

ارزیابی مخزن بنگستان با نمودارهای چاه و مدل‌سازی لرزه‌ای در میدان نفتی اهواز

علی امین‌زاده* و محمدرضا رضایی*

*دانشکده علوم، دانشگاه تهران، گروه زمین‌شناسی

پذیرش مقاله: ۸۲/۶/۲۵

دریافت مقاله: ۸۱/۲/۱۰

چکیده

در مدل‌سازی مخازن نفتی از دو دسته اطلاعات، یکی نمودارهای چاه و دیگری مقاطع لرزه‌ای، استفاده می‌شود. یکی از راه‌های ایجاد ارتباط و انطباق نمودارها بر مقاطع لرزه‌ای، تبدیل لاگ‌های پتروفیزیکی به ردلرزه‌های ژئوفیزیکی است. این کار از راه ساخت لرزه‌نگاشت‌های مصنوعی به کمک نمودارهای چگالی و صوتی امکان‌پذیر است.

در این بررسی با استفاده از اطلاعات چاه‌های مخزن بنگستان در میدان اهواز، واقع در مناطق نفت‌خیز جنوب ایران، لرزه‌نگاشت‌هایی در امتداد یکی از مقاطع لرزه‌ای منطبق بر راستای میدان ساخته شده و مقطع لرزه‌ای مصنوعی به دست آمده است. پارامترهای پتروفیزیکی مثل تخلخل، لیتولوژی، حجم شیل و غیره هم از طریق نمودارهای چگالی، سرعت، نوترون و پرتو گاما محاسبه شده و از مقایسه همه این‌ها با یکدیگر، نحوه تغییرات و علل و عوامل رفتار بازتابنده‌ها در طول میدان مورد بررسی قرار گرفته است.

شناخت داده‌های مورد نیاز، آشنایی با موانع موجود، شناخت پارامترهای لرزه‌ای مناسب برای ساخت لرزه‌نگاشت در این مخزن، تشخیص پارامترهای پتروفیزیکی مؤثر و نحوه تغییرات آنها در طول میدان، دلایل ظهور بازتابنده‌های موجود روی مقطع لرزه‌ای ساخته شده و ارائه راه‌حل‌های کاربردی برای مطالعات بعدی از جمله دستاوردهای این بررسی است. بر اثر نتایج به دست آمده در این بررسی تخلخل، مهم‌ترین عامل مؤثر بر بازتابنده‌ها شناخته شد و توصیه شد که با استفاده از بازتابنده‌های لرزه‌ای در زون‌بندی میدان تجدید نظر صورت گیرد. نتایج به دست آمده که راهنمایی برای اکتشاف و مدل‌سازی مخازن جدیدند، نشان می‌دهند که اطلاعات دقیق، رقمی و تصحیح‌شده ژئوفیزیکی و پتروفیزیکی تا چه حد در نزدیک کردن مدل به واقعیت تأثیر دارند.

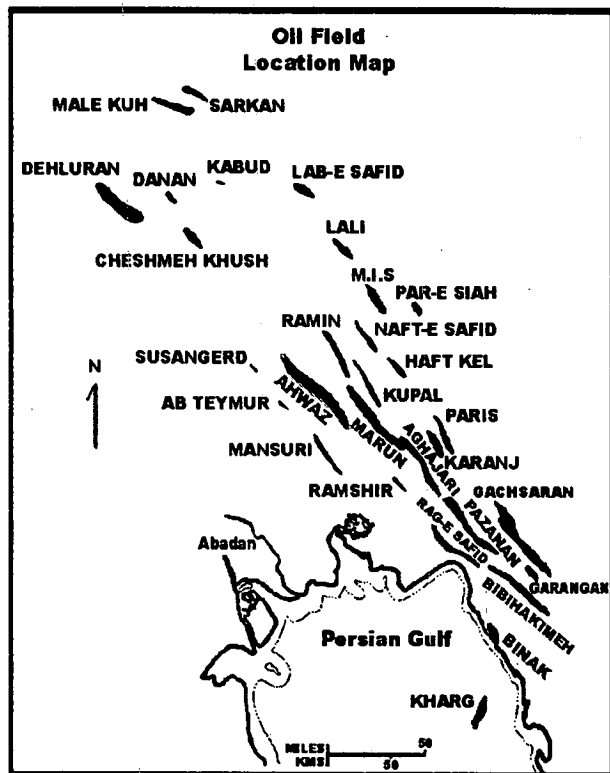
کلیدواژه‌ها: مدل‌سازی لرزه‌ای، مخزن نفت، لاگ، لرزه‌نگاشت مصنوعی، تخلخل، بنگستان اهواز، ایران

