نگار چگالی و صوتی، چک شات، کالیبراسیون، موجک، ضریب همبستگی

## Generate and optimizing Synthetic seismogram, a case study from an oil field, SW of Iran.

Seyed Vahid Zare, Dr. Majid Nabi-Bidhendi and Dr. Bahram Akashe

### Abstract

In this paper we tried to describe all required steps which are needed to generate an optimized synthetic seismogram, and identifying all the issues which can affect the results in any way, and adjusting them by performing relevant corrections. Conditional and instrumental problems and lack of a well estimated wavelet and difference in frequency contains of seismic and well data set, are some of these issues. By applying required corrections and consideration on generating synthetic seismogram, without making use of squeezing and extension of synthetic seismogram, a good correlation between real and synthetic seismogram is accessible. In this study a real data set of an oil field in south west of Iran was used.

**Keywords:** synthetic seismogram, density and sonic log, check shot, calibration, wavelet, correlation coefficient

<sup>1</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران [vahidzare\\_student@yahoo.com](mailto:vahidzare_student@yahoo.com)

<sup>2</sup> - عضو هیئت علمی مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

<sup>3</sup> - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد تهران شمال

#### مقدمه:

ابتدا با اعمال موجک اولیه، لرزه نگاشت مصنوعی محاسبه می شود. این نگاشت با نگاشت لرزه ای در محل یا مجاورت چاه مطابقت داده شده و اگر خطا زیاد باشد، موجک را تغییر داده و این عمل را تا زمانی که تطابق مطلوبی بین نگاشت مصنوعی و لرزه ای ایجاد نگردیده ادامه می دهد. معمولاً بدلیل بازتابهای تکراری، خطا در تبدیل عمق، تغییرات جزئی ضرایب بازتاب در داخل لایه های زمین به علت ناهمگنی مواد موجود در آن و برخورد غیر نرمال موج به لایه ها تطابق کاملی بین نگاشت مصنوعی و نگاشت لرزه ای حاصل نمی شود. بنابراین بهتر است که ابتدا برای تطابق بهتر، دامنه غالب موجک را از طریق آماری بدست آورده و در موجک مذکور اعمال نماییم. این روش کاملترین و بهترین روش تخمین موجک لرزه ای می باشد که کاربرد صنعتی دارد (همپسون و گالبرایت، ۱۹۸۱). در این روش محتوای فاز موجک را می توان بازیابی نمود.

#### مدل همامیخت زمین و ساخت لرزه نگاشت

##### مصنوعی

یک ردلرزه حاصل همامیخت پاسخ آنی زمین (توالی بازتاب پذیری زمین) و موجک لرزه ای به علاوه نوفه می باشد. این مطلب در رابطه (۱) نشان داده شده است.

$$X(t) = W(t) * e(t) + n(t) \quad (1)$$

پارامترهای عنوان شده در رابطه فوق به شرح زیر می باشند.

$X(t)$ : رد لرزه ای ثبت شده

$W(t)$ : موجک لرزه ای

$e(t)$ : توالی بازتاب پذیری زمین

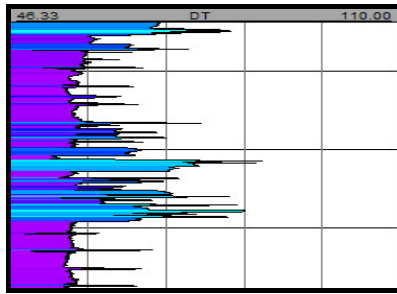
$n(t)$ : نوفه

بطور کلی از داده های نگار صوتی و چگالی و داده های لرزه ای درون چاهی به منظور ساخت نگار مقاومت صوتی و سری ضرایب بازتاب استفاده و از همامیخت آن با موجک مناسب، لرزه نگاشت مصنوعی ایجاد می گردد.

لرزه نگاشت مصنوعی به همراه اطلاعات پتروفیزیکی و زمین شناسی کمک شایانی به تعیین افق های مختلف بر روی مقاطع لرزه ای می نماید. از لرزه نگاشت مصنوعی می توان برای انطباق داده های لرزه ای با داده های چاه بهره جست (لاین و یولریچ ۱۹۷۷)، همچنین مسئله تخمین موجک و ساخت لرزه نگاشت مصنوعی در قلب هر پروژه برگردان لرزه ای قرار دارد که استخراج پارامترهای مربوطه ارزیابی کیفیت مخزن را تحت تاثیر قرار می دهد (دانلیسون و کارلسون ۱۹۸۴). از موارد مهم استفاده لرزه نگاشت مصنوعی میتوان به شناسایی هویت بازتابندگی لایه های زمین شناسی اشاره کرد. همچنین این اطلاعات نشانگر این مسئله می باشند که آیا مخزن قابلیت مشاهده شدن را دارا می باشد یا خیر؟ در غیر اینصورت جهت بررسی پارامترهای مخزنی باید صرفاً به داده های چاهی مراجعه کنیم. لرزه نگاشت های مصنوعی در تشخیص بازتاب های واقعی از بازتاب های تکراری بسیار مفید بوده و در تفسیر رویدادهای لرزه ای که تحت تاثیر همکوکی واقع شده اند نقش مؤثری را ایفا می کنند.

