





دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک  
گروه نفت و ژئوفیزیک

برآورد توزیع فاکتور کیفیت در افق مخزن با استفاده از داده‌های لرزه‌ای سطحی، لرزه‌نگاری  
درون‌چاهی و نگارهای چاه

دانشجو: زهرا داتلی بیگی

اساتید راهنما:

دکتر مهرداد سلیمانی منفرد

دکتر امین روشندل کاهو

اساتید مشاور:

دکتر سید حسام‌الدین کاظمینی

مهندس احمد گیمدیل

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ماه ۱۳۹۴

شماره: ۹۴/۶۳۰/۱۵۶۴  
تاریخ: ۹۴/۶/۳۰  
ویرایش:

باسمه تعالی



فرم شماره (۶)

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم زهرا داتلی بیگی به شماره دانشجویی ۹۱۲۵۶۴۴ رشته ژئوفیزیک گرایش لرزه شناسی تحت عنوان برآورد توزیع فاکتور کیفیت در افق مخزن با استفاده از داده‌های لرزه‌ای سطحی، لرزه‌نگاری درون چاهی و نگارهای چاه که در تاریخ ۹۴/۶/۳۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

<input type="checkbox"/> قبول (با درجه: بسیار ممتاز (۱۸))	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input type="checkbox"/> مردود
---	------------------------------------	--------------------------------

۱- عالی (۲۰-۱۹)      ۲- بسیار خوب (۹۹-۱۸/۱۸)

۳- خوب (۹۹-۱۷/۱۶)      ۴- قابل قبول (۹۹-۱۵/۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	مهرداد سلیمانی	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم	امین روشندل کاهو	استادیار	
۳- استاد مشاور	سید حسام الدین کاظمینی	استادیار	—
۴- استاد مشاور	احمد گیمدیل	مربی	—
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	آرزو عابدی	استادیار	
۴- استاد ممتحن	ایرج پیروز	استادیار	
۵- استاد ممتحن	بهزاد تخم چی	دانشیار	

رئیس دانشکده:

تقدیم بہ

ہمہ کسانی کہ سخطہ ای بعد انسانی و وجدانی خود را فراموش نمی کنند و بر آستان

کران سنگ انسانیت سرفرومی آورند و انسان را با ہمہ تفاوت ایشان ارج

می نهند.

## تشکر و قدردانی

حمد و سپاس مخصوص خداوندی است که اسما خویش را بر عالم هستی عرضه داشت و از لطف بیکرانش قدرت تفکر و تعقل را به انسان ارزانی داشت تا او به واسطه‌ی اشتغال به اوصاف و اسماء الهی در زمره ذاکران حقیقی باشد و قرآن و پیامبرانش را چراغ راه هدایت بشریت به سوی کمال قرار داد.

با سپاس از شهیدانی که از خویش گذشتند تا چراغ انسانیت افروخته باشد.

با سپاس فراوان از خانواده گرامیم پدر و مادر، همسر، خواهر و برادران عزیزم که در لحظه لحظه‌های زندگی راهنما و یاورم هستند.

از راهنمایی‌های بی دریغ اساتید بزرگوارم جناب آقایان دکتر مهرداد سلیمانی، دکتر امین روشندل کاهو و دکتر سید حسام الدین کاظمینی نهایت سپاسگذاری را می‌نمایم که اندیشیدن را به من آموختند نه اندیشه را....

همچنین از همکاری جناب آقای مهندس احمد گیمدیل سپاسگزارم و برای همه این عزیزان از خداوند منان عمری پربرکت و سعادت‌مندی را خواستارم.

## تعهد نامه

اینجانب زهرا داتلی بیگی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک گرایش لرزه‌شناسی دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه برآورد توزیع فاکتور کیفیت در آفق مخزن یا استفاده از داده‌های لرزه‌ای سطحی- لرزهنگاری درون‌چاهی و نگاره‌های چاه تحت راهنمایی دکتر مهرداد سلیمانی منفرد و دکتر امین روشندل گاهو متعهد می‌شوم.

- تعقیبات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و امانت برخوردار است.
- در آینده از طریق بایوسایان محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای منافع هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج یا نام « دانشگاه شاهرود » و یا « Shahrood University » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به « دست آندان نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بقایای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.

تاریخ ۱۳۹۷/۲/۳۰  
امضای دانشجو  
زهرا داتلی بیگی

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مجلات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مقاله در نشر علمی مرتبط با رشته علمی مربوطه ذکر شود.

## چکیده

دامنه امواج لرزه‌ای با عبور از لایه‌های زمین دچار تضعیف می‌شود. فاکتور کیفیت، پارامتر توصیف این تضعیف است که به عنوان نشانگر حضور هیدروکربور و شکستگی در مخزن می‌باشد. در این مطالعه، هدف بررسی توزیع فاکتور کیفیت در مخزن آسماری یکی از میادین جنوب غرب ایران می‌باشد. به منظور محاسبه نگار فاکتور کیفیت در هر چاه، از روش نسبت طیفی با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری درون چاهی، که روشی متداول در محاسبه این پارامتر می‌باشد، استفاده شده است. البته به دلیل این که معمولاً در میادین نفتی به دلیل هزینه‌های بالا، داده لرزه‌نگاری درون چاهی در تعداد چاه‌های کمی برداشت می‌شود استفاده از روشی دیگر که داده‌های آن جهت محاسبه فاکتور کیفیت در دسترس باشد از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این مطالعه نگار فاکتور کیفیت در یکی از چاه‌ها با استفاده از روش تصحیح زمان تاخیر که از داده‌های لرزه‌ای سطحی، نگار صوتی و داده چکش‌شات استفاده می‌کند محاسبه شده است. برای ارزیابی روش تصحیح زمان تاخیر، نگار فاکتور کیفیت آن با نگار فاکتور کیفیت روش نسبت طیفی مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که روند تغییرات هر دو نمودار تا حد زیادی مشابه می‌باشد.

در مرحله بعد با استفاده از روش رگرسیون گام‌به‌گام، توزیع فاکتور کیفیت در مخزن آسماری تخمین زده شده است. نتایج حاصل همبستگی متقابل ۹۰/۹۲ درصد و خطای تخمین ۲/۴۶ درصد را نشان داد. به منظور بهبود توزیع فاکتور کیفیت، نتایج مرحله قبل به عنوان نشانگر خارجی استفاده شد و مراحل تکرار گردید. در این مرحله میزان همبستگی متقابل ۹۱/۰۴ درصد و خطای تخمین ۲/۰۶ درصد تعیین شد.

کلمات کلیدی: فاکتور کیفیت، لرزه‌نگاری درون چاهی، روش نسبت طیفی، روش تصحیح زمان تاخیر، نشانگرهای لرزه‌ای، مخزن آسماری، روش‌های چندنشانگری

## فهرست

۱.....	فصل اول کلیات.....
۲.....	۱-۱ مقدمه.....
۳.....	۲-۱ تاریخچه مطالعات.....
۴.....	۱-۲-۱ محاسبه فاکتور کیفیت از داده‌های لرزه‌نگاری درون‌چاهی.....
۵.....	۲-۲-۱ محاسبه فاکتور کیفیت از نگارهای چاه.....
۶.....	۳-۲-۱ تخمین پارامترهای پتروفیزیکی مخزن از روش‌های چندنشاندگی.....
۷.....	۳-۱ اهداف و روش تحقیق.....
۸.....	۴-۱ اهمیت و ضرورت تحقیق و نوآوری آن.....
۹.....	۵-۱ ساختار پایان‌نامه.....
۱۱.....	فصل دوم تئوری محاسبه فاکتور کیفیت از داده‌های درون‌چاهی.....
۱۲.....	۱-۲ مقدمه.....
۱۲.....	۲-۲ داده‌های لرزه‌نگاری درون‌چاهی.....
۱۴.....	۳-۲ فاکتور کیفیت ( $Q$ ).....
۱۵.....	۴-۲ روش‌های مختلف محاسبه فاکتور کیفیت از داده‌های $VSP$ .....
۱۵.....	۱-۴-۲ روش کاهش دامنه.....
۱۶.....	۲-۴-۲ روش سیگنال تحلیلی.....
۱۷.....	۲-۴-۳ روش نسبت طیفی.....
۱۹.....	۵-۲ محاسبه فاکتور کیفیت از نگارهای چاه‌پیمایی.....
۲۱.....	۱-۵-۲ محاسبه زمان تاخیر.....
۲۲.....	۲-۵-۲ محاسبه فرکانس گوشه ( $\omega_1$ ).....
۲۲.....	۳-۵-۲ فرکانس غالب نگار صوتی ( $\omega_2$ ).....
۲۳.....	فصل سوم تبدیل چندنشاندگی.....
۲۴.....	۱-۳ مقدمه.....



۲۴.....	۲-۳ نشانگرهای لرزه‌ای
۲۵.....	۳-۳ دسته‌بندی نشانگرها
۲۶.....	۱-۳-۳ طبقه‌بندی بر اساس داده لرزه‌ای ورودی
۲۶.....	۲-۳-۳ طبقه‌بندی بر اساس ویژگی‌های محاسباتی
۲۷.....	۳-۳-۳ طبقه‌بندی بر اساس ارتباط با زمین‌شناسی
۲۷.....	۴-۳-۳ طبقه‌بندی بر اساس بازتاب از لایه یا عبور از لایه
۲۸.....	۴-۳ ترکیب نشانگرها
۲۸.....	۱-۴-۳ بیان نکاتی در مورد ترکیب چند نشانگر
۳۰.....	۲-۴-۳ رگرسیون خطی چندنشانگری
۳۴.....	۵-۳ انتخاب بهترین ترکیب از نشانگرها
۳۴.....	۱-۵-۳ رگرسیون گام‌به‌گام
۳۶.....	۲-۵-۳ اعتبارسنجی متقابل
۳۹.....	<b>فصل چهارم زمین‌شناسی میدان مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده</b>
۴۰.....	۱-۴ مقدمه
۴۲.....	۲-۴ مخزن آسماری میدان مورد مطالعه
۴۳.....	۳-۴ داده‌های مورد استفاده
۴۶.....	۴-۴ وضعیت چاه‌های مورد استفاده
	<b>فصل پنجم محاسبه نگار فاکتور کیفیت و تخمین توزیع این فاکتور در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه</b>
۴۹.....	
۵۰.....	۱-۵ مقدمه
۵۱.....	۲-۵ نرم‌افزارهای استفاده شده
۵۲.....	۳-۵ محاسبه نگار فاکتور کیفیت از روش نسبت طیفی
۵۲.....	۱-۳-۵ پردازش داده‌های VSP
۵۵.....	۲-۳-۵ روش نسبت طیفی در نرم‌افزار MATLAB
۶۴.....	۴-۵ محاسبه نگار فاکتور کیفیت از روش تصحیح زمان تاخیر
۶۴.....	۱-۴-۵ محاسبه زمان تاخیری

۶۸.....	محاسبه فرکانس گوشه ( $\omega_1$ )	۲-۴-۵
۷۱.....	مقایسه نگارهای فاکتور کیفیت از روش تصحیح زمان تاخیر و نسبت طیفی	۳-۴-۵
۷۳.....	تخمین توزیع فاکتور کیفیت در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه	۵-۵
۷۳.....	فراخوانی داده‌ها	۱-۵-۵
۷۴.....	انطباق داده لرزه‌ای و نگارهای چاه‌پیمایی	۲-۵-۵
۷۶.....	تخمین توزیع فاکتور کیفیت در محدوده مخزن آسماری	۳-۵-۵
۹۳.....	فصل ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات	
۹۴.....	۱-۶ نتیجه‌گیری	
۹۵.....	۲-۶ پیشنهادات	
۹۷.....	منابع	

## فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۲) شکل شماتیکی از موج‌های پایین‌رونده، بالارونده و تکراری ..... ۱۲
- شکل (۲-۲) شکل شماتیکی از انواع برداشت‌های VSP، (A) برداشت با دورافت نزدیک، (B) برداشت با دورافت بلند، (C) برداشت در چاه انحرافی، (D) برداشت WALKAWAY ..... ۱۳
- شکل (۳-۲) منحنی طیف فرکانس، شروع افت فرکانس به عنوان  $\omega_1$  انتخاب شده است ..... ۲۲
- شکل (۱-۳) نگار هدف در سمت چپ و سه بردار نشانگر در سمت راست، نمونه‌های بر روی بردار نشانگر که به آن‌ها بردار نمونه گفته می‌شود با  $xj$ ، بردارهای نشانگر با  $ai$  و مقادیر بر روی نگار هدف را با  $lj$  نمایش داده شده است ..... ۲۹
- شکل (۲-۳) مقایسه بین نگار هدف (چپ) و نشانگر لرزه‌ای (راست) از نظر محتوای فرکانسی. این تفاوت در محتوای فرکانسی استفاده از عملگر هم‌میخت را برای حل این تفاوت پیشنهاد می‌کند ..... ۳۲
- شکل (۳-۳) مثالی از یک مورد با سه بردار نشانگر لرزه‌ای، هر نمونه از نگار هدف با یک ترکیب خطی از نمونه نشانگر در همان زمان مدل می‌شود ..... ۳۲
- شکل (۴-۳) استفاده از یک عملگر هم‌میخت ۵ نقطه‌ای در بردارهای نشانگر لرزه‌ای برای تخمین نگار هدف ..... ۳۳
- شکل (۵-۳) منحنی اعتبارسنجی، رسم خطای میانگین در برابر تعداد نشانگرها. منحنی بالا خطای اعتبارسنجی و منحنی پایین خطا در حالت استفاده از همه چاه‌ها است (نرم افزار همپسون \_ راسل) ..... ۳۷
- شکل (۱-۴) نقشه روباره رسوبی سازند آسماری میدان مورد مطالعه (نرم‌افزار RMS) که در آن بالآمدگی مرکزی و شرقی میدان نشان داده شده است. نام برخی چاه‌های میدان بر روی نقشه نشان داده شده است ..... ۴۱
- شکل (۲-۴) نقشه زیرزمینی سازند آسماری در میدان مورد مطالعه و نمایش مناطقی با حداکثر دگرشکلی ..... ۴۲
- شکل (۳-۴) نقشه هم‌تراکم شکستگی‌های سازند آسماری در چاه‌های میدان مورد مطالعه. فراوانی بالای شکستگی‌ها در منطقه خمش و یال جنوب غربی با حداکثر ۵۳۱ عدد مشخص شده است. نام برخی چاه‌های میدان بر روی نقشه نشان داده شده است ..... ۴۳
- شکل (۴-۴) نقشه زمانی سطح آسماری به همراه داده لرزه‌ای سه‌بعدی و موقعیت چاه‌ها با استفاده از نرم افزار پترل ..... ۴۷
- شکل (۵-۴) نقشه قرارگیری چاه‌ها در میدان بر حسب خط چشمه و خط‌گیرنده (HRS) ..... ۴۸
- شکل (۱-۵) نمایی از داده VSP چاه ۳۰۳ که در نرم افزار VISTA فراخوانی شده است ..... ۵۴
- شکل (۲-۵) نمایی کلی از اولین زمان‌رسیدهای پیک شده در چاه ۳۰۳، همانطور که مشاهده می‌شود این خط به

- صورت مورب می‌باشد ..... ۵۴
- شکل (۳-۵) نمایی نزدیک‌تر از اولین زمان‌رسیدهای بیک شده در چاه ۳۰۳ ..... ۵۴
- شکل (۴-۵) امواج پایین‌رونده که بر روی خط ۱۰۰ میلی‌ثانیه به خط شده‌اند (چاه ۳۰۳) ..... ۵۵
- شکل (۵-۵) شکل سمت راست پروفیل سرعت بازه ای (نمودار قرمز رنگ) و سرعت RMS (نمودار آبی رنگ) در اعماق مختلف چاه ۳۰۳، شکل سمت چپ نمودر زمان اولین‌رسیدها بر اساس عمق در چاه ۳۰۳ می‌باشد ..... ۵۵
- شکل (۶-۵) (A) نگار فاکتور کیفیت با استفاده از روش تجمعی در چاه ۳۰۳، (B) نگار فاکتور کیفیت از روش بازه‌ای در چاه ۳۰۳ ..... ۵۸
- شکل (۷-۵) نمودار زمان اولین‌رسیدهای انتخاب شده در چاه ۳۰۳ ..... ۵۹
- شکل (۸-۵) طول پنجره زمانی ردلرزه‌ها که از ۵۰ میلی‌ثانیه تا ۲۰۰ میلی‌ثانیه می‌باشد ..... ۵۹
- شکل (۹-۵) نمودار طیف دامنه ردلرزه اول به رنگ آبی و ردلرزه شصت و سوم به رنگ قرمز ..... ۶۰
- شکل (۱۰-۵) نمودار لگاریتم نسبت طیف دامنه ردلرزه اول به ردلرزه شصت و سوم که در بازه فرکانسی ۱۰ تا ۸۰ هرتر شیب خط به دست آمده است ..... ۶۰
- شکل (۱۱-۵) نمودارهای تضعیف تجمعی پنج چاه با استفاده از نرم‌افزار VISTA ..... ۶۱
- شکل (۱۲-۵) نمودارهای تضعیف تجمعی پنج چاه با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ..... ۶۴
- شکل (۱۳-۵) منحنی‌های طیف فرکانس در پنجره‌های زمانی مختلف مربوط به چاه ۳۰۳ ..... ۷۱
- شکل (۱۴-۵) سمت چپ منحنی فاکتور کیفیت از روش تصحیح زمان تاخیر و سمت راست منحنی فاکتور کیفیت از روش نسبت طیفی در محدوده مخزن در چاه ۳۰۳ (اعماق بر حسب ارتفاع از سطح دریا هستند) ..... ۷۲
- شکل (۱۵-۵) مقطع لرزه‌ای در خط گیرنده ۳۵۲۸ که محل چاه ۳۰۳ و افق‌های لرزه‌ای بر روی آن مشخص شده است ..... ۷۴
- شکل (۱۶-۵) مقطع مقاومت ظاهری صوتی در خط گیرنده ۳۵۲۸، محل چاه ۳۰۳ به همراه افق‌های لرزه‌ای بر روی آن مشخص شده است ..... ۷۴
- شکل (۱۷-۵) تصحیح چکشات بر روی نگار صوتی چاه ۳۰۳ ..... ۷۵
- شکل (۱۸-۵) همبستگی ایجاد شده بین داده لرزه‌ای و نگار صوتی. (A) نگار صوتی، (B) ردلرزه مصنوعی حاصل از نگار صوتی و چگالی در چاه ۳۰۳، (C) میانگین ردلرزه‌های واقعی، (D) ردلرزه‌های واقعی در اطراف چاه ۳۰۳، (E) نگار چگالی ..... ۷۶
- شکل (۱۹-۵) مقطع لرزه‌ای در خط گیرنده ۳۵۲۸. جابه‌جایی زمانی نگار صوتی در چاه ۳۰۳ به محل واقعی خود نشان داده شده است ..... ۷۶

- شکل (۲۰-۵) نمایشی از نگارهای فراخوانی شده در نرم افزار HRS. نگار قرمز رنگ، نگار فاکتور کیفیت محاسبه شده در هر چاه، نگار آبی رنگ، داده مقاومت ظاهری صوتی و رد لرزه مشکی رنگ نماینده داده لرزه‌ای ..... ۷۷
- شکل (۲۱-۵) نگار هدف (نگار فاکتور کیفیت) در سمت چپ، اسامی تعدادی از نشانگرهای حاصل از روش تبدیلات غیر خطی تک نشانگری به همراه میزان خطا و همبستگی هر نشانگر با فاکتور کیفیت ..... ۷۹
- شکل (۲۲-۵) لیست بهترین ترکیب از نشانگرها به روش رگرسیون گام‌به‌گام (از سمت چپ نگار هدف، اسامی نشانگرها، میزان خطا) ..... ۷۹
- شکل (۲۳-۵) نمودار انتخاب طول عملگر بهینه ..... ۸۱
- شکل (۲۴-۵) نمودار اعتبارسنجی متقابل به منظور تعیین تعداد نشانگرهای بهینه که نمودار قرمز خطای اعتبارسنجی و نمودار مشکی خطای آموزش می‌باشد ..... ۸۲
- شکل (۲۵-۵) نمودار میزان همبستگی داده‌های فاکتور کیفیت واقعی و فاکتور کیفیت به دست آمده در محل چاه‌ها ..... ۸۲
- شکل (۲۶-۵) نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده ( $Q_I$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_P$ ) در چاه ۲۹۶ که این میزان ۸۵٪ می‌باشد ..... ۸۳
- شکل (۲۷-۵) نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده ( $Q_I$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_P$ ) در چاه ۳۰۳ که این میزان ۸۱٪ می‌باشد ..... ۸۴
- شکل (۲۸-۵) نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده ( $Q_I$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_P$ ) در چاه ۳۹۵ که این میزان ۷۹٪ می‌باشد ..... ۸۴
- شکل (۲۹-۵) نقشه توزیع فاکتور کیفیت در افق ۱۰ میلی‌ثانیه پایین‌تر از راس آسماری ..... ۸۵
- شکل (۳۰-۵) نمایشی از نگارهای فراخوانی شده در مرحله تکرار. نگار قرمز رنگ، نگار فاکتور کیفیت محاسبه شده در هر چاه، نگار آبی رنگ، نگار فاکتور کیفیت تخمین زده شده در هر چاه که حاصل مرحله قبل می‌باشد و رد لرزه مشکی رنگ نماینده داده لرزه‌ای ..... ۸۶
- شکل (۳۱-۵) نگار هدف (نگار فاکتور کیفیت) در سمت چپ، اسامی تعدادی از نشانگرهای حاصل از روش تبدیلات غیر خطی تک نشانگری به همراه میزان خطا و همبستگی هر نشانگر با فاکتور کیفیت در مرحله تکرار ..... ۸۷
- شکل (۳۲-۵) لیست بهترین ترکیب از نشانگرها به روش رگرسیون گام‌به‌گام در مرحله تکرار (از سمت چپ نگار هدف، اسامی نشانگرها، میزان خطا) ..... ۸۷
- شکل (۳۳-۵) نمودار میزان همبستگی داده‌های فاکتور کیفیت واقعی و فاکتور کیفیت به دست آمده در محل چاه‌ها در مرحله تکرار ..... ۸۹

شکل (۳۴-۵) نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده در مرحله تکرار ( $Q_2$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_P$ ) در چاه ۲۹۶ که این میزان ۸۳٪ می‌باشد. .... ۸۹

شکل (۳۵-۵) نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده در مرحله تکرار ( $Q_2$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_P$ ) در چاه ۳۰۳ که این میزان ۸۳٪ می‌باشد. .... ۹۰

شکل (۳۶-۵) نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده در مرحله تکرار ( $Q_2$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_P$ ) در چاه ۳۹۵ که این میزان ۸۳٪ می‌باشد. .... ۹۰

شکل (۳۷-۵) نقشه توزیع فاکتور کیفیت در مرحله تکرار در افق ۱۰ میلی‌ثانیه پایین‌تر از راس آسماری..... ۹۱

شکل (۳۸-۵) مکعب داده لرزه‌ای در محدوده خط گیرنده ۲۴۴۰-۳۸۴۰ و خط چشمه ۶۳۰-۱۱۰۰ و در بازه زمانی ۱۰۰۰ تا ۲۸۰۰ میلی‌ثانیه..... ۹۲

شکل (۳۹-۵) مکعب توزیع فاکتور کیفیت در محدوده خط چشمه ۷۱۸-۱۰۹۹ و خط گیرنده ۲۴۴۰-۳۸۴۰ و در بازه زمانی ۱۰۰۰ تا ۲۸۰۰ میلی‌ثانیه (به سمت رنگ نارنجی فاکتور کیفیت افزایش می‌یابد)..... ۹۲

## فهرست جدول‌ها

- جدول (۱-۴) راس سازندهای مشاهده شده در چاه‌های میدان مورد مطالعه..... ۴۵
- جدول (۱-۵) مقادیر نگار صوتی و چکشات در محاسبه اولین زمان تاخیری در چاه ۳۰۳..... ۶۶
- جدول (۲-۵) مقادیر مربوط به محاسبه فرکانس گوشه..... ۶۹
- جدول (۳-۵) تعریف مختصری از نشانگرهای مورد استفاده..... ۸۰
- جدول (۴-۵) تعریف مختصری از نشانگرهای نهایی مورد استفاده..... ۸۸

## فهرست علائم و اختصارات

$Q$	فاکتور کیفیت
$f$	فرکانس
VSP	لرزه‌نگاری درون‌چاهی
$Q_p$	فاکتور کیفیت موج فشاری
$Q_s$	فاکتور کیفیت موج برشی
$V_p$	سرعت موج فشاری
$V_s$	سرعت موج برشی
PNN	شبکه عصبی احتمالی
RBFN	شبکه عصبی با تابع پایه شعاعی
GRNN	رگرسیون عمومی شبکه عصبی
$\alpha$	ضریب جذب
$\omega$	فرکانس زاویه‌ای غالب
$\phi(t)$	فاز لحظه‌ای
$a(t)$	دامنه لحظه‌ای
$\omega(t)$	فرکانس لحظه‌ای
$z$	عمق
$T$	زمان
$t_{delay}$	زمان تاخیری
$\omega_1$	فرکانس گوشه



$\omega_2$	.....	فرکانس غالب نگار صوتی
$t_p$	.....	زمان رسید موج فشارشی در نگار صوتی
$x_j$	.....	بردار نمونه
$a_i$	.....	بردار نشانگر
$l_j$	.....	مقادیر بر روی نگار هدف
As	.....	سازند آسماری
Gs	.....	سازند گچساران
RMS Velocity	.....	سرعت جذر میانگین مربعات
MD	.....	عمق قرارگیری گیرنده‌ها در درون چاه
MSL	.....	عمق گیرنده بر حسب سطح آزاد دریا
HRS	.....	نرم افزار همپسون-راسل
AI	.....	مقاومت ظاهری صوتی



# فصل اول

## کلیات

## ۱-۱ مقدمه

در حال حاضر عمر بیشتر مخازن کشور به مرز مرحله‌ی دوم تولید خود رسیده است. به همین دلیل لازم است از روش‌های نوین جهت ارزیابی مخازن بهره جست. بارزترین مزیت این گونه روش‌ها در ارزیابی مخازن، دقت بالا در به دست آوردن اطلاعات و هزینه اجرایی پایین می‌باشد. ژئوفیزیک اکتشافی و بویژه لرزه‌نگاری از اوایل قرن بیستم، خود را به عنوان ابزاری کارآمد در پی‌جویی و اکتشاف ذخایر نفت و گاز معرفی کرده است. اما به منظور توصیف دقیق و کمی از خصوصیات و ساختار مخزن برای بهره‌برداری از هیدروکربور برجا، نیاز به ترکیب داده‌های مختلف لرزه‌ای، چاه‌نگاری و زمین‌شناسی می‌باشد. در این تحقیق، با یافتن روابطی میان نشانگرهای لرزه‌ای و پارامتر فاکتور کیفیت<sup>۱</sup> در مخزن در مکان چاه‌ها، می‌توان توزیع این پارامتر را در سایر نقاطی که داده‌های حاصل از نگارهای چاه وجود ندارد با دقت بهتری به دست آورد.

فاکتور کیفیت یکی از روش‌های بیان تضعیف امواج لرزه‌ای می‌باشد. در اثر انتشار امواج لرزه‌ای در درون زمین این امواج دچار تضعیف می‌شوند. تعیین مکانیزم تضعیف در زمین مسئله‌ای بسیار مهم و از نظر تحلیل داده‌های لرزه‌ای بسیار با اهمیت است. این فاکتور را می‌توان به عنوان یک نشانگر حضور هیدروکربور در محیط در نظر گرفت. در واقع وجود گاز و شکستگی‌ها سبب افزایش تضعیف امواج لرزه‌ای و کاهش فاکتور کیفیت می‌شود. به منظور محاسبه فاکتور کیفیت با استفاده از داده‌های لرزه‌ای سطحی، محدودیت و عدم قطعیت زیادی وجود دارد، در حالی که امواج ثبت شده با روش لرزه‌نگاری درون‌چاهی<sup>۲</sup> (VSP) این مزیت را دارند که مسیر کوتاه‌تری را درون زمین طی می‌کنند و نسبت به داده‌های لرزه‌ای سطحی از بسامدهای زیادتری برخوردارند. همچنین داده‌های لرزه‌نگاری درون‌چاهی در مقایسه با داده‌های لرزه‌ای سطحی دارای نوفه و تضعیف کمتری هستند. در نتیجه بهتر است در برآورد فاکتور کیفیت از این داده‌ها استفاده کرد [۱]. همچنین فاکتور کیفیت را می‌توان با استفاده از

---

<sup>۱</sup> Quality factor

<sup>۲</sup> vertical seismic profiling (VSP)

نگارهای صوتی به صورت تجربی نیز به دست آورد. نگارهای صوتی نیز به دلیل اندازه‌گیری مستقیم از دقت بیشتری نسبت به داده‌های سطحی برخورداراند.

به دلیل هزینه بالای حفاری، امکان برداشت داده‌های لرزه‌نگاری درون‌چاهی و نگارهای صوتی با گستردگی جانبی داده‌های لرزه‌ای سطحی کمتر وجود دارد. لذا پیدا کردن روشی که بتوان با آن از گسترش جانبی داده‌های لرزه‌ای سطحی و دقت بالای داده‌های لرزه‌نگاری درون‌چاهی و نگار صوتی، فاکتور کیفیت را تخمین زد، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

از گذشته تا به امروز شاهد پیشرفت بسیاری در زمینه تلفیق و تفسیر داده‌های لرزه‌ای و پتروفیزیکی بوده‌ایم. در این زمینه به صورت گسترده از روش‌های زمین‌آماري و روش‌های چندنشاندگی برای توصیف و تخمین توزیع پارامترهای پتروفیزیکی در محدوده مخزن استفاده شده است [۷-۲]. در این مطالعه با استفاده از روش چندنشاندگی، مکعب فاکتور کیفیت در مخزن آسماری در یکی از میداین جنوب غرب ایران به دست آمده است.

## ۲-۱ تاریخچه مطالعات

تاکنون روش‌های گوناگونی برای برآورد فاکتور کیفیت از داده‌های لرزه‌ای سطحی و داده‌های VSP و نگارهای چاه توسعه یافته است. از بین داده‌های لرزه‌ای سطحی و داده‌های لرزه‌نگاری درون‌چاهی استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری درون‌چاهی به دلیل دارا بودن نوفه کمتر و طی کردن مسیر کوتاه‌تر موج در درون زمین ارجحیت دارد. از طرفی داده‌های لرزه‌ای سطحی در میدان دارای توزیع مکانی مناسب بوده اما تفکیک پذیری عمقی آنها کم است در حالی که داده‌های VSP و نگارهای چاه دارای پوشش منطقه‌ای و توزیع پراکنده در میدان بوده اما تفکیک پذیری عمقی مناسبی دارند. در نتیجه در این تحقیق با تلفیق داده‌های مذکور از روش‌های چندنشاندگی به منظور تخمین توزیع فاکتور کیفیت در میدان استفاده شده است. در این بخش به تفکیک موضوع، به مروری بر مطالعاتی که در گذشته انجام شده است پرداخته می‌شود.

## ۱-۲-۱ محاسبه فاکتور کیفیت از داده‌های لرزه‌نگاری درون‌چاهی

فاکتور کیفیت می‌تواند به عنوان یک پارامتر پتروفیزیکی و ژئوفیزیکی مورد استفاده قرار گیرد، اما با این حال به ندرت در صنعت از آن استفاده می‌شود [۸ و ۹]. تکسوز<sup>۱</sup> و همکاران [۱۰]، فاکتور کیفیت موج فشاری و برشی ( $Q_p$  و  $Q_s$ ) را از دو روش انتقال موجک و نسبت طیفی، برای سنگ‌های خشک، اشباع از آب و منجمد، محاسبه کردند و نتیجه گرفتند که در سنگ خشک  $Q_p$  کمی از  $Q_s$  کوچکتر است و در سنگ اشباع از آب،  $Q_p$  بزرگتر از  $Q_s$  است. جانسون<sup>۲</sup> و همکاران [۱۱]، روش مدلسازی موجک که یکی از روش‌های محاسبه فاکتور کیفیت می‌باشد را بر مبنای تفاوت زمان انتشار و رابطه پاشندگی بررسی کرده‌اند. انگل‌هارد<sup>۳</sup> و همکاران [۱۲]، جزئیات روش سیگنال تحلیلی را بیان کردند در این روش از دامنه و بسامد لحظه‌ای استفاده می‌شود. طی سال‌های بعد هاس<sup>۴</sup> و استوارت<sup>۵</sup> [۱۳]، نیز فاکتور کیفیت را با استفاده از این روش از داده‌های VSP به دست آوردند.

آمانسن<sup>۶</sup> و همکاران [۱۴]، با استفاده از داده‌های حاصل از برداشت VSP با دورافت کم سرعت فاز را به دست آوردند و سپس فاکتور کیفیت را از سرعت انتشار وابسته به فرکانس محاسبه کردند. د<sup>۷</sup> و همکاران [۱۵]، برای محاسبه فاکتور کیفیت از روش‌های نسبت طیفی و معادله پاشیدگی استفاده کردند. هاس و استوارت [۱۶]، آنیسیچ<sup>۸</sup> [۱۷]، باین<sup>۹</sup> و همکاران [۱۸]، فاکتور کیفیت را از روش نسبت طیفی محاسبه کردند. همچنین چنگ<sup>۱۰</sup> و مارگریو<sup>۱۱</sup> [۱۹]، با استفاده از روش نسبت طیفی مختلط فاکتور کیفیت را بر روی داده‌های مصنوعی به دست آوردند.

---

<sup>1</sup> Toksoz

<sup>2</sup> Jannsen

<sup>3</sup> Engelhard

<sup>4</sup> Haase

<sup>5</sup> Stewart

<sup>6</sup> Amundsen

<sup>7</sup> De

<sup>8</sup> Anicich

<sup>9</sup> Byun

<sup>10</sup> Cheng

<sup>11</sup> Margrave

زو<sup>۱</sup> و استوارت [۲۰]، فاکتور کیفیت را با استفاده از روش نسبت طیفی محاسبه کردند و در ادامه نسبت  $V_p/V_s$  را برای سه سازند زمین‌شناسی در میدان نفتی مورد مطالعه به دست آوردند. کاظمی و همکاران [۱]، با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری مقادیر فاکتور کیفیت را با روش نسبت طیفی به دست آوردند. همچنین به منظور مقایسه با مقادیر فاکتور کیفیت به دست آمده، نسبت  $V_p/V_s$  و نسبت پواسون در محدوده عمق‌های مورد نظر را تعیین کردند.

جنیدی و قاسم‌العسکری [۲۱]، با استفاده از دو روش افت دامنه و سیگنال تحلیلی فاکتور کیفیت را از داده‌های VSP به دست آوردند و ارتباط بین نسبت‌های  $V_p/V_s$  و  $Q_p/Q_s$  را نیز بررسی کردند. حاج ابراهیمی و همکاران [۲۲]، با استفاده از روش کاهش دامنه از داده‌های لرزه‌نگاری درون چاهی به دست آمده از مدل مرموزی<sup>۲</sup> با دورافت کم، فاکتور کیفیت را محاسبه کردند.

تن<sup>۳</sup> [۲۳]، با مقایسه بسیاری از روش‌های محاسبه فاکتور کیفیت، بیان می‌کند که اگر دامنه‌های واقعی در دسترس باشند، روش سیگنال تحلیلی نسبت به سایر روش‌ها برتری بیشتری دارد و اگر چنین نباشد روش نسبت طیفی مطلوب‌ترین روش می‌باشد. روش نسبت طیفی نسبت به سایر روش‌ها تاکنون مورد استفاده بیشتری قرار گرفته است.

### ۲-۲-۱ محاسبه فاکتور کیفیت از نگارهای چاه

در مطالعات محاسبه فاکتور کیفیت، کمتر به روش محاسبه از نگارهای چاه پرداخته شده است. استورات و همکاران [۲۴]، روشی را با نام تصحیح زمان گذر معرفی کردند که با استفاده از آن فاکتور کیفیت را از تفاوت بین زمان گذر لرزه‌ای و زمان به دست آمده از داده‌های چاه‌پیمایی به دست می‌آورند.

---

<sup>1</sup> Xu

<sup>2</sup> Marmousi Model

<sup>3</sup> Tonn

هاس و استوارت [۲۵]، فاکتور کیفیت موج فشارشی و برشی را با استفاده از روش نسبت طیفی، تصحیح زمان گذر، معادلات تجربی و مدلسازی کانولوشنی به دست آوردند. والز<sup>۱</sup> و همکاران [۲۶]، نیز با استفاده از نگارهای چاه‌پیمایی فاکتور کیفیت را به دست آوردند.

### ۱-۲-۳ تخمین پارامترهای پتروفیزیکی مخزن از روش‌های چندنشانیگری

تا اواخر دهه ۸۰ میلادی تنها از یک نشانگر لرزه‌ای برای تخمین نگارهای چاه استفاده می‌شد. این روش دقت مطلوبی در برآورد نگار هدف نداشت. از دهه ۱۹۹۰ میلادی استفاده همزمان از چند نشانگر آغاز شد که موجب افزایش قدرت برآورد نگارهای چاه گردید. شالتز و همکاران [۲]، رونن<sup>۲</sup> و همکاران [۲۷]، از اولین محققینی بودند که ایده استفاده از چند نشانگر را پیشنهاد دادند. آنها برای تخمین خصوصیات نگارها، استفاده از شبکه عصبی را پیشنهاد کردند. چاوس<sup>۳</sup> و همکاران [۲۸]، با استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای، نگار پرتو گاما طبیعی را از روش شبکه عصبی تخمین زدند. بالچ<sup>۴</sup> و همکاران [۲۹]، به منظور پیدا کردن بهترین لیست از نشانگرها از روش رتبه بندی فازی استفاده کردند و در ادامه از روش شبکه عصبی نگار تخلخل را تخمین زدند.

