

# نقش راه‌های مدرن در وصف کم شدن مخارج اکتشاف و تولید

فرشاد درگاهی<sup>۱</sup>

farshaddargahi22@gmail.com

رباب چاه‌شوری<sup>۲</sup> - Robabchahshoori@gmail.com

باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر

## چکیده

با توجه به اینکه در کارهای اکتشافی و تولیدی توصیف مفصل و کمی خصوصیات مخزن که همه اطلاعات لرزه‌ای، پتروفیزیکی و زمین‌شناسی در دسترس را در بر داشته باشد، می‌تواند شدیداً اقتصاد توسعه و ازدیاد برداشت مخزن را بهبود ببخشد، همچنین درک خوب از مدل مخزن شامل توزیع پارامترهای پتروفیزیکی از قبیل سنگ‌شناسی، تخلخل و اشباع‌شدگی می‌تواند در تصمیمات با ریسک‌های مالی زیاد از قبیل حفاری مفید باشد. لذا با تعیین خصوصیات مخزن، تشخیص ریسک‌ها و ساختن پیشگویی‌های صحیح از پارامترهای مخزن می‌توان از مخازن هیدروکربوری با تعداد چاههای کمتر، حداکثر بهره‌برداری را بعمل آورد؛ نتیجه این توصیف مخزن روی هم رفته کاهش هزینه‌های اکتشاف و تولید در کارهای زیر سطحی خواهد بود.

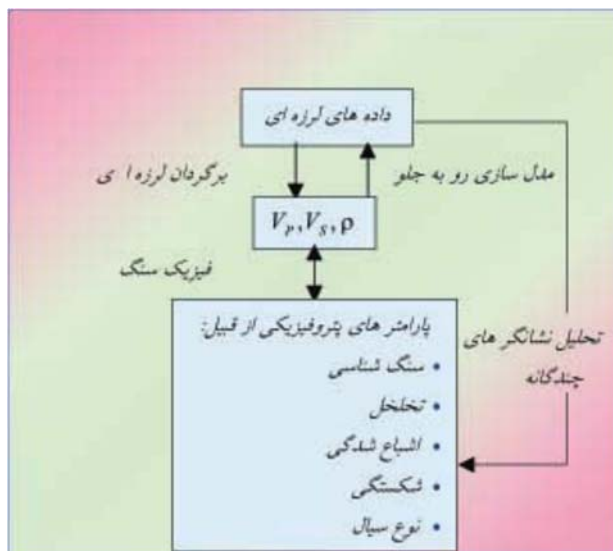
یکی از روشهای بهینه توصیف مخزن، توصیف لرزه‌ای مخزن می‌باشد و منظور از آن، ساختن یک مدل زمین‌شناسی با خواص تعریف توصیف شده بوسیله پارامترهای پتروفیزیکی قابل اندازه‌گیری از داده‌های لرزه‌ای مثل زمان‌های سیر و دامنه موج می‌باشد. داشتن آگاهی بیشتر از اطلاعات نگرهای چاهها، نتایج بدست آمده از نمونه‌های مغزه، نتایج آزمایشات تولید چاهها، اطلاعات فشار مخزن، اطلاعات زمین‌شناسی و ... در جهت ساختن یک مدل واقعی‌تر مفید خواهد بود.

<sup>۱</sup> دانشجوی رشته مهندسی نفت - دانشگاه آزاد اسلامی عالی شهر

<sup>۲</sup> مدرس دانشگاه آزاد اسلامی عالی شهر

### مقدمه

امروزه در بیشتر پروژه‌های اکتشافی و توسعه‌ای از توصیف لرزه‌ای مخزن که مبتنی بر روشهایی از قبیل برگردان لرزه‌ای<sup>۱</sup>، تحلیل نشانگرهای چندگانه<sup>۲</sup>، تحلیل AVO<sup>۳</sup> و فیزیک سنگ است، استفاده می‌شود. شکل (۱) شمای تلفیق روشهای توصیف لرزه‌ای مخزن را نشان می‌دهد.



شکل (۱): شمای تلفیق روشهای توصیف لرزه‌ای مخزن

برگردان لرزه‌ای شامل به نقشه درآوردن خصوصیات زیرسطحی و تبدیل داده‌ای لرزه‌ای باند محدود به شبه‌نگارهای امپدانس صوتی باند پهن در هر رد لرزه‌ای می‌باشد و نشانگرهای لرزه‌ای گونه‌ای دیگر از نمایش داده‌های لرزه‌ای می‌باشند، چون درک ما از گسترش جانبی خواص مخزنی در مناطق دور از کنترل چاهها محدود می‌شود، نشانگرهای لرزه‌ای امکان یک درون‌یابی داده‌های لرزه‌ای را میسر می‌سازند، البته ترکیب نشانگرهای مختلف نیازمند تحلیل‌های بسیار پیچیده از قبیل تحلیل‌های فاکتوری، خوشه‌ای و شبکه‌های عصبی می‌باشد.