۱. مقدمه

مصنوعی در تشخیص بازتابنده‌هاست، یعنی تشخیص اینکه کدام بازتاب روی مقطع لرزه‌ای واقعی به کدام مرز بین لایه‌ها مربوط می‌شود. همچنین چون مقاطع لرزه‌ای واقعی، هم بازتاب‌های اولیه و هم بازتاب‌های چندگانه را نشان می‌دهند، پس همه بازتاب‌ها روی مقطع لرزه‌ای با مرزها به وجود نیامده‌اند بلکه الگوهایی از نوقه ذاتی در آنها وجود دارد که ممکن است تفسیر کننده را به اشتباه بیاندازد (ویل و همکاران، ۱۹۷۷). به کمک مقاطع مصنوعی می‌توان بازتاب‌های اولیه را شناخت و از بقیه بازتاب‌های ناخواسته جدا کرد. کاربرد دیگر لرزه‌نگاشت‌های مصنوعی در مشاهده اثر تغییرات زمین‌شناسی بر مقاطع واقعی است. با تغییر اعداد ورودی، تأثیر خواص سنگ‌ها بر ردلرزه‌ها را می‌توان بررسی کرد.

در بحث مدل‌سازی مخازن نفتی اغلب اطلاعات مورد نیاز از راه نمودارهای چاه به دست می‌آیند. ولی اتکای صرف به این داده‌ها، مشکل نبود تداوم اطلاعات در فضای مابین چاه‌ها را به وجود خواهد آورد. یک مقطع لرزه‌ای می‌تواند با نمایش نحوه تغییرات در بین چاه‌ها، این نبود اطلاعاتی را جبران کند. اما چگونه می‌توان بین نمودارهای چاه و مقاطع لرزه‌ای تطابق ایجاد کرد؟ داده‌های لرزه‌ای در واقع اطلاعاتی مربوط به چگالی و سرعت صوت در لایه‌ها هستند. کلید معما نیز همین جاست. چون در عملیات نمودارگیری، هم نمودار چگالی و هم نمودار صوتی برداشت می‌شوند، از ترکیب این دو لاگ می‌توان موفق به ساخت لرزه‌نگاشت مصنوعی شد. کاربرد اصلی لرزه‌نگاشت‌های

کار تحقیقاتی بررسی کرد. این بررسی کمکی است به تعبیر و تفسیر مطالعات لرزه‌ای و پتروفیزیکی آینده روی این سازند در همین میدان یا مناطق مجاور، و همچنین راهنمایی کلی برای محققینی است که قصد انجام چنین مطالعاتی را در محلی دیگر دارند.



شکل ۱. نقشه میدان نفتی اهواز و میادین مجاور.

۲ روش‌ها

۱-۲ جمع‌آوری داده‌ها

گام اول در ساخت لرزه‌نگاشت ترکیبی، رقمی کردن لاگ‌ها در فواصل عمقی مساوی است (گادالله، ۱۹۹۴). پس از تعیین چاه‌های اصلی (شکل ۳) داده‌های حدود ۵۰ چاه اطراف (چهار لاگ چگالی، صوتی، نوترون و پرتو گاما برای هر چاه) با تفکیک بسیار بالا (هر ۱۵ سانتی متر یک رقم) رقمی شده است. از آنجا که دو زون فوقانی و زون تحتانی این مخزن فاقد هیدروکربورند،

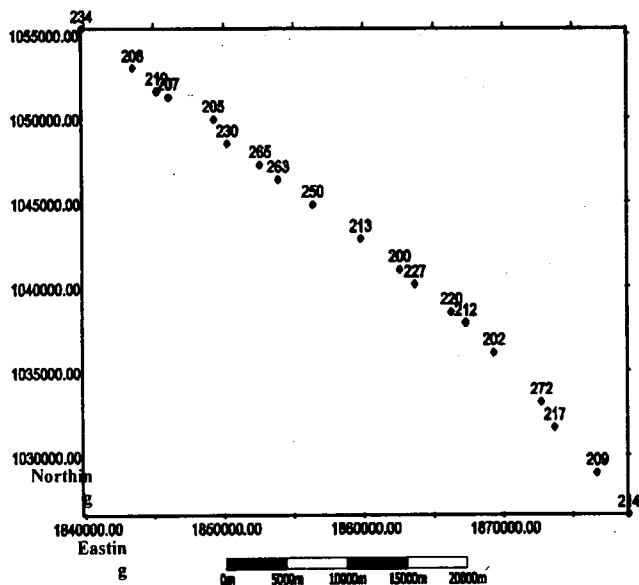
همین‌طور تغییرات ضخامت واحدها، تبدیل آنها به یکدیگر یا تغییر جنس لایه‌ها و تأثیر آن بر مقاطع لرزه‌ای قابل بررسی است. چنین مطالعه‌ای می‌تواند راهنمایی ارزشمند برای مقایسه شکل موج لرزه‌ای با واحدهای زمین‌شناسی باشد.