همپسون و همکاران [۵]، از روش رگرسیون چندگانه خطی<sup>۵</sup> بهترین لیست از نشانگرها را برای تخمین نگار تخلخل تهیه کردند و در ادامه نتایج تخمین توزیع تخلخل را از دو روش رگرسیون چندگانه خطی و شبکه عصبی احتمالی (PNN)<sup>۶</sup> با هم مقایسه کردند. ایشان نتیجه گرفتند که برای تولید نگار تخلخل روش PNN نتایج بهتری تولید می‌کند. همچنین لیفارت<sup>۷</sup> و هارت<sup>۸</sup> [۳۰]، نیز با مطالعه موردی بر روی کانال‌های ماسه سنگی در جنوب مکزیک، دو روش رگرسیون چندگانه خطی

---

<sup>1</sup> Walls

<sup>2</sup> Ronen

<sup>3</sup> Chawaths

<sup>4</sup> Balch

<sup>5</sup> Multi-linear regression

<sup>6</sup> probabilistic neural network

<sup>7</sup> Leiphart

<sup>8</sup> Hart



و شبکه عصبی احتمالی را با هم مقایسه کردند و به همین نتیجه رسیدند. راسل و همکاران [۳۱]، به منظور تخمین نگار تخلخل از نشانگرها، دو روش شبکه عصبی با تابع پایه شعاعی<sup>۱</sup> (RBFN) و رگرسیون عمومی شبکه عصبی<sup>۲</sup> (GRNN) را بر روی مطالعه موردی در منطقه کانال‌های ماسه سنگی آلبرتا استفاده کردند و نتیجه گرفتند که روش RBFN محتوای فرکانسی بالا و پیوستگی جانبی را بیشتر از روش GRNN در مقادیر لرزه‌ای سه بعدی نمایش می‌دهد و روش مطلوبی برای تخمین نگار تخلخل می‌باشد. همچنین راسل [۶]، با بررسی کامل روش‌های خطی و غیرخطی در روش‌های چندنشانگری برای تخمین تخلخل نتیجه گرفت که روش RBFN به عنوان روش مطلوب و مفیدی است. دورینگتون<sup>۳</sup> و لینک<sup>۴</sup> [۳۲]، به منظور تهیه بهترین فهرست از ترکیب نشانگرها برای تخمین تخلخل از روش الگوریتم ژنتیک استفاده کردند.

### ۳-۱ اهداف و روش تحقیق

هدف از این مطالعه، در مرحله اول مقایسه دو روش تخمین نگار فاکتور کیفیت از داده‌های لرزه‌نگاری درون چاهی و نگارهای چاه‌پیمایی می‌باشد و در مرحله دوم بررسی ارتباط بین پارامتر فاکتور کیفیت با نشانگرهای لرزه‌ای به منظور مدل‌سازی فاکتور کیفیت در مخزن می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق یکی از میادین جنوب غرب ایران می‌باشد که داده لرزه‌نگاری سه‌بعدی، لرزه‌نگاری درون چاهی، نگارهای چاه‌پیمایی و مکعب مقاومت ظاهری صوتی این میدان در اختیار قرار گرفته است.

بدین منظور در ابتدا نگار فاکتور کیفیت در مکان‌هایی که چاه وجود دارد از دو روش نسبت طیفی با استفاده از داده‌های VSP و رابطه تصحیح زمان گذر با استفاده از نگارهای صوتی و چکش‌شات<sup>۵</sup>

---

<sup>۱</sup> Radial basis function neural network

<sup>۲</sup> Generalized regression neural network

<sup>۳</sup> Dorrington

<sup>۴</sup> Linkz

<sup>۵</sup> Check shot

محاسبه و مقایسه می‌شود. در ادامه با بررسی ارتباط بین نگارهای فاکتور کیفیت چاه‌ها و نشانگرهای لرزه‌ای، لیست بهترین نشانگرها استخراج می‌گردد و سپس با استفاده از نتایج حاصل، فاکتور کیفیت در سراسر مخزن از روی داده‌های لرزه‌نگاری سه‌بعدی تخمین زده می‌شود. برای این منظور از روش رگرسیون خطی چندنشانگری استفاده شده است. در این مطالعه روش‌های شبکه عصبی تخمین مناسبی از فاکتور کیفیت ارائه نداد. در خاتمه پس از محاسبه و تخمین فاکتور کیفیت در مخزن، تفسیرهای لازم انجام می‌گیرد.

#### ۴-۱ اهمیت و ضرورت تحقیق و نوآوری آن

محاسبه فاکتور کیفیت در زمین از اهمیت زیادی برخوردار است چرا که با در نظر گرفتن این موضوع که کاهش دامنه موج لرزه‌ای (با دقت به این نکته که روش‌های بازیابی دامنه<sup>۱</sup> و فیلتر فاکتور کیفیت معکوس<sup>۲</sup> در مراحل پردازشی انجام گرفته است یا خیر) تنها ناشی از عوامل زمین‌شناسی می‌باشد، می‌توان تفسیرهایی در مورد زون‌های شکسته و وجود هیدروکربورها به خصوص گاز در مخازن ارائه داد. این عوامل زمین‌شناسی نظیر وجود گاز یا سیال در حفرات، سنگ‌شناسی، شکستگی‌ها و درز و شکاف‌های موجود در سنگ است. به همین دلیل فاکتور کیفیت به عنوان یک نشانگر حضور هیدروکربور و شکستگی در مخزن شناخته شده است.

همان‌طور که در تاریخچه مطالعات آورده شد محققین زیادی بر روی محاسبه نگار فاکتور کیفیت به خصوص از داده‌های VSP کار کرده‌اند. با این حال موضوعی که باعث تمایز این تحقیق با مطالعات پیشین می‌شود، بررسی ارتباط بین فاکتور کیفیت و دیگر نشانگرهای لرزه‌ای به منظور تخمین مکعب فاکتور کیفیت در مخزن می‌باشد. در واقع با تخمین این مکعب به کمک روش‌های چندنشانگری می‌توانیم نحوه تغییرات فاکتور کیفیت را در مخزن بررسی کنیم.

---

<sup>1</sup> Amplitude recovery

<sup>2</sup> Inverse Q filtering

## ۵-۱ ساختار پایان نامه

این پایان نامه در پنج فصل تنظیم شده است. فصل اول شامل مقدمه، بررسی مطالعاتی که در گذشته بر روی موضوعات تحقیق انجام گرفته است، اهداف تحقیق، اهمیت و نوآوری تحقیق و توضیح کلی در مورد روش انجام کار تحقیق می‌باشد. در فصل دوم به بیان تئوری روش‌های محاسبه فاکتور کیفیت از داده‌های VSP و نگارهای چاه‌پیمایی پرداخته می‌شود. در فصل سوم تئوری روش‌های چندنشاندگی بیان می‌شود. در فصل چهارم توضیح مختصری از زمین‌شناسی میدان مورد مطالعه و داده‌های استفاده شده در تحقیق آورده می‌شود و در فصل پنجم شرح کاملی از روش انجام کار پایان نامه ارائه می‌شود. در انتها در فصل ششم، نتایج تحقیق و پیشنهادات و کارهایی که در آینده قابل انجام است ارائه شده است.



## **فصل دوم**

**تئوری محاسبه فاکتور کیفیت از داده‌های**

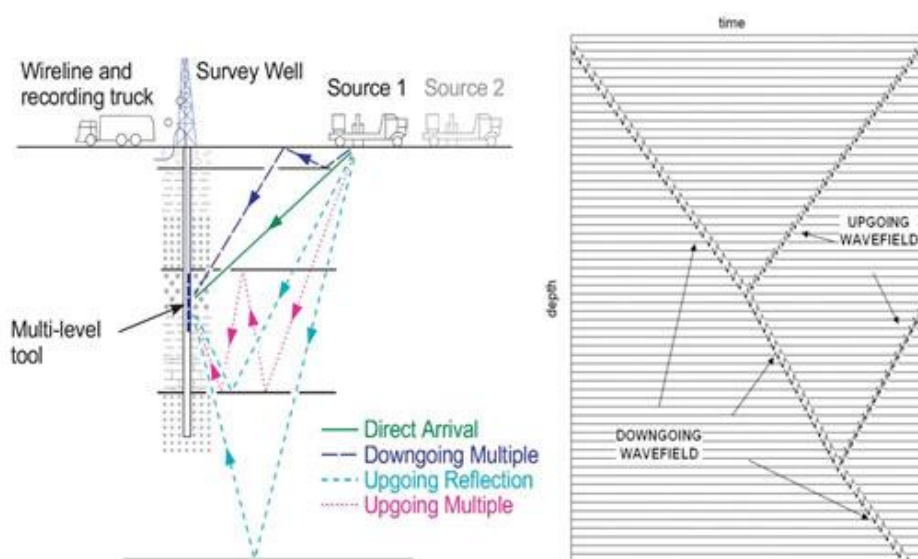
**درون‌چاهی**

## ۱-۲ مقدمه

در این فصل چگونگی محاسبه فاکتور کیفیت با استفاده از داده‌های لرزه‌نگاری درون چاهی و نگارهای چاه‌پیمایی توضیح داده شده است.

## ۲-۲ داده‌های لرزه‌نگاری درون چاهی<sup>۱</sup>

لرزه‌نگاری درون چاهی یک نوع روش لرزه‌ای است که آرایه گیرنده و یا آرایه چشمه (گاهی هر دو گروه) در درون چاه قرار داده می‌شود. در روش متداول گیرنده‌ها در درون چاه و فرستنده‌های لرزه‌ای (چشمه‌ها) در روی سطح زمین یا روی سطح آب دریا مستقر می‌شوند. گیرنده‌ها در درون چاه به دیواره چاه متصل می‌شوند [۳۳]. یک رکورد VSP شامل امواج بالارونده<sup>۲</sup> و پایین‌رونده<sup>۳</sup>، چندگانه‌های بالارونده و پایین‌رونده و امواج لوله‌ای<sup>۴</sup> می‌باشد (شکل ۱-۲).



شکل (۱-۲)، شکل شماتیکی از موج‌های پایین‌رونده، بالارونده و تکراری [۳۴].

<sup>۱</sup> Vertical Seismic Profiling (VSP)

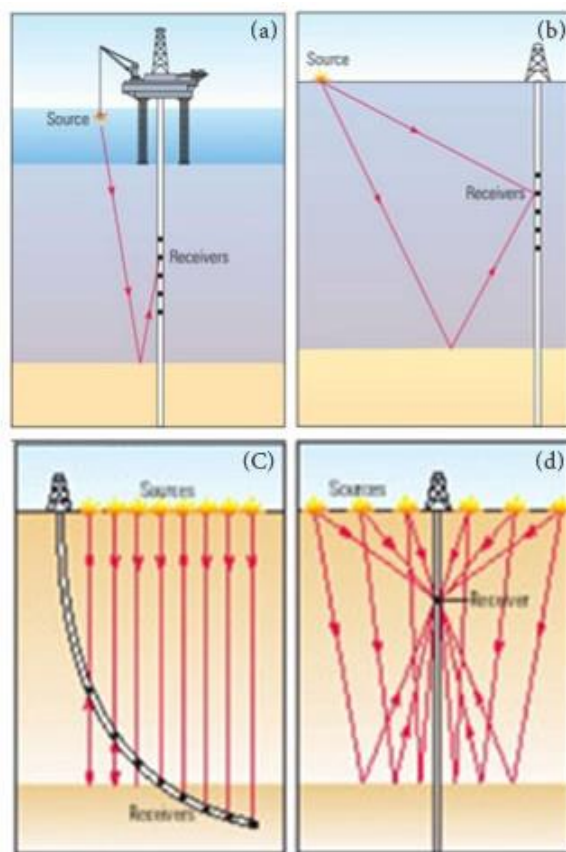
<sup>۲</sup> Up going

<sup>۳</sup> Down going

<sup>۴</sup> Tube wave

عملیات برداشت لرزه‌نگاری درون چاهی به روش‌های زیر انجام می‌شود (شکل ۲-۲):

- برداشت با دورافت بلند<sup>۱</sup>: محل استقرار چشمه دور از دهانه چاه
- برداشت با دورافت نزدیک<sup>۲</sup>: محل استقرار چشمه نزدیک به دهانه چاه
- برداشت در چاه انحرافی<sup>۳</sup>: در برداشت دورافت نزدیک، در این حالت چشمه در سر چاه قرار می‌گیرد و در برداشت دورافت بلند چشمه در بالای سر گیرنده قرار می‌گیرد.
- برداشت سهل الحصول<sup>۴</sup>: از چندین دورافت برای برداشت استفاده می‌شود.



شکل (۲-۲)، شکل شماتیکی از انواع برداشت‌های VSP، (a) برداشت با دورافت نزدیک، (b) برداشت با دورافت بلند، (c) برداشت در چاه انحرافی، (d) برداشت walkaway [۳۴].

<sup>۱</sup> Far-offset

<sup>۲</sup> Near-offset or Zero-offset

<sup>۳</sup> Deviated-well VSP

<sup>۴</sup> Walkaway VSP

## ۲-۳ فاکتور کیفیت (Q)

هنگامی که موج لرزه‌ای در داخل زمین منتشر می‌شود با افزایش عمق، دامنه موج لرزه‌ای به دو دلیل دچار تضعیف می‌شود [۳۵].

- ۱- اولین عامل کاهش دامنه، گسترش هندسی<sup>۱</sup> می‌باشد. میزان انرژی در واحد سطح در نزدیکی چشمه لرزه‌ای زیاد است، با افزایش عمق، شعاع جبهه موج زیاد و به دنبال آن نسبت حجم به سطح نیز افزایش می‌یابد در نتیجه انرژی یا دامنه موج در واحد سطح کاهش پیدا می‌کند.
- ۲- دومین عامل کاهش دامنه، جذب ذاتی در محیط است که در واقع در محیط‌های غیرالاستیک مقداری از انرژی جنبشی موج به گرما تبدیل می‌شود. در ضمن فرکانس‌های بالا بیشتر تحت تاثیر جذب ذاتی زمین قرار می‌گیرند.

در مراحل پردازشی بازیابی دامنه و فیلتر فاکتور کیفیت معکوس سعی می‌شود که کاهش دامنه ناشی از عوامل بالا بهبود یابد تا میرایی و تضعیف دامنه موج تنها به دلیل عوامل زمین‌شناسی باشد. این عوامل زمین‌شناسی نظیر وجود گاز یا سیال در حفرات، سنگ‌شناسی و شکستگی‌ها و درز و شکاف‌های موجود در سنگ است. به همین دلیل از میرایی موج به عنوان یک نشانگر حضور هیدروکربور و شکستگی در مخزن استفاده می‌کنند.

فاکتور کیفیت، پارامتری بدون بعد است که برای نمایش میرایی موج از آن استفاده می‌شود. رابطه فاکتور کیفیت و ضریب جذب در معادله (۱-۲) نشان داده شده است. در واقع از نظر فیزیکی، نسبت انرژی ذخیره شده به انرژی تلف شده در هر دوره تناوب را فاکتور کیفیت گویند.

$$\alpha = \left( \frac{\pi f}{QV} \right) \quad (1-2)$$

که در آن  $\alpha$  ضریب جذب،  $f$  فرکانس موج لرزه‌ای و  $V$  سرعت موج می‌باشد. همان‌طور که در رابطه

---

<sup>۱</sup> Geometrical spreading



(۱-۲)، نشان داده شده است، فرکانس‌های بالا نسبت به فرکانس‌های پایین زودتر جذب می‌شوند. این موضوع باعث می‌شود، فرکانس امواج به صورت ظاهری با افزایش عمق کاهش یابد که البته در مرحله پردازشی فیلتر فاکتور کیفیت معکوس این موضوع نیز تصحیح می‌شود. همچنین با توجه به ارتباط بین سرعت و ضریب جذب در رابطه (۱-۲)، می‌توان عنوان کرد با افزایش سرعت امواج، ضریب جذب نیز کاهش خواهد یافت.

## ۴-۲ روش‌های مختلف محاسبه فاکتور کیفیت از داده‌های VSP

تا کنون روش‌های متعددی به منظور محاسبه فاکتور کیفیت ارائه شده است [۳۶، ۱۳، ۱۷، ۱۸، ۳۷]. از رایج‌ترین این روش‌ها می‌توان به روش‌های کاهش دامنه، سیگنال تحلیلی و نسبت طیفی اشاره کرد. در زیر به شرح مختصری از روش‌های مختلف محاسبه فاکتور کیفیت از داده‌های لرزه‌نگاری درون چاهی پرداخته شده است. در این تحقیق از روش متداول نسبت طیفی در محاسبه فاکتور کیفیت استفاده شده است.

### ۴-۲-۱ روش کاهش دامنه

یکی از ساده‌ترین روش‌های محاسبه فاکتور کیفیت روش کاهش دامنه است. همانطور که در رابطه (۲-۲) دیده می‌شود، اساس این روش بر مبنای نسبت دامنه‌ها در دو عمق  $x_1$  و  $x_2$  می‌باشد. بدیهی است که با افزایش عمق، دامنه موج به دلیل تضعیف کاهش می‌یابد [۲۱].

$$Q = \frac{\omega \Delta x}{2c} \left( \ln \left[ \frac{a(x_1)}{a(x_2)} \right] \right)^{-1} \quad (2-2)$$

که در آن  $\omega$  فرکانس زاویه‌ای غالب،  $\Delta x$  اختلاف عمق،  $c$  سرعت،  $a(x_1)$  دامنه در عمق  $x_1$  و  $a(x_2)$  دامنه در عمق  $x_2$  می‌باشد.

## ۲-۴-۲ روش سیگنال تحلیلی

یک ردلرزه می‌تواند با استفاده از دامنه لحظه‌ای  $a(t)$  و فاز لحظه‌ای  $\phi(t)$  به صورت رابطه زیر توصیف شود [۳۶]:

$$u(t) = a(t) \cos \phi(t) \quad (۳-۲)$$

با استفاده از تبدیل هیلبرت می‌توان ردلرزه تحلیل متناظر با آن را به دست آورد.

$$z(t) = a(t) e^{i\phi(t)} = u(t) + i v(t) = 2 \int_0^{+\infty} U(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (۴-۲)$$

$z(t)$  سیگنال تحلیلی  $u(t)$  و  $v(t)$  سیگنال قائم  $u(t)$  و  $U(\omega)$  تبدیل فوریه  $u(t)$  است و  $v(t)$  و

$$u(t) \text{ جفت‌های تبدیل هیلبرت }^1 \text{ می‌باشند} \left( u^h(t) = v(t) \right)$$

با مشتق‌گیری از رابطه (۴-۲) می‌توان نوشت:

$$z'(t) = 2i \int_0^{+\infty} \omega U(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (۵-۲)$$

مشتق زمان از فاز لحظه‌ای  $\phi(t)$ ، فرکانس لحظه‌ای  $\omega(t)$  را تولید می‌کند که از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۱۲]:

$$\omega(t) = \frac{d\phi(t)}{dt} = \frac{z^* z' - z z'^*}{2izz^*} \quad (۶-۲)$$

در نهایت فاکتور کیفیت را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد [۲۳]:

---

<sup>1</sup> Hilbert transform

$$\text{Ln} \left[ \frac{a(t_2)}{a(t_1)} \right] = \text{Ln} \left[ \frac{G_2}{G_1} \right] - \frac{\Delta t}{4Q} (\omega(t_1) + \omega(t_2)) \quad (7-2)$$

که در آن  $a(t_1)$  و  $a(t_2)$  دامنه‌های لحظه‌ای در زمان‌های  $t_1$  و  $t_2$ ،  $\omega(t_1)$  و  $\omega(t_2)$  فرکانس‌های لحظه‌ای در زمان‌های  $t_1$  و  $t_2$ ،  $G_1$  و  $G_2$  فاکتور گسترش هندسی در زمان‌های  $t_1$  و  $t_2$  می‌باشد.

### ۳-۴-۲ روش نسبت طیفی

از روش نسبت طیفی برای تخمین فاکتور کیفیت یا میرایی با استفاده از داده‌های VSP در بسیاری از موارد استفاده می‌شود [۲۳]. همان طور که گفته شد در این تحقیق نیز از این روش برای محاسبه فاکتور کیفیت استفاده شده است. معمولاً از امواج پایین‌رونده<sup>۱</sup> در تخمین فاکتور کیفیت از داده‌های VSP با دورافت صفر استفاده می‌شود. زیرا این امواج نسبت سیگنال به نوفه بالایی دارند [۱۵، ۳۹].

نسبت طیف دامنه ردلرزه  $(A(z, f))$  که ژئوفون آن در عمق  $z$  قرار دارد به طیف دامنه ردلرزه  $(A_0(z_0, f))$  در عمق  $z_0$ ، به صورت زیر می‌باشد:

$$A(z, f) = A_0(z_0, f) e^{-\alpha(z-z_0)} \quad (8-2)$$

رابطه (۸-۲) را بر اساس رابطه (۱-۲) می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$A(z, f) = A_0(z_0, f) e^{-\left(\frac{\pi f}{QV}\right)(z-z_0)} \quad (9-2)$$

$$\text{Ln} \left( \frac{A(z, f)}{A_0(z_0, f)} \right) = -\frac{\pi f}{QV} (z - z_0) \quad (10-2)$$

<sup>۱</sup> Downgoing wave

بر اساس رابطه زمان، عمق و سرعت می توان نوشت:

$$= Slope \cdot f \cdot Ln \left( \frac{A(z, f)}{A_0(z_0, f)} \right) = -\frac{\pi f}{Q} (T - T_0) \quad (11-2)$$

که در آن  $T$  و  $T_0$  به ترتیب، زمان رسیدن موج P در عمق های  $z$  و  $z_0$  هستند و شیب بر اساس رابطه (11-2) برابر با  $Ln[A(z, f)/A_0(z_0, f)]/f$  می باشد. بنابراین فاکتور  $Q$  را به صورت زیر می توان محاسبه کرد.

$$Q = -\pi(T - T_0)/Slope \quad (12-2)$$

به منظور محاسبه شیب، در ابتدا نمودار طیف دامنه در اعماق  $z$  و  $z_0$  رسم و در ادامه نمودار لگاریتم نسبت طیف دامنه ها ( $Ln(A/A_0)$ ) بر حسب فرکانس رسم می گردد. میزان شیب این نمودار در بازه فرکانسی مشخص، در رابطه (12-2) قرار می گیرد تا میزان فاکتور کیفیت در عمق  $z$  محاسبه گردد. در فصل پنجم توضیحات بیشتر آورده شده است.

روش نسبت طیفی بر اساس ساده سازی هایی استوار است که عبارتند از [18]:

- ۱- عدم وجود تداخل در امواج.
- ۲- قرارگیری ژئوفون ها در مرز لایه ها.
- ۳- عدم وجود تغییرات سنگ شناسی در بین یک لایه.
- ۴- فاکتور کیفیت مستقل از فرکانس در داده های VSP می باشد. بدین معنی که نمودار لگاریتم طیف دامنه ها ( $Ln(A/A_0)$ ) بر حسب فرکانس، یک منحنی مستقیم با شیب ثابت است.
- ۵- وجود تنها مقدار اندکی نوفه در داده ها.

به منظور محاسبه فاکتور کیفیت، انتخاب بازه عمقی که میرایی در آن اندازه گرفته می‌شود، دارای اهمیت بالایی است. بدین ترتیب که محاسبه فاکتور کیفیت در گیرنده‌های بسیار نزدیک، مقادیر با نوسانات خیلی زیاد و یا حتی مقادیر منفی بدست خواهد داد [۲۰]. این مساله در داده‌های VSP که فواصل عمقی گاهی به کمتر از پنج متر هم می‌رسد، مشهود است. این مساله به دلیل کاهش بسیار اندک دامنه موج در فاصله‌های بسیار کم و دقت اندازه‌گیری در گیرنده‌ها است.

در این تحقیق به منظور حذف نوسانات زیاد مقادیر فاکتور کیفیت بازه‌ای، از مفهوم فاکتور کیفیت تجمعی استفاده شده است. منظور از مفهوم تجمعی محاسبه فاکتور کیفیت بین عمق‌های مختلف با عمق مرجع می‌باشد و دلیل استفاده از کلمه تجمعی این است که برای نمونه فاکتور کیفیت در عمق ۲۰۰ متری از سطح زمین تا عمق ۲۰۰ متری می‌باشد و فاکتور کیفیت در عمق ۳۰۰ متری نیز از سطح زمین تا عمق ۳۰۰ متری می‌باشد.

لازم به ذکر است که در این تحقیق در جداسازی امواج پایین‌رونده از امواج بالارونده و همچنین به خط کردن امواج پایین‌رونده از نرم‌افزار ویستا<sup>۱</sup> و در ادامه برای محاسبه فاکتور کیفیت از روش نسبت طیفی از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است.

## ۲-۵ محاسبه فاکتور کیفیت از نگارهای چاه‌پیمایی

عموماً برای محاسبه فاکتور کیفیت از داده‌های VSP استفاده می‌شود. داده VSP در هر میدان به تعداد اندکی برداشت می‌شود. این موضوع باعث ایجاد محدودیتی در محاسبه فاکتور کیفیت می‌گردد. به همین دلیل ایده محاسبه فاکتور کیفیت از نگارهای چاه‌پیمایی، مطلوب به نظر می‌رسد. استوارت و همکاران [۲۴]، با استفاده از نتایج زمان رسید دو برداشت نگار صوتی و VSP (یا چکشات) رابطه زیر را برای محاسبه زمان تاخیر<sup>۲</sup> از روی زمان‌رسیده‌ها، نسبت فرکانس‌ها و فاکتور کیفیت معرفی کردند:

<sup>۱</sup> Vista

<sup>۲</sup> Drift

$$t_{delay} = \frac{d \ln(\omega_2/\omega_1)}{V(\omega_2) \cdot \pi \cdot Q} \quad (13-2)$$

که در آن  $d$  فاصله عمقی بین زمان‌رسیده‌ها،  $V(\omega_2)$  سرعت نگار صوتی و  $\omega_1$  فرکانس گوشه<sup>۱</sup> داده لرزه‌ای است و  $\omega_2$  فرکانس غالب نگار صوتی می‌باشد. زمان‌رسید نگار صوتی با زمان‌رسید داده لرزه‌ای دارای یک اختلاف زمانی می‌باشد. سه دلیل اصلی برای این اختلاف وجود دارد [۴۰]:

۱- ابزارهای اندازه‌گیری نگار صوتی و داده‌های لرزه‌ای منبع فرکانسی متفاوتی دارند. فرکانس برداشت نگار صوتی در حد کیلوهرتز است در حالی که برای داده‌های لرزه‌ای در حد هرتز می‌باشد. در تئوری فرض بر این است که سرعت وابسته به فرکانس نیست اما در واقعیت این گونه نبوده و سرعت به فرکانس بستگی دارد. این وابستگی به فرکانس موجب اختلاف بین زمان‌رسیده‌های این دو برداشت می‌شود.

۲- خطاهای دستگاهی و همچنین تحلیل‌های بی‌دقت با هر سیستمی همراه است.

۳- خصوصیات انتشار موج متفاوت بر روی دو برداشت تاثیر دارد.

هاس و استوارت [۲۵]، از این رابطه برای محاسبه فاکتور کیفیت با نام روش تصحیح زمان تاخیر<sup>۲</sup> استفاده کردند که در آن  $t_p$  زمان‌رسید موج P در نگار صوتی است و از رابطه  $t_p = d/V(\omega_2)$  به دست می‌آید:

$$Q = \frac{t_p \ln(\omega_2/\omega_1)}{\pi \cdot t_{delay}} \quad (14-2)$$

<sup>1</sup> Corner Frequency

<sup>2</sup> Drift Correction Method

## ۲-۵-۱ محاسبه زمان تاخیر

زمان تاخیر در رابطه (۲-۱۴) از روی اختلاف زمان‌رسیده‌های نگار صوتی و داده چک‌شات محاسبه می‌شود. در زیر مراحل محاسبه این پارامتر که در این تحقیق انجام شده، آورده شده است.

۱- در ابتدا نگار صوتی، کندی را به صورت زیر اندازه‌گیری می‌کند:

$$V^{-1}(z) = \frac{\Delta t(z)}{\Delta z} \quad (15-2)$$

با معکوس نمودن رابطه بالا، میزان سرعت در هر عمق به دست می‌آید. به دلیل این که اختلاف فواصل عمق‌ها در نگار صوتی کم است و مقادیر سرعت‌ها به هم نزدیک است، مابین هر دو عمق، سرعت میانگین ( $V_{avg}$ ) محاسبه می‌شود. از رابطه زیر  $\Delta t_{sonic}$  محاسبه می‌شود.

$$\Delta t_{sonic} = \frac{\Delta z}{V_{average}} \quad (16-2)$$

۲- داده چک‌شات یک فایل دو ستونه عمق در برابر زمان است. از این داده به طور کلی برای ایجاد ارتباط، بین داده‌های لرزه‌ای در حوزه زمان و نگارهای چاه‌پیمایی در حوزه عمق استفاده می‌شود. در این جا زمان‌هایی از داده چک‌شات که عمق آن نزدیک به عمق نگار صوتی می‌باشد قرائت می‌شود ( $\Delta t_{checkshot}$ ).

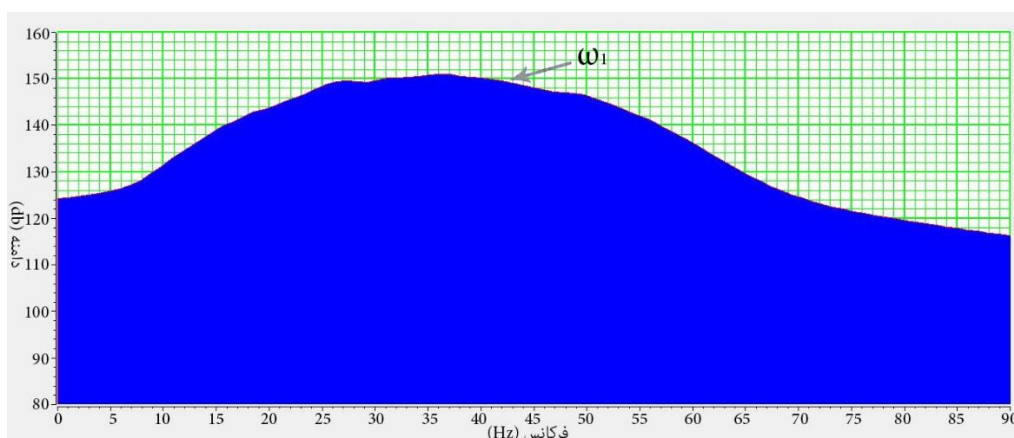
۳- در این مرحله زمان تاخیر از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$t_{delay} = \Delta t_{checkshot} - \Delta t_{sonic} \quad (17-2)$$

نکته قابل توجه این که عمق‌های هر دو داده می‌بایست از یک سطح باشند تا بتوان آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد. در این تحقیق عمق هر دو نوع داده از سطح آزاد دریا محاسبه شد.

## ۲-۵-۲ محاسبه فرکانس گوشه ( $\omega_1$ )

مکانی که در نمودار طیف فرکانسی منحنی شروع به افت می کند را فرکانس گوشه گویند (شکل ۲-۳). در این تحقیق برای محاسبه  $\omega_1$  از داده های لرزه ای سطحی سه بعدی استفاده شده است. اولین گام رسم نمودار طیف فرکانس در پنجره های زمانی مختلف است. پنجره های زمانی باید به گونه ای انتخاب شوند که متناسب با زمان های داده VSP باشد تا در نهایت بتوان نگار فاکتور کیفیت محاسبه شده از دو روش را با یکدیگر مقایسه کرد. در ادامه از روی منحنی، اولین موقعیتی که فرکانس شروع به افت می کند به عنوان  $\omega_1$  انتخاب می شود. لازم به ذکر است که به منظور تعیین  $\omega_1$  تمامی نمودارهای طیف فرکانس، می بایست برای انتخاب شروع افت فرکانس به طور هماهنگ عمل شود.



شکل (۲-۳)، منحنی طیف فرکانس، شروع افت فرکانس به عنوان  $\omega_1$  انتخاب شده است.

## ۳-۵-۲ فرکانس غالب نگار صوتی ( $\omega_2$ )

همانطور که در قبل گفته شد فرکانس غالب برداشت نگار صوتی در حد کیلوهرتز می باشد، که در این تحقیق این فرکانس، در منطقه مورد مطالعه ۱۲ کیلوهرتز می باشد.



# فصل سوم

## تبدیل چند نشانگری

### ۳-۱ مقدمه

در فصل پیش رو در ابتدا به توصیف نشانگرهای لرزه‌ای و انواع طبقه‌بندی آن‌ها پرداخته می‌شود و در ادامه اصول و مبانی روش‌های چندنشانگری بیان می‌گردد.

### ۳-۲ نشانگرهای لرزه‌ای

بررسی توزیع پارامترهای پتروفیزیکی و توصیف کمی آن‌ها در مخازن نفتی یکی از موضوعات بسیار مهم می‌باشد. به دلیل توزیع بسیار پراکنده چاه‌های نفت در میدین، داده‌های چاه به تنهایی نمی‌توانند تغییرات خصوصیات مخزن را به درستی پوشش دهند. از طرفی در مقایسه با داده‌های پراکنده چاه‌ها، داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی یک نمونه‌برداری منظم و متراکم از پارامترهای مخزن را فراهم می‌آورند که می‌تواند توصیف فضایی مخزن را بهبود دهد. با وجود این داده‌های لرزه‌ای عموماً در راستای قائم، در مقایسه با نگارهای چاه، دارای دقت کمی هستند. بنابراین نیاز به استفاده از روش‌های تجمیع<sup>۱</sup> به منظور استفاده بهینه از همه داده‌های موجود برای دستیابی به چگونگی تغییرات پارامترهای پتروفیزیکی در مخزن می‌باشد. یکی از روش‌های تجمیع استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای<sup>۲</sup> می‌باشد [۴۱].

نشانگرهای لرزه‌ای که کاربرد آنها از اوایل دهه ۱۹۷۰ آغاز شد به هر پارامتری گفته می‌شود که بتوان آن را از داده‌های لرزه‌ای با اندازه‌گیری‌های هندسی، سینماتیک، دینامیک و ویژگی‌های آماری به دست آورد. پیشرفت در زمینه ریاضیات، الکترونیک و رایانه نقش قابل توجهی در محاسبه و استخراج نشانگرهای جدید بازی می‌کند. اغلب این نشانگرها از اندازه‌گیری‌های داده‌های پایه‌ای لرزه‌ای در حوزه‌های زمان، دامنه، فرکانس و میرایی مشتق شده‌اند که هر کدام از این نشانگرها برای اهداف خاصی مناسب هستند. نشانگرهای مشتق شده از دامنه شامل اطلاعات چینه‌شناسی و مخزنی و نشانگرهای مشتق شده از فرکانس شامل اطلاعاتی در ارتباط با خصوصیات مخزن هستند. میرایی نشانگر دیگری

<sup>1</sup> Integrated methodes

<sup>2</sup> Seismic attributes

است که می‌تواند اطلاعاتی را در ارتباط با سیال و نفوذپذیری ارائه دهد [۴۲]. به طور کلی می‌توان گفت به کمک نشانگرهای لرزه‌ای می‌توان داده‌های لرزه‌ای را به مشخصه‌های مخزن ارتباط داد و ویژگی‌های مخزن را آشکار ساخت.

### ۳-۳ دسته‌بندی نشانگرها

محققین مختلف، دسته‌بندی‌های متنوعی از نشانگرها ارائه داده‌اند. چن<sup>۱</sup> و سیدنی<sup>۲</sup> [۴۳]، نشانگرها را به دو دسته افق - پایه و نمونه - پایه تقسیم کرده‌اند. نشانگرهای افق - پایه، خواص ردلرزه را در بین یک مرز مشخص که معمولاً افق‌های نشانه‌گذاری<sup>۳</sup> شده که مرز لایه‌های زمین‌شناسی می‌باشند، محاسبه می‌کنند. نشانگرهای بر اساس نمونه، در یک زمان معین محاسبه می‌شوند مانند نشانگرهای لحظه‌ای<sup>۴</sup>.

در تقسیم‌بندی دیگر، راسل [۶]، نشانگرها را به هفت گروه اصلی زیر تقسیم‌بندی کرد:

- ۱- نشانگرهای لحظه‌ای: این نشانگرها حاصل ترکیب ردلرزه‌ها و تبدیل هیلبرت<sup>۵</sup> ردلرزه می‌باشند.
- ۲- نشانگرهای فرکانس پنجره‌ای<sup>۶</sup>: این نشانگرها از محاسبه طیف دامنه ردلرزه‌ها در محدوده فرکانسی مشخص به دست می‌آیند.
- ۳- نشانگرهای بازگشتی<sup>۷</sup>: این نشانگرها از اعمال، عملگر بازگشتی بر روی ردلرزه‌ها ایجاد می‌شوند.
- ۴- نشانگرهای میان‌گذر<sup>۸</sup>: از اعمال فیلتر میان‌گذر بر روی ردلرزه‌های حاصل از این نشانگرها تولید می‌شوند.
- ۵- نشانگرهای ردلرزه چندگانه<sup>۹</sup>: این نشانگرها، از اعمال یک عملگر بر روی چندین ردلرزه در داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی به دست می‌آیند.