در این فرآیند داده‌های گوناگون از منابع وسیع جمع‌آوری می‌شود و یک تیم متخصص متشکل از ژئوفیزیکست، زمین‌شناس، پتروفیزیکست، مهندس مخزن و تولید روی ساختن یک مدل واحد تلفیقی متمرکز می‌شوند. تلفیق ارزش داده‌ها را افزایش می‌دهد و بالاخره قدرت تفکیک، صحت و اعتبار مدل بالا می‌رود. شکل (۲) ترکیب گروه توصیف مخزن را نشان می‌دهد.

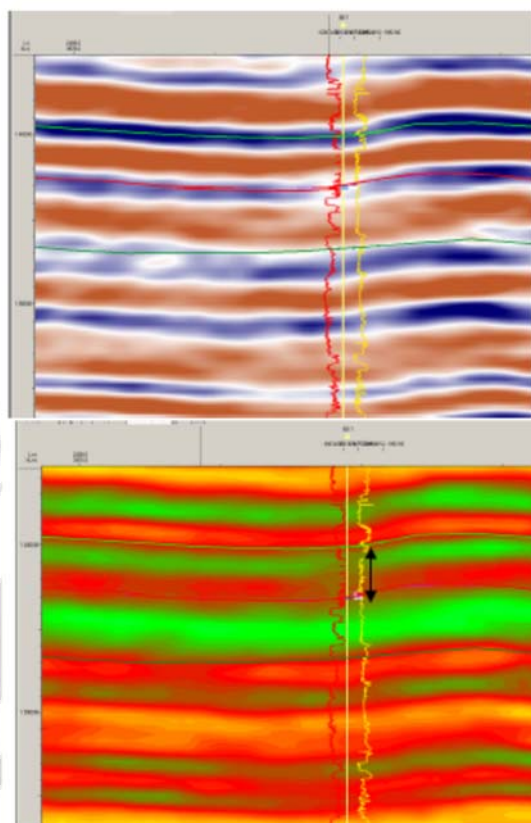


شکل (۲): ترکیب گروه توصیف مخزن

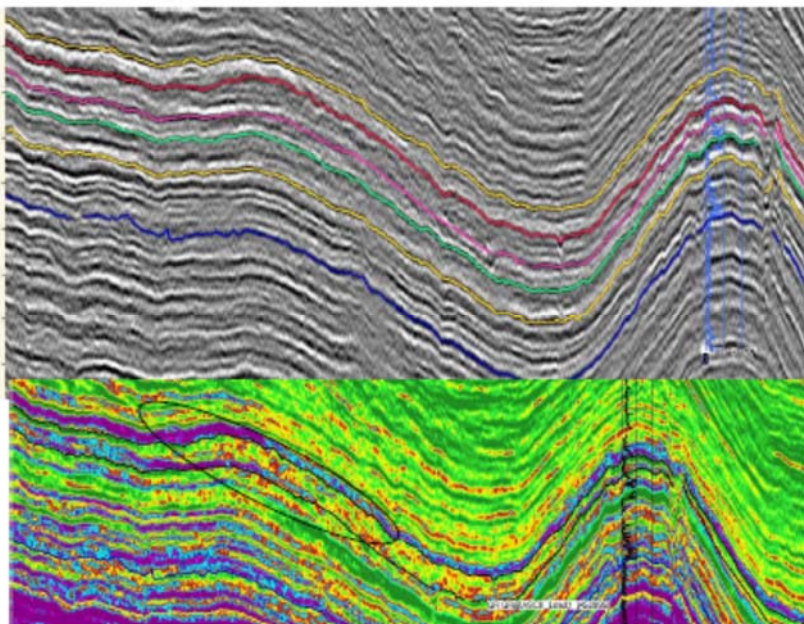
۱. Seismic Inversion  
 ۲. Multi Attributes Analysis  
 ۳. Amplitude versus Offset