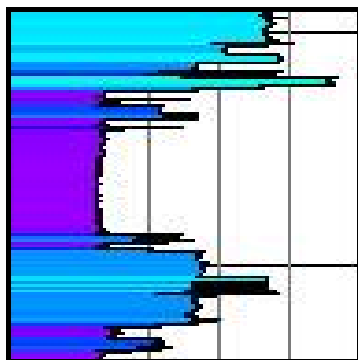
#### موجک لرزه ای و تخمین آن

موجک بسته ای از انرژی است که از چشمه منشأ گرفته و در زمین منتشر می گردد. نشانگرهای کلیدی آن دامنه، فرکانس و فاز می باشند. یک موجک لرزه ای بوسیله شکل و محتوای طیفی (طیف فاز و دامنه) تعریف می شود. موجک ها بر اساس طیف فاز به سه دسته کلی تقسیم می شوند، که عبارتند از موجک مینیمم فاز، موجک با فاز صفر و موجک غیر مینیمم فاز که شامل موجک ماکزیمم فاز و فاز مختلط می باشد. بر اساس نوع اطلاعات در دسترس روش های مختلفی جهت تخمین موجک لرزه ای وجود دارد (لاین و یولریچ ۱۹۷۷)، که عمده ترین آن ها شامل روش آماری و تخمین موجک با استفاده از داده های لرزه ای- نگارهای چاهپیمایی می باشد. در روش آماری با میانگین گیری، طیف دامنه موجک از ردلرزه واقعی بدست می آید. در روش دوم



شکل ۱: اثر پرش چرخه ای در میدان مورد مطالعه

تصحیح این نوع بی هنجاری با اعمال یک عملگر حذف اسپایک با بازه عمقی فیلترینگ مناسب صورت می گیرد. در این روش در طول عمق فیلترینگ، مقدار میانگین اندازه گیری شده و مقدار انحراف معیار برای هر نمونه محاسبه می گردد و مقادیری که دارای انحراف معیار استاندارد فاحشی باشند (اسپایک ها) شناسایی و حذف می گردند (شکل ۲). مقدار انحراف معیار بطور اختیاری با بررسی داده ها انتخاب میگردد.



شکل ۲: اعمال عملگر حذف اسپایک و تصحیح اثر پرش چرخه ای

### - کشیدگی $\Delta t$

این ناهنجاری بر خلاف پرش های چرخه ای که بصورت تکرار پذیر می باشند، خود را بصورت اسپایک های مجزا و بی مقدمه نشان می دهد. تصحیح آن با اعمال یک تابع حذف اسپایک نظیر آنچه که در تصحیح مربوط به پرش چرخه ای بکار برده شد صورت می گیرد.

### ضریب همبستگی

مقایسه لرزه نگاشت ایجاد شده و رد لرزه واقعی، از محاسبه میزان همبستگی بین ردلرزه مرکب  $(X)$  و لرزه نگاشت مصنوعی  $(S)$  صورت می گیرد. این پارامتر در حین بهینه سازی و تطابق لرزه نگاشت مصنوعی با داده های واقعی بسیار کمک کننده می باشد (رابطه ۲).

$$C = \frac{\sum_{j=1}^N x_j s_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^N x_j^2 \sum_{j=1}^N s_j^2}} \quad (2)$$

### داده های مورد استفاده در این مطالعه

در انجام پژوهش مربوطه در میدان مورد نظر مجموع اطلاعات زیر بکار گرفته شد.

۱- نگار صوتی و چگالی در چاه مورد نظر

۲- داده لرزه ای درون چاهی (VSP).

۳- یک مکعب لرزه ای مهاجرت یافته پس از

برانبارش.

### کنترل کیفیت داده های نگار

در اولین گام برای افزایش ضریب همبستگی باید نگارهای مورد بحث، از نظر وقوع خطاهای احتمالی مورد بررسی قرار گیرند. اندازه گیری هایی که احتمالاً در شرایط نامطلوبی صورت گرفته و مبین خواص واقعی سازند نیستند را می توان تصحیح و یا حذف نمود. در اینجا به ذکر چنین مواردی می پردازیم.

### کنترل کیفی داده های نگار صوتی

#### - پرش چرخه ای

پرش چرخه ای پیک ها جداگانه ای از مقادیر  $\Delta t$  عموماً بالا ایجاد می کند که تقریباً با مضرب هایی از ۱۰ میکروثانیه بر فوت باعث افزایش مقدار حقیقی نگار می شوند. شکل (۱) نمونه ای از این بی هنجاری را در میدان مورد مطالعه نشان می دهد.

$$TTI = \sum_{i=1}^N t_i - \sum_{i=1}^N \frac{\Delta t \left( \frac{\mu s}{ft} \right)}{X_i (ft)} \quad (4)$$

TTI: زمان سیر یکپارچه صوتی

$\Delta t$ : کندی یا زمان گذر بازه ای بر حسب میکرو ثانیه

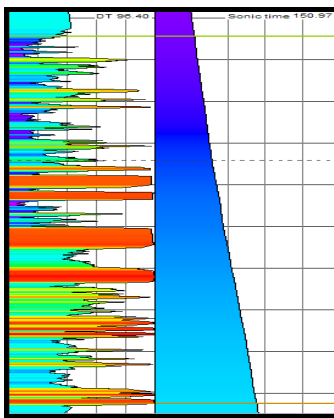
بر فوت

$l_i$ : زمان عبور موج در بازه عمقی مورد اندازه گیری

$X_i$ : ضخامت بازه عمقی مورد بررسی

شکل (۳) زمان سیر یکپارچه محاسبه شده در میدان

مورد نظر را نشان می دهد.



شکل ۳: محاسبه زمان سیر یکپارچه (راست) با استفاده از نگار

صوتی (چپ)

## کالیبراسیون نگار صوتی و برداشت لرزه ای

### درون چاهی

هدف از انجام این پروسه تعدیل زمان سیر یکپارچه توسط داده های لرزه ای درون چاهی می باشد. اهمیت اعمال تصحیحات بر روی داده های چاه بدین خاطر است که در فرایند تخمین موجک و همچنین محاسبه ضرایب بازتاب از داده های نگار، خطاهای مربوط به تبدیل نگارها از حوضه عمق به زمان بر روی نتایج حاصل تاثیر گذارند (لاین و تریتل ۱۹۹۱). بدلیل اختلافات موجود در بین زمان های سیر بدست آمده از نگار صوتی و برداشت های لرزه ای درون چاهی کالیبراسیون داده های موجود امری ضروری بنظر می رسد. بنابراین برای دستیابی به سرعت بهینه، نگار صوتی می بایستی، با توجه به چک شات یا VSP کالیبره گردد (بویر و ماری، ۱۹۹۷). شکل (۴)

### - قرائت مقدار اندک $\Delta t$

این اثر بصورت پیک های جداگانه غیر عادی معمولاً پایینی از  $\Delta t$  دیده می شود که تکرار پذیر نمی باشند. این اثر می تواند به آسانی با اعمال عملگرهای هموارسازی و یا حذف اسپایک برداشته شود.