محل انجام این بررسی مخزن بنگستان میدان نفتی اهواز واقع در مناطق نفت‌خیز جنوب ایران است (شکل ۱) که مخزنی کربناته متعلق به کرتاسه و نهشته در محیط کم‌عمق دریایی است (بولز، ۱۹۷۸). این مخزن در محل میدان اهواز شامل دو سازند ایلام و سروک است که زون‌بندی آنها بر مبنای تغییرات تخلخل صورت گرفته است. بر اساس زون‌بندی به عمل آمده (گریوس، ۱۹۷۴ و اسپیرز، ۱۹۷۵) زون‌های A، B و C متعلق به ایلام و زون‌های D، E، F، G، H و I متعلق به سروک‌اند (شکل ۲). در سال‌های بعد با مطالعات بیشتر زون‌های C و E هر یک به سه زون تقسیم شدند. زون‌های C، E، G و I به عنوان لایه‌های با خصوصیات مخزنی شناخته شده‌اند و بقیه زون‌ها به علت تخلخل کم، از هیدروکربور تهی هستند.

در این بررسی سعی بر آن است که در مخزن بنگستان به کمک نمودارهای پتروفیزیکی، ردلرزه‌های مصنوعی ساخته شود و سپس با مشاهده و تفسیر تغییرات حاصله روی ردلرزه‌ها، تأثیر پارامترهای مختلف بر آنها سنجیده شود. با این روش، هم پارامترهای پتروفیزیکی مخزن بنگستان در طول میدان بررسی می‌شوند (مثل تغییر لیتولوژی، تغییر تخلخل، حجم شیل، ضخامت زون‌ها و غیره)، و هم پارامترهای لرزه‌ای که مناسب ساخت ردلرزه هستند مورد شناسایی قرار می‌گیرند (مثل نوع موجک، نوع فاز، قطبیت، مقیاس عمودی، نرخ نمونه‌گیری، دامنه و غیره). در ضمن به کمک مطالعه ردلرزه‌ها در طول میدان، می‌توان یک مقطع مصنوعی ایجاد کرد که تغییرات کلی بازتابنده‌ها را در طول میدان نشان دهد.

در نهایت با مقایسه این دو دسته از عوامل مؤثر، می‌توان تأثیر هر یک از عوامل پتروفیزیکی بر شکل ردلرزه‌ها را به عنوان یک

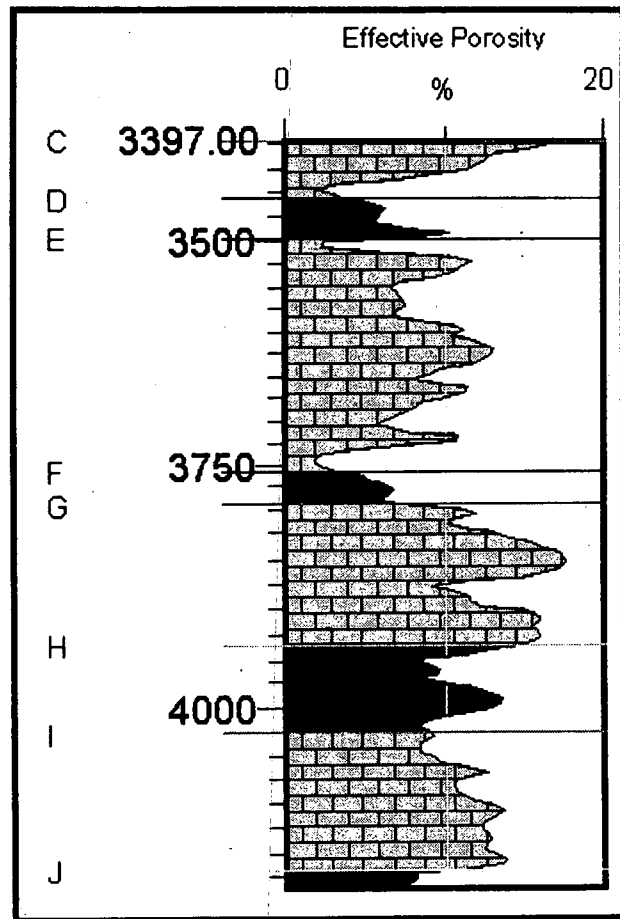
همچنین برای آنکه بتوان در نهایت به یک مقطع لرزه‌ای مصنوعی دست یافت، لازم است اطلاعات لاگ‌های صوتی و چگالی در فواصل ثابت بین چاه‌ها درونیابی شوند که این کار هم به ازای هر صد متر یک نمونه انجام شد. با این حال چون که عمق شروع و پایان زون‌ها در نقاط مختلف با هم متفاوت است و اطلاعاتی از مناطق فوقانی و تحتانی آنها هم وجود نداشت لذا اینکه نقطه شروع و پایان لاگ‌ها در یک عمق ثابت در نظر گرفته شود امکان‌پذیر نبود.