## تفسیر چینه‌ای با استفاده از برگردان و نشانگرهای لرزه‌ای

این روشها بطور عمده و وسیع در تفسیر چینه‌ای لرزه‌ای کاربرد دارند و این امر مستلزم استخراج نشانگرها از داده‌ای لرزه‌ای می‌باشد و سپس مطالعات تلفیقی این نشانگرها با اطلاعات چاه‌نگاری می‌بایست مورد بررسی قرار گیرد و مشخصات مخزن را چه از لحاظ کیفی و چه از لحاظ کمی با استفاده از روشهای مختلف از قبیل زمین آماری، آمار کلاسیک چند متغیره، محاسبات عصبی و ... محاسبه کرد. شکل (۳) یک خط لرزه‌ای و برگردان شده‌ای را نشان می‌دهد، همان‌طور که مشاهده می‌شود قدرت تفکیک افزایش یافته و به راحتی می‌توان لایه‌های مخزنی را شناسایی نمود. همچنین شکل (۴) اکتشاف یک تله چینه‌ای را با استفاده از روش برگردان لرزه‌ای نشان می‌دهد.



شکل (۳): مقایسه خط لرزه‌ای با نتیجه برگردان شده که نشان می‌دهد مقطع لرزه‌ای از افق بازتابی به لایه‌هایی که به زمین‌شناسی نزدیکتر می‌باشند برگردانده شده است.



شکل (۴): اکتشاف یک تله چینه‌ای با استفاده از روش برگردان لرزه‌ای

### استفاده از ترکیب نشانگرهای و برگردان لرزه‌ای جهت تعیین محل چاه

متداول‌ترین روش تفسیر داده‌های لرزه‌ای، تفسیر زمانی داده‌ها است که طی آن بر روی مقاطع لرزه‌ای بدست آمده، افق‌های لرزه‌ای تعیین می‌شوند و از مجموع مقاطع تفسیر شده، نقشه زمانی افق مورد نظر بدست می‌آید. این روش تفسیر، تنها اطلاعاتی از عمق لایه‌های مختلف بدست می‌دهد و قادر به استخراج اطلاعات زیادی از زمین‌شناسی لایه‌ها مانند نوع سنگ و نیز اطلاعات پتروفیزیکی مانند میزان تخلخل در سنگ مخزن نمی‌باشد. روش انتخاب چاه سابقاً براساس این منحنی تراز که ژئوفیزیکست تهیه می‌نمود بنا شده بود، ولیکن امروزه تکنولوژی توصیف لرزه‌ای مخزن انتخاب بهینه محل چاه را براساس تلفیق کلیه اطلاعات سطحی و زیرسطحی پیشنهاد می‌کند. داده‌های مورد استفاده در این روش‌ها، داده‌های لرزه‌ای سه بعدی، افق‌های تفسیر شده، اطلاعات زمین‌شناسی، نگارهای پتروفیزیکی چاهها، داده‌های مهندسی مخزن و داده‌های سرعت‌سنجی چاهها می‌باشد.

در یک مطالعه موردی از ترکیب نشانگرهای دامنه، فاز لحظه‌ای، فرکانس لحظه‌ای و نتیجه برگردان (توزیع امدانس صوتی) جهت مشخص نمودن گسترش ماسه سنگهای بورگان در داخل شیل‌های کژدمی استفاده شد و در نهایت بهترین محل چاه انتخاب گردید.

### نشانگر فاز لحظه‌ای

این نشانگر مستقل از دامنه بوده و فاز به انتشار جبهه موج بستگی دارد، فاز لحظه‌ای رخدادها با اهمیت بیشتر را با رنگ خاص خودش نمایش می‌دهد. این نشانگر می‌تواند موارد زیر را در تفسیر مشخص کند.

- بهترین نشانگر پیوستگی جانبی می‌باشد و برای نشان دادن پیوستگی قابل اعتماد می‌باشد.
- آرایش لایه‌بندی یک سکانس را به خوبی نشان می‌دهد.
- به مولفه فازی انتشار موج بستگی دارد.
- مرزهای متوالی در سکانس‌های لرزه‌ای را نشان می‌دهد.

شکل (۵) نقشه (با حجم متوالی ۲۰ میلی ثانیه‌ای) فاز لحظه‌ای را در افق بورگان نشان می‌دهد.

## نشانه‌گر فرکانس لحظه‌ای

این نشانه‌گر می‌تواند در موارد زیر به کار رود.