### - تصحیح انحراف چاه

در چاه های انحرافی و جهت دار نگار صوتی بایستی بر اساس زمان سیر قائم تصحیح شود. برای محاسبه فاصله قائم باید مقدار عمق اندازه گیری (MD) را در کسینوسی زاویه انحراف ( $\theta$ ) ضرب کرد (رابطه ۳). این باعث می شود که مقدار فاصله عمقی قائم را برای هر اندازه گیری داشته باشیم.

$$TVD = MD \times \cos \theta \quad (3)$$

### کنترل کیفی داده های نگار چگالی

بطور کلی مقاومت صوتی بیشتر تحت تأثیر سرعت قرار می گیرد تا دانسیته سنگ، از طرفی چون ارتباط چگالی و سرعت از یک رابطه تقریباً خطی تبعیت می کند بر این اساس حساسیت بر روی داده های نگار چگالی کمتر بوده و حتی می توان مقادیر آن را از نگار صوتی با استفاده از معادله گاردنر بدست آورد.

### یکپارچه سازی زمان های نگار صوتی

پس از اعمال تصحیحات لازم، زمان گذر بازه ای می تواند به عنوان تابعی از عمق نسبت به سطح مبنا برای بدست آوردن زمان سیر یکپارچه قائم مورد محاسبه قرار گیرد (رابطه ۴). در این مرحله پس از تعیین سطح مبنا و در صورت لزوم اضافه کردن مقدار ثابت زمانی مشخص  $t_0$  (فاصله زمانی از سطح مبنا تا نگار) به بالای نگار صوتی، مقادیر زمان های گذر بازه ای مربوط به تمامی بازه های اندازه گیری شده در امتداد قائم با هم جمع می شوند و مقدار بدست آمده بصورت تابعی از عمق نسبت به سطح مبنا نمایش داده می شود که به آن زمان سیر یکپارچه (Integrated Transit Time) می گویند.

بطور کلی در بررسی منحنی رانه با سه حالت مواجه هستیم:

- شیب منحنی منفی: زمانی که شیب منفی است می‌گوییم که رانه منفی داریم. این یعنی زمان حاصل از نگار صوتی در بین مرز زون‌ها بیشتر از زمان بدست آمده از لرزه است. در غالب موارد، دریافت منفی مشاهده می‌شود. این مشاهده به راحتی قابل توضیح بوده و می‌تواند به یکی از پدیده‌ها نظیر کشیدگی  $\Delta t$ ، پرش‌های چرخه‌ای، دگرسانی سازند، قطر زیاد چاه و نوفه مربوط باشد.

- شیب منحنی مثبت: رانه مثبت را می‌توان به یکی از پدیده‌های زیر مرتبط دانست (استرایک ۱۹۷۱، پیریت و همکاران ۱۹۸۰).

۱- نوفه

۲- کشیدگی  $\Delta t$  بصورت منفی و پرش‌های چرخه‌ای

۳- سازندی که  $\Delta t$  آن بیشتر از گل است.

۴- وارون شدگی سرعت در نزدیکی چاه. به عنوان مثال می‌توان سازند های گاز دار که بوسیله فیلتره گل آغشته شده اند را نام برد.

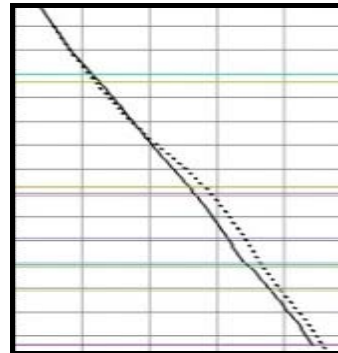
۵- شیب‌های زیاد نسبت به چاه، در این مورد موج صوتی ممکن است به جای حرکت در امتداد چاه در طول مسیرهای منکسر شده حرکت کرده و باعث کمتر شدن  $\Delta t$  شود.

۶- سرعت‌های وابسته به فرکانس؛ سرعت صوت تابع فرکانس است. بنابراین سرعت نگار صوتی باید سریعتر از چک‌شات باشد.

- شیب منحنی صفر: زمانی که هیچ اختلافی بین زمان سیر یکپارچه و زمان سیر موج لرزه‌ای وجود نداشته باشد.

شیب‌های مختلف در منحنی رانه توسط زانو‌هایی از هم جدا می‌شوند که این زانو‌ها معمولاً بر محل تغییر لیتولوژی، شرایط چاه و ویژگی نگار صوتی منطبق می‌باشند.

بخوبی اختلافات موجود بین زمان‌های سیر یکپارچه محاسبه شده از نگار صوتی و زمان‌های سیر امواج لرزه‌ای درون چاهی (VSP) را نشان می‌دهد.



شکل ۴: نمودار زمان سیر یکپارچه صوتی (بصورت نقطه چین) و زمان سیر موج لرزه‌ای درون چاهی (بصورت خط ممتد)

### محاسبه رانه (Drift)

در هر عمقی که داده‌های شوت کنترل و یا VSP موجود است از اختلاف آن با زمان سیر یکپارچه صوتی یک رانه محاسبه می‌شود (رابطه ۵) که نمایانگر اختلافات موجود در بین زمان‌های سیر این دو سری داده‌ای در عمق‌های مورد نظر می‌باشد.

$$D = OWT_{(vsp, chsh)} - TTI \quad (5)$$

OWT: زمان سیر یک طرفه قائم در برداشت لرزه‌ای درون چاهی (چک‌شات و یا VSP)  
TTI: زمان سیر یکپارچه در نگار صوتی  
D: رانه

### منحنی رانه (Drift Curve)

از اتصال نقاط رانه بدست آمده در هر عمق منحنی رانه حاصل می‌شود (شکل ۵)، که در آن شیب خطوط مذکور گرادیان رانه را نشان می‌دهد.