---

<sup>1</sup> Chen

<sup>2</sup> Sidney

<sup>3</sup> Picking

<sup>4</sup> Instantaneous attribute

<sup>5</sup> Hilbert transform

<sup>6</sup> Windowed frequency attribute

<sup>7</sup> Recursive attribute

<sup>8</sup> Band pass attribute

<sup>9</sup> Multi trace

۶- نشانگرهای AVO<sup>۱</sup>: این نشانگرها از داده‌های لرزه‌ای قبل از برانبارش به دست می‌آیند.

۷- نشانگرهای مبتنی بر مدل<sup>۲</sup>: این نشانگرها از یک مدل اولیه برای تولید مدل نهایی استخراج می‌شوند.

به طور کلی به منظور استفاده هدفمند از نشانگرها تقسیم‌بندی‌های زیر توسط محققین مختلف ارائه شده است.

### ۳-۳-۱ طبقه‌بندی بر اساس داده لرزه‌ای ورودی

الف- نشانگرهای قبل از برانبارش<sup>۳</sup>: داده‌های این دسته از نشانگرها، داده لرزه‌ای قبل از برانبارش یعنی داده برداشت نقطه عمقی مشترک<sup>۴</sup> می‌باشد که دارای اطلاعات وابسته به آزیموت و دورافت است. این نشانگرها حجم بالایی از اطلاعات را تولید می‌کنند و بنابراین در مراحل اولیه اکتشاف از آنها استفاده نمی‌شود. مانند نشانگرهای AVO و سرعت.

ب- نشانگرهای بعد از برانبارش<sup>۵</sup>: داده‌های این دسته از نشانگرها داده لرزه‌ای نقطه عمقی مشترک کوچ یافته<sup>۶</sup> می‌باشد که شامل اطلاعات عدد موج و فرکانس است. در فرآیند برانبارش نوعی میانگین‌گیری انجام می‌شود که طی آن CDP Gather تشکیل یک ردلرزه را می‌دهد. بنابراین حجم داده‌های ورودی در این دسته کمتر می‌باشد و به دنبال آن محاسبات مربوطه حجم بسیار کمتری دارد به همین دلیل در مطالعات اولیه از این نشانگرها استفاده می‌شود.

### ۳-۳-۲ طبقه‌بندی بر اساس ویژگی‌های محاسباتی

الف- نشانگرهای لحظه‌ای: در این نشانگرها پارامتر مورد نظر برای تک‌تک نمونه‌ها محاسبه می‌شود

---

<sup>۱</sup> Amplitude versus offset

<sup>۲</sup> Model base attribute

<sup>۳</sup> prestack

<sup>۴</sup> CDP Gather

<sup>۵</sup> poststack

<sup>۶</sup> Migrated CDP stack

و تغییرات لحظه‌ایی پارامترها را نشان می‌دهند. مهم‌ترین نشانگرهای لحظه‌ای عبارتند از دامنه لحظه‌ای، فاز لحظه‌ای، فرکانس لحظه‌ای، پوش ردلرزه و مشتق آن.

**ب- نشانگرهای موجک ۱ (نشانگرهای پاسخ ۲):** این نشانگرها شامل نشانگرهای لحظه‌ایی هستند که در محل قله پوش ردلرزه محاسبه می‌شوند و رابطه مستقیمی با تبدیل فوریه موجک در محدوده قله پوش ردلرزه دارند. برای مثال فرکانس لحظه‌ایی در قله پوش ردلرزه با میانگین فرکانس طیف دامنه موجک برابر است. نمونه‌ای از نشانگرهای پاسخ عبارتند از پاسخ فاز، پاسخ دامنه و پاسخ فرکانس.

### ۳-۳-۳ طبقه‌بندی بر اساس ارتباط با زمین‌شناسی

**الف- نشانگرهای فیزیکی:** این نشانگرها به کمیت و کیفیت فیزیکی می‌پردازد و لذا برای تقسیم‌بندی سنگ‌شناسی، تعیین مشخصات مخزن، ضخامت لایه، پاشش موج، محاسبه جذب و مقاومت صوتی استفاده می‌شود. مهم‌ترین این نشانگرها عبارتند از سرعت لحظه‌ای، سرعت میانگین، پوش ردلرزه و فرکانس.

**ب- نشانگرهای هندسی<sup>۲</sup>:** این نشانگرها ارتباط زمانی و مکانی سایر نشانگرها را توصیف می‌کنند و می‌توانند توالی الگوی رسوب‌گذاری را مشخص کنند. بنابراین در مطالعات چینه‌شناسی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از مهم‌ترین این نشانگرها می‌توان به نشانگرهای شیب لایه، شباهت<sup>۴</sup> و انحنا<sup>۵</sup> اشاره کرد.

### ۴-۳-۳ طبقه‌بندی بر اساس بازتاب از لایه یا عبور از لایه

**الف- نشانگرهای بازتابی:** این نشانگرها از داده‌های لرزه‌ای بازتابی محاسبه می‌شوند و در رابطه با مرز میان دو لایه می‌باشند. نشانگرهای لحظه‌ای، نشانگرهای پاسخ و نشانگرهای قبل از برانبارش از

---

<sup>1</sup> Wavelet attribute

<sup>2</sup> Response attribute

<sup>۳</sup> Geometrical attribute

<sup>4</sup> Semblance

<sup>5</sup> Curvature

نشانگرهای بازتابی محسوب می‌شوند.

ب- **نشانگرهای عبوری:** این نشانگرها از داده‌های لرزه‌ای عبوری محاسبه می‌شوند و در رابطه با خواص لرزه‌ای درون لایه یا میان مرز دو لایه می‌باشند. از مهم‌ترین نشانگرهای عبوری عبارتند از سرعت بازه‌ای، سرعت جذر میانگین مربعات<sup>۱</sup>، سرعت میانگین، فاکتور کیفیت و ضریب جذب.

### ۳-۴ ترکیب نشانگرها

پیشرفت علم در زمینه علم نشانگرها، موجب افزایش تعداد و تنوع نشانگرهای در دسترس لرزه‌شناسان برای بررسی خصوصیات مخزن شد. در ادامه، تحقیقات نشان داد که ترکیب نشانگرها معمولاً اطلاعات زمین‌شناسی بیشتری نسبت به زمانی که تنها یک نشانگر خاص مورد مطالعه قرار می‌گیرد، فراهم می‌نماید [۲۷، ۴۴، ۵]. در نتیجه مطالعات چندنشانگری برای برآورد پارامترهای مخزن در مکان‌هایی که چاه وجود ندارد، جایگاه قابل توجهی پیدا کرد و محققین زیادی بر روی این مسئله کار کردند. همپسون و همکاران [۵] و راسل [۶]، از جمله محققینی بودند که با ابداع نرم‌افزار همپسون \_ راسل<sup>۲</sup> نقش به‌سزایی را در پیشرفت روش‌های چندنشانگری<sup>۳</sup> ایفا کردند.

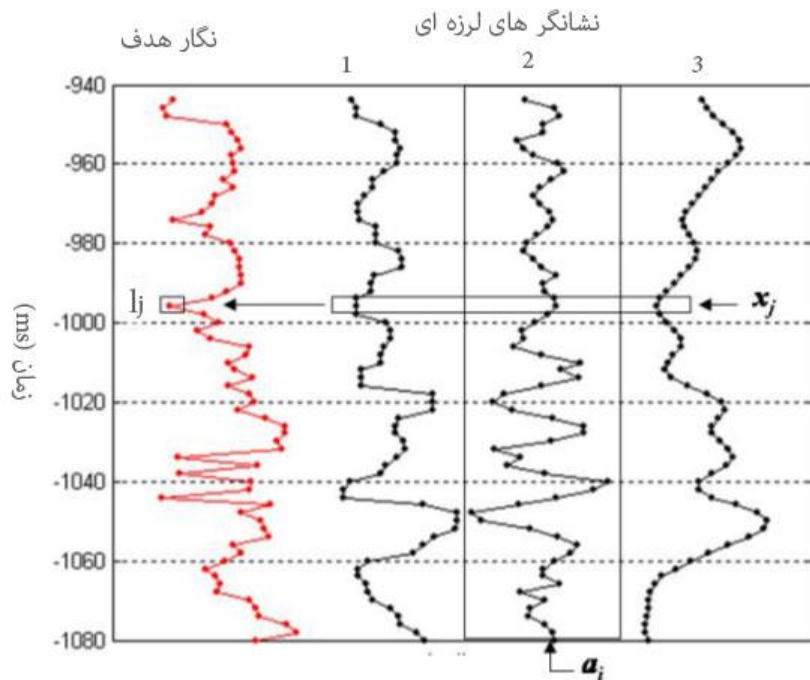
### ۳-۴-۱ بیان نکاتی در مورد ترکیب چند نشانگر

قبل از صحبت در رابطه با ترکیب چند نشانگر، روش رگرسیون خطی و رگرسیون گام‌به‌گام، درک واژه‌های بردار نشانگر و بردار نمونه و تفاوت بین این دو مهم است. در شکل (۳-۱)، هدف، تخمین نگار مورد نظر با استفاده از ترکیب بهینه چند نشانگر می‌باشد. در این شکل یک بردار هدف،  $L$ ، وجود دارد که تنها یک نمونه از این بردار در شکل (۳-۱)، با نام  $z$  نشان داده است.

<sup>1</sup>Root mean square velocity (RMS)

<sup>۲</sup> Hampson – Russell (HRS)

<sup>3</sup> Multiattribute



شکل (۱-۳)، نگار هدف در سمت چپ و سه بردار نشانگر در سمت راست، نمونه‌های بر روی بردار نشانگر که به آن‌ها بردار نمونه گفته می‌شود با  $x_j$ ، بردارهای نشانگر با  $a_i$  و مقادیر بر روی نگار هدف را با  $l_j$  نمایش داده شده است [۶].

در حالت کلی  $N$  نمونه دیگر نیز بر روی نگار هدف وجود دارد به طوری که می‌توان این نگار را با برداری به صورت رابطه (۱-۳) نشان داد:

$$L = [L_1 \dots L_N] \quad (1-3)$$

که در آن همانطور که گفته شد  $N$  تعداد نمونه‌های روی نگار هدف می‌باشد. همچنین در شکل (۳-۱)، سه بردار نشانگر با نام  $a_i$  وجود دارد. در حالت کلی  $M$  بردار نشانگر وجود دارد که بر روی هر یک از این بردارها  $N$  نمونه قرار گرفته و معمولاً تعداد نمونه‌ها از تعداد نشانگرهای لرزه‌ای بیشتر است. نشانگر را می‌توان به صورت زیر نمایش داد.

$$a_i = [a_{1i} \dots a_{Ni}], \quad i = 1, \dots, M \quad (2-3)$$

که در آن  $M$  تعداد بردار نشانگر و  $N$  تعداد نمونه‌های روی نگار هدف می‌باشد. با توجه به شکل (۳-۳) (۱)، مشاهده می‌شود که  $j$  مین بردار نمونه  $(x_j)$ ، یک بردار  $M$  بعدی از مقادیر نشانگرها است که با  $j$  مین نمونه از بردار  $t_j$  مطابق است که این بردار را به صورت زیر می‌توان نشان داد.

$$x_j = [x_{1j} \dots \dots \dots x_{Mj}] , j = 1, \dots, N \quad (3-3)$$

### ۲-۴-۳ رگرسیون خطی چندنشانگری<sup>۱</sup>

رگرسیون خطی چندنشانگری تعمیم‌یافته رگرسیون خطی ساده با  $M$  متغیر می‌باشد. که در آن از تعداد  $M$  نشانگر با نام‌های  $A_1, A_2, \dots, A_M$  برای تخمین نگار  $L$  استفاده می‌شود. همچنین برای تخمین نگار  $L$  می‌بایست تعداد  $M+1$  وزن که شامل  $W_0, W_1, \dots, W_M$  می‌باشد، تعیین شود. اگر تعداد  $N$  نمونه در لاگ  $L$  وجود داشته باشد، روابط (۳-۴)، که هر یک برای تخمین لاگ  $L$  در هر نمونه می‌باشد را به صورت زیر می‌توان نوشت [۵].

$$\begin{aligned} L_1 &= W_0 + W_1 A_{11} + W_2 A_{21} + \dots + W_M A_{M1} \\ L_2 &= W_0 + W_1 A_{12} + W_2 A_{22} + \dots + W_M A_{M2} \\ &\vdots \\ L_N &= W_0 + W_1 A_{1N} + W_2 A_{2N} + \dots + W_M A_{MN} \end{aligned} \quad (4-3)$$

که در آن  $A_{ij}$ ،  $j$  مین نمونه از  $i$  مین نشانگر است. روابط (۳-۴)، را می‌توان به‌طور خلاصه به صورت زیر بیان کرد:

$$L = AW \quad (5-3)$$

بسط رابطه (۳-۵)، به صورت زیر است:

<sup>۱</sup> Multiattribute linear regression



$$\begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & A_{11} & A_{21} & \cdots & A_{M1} \\ 1 & A_{12} & A_{22} & \cdots & A_{M2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & A_{1N} & A_{2N} & \cdots & A_{MN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_0 \\ W_1 \\ \vdots \\ W_M \end{bmatrix} \quad (6-3)$$

که در آن  $L$  یک ماتریس  $N \times 1$  و شامل مقادیر نگار هدف،  $A$  یک ماتریس  $N \times M$  شامل مقادیر نشانگر و  $W$  یک ماتریس  $M \times 1$  با وزن‌های مجهول است. لازم به ذکر است که صفرمین بردار نشانگر به صورت زیر می‌باشد:

$$a_0 = [1 \ 1 \ \dots \ 1] \quad (7-3)$$

ماتریس وزن‌ها را می‌توان از روش حداقل مربعات حل کرد [۵]:

$$W = [A^T A]^{-1} A^T L \quad (8-3)$$

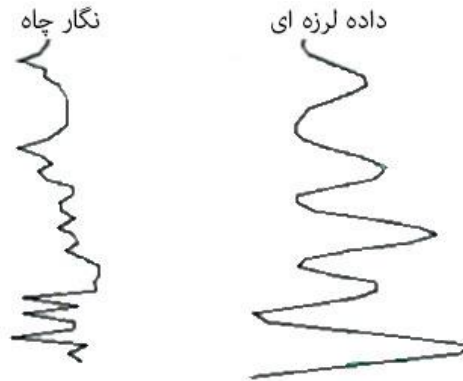
که در این جا  $T$  علامت ترانزپوز می‌باشد. به صورت دقیق‌تر رابطه بالا را به صورت زیر می‌توان بازنویسی کرد:

$$\begin{bmatrix} W_0 \\ W_1 \\ \vdots \\ W_M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & \sum A_{1i} & \sum A_{2i} & \cdots & \sum A_{Mi} \\ \sum A_{1i} & \sum A_{1i}^2 & \sum A_{1i} A_{2i} & \cdots & \sum A_{1i} A_{Mi} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum A_{Mi} & \sum A_{1i} A_{Mi} & \sum A_{2i} A_{Mi} & \cdots & \sum A_{Mi}^2 \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} \sum L_i \\ \sum A_{1i} L_i \\ \vdots \\ \sum A_{Mi} L_i \end{bmatrix} \quad (9-3)$$

رابطه (۳-۴)، را نیز می‌توان با روش حداقل مربعات استاندارد، به گونه‌ای که خطای تخمین میانگین مربعات کمینه شود، حل کرد [۵]:

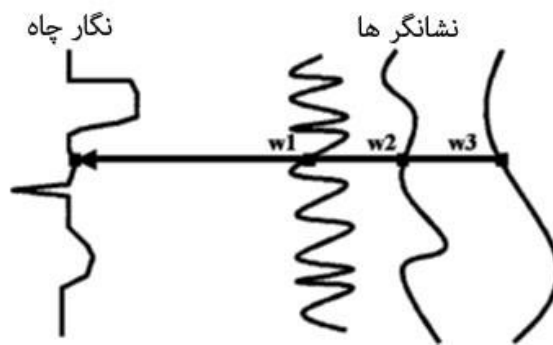
$$E^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (L_i - W_0 - W_1 A_{1i} - W_2 A_{2i} - \dots - W_M A_{Mi})^2 \quad (10-3)$$

در این روش برای هر نشانگر یک وزن واحد فرض می‌شود. مشکل این روش در شکل (۳-۲)، نشان داده شده است.



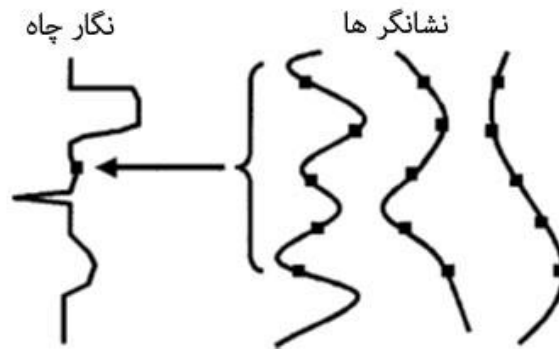
شکل (۳-۲)، مقایسه بین نگار هدف (چپ) و نشانگر لرزه‌ای (راست) از نظر محتوای فرکانسی. این تفاوت در محتوای فرکانسی استفاده از عملگر هم‌میخت را برای حل این تفاوت پیشنهاد می‌کند [۵].

این شکل نشان می‌دهد که محتوای فرکانسی نگار هدف معمولاً بسیار بالاتر از نشانگرهای لرزه‌ای است. در نتیجه ارتباط نگار هدف با نشانگرها از طریق رابطه (۳-۴)، روش مطلوبی نیست. زیرا در این روش تنها نمونه‌هایی از نشانگرها که به صورت زمانی با نمونه‌های نگار هدف در ارتباط هستند، وارد محاسبات می‌شوند (شکل ۳-۳).



شکل (۳-۳)، مثالی از یک مورد با سه بردار نشانگر لرزه‌ای، هر نمونه از نگار هدف با یک ترکیب خطی از نمونه نشانگر در همان زمان مدل می‌شود [۵].

برای رفع این مشکل، همپسون و همکاران [۵]، روشی را به نام رگرسیون خطی چندگانه با وزن‌های هم‌میختی ارائه کردند. در این روش استفاده از عملگر هم‌میخت پیشنهاد می‌شود. چرا که این عملگر ارتباط میان نشانگرها و نگار هدف را، در تبدیل چندنشانگری، بهتر برقرار می‌کند. در این روش هر نمونه بر روی نگار هدف با مجموعه‌ای از نمونه‌های نزدیک بر روی نشانگرهای لِرزه‌ای در ارتباط هستند (شکل ۳-۴).



شکل (۳-۴)، استفاده از یک عملگر هم‌میخت ۵ نقطه‌ای در بردارهای نشانگر لِرزه‌ای برای تخمین نگار هدف [۵]. رابطه (۳-۴)، روش رگرسیون خطی چندنشانگری را برای تخمین نگار هدف نشان می‌دهد. به منظور بهبود روش، همان‌طور که گفته شد از عملگر هم‌میخت استفاده می‌شود:

$$L = W_0 + W_1 * A_1 + W_2 * A_2 + \dots + W_N * A_N \quad (۱۱-۳)$$

که در آن  $W_0$  ثابت است و  $W_i$  فیلتر هم‌میخت ۱ نقطه‌ای می‌باشد. نکته قابل توجه این که موجک لِرزه‌ای نقش عملگر هم‌میخت را بازی می‌کند. برای حل رابطه (۳-۱۱)، از روش کمترین مربعات استفاده می‌شود.

$$E^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (L_i - W_0 - W_1 * A_{1i} - W_2 * A_{2i} - \dots - W_M * A_{Mi})^2 \quad (۱۲-۳)$$

این معادله یکسری از نشانگرهای جدید را تولید می‌کند که نسبت به نشانگرهای اصلی دارای جابجایی زمانی است. در مطالعات روش‌های تلفیق داده‌های لرزه‌ای و نگار چاه یکی از نکات مهم افزایش مقیاس نگار چاه به مقیاس داده‌های لرزه‌ای می‌باشد. در این تحقیق با توجه به این که نگار فاکتور کیفیت که از داده‌های لرزه‌نگاری درون چاهی محاسبه شده است، از لحاظ محتوای فرکانسی مشابه داده‌های لرزه‌ای می‌باشد در نتیجه نیاز به افزایش مقیاس نمی‌باشد.

### ۳-۵ انتخاب بهترین ترکیب از نشانگرها

با افزایش تعداد نشانگرهای قابل تولید بدین روش، انتخاب بهترین ترکیب از نشانگرها، خود به مسئله‌ای دیگر تبدیل می‌شود. چرا که انتخاب مناسب‌ترین نشانگر، امکان تخمین قابل اطمینان‌تری از توزیع پارامتر مخزنی مورد نظر را در اختیار قرار می‌دهد. از طرف دیگر علاوه بر ترکیب بهینه نشانگرها، این سوال مطرح است که چه تعداد از این نشانگرها را می‌توان در فرایند تهیه چندنشانگری، دخالت داد. چرا که افزایش تعداد نشانگرها از بیش از یک تعداد مشخص، علی‌رغم افزایش همبستگی بین داده‌های تخمین زده شده و واقعی، باعث بیش‌برازش<sup>۱</sup> در شبکه تحت آموزش می‌شود. این امر موجب افزایش خطا در تخمین پارامترهای مورد نظر از نشانگر بدست آمده خواهد شد [۶، ۴۵].

### ۳-۵-۱ رگرسیون گام‌به‌گام<sup>۲</sup>

به منظور تهیه فهرستی از بهترین نشانگرها، در گذشته از روش جستجوی جامع<sup>۳</sup> استفاده می‌شد. در این روش برای مثال اگر هدف تهیه فهرست بهینه‌ای از  $M$  نشانگر از تعداد کل  $N$  نشانگر با طول عملگر  $L$  باشد، بایستی تمامی ترکیب‌های با تعداد  $M$  نشانگر در کل تعداد  $N$  نشانگر امتحان شود. در این روش برای هر ترکیب، وزن‌های مطلوب از رابطه (۳-۹)، به دست می‌آید. سپس در انتها ترکیبی انتخاب می‌شود که کمترین خطا را داشته باشد. به دلیل تعداد محاسبات زیاد در این روش، نیاز به زمان بالایی

<sup>۱</sup> Over fitting

<sup>۲</sup> Step-wise regression

<sup>۳</sup> Exhaustive search

به منظور انجام محاسبات دارد. به منظور رفع این مشکل، در ابتدا درپر<sup>۱</sup> و اسمیت<sup>۲</sup> [۴۶] و در ادامه ماسترس<sup>۳</sup> [۴۷]، روشی را به نام رگرسیون گام به گام ارائه دادند که نسبت به روش قبل سریع تر بوده اما از دقت کمتری برخوردار است. در این روش فرض بر این است که اگر فهرست پهنه‌ای با تعداد  $M$  نشانگر در دست باشد، بهترین ترکیب  $M+1$  عددی شامل  $M$  نشانگر قبل به علاوه نشانگر جدیدی است که کمترین خطا را با  $M$  نشانگر خواهد داشت [۵، ۶]. در زیر الگوریتم این روش شرح داده شده است:

۱- تهیه فهرستی از تمام نشانگرها به روش جستجوی جامع که با توجه به کمترین خطا و بیشترین تطابق با نگار هدف مرتب شده است. اولین نشانگر در این فهرست به عنوان بهترین نشانگر انتخاب می‌شود.

۲- نشانگر گام قبل با سایر نشانگرها ترکیب می‌شود. سپس وزن و خطای پیش‌بینی نشانگر، با مقایسه دوبه‌دوی نشانگرها، محاسبه می‌شود. بهترین جفت نشانگری که کمترین خطای پیش‌بینی را دارا باشند، در این مرحله انتخاب می‌شوند.

۳- در مرحله سوم، هدف پیدا کردن بهترین ترکیب جفت نشانگر گام قبل با یک نشانگر جدید می‌باشد. بدین منظور جفت نشانگر بدست آمده در مرحله قبل، با سایر نشانگرها ترکیب می‌شوند. اکنون وزن و خطای پیش‌بینی نشانگر، با مقایسه سه‌به‌سه نشانگرها، محاسبه می‌شود. بهترین ترکیب از سه نشانگر که کمترین خطای پیش‌بینی را داشته باشند، انتخاب می‌شوند.

۴- این روند به تعداد مورد نظر که توسط مفسر انتخاب می‌شود، تکرار می‌شود. همانگونه که پیشتر نیز بیان شده، تعداد نشانگرهای انتخاب شده توسط مفسر، در درجه اول وابسته به پارامتر نهایی است که قرار است از روی این نشانگر ترکیبی تخمین زده شود. در واقع به بیان دیگر، مفسر نشانگرهایی را که گمان می‌کند ارتباطی با پارامتر نهایی داشته باشد، وارد این فرایند می‌کند.

---

<sup>1</sup> Draper

<sup>2</sup> Smith

<sup>3</sup> Masters

در درجه دوم، تعداد نشانگرها وابسته به نشانگرهایی است که تا کنون در نرم‌افزارهای مختلف در اختیار قرار دارد.

۵- در انتها با افزایش تعداد نشانگرها، فهرستی از نشانگرها که کمترین خطای کلی را دارند، تهیه می‌شود.

### ۳-۵-۲ اعتبارسنجی متقابل<sup>۱</sup>

افزایش تعداد نشانگرها خطای کلی پیش‌بینی را همواره کاهش می‌دهد اما این موضوع همیشه مطلوب نیست زیرا در بعضی نقاط نشانگرهای جدید موجب تخمین نوفه می‌شوند [۴۸]. در واقع سوال مهم در روش رگرسیون گام‌به‌گام این است که تا چه زمانی افزایش تعداد نشانگرها ادامه داشته باشد؟ برای پاسخ به این سوال از روش اعتبارسنجی متقابل استفاده می‌شود. مراحل این روش در زیر آمده است [۶]:

۱- نشانگری که در اولین مرحله رگرسیونی به عنوان اولین نشانگر بهینه انتخاب شد، در نظر گرفته می‌شود. برای مثال فرض شود که هدف، تخمین تخلخل در مخزن از روی نگارهای تخلخل چاه‌های موجود در منطقه باشد. در اولین گام، یک نمونه آموزشی، یعنی نگار تخلخل مربوط به یکی از چاه‌ها کنار گذاشته می‌شود.

۲- سایر نمونه‌ها (نگار تخلخل سایر چاه‌ها) به کمک اولین نشانگر بهینه، نمونه آموزشی (نگار تخلخل کنار گذاشته شده) را پیش‌بینی می‌کنند.

۳- خطای پیش‌بینی محاسبه می‌گردد.

۴- در این مرحله یک نمونه آموزشی دیگر حذف می‌شود.

۵- مراحل ۲، ۳ و ۴ تکرار می‌شوند تا این که خطای پیش‌بینی برای همه نمونه‌های آموزشی محاسبه شود.

---

<sup>۱</sup> Cross-validation

۶- مجموع همه خطاها محاسبه می‌شود و خطای اعتبارسنجی کلی برای مرحله اول رگرسیون گام به گام محاسبه می‌شود.

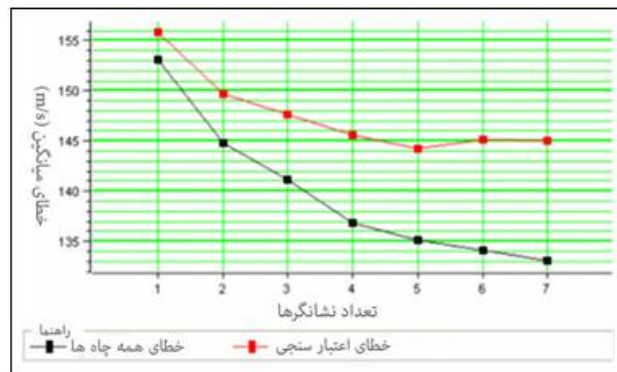
۷- در این مرحله جفت نشانگر انتخاب شده در دومین مرحله رگرسیونی در نظر گرفته می‌شوند و تمام مراحل برای این جفت نشانگر تکرار می‌شود تا خطای اعتبارسنجی کلی برای این مرحله رگرسیونی محاسبه شود.

۸- این روند برای محاسبه خطای اعتبارسنجی کلی برای هر یک از مراحل رگرسیونی که تعداد مشخصی از نشانگرها ترکیب شده‌اند تکرار می‌شود.

۹- نمودار خطا در برابر تعداد نشانگرها رسم می‌گردد.

۱۰- اولین مکانی که در نمودار خطای اعتبارسنجی افزایش می‌یابد، زمانی است که فرآیند رگرسیون گام به گام باید متوقف شود. در واقع تعداد بهینه نشانگرها، تعداد نشانگر، بلافاصله قبل از این افزایش خطا می‌باشد.

همانطور که گفته شد در محاسبه خطای اعتبارسنجی کلی در هر مرحله رگرسیونی، یک نمونه آموزشی در محاسبات خطا وارد نمی‌شود. بنابراین خطای اعتبارسنجی کلی (منحنی بالا در شکل (۳-۵)) بیشتر از حالتی است که همان نمونه آموزشی وجود داشته باشد و در واقع خطا در حالت استفاده از همه چاه ها محاسبه شود (منحنی پایین در شکل (۳-۵)) [۴۸].



شکل (۳-۵)، منحنی اعتبارسنجی، رسم خطای میانگین در برابر تعداد نشانگرها. منحنی بالا خطای اعتبارسنجی و منحنی پایین خطا در حالت استفاده از همه چاه‌ها است (نرم افزار همپسون \_ راسل)





## **فصل چهارم**

**زمین‌شناسی میدان مورد مطالعه و داده‌های**

**مورد استفاده**

#### ۴-۱ مقدمه

میدان مورد مطالعه در این تحقیق یکی از بزرگترین میادین نفتی جنوب غرب ایران می‌باشد که دارای ساختمان تاقدیسی است که با جهت شمال غرب - جنوب شرق بخصوص در قسمت‌های غربی و مرکزی مشخص می‌شود. در واقع این میدان، یک تاقدیس تقریباً نامتقارن است که در یال شمالی تا محدوده‌ای از مرکز تاقدیس دارای جهت مشابه ساختمان‌های زاگرس (شمال غرب - جنوب شرق) می‌باشد اما به طرف انتهای شرقی مخزن از جهت یاد شده خارج شده و به سمت شمال منحرف شده است.

در این میدان به دلیل وقوع دو رخداد مهم تکتونیکی که در زیر آمده است میزان شعاع انحنا در طول ساختمان در مقاطع مختلف با هم متفاوت گردیده است.

- چین‌خوردگی<sup>۱</sup> که آثار اصلی کوهزایی زاگرس می‌باشد.
- خمش<sup>۲</sup> که بعدها در اثر حرکت، تحت تاثیر نیروهای تراکمی ایجاد شده و ادامه آن تا به امروز تغییر شیب را در یال‌های این مخزن بسیار متنوع نموده است.

عملکرد نیروهای تراکمی باعث ایجاد دگرشکلی در محدوده‌های مرکز میدان (متحمل بیشترین خمش و فشارش و بالاآمدگی) و در انتهای شرقی (متحمل خمش نسبتاً ملایم) گردیده است. طبیعی است که بیشترین بالاآمدگی در اثر این دگرشکلی در نواحی مرکزی تاقدیس دیده شود که در نتیجه می‌توان تغییرات رخساره‌ای در زمان آسماری را به دلیل این بالاآمدگی توجیه نمود. همچنین تراکم شکستگی‌های بیشتر در این قسمت را می‌توان ناشی از حداکثر دگرشکلی و خمش به دنبال آن دانست. نقشه هم‌روباره<sup>۳</sup> رسوبی سازند آسماری (شکل ۴-۱)، نیز این موضوع را تایید می‌کند که عمق دفن سازند آسماری تاقدیس مورد مطالعه در بخش میانی از سایر قسمت‌ها کمتر است (به دلیل عدم ذکر نام منطقه مورد مطالعه، مختصات بر روی نقشه‌ها مشخص نشده است). در سال ۱۹۹۲ میلادی مطالعه جامع

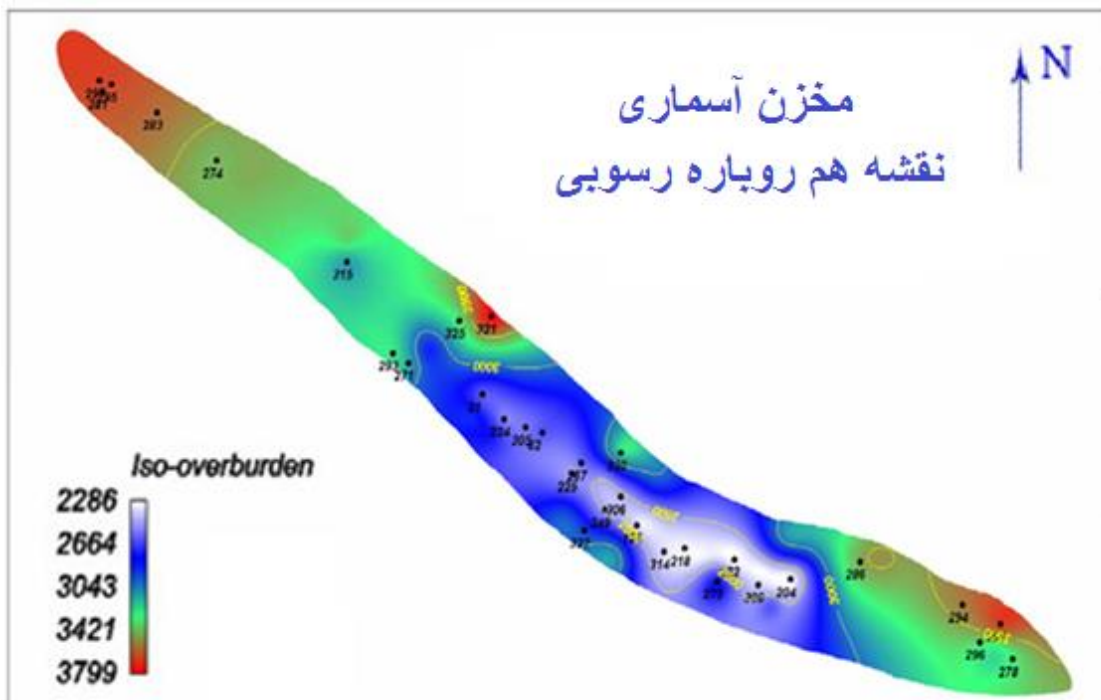
<sup>۱</sup> Folding

<sup>۲</sup> Bending

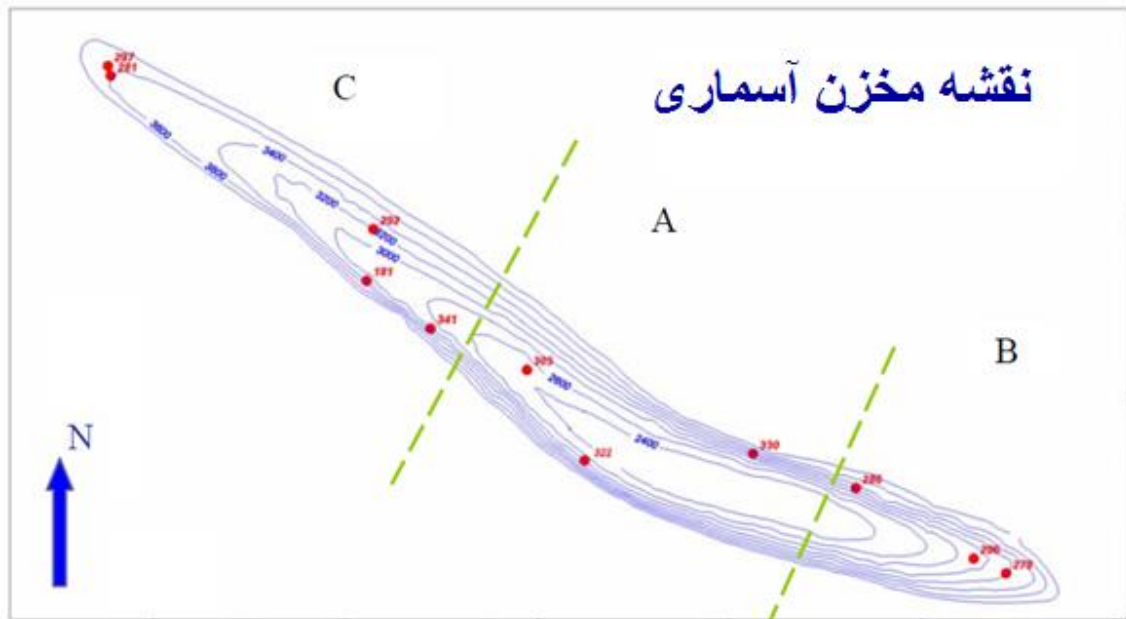
<sup>۳</sup> Iso-overburden

زمین‌شناسی مخزن آسماری توسط شرکت Intra انجام گرفت که در آن سه محدوده زمین‌ساختی را بر اساس نیروهای فشارشی مشخص نمودند (شکل ۴-۲) که شامل:

- محدوده A در مرکز میدان: بیشترین فشارش و خمش را تحمل کرده است.
- محدوده B در انتهای شرقی: خمش نسبتاً ملایم را تحمل کرده است.
- محدوده C در انتهای غربی: کمترین فشارش را تحمل کرده است.