شکل ۳. چاه‌های اصلی مورد استفاده در این مطالعه.

۲-۲ محاسبه پارامترهای پتروفیزیکی

در کل چهار دسته پارامتر روی پاسخ لرزه‌ای سنگ‌های کربناته مؤثرند که عبارت‌اند از خواص پتروفیزیکی مثل تخلخل، پارامترهای لیتولوژیکی مثل حجم شیل، شرایط اندازه‌گیری مثل بسامد و فاکتورهای ژئومتری مثل ناهمگنی لایه‌ها (ماریان و ژیزبا، ۱۹۹۷). از میان این پارامترها، تخلخل، مهم‌ترین عامل تعیین پاسخ لرزه‌ای در سنگ‌های کربناته است. به‌خصوص در این مخزن که اصولاً زون‌بندی آن بر اساس تخلخل است. لیتولوژی مخزن بنگستان در طول میدان به‌طور عمده آهکی است و حجم شیل در



شکل ۲. زون‌های مخزنی بنگستان (C, E, G, I) توسط قسمت‌های مترامک (D, F, H, J) از هم جدا شده است. این موضوع در نمودار تخلخل چاه شماره ۱۹۵ میدان اهواز به خوبی مشاهده می‌شود.

لذا محدوده پوشش این نمودارها از زون D تا I را در بر می‌گیرد که در کل سازند سروک را پوشش می‌دهند. لازم است این اطلاعات خام، تصحیح و پردازش شوند. نمودارهای چاه نسبت به ریزش و دیگر مشکلات چاه حساس‌اند، به خصوص لاگ چگالی که به سبب عمق نفوذ کم، از زون تحت نفوذ گل حفاری تأثیر می‌پذیرد و ممکن است اطلاعات نادرست ارائه کند (سرا، ۱۹۸۶). با تعیین محل‌های ریزش و مقایسه با چاه‌های مجاور، مقادیر عددی نمودار در محل‌های ریزش، زون به زون از راه درونیابی خطی تصحیح شدند.

تخلخل از لاگ صوتی هم از معادله (۳) نتیجه می شود که به معادله وایلی (وایلی و همکاران، ۱۹۵۶) مشهور است:

$$\phi_s = \frac{\Delta t_{\log} - \Delta t_{ma}}{\Delta t_{\Pi} - \Delta t_{ma}} \quad (3)$$

و در آن، Δt_{ma} زمان عبور (اختلاف زمان رسیدن صوت فرستاده شده از دستگاه نمودارگیری به دو گیرنده آن) از ماتریکس سنگ است. Δt_{Π} زمان عبور در سیال درون سنگ است. Δt_{\log} همان عددی است که با دستگاه روی نمودار ثبت شده است. تمام این اعداد بر حسب میکروثانیه بر فوت است. برای به دست آوردن زمان های عبور در ماتریکس و سیال باید مقادیر تخلخل لاگ چگالی (و یا تخلخل کل) آن چاه در مقابل لاگ صوتی و خط زگرسون نقاط مربوطه رسم شود. مقادیر زمان عبور روی این خط در نقاط صفر و صد تخلخل به ترتیب زمان عبور برای ماتریکس و سیال را نشان می دهد. اگر ماتریکس سنگ غیر آهکی بود، باید به کمک چارت هایی مقادیر تخلخل حاصل از هر لاگ تصحیح می شد. ولی چون می دانیم که محیط عمدتاً جنس آهکی دارد، لذا با کمی اغماض می توان جواب های هر لاگ را به ترتیبی که آمد به عنوان مقدار واقعی تخلخل پذیرفت. ضمن آنکه در اینجا اعداد دقیق تخلخل مد نظر نیست، بلکه تغییرات نسبی تخلخل مورد توجه است.