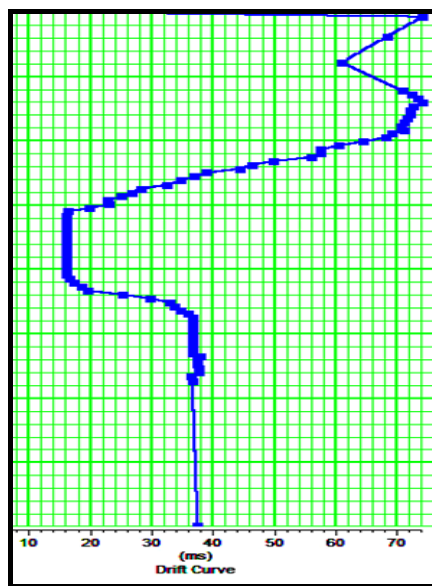
شکل ۵: رانه بدست آمده (راست) از اختلاف زمان‌های سیر امواج لرزه‌ای و صوتی در میدان مورد مطالعه

## منحنی های درون یابی شده رانه

برای تعدیل نوسانات شدید رانه از منحنی های درون یابی شده ای از بین نقاط رانه استفاده می شود که در اصطلاح صنعتی و علمی به آن منحنی جفت شده (Fit Curve) می گویند. از این منحنی جهت اعمال تصحیح رانه استفاده می شود. بطور کلی بین دو عمق، تفاوت دررفت ها مقدار زمانی را به ما میدهد که برای تصحیح باید بر نگار صوتی اعمال شود. به این ترتیب می توان نگار صوتی را تعدیل نمود ولی این روش پیشنهاد نمی گردد، زیرا این کار می تواند اثر نامطلوبی داشته باشد و بهتر است که از منحنی درون یابی دررفت استفاده شود (گوتز و همکاران، ۱۹۷۹). منحنی های درون یابی سه دسته اند که هر یک روش متفاوتی را در ارتباط با درون یابی از بین نقاط رانه دنبال می کنند. این روش ها به شرح ذیل می باشند.

### ۱- منحنی درون یابی خطی

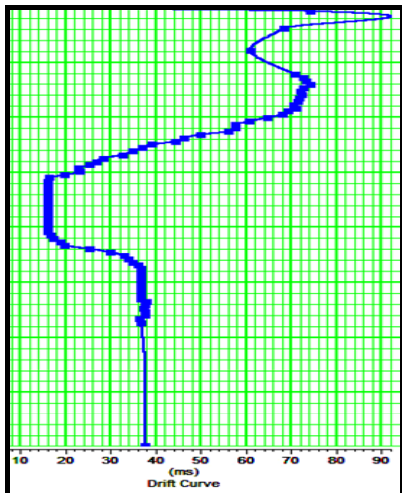
این منحنی از اتصال دقیق و خطی بین نقاط رانه تهیه می گردد. این منحنی درون یابی دقیقاً با منحنی رانه اصلی معادل و از روش یکسانی محاسبه می گردند. شکل (۶) منحنی درون یابی شده با استفاده از این روش را در میدان مورد مطالعه نشان می دهد.



شکل ۶: منحنی جفت شدگی رانه بر پایه درون یابی خطی در میدان مورد مطالعه

### ۲- منحنی درون یابی Spline

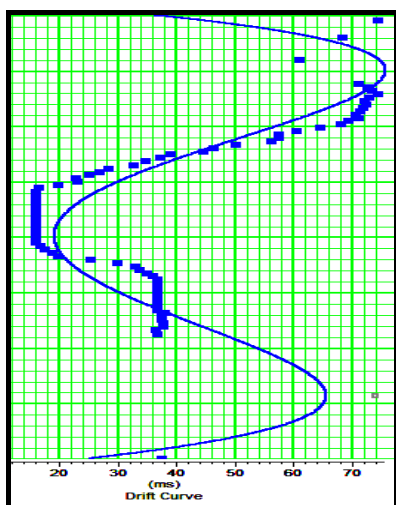
در این روش از خطوط منحنی جهت اتصال نقاط رانه استفاده می گردد. و محل عبور منحنی ترسیمی حتماً از روی نقاط رانه صورت می گیرد (شکل ۷).



شکل ۷: منحنی جفت شدگی بر پایه درون یابی Spline در میدان مورد مطالعه

### ۳- منحنی درون یابی Polynomial

در این روش منحنی لزوماً از محل نقاط رانه عبور نمی کند و منحنی ترسیمی در مسیری بین نقاط رانه درون یابی می گردد. درون یابی با استفاده از این روش باید طوری صورت گیرد که منحنی حاصله بهترین پوشش را در بین نقاط رانه داشته باشد (شکل ۸).



شکل ۸: منحنی جفت شدگی بر پایه درون یابی Polynomial در میدان مورد مطالعه

### تبدیل نگارها از حوضه عمق به زمان

به محض تصحیح نگار صوتی، زمان سیر یکپارچه بدست آمده می تواند جهت محاسبه رابطه زمان در برابر عمق مورد استفاده قرار گیرد. این مسئله به ما اجازه می دهد که نگار صوتی و سایر انواع نگارها (نگار چگالی) را به مقاطعی به عنوان تابعی از زمان تبدیل کنیم.