شکل (۴-۱)، نقشه روباره رسوبی سازند آسماری میدان مورد مطالعه (نرم‌افزار RMS) که در آن بالآمدگی مرکزی و شرقی میدان نشان داده شده است. نام برخی چاه‌های میدان بر روی نقشه نشان داده شده است [۴۹].

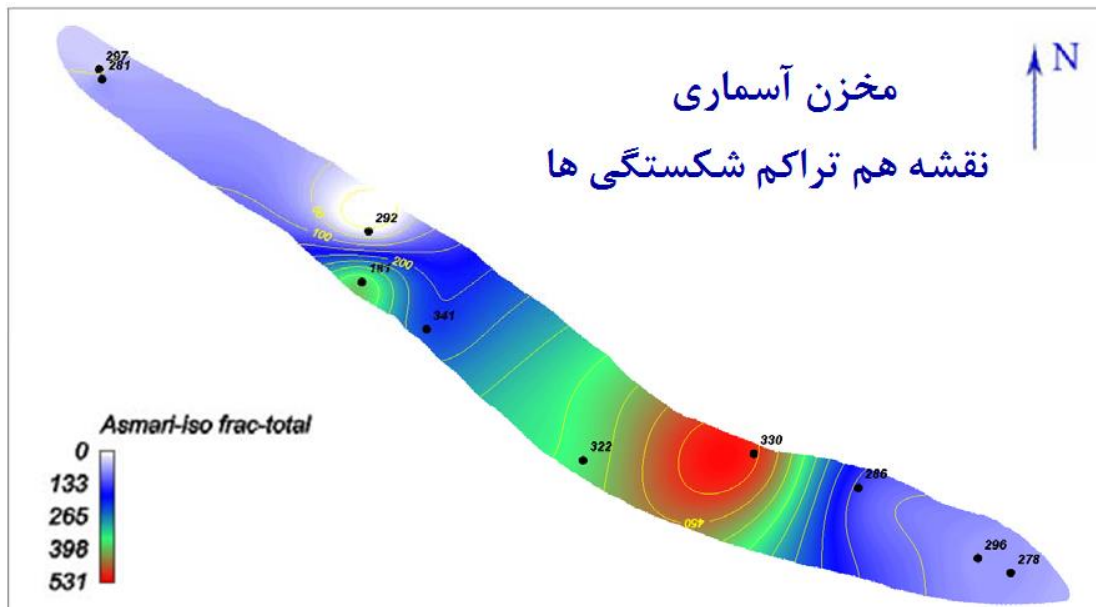


شکل (۲-۴)، نقشه زیرزمینی سازند آسماری در میدان مورد مطالعه و نمایش مناطقی با حداکثر دگرشکلی [۵۰].

#### ۲-۴ مخزن آسماری میدان مورد مطالعه

مهم‌ترین سازندهای تشکیل‌دهنده ستون چینه‌ای میدان مورد مطالعه از عمق به سطح به ترتیب شامل سازندهای گروه خامی (فهلپیان، گدوان، داریان)، گروه بنگستان (کژدمی، سروک، ایلام)، گورپی، پابده، آسماری، گچساران، میشان و آجاجاری می‌باشد.

سازند آسماری مهم‌ترین سنگ مخزن این میدان می‌باشد. از لحاظ رسوب‌شناسی، حوضه آسماری دارای روند کم‌عمق شونده به سمت بالاست که از دریایی باز در قاعده تا شرایط کم‌عمق، کم‌انرژی، تبخیری با دولومیتی شدن به سمت بالا می‌باشد. نقشه هم‌تراکم شکستگی سازند آسماری که از داده‌های مغزه، دواير محاطی و هرزروی گل نتیجه گرفته شده است در شکل (۳-۴) نشان داده شده است [۴۹].



شکل (۳-۴)، نقشه هم تراکم شکستگی های سازند آسماری در چاه های میدان مورد مطالعه. فراوانی بالای شکستگی ها در منطقه خمش و یال جنوب غربی با حداکثر ۵۳۱ عدد مشخص شده است. نام برخی چاه های میدان بر روی نقشه نشان داده شده است [۴۹].

### ۳-۴ داده های مورد استفاده

- داده لرزه نگاری درون چاهی (VSP) مربوط به ۵ چاه به نام های ۲۹۶، ۳۰۳، ۳۰۵، ۳۱۴ و ۳۹۵ که در محدوده داده لرزه ای سه بعدی قرار دارند.
- داده لرزه نگاری سه بعدی میدان مورد مطالعه که شامل ۱۴۰۰ خط گیرنده (۲۴۴۰-۳۸۴۰) و ۴۷۰ خط چشمه ۲ (۱۱۰۰-۶۳۰) است به طوری که پنج چاه VSP در درون این داده لرزه ای قرار گرفته اند. با توجه به شکل (۲-۴)، داده لرزه ای واقع در محدوده A با بیشترین فشارش و خمش و محدوده B با خمش نسبتا ملایم می باشد.
- نگارهای صوتی و دانسیته که مربوط به پنج چاه VSP می باشد. متاسفانه در چاه های حفاری شده در میدان مورد مطالعه، نمودارگیری فقط در لایه های مخزنی صورت گرفته است.

<sup>1</sup> Inline

2 Cross line or Xline

- داده مقاومت ظاهری صوتی<sup>۱</sup> مخزن آسماری که شامل ۳۸۱ خط چشمه (۱۰۹۹-۷۱۸) و ۱۴۰۰ خط گیرنده (۳۸۴۰-۲۴۴۰) می باشد. همانطور که گفته شد عدم وجود اطلاعات سرعت و چگالی در لایه های غیر مخزنی واقع در بالای سازند آسماری باعث شده امکان ساخت نمودار مقاومت ظاهری صوتی در لایه های غیر مخزنی میسر نشود.
- داده های محل چاهها<sup>۲</sup> که مشتمل بر مختصات محل وقوع چاهها<sup>۳</sup> و همچنین ارتفاع چاهها از سطح دریا<sup>۴</sup> (RKB) می باشند.
- سرسازندهای زمین شناسی<sup>۵</sup>: زمین شناس سر چاه در حین حفاری بر اساس خرده های خارج شده از چاه عمق شروع سازندهای زمین شناسی را در هر چاه مشخص می کند. در (جدول ۴-۱)، اطلاعات سرسازندهای پنج چاه مورد استفاده در این تحقیق آورده شده است.
- داده های مسیر چاه<sup>۶</sup>: این داده ها نشانگر مسیر حفاری شده در لایه های زیرزمینی بوده و به عبارتی میزان انحراف چاه از خط قائم را بیان می کند. برای آنکه سرسازندهای زمین شناسی به درستی در جای خود قرار گیرند این داده الزامی است.
- نقشه زمانی سطح مخزن آسماری و گچساران که در نرم افزار پترل<sup>۷</sup> تهیه گردیده است.

---

<sup>1</sup> Acoustic Impedance

<sup>2</sup> Well Location or Well Head

<sup>3</sup> X-Y Coordinates

<sup>4</sup> Kelly Bushing

<sup>5</sup> Geological Markers or Well Tops

<sup>6</sup> Well Path or Deviations

<sup>7</sup> Petrel

جدول (۴-۱)، راس سازندهای مشاهده شده در چاه‌های میدان مورد مطالعه

عمق شروع سازندها (متر)					نام سازندها
چاه ۳۹۵	چاه ۳۱۴	چاه ۳۰۵	چاه ۳۰۳	چاه ۲۹۶	
سطح زمین	—	سطح زمین	سطح زمین	سطح زمین	آغاچاری
۷۸۰	—	۱۶۴۳	۷۹۶	۳۵۲	میشان
۱۰۹۱	—	۱۹۵۰	۱۰۹۰	۷۰۹	گچساران بخش ۷
۱۲۰۷	—	۲۰۶۰	۱۲۰۱	۸۳۲	گچساران بخش ۶
—	—	—	—	۹۲۹	آغاچاری تکراری
—	—	—	—	۱۸۲۳	میشان تکراری
۱۶۵۴	—	—	—	۲۱۸۵	گچساران بخش ۷ تکراری
۱۸۳۴	—	—	—	۲۲۹۸	گچساران بخش ۶ تکراری
۲۱۵۴	—	۲۲۲۴	۱۳۸۳	۲۵۰۸	گچساران بخش ۵
۲۷۵۲	—	۲۴۰۸	۱۶۸۳/۵	۲۹۳۳	گچساران بخش ۴
۳۰۴۵	—	—	۲۶۸۸	۲۹۷۳	گچساران بخش ۳
—	—	—	۲۸۳۵	۳۰۸۵	گچساران بخش ۲
۳۹۷۸	۲۳۲۶	۲۵۱۷	۲۸۷۷	۳۱۲۷	پوش سنگ
۴۰۳۸	۲۳۷۰/۵	۲۵۶۹	۲۹۳۷/۵	۳۱۷۷/۵	آسماری
—	۲۸۲۵	۳۰۰۴	۳۶۰۱	—	پابده
—	۳۰۲۰	۳۲۱۰	—	—	گورپی
—	۳۲۵۶	۳۴۰۷	—	—	ایلام
—	۳۲۹۸	۳۴۲۹	—	—	سروک

—	۴۴۲۲	—	—	—	کژدمی
—	۴۷۸۱	—	—	—	داریان
—	۴۸۳۱	—	—	—	گدوان
—	۴۸۷۷	—	—	—	خلیج
—	۴۹۷۰	—	—	—	فهلپان
۴۵۴۰	—	۳۷۳۶	۳۶۲۹	۳۵۷۹	عمق نهایی چاه

#### ۴-۴ وضعیت چاه‌های مورد استفاده

##### • چاه ۲۹۶

این چاه در شرق میدان مورد مطالعه و به منظور تولید نفت از مخزن آسماری حفاری شده است. در این قسمت از میدان یک گسل رورانده موجب تکرار سازندهای کم‌فشار آغاجاری و میشان در زیر طبقات پرفشار بخش ۶ سازند گچساران شده است. تا آذر ماه ۱۳۹۲، استخراج نفت از مخزن آسماری در این چاه صورت گرفته و در حال حاضر گاز استخراج می‌شود.

##### • چاه ۳۰۳

این چاه در جنوب غرب میدان و با هدف توسعه و تولید نفت از مخزن آسماری حفاری شده است. در این چاه یک ستون چینه‌ای طبیعی از سطح زمین (سازند آغاجاری) تا عمق نهایی حفاری گردیده است.

##### • چاه ۳۰۵

این چاه در شمال غرب میدان مارون نزدیک به ستیغ مخزن به صورت انحرافی حفاری شده است. هدف از حفاری این چاه تولید نفت از مخزن بنگستان می‌باشد. در این چاه نیز یک ستون چینه‌ای طبیعی از سطح زمین (سازند آغاجاری) تا عمق نهایی به جز بخش ۳ و ۲ که در اثر فعالیت‌های تکتونیکی حذف شده حفاری گردیده است.



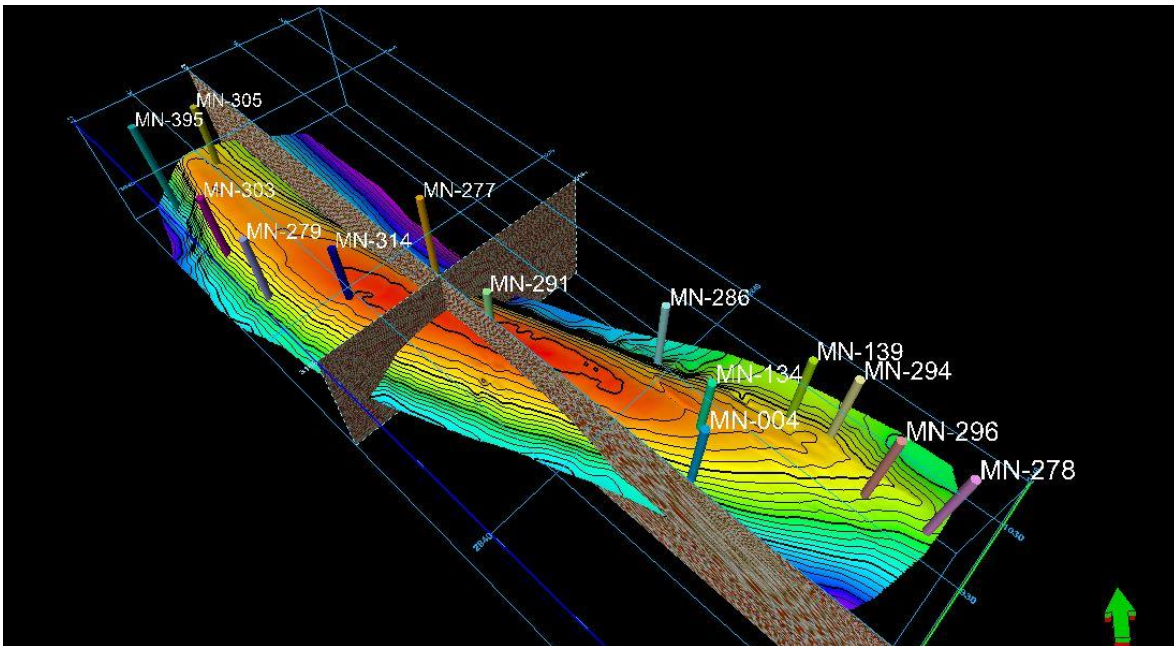
### • چاه ۳۱۴

این چاه با هدف توصیف ساختار، تعیین سطوح تماس و فشار سازندهای مختلف گروه خامی میدان مورد مطالعه حفاری گردیده است. در واقع سازند آسماری در این منطقه از میدان حاوی هیدروکربور نمی باشد.

### • چاه ۳۹۵

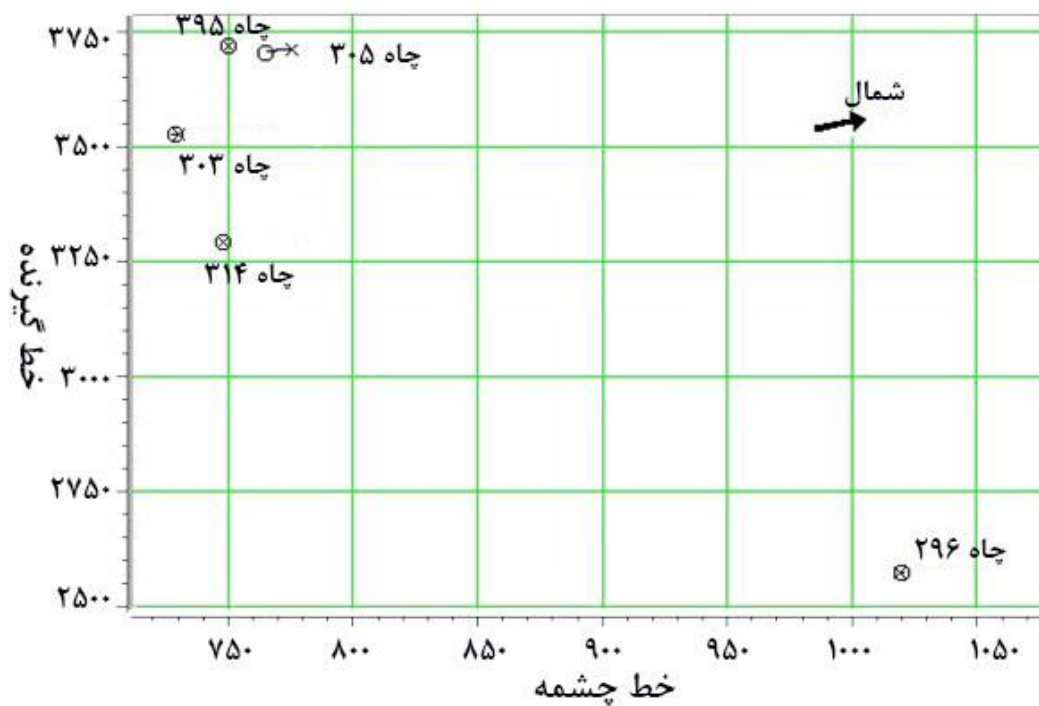
چاه ۳۹۵ با هدف تزریق پساب در دامنه جنوبی مخزن حفاری گردیده است. بر اساس اطلاعات دریافت شده از اداره مهندسی عملیات مخزن، این چاه تزریقی آب زائد می باشد و کاملاً زیر سطح تماس آب و نفت قرار دارد.

در شکل (۴-۴)، نمایشی از داده لرزه نگاری سه بعدی منطقه، چاهها و نقشه زمانی سطح مخزن آسماری مشاهده می شود.



شکل (۴-۴)، نقشه زمانی سطح آسماری به همراه داده لرزه ای سه بعدی و موقعیت چاهها با استفاده از نرم افزار پترل.

در شکل (۴-۵)، نقشه قرارگیری چاه‌ها در میدان مورد مطالعه بر حسب خط چشمه و خط گیرنده آورده شده است.



شکل (۴-۵)، نقشه قرارگیری چاه‌ها در میدان بر حسب خط چشمه و خط گیرنده (HRS)

روش‌های ذکر شده در فصل دوم و سوم بر روی داده‌های مخزن آسماری میدان مورد مطالعه اعمال شده است. توضیحات بیشتر در مورد استفاده از این داده‌ها در فصل پنجم آورده شده است.

## **فصل پنجم**

**محاسبه نگار فاکتور کیفیت و تخمین توزیع این  
فاکتور در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه**

## ۵-۱ مقدمه

در این فصل کلیه مراحل انجام کار از پردازش داده‌های VSP، محاسبه فاکتور کیفیت از روش نسبت طیفی و روش تصحیح زمان تاخیر تا آماده‌سازی داده‌ها در نرم‌افزار و مدل‌سازی فاکتور کیفیت توضیح داده شده است. مراحل کار به صورت زیر است:

- پردازش داده‌های VSP شامل: اعمال هندسه برداشت بر روی داده‌ها، انتخاب اولین زمان‌رسیده‌ها، حذف امواج بالارونده و به خط کردن امواج پایین‌رونده با اعمال فیلتر میانه و ساخت پروفیل سرعت بر حسب عمق
- فراخوانی امواج پایین‌رونده به خط شده هر چاه به همراه فایل زمان اولین‌رسیده‌ها و سرعت‌ها بر حسب عمق در نرم‌افزار MATLAB و محاسبه نگار فاکتور کیفیت و ضریب جذب از روش نسبت طیفی
- محاسبه زمان تاخیر ( $t_{delay}$ ) از نگار صوتی و چک‌شات و همچنین محاسبه فرکانس گوشه با استفاده از داده‌های لرزه‌ای سطحی به منظور برآورد نگار فاکتور کیفیت و ضریب جذب از روش تصحیح زمان تاخیر
- مقایسه دو روش برآورد نگار فاکتور کیفیت
- فراخوانی نگارهای فاکتور کیفیت، صوتی، چگالی و چک‌شات به همراه اطلاعات مربوط به چاه‌ها و داده لرزه‌ای سه‌بعدی و مقاومت ظاهری صوتی در نرم‌افزار همپسون - راسل
- تصحیح نگار صوتی به کمک لرزه‌نگاشت مصنوعی
- تخمین توزیع فاکتور کیفیت در مخزن آسماری از روی نشانگرهای لرزه‌ای
- تعبیر و تفسیر وجود شکستگی و هیدروکربور در مخزن به کمک مکعب فاکتور کیفیت و مقایسه با نقشه هم‌تراکم شکستگی میدان

شرح و نتیجه‌گیری‌ها و مشکلات و پیشنهاداتی که در انجام مراحل مختلف کار وجود داشته است در هریک از بخش‌های فوق ارائه شده است.

## ۵-۲ نرم‌افزارهای استفاده شده

در مراحل مختلف این تحقیق از نرم‌افزارهای متفاوتی استفاده شده است. در زیر نام نرم‌افزارها به همراه توضیح مختصری از کارهای انجام شده با آنان آورده شده است. اما جزئیات آنها در بخش‌های آتی ذکر گردیده است.

### • نرم‌افزار Vista

از این نرم‌افزار به منظور پردازش داده‌های لرزه‌نگاری درون‌چاهی استفاده شده است.

### • نرم‌افزار MATLAB

برای محاسبه فاکتور کیفیت، کدنویسی روش نسبت طیفی در این نرم‌افزار انجام شده است و نگار فاکتور کیفیت به دست آمده است.

### • نرم‌افزار Petrel

داده لرزه‌ای سه‌بعدی و مقطع مقاومت ظاهری صوتی با فرمت SEG-Y با ساختار IBM از این نرم‌افزار خروجی گرفته شدند تا به درستی در نرم‌افزار همپسون-راسل فراخوانی شوند.

### • نرم‌افزار همپسون - راسل

این نرم‌افزار از بخش‌های مختلفی تشکیل شده است که در این تحقیق از بخش‌های Well Explorer، eLog، STRATA و EMERGE استفاده گردید.

## ۳-۵ محاسبه نگار فاکتور کیفیت از روش نسبت طیفی

به منظور محاسبه نگار فاکتور کیفیت از روش نسبت طیفی با استفاده از داده‌های VSP مراحل مختلفی انجام شده است که شرح و تفضیل آن در ادامه آمده است. همانطور که در فصل قبل گفته شد در این تحقیق داده‌های VSP مربوط به پنج چاه به نام‌های ۲۹۶، ۳۰۳، ۳۰۵، ۳۱۴ و ۳۹۵ از میدان مورد مطالعه در اختیار قرار گرفت. کلیه مراحل پردازشی و محاسبه نگار فاکتور کیفیت بر روی پنج چاه انجام شده است اما برای اختصار و نمونه فقط نتایج چاه ۳۰۳ نمایش داده شده است.

### ۱-۳-۵ پردازش داده‌های VSP

به منظور انجام مراحل پردازشی این داده‌ها از نرم‌افزار Vista استفاده شده است. در زیر مراحل کار شرح داده شده است:

- **فراخوانی داده‌ها:** در مرحله اول داده‌های VSP که دارای فرمت SEG-Y می‌باشند در نرم‌افزار فراخوانی می‌شوند. در شکل (۱-۵) داده VSP چاه ۳۰۳ نمایش داده شده است.
- **اعمال هندسه برداشت:** اولین کار پس از فراخوانی، اعمال هندسه برداشت بر روی داده‌ها می‌باشد. برای انجام این کار مقادیر عمق قرارگیری هر گیرنده در چاه، در نرم‌افزار وارد می‌شود.
- **برگزیدن زمان اولین رسیدها:** در این مرحله اولین ظهور از بیشینه موجک<sup>۱</sup> (قله) و یا کمینه موجک<sup>۲</sup> (دره) بر روی هر ردلرزه که طبیعتاً از آن امواج پایین‌رونده می‌باشد، انتخاب می‌شود. همانطور که در شکل (۲-۵) و (۳-۵) مشاهده می‌شود در چاه ۳۰۳ مینیمم موجک پیک شده است. نکته قابل ذکر این که در ظاهر ممکن است انجام این مرحله ساده به نظر بیاید اما در عمل یک اشتباه کوچک در انتخاب زمان اولین رسید تغییرات زیادی در پروفیل سرعت و به دنبال آن در مقادیر فاکتور کیفیت ایجاد می‌کند. انتخاب این زمان‌ها برای محاسبه فاکتور

<sup>1</sup> Frist Break picking

<sup>2</sup> Pick

<sup>3</sup> Trough

کیفیت و همچنین جداسازی امواج بالارونده از امواج پایین‌رونده که در مراحل بعد توضیح داده می‌شود، مورد نیاز است.

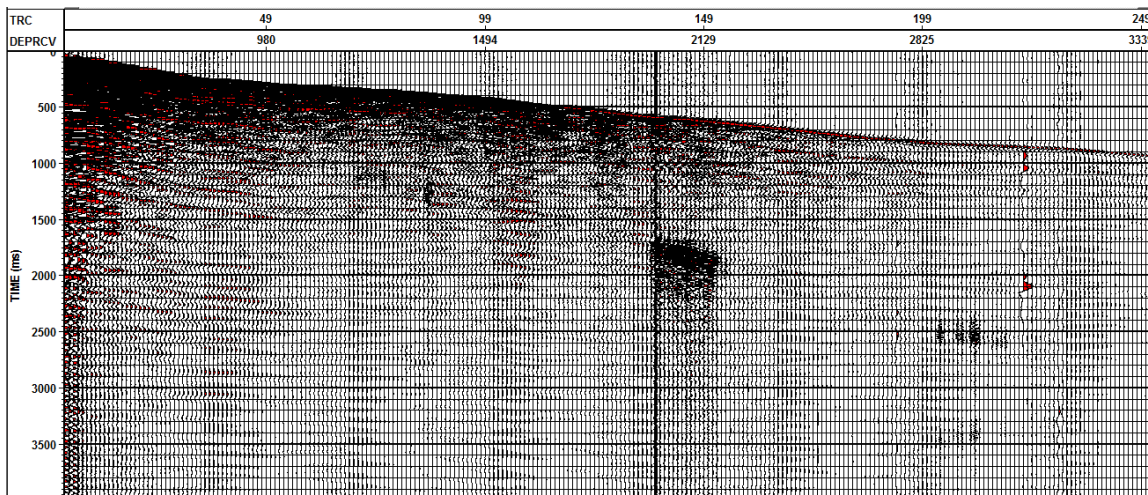
- **قرارگیری اولین‌رسیدها بر روی یک خط مبنا زمانی:** همانطور که مشخص است، گیرنده‌هایی که در فاصله دورتری از چشمه قرار دارند موج لرزه‌ای دیرتر به آنها می‌رسد. این موضوع باعث می‌شود هنگامی که زمان اولین‌رسید کلیه ردلرزه‌ها انتخاب شد همانند شکل (۵-۵) (۲) به صورت یک خط مورب باشد. در این مرحله هدف جابه‌جایی زمانی این اولین‌رسیدها به گونه‌ای است که همگی بر روی یک خط مبنا قرار گیرند. در این تحقیق تمامی اولین‌رسیدها بر روی خط زمانی ۱۰۰ میلی‌ثانیه قرار گرفته‌اند.

- **جداسازی امواج پایین‌رونده از امواج بالارونده:** در این مرحله، هدف حذف امواج بالارونده می‌باشد که برای انجام این کار از روش فیلتر میانه استفاده شده است. به منظور تفکیک امواج بالارونده و پایین‌رونده از این روش، لازم است در ابتدا یکی از دو رویداد با دقت به خط شوند که این کار در مراحل قبل انجام شده است. در روش فیلتر میانه یک پنجره با ابعاد دلخواه در نظر گرفته می‌شود که در این تحقیق پنجره‌ای با ابعاد ۱۵ ردلرزه در نظر گرفته شده است. این فیلتر دارای الگوریتم پنجره متحرک می‌باشد. در واقع مرکز پنجره بر روی همه ردلرزه‌ها قرار می‌گیرد و مقدار میانه اعداد قرار گرفته شده در پنجره به مرکز آن نسبت داده می‌شود و در نهایت موجب حذف امواج بالارونده می‌گردد (شکل ۴-۵).

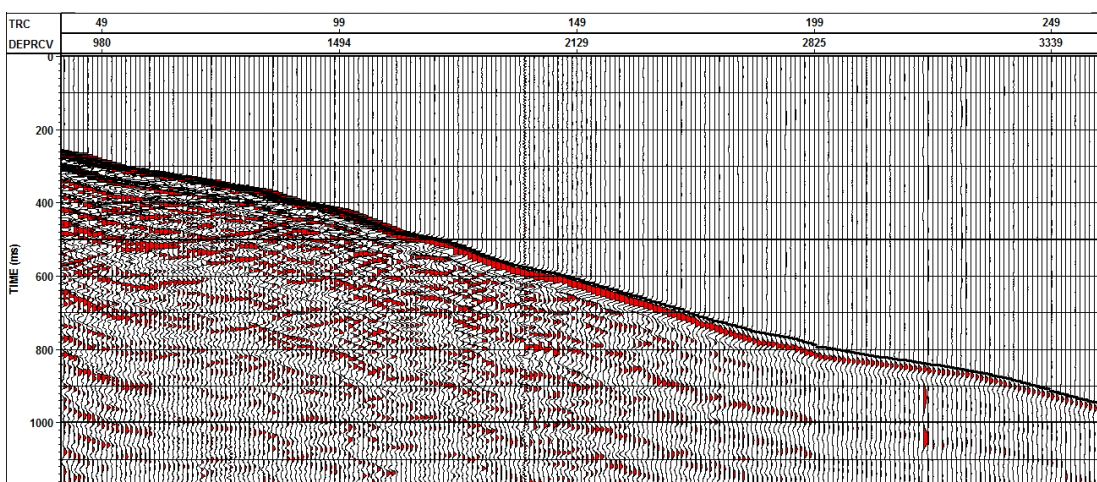
- **ساخت پروفیل سرعت بر حسب عمق:** با توجه به این که در هر عمق، زمان اولین‌رسید اندازه‌گیری شده است، می‌توان از رابطه بین سرعت، زمان و عمق مقادیر سرعت را در هر عمق محاسبه کرد که شامل سرعت بازه‌ای<sup>۱</sup> و سرعت RMS می‌باشد (شکل ۵-۵).

---

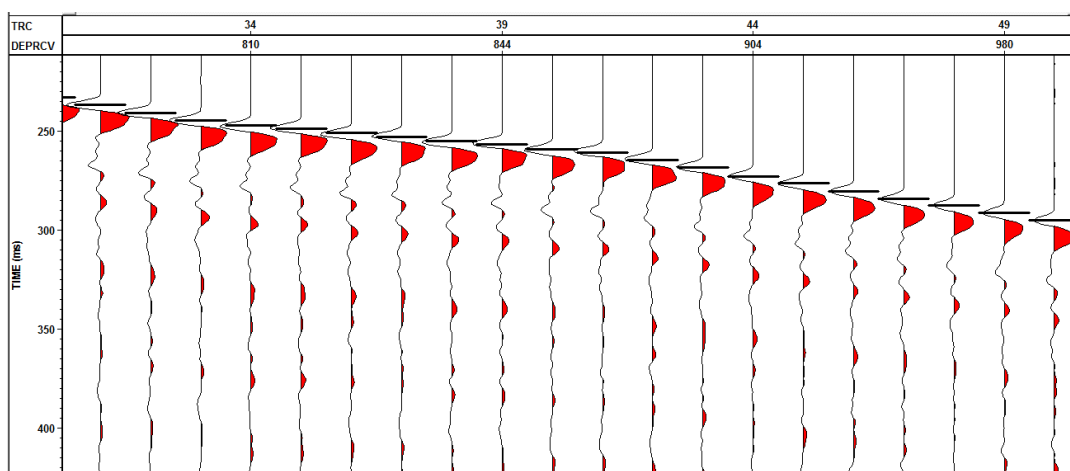
<sup>1</sup> Interval velocity



شکل (۵-۱)، نمایی از داده VSP چاه ۳۰۳ که در نرم افزار Vista فراخوانی شده است.

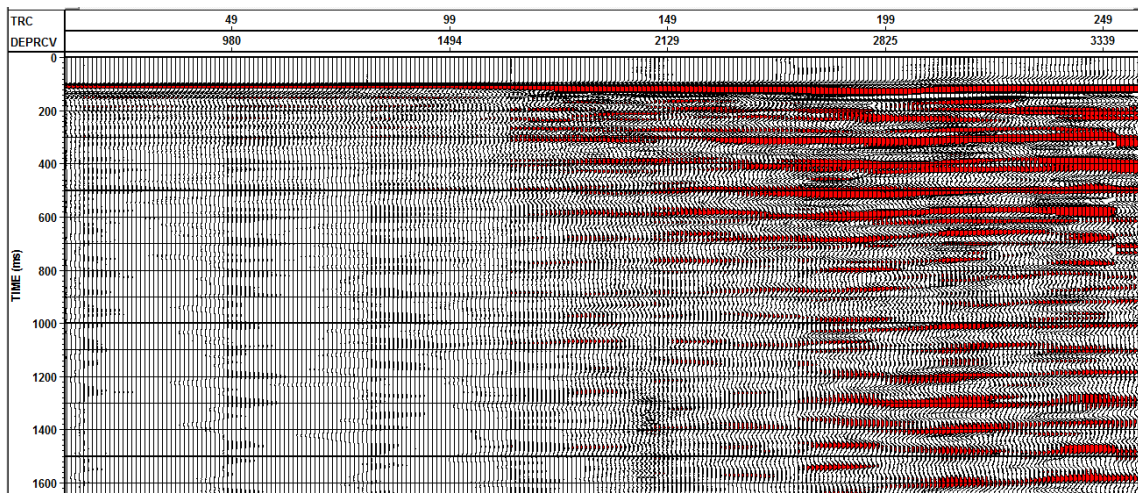


شکل (۵-۲)، نمایی کلی از اولین زمان‌رسیدهای پیک شده در چاه ۳۰۳، همانطور که مشاهده می‌شود این خط به صورت مورب می‌باشد.

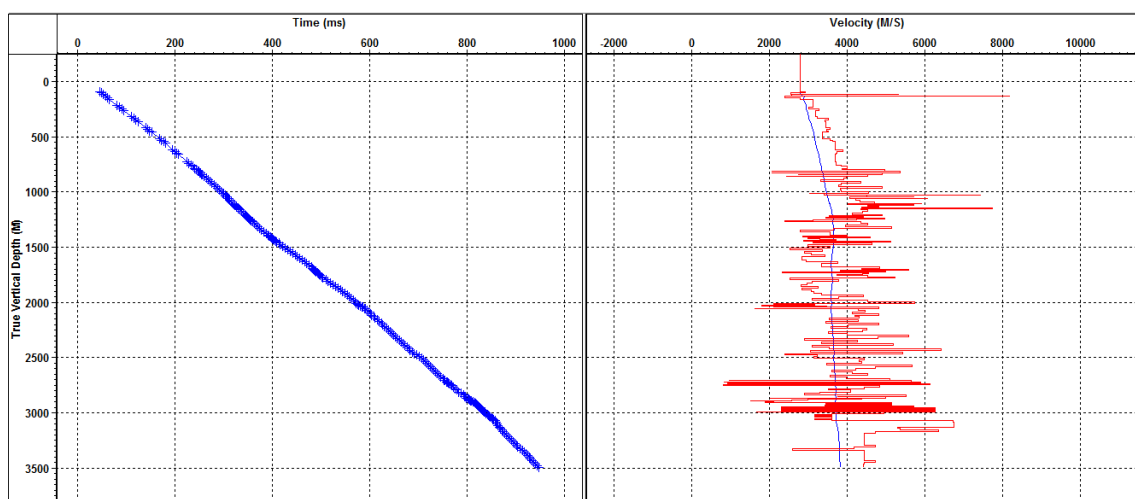


شکل (۵-۳)، نمایی نزدیک‌تر از اولین زمان‌رسیدهای پیک شده در چاه ۳۰۳.





شکل (۴-۵)، امواج پایین‌رونده که بر روی خط ۱۰۰ میلی‌ثانیه به خط شده‌اند (چاه ۳۰۳).



شکل (۵-۵)، شکل سمت راست پروفیل سرعت بازه ای (نمودار قرمز رنگ) و سرعت RMS (نمودار آبی رنگ) در اعماق مختلف چاه ۳۰۳، شکل سمت چپ نمودر زمان اولین‌رسیده‌ها بر اساس عمق در چاه ۳۰۳ می‌باشد.

### ۵-۳-۲ روش نسبت طیفی در نرم‌افزار MATLAB

هدف از پردازش داده‌های VSP در بخش قبل، آماده‌سازی این داده‌ها به منظور استفاده در روش نسبت طیفی می‌باشد. در اولین مرحله از این بخش امواج پایین‌رونده به خط شده هر چاه به همراه مقادیر اولین زمان‌رسیده‌ها و سرعت‌ها در نرم افزار MATLAB فراخوانی می‌شوند.

برای محاسبه فاکتور کیفیت به دو روش می‌توانیم عمل کنیم:

۱- فاکتور کیفیت بازه‌ای<sup>۱</sup>: مقادیر فاکتور کیفیت بین دو ردلرزه متوالی محاسبه می‌شود.

۲- فاکتور کیفیت تجمعی<sup>۲</sup>: مقادیر فاکتور کیفیت بین هر ردلرزه با ردلرزه اول محاسبه می‌شود.

در این تحقیق هر دو روش مورد بررسی قرار گرفتند. شکل (۵-۶) نگار فاکتور کیفیت بازه‌ای و تجمعی چاه ۳۰۳ را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود نمودار فاکتور کیفیت بازه‌ای در برخی نقاط دارای مقادیر بسیار بزرگ می‌باشد. دلیل این موضوع آن است که در مکان‌هایی که فاصله گیرنده‌ها از یکدیگر کم می‌باشد، دامنه موج دچار میرایی خیلی کمی می‌شود در نتیجه فاکتور کیفیت که رابطه عکس با میرایی موج دارد، دارای مقادیر خیلی بزرگ می‌شود. به همین دلیل در نهایت از روش تجمعی برای محاسبه فاکتور کیفیت استفاده شده است.

همانطور که در فصل دوم، تئوری این روش شرح داده شد برای محاسبه فاکتور کیفیت به دو پارامتر اختلاف زمان رسید بین دو ردلرزه مورد نظر و شیب خط نمودار لگاریتم نسبت طیف دامنه‌ها بر حسب فرکانس نیاز است. پارامتر اول در واقع همان زمان اولین رسیدهایی است که بر روی داده VSP انتخاب شده‌اند. در شکل (۵-۷) نمودار زمان رسید چاه ۳۰۳ نشان داده شده است، همانطور که انتظار می‌رود این نمودار شکل صعودی دارد. همچنین می‌توان به جای استفاده از زمان‌رسیدها از نسبت فاصله گیرنده‌ها به سرعت موج استفاده کرد.