معادله (۴) نحوه تخمین حجم شیل از نمودار پرتو گاما را نشان می دهد:

$$V_{sh} = \frac{GR_{\log} - GR_{\min}}{GR_{\max} - GR_{\min}} \quad (4)$$

با وارد کردن مقادیر حداقل و حداکثر لاگ گاما برای GR_{\max} و GR_{\min} می توان به ازای هر مقدار لاگ (GR_{\log})، درصد حجم شیل سازند (V_{sh}) در آن نقطه را به دست آورد. البته در اینجا سازند به نسبت تمیز است و شیلی ندارد، ولی به هر حال باید روش کلی را مد نظر داشت.

حداقل قرار دارد، به طوری که معمولاً لاگ پرتو گاما (CGR) بین صفر و ده درجه API در نوسان است. همچنین لایه ها از تداوم و یکنواختی نسبی برخوردارند. شرایط اندازه گیری در ادامه مورد بحث قرار خواهد گرفت.

سه لاگ نوترون، چگالی و صوتی، ابزار شناخت تخلخل اند. اعداد قرائت شده روی لاگ نوترون به طور مستقیم تخلخل را نشان می دهند. از روی لاگ چگالی هم می توان با کمک معادله (۱) در سازندهای بدون شیل، تخلخل را حساب کرد:

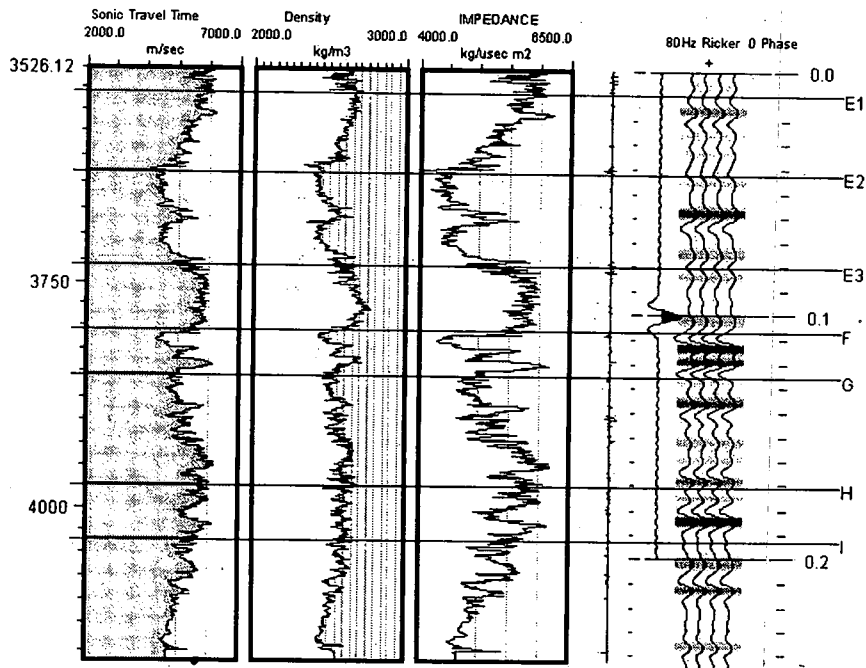
$$\phi_D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_{\Pi}} \quad (1)$$

که در آن، ρ_{ma} چگالی ماتریکس است که در اینجا به دلیل کربناته بودن محیط ۲/۷۱ گرم بر سانتی متر مکعب در نظر گرفته شده است. ρ_{Π} چگالی سیال است که چون از روش محاسبه سریع استفاده شده آن را به طور متوسط ۱/۱ فرض می کنیم. عددی که از روی لاگ خوانده می شود هم با ρ_b نشان داده شده است. برای به دست آوردن تخلخل مفید تصحیح شده نیز، با توجه به اینکه ممکن است آهک با درصد ناچیزی دولومیت همراه باشد از معادله (۲) استفاده می شود:

$$\phi_e = \sqrt{\frac{\phi_N^2 + \phi_D^2}{2}} \quad (2)$$

ϕ_e درصد تخلخل مفید و ϕ_N و ϕ_D به ترتیب درصد تخلخل های حاصل از لاگ های نوترون و چگالی اند.