- در آنومالی‌های فرکانس پایین بیانگر تجمع هیدروکربن باشد که علت آن می‌تواند تضعیف امواج توسط ماسه سنگ‌های سخت نشده (یا کربنات‌های شکافدار) بعلت حضور هیدروکربن یا منافذ درون سنگ باشد.
- همبسته‌کننده خواص لرزه‌ای در راستای جانبی
- نشان‌دهنده لبه امپدانس کم در لایه نازک.
- نشان‌دهنده منافذ خردشدگی که ممکن است بصورت نواحی با فرکانس‌های پایین ظاهر شود.
- نشان‌دهنده ضخامت لایه - فرکانس‌های بالاتر نشان‌دهنده مرزهای تیز یا لایه‌بندی نازک شیل است فرکانس‌های پائین نشان‌دهنده لایه‌بندی غنی ماسه است.
- در یک محیط کلاسیک نشان‌دهنده نسبت ماسه به شیل هستند.

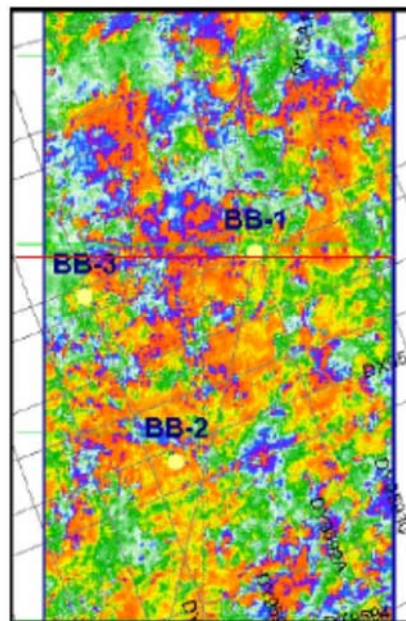
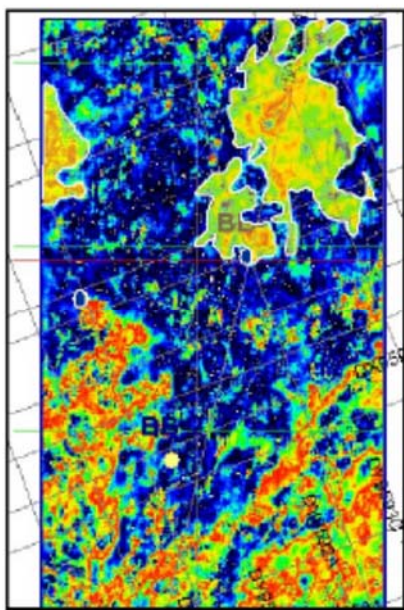
شکل (۶) نقشه (با حجم میلی ثانیه‌ای) فرکانس لحظه‌ای را در افق بورگان نشان می‌دهد.

## برگردان لرزه‌ای (امپدانس صوتی)

امپدانس صوتی را می‌توان نوعی مقاومت سنگها در برابر انتشار امواج دانست و محصول دانسیته و سرعت موج طولی سنگ است. این بدان معنی است که امپدانس صوتی، یک خاصیت<sup>۱</sup> سنگ است نه یک خاصیت فصل مشترک (مثل اطلاعات بازتاب لرزه‌ای)، این اختلاف توان امپدانس صوتی می‌باشد. سنگهای مختلف، مقادیر امپدانس متفاوتی دارند. در نتیجه از مشاهده تغییرات امپدانس صوتی در داخل یک لایه با ویژگی سنگ‌شناسی مشخص (بعنوان مثال سنگ آهک)، می‌توان به تغییرات رخساره سنگی در داخل لایه پی برد. امپدانس صوتی را می‌توان به سایر مشخصات توده سنگ نظیر تخلخل، میزان اشباع، شکستگی و ... ربط داد. بنابراین امپدانس صوتی در محل مورد مطالعه، تغییرات این پارامترها را نیز می‌تواند مشخص سازد. بطور مختصر برخی از مزایا و کاربرهای برگردان لرزه‌ای در زیر بیان شده است.

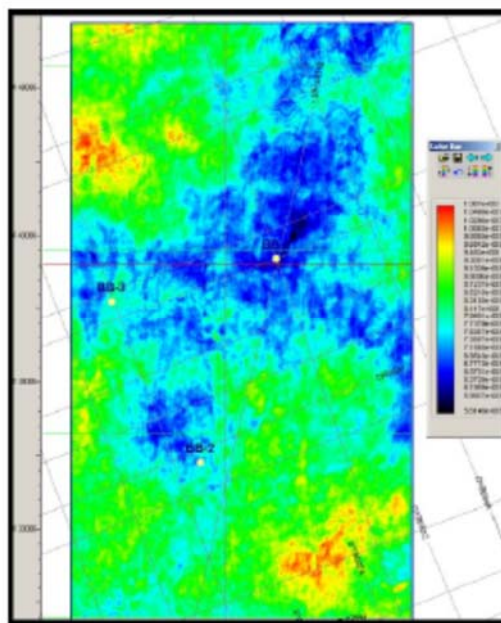
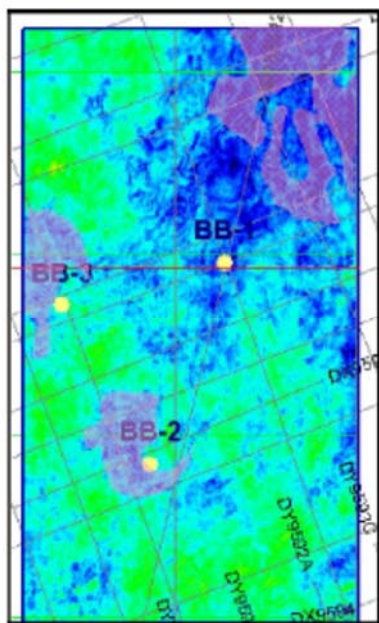
- کاهش اثرات هم کوکی موجک.
  - تبدیل مقاطع لرزه‌ای بازتابی به لایه‌هایی که به زمین‌شناسی نزدیک‌تر باشند.
  - امکان ترکیب اطلاعات معلوم فرکانس پائین ژئوفیزیکی و اطلاعات زمین‌شناسی بزرگ مقیاس با داده‌های لرزه‌ای.
  - مدل‌سازی و استفاده از اطلاعات چینه‌شناسی لرزه‌ای.
  - افزایش قابلیت تفسیر افق‌های لرزه‌ای.
- شکل‌های (۷) و (۸) نقشه‌های تغییرات دامنه و امپدانس را نشان می‌دهد.

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی  
۷ خرداد ۱۳۹۴، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما  
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶-۰۲۱  
www.Reservoir.ir



شکل (۶): نقشه فرکانس لحظه‌ای

شکل (۵): نقشه فاز لحظه‌ای

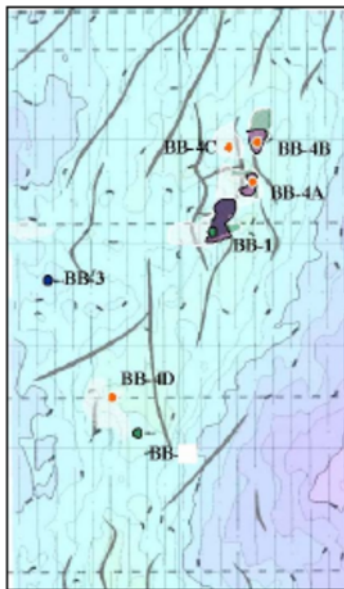


شکل (۸): نقشه تغییرات دامنه متوسط

شکل (۷): نقشه توزیع امپدانس صوتی

نتایج و بحث

اگر عمل هم‌پوشانی این نقشه‌ها را در محل رخدادها انجام دهیم، شکل (۹) تولید خواهد شد که بیانگر توزیع ماسه‌های بورگان در میدان مورد مطالعه خواهد بود.



شکل (۹): بهترین همپوشانی نشانگرهای لرزه‌ای جهت انتخاب محل چاههای بعدی استفاده شده است.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

آنچه می‌توان استنتاج نمود این است که توصیف لرزه‌ای مخازن، امروزه یکی از ابزارهای اصلی در تخمین کمی پارامترهای پتروفیزیکی می‌باشد که توان آن در تلفیق داده‌های گوناگون است. کیفیت گار نهایی یک نتیجه مستقیم از کیفیت داده‌های ورودی است. مثلاً به منظور تخمین دقیق یک مکعب امیدانس صوتی، مفسر باید با فرایند پردازش لرزه‌ای، الگوریتم برگردان، جریان کار، جزئیات چاههای حفاری شده، فرآیند پردازش نگارها و ... با توجه به روش انتخاب شده جهت برگردان آشنا باشد.

## مراجع:

1. John Pendrel, 2001  
Seismic Inversion- The Tool For Reservoir Characterization  
Jason Geosystems Canada.
2. Paul Van Riel, 2000  
The past, present, and future of quantitative reservoir characterization  
The Leading Edge August 2000.
3. Pendrel, J.V., Van Riel, P., 1997.  
Methodology for seismic inversion, A Western Canadian reef example  
CSEG Recorder, 22.

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی  
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما  
مجری: اهم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱  
www.Reservoir.ir

۴. گزارشات داخلی شرکت نفت ملی ایران