برای محاسبه پارامتر دوم (شیب) مراحل زیر می‌بایست انجام شوند:

- ۱- تعیین زمان شروع ( $t_1$ ) به منظور محاسبه طیف دامنه، بر روی ردلرزه اول
  - ۲- تعیین زمان شروع ( $t_n$ ) به منظور محاسبه طیف دامنه، بر روی ردلرزه n ام
  - ۳- تعیین طول پنجره زمانی به منظور محاسبه نسبت طیف دامنه بین ردلرزه اول و ردلرزه n ام.
- در واقع برای محاسبه طیف دامنه هر ردلرزه، نیازمند تعیین پنجره زمانی است که در آن پنجره

<sup>1</sup> Interval

<sup>2</sup> Cumulative

زمانی از ردلرزه تبدیل فوریه گرفته شود. این پنجره زمانی به گونه‌ای تعیین می‌شود که زمان اولین رسیدهای موج پایین‌رونده را شامل شود. از طرفی به دلیل اینکه تمامی این زمان‌رسیدها بر روی خط زمانی ۱۰۰ میلی ثانیه جابه‌جا شده‌اند، بنابراین پنجره زمانی برای تمامی ردلرزه‌ها یکسان می‌باشد. زمان شروع برای همه ردلرزه‌ها ۰/۰۵ ثانیه و طول پنجره زمانی ۰/۲ ثانیه انتخاب شده است (شکل ۵-۸).

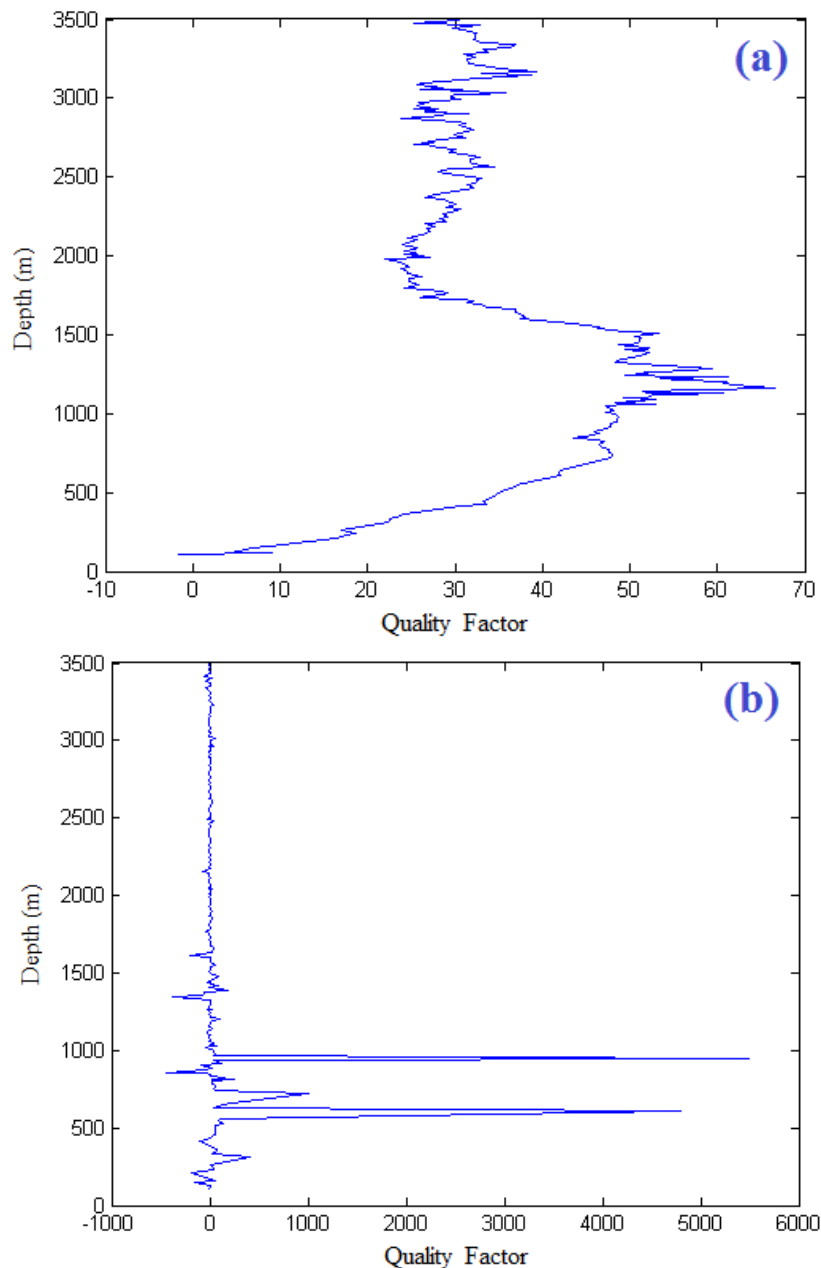
۴- تعیین بازه فرکانسی که در محدوده این بازه، شیب خط محاسبه شود. این بازه فرکانسی بر حسب بازه فرکانسی داده‌های VSP تعیین می‌شود. لازم به ذکر است که انتخاب بازه مناسب فرکانسی نقش مهمی در تعیین علامت شیب خط دارد چرا که انتخاب بازه فرکانسی غلط موجب می‌شود شیب خط مثبت شود و در نتیجه بر اساس رابطه (۲-۱۲) مقدار فاکتور کیفیت منفی گردد. البته با توجه به این که بازه فرکانسی می‌بایست برای تمامی چاه‌ها یکسان باشد، امکان دارد در یکسری از اعماق مقادیر فاکتور کیفیت منفی مشاهده شود. اما به دلیل این که هدف برآورد توزیع فاکتور کیفیت در محدوده مخزن آسماری می‌باشد، مهم این است که این مقادیر منفی در این محدوده نباشد. بازه فرکانسی داده‌های VSP معمولاً بین ۵ تا ۱۵۰ هرتز می‌باشد با توجه به این موضوع و انجام آزمایشات مکرر بازه فرکانسی ۱۰ تا ۸۰ هرتز برای داده‌های میدان مورد مطالعه انتخاب شد.

۵- رسم منحنی طیف دامنه‌های ردلرزه اول و ردلرزه n ام (شکل ۵-۹) و در ادامه محاسبه لگاریتم نسبت طیف دامنه ردلرزه n ام به ردلرزه اول (گرفتن تبدیل فوریه از مقادیر دامنه ردلرزه اول و ردلرزه n ام و اعمال قدر مطلق)

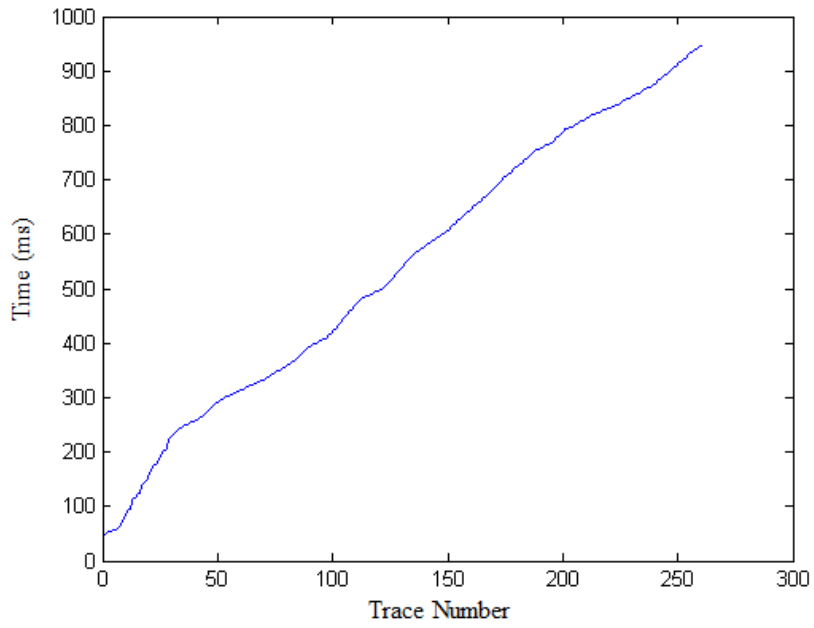
۶- رسم منحنی لگاریتم نسبت طیف دامنه‌ها بر حسب فرکانس به منظور محاسبه شیب این منحنی (شکل ۵-۱۰).

در نهایت بر اساس رابطه (۲-۱۲) مقادیر فاکتور کیفیت و میرایی تجمعی در هر عمق برای تمامی چاه‌ها به دست آمد. لازم به ذکر است که نرم‌افزار Vista نیز نمودار تضعیف تجمعی را محاسبه می‌کند. اما به

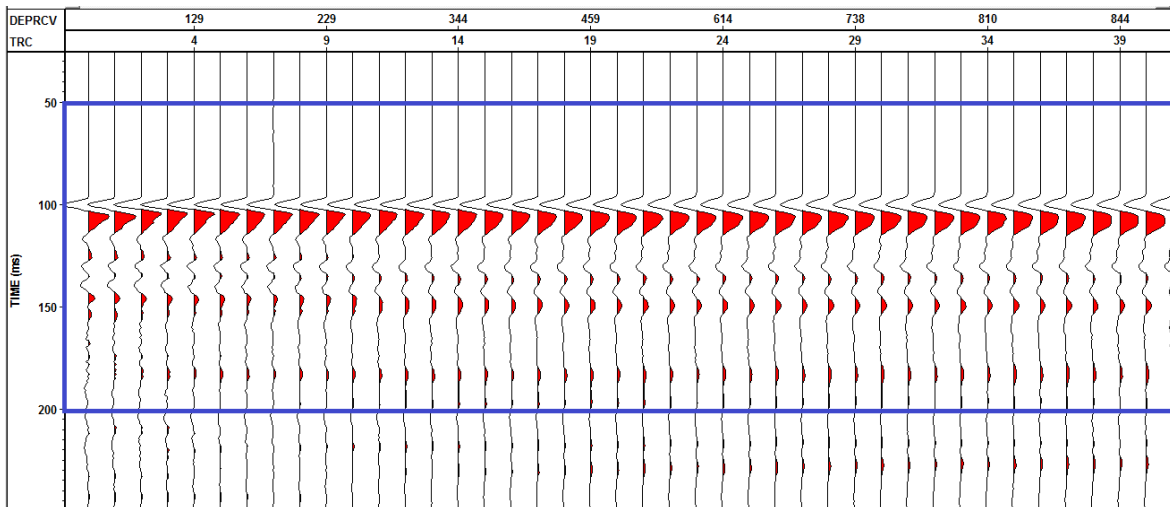
دلیل اینکه کدنویسی در نرم‌افزار MATLAB دارای دقت بیشتری می‌باشد، نتایج حاصل از کدنویسی در مراحل بعدی مورد استفاده قرار گرفت. در شکل (۵-۱۱)، نمودارهای تضعیف تجمعی چاه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Vista آورده شده است و همچنین در شکل (۵-۱۲) نمودار تضعیف تجمعی چاه‌ها بر اساس خروجی نرم‌افزار MATLAB آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، روند این دو نمودار مخصوصاً در محدوده مخزن آسماری تا حد زیادی مشابه یکدیگر می‌باشد.



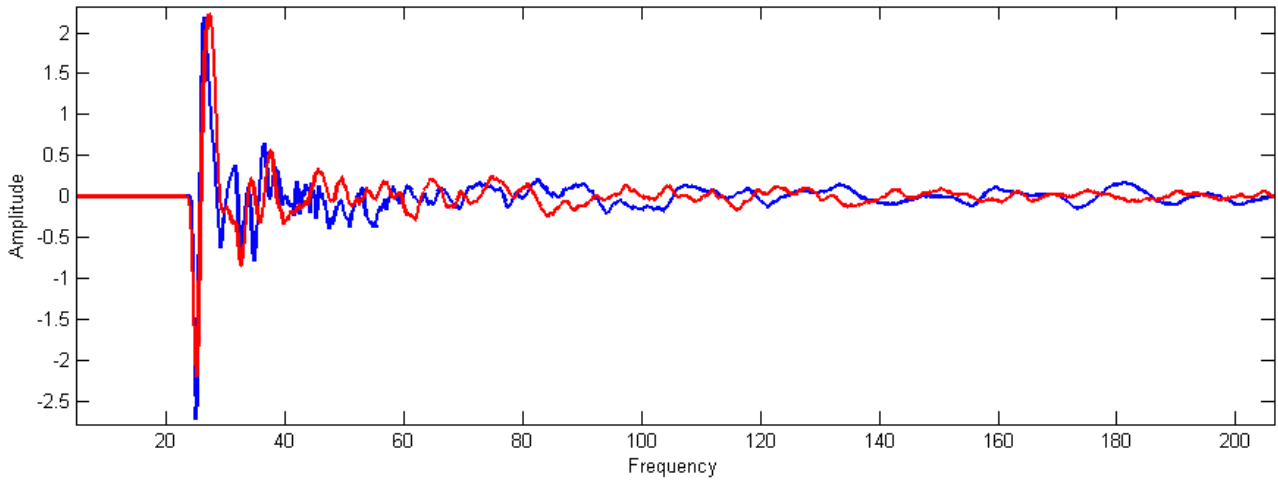
شکل (۵-۶)، (a) نگار فاکتور کیفیت با استفاده از روش تجمعی در چاه ۳۰۳، (b) نگار فاکتور کیفیت از روش بازه‌ای در چاه ۳۰۳



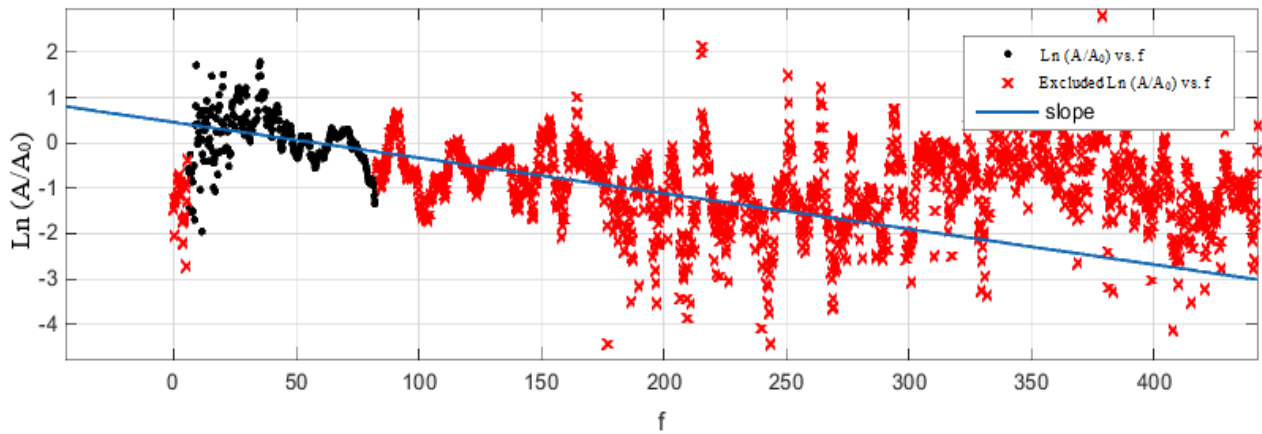
شکل (۵-۷)، نمودار زمان اولین‌رسیدهای انتخاب شده در چاه ۳۰۳



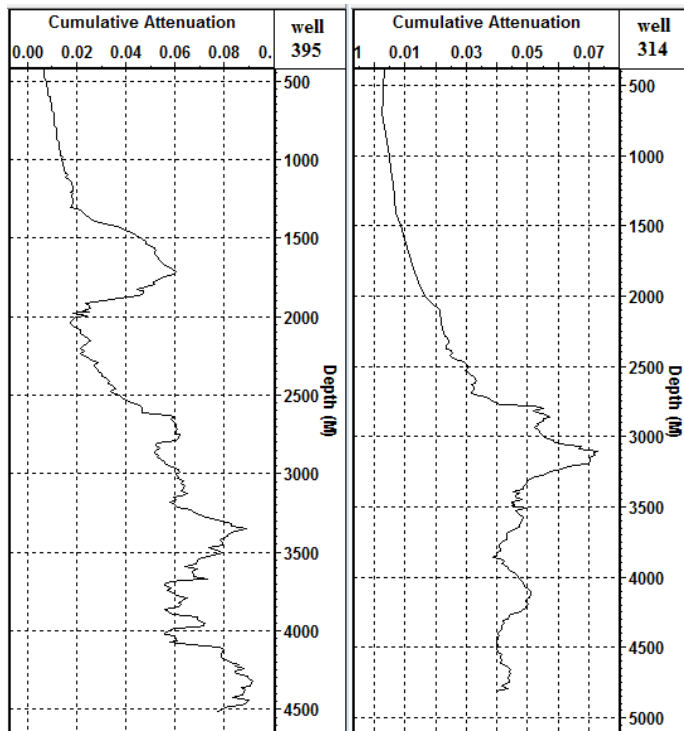
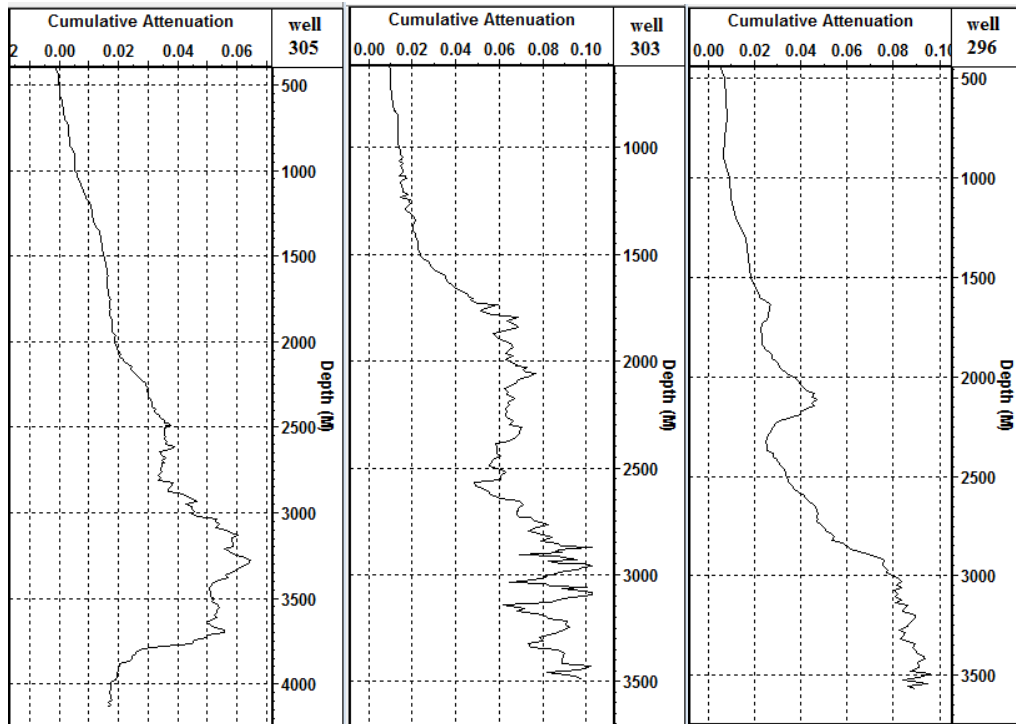
شکل (۵-۸)، طول پنجره زمانی ردلرزه‌ها که از ۵۰ میلی ثانیه تا ۲۰۰ میلی ثانیه می‌باشد.



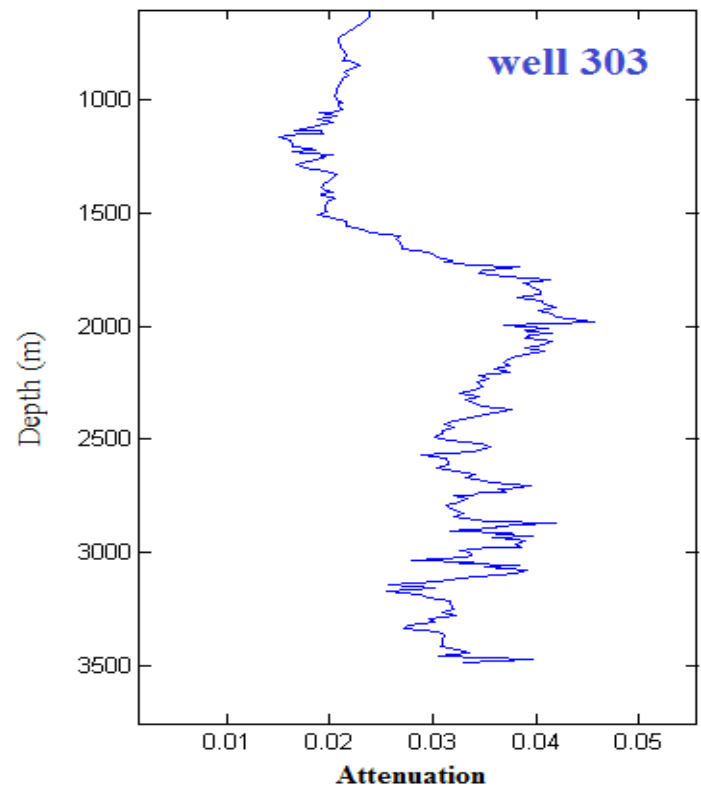
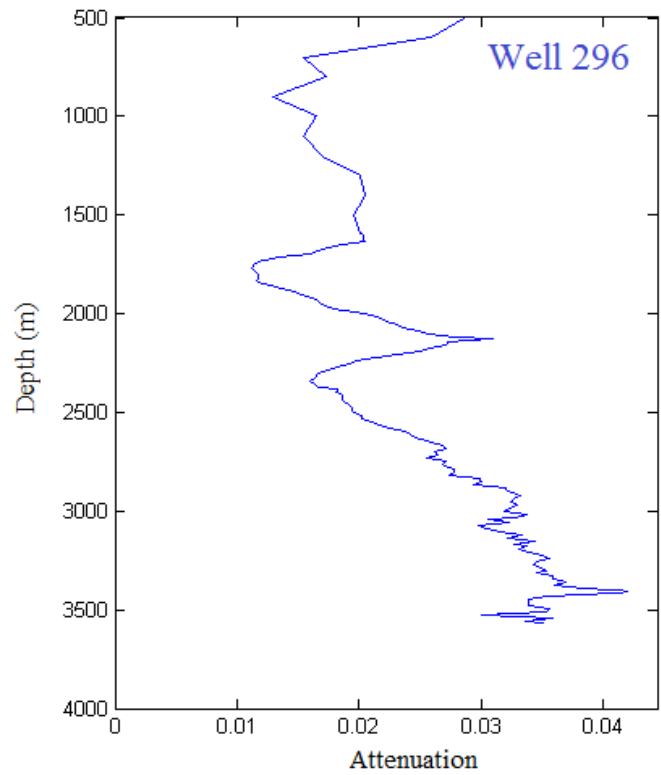
شکل (۵-۹)، نمودار طیف دامنه ردلرزه اول به رنگ آبی و ردلرزه شصت و سوم به رنگ قرمز



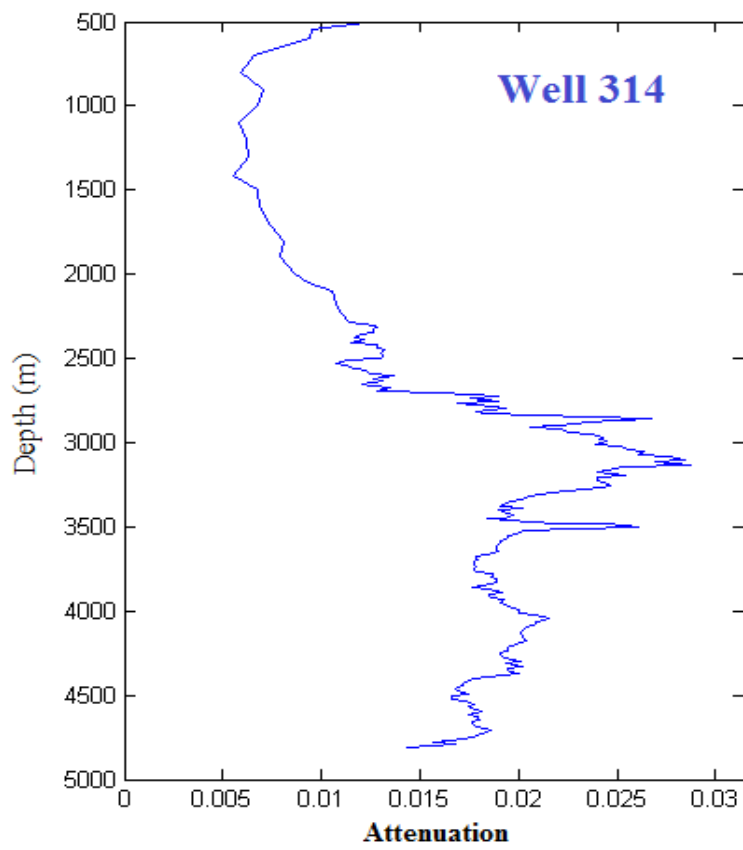
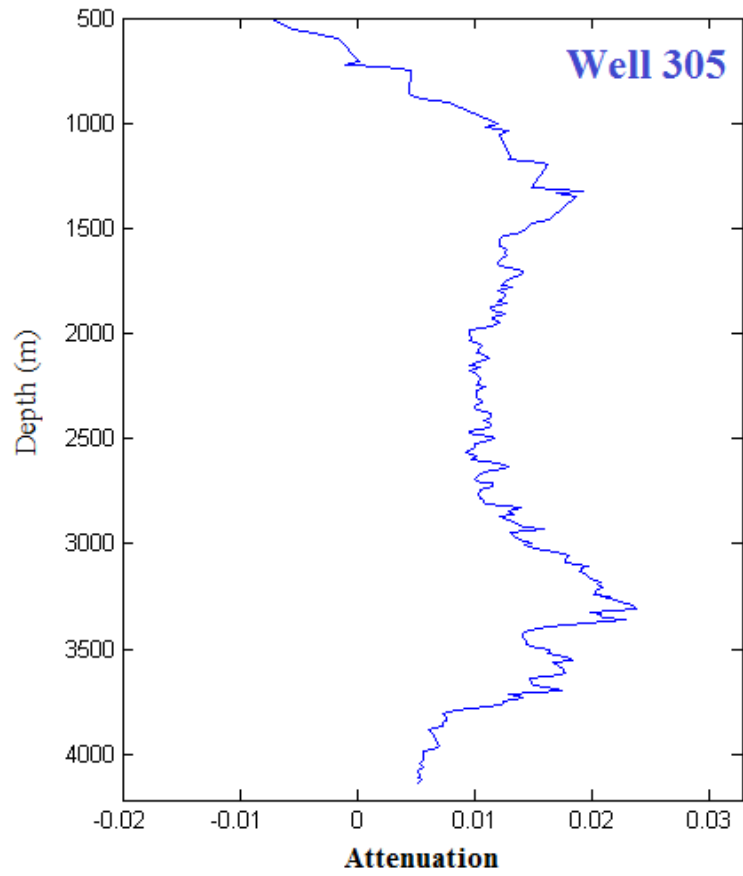
شکل (۵-۱۰)، نمودار لگاریتم نسبت طیف دامنه ردلرزه اول به ردلرزه شصت و سوم که در بازه فرکانسی ۱۰ تا ۸۰ هرتز شیب خط به دست آمده است.

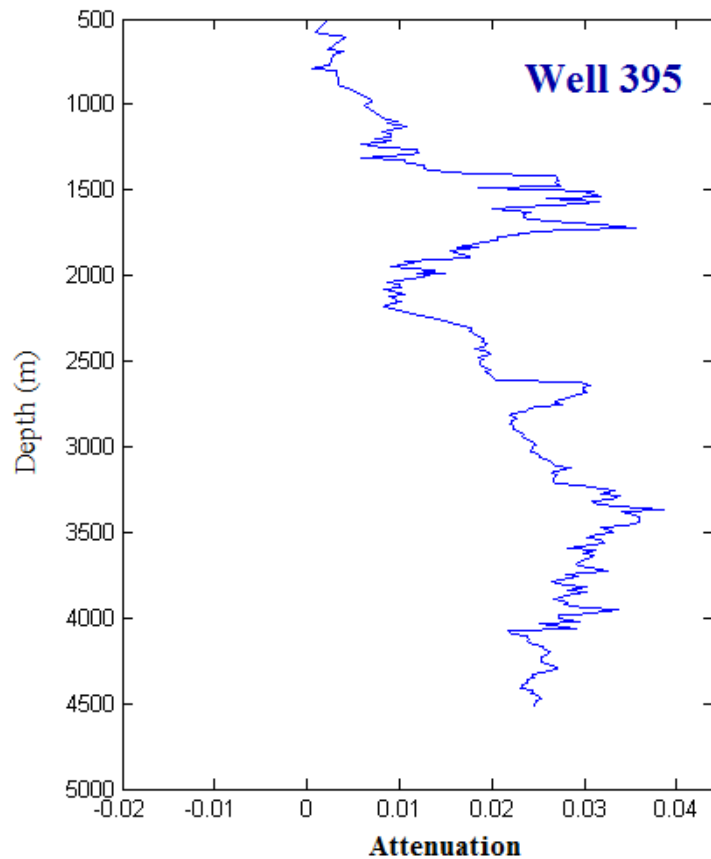


شکل (۵-۱۱)، نمودارهای تضعیف تجمعی پنج چاه با استفاده از نرم افزار Vista









شکل (۵-۱۲)، نمودارهای تضعیف تجمعی پنج چاه با استفاده از نرم‌افزار MATLAB

#### ۴-۵ محاسبه نگار فاکتور کیفیت از روش تصحیح زمان تاخیر

در میدان مورد مطالعه متاسفانه به دلیل این که نگار صوتی تمامی چاه‌ها تنها در محدوده مخزن برداشت شده‌اند، محاسبه نگار فاکتور کیفیت از این روش در محدوده مخزن میسر می‌باشد. با این حال این روش بر روی داده‌های چاه ۳۰۳ انجام شده است. در این بخش بر اساس رابطه (۲-۱۴)، به منظور محاسبه نگار فاکتور کیفیت نیاز به محاسبه زمان تاخیری و فرکانس گوشه می‌باشد. در زیر روش محاسبه هر یک شرح داده شده است:

#### ۱-۴-۵ محاسبه زمان تاخیری

همانطور که در توضیحات فصل دوم گذشت، اختلاف زمان‌رسید بین نگار صوتی و داده لرزه‌ای (چکشات) را زمان تاخیری گویند. در این بخش به منظور درک بهتر مسائلی که در ادامه شرح داده

می‌شود برای نمونه روش محاسبه اولین زمان تاخیری را بیان می‌کنیم، که در جدول (۵-۱) مقادیر مربوط به آن آورده شده است. گام اول در محاسبه زمان تاخیری در چاه ۳۰۳ تبدیل کردن اطلاعات عمق هر دو داده به یک سطح مبنا می‌باشد. چرا که اطلاعات عمقی در نگار صوتی بر حسب عمق قرارگیری گیرنده‌ها در درون چاه<sup>۱</sup> و اطلاعات عمقی در چک‌شات بر حسب سطح آزاد دریا<sup>۲</sup> بود. برای یکی کردن سطح مبنا، مقادیر عمق نگار صوتی تبدیل به ارتفاع از سطح آزاد دریا شدند. ارتفاع دکل حفاری در منطقه چاه ۳۰۳ از سطح آزاد دریا برابر با ۱۰۳ متر می‌باشد. بنابراین مقادیر عمق نگار صوتی از عدد ۱۰۳ کم شدند. در چاه ۳۰۳ نگار صوتی از عمق ۲۸۱۹ متر برداشت شده است که عمق ۲۸۲۷/۹ متر در داده چک‌شات اولین عمقی است که در محدوده برداشت نگار صوتی قرار می‌گیرد و نزدیکترین عمق در نگار صوتی به آن عمق ۲۸۲۷/۸۴ متر می‌باشد.

برای محاسبه زمان تاخیری، زمان رسید چک‌شات در عمق ۲۸۲۷/۹ متر موجود است، که برابر ۷۶۳/۸ میلی‌ثانیه می‌باشد، اما مشکل در محاسبه زمان رسید نگار صوتی تا این عمق است. چرا که نگار صوتی تنها در محدوده مخزن برداشت شده است و زمان رسید آن از سطح زمین نمی‌باشد. برای حل این مشکل در ابتدا با معکوس کردن مقادیر کندی در نگار صوتی، مقادیر سرعت در هر عمق محاسبه و سپس بر اساس رابطه (۲-۲۳)، اختلاف زمان رسید ما بین هر دو عمق متوالی از نگار صوتی به دست می‌آید. در ادامه از عمق شروع برداشت نگار صوتی (۲۸۱۹ متر) تا عمق ۲۸۲۷/۸۴ متر تمامی  $\Delta t_i$  ها با هم جمع می‌شوند که همانطور که در جدول (۵-۱) مشاهده می‌شود، این مقدار برابر ۱/۸۴۸۷ میلی‌ثانیه می‌باشد.

برای محاسبه زمان رسید موج از سطح زمین تا عمق ۲۸۱۹ متری از داده چک‌شات استفاده می‌کنیم. نزدیکترین عمق به عمق شروع نگار صوتی در داده چک‌شات عمق ۲۸۱۲/۳ متری می‌باشد. زمان رسید مربوط به این عمق برابر ۷۶۰/۷۰ میلی‌ثانیه می‌باشد که این مقدار به عدد ۱/۸۴۸۷ اضافه می‌شود تا

<sup>1</sup> Measured Depth (MD)

<sup>2</sup> Mean Sea Level (MSL or SRD)

زمان رسید نگار صوتی در عمق ۲۸۲۷/۹۰ متر که برابر ۷۶۲/۵۴ میلی ثانیه می شود، به دست آید. در مرحله آخر با محاسبه اختلاف دو زمان رسید نگار صوتی (۷۶۲/۵۴) و چک شات (۷۶۳/۸) زمان تاخیری (۱/۲۵۳۵) به دست می آید. برای مابقی اعماق نیز به همین صورت زمان تاخیری محاسبه می شود.