از روی لاگ صوتی هم می توان پی به تخلخل برد با این تفاوت که چون این لاگ نسبت به تخلخل های ثانویه حساسیت کمتری دارد، آنها را نشان نمی دهد و به همین دلیل معمولاً ارقام کمتری نسبت به دو لاگ قبلی به دست می دهد (نورمی و همکاران، ۱۹۹۰). از همین خصوصیت می توان برای شناخت میزان تخلخل ثانویه هم استفاده کرد که به راحتی با تفاضل این تخلخل از تخلخل کل قابل محاسبه است. تخلخل کل از میانگین تخلخل حاصل از لاگ های نوترون و چگالی به دست می آید و



شکل ۴. به ترتیب از چپ به راست نمودارهای صوتی، چگالی، امپدانس، ضریب بازتاب و لرزه‌نگاشت با بسامد ۸۰ هرتز برای چاه شماره ۲۰۶.

۳-۲ ساخت لرزه‌نگاشت

هر ردلرزه روی یک مقطع لرزه‌ای از تأثیر ضخامت، چگالی و سرعت سیر امواج لرزه‌ای ناشی می‌شود. مقدار دامنه هر ردلرزه با حاصل ضرب چگالی و سرعت لایه‌ها مطابق رابطه (۵) ارتباط دارد.

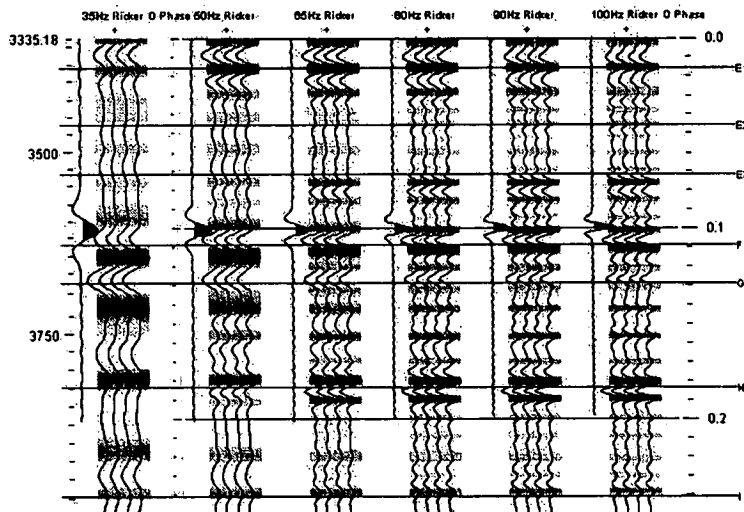
$$Z = \rho V \tag{۵}$$

که ρ چگالی سنگ و V سرعت صوت در آن است. امواج صوتی مورد نظر ما در این بررسی امواج طولی‌اند. Z پاگیری صوتی نامیده می‌شود. موج لرزه‌ای در مرز بین دو لایه می‌شکند و بخشی از آن به سطح زمین بازتاب می‌یابد. شدت بازتاب به اختلاف مقاومت ظاهری در دو سوی مرز بستگی دارد. برای نشان دادن این اختلاف از «ضریب بازتاب» مرز دو لایه استفاده می‌شود و آن را با RC نشان می‌دهند:

$$RC = (Z_2 - Z_1) / (Z_2 + Z_1) \tag{۶}$$

که در آن Z_1 و Z_2 به ترتیب مقاومت ظاهری صوتی در لایه بالایی همان در لایه پایین هستند. برای امواج رسیده به سطح زمین می‌توان تعریف کرد که ضریب بازتاب مثبت یا منفی را، بر حسب این که قطبیدگی مقطع لرزه‌ای نرمال یا معکوس باشد، به شکل برآمدگی یا پیک و فرورفتگی یا تراف روی ردلرزه ثبت کنند. بنابراین برای ساخت یک لرزه‌نگاشت مصنوعی به این اطلاعات نیاز هست: چگالی لایه‌ها، سرعت صوت در آنها و موجک لرزه‌ای که باید پارامترهای آن را تعیین کرد. چگالی و سرعت به راحتی و با دقت زیاد از نمودارهای چاه به دست می‌آیند. با استفاده از معادلات بالا و ترکیب آنها با موجک تعیین شده، در نهایت ردلرزه‌ای مشابه با مقطع لرزه‌ای واقعی به دست آورده خواهد شد (شکل ۴).

امکان ساخت اینها بدون نرم‌افزار میسر نیست لذا در تهیه این ردلرزه‌ها از نرم‌افزار ژئوسین استفاده شده است. داده‌های ورودی



شکل ۵. لرزه‌نگاشت چاه شماره ۲۱۴ با بسامدهای مختلف. مقطع لرزه‌ای مصنوعی در راستای میدان اهواز برای مخزن بنگستان.