### محاسبه نگار مقاومت صوتی

در واقع حاصلضرب چگالی ( $\rho$ ) در سرعت موج فشارشی ( $v_p$ ) را در هر لایه زمین، مقاومت صوتی در نظر می گیریم و آن را با  $Z$  نمایش می دهیم که بصورت رابطه (۶) بیان می گردد (راسل ۱۹۹۸). بر این اساس با داشتن نگارهای صوتی و چگالی به راحتی می توان نگار مقاومت صوتی در چاه مورد نظر را بدست آورد. مقاومت صوتی اتصالی طبیعی بین داده های لرزه ای و داده های نگار می باشد.

$$Z = \rho \cdot v_p \quad (6)$$

شکل (۱۰) نگار مقاومت صوتی بدست آمده در میدان مورد مطالعه را نشان می دهد.

### سری ضرایب بازتاب

اگر موج بطور عمودی به فصل مشترک دو لایه برخورد نماید، ضریب بازتاب آن را می توان به صورت زیر نوشت.

$$R_c = \frac{Z_{i+1} - Z_i}{Z_{i+1} + Z_i} \quad (7)$$

که در آن  $R_c$  ضریب بازتاب است و مقدار تغییرات آن از -۱ تا +۱ می باشد. سری ضرایب بازتاب با داشتن مقادیر مقاومت صوتی براحتی قابل محاسبه می باشد. بر اساس رابطه (۷) ضریب بازتاب در میدان مورد مطالعه محاسبه گردید (شکل ۱۰).

انتخاب روش درون یابی مناسب جهت محاسبه منحنی جفت شدگی بر پایه تجربه و این نکته استوار است که منحنی حاصله ضمن اینکه بایستی بتواند نوسانات رانه را تعدیل کند، باید ظاهری منطقی و هموار داشته و در عین حال بهترین پوشش را در بین نقاط رانه ایجاد کند.

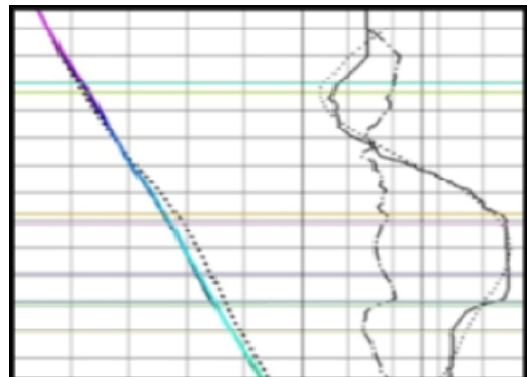
نهایتاً منحنی رانه جفت شده بدست آمده جهت اعمال تصحیح رانه مورد استفاده قرار می گیرد. شکل (۹) منحنی جفت شدگی مورد استفاده در میدان مورد مطالعه را که از روش Polynomial بدست آمد نشان می دهد.

### منحنی رانه باقی مانده (Residual Drift)

به منحنی که از اختلاف منحنی جفت شدگی و منحنی اولیه رانه حاصل می گردد منحنی باقی مانده رانه گفته می شود. این منحنی نمایانگر مقادیری از رانه است که در اعمال تصحیح منظور نگردیده اند. این منحنی در بررسی صحت منحنی جفت شدگی اهمیت دارد و نباید بگونه ای باشد که مقادیر زیادی از رانه در اعمال تصحیح بکار گرفته نشده باشند (شکل ۹).

### تصحیح نگار صوتی با برداشت چک شات

این تصحیح توسط توزیع دوباره افت ها و تقویت ها در زمان در بین بازه هایی که توسط زانوهای منحنی رانه محدود می شوند، انجام می شود. شکل (۹) زمان سیر یکپارچه تصحیح شده توسط منحنی رانه را در میدان مورد مطالعه نشان می دهد.



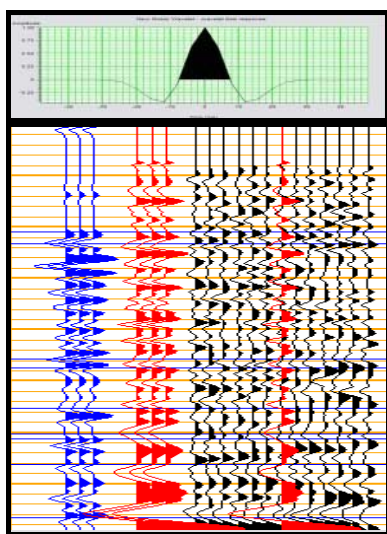
شکل ۹: تصحیح رانه در میدان مورد مطالعه (چپ، خط ضخیم).

منحنی جفت شده رانه (راست، نقطه چین)، رانه باقی مانده

(راست، خط چین)



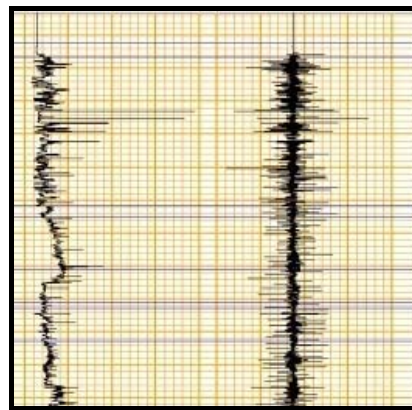
موجک مینیم فاز و فاز صفر و یا با جابجایی فاز موجک انتخابی بیشترین ضریب همبستگی را در بین داده های موجود ایجاد نمود. بدین وسیله یک ایده از فاز موجک حاصل می گردد. در اینجا موجک ریکر فاز صفر (شکل ۱۱) همبستگی بالاتری را نسبت به موجک مینیم فاز و یا هر فاز دیگری ایجاد می نمود. همچنین در روش استخراج موجک با استفاده از داده های لرزه ای-نگارهای چاهپیمایی می توانیم محتوای فازی موجک را بازیابی کنیم این مسئله در مراحل بعدی استخراج موجک مورد بحث قرار می گیرد.



شکل ۱۱: موجک ریکر فاز صفر و لرزه نگاشت مصنوعی مربوطه (چپ)، همبستگی ۳۴ درصد.