جدول (۵-۱)، مقادیر نگار صوتی و چک شات در محاسبه اولین زمان تاخیری در چاه ۳۰۳

عمق برداشت نگار صوتی بر حسب MD (متر)	عمق برداشت نگار صوتی بر حسب MSL (متر)	عمق برداشت چک شات بر حسب MSL	زمان رسید چک شات (میلی ثانیه)	کندی (میکروثانیه بر فوت)	سرعت (متر بر ثانیه)	سرعت میانگین (متر بر ثانیه)	اختلاف بین دو عمق متوالی در نگار صوتی (متر)	اختلاف زمان رسید دو عمق متوالی نگار صوتی (ثانیه)
۲۹۲۲/۰۰	۲۸۱۹/۰۰			۶۱/۴۹	۴۹۵۶/۹۰۳۴	۴۹۵۲/۴۷۷۸	۰/۱۵۲۱	۰/۰۳۰۸
۲۹۲۲/۱۵	۲۸۱۹/۱۵			۶۱/۶۰	۴۹۴۸/۰۵۲۱	۴۹۴۶/۲۲۲۱	۰/۱۵۲۴	۰/۰۳۰۷
۲۹۲۲/۳۰	۲۸۱۹/۳۰			۶۱/۲۰	۴۹۸۰/۳۹۲۱	۵۰۴۰/۳۹۶۹	۰/۱۵۲۶	۰/۰۳۰۳
۲۹۲۲/۴۶	۲۸۱۹/۴۶			۵۹/۷۶	۵۱۰۰/۴۰۱۸	۵۱۸۸/۷۰۵۱	۰/۱۵۲۳	۰/۰۲۹۴
۲۹۲۲/۶۱	۲۸۱۹/۶۱			۵۷/۷۶	۵۲۷۷/۰۰۸۵	۵۳۷۰/۶۶۶۴	۰/۱۵۲۴	۰/۰۲۸۴
۲۹۲۲/۶۷	۲۸۱۹/۶۷			۵۵/۷۸	۵۴۶۴/۳۲۴۲	۵۵۳۴/۶۶۳۰	۰/۱۵۲۳	۰/۰۲۷۵
۲۹۲۲/۹۱	۲۸۱۹/۹۱			۵۴/۳۸	۵۶۰۵/۰۰۱۷	۵۶۴۸/۴۳۹۳	۰/۱۵۲۶	۰/۰۲۷۰
۲۹۲۳/۰۷	۲۸۲۰/۰۷			۵۳/۳۵	۵۶۹۱/۷۷۶۹	۵۷۱۲/۲۱۶۵	۰/۱۵۲۳	۰/۰۲۶۷
۲۹۲۳/۲۲	۲۸۲۰/۲۲			۵۳/۱۷	۵۷۳۲/۵۵۶۲	۵۷۳۶/۳۳۴۷	۰/۱۵۲۴	۰/۰۲۶۶
۲۹۲۳/۳۷	۲۸۲۰/۳۷			۵۳/۱۰	۵۷۴۰/۱۱۳۲	۵۷۳۸/۴۹۲۵	۰/۱۵۲۳	۰/۰۲۶۵
۲۹۲۳/۵۲	۲۸۲۰/۵۲			۵۳/۱۳	۵۷۳۶/۷۷۱۷	۵۷۳۴/۷۱۳۹	۰/۱۵۲۶	۰/۰۲۶۶
۲۹۲۳/۶۸	۲۸۲۰/۶۸			۵۳/۱۷	۵۷۳۲/۵۵۶۲	۵۷۳۲/۰۱۷۱	۰/۱۵۲۴	۰/۰۲۶۶
۲۹۲۳/۸۳	۲۸۲۰/۸۳			۵۳/۱۸	۵۷۳۱/۴۷۸۰	۵۷۳۲/۰۱۷۱	۰/۱۵۲۳	۰/۰۲۶۶
۲۹۲۳/۹۸	۲۸۲۰/۹۸			۵۳/۱۷	۵۷۳۲/۵۵۶۲	۵۷۳۲/۰۱۷۱	۰/۱۵۲۳	۰/۰۲۶۶
۲۹۲۴/۱۳	۲۸۲۱/۱۳			۵۳/۱۸	۵۷۳۱/۴۷۸۰	۵۷۲۷/۷۱۰۸	۰/۱۵۲۴	۰/۰۲۶۶
۲۹۲۴/۲۹	۲۸۲۱/۲۹			۵۳/۲۵	۵۷۲۳/۹۴۳۷	۵۷۱۲/۷۰۱۴	۰/۱۵۲۶	۰/۰۲۶۷

·/·۲۶۸	·/۱۵۲۳	۵۶۸۵/۵۵۱۱	۵۷۰۱/۴۵۹۱	۵۳/۴۶			۲۸۲۱/۴۴	۲۹۲۴/۴۴
·/·۲۶۹	·/۱۵۲۴	۵۶۵۸/۶۱۲۵	۵۶۶۹/۶۴۳۱	۵۳/۷۶			۲۸۲۱/۵۹	۲۹۲۴/۵۹
·/·۲۷۰	·/۱۵۲۳	۵۶۴۰/۲۷۵۸	۵۶۴۷/۵۸۱۹	۵۳/۹۷			۲۸۲۱/۷۴	۲۹۲۴/۷۴
·/·۲۷۲	·/۱۵۲۶	۵۶۱۹/۵۰۱۳	۵۶۳۲/۹۶۹۸	۵۴/۱۱			۲۸۲۱/۹۰	۲۹۲۴/۹۰
·/·۲۷۳	·/۱۵۲۳	۵۵۷۶/۴۴۶۸	۵۶۰۶/۰۳۲۸	۵۴/۳۷			۲۸۲۲/۰۵	۲۹۲۵/۰۵
·/·۲۷۸	·/۱۵۲۴	۵۴۸۶/۶۲۲۵	۵۵۴۶/۸۶۰۷	۵۴/۹۵			۲۸۲۲/۲۰	۲۹۲۵/۲۰
·/·۲۸۶	·/۱۵۲۳	۵۳۲۵/۹۱۲۸	۵۴۲۶/۳۸۴۴	۵۶/۱۷			۲۸۲۲/۳۵	۲۹۲۵/۳۵
·/·۲۹۹	·/۱۵۲۶	۵۱۰۷/۸۰۹۰	۵۲۲۵/۴۴۱۳	۵۸/۳۳			۲۸۲۲/۵۱	۲۹۲۵/۵۱
·/·۳۱۲	·/۱۵۲۴	۴۸۸۹/۸۰۸۷	۴۹۹۰/۱۷۶۷	۶۱/۰۸			۲۸۲۲/۶۶	۲۹۲۵/۶۶
·/·۳۲۳	·/۱۵۲۳	۴۷۱۹/۳۰۸۶	۴۷۸۹/۴۴۰۷	۶۳/۶۴			۲۸۲۲/۸۱	۲۹۲۵/۸۱
·/·۳۳۰	·/۱۵۲۳	۴۶۱۵/۲۸۴۲	۴۶۴۹/۱۷۶۵	۶۵/۵۶			۲۸۲۲/۹۶	۲۹۲۵/۹۶
·/·۳۳۳	·/۱۵۲۴	۴۵۸۱/۷۳۶۴	۴۵۸۱/۳۹۱۹	۶۶/۵۳			۲۸۲۳/۱۱	۲۹۲۶/۱۱
·/·۳۳۱	·/۱۵۲۶	۴۶۱۱/۳۸۱۴	۴۵۸۲/۰۸۰۸	۶۶/۵۲			۲۸۲۳/۲۷	۲۹۲۶/۲۷
·/·۳۲۳	·/۱۵۲۳	۴۷۱۲/۸۰۵۷	۴۶۴۰/۶۸۲۱	۶۵/۶۸			۲۸۲۳/۴۲	۲۹۲۶/۴۲
·/·۳۱۱	·/۱۵۲۴	۴۸۹۹/۴۵۵۹	۴۷۸۴/۹۲۹۳	۶۳/۷۰			۲۸۲۳/۵۷	۲۹۲۶/۵۷
·/·۲۹۶	·/۱۵۲۳	۵۱۴۰/۹۳۵۲	۵۰۱۳/۹۸۲۵	۶۰/۷۹			۲۸۲۳/۷۲	۲۹۲۶/۷۲
·/·۲۸۴	·/۱۵۲۶	۵۳۷۶/۴۳۰۹	۵۲۶۷/۸۸۷۹	۵۷/۸۶			۲۸۲۳/۸۸	۲۹۲۶/۸۸
·/·۲۷۶	·/۱۵۲۳	۵۵۲۳/۵۰۸۹	۵۴۸۴/۹۷۳۹	۵۵/۵۷			۲۸۲۴/۰۳	۲۹۲۷/۰۳
·/·۲۷۷	·/۱۵۲۴	۵۵۰۷/۸۰۶۸	۵۵۶۲/۰۴۳۹	۵۴/۸۰			۲۸۲۴/۱۸	۲۹۲۷/۱۸
·/·۲۸۵	·/۱۵۲۳	۵۳۴۱/۷۴۷۱	۵۴۵۳/۵۶۹۶	۵۵/۸۹			۲۸۲۴/۳۳	۲۹۲۷/۳۳
·/·۲۹۹	·/۱۵۲۶	۵۱۰۵/۹۷۲۴	۵۲۲۹/۹۲۴۶	۵۸/۲۸			۲۸۲۴/۴۹	۲۹۲۷/۴۹
·/·۳۱۲	·/۱۵۲۴	۴۸۸۰/۴۷۴۰	۴۹۸۲/۰۲۰۳	۶۱/۱۸			۲۸۲۴/۶۴	۲۹۲۷/۶۴
·/·۳۲۳	·/۱۵۲۳	۴۷۰۹/۰۹۸۶	۴۷۷۸/۹۲۷۶	۶۳/۷۸			۲۸۲۴/۷۹	۲۹۲۷/۷۹
·/·۳۳۱	·/۱۵۲۳	۴۵۹۸/۳۴۳۰	۴۶۳۹/۲۶۹۶	۶۵/۷۰			۲۸۲۴/۹۴	۲۹۲۷/۹۴
·/·۳۳۶	·/۱۵۲۴	۴۵۳۴/۸۱۴۷	۴۵۵۷/۴۱۶۵	۶۶/۸۸			۲۸۲۵/۱۰	۲۹۲۸/۱۰

۰/۰۳۳۹	۰/۱۵۲۶	۴۴۹۷/۹۴۲۲	۴۵۱۲/۲۱۳۰	۶۷/۵۵			۲۸۲۵/۲۵	۲۹۲۸/۲۵
۰/۰۳۴۰	۰/۱۵۲۳	۴۴۷۳/۴۹۴۸	۴۴۸۳/۶۷۱۵	۶۷/۹۸			۲۸۲۵/۴۰	۲۹۲۸/۴۰
۰/۰۳۴۲	۰/۱۵۲۴	۴۴۵۳/۵۵۷۴	۴۴۶۳/۳۱۸۱	۶۸/۲۹			۲۸۲۵/۵۵	۲۹۲۸/۵۵
۰/۰۳۴۴	۰/۱۵۲۳	۴۴۳۲/۸۳۷۰	۴۴۴۳/۷۹۶۷	۶۸/۵۹			۲۸۲۵/۷۱	۲۹۲۸/۷۱
۰/۰۳۴۶	۰/۱۵۲۶	۴۴۱۰/۷۰۷۷	۴۴۲۱/۸۷۷۳	۶۸/۹۳			۲۸۲۵/۸۶	۲۹۲۸/۸۶
۰/۰۳۴۷	۰/۱۵۲۳	۴۳۸۸/۴۸۰۹	۴۳۹۹/۵۳۸۲	۶۹/۲۸			۲۸۲۶/۰۱	۲۹۲۹/۰۱
۰/۰۳۴۹	۰/۱۵۲۴	۴۳۶۵/۵۴۳۷	۴۳۷۷/۴۲۳۷	۶۹/۶۳			۲۸۲۶/۱۶	۲۹۲۹/۱۶
۰/۰۳۵۱	۰/۱۵۲۳	۴۳۳۸/۵۳۳۹	۴۳۵۳/۶۶۳۶	۷۰/۰۱			۲۸۲۶/۳۲	۲۹۲۹/۳۲
۰/۰۳۵۵	۰/۱۵۲۶	۴۳۰۱/۵۵۰۵	۴۳۲۳/۴۰۴۳	۷۰/۵۰			۲۸۲۶/۴۷	۲۹۲۹/۴۷
۰/۰۳۵۸	۰/۱۵۲۴	۴۲۵۲/۱۱۴۴	۴۲۷۹/۶۹۶۷	۷۱/۲۲			۲۸۲۶/۶۲	۲۹۲۹/۶۲
۰/۰۳۶۳	۰/۱۵۲۳	۴۱۸۹/۹۷۵۷	۴۲۲۴/۵۳۲۱	۷۲/۱۵			۲۸۲۶/۷۷	۲۹۲۹/۷۷
۰/۰۳۷۰	۰/۱۵۲۳	۴۱۱۱/۶۰۸۰	۴۱۵۵/۴۱۹۳	۷۳/۳۵			۲۸۲۶/۹۲	۲۹۲۹/۹۲
۰/۰۳۷۹	۰/۱۵۲۴	۴۰۲۴/۴۹۴۰	۴۰۶۷/۷۹۶۶	۷۴/۹۳			۲۸۲۷/۰۸	۲۹۳۰/۰۸
۰/۰۳۸۶	۰/۱۵۲۶	۳۹۴۹/۷۱۶۳	۳۹۸۱/۱۹۱۳	۷۶/۵۶			۲۸۲۷/۲۳	۲۹۳۰/۲۳
۰/۰۳۹۱	۰/۱۵۲۳	۳۸۹۶/۸۱۹۳	۳۹۱۸/۲۴۱۴	۷۷/۷۹			۲۸۲۷/۳۸	۲۹۳۰/۳۸
۰/۰۳۹۵	۰/۱۵۲۴	۳۸۵۸/۰۶۱۵	۳۸۷۵/۳۹۷۲	۷۸/۶۵			۲۸۲۷/۵۳	۲۹۳۰/۵۳
۰/۰۳۹۸	۰/۱۵۲۳	۳۸۲۵/۳۶۲۹	۳۸۴۰/۷۲۸۵	۷۹/۳۶			۲۸۲۷/۶۹	۲۹۳۰/۶۹
۰/۰۴۰۲	۰/۱۵۲۶	۳۷۹۷/۴۶۲۵	۳۸۱۰/۰۰۰۰	۸۰/۰۰	۷۶۳/۸	۲۸۲۷/۹۰	۲۸۲۷/۸۴	۲۹۳۰/۸۴
۱/۸۴۸۷								

#### ۵-۴-۲ محاسبه فرکانس گوشه ( $\omega_1$ )

همانطور که در فصل دوم گفته شد برای محاسبه فرکانس گوشه از داده لرزه‌ای سه‌بعدی میدان مورد مطالعه، استفاده شده است. در مرحله اول در نرم‌افزار Petrel از داده لرزه‌ای، خروجی با فرمت SEG-Y با ساختار IBM گرفته شده و سپس داده لرزه‌ای در نرم‌افزار HSR فراخوانی می‌شود. طیف فرکانسی این داده لرزه‌ای در پنجره‌های زمانی به طول ۵۰۰ میلی‌ثانیه که در محدوده زمان رسیدهای داده‌های

VSP می‌باشد، محاسبه می‌شود و نمودارهای آن رسم می‌شود. در جدول (۵-۲)، مقادیر مربوطه آورده

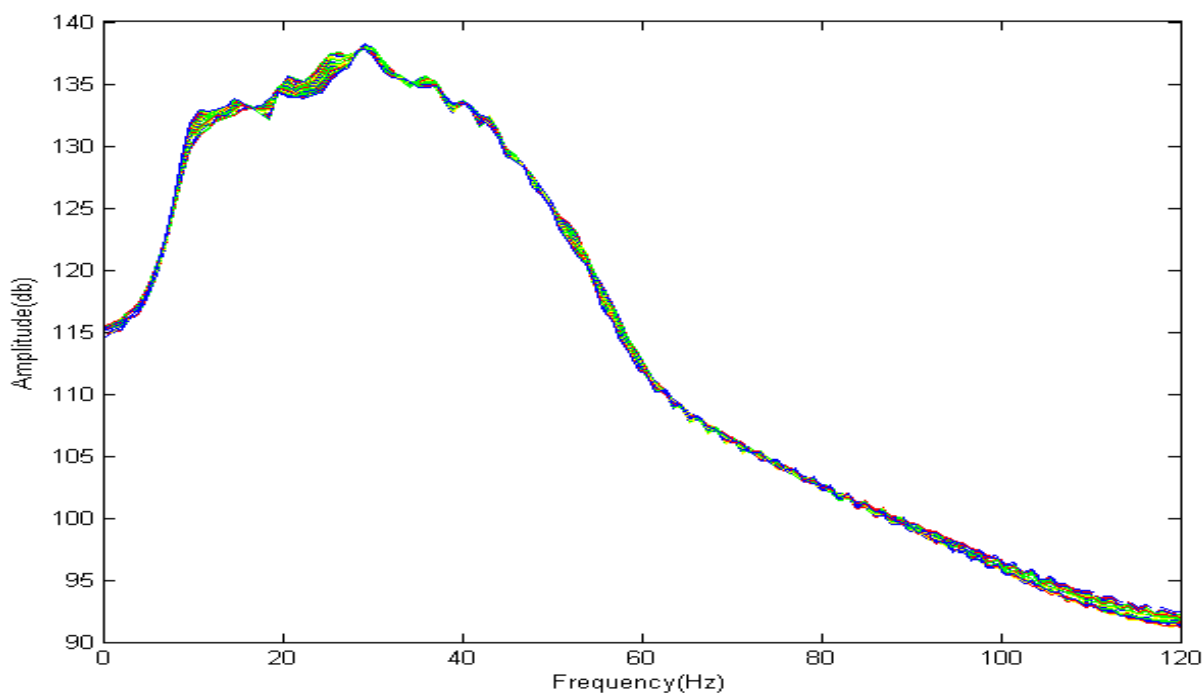
شده است. در (شکل ۵-۱۳) تمامی منحنی‌های طیف فرکانس در یک نمودار رسم شده‌اند.

جدول (۵-۲)، مقادیر مربوط به محاسبه فرکانس گوشه.

فرکانس گوشه (هرتز)	پنجره زمانی (میلی ثانیه)	زمان رسیدهای داده VSP (میلی ثانیه)	عمق داده‌های VSP (متر)
۴۳	۵۱۴-۱۰۱۴	۷۶۴	۲۸۲۸
۴۳	۵۱۷-۱۰۱۷	۷۶۷	۲۸۴۳
۴۳	۵۲۰-۱۰۲۰	۷۷۰	۲۸۵۸
۴۳	۵۲۴-۱۰۲۴	۷۷۴	۲۸۷۳
۴۳	۵۲۷-۱۰۲۷	۷۷۷	۲۸۸۸
۴۳	۵۳۰-۱۰۳۰	۷۸۰	۲۹۰۳
۴۳	۵۳۳-۱۰۳۳	۷۸۳	۲۹۱۸
۴۳	۵۳۷-۱۰۳۷	۷۸۷	۲۹۳۳
۴۳	۵۴۰-۱۰۴۰	۹۰	۲۹۴۹
۴۳	۵۴۳-۱۰۴۳	۷۹۳	۲۹۶۴
۴۳	۵۴۶-۱۰۴۶	۷۹۶	۲۹۷۹
۴۳	۵۴۹-۱۰۴۹	۷۹۹	۲۹۹۴
۴۳	۵۵۲-۱۰۵۲	۸۰۲	۳۰۰۹
۴۳	۵۵۵-۱۰۵۵	۸۰۵	۳۰۲۴
۴۳	۵۵۸-۱۰۵۸	۸۰۸	۳۰۳۹
۴۳	۵۶۲-۱۰۶۲	۸۱۲	۳۰۵۵
۴۳	۵۶۵-۱۰۶۵	۸۱۵	۳۰۷۰

᠙ᠳ	᠔᠕᠐-᠑᠐᠕᠐	᠕᠒᠐	ᠳ᠐᠕᠔
᠙ᠳ	᠔᠕ᠳ-᠑᠐᠕ᠳ	᠕᠒ᠳ	ᠳ᠑᠐᠐
᠙ᠳ	᠔᠕᠖-᠑᠐᠕᠖	᠕᠒᠖	ᠳ᠑᠑᠔
᠙ᠳ	᠔᠕᠙-᠑᠐᠕᠙	᠕᠒᠙	ᠳ᠑ᠳ᠐
᠙ᠳ	᠔᠕᠒-᠑᠐᠕᠒	᠕ᠳ᠒	ᠳ᠑᠔᠔
᠙ᠳ	᠔᠕᠔-᠑᠐᠕᠔	᠕ᠳ᠔	ᠳ᠑᠖᠐
᠙ᠳ	᠔᠕᠕-᠑᠐᠕᠕	᠕ᠳ᠕	ᠳ᠑᠕᠔
᠙ᠳ	᠔᠑᠑-᠑᠐᠑᠑	᠕᠙᠑	ᠳ᠑᠑᠐
᠙ᠳ	᠔᠑᠙-᠑᠐᠑᠙	᠕᠙᠙	ᠳ᠒᠐᠖
᠙ᠳ	᠔᠑᠕-᠑᠐᠑᠕	᠕᠙᠕	ᠳ᠒᠒᠑
᠙ᠳ	᠖᠐᠒-᠑᠑᠐᠒	᠕᠔᠒	ᠳ᠒ᠳ᠖
᠙ᠳ	᠖᠐᠖-᠑᠑᠐᠖	᠕᠔᠖	ᠳ᠒᠔᠑
᠙ᠳ	᠖᠑᠐-᠑᠑᠑᠐	᠕᠖᠐	ᠳ᠒᠖᠖
᠙ᠳ	᠖᠑᠙-᠑᠑᠑᠙	᠕᠖᠙	ᠳ᠒᠕᠑
᠙ᠳ	᠖᠑᠕-᠑᠑᠑᠕	᠕᠖᠕	ᠳ᠒᠑᠖
᠙ᠳ	᠖᠒᠑-᠑᠑᠒᠑	᠕᠕᠑	ᠳ᠒᠑᠑
᠙ᠳ	᠖᠒᠔-᠑᠑᠒᠔	᠕᠕᠔	ᠳ᠒᠒᠖
᠙ᠳ	᠖᠒᠙-᠑᠑᠒᠙	᠕᠕᠙	ᠳ᠒᠙᠒
᠙ᠳ	᠖ᠳᠳ-᠑᠑ᠳᠳ	᠕᠕ᠳ	ᠳ᠒᠔᠕
᠙ᠳ	᠖ᠳ᠕-᠑᠑ᠳ᠕	᠕᠕᠕	ᠳ᠒᠕᠒
᠙ᠳ	᠖᠙᠑-᠑᠑᠙᠑	᠕᠑᠑	ᠳ᠒᠕᠕





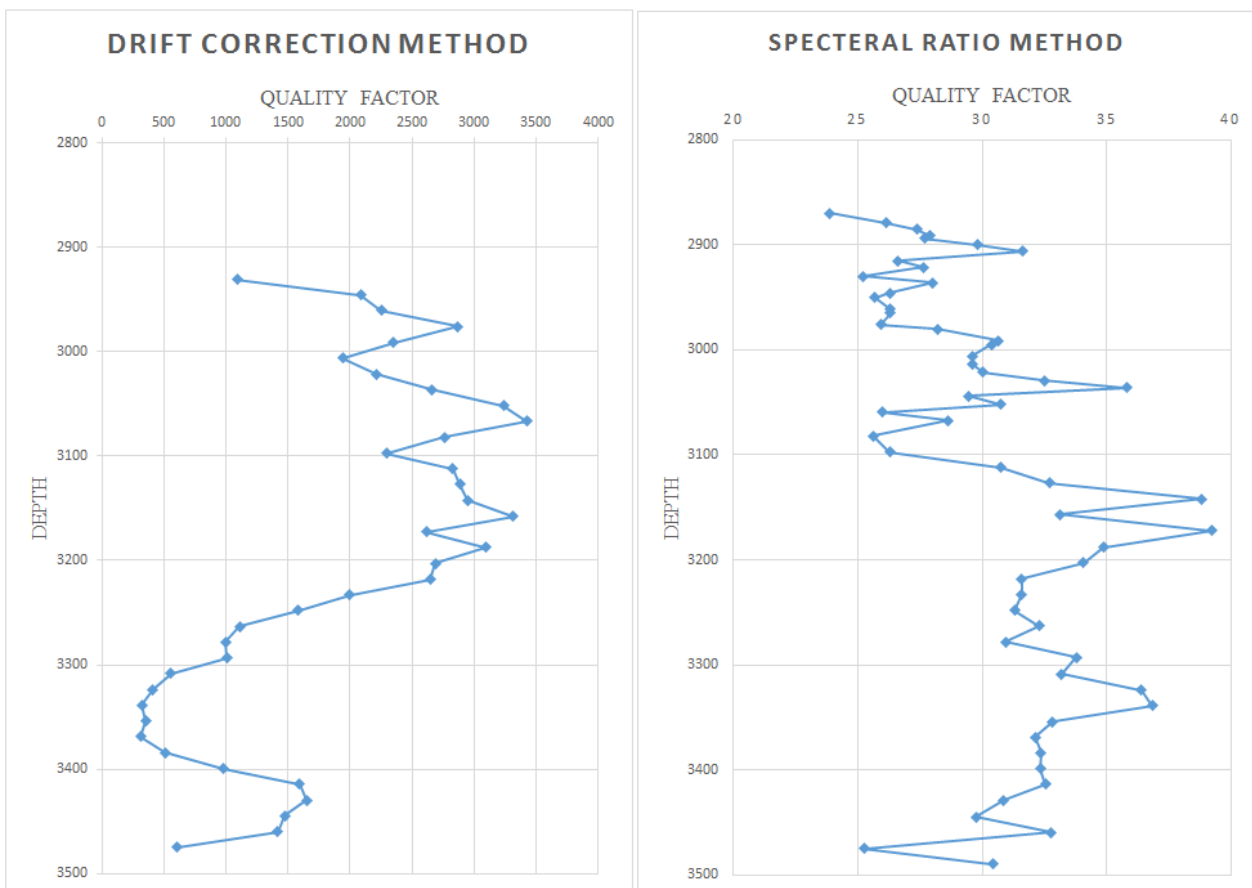
شکل (۵-۱۳)، منحنی‌های طیف فرکانس در پنجره‌های زمانی مختلف مربوط به چاه ۳۰۳

### ۳-۴-۵ مقایسه نگارهای فاکتور کیفیت از روش تصحیح زمان تاخیر و نسبت طیفی

در نهایت با محاسبه تمامی پارامترهای رابطه (۲-۱۴) که در قبل توضیح داده شد منحنی فاکتور کیفیت در محدوده مخزن از روش تصحیح زمان تاخیر برای چاه ۳۰۳ به دست آمد. به منظور مقایسه نمودارهای هر دو روش، این نکته لازم به ذکر است که در عمل، نحوه تغییرات فاکتور کیفیت نسبت به مقدار آن از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد چرا که فاکتور کیفیت از روش‌های مختلفی محاسبه می‌شود که مقادیر هر یک متفاوت می‌باشد. شکل (۵-۱۴) نمودار فاکتور کیفیت از دو روش نسبت طیفی و تصحیح دریافت را با یکدیگر مقایسه می‌کند. همانطور که ملاحظه می‌کنیم به طور کلی روند تغییرات در هر دو منحنی تا حد زیادی از هم تبعیت می‌کند. البته جزئیات نمودار روش نسبت طیفی نسبت به نمودار روش تصحیح زمان تاخیر، بیشتر می‌باشد که به دلیل فرکانس بالاتر نمودار روش نسبت طیفی می‌باشد. همچنین بین دو نمودار مقداری اختلاف عمق وجود دارد که دلایل آن شامل موارد زیر می‌باشد:

- داده لرزه‌نگاری درون چاهی دورافت صفر که در روش نسبت طیفی از آن استفاده شده است به طور دقیق دورافت صفر نمی‌باشد.
- نگار صوتی که در روش تصحیح زمان تاخیر از آن استفاده شد از سطح زمین برداشت نشده است بلکه تنها در محدوده مخزن می‌باشد.
- به دلیل اختلاف سرعت بین نگار صوتی و داده لرزه‌نگاری درون چاهی به نظر می‌رسد نیاز است کمی جابه‌جایی در نمودارها انجام گردد تا اختلاف عمق برطرف شود.

البته به طور کلی روند تغییرات دو نمودار مشابه می‌باشد. بنابراین می‌توان در مواردی که داده VSP در منطقه کم می‌باشد یا وجود ندارد از روش تصحیح زمان تاخیر، مقادیر فاکتور کیفیت را محاسبه کرد.



شکل (۵-۱۴)، سمت چپ منحنی فاکتور کیفیت از روش تصحیح زمان تاخیر و سمت راست منحنی فاکتور کیفیت از روش نسبت طیفی در محدوده مخزن در چاه ۳۰۳ (اعماق بر حسب ارتفاع از سطح دریا هستند).

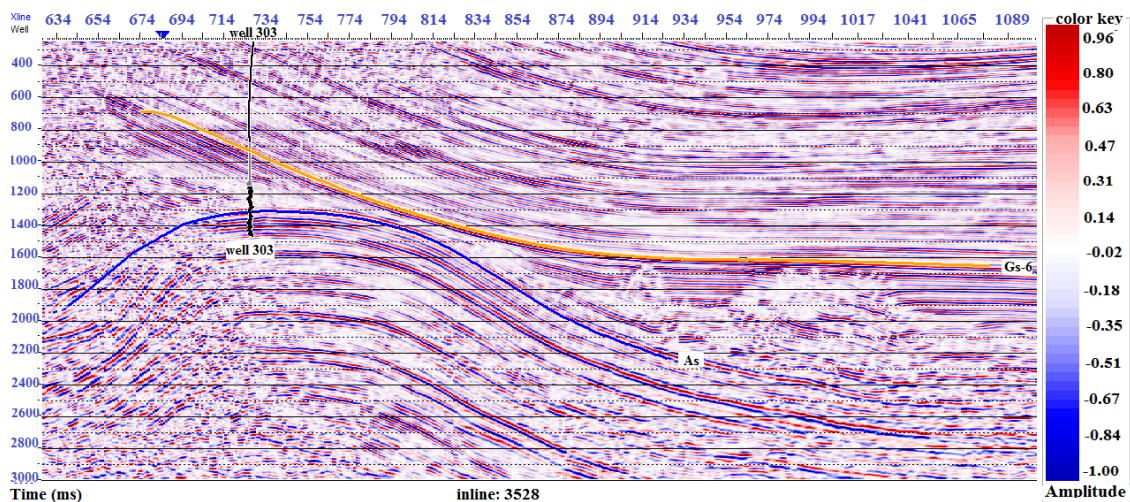
## ۵-۵ تخمین توزیع فاکتور کیفیت در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه

در این بخش مراحل مختلف کار که منجر به تولید مکعب فاکتور کیفیت در مخزن آسماری میدان مورد مطالعه شده است، شرح داده می‌شود. این مراحل به صورت مختصر شامل فراخوانی چاه‌ها و نگارهای چاه‌پیمایی در بخش Well Explorer نرم‌افزار HRS، فراخوانی داده لرزه‌ای سه‌بعدی به همراه افق آسماری و داده مقاومت ظاهری صوتی در بخش STRATA، انطباق دادن نگارهای چاه‌پیمایی با داده لرزه‌ای در بخش eLog، تهیه لیست نشانگرهای بهینه و تخمین توزیع فاکتور کیفیت در بخش EMERGE می‌باشد.

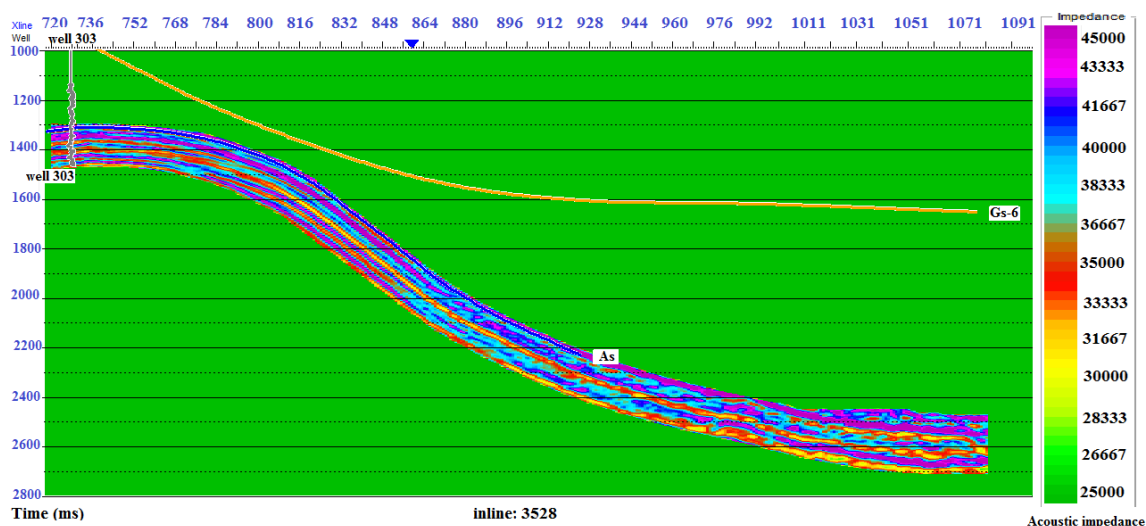
### ۵-۵-۱ فراخوانی داده‌ها

مرحله اول فراخوانی داده‌ها، وارد کردن داده‌های چاه‌نگاری در بخش Well Explorer نرم‌افزار HRS می‌باشد. داده‌های چاه‌نگاری شامل مختصات سر چاه، اطلاعات مسیر چاه، سرسازندها، نگارهای صوتی، چگالی، فاکتور کیفیت و چک‌شات می‌باشد. هریک از این داده‌ها به صورت یک فایل متنی دو ستونه که ستون اول آن عمق و ستون دوم مقادیر اندازه‌گیری شده برای هر داده می‌باشد وارد نرم‌افزار می‌شود. مرحله دوم فراخوانی داده‌ها، وارد کردن داده لرزه‌ای سه بعدی و مقاومت ظاهری صوتی در بخش STRATA نرم‌افزار است.

در مرحله سوم افق‌های آسماری و گچساران - عضو ۶ بر روی داده لرزه‌ای فراخوانی می‌شوند. در شکل (۵-۱۵) مقطع لرزه‌ای میدان مورد مطالعه در خط گیرنده ۳۵۲۸ نشان داده شده است. چاه ۳۰۳ به همراه افق‌های آسماری و گچساران - عضو ۶ در این خط گیرنده مشاهده می‌شوند. شکل (۵-۱۶) مقطع مقاومت ظاهری صوتی در خط گیرنده ۳۵۲۸ را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود با توجه به این که نگار صوتی و چگالی در محدوده مخزن برداشت شده‌اند، مقطع مقاومت ظاهری صوتی نیز که حاصل این دو نگار می‌باشد تنها در محدوده مخزن می‌باشد.



شکل (۵-۱۵)، مقطع لرزه‌ای در خط گیرنده ۳۵۲۸ که محل چاه ۳۰۳ و افق‌های لرزه‌ای بر روی آن مشخص شده است.

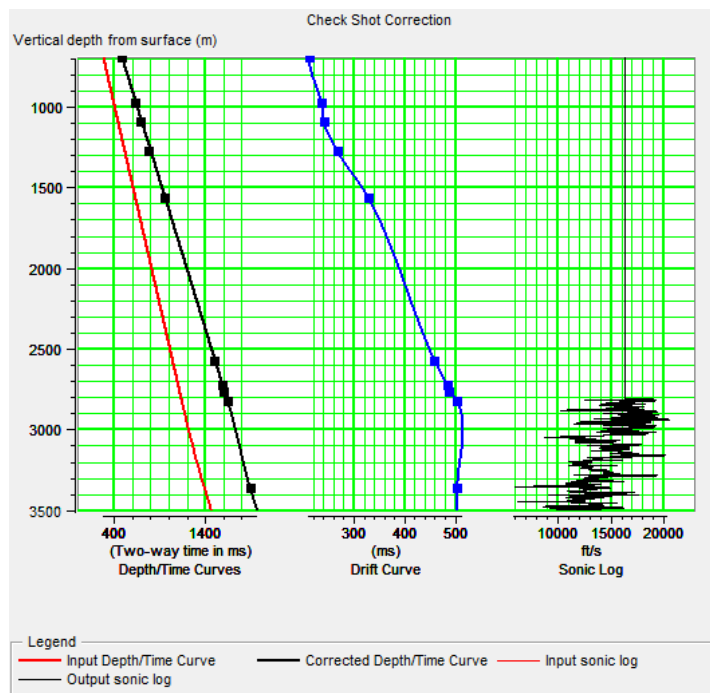


شکل (۵-۱۶)، مقطع مقاومت ظاهری صوتی در خط گیرنده ۳۵۲۸، محل چاه ۳۰۳ به همراه افق‌های لرزه‌ای بر روی آن مشخص شده است.

## ۵-۵-۲ انطباق داده لرزه‌ای و نگارهای چاه‌پیمایی

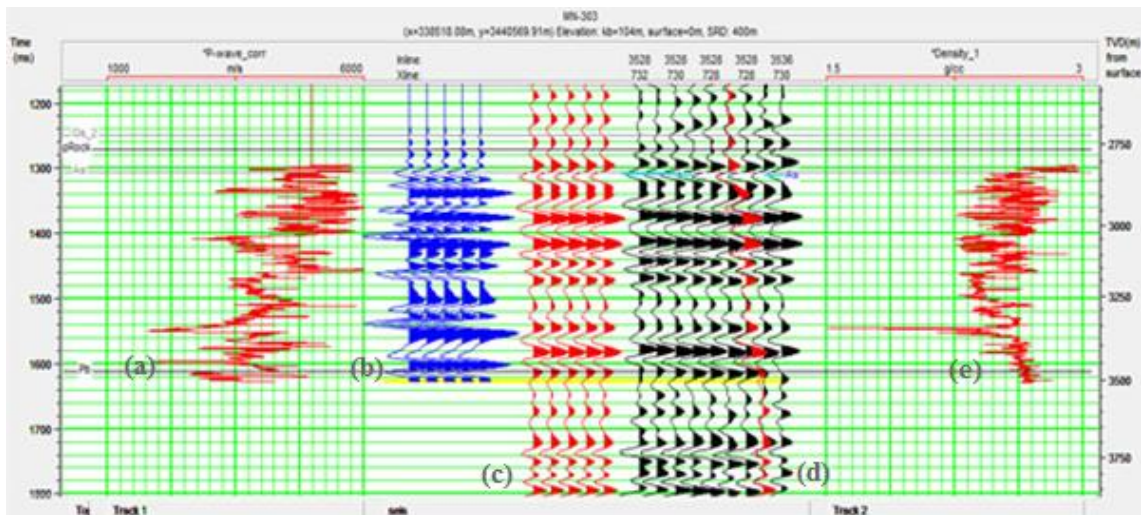
نگارهای چاه‌پیمایی و داده لرزه‌ای در دو بعد مختلف عمق و زمان برداشت می‌شوند. هنگامی که این نگارها بر روی داده لرزه‌ای که در حوزه زمان است فراخوانی می‌شوند، بر روی موقعیت زمانی واقعی خود قرار نمی‌گیرند. به دلیل این که در مراحل بعدی از تلفیق داده‌های لرزه‌ای و نگارهای چاه استفاده می‌شود، لازم است که این مساله برطرف گردد. بدین منظور در ابتدا با توجه به این که برای ساخت

لرزه‌نگاشت مصنوعی نیاز به نگار صوتی می‌باشد، می‌بایست با اعمال چکش‌شات بر نگار صوتی، طول نگار صوتی تصحیح شود. در شکل (۵-۱۷) تصحیح چکش‌شات برای چاه ۳۰۳ نمایش داده شده است. در مرحله بعد با ضرب مقادیر نگار صوتی تصحیح شده و نگار چگالی در هر عمق، نگار مقاومت ظاهری ساخته می‌شود که با استفاده از آن می‌توان نگار بازتاب پذیری را تولید کرد. در ادامه با هم‌میخت موجک در نگار بازتاب پذیری، ردلرزه مصنوعی در محل چاه ساخته می‌شود. در مرحله بعد با توجه به این که نقشه زمانی افق آسماری بر روی داده لرزه‌ای فراخوانی شده و همچنین سرسازند آسماری نیز در همه چاه‌ها مشخص می‌باشد، در نتیجه برای انجام تطابق، نقشه زمانی افق آسماری در مقابل سرسازند آسماری در هر چاه قرار می‌گیرد شکل (۵-۱۸) تطابق داده لرزه‌ای و نگارهای چاه‌پیمایی در چاه ۳۰۳ را نمایش می‌دهد. در ادامه در شکل (۵-۱۹) مقطع لرزه‌ای ۳۵۲۸ که محل چاه ۳۰۳ بر روی آن قرار دارد نمایش داده شده است. با توجه به این که نگار صوتی از ابتدای مخزن آسماری برداشت شده است. در نتیجه با مقایسه این شکل با شکل (۵-۱۵) مشاهده می‌شود که پس از انطباق، با قدری جابه‌جایی زمانی، همانطور که انتظار می‌رود نگار صوتی از راس سازند آسماری شروع شده است.