هرترز است. در مطالعات تحقیقاتی و برای ساخت ردلرزه‌های مصنوعی بهتر است از بسامدهای بیشتر استفاده شود چون دقت و تفکیک بیشتری دارد. بسامد کمتر یعنی طول موج بیشتر، و این باعث می‌شود که گاهی حتی دو مرز جدا از هم، به علت بزرگی طول موج، از هم تفکیک نشوند و خود را به صورت یک پیک روی ردلرزه نشان دهند. در این وضعیت با افزایش بسامد به تدریج شاهد جدایی این مرزها از یکدیگر خواهیم بود. البته اگر هدف، بستن لرزه‌نگاشت به مقطع باشد باید نزدیک‌ترین بسامد به بسامد غالب مقطع واقعی را انتخاب کرد.

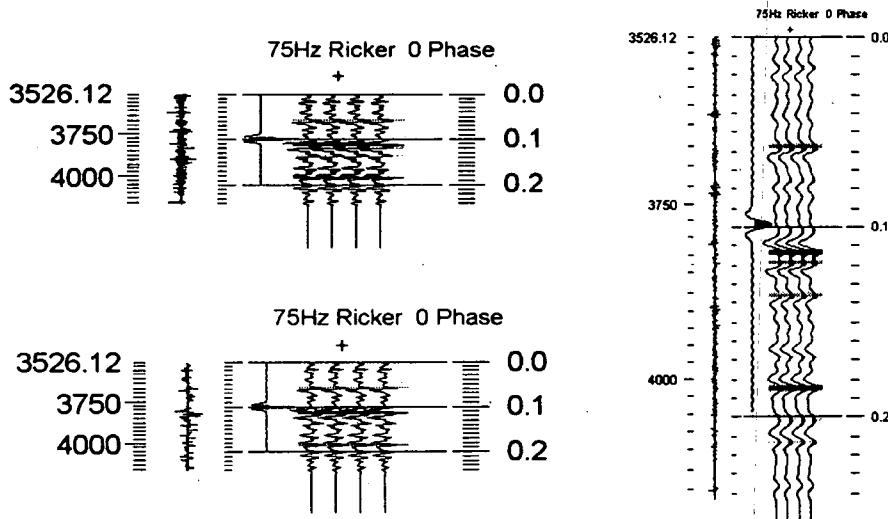
به منظور شناخت بهترین بسامد ممکن برای ساخت ردلرزه‌ها به طوری که مرزها بهترین تفکیک را از هم نشان دهند، برای چندین چاه در نقاط مختلف ردلرزه‌هایی با بسامدهای متفاوت ساخته شد (شکل ۵). بسامدهای مورد استفاده عبارت‌اند از ۳۵، ۵۰، ۶۵، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ هرترز. نتیجه حاصله در همه چاه‌ها این بود که بسامدهای ۳۵ و ۵۰ برای این کار بسیار کم‌اند، به طوری که خیلی از مرزها را نشان نمی‌دهند. در بسامدهای ۶۵ جدایش مرزها را بهتر می‌توان دید که این جدایش در بسامد ۸۰ با دقت بیشتر و تفکیک بالاتری مشاهده می‌شود. در بسامدهای ۹۰ و ۱۰۰ تغییر چندانی در تفکیک مرزها روی ردلرزه مشاهده نشد. در نتیجه

به آن، عمق و اعداد لاگ صوتی و چگالی هستند. کار مهمی که باید در اینجا انجام داد آن است که چون این نرم‌افزار، داده‌ها را به صورت خام قبول نمی‌کند، آنها را به قالبی که مورد قبول نرم‌افزار باشد یا در اصطلاح LAS (Log ASCII Standard) درآورد. LAS در اصل یک فایل نوشتاری به زبان رایانه‌ای ASCII است که شامل اطلاعات سرصفحه لاگ و خود مقادیر لاگ و عمق مربوطه است.

۳ بحث

برای به دست آوردن ردلرزه باید پارامترهایی را برای نرم‌افزار تعریف کرد که مهم‌ترین آنها نوع موجک و بسامد ردلرزه است. برای این مطالعه از موجک نوع ریکر با فاز صفر و دارای قطبیدگی مثبت استفاده شده که دارای یک پیک قوی است و نوسان کناره‌های آن به حداقل رسانده شده‌اند. تقارن پیک و اینکه دامنه آن درست در محل ضریب بازتاب قرار دارد از دیگر مزایای آن است. در کل موجک ریکر از نوع فاز صفر، بیشترین قدرت تفکیک ممکن را به دست می‌دهد (انسل متی و همکاران، ۱۹۹۷).