### تعیین فرکانس غالب و بهبود موجک ریکر

برای بررسی صحت عملکرد باید موجک ریکر بهینه گردد. بدین وسیله با اعمال فرکانس غالب از طیف دامنه موجک بدست آمده به روش آماری (شکل ۱۶)، موجک ریکر بهبود بخشیده می شود. در این حالت بایستی ضریب همبستگی افزایش قابل توجهی را نشان دهد. در این پروژه فرکانس غالب با توجه به موجک آماری استخراج شده چیزی در حدود ۲۰ هرتز بدست آمد. لرزه نگاشت بدست آمده از موجک بهینه با ضریب همبستگی ۴۴٪ پارامتر فاز موجک چشمه را در فاز صفر درجه تأیید می نمود. از همین فرکانس غالب بدست آمده (۲۰ هرتز) در مراحل بعدی استخراج موجک استفاده گردید.



شکل ۱۰: مقاومت صوتی (چپ) و ضرایب بازتاب بدست آمده (راست) در میدان مورد مطالعه

### ساخت رد لرزه مرکب (composite trace)

از مقایسه لرزه نگاشت ایجاد شده و رد لرزه واقعی، در هر بار تغییر پارامترهای مربوط به لرزه نگاشت مصنوعی، می توان نتیجه حاصل را با محاسبه ضریب همبستگی بین لرزه نگاشت واقعی و مصنوعی بررسی کرد. بدین منظور بایستی از رد لرزه ای که نمایانگر رویدادهای واقعی بوده و در نزدیکی چاه واقع شده و حتی الامکان از نوفه پایینی برخوردار می باشد استفاده نمود. این عمل با میانگین گیری از رد لرزه های واقع در حول چاه تا یک فاصله انتخابی معین صورت می گیرد. به رد لرزه بدست آمده، رد لرزه مرکب می گویند. نکته قابل توجه اینست که باید در انتخاب فاصله جهت محاسبه رد لرزه مرکب خصوصاً در لایه های شیب دار دقت نمود. افزایش فاصله در چنین شرایطی کاهش همبستگی را به همراه خواهد داشت. در این بخش از مطالعه از ۳ رد لرزه مجاور چاه در بررسی میدانی استفاده گردید.

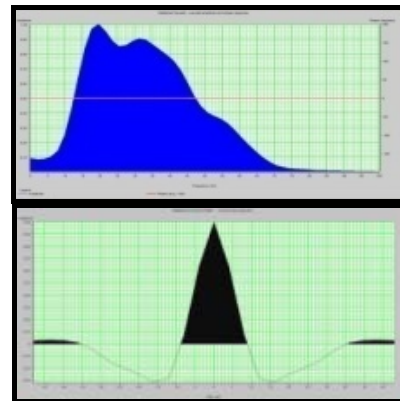
### تعیین فاز موجک

به منظور تعیین فاز موجک می توان از موجک هایی که شکل مشخصی دارند (موجک ریکر) استفاده کرد. انتخاب موجک ریکر بهینه از طریق روش آزمون خطا با تغییر فاز، فرکانس غالب و زمان موجک صورت می گیرد. در اینجا طول ۱۰۰ میلی ثانیه برای موجک در نظر گرفته شد. برای تعیین فاز موجک ابتدا می توان با انتخاب

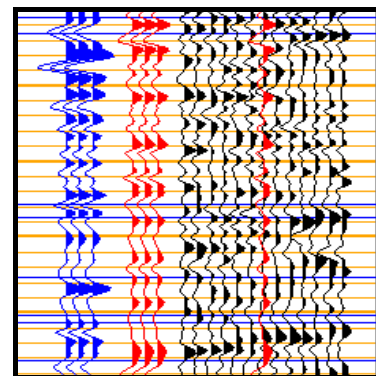


## استخراج موجک به روش آماری

در این مرحله همانطور که قبلاً هم گفته شد برای بازیابی محتوای طیفی دامنه و فرکانس غالب موجک دست به استخراج موجک به روش آماری می‌زنیم. در این مرحله یک موجک آماری فاز صفر استخراج گردید. در شکل (۱۲) دامنه و طیف موجک استخراج شده به روش آماری نشان داده شده است. در نهایت از موجک آماری استخراج شده جهت ساخت لرزه نگاشت مصنوعی استفاده گردید، به این لرزه نگاشت گاهاً لرزه نگاشت اولیه نیز گفته می‌شود. میزان همبستگی با استفاده از این موجک ۴۸٪ درصد بدست آمد (شکل ۱۳). فرکانس غالب موجک با توجه به موجک بدست آمده چیزی در حدود ۲۰ هرتز اندازه گیری شد.



شکل ۱۲: دامنه (پایین) و طیف موجک (بالا) استخراج شده به روش آماری

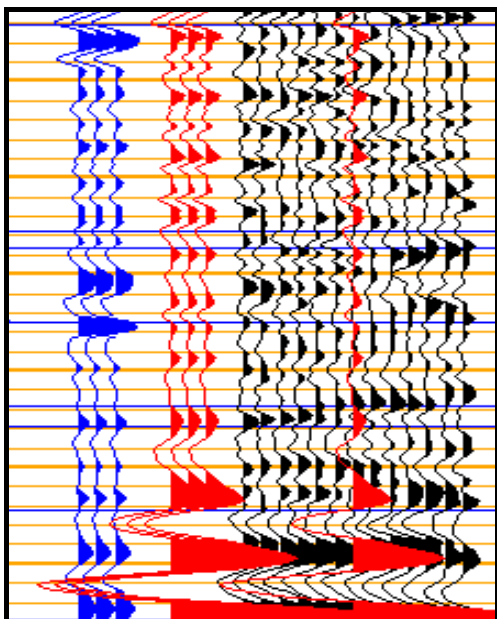


شکل ۱۳: لرزه نگاشت اولیه (چپ) بدست آمده از موجک آماری، همبستگی ۴۸٪

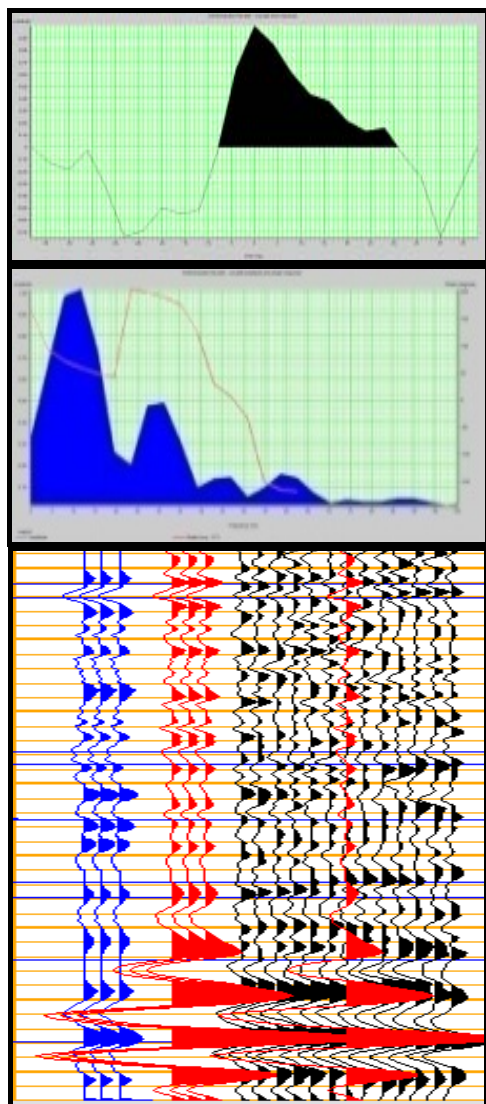
## جابجایی کپه ای (Bulk Shift)

همیشه یک مقدار جابجایی بین لرزه نگاشت مصنوعی و رد لرزه ای در محل چاه وجود دارد. بنابراین اعمال یک

جابجایی امری موجه و مستدل است. مناسب ترین راه برای حل این مشکل انجام جابجایی کپه ای می باشد. بهترین زمان برای انجام جابجایی کپه ای، پس از استخراج موجک به طریقه آماری می باشد. به این ترتیب در هنگام استخراج موجک از داده های لرزه ای-نگار های چاهپیمایی نتیجه حاصل از اطمینان بیشتری برخوردار خواهد بود. این کار ترجیحاً یک بار و در همین مرحله صورت می گیرد. انجام کشش و فشارش در انطباق لرزه نگاشت ممکن است تاثیر بسزایی بر روی همبستگی ایجاد شده داشته باشد ولی بی ملاحظگی در آن به شدت بر روی داده های نگار صوتی و نگار های متعاقب آن (مقاوت صوتی و ضریب بازتاب) تاثیر گذاشته و بگونه ای دستکاری داده های نگار محسوب می شود. بنابراین حتی المقدور بایستی به انجام یک جابجایی کپه ای اکتفا کرد. در نهایت لرزه نگاشتی که پس از طی مراحل ذکر شده به دست می آید مطابقت بسیار خوبی با رد مرکب لرزه ای در محل چاه دارد، به طوری که تک تک فراز و فرودهای موجود بین این دو رد با هم تناظر یک به یک دارند. لرزه نگاشت تهیه شده در میدان مورد مطالعه پس از اعمال جابجایی کپه ای با ضریب همبستگی ۶۷ درصد همراه بود (شکل ۱۴).



شکل ۱۴: لرزه نگاشت مصنوعی پس از انجام جابجایی کپه ای، همبستگی ۶۷٪



شکل ۱۵: موجک نهایی بدست آمده از اطلاعات چاهی و لرزه ای؛ دامنه (بالا)، طیف موجک (وسط) و لرزه نگاشت مصنوعی بدست آمده (پایین، ردلرزه چپ)، ضریب همبستگی ۸۲٪

### بلوکی کردن نگار

می دانیم که قدرت تفکیک داده های لرزه ای و چاه نگاری با هم متفاوت است. از این رو وقتی که می خواهیم از داده های نگار برای ساخت لرزه نگاشت مصنوعی استفاده کنیم، می توانیم با انجام میانگین گیری نگار را به بلوک هایی که مقدارشان در فواصل معینی (مثلاً ۱۰ متر) ثابت است تبدیل کنیم. در این پژوهش میزان همبستگی بعد از مرحله بلوکی کردن نگارها از ۸۲ درصد به ۸۶ درصد ارتقا یافت (شکل ۱۶). از لرزه نگاشت بلوکی شده تنها برای تفسیر افق های لرزه ای می توان

### بهبود رد لرزه مرکب

در این مرحله قبل از استخراج موجک نهایی بر اساس اطلاعات چاه و داده های لرزه ای، بایستی ردلرزه مرکب را با تغییر پارامتر های مربوط به آن بهینه سازی نمود تا بدین وسیله همبستگی بالاتری بین داده ها ایجاد گردد. بدین منظور از ۷ رد لرزه در مجاورت چاه جهت محاسبه رد لرزه مرکب استفاده گردید که با افزایش ضریب همبستگی (۷۲٪ در برابر ۶۷٪) همراه بود. از همین پارامتر (عدد ۷ برای رد لرزه مرکب) جهت محاسبه موجک با استفاده از داده های لرزه ای - نگارهای چاهپیمایی بهره گرفته شد تا بدین وسیله موجک مناسب تری حاصل گردد.