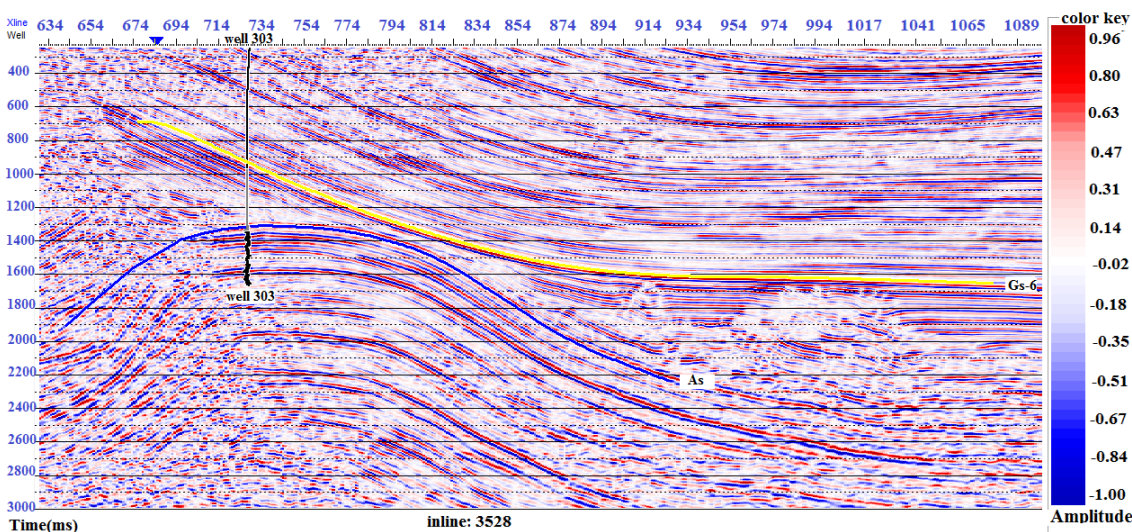


شکل (۵-۱۷)، تصحیح چکش‌شات بر روی نگار صوتی چاه ۳۰۳.





شکل (۵-۱۸)، همبستگی ایجاد شده بین داده لرزه‌ای و نگار صوتی. (a) نگار صوتی، (b) ردلرزه مصنوعی حاصل از نگار صوتی و چگالی در چاه ۳۰۳، (c) میانگین ردلرزه‌های واقعی، (d) ردلرزه‌های واقعی در اطراف چاه ۳۰۳، (e) نگار چگالی.



شکل (۵-۱۹)، مقطع لرزه‌ای در خط گیرنده ۳۵۲۸. جابه‌جایی زمانی نگار صوتی در چاه ۳۰۳ به محل واقعی خود نشان داده شده است.

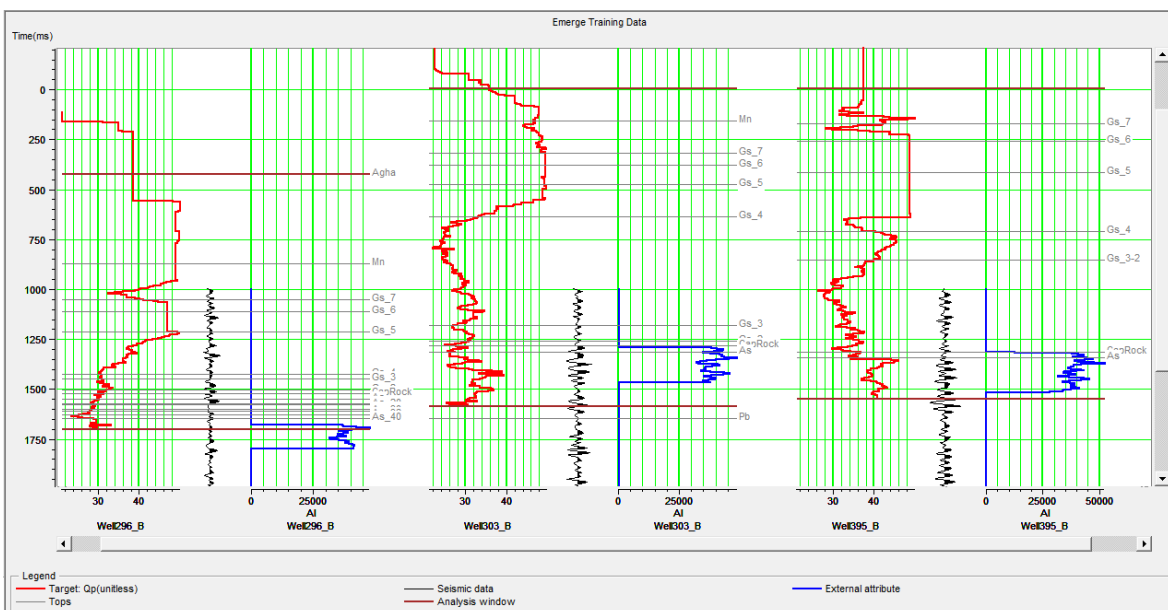
### ۵-۳ تخمین توزیع فاکتور کیفیت در محدوده مخزن آسماری

در این بخش هدف تخمینی از چگونگی تغییرات فاکتور کیفیت در مخزن آسماری مورد مطالعه با استفاده از روش‌های چندنشاندگی می‌باشد. همانطور که در قبل گفته شد این مرحله در بخش EMERGE نرم‌افزار HRS انجام می‌شود.

در مرحله اول می‌بایست نگار فاکتور کیفیت کلیه چاه‌ها به عنوان نگار هدف فراخوانی شود. اما با توجه

به این که چاه‌های ۳۰۵ و ۳۱۴ همانطور که در توضیحات فصل قبل گفته شد، به ترتیب جهت تولید نفت در مخزن بنگستان و مطالعه سازندهای گروه خامی حفاری شده‌اند و در محدوده مخزن آسماری فاقد هیدروکربور می‌باشند. بنابراین نمی‌توان اطلاعات مربوط به نگار صوتی و چگالی آنها را که در محدوده مخزن بنگستان و گروه خامی برداشت شده است، در مطالعه تخمین توزیع فاکتور کیفیت در مخزن آسماری وارد کرد. بنابراین چاه‌های ۲۹۶، ۳۰۳ و ۳۹۵ در این مرحله فراخوانی می‌شوند. همچنین با توجه به اینکه تبدیلات عمق به زمان در آنالیز EMERGE هنوز هم مورد نیاز می‌باشد، در نتیجه لازم است که نگار صوتی تصحیح شده از چک‌شات نیز در این بخش فراخوانی شود.

در مرحله بعد داده مقاومت ظاهری صوتی به عنوان یک نشانگر خارجی در نرم‌افزار فراخوانی می‌گردد. داده لرزه‌ای نیز به طور جداگانه در نرم‌افزار فراخوانی شده و نشانگرهایی که به صورت پیش‌فرض در این قسمت نرم‌افزار هستند، از داده لرزه‌ای استخراج خواهند شد. در شکل (۵-۲۰) پنجره اصلی EMERGE که در آن نگار هدف، داده لرزه‌ای و مقاومت ظاهری صوتی برای سه چاه ۲۹۶، ۳۰۳ و ۳۹۵ فراخوانی شده، نمایش داده شده است که آماده تحلیل می‌باشند.



شکل (۵-۲۰)، نمایشی از نگارهای فراخوانی شده در نرم‌افزار HRS. نگار قرمز رنگ، نگار فاکتور کیفیت محاسبه شده در هر چاه، نگار آبی رنگ، داده مقاومت ظاهری صوتی و رد لرزه مشکی رنگ نماینده داده لرزه‌ای.

در مرحله بعد در ابتدا از روش تبدیلات غیر خطی تک‌نشانگری، فهرستی از نشانگرها که به ترتیب دارای کمترین خطا و بیشترین شباهت با نگار هدف می‌باشند، تهیه می‌شوند. که در شکل (۵-۲۱) اسامی ۱۳ نشانگر اول این فهرست به همراه میزان خطا و همبستگی با نگار هدف آورده شده است. در ادامه با استفاده از تحلیل چندنشانگری به منظور انتخاب بهترین ترکیب از نشانگرها، از روش رگرسیون گام‌به‌گام استفاده می‌شود (شکل ۵-۲۲). در جدول (۵-۳) توضیح مختصری در مورد هر یک از این نشانگرها آورده شده است. در این روش به چند نکته می‌بایست توجه کرد. نکته اول انتخاب طول عملگر بهینه می‌باشد. طول عملگر بدین معنی است که چند نمونه بر روی نشانگرهای لرزه‌ای با یک نمونه بر روی نگار هدف همبسته شود. انتخاب طول عملگر همانطور که در توضیحات فصل سوم گذشت، به دلیل تفاوت در محتوای فرکانس نگار هدف و نشانگرهای لرزه‌ای استخراج شده از داده لرزه‌ای می‌باشد. در شکل (۵-۲۳) نتایج استفاده از طول عملگرهای مختلف در این تحقیق از ۱ تا ۱۰ نقطه نشان داده شده است. همانطور که دیده می‌شود، طول عملگر بهینه برای تخمین فاکتور کیفیت، استفاده از یک نقطه می‌باشد. دلیل این موضوع آن است که نگار فاکتور کیفیت که با استفاده از داده‌های لرزه‌ای درون چاهی محاسبه شده است تفاوت کمی در محتوای فرکانسی با داده‌های لرزه‌ای سطحی دارد.



Single Attribute Correlation Results

Target	Attribute	Error	Correlation
( Qp )**2	Average Frequency	2.958746	0.865101
Qp	Average Frequency	3.014689	0.859783
Sqrt( Qp )	Average Frequency	3.052599	0.855139
Log( Qp )	Average Frequency	3.098001	0.849211
1 / ( Qp )	Average Frequency	3.215576	-0.833714
1 / ( Qp )	Dominant Frequency	3.440328	-0.772318
Log( Qp )	Dominant Frequency	3.452179	0.788515
Sqrt( Qp )	Dominant Frequency	3.486516	0.794758
Qp	Dominant Frequency	3.544452	0.799702
( Qp )**2	Dominant Frequency	3.764338	0.805611
( Qp )**2	Integrated Absolute Amplitude(AI)	5.191883	-0.469921
Qp	Integrated Absolute Amplitude(AI)	5.202667	-0.472589
Sqrt( Qp )	Integrated Absolute Amplitude(AI)	5.220469	-0.472920

There are 260 samples.

شکل (۵-۲۱)، نگار هدف (نگار فاکتور کیفیت) در سمت چپ، اسامی تعدادی از نشانگرهای حاصل از روش تبدیلات غیر خطی تک نشانگری به همراه میزان خطا و همبستگی هر نشانگر با فاکتور کیفیت

Multi-Attribute List

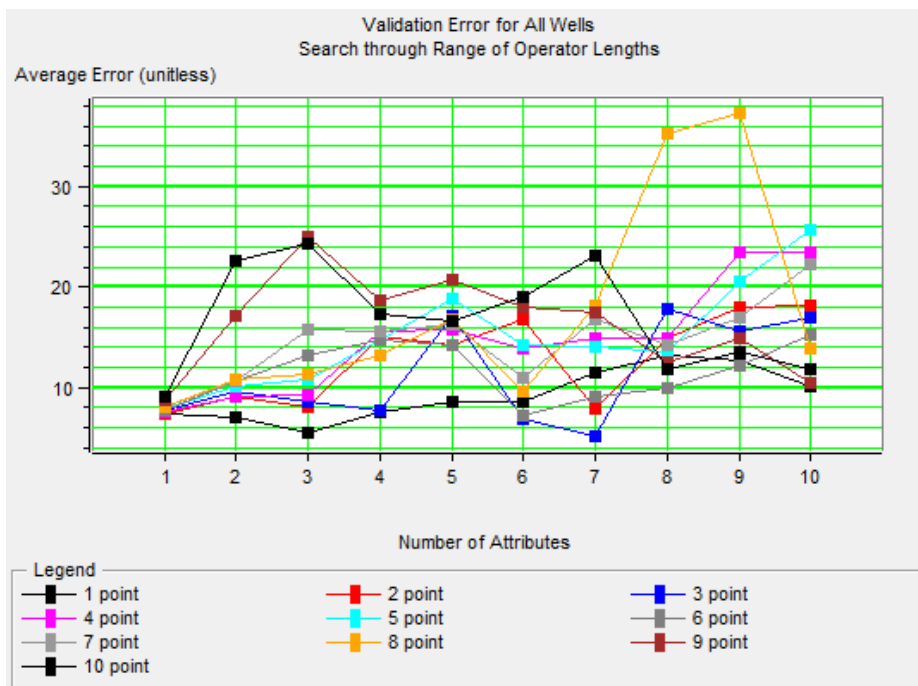
	Target	Final Attribute	Training Error	Validation Error
1	( Qp )**2	Average Frequency	2.959089	7.322132
2	( Qp )**2	Integrated Absolute Amplitude(AI)	2.765045	7.129542
3	( Qp )**2	Apparent Polarity	2.459385	5.563819
4	( Qp )**2	Dominant Frequency	2.334777	7.565464
5	( Qp )**2	Average Frequency(AI)	2.220777	8.589892
6	( Qp )**2	Derivative Instantaneous Amplitude(AI)	2.137303	8.634492
7	( Qp )**2	Derivative(AI)	2.005257	11.529772
8	( Qp )**2	Second Derivative Instantaneous Amplitude(AI)	1.955590	13.155561
9	( Qp )**2	Cosine Instantaneous Phase	1.921153	12.659336
10	( Qp )**2	Filter 15/20-25/30(AI)	1.871677	10.149915

There are 10 transforms.

شکل (۵-۲۲)، لیست بهترین ترکیب از نشانگرها به روش رگرسیون گام به گام (از سمت چپ نگار هدف، اسامی نشانگرها، میزان خطا)

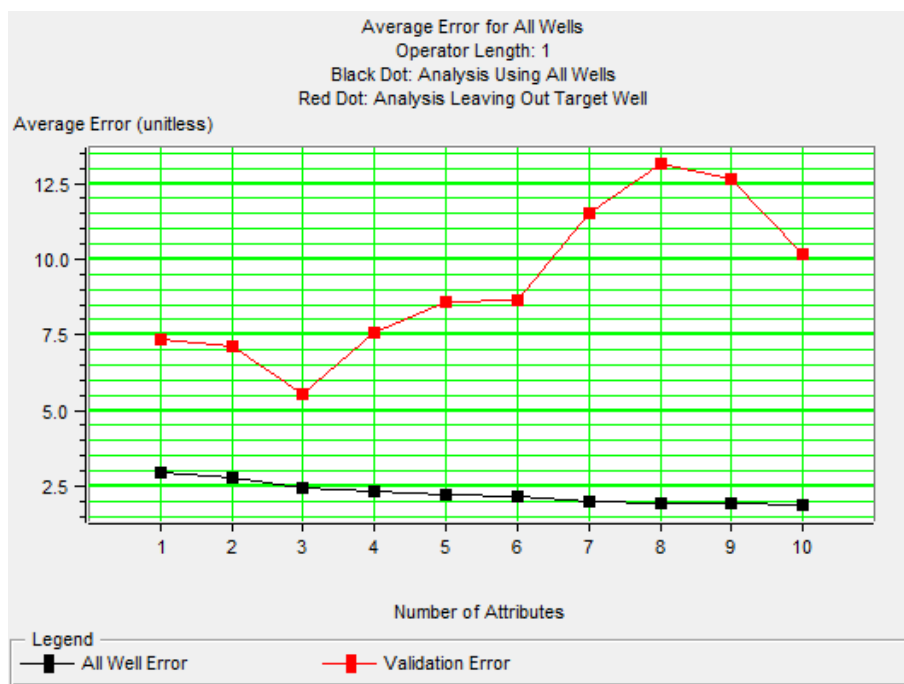
جدول (۳-۵)، تعریف مختصری از نشانگرهای مورد استفاده

شماره	نشانگرهای نهایی	توضیح
۱	Average Frequency	میانگین طیف دامنه در اطراف یک زمان مشخص است.
۲	Integrated Absolute Amplitude (AI)	از انتگرال نشانگر Amplitude Envelope از داده مقاومت ظاهری صوتی حاصل می شود.
۳	Apparent Polarity	از تعیین قطبیت یک لرزه نگاشت در جاهایی که نشانگر Amplitude Envelope بیشینه است حاصل می شود.
۴	Dominant Frequency	از مقدار بیشینه طیف دامنه در اطراف یک زمان مشخص حاصل می شود.
۵	Average Frequency (AI)	میانگین طیف دامنه در اطراف یک زمان مشخص در داده مقاومت ظاهری صوتی می باشد.
۶	Derivative Instantaneous Amplitude (AI)	مشتق نشانگر Amplitude Envelope از داده مقاومت ظاهری صوتی است.
۷	Derivative (AI)	از مشتق گیری نسبت به نمونه های اطراف بر روی یک رد لرزه در داده مقاومت ظاهری صوتی ایجاد می شود.
۸	Second Derivative Instantaneous Amplitude (AI)	از مشتق دوم بر روی نشانگر Amplitude Envelope در داده مقاومت ظاهری صوتی حاصل می شود.
۹	Cosine Instantaneous phase	کسینوس نشانگر Instantaneous phase است.
۱۰	Filter 15/20-25/30 (AI)	فیلتر میان گذر در داده مقاومت ظاهری صوتی

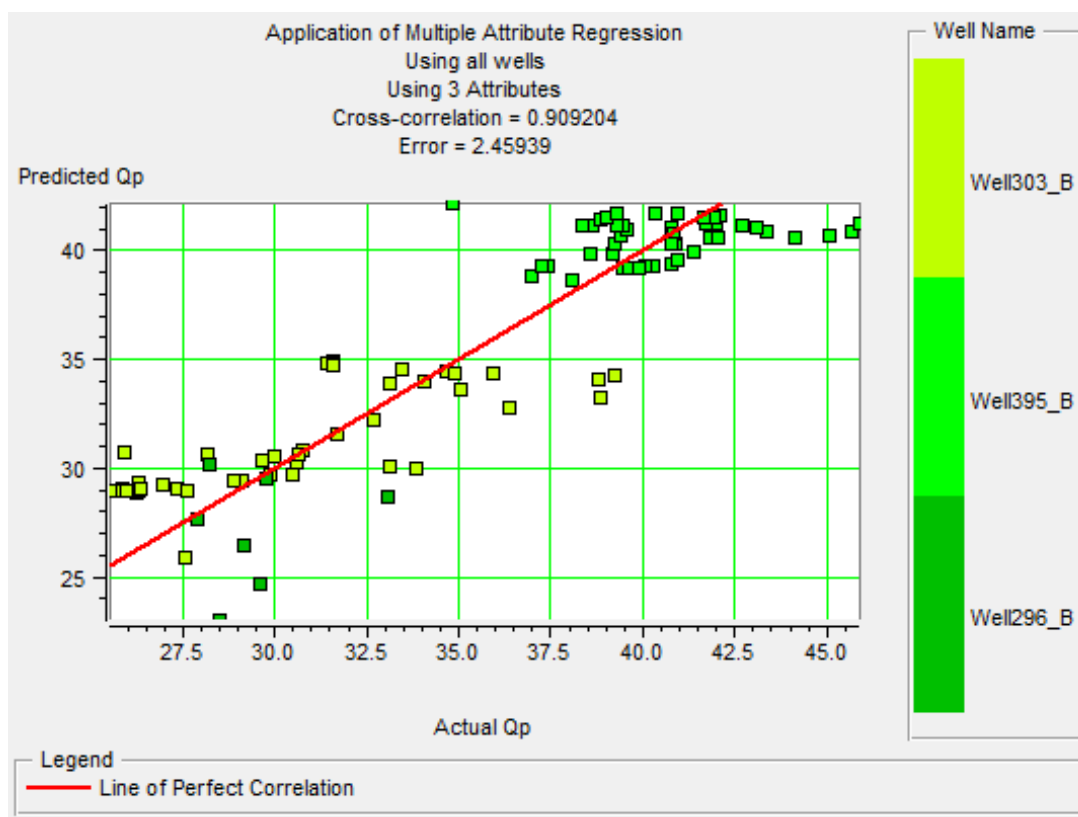


شکل (۵-۲۳)، نمودار انتخاب طول عملگر بهینه.

نکته دوم تعیین تعداد مناسب نشانگرها می باشد. چرا که همانطور که گفته شد افزایش تعداد نشانگرها علی‌رغم افزایش همبستگی بین داده‌های تخمین زده شده و واقعی موجب افزایش خطا در تخمین خواهد بود. برای حل این مشکل نرم افزار HRS از روش اعتبارسنجی متقابل استفاده می‌کند. به منظور محاسبه تعداد مناسب نشانگرها در ابتدا تعداد دلخواهی از نشانگرها به نرم افزار داده می‌شود، که در این تحقیق برای بهینه کردن زمان محاسبات، روش اعتبارسنجی متقابل حداکثر با تعداد ۱۰ نشانگر انجام شد که در شکل (۵-۲۲) نشان داده شده است. شکل (۵-۲۴) نمودار اعتبارسنجی متقابل را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، کمترین میزان خطا در این نمودار مربوط به ترکیب ۳ نشانگر برای ارزیابی فاکتور کیفیت خواهد بود. بنابراین تعداد مناسب نشانگر برای تخمین توزیع فاکتور کیفیت در این تحقیق ۳ عدد می‌باشد. همچنین در شکل (۵-۲۵) نیز همبستگی متقابل داده‌های فاکتور کیفیت واقعی با فاکتور کیفیت تخمین زده شده در محل چاه‌ها نشان داده شده است که این میزان ۹۰٪ می‌باشد.

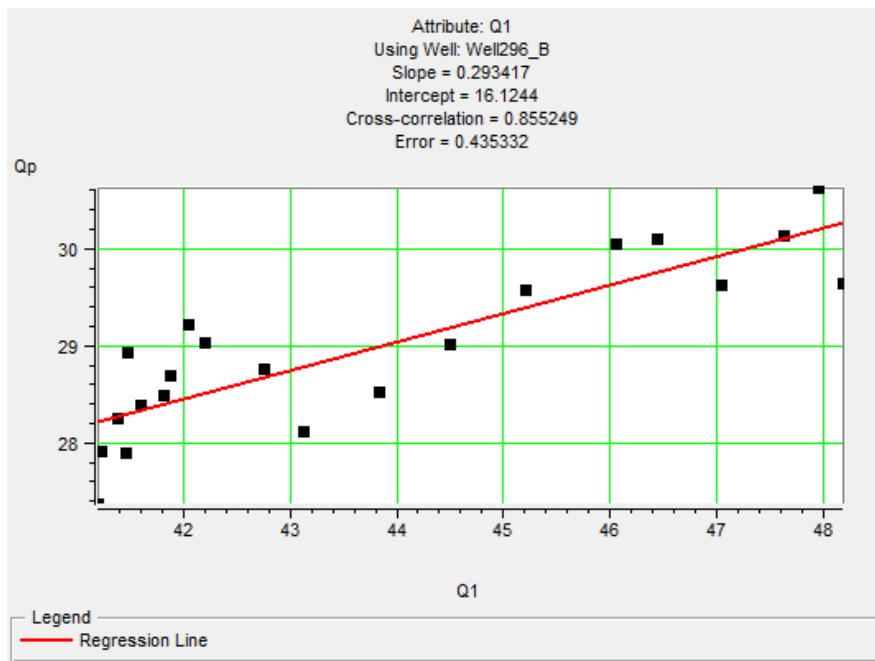


شکل (۵-۲۴)، نمودار اعتبارسنجی متقابل به منظور تعیین تعداد نشانگرهای بهینه که نمودار قرمز خطای اعتبارسنجی و نمودار مشکی خطای آموزش می‌باشد.

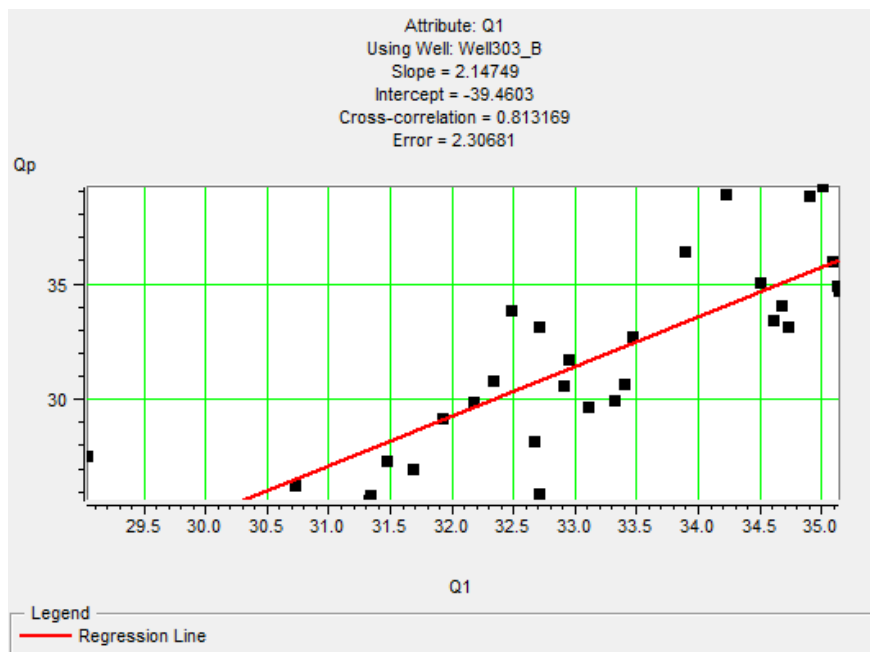


شکل (۵-۲۵)، نمودار میزان همبستگی داده‌های فاکتور کیفیت واقعی و فاکتور کیفیت به دست آمده در محل چاهها

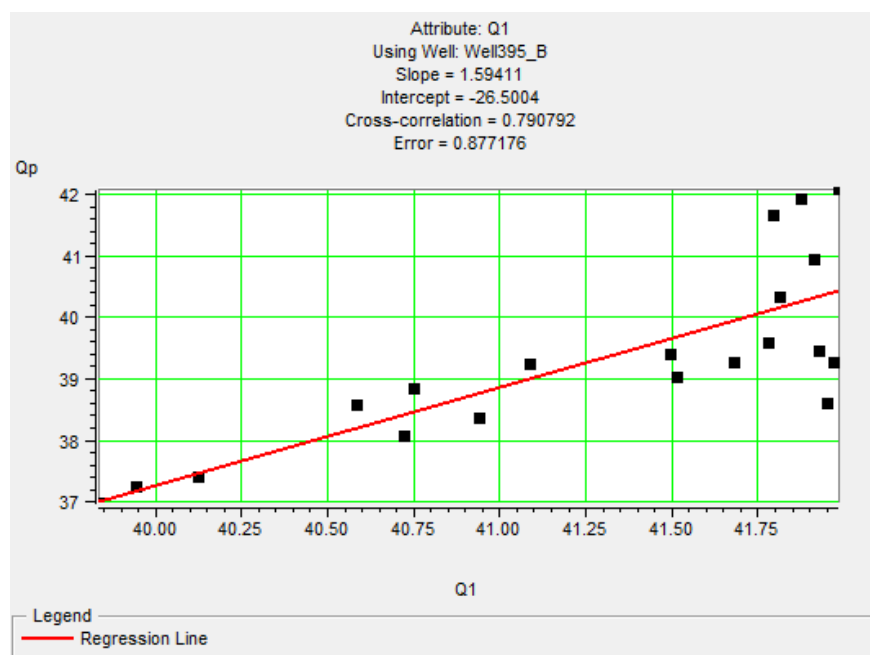
میزان همبستگی نگار فاکتور کیفیت تخمین زده شده در هر چاه با نگار فاکتور کیفیت واقعی هر چاه در شکل‌های (۲۶-۵)، (۲۷-۵) و (۲۸-۵) نشان داده شده است. در شکل (۲۶-۵) همانطور که ملاحظه می‌شود میزان فاکتور کیفیت تخمین زده شده بیشتر از مقدار واقعی می‌باشد که موجب شده شیب منحنی از ۴۵ درجه کمتر گردد. دلیل این موضوع آن است که در این چاه داده مقاومت ظاهری صوتی که به عنوان نشانگر خارجی مورد استفاده قرار گرفته است، در اعماق بسیار کمی موجود است. اما با این حال همانطور که در شکل (۲۵-۵) ملاحظه می‌شود روند منحنی بیشتر تحت تاثیر دو چاه ۳۰۳ و ۳۹۵ می‌باشد. در انتها نقشه توزیع فاکتور کیفیت در افق ۱۰ میلی‌ثانیه زیر راس سازند آسماری در شکل (۵-۲۹) نشان داده شده است.



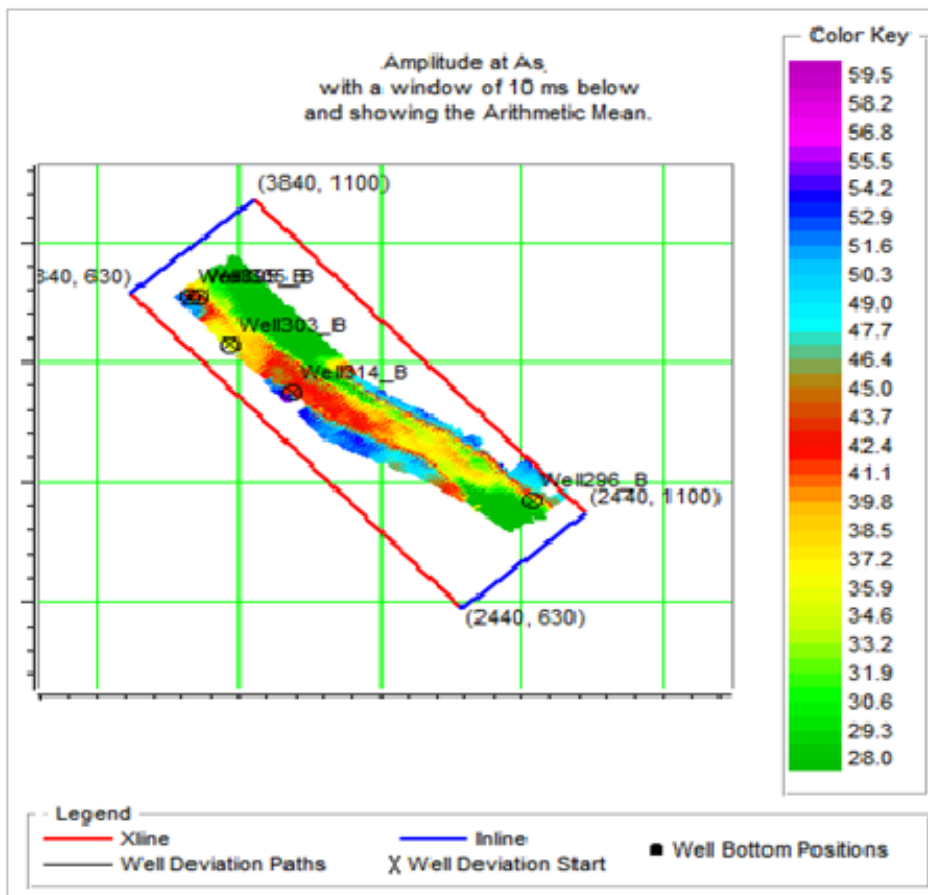
شکل (۲۶-۵)، نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده ( $Q_1$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_p$ ) در چاه ۲۹۶ که این میزان ۸۵٪ می‌باشد.



شکل (۵-۲۷)، نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده ( $Q_1$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_p$ ) در چاه ۳۰۳ که این میزان ۸۱٪ می باشد.

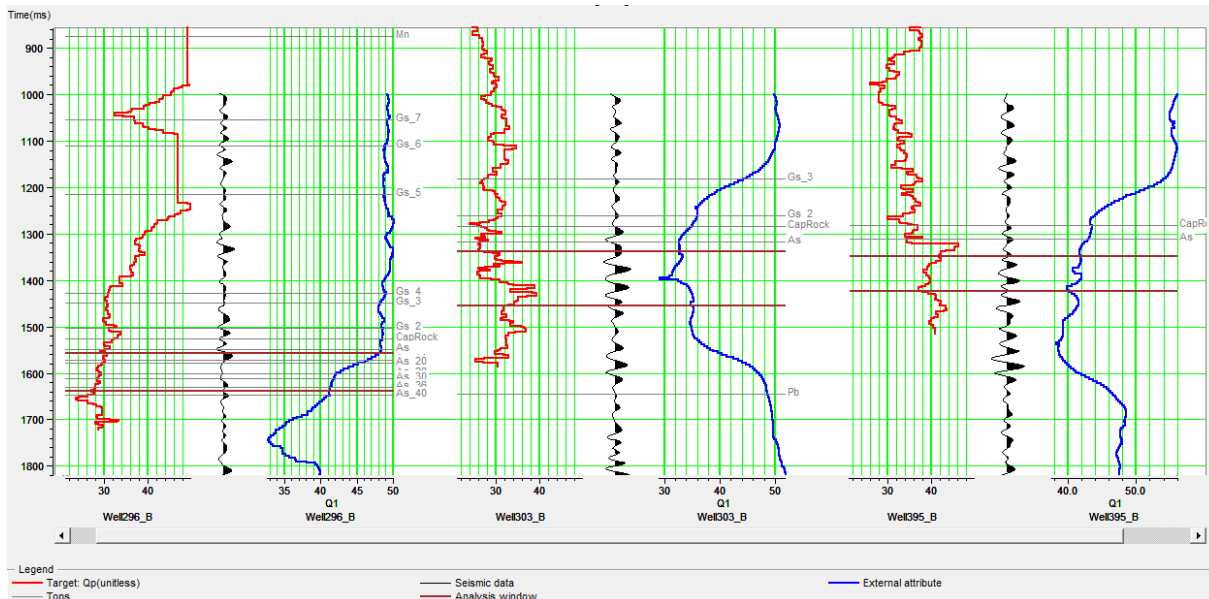


شکل (۵-۲۸)، نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده ( $Q_1$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_p$ ) در چاه ۳۹۵ که این میزان ۷۹٪ می باشد.



شکل (۵-۲۹)، نقشه توزیع فاکتور کیفیت در افق ۱۰ میلی‌ثانیه پایین‌تر از راس آسماری

به منظور بهبود نتیجه توزیع فاکتور کیفیت، مراحل بالا تکرار می‌شود. در واقع در این مرحله فاکتور کیفیت تخمین زده شده در مرحله قبل به عنوان نشانگر خارجی به همراه داده لرزه‌ای در نرم‌افزار فراهوانی می‌شود (شکل ۵-۳۰). این کار موجب می‌شود درصد همبستگی بالاتر و درصد خطا کمتر شود.



شکل (۵-۳۰)، نمایشی از نگارهای فرخوانی شده در مرحله تکرار. نگار قرمز رنگ، نگار فاکتور کیفیت محاسبه شده در هر چاه، نگار آبی رنگ، نگار فاکتور کیفیت تخمین زده شده در هر چاه که حاصل مرحله قبل می باشد و رد لرزه مشکی رنگ نماینده داده لرزه‌ای.

در مرحله بعد در ابتدا از روش تبدیلات غیرخطی تک‌نشانگری فهرستی از نشانگرها تهیه می‌شود (شکل ۵-۳۱). در ادامه از روش رگرسیون گام‌به‌گام فهرست بهترین ترکیب از نشانگرها با طول عملگر یک تعیین می‌شود (شکل ۵-۳۲). در جدول (۵-۴) توضیح مختصری در مورد هریک از این نشانگرها آورده شده است. نمودار همبستگی متقابل فاکتور کیفیت تخمین زده شده با فاکتور کیفیت واقعی در محل چاه‌ها میزان همبستگی ۹۱٪ را نشان می‌دهد که نسبت به مرحله قبل ۱٪ افزایش را دارد (۵-۳۳). همچنین میزان همبستگی نگار فاکتور کیفیت تخمین زده شده در هر چاه با نگار فاکتور کیفیت واقعی در همان چاه افزایش یافته است که در شکل‌های (۵-۳۴)، (۵-۳۵) و (۵-۳۶) نشان داده شده است.



Single Attribute Correlation Results

Target	Attribute	Error	Correlation
1 / ( Qp )	Integrated Absolute Amplitude(Q1)	3.428900	0.692959
Log( Qp )	Integrated Absolute Amplitude(Q1)	3.442917	-0.703109
Sqrt( Qp )	Integrated Absolute Amplitude(Q1)	3.462173	-0.706556
Qp	Integrated Absolute Amplitude(Q1)	3.489145	-0.708961
( Qp )**2	Integrated Absolute Amplitude(Q1)	3.565238	-0.710819
Qp	Instantaneous Phase(Q1)	4.223189	-0.520902
( Qp )**2	Instantaneous Phase(Q1)	4.226486	-0.521788
Sqrt( Qp )	Instantaneous Phase(Q1)	4.229276	-0.519074
Log( Qp )	Instantaneous Phase(Q1)	4.241000	-0.516256
1 / ( Qp )	Instantaneous Phase(Q1)	4.282373	0.507495
( Qp )**2	Amplitude Weighted Frequency	4.454100	0.428972
Qp	Amplitude Weighted Frequency	4.465344	0.430559
Qp	Cosine Instantaneous Phase(Q1)	4.468093	-0.429392

There are 210 samples.