در عملیات لرزه‌ای معمولی، محدوده بسامد بین ده تا صد



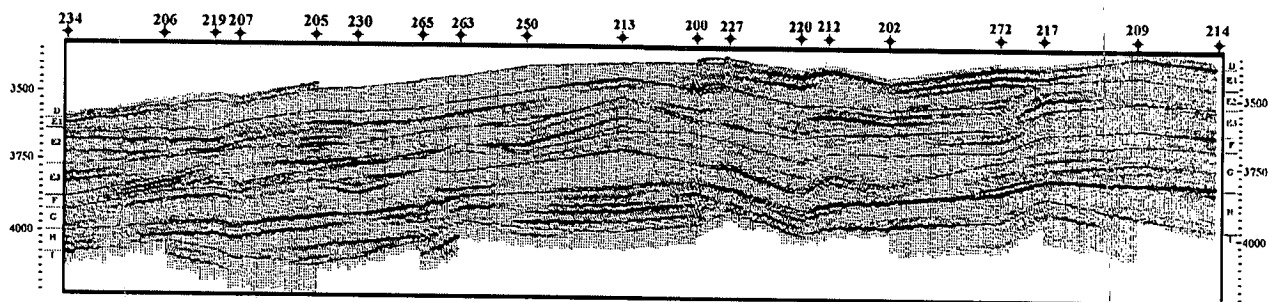
شکل ۶. لرزه‌نگاشت‌های چاه شماره ۲۰۶ که با پارامترهای مختلف به دست آمده‌اند. سمت چپ بالا با نرخ نمونه‌گیری ۰/۲۵ میلی‌ثانیه و مقیاس عمودی ۵ سانتی‌متر به ازای هر ثانیه؛ سمت چپ پایین با همان مقیاس عمودی ولی با نرخ نمونه‌گیری ۲ میلی‌ثانیه؛ سمت راست با نرخ نمونه‌گیری ۰/۲۵ میلی‌ثانیه و مقیاس عمودی ۴۰ سانتی‌متر به ازای هر ثانیه.

برای آن‌که تغییرات کلی بازتابنده‌ها در طول میدان مورد بررسی قرار گیرد، لازم است یک مقطع لرزه‌ای مصنوعی تهیه شود. برای انجام این کار باید برای هر چاه روی مسیر انتخابی یک لرزه‌نگاشت ساخته شود و سپس با روش درون‌یابی، در فواصل ثابت، لرزه‌نگاشت‌هایی دیگر به وجود بیاید تا سرانجام از کنار هم گذاشتن آنها یک مقطع لرزه‌ای حاصل شود (بیتس و همکاران، ۱۹۹۹). این مقطع در امتداد میدان با کنار هم قرار دادن لرزه‌نگاشت‌های ساخته‌شده، به ازای هر صد متر یک لرزه‌نگاشت، مقطع لرزه‌ای مصنوعی به دست آمد (شکل ۷).

چنانچه به مسیر بازتابنده‌ها روی مقطع ساخته شده دقت شود دقیق‌ترین مرزی که تقریباً در کل طول میدان امتداد آن چشمگیر است مربوط به رأس زون H است که دلیل آن ناگهانی بودن کاهش تخلخل از زون G به زون H است. ضمن اینکه زون G در این مخزن دارای بالاترین میزان تخلخل است و اختلاف آن با تخلخل پایین زون H به مشخص‌تر شدن مرز کمک می‌کند. با دقت بیشتر در زون H مشاهده می‌شود که در قسمت‌های میانی و

بهترین بسامد ممکن در این شرایط، بسامد ۸۰ هرتز تشخیص داده شد.

پارامترهای دیگری هم هست که روی شکل ظاهری ردلرزه تأثیر می‌گذارد. که مقیاس عمودی و نرخ نمونه‌گیری از جمله آنهاست. برای رسم ردلرزه‌ها از مقیاس ۴۰ سانتی‌متر به ازای هر ثانیه استفاده شد که از فشردگی کمتر و تفکیک بهتری برخوردار بود. نرخ نمونه‌گیری هم ۰/۲۵ میلی‌ثانیه انتخاب شد تا امکان تغییر و افزایش بسامد وجود داشته باشد (شکل ۶). از دیگر پارامترهای قابل تغییر در نرم‌افزار مقیاس دامنه ردلرزه‌ها است که در حالت عادی و به‌صورت پیش‌فرض، این مقدار برابر یک واحد است. هر گونه افزایش، و یا کاهش این عدد، به شدت روی شکل ردلرزه تأثیر می‌گذارد و باعث