### تخمین موجک از داده های لرزه ای - نگارهای

#### چاه پیمایی

در استخراج موجک به این روش بایستی پنجره زمانی آنالیز را دقیقاً طوری تنظیم کنیم که محدوده افق های مورد بررسی را در بر گیرد و اطلاعات لاگ ها در آنجا از کیفیت مطلوبی برخوردار باشند این مسئله به شدت بر روی نتیجه حاصله تأثیر مثبتی می گذارد. برای انجام انطباق از پارامتر رد لرزه مرکب بهینه (۷ ردلرزه مجاور چاه) و فرکانس غالب ۲۰ هرتز استفاده گردید. نهایتاً موجک لرزه ای نهایی با استفاده از این روش بدست آمد (شکل ۱۵). لرزه نگاشت مربوط به این موجک از ضریب همبستگی بسیار خوبی در حدود ۸۲٪ برخوردار بود (شکل ۱۸). نتایج حاصل از این مرحله فاز تخمینی موجک را به عنوان فاز صفر تایید نمود و موجک حاصل از این مرحله هیچ چرخش فازی را نشان نمی داد، و لرزه نگاشت مصنوعی در فاز صفر بیشترین همبستگی را با داده لرزه ای واقعی نشان می داد.

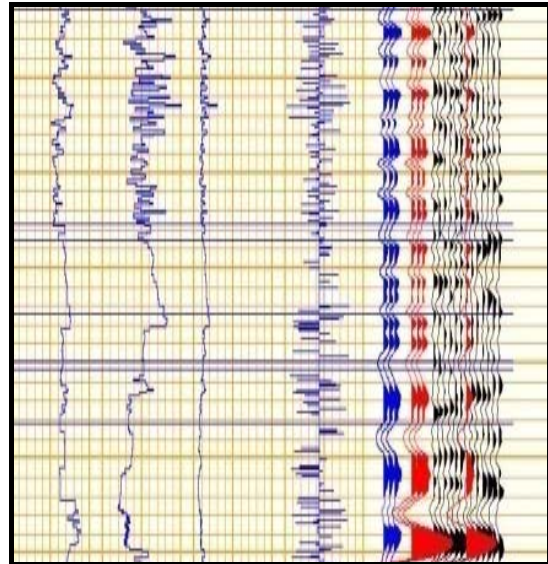
که پارامترهای مربوط به آن در جدول زیر ارائه شده است.

پارامترهای موجک تخمینی نهایی	
فاز	۰ درجه
دامنه غالب	۲۰ هرتز
طول موجک	۱۰۰ میلی ثانیه

## References

- Boyer, S., Mari, J., 1997, *Seismic surveying and well logging*, Editions Technip, Paris.
- Brian H. Russell, 1998, *Introduction to seismic inversion methods course notes series*, Vol:2, SEG.
- Danielsen, V., and Karlsoon T.V., 1984, *Extraction of signatures from seismic and well data*, First Break, 2, 15-22.
- Gotez, J.F., Dupal, L., And Bowler, J., 1979, *An investigation into discrepancies between sonic log and seismic check shot velocities*, APEA Journal, Vol.19.
- Hampson, D., and Galberaith, M., 1981, *Wavelet extraction by sonic log correlation*, Journal of the CSEG, 17, 24-42.
- Lines, L.R., and Teritel, S., 1991, *A review of least-squares inversion and its application to geophysical problems*, Geophy. Prosp., 32, 159-186.
- Lines, L.R., and Ulrych T. J., 1977, *The old and the new in seismic deconvolution and wavelet estimation*, Geophysical Prospecting, 25, 512-540.
- Peyret, O., And Mons, F., 1980, *Sonic versus seismic velocities, Positive Drift Study, Recording Frequency Effect*.

استفاده کرد. استفاده از این روش در عملیات برگردان سازی لرزه ای توصیه نمی گردد چرا که بخش های مفیدی از اطلاعات با بلوکی سازی نگارها از دست می روند.



شکل ۱۶: لرزه نگاشت بدست آمده پس از بلوکی کردن نگارها (میزان همبستگی ۸۶٪)

## نتیجه گیری

با انجام تصحیحات و دقت در تهیه لرزه نگاشت مصنوعی، بدون دخالت در داده های اصلی از طریق کشش و فشارش لرزه نگاشت مصنوعی، به دست آوردن همبستگی بالا بین لرزه نگاشت ساختگی و رد لرزه ای در محل چاه امکان پذیر است. ساخت رد لرزه مرکب تأثیر نوفه در داده های لرزه ای را با میانگین گیری از رد لرزه های مجاور هم در فاصله تعیین شده کاهش می دهد. مرحله ای که در طی ساخت یک لرزه نگاشت مصنوعی بیان گردید، شامل ویرایش نگارها، کالیبراسیون نگارها، استخراج موجک ریکر و آماری، ساخت لرزه نگاشت مصنوعی خام، بهینه سازی موجک ریکر، استخراج موجک با استفاده از داده های لرزه ای- نگارهای چاهپیمایی، بلوکی کردن نگارها و جابجایی کپه ای می باشند. موجک نهایی در میدان مورد مطالعه با استفاده از داده های لرزه ای- نگارهای چاهپیمایی تخمین زده شد

- 
- Strick, E., 1971, *An explanation of observed time discrepancies between continuous and conventional well velocity survey*, Geophysics, Vol.36, pp.285-295.
  - IIEES Research Bulletin, Vol, 4, NO. 2 & 3, summer and autumn 2001
  - IIEES Research Bulletin, Vol, 5, NO. 1, Spring 2003
  - IIEES Research Bulletin, Vol, 5, NO. 4, Winter 2003
  - 
  - IIEES Research Bulletin, Vol, 8, NO. 2,3 Summer and Autumn 2005
  - IIEES Research Bulletin, Vol, 9, NO. 1, Spring 2006
  - IIEES Research Bulletin, Vol, 9, NO. 2, Summer 2006
  - [www.iiees.ac.ir](http://www.iiees.ac.ir)
  - [www.bhrc.ac.ir](http://www.bhrc.ac.ir)