شکل (۵-۳۱)، نگار هدف (نگار فاکتور کیفیت) در سمت چپ، اسامی تعدادی از نشانگرهای حاصل از روش تبدیلات غیر خطی تک نشانگری به همراه میزان خطا و همبستگی هر نشانگر با فاکتور کیفیت در مرحله تکرار

Multi-Attribute List

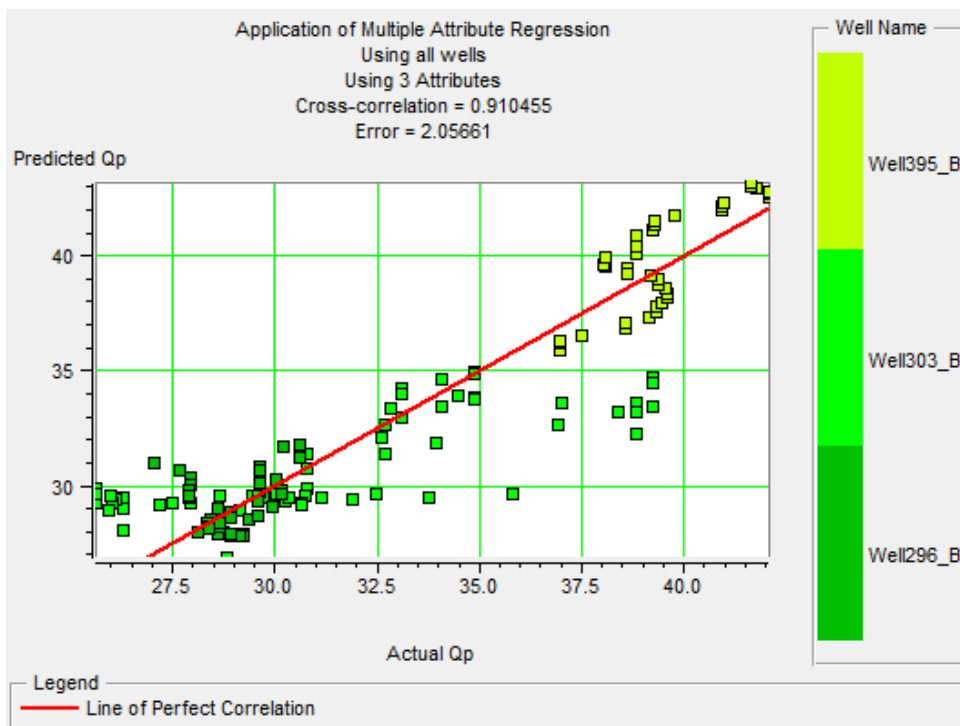
	Target	Final Attribute	Training Error	Validation Error
1	1 / ( Qp )	Dominant Frequency	3.183354	5.920511
2	1 / ( Qp )	1 / ( Q1 )	2.132927	4.368697
3	1 / ( Qp )	Apparent Polarity(Q1)	2.056606	3.579671
4	1 / ( Qp )	Integrated Absolute Amplitude	1.927266	5.281877
5	1 / ( Qp )	Integrate(Q1)	1.815983	5.936342
6	1 / ( Qp )	Filter 5/10-15/20	1.698255	6.489114
7	1 / ( Qp )	Filter 5/10-15/20(Q1)	1.453835	3.519886
8	1 / ( Qp )	Filter 45/50-55/60(Q1)	1.383051	3.376602
9	1 / ( Qp )	Cosine Instantaneous Phase(Q1)	1.337582	4.037705
10	1 / ( Qp )	Instantaneous Phase(Q1)	1.290470	9.550116

There are 10 transforms.

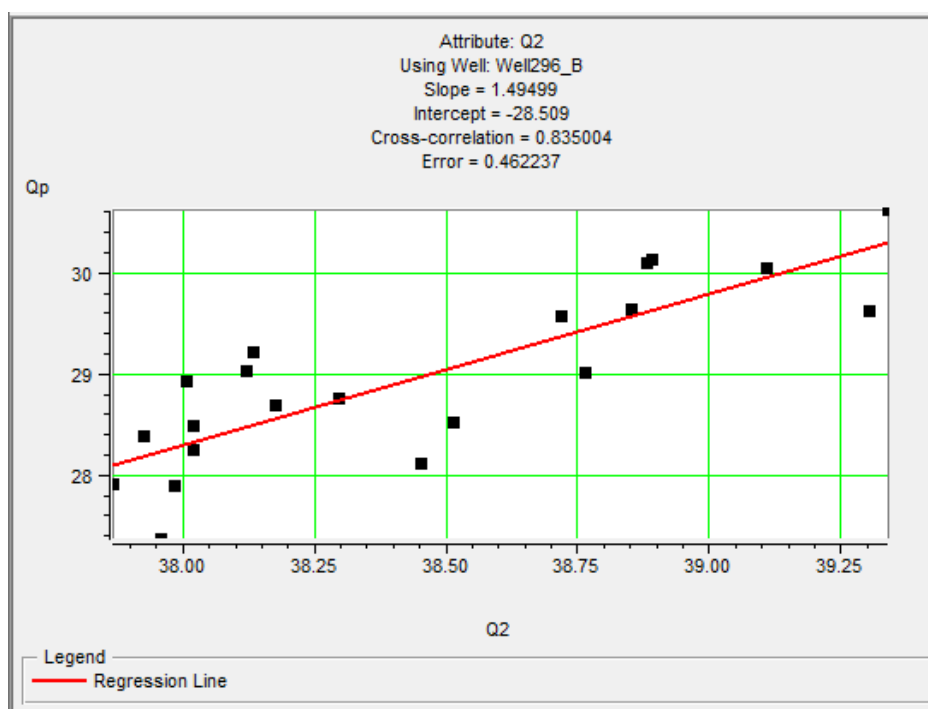
شکل (۵-۳۲)، لیست بهترین ترکیب از نشانگرها به روش رگرسیون گام به گام در مرحله تکرار (از سمت چپ نگار هدف، اسامی نشانگرها، میزان خطا)

جدول (۴-۵)، تعریف مختصری از نشانگرهای نهایی مورد استفاده

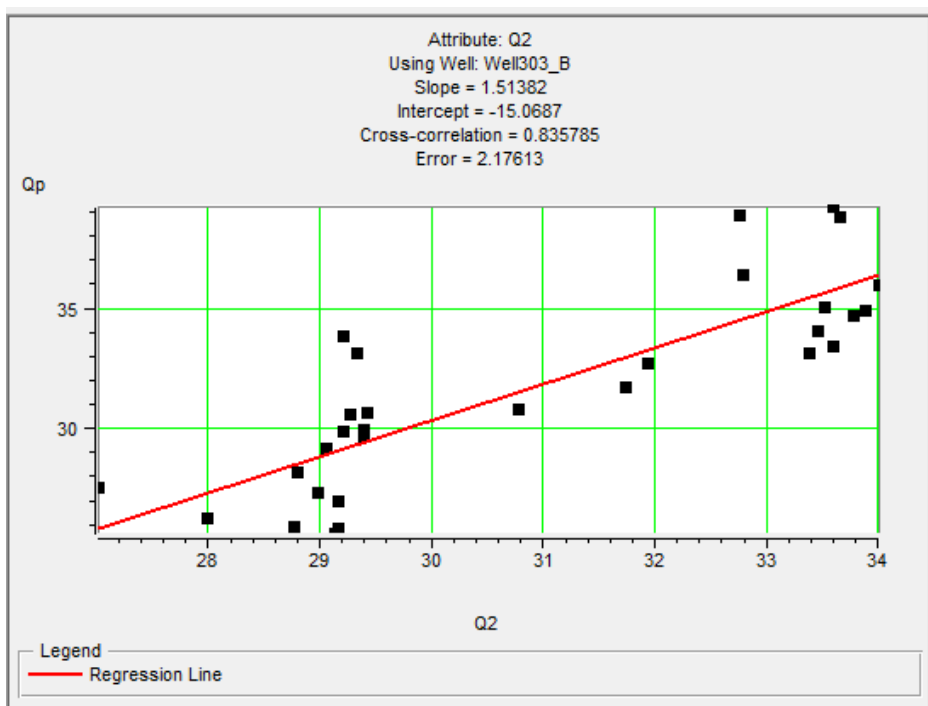
شماره	نشانگر های نهایی	توضیح
۱	Dominant Frequency	از مقدار بیشینه طیف دامنه در اطراف یک زمان مشخص حاصل می‌شود.
۲	$1/(Q_1)$	معکوس فاکتور کیفیت تخمین زده شده در مرحله قبل
۳	Apparent Polarity ( $Q_1$ )	از تعیین قطبیت یک لرزه‌نگاشت در جاهایی که نشانگر Amplitude Envelope بیشینه است حاصل می‌شود.
۴	Integrated Absolute Amplitude	از انتگرال نشانگر Amplitude Envelope حاصل می‌شود.
۵	Integrated	از انتگرال ردلرزه ورودی حاصل می‌شود.
۶	Filter 5/10-15/20	فیلتر میان گذر
۷	Filter 5/10-15/20 ( $Q_1$ )	فیلتر میان گذر در فاکتور کیفیت تخمین زده شده در مرحله قبل
۸	Filter 45/50-55/60 ( $Q_1$ )	فیلتر میان گذر در فاکتور کیفیت تخمین زده شده در مرحله قبل
۹	Cosine Instantaneous phase ( $Q_1$ )	کسینوس نشانگر Instantaneous phase است.
۱۰	Instantaneous phase ( $Q_1$ )	فاز یک ردلرزه که با ردلرزه و تبدیل هیلبرت تعریف می‌شود.



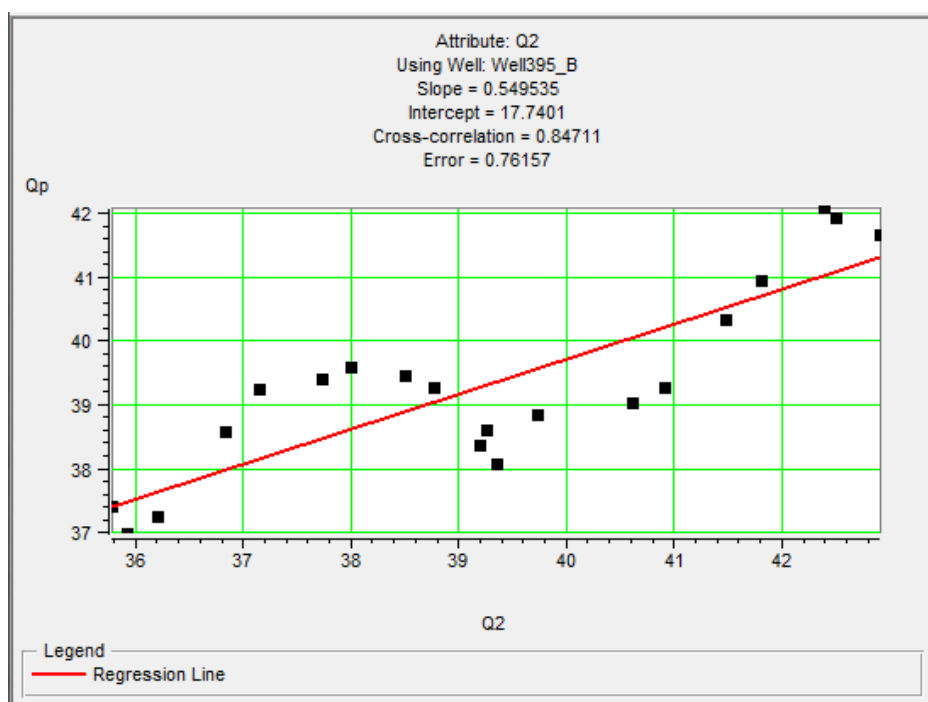
شکل (۳۳-۵)، نمودار میزان همبستگی داده‌های فاکتور کیفیت واقعی و فاکتور کیفیت به دست آمده در محل چاه‌ها در مرحله تکرار



شکل (۳۴-۵)، نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده در مرحله تکرار ( $Q_2$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_p$ ) در چاه ۲۹۶ که این میزان ۸۳٪ می‌باشد.

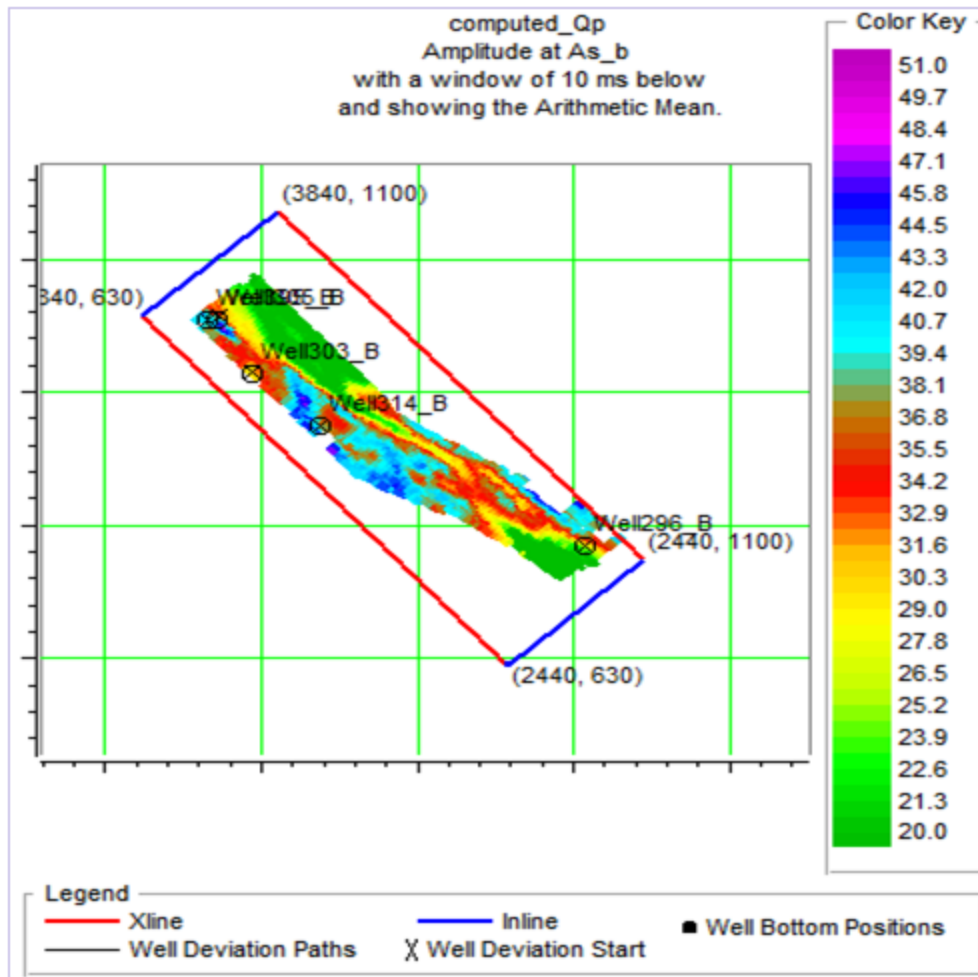


شکل (۵-۳۵)، نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده در مرحله تکرار ( $Q_2$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_p$ ) در چاه ۳۰۳ که این میزان ۰.۸۳ می باشد.

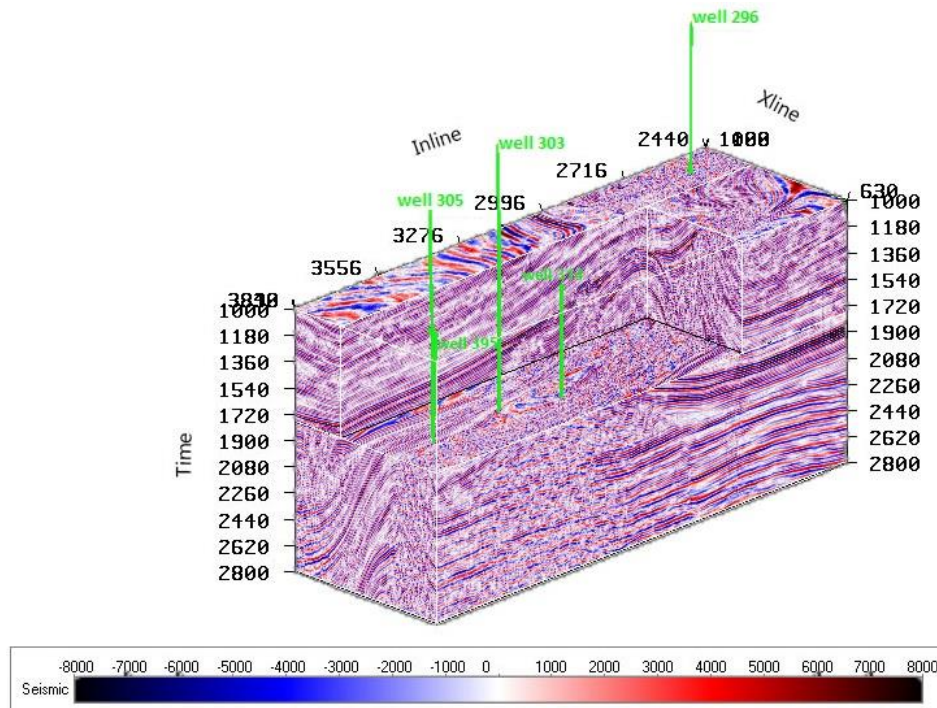


شکل (۵-۳۶)، نمودار همبستگی فاکتور کیفیت تخمین زده شده در مرحله تکرار ( $Q_2$ ) و فاکتور کیفیت واقعی ( $Q_p$ ) در چاه ۳۹۵ که این میزان ۰.۸۳ می باشد.

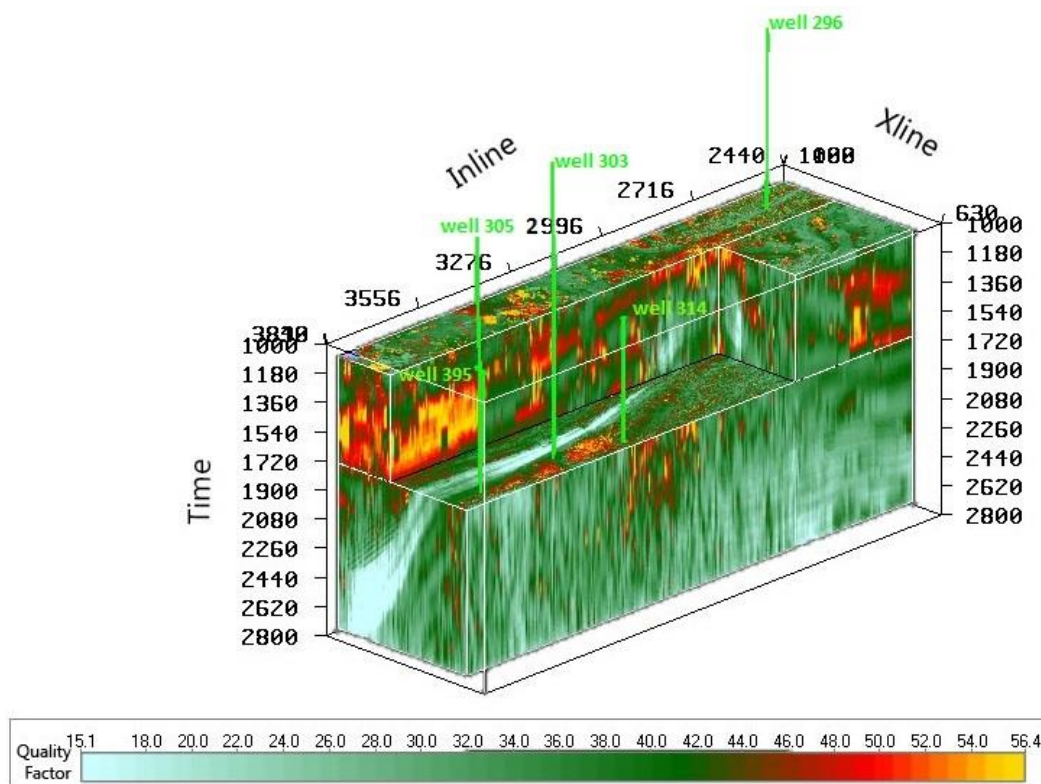
در ادامه نقشه توزیع فاکتور کیفیت در افق ۱۰ میلی ثانیه پایین تر از راس سازند آسماری در شکل (۵-۳۷) نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود توزیع فاکتور کیفیت با توجه به افزایش میزان همبستگی بهتر از مرحله قبل می باشد. همچنین مکعب داده های لرزه ای و مکعب تخمین توزیع فاکتور کیفیت به ترتیب در شکل (۵-۳۸) و (۵-۳۹) آورده شده است.



شکل (۵-۳۷)، نقشه توزیع فاکتور کیفیت در مرحله تکرار در افق ۱۰ میلی ثانیه پایین تر از راس آسماری



شکل (۵-۳۸)، مکعب داده لرزه‌ای در محدوده خط گیرنده ۲۴۴۰-۳۸۴۰ و خط چشمه ۱۱۰۰-۶۳۰ و در بازه زمانی ۱۰۰۰ تا ۲۸۰۰ میلی ثانیه.



شکل (۵-۳۹)، مکعب توزیع فاکتور کیفیت در محدوده خط چشمه ۱۰۹۹-۷۱۸ و خط گیرنده ۲۴۴۰-۳۸۴۰ و در بازه زمانی ۱۰۰۰ تا ۲۸۰۰ میلی ثانیه (به سمت رنگ نارنجی فاکتور کیفیت افزایش می یابد).

## فصل ششم

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

## ۱-۶ نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر به منظور بررسی تغییرات فاکتور کیفیت بر روی مخزن آسماری یکی از میادین جنوب غرب ایران انجام شد. در زیر نتایج به دست آمده در هریک از مراحل آورده شده است:

- در محل چاه‌ها با استفاده از روش نسبت طیفی نگار فاکتور کیفیت محاسبه شد. در ادامه به منظور بررسی روش تصحیح زمان تاخیر، نگار فاکتور کیفیت در چاه ۳۰۳ از این روش محاسبه گردید. با مقایسه نگار فاکتور کیفیت این دو روش نتیجه گرفته شد که روش تصحیح زمان تاخیر می‌تواند به عنوان روش مناسبی در مناطقی که داده لرزه‌نگاری درون‌چاهی موجود نمی‌باشد، جایگزین گردد.
- با استفاده از روش رگرسیون گام‌به‌گام توزیع فاکتور کیفیت در افق مخزن در مکان‌هایی که چاه وجود ندارد به کمک نشانگرهای لرزه‌ای فرکانس میانگین، انتگرال قدرمطلق دامنه و قطبیت ظاهری تخمین زده شد. نتیجه حاصل دارای همبستگی متقابل ۹۰/۹۲ درصد و خطای تخمین ۲/۴۶ درصد می‌باشد.
- میزان همبستگی متقابل نگار فاکتور کیفیت واقعی با فاکتور کیفیت تخمین زده شده به ترتیب برای چاه‌های ۲۹۶، ۳۰۳ و ۳۹۵ برابر ۸۵/۵۲، ۸۱/۱۳ و ۷۹/۰۷ درصد و خطای تخمین نیز به ترتیب برابر ۰/۴۴، ۲/۳۱ و ۰/۸۸ درصد می‌باشد.
- روش رگرسیون گام‌به‌گام برای نتایج مرحله قبل تکرار شد که موجب بهبود تخمین توزیع فاکتور کیفیت در افق مخزن گردید. در این مرحله میزان همبستگی متقابل نگار فاکتور کیفیت واقعی با فاکتور کیفیت تخمین زده شده به ترتیب برای چاه‌های ۲۹۶، ۳۰۳ و ۳۹۵ برابر ۸۳/۵۰، ۸۳/۵۷ و ۸۴/۷۱ درصد و خطای تخمین نیز به ترتیب برابر ۰/۴۶، ۲/۱۸ و ۰/۷۶ درصد می‌باشد.



- در نقشه هم روباره روسوبی مخزن آسماری، در محدوده اطراف چاه ۳۱۴ ضخامت روباره روسوبی کمتر از سایر نقاط می‌باشد. با توجه به این که در راس سازند آسماری در این میدان انیدریت‌های سازند گچساران قرار گرفته است در نتیجه ضخامت انیدریت در محدوده اطراف چاه ۳۱۴ کم می‌باشد، که موجب می‌شود میرایی موج کمتر اتفاق بیفتد و در نتیجه میزان فاکتور کیفیت بیشتر باشد. نکته جالب توجه این که همانطور که انتظار داریم در نقشه تغییرات فاکتور کیفیت نیز در اطراف چاه ۳۱۴ میزان فاکتور کیفیت بالا می‌باشد. از طرفی در نقشه هم‌تراکم شکستگی‌های مخزن آسماری در محدوده اطراف چاه ۳۱۴ تراکم شکستگی‌ها تقریباً بالا است که انتظار می‌رود میزان فاکتور کیفیت پایین باشد. در حالی که همانطور که گفته شد، این‌طور نیست. علت این موضوع آن است که تاثیر ضخامت کم انیدریت در این محدوده، بیشتر از تراکم بالای شکستگی‌ها می‌باشد.

- چاه‌های ۲۹۶ و ۳۰۳ که چاه‌های تولیدی نفت و گاز در میدان می‌باشند، در نقشه تغییرات فاکتور کیفیت، همانطور که انتظار می‌رود دارای مقادیر پایینی از فاکتور کیفیت نسبت به اطراف می‌باشند. این موضوع می‌تواند تاییدی بر صحت نقشه به دست آمده باشد.

## ۲-۶ پیشنهادات

- پیشنهاد می‌شود از روش‌های جایگزینی که نیاز به استفاده از داده‌های ورودی کمتری برای محاسبه فاکتور کیفیت از داده‌های VSP و نگارهای چاه می‌باشد، استفاده گردد.
- در این مطالعه نگار صوتی تنها در محدوده مخزن برداشت شده است. به همین دلیل در روش تصحیح زمان تاخیر، نگار فاکتور کیفیت نیز در محدوده مخزن به دست آمد. از این رو پیشنهاد می‌شود در منطقه‌ای که نگار صوتی از سطح زمین موجود می‌باشد، از روش تصحیح زمان تاخیر نگار فاکتور کیفیت در چاه‌ها محاسبه شود و در نتیجه با توجه به این که نگار صوتی در اکثر چاه‌ها برداشت می‌شود می‌توان تخمین دقیق تری از توزیع فاکتور کیفیت در مخزن ارائه داد.



## منابع

[۱] کاظمی، م.، جواهریان، ع.، و قاسم العسکری، م. ک. (۱۳۸۷). برآورد فاکتور کیفیت با استفاده از داده‌های نیمرخ لرزه‌ای قائم در یکی از میدان‌ها هیدروکربوری جنوب ایران. *مجله ژئوفیزیک/ایران*، ۲(۲)، ۷۹-۹۰.

[2] Schultz, P. S., Ronen, S., Hattori, M., & Corbett, C. (1994). Seismic-guided estimation of log properties (Part 1: A data-driven interpretation methodology). *The Leading Edge*, 13(5), 305-310.

[3] Lindseth, R. O. (1979). Synthetic sonic logs-a process for stratigraphic interpretation. *Geophysics*, 44(1), 3-26.

[4] Deutsch, C. (1989). Calculating effective absolute permeability in sandstone/shale sequences. *SPE Formation Evaluation*, 4(03), 343-348.

[5] Hampson, D. P., Schuelke, J. S., & Quirein, J. A. (2001). Use of multiattribute transforms to predict log properties from seismic data. *Geophysics*, 66(1), 220-236.

[6] Russell, B. H. (2004). *The application of multivariate statistics and neural networks to the prediction of reservoir parameters using seismic attributes*.

[7] Jarvis, K. (2006). Integrating well and seismic data for reservoir characterization: Risks and rewards. *ASEG Extended Abstracts*, 206(1), 1-4.

[8] Dasgupta, R., & Clark, R. A. (1998). Estimation of Q from surface seismic reflection data. *Geophysics*, 63(6), 2120-2128.

[9] Taner, M. T., & Treitel, S. (2003). A robust method for Q estimation. *73rd Ann. Internat. Mtg., Expanded Abstracts*, 710-713.

[10] Toksöz, M. N., Johnston, D. H., & Timur, A. (1979). Attenuation of seismic waves in dry and saturated rocks: I. Laboratory measurements. *Geophysics*, 44(4), 681-690.

[11] Janssen, D., Voss, J., & Theilen, F. (1985). Comparison of methods to determine Q in shallow sediments from vertical reflection seismograms. *Geophysical Prospecting*, 33(4), 479-497.

[12] Engelhard, L., Doan, D., Dohr, G., Drews, P., Gross, T., Neupert, F., ... & Schönfeld,

U. (1986). Determination of the attenuation of seismic waves from actual field data, as well as considerations to fundamental questions from model and laboratory measurements. *DGMK Report*, 254, 83-119.

[13] Haase, A. B., & Stewart, R. R. (2005, January). Estimating seismic attenuation (Q) by an analytical signal method. In *2005 SEG Annual Meeting*. Society of Exploration Geophysicists.

[14] Amundsen, L., & Mittet, R. (1994). Estimation of phase velocities and Q-factors from zero-offset, vertical seismic profile data. *Geophysics*, 59(4), 500-517.

[15] De, G. S., Winterstein, D. F., & Meadows, M. A. (1994). Comparison of P- and S-wave velocities and Q's from VSP and sonic log data. *Geophysics*, 59(10), 1512-1529.

[16] Haase, A., & Stewart, R. (2003). Q-factor estimation from borehole seismic data: Ross Lake, Saskatchewan. *CREWES Research Report*, 15, 1-7.

[17] Anicich, P. (2008). Q FACTOR ESTIMATION BY TIME VARIANT SPECTRAL RATIOS.

[18] Byun, J., Yoo, D. G., & Lee, H. Y. (2011). Estimation of Q from zero-offset VSP data in gas hydrate-bearing zone. *Geosystem Engineering*, 14(2), 59-64.

[19] Cheng, P., & Margrave, G. F. (2008). Complex spectral ratio method for Q estimation. *CREWES Research Report*.

[20] Xu, C., & Stewart, R. R. (2006, January). Seismic attenuation (Q) estimation from VSP data and QP versus VP/VS. In *2006 SEG Annual Meeting*. Society of Exploration Geophysicists.

[۲۱] جنیدی، س.، قاسم العسکری، م. ک. (۱۳۸۸). تخمین فاکتور کیفیت با استفاده از داده‌های نیم‌رخ لرزه‌ای قائم. *فصلنامه زمین*، ۴، ۶۷-۷۵.

[۲۲] حاج ابراهیمی، م.، نجاتی، م.، هاشمی، ح.، و سپهوند، م. ر. (۱۳۹۳). تخمین فاکتور Q داده‌های VSP با روش نسبت طیفی در مدل مرموزی. *مجموعه مقالات شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران*، ۳۹۹-۴۰۴.

[23] Tonn, R. (1991). The determination of the seismic quality factor Q from VSP data:

A comparison of different computational methods. *Geophysical Prospecting*, 39(1), 1-27.

[24] Stewart, R. R., Huddleston, P. D., & Kan, T. K. (1984). Seismic versus sonic velocities: A vertical seismic profiling study. *Geophysics*, 49(8), 1153-1168.

[25] Haase, A. B., & Stewart, R. R. (2004, January). Attenuation estimates from VSP and log data. In *2004 SEG Annual Meeting*. Society of Exploration Geophysicists.

[26] Walls, J., Taner, M. T., & Dvorkin, J. (2006). U.S. Patent No. 7,088,639. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[27] Ronen, S., Schultz, P. S., Hattori, M., & Corbett, C. (1994). Seismic-guided estimation of log properties (Part 2: Using artificial neural networks for nonlinear attribute calibration). *The Leading Edge*, 13(6), 674-678.

[28] Chawathe, A., Ouenes, A., & Weiss, W. W. (1997, January). Interwell property mapping using crosswell seismic attributes. In *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.

[29] Balch, R. S., Stubbs, B. S., Weiss, W. W., & Wo, S. (1999, January). Using artificial intelligence to correlate multiple seismic attributes to reservoir properties. In *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.

[30] Leiphart, D. J., & Hart, B. S. (2001). Comparison of linear regression and a probabilistic neural network to predict porosity from 3-D seismic attributes in Lower Brushy Canyon channeled sandstones, southeast New Mexico. *Geophysics*, 66(5), 1349-1358.

[31] Russell, B. H., Lines, L. R., & Hampson, D. P. (2003). Application of the radial basis function neural network to the prediction of log properties from seismic attributes. *Exploration Geophysics*, 34(1/2), 15-23.

[32] Dorrington, K. P., & Link, C. A. (2004). Genetic-algorithm/neural-network approach to seismic attribute selection for well-log prediction. *Geophysics*, 69(1), 212-221.

[33] Gal'perin, E. I., & Kennett, P. (1985). *Vertical seismic profiling and its exploration potential* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.

[34] (n.d.). Retrieved from GeoScienceWorld: <http://www.geoscienceworld.org>

[35] Pujol, J. (2003). *Elastic wave propagation and generation in seismology*. Cambridge University Press.

[36] Hackert, C. L., & Parra, J. O. (2004). Improving Q estimates from seismic reflection data using well-log-based localized spectral correction. *Geophysics*, 69(6), 1521-1529.

[37] Brahma, J. (2012). Estimation of coda wave attenuation quality factor from digital seismogram using statistical approach. *Science and Technology*, 2(1), 1-7.

[38] Taner, M. T., Koehler, F., & Sheriff, R. E. (1979). Complex seismic trace analysis. *Geophysics*, 44(6), 1041-1063.

[39] Pramanik, A. G., Singh, V., Dubey, A. K., Painuly, P. K., & Sinha, D. P. (2000, January). Estimation of Q from borehole data and its application to enhance surface seismic resolution: A case study. In *70th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstract* (pp. 2013-2016).

[40] Thomas, D. H. (1978). Seismic applications of sonic logs. *The Log Analyst*, 19(01).

[۴۱] عدالت، ع.، سیاه‌کوهی، ح. ر.، و توکلی‌مقدم، ر. (۱۳۸۸). برآورد کردن تخلخل موثر مخزن با استفاده از تحلیل چندنشانه‌گری. *مجله ژئوفیزیک ایران*، ۳(۱)، ۱۸-۱.

[42] Taner, M. T. (2000). *Attributes Revisited*. Technical Publication, Rock Solid Images, Inc, Houston, Texas.

[43] Chen, Q., & Sidney, S. (1997). Seismic attribute technology for reservoir forecasting and monitoring. *The Leading Edge*, 16(5), 445-448.

[44] Hart, B. S., & Balch, R. S. (2000). Approaches to defining reservoir physical properties from 3-D seismic attributes with limited well control: An example from the Jurassic Smackover Formation, Alabama. *Geophysics*, 65(2), 368-376.

[۴۵] شیری، ی. (۱۳۸۹). تلفیق داده‌های لرزه‌ای و چاه‌نگاری برای مدل‌سازی پتروفیزیکی و ارزیابی گاز برجای یکی از میادین هیدروکربوری جنوب ایران.

[46] Draper, N. R., Smith, H., & Pownell, E. (1966). *Applied regression analysis* (Vol. 3). New York: Wiley.

[47] Masters, T. (1995). *Advanced algorithms for neural networks: a C++ sourcebook*. John Wiley & Sons, Inc..

[۴۸] نعیمی، ف. (۱۳۹۰). تخمین توزیع تخلخل به کمک نشانگرهای لرزه ای در یکی از مخازن نفتی جنوب ایران.

[۴۹] ر.، م. (۱۳۸۷). گزارش تجزیه و تحلیل شکستگی های مخزن آسماری. شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب.

[50] L., T. D. (1992). Asmari resevoir in field study. Intera petroleum Technologies.



## **Abstract**

Seismic waves amplitude is attenuated when passing through the ground layers. Description parameter of the attenuation is the quality factor that is used as an attribute that detects presence of hydrocarbons and fracturing in the reservoir. Purpose of this study is to investigate the distribution of quality factor in ASMARI reservoir that is a fields in the southwest of Iran. In order to calculate the quality factor log in each well, spectral ratio method using vertical seismic profiling is used that is conventional method to calculation of the quality factor. Since to obtain the vertical seismic profiling data is expensive, it is important to use a method for which the required data is more accessible. In this study, the quality factor is calculated with drift correction method that uses surface seismic data, sonic log and checkshot. To evaluation the drift correction method, its quality factor log is compared with that of spectral ratio method. Results show that the trend of both charts is highly similar.

Then, the distribution of quality factor in reservoir ASMARI is estimates using stepwise regression. Resulting cross correlation and estimation error are 90.92% and 2.46% respectively. In order to improve the distribution quality factor, these results are used as an external attribute, and the process is iterated. At this step the cross correlation of 91.04% and estimation error of 2.06% are obtained.

**Keywords:** quality factor, vertical seismic profiling, spectral ratio method, drift correction method, seismic attribute, ASMARI reservoir, multiattribute method



**University of Shahrood**

**Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics**

**Estimation of distributing horizon reservoir using surface seismic data,  
VSP and well logs**

**Zahra Datlibeigi**

**Supervisors:**

**Dr. Mehrdad Soleimani Monfared**

**Dr. Amin Roshandel Kahoo**

**Advisers:**

**Dr. S.Hesam Kazemeini**

**Eng Ahmad Geimadil**

**September 2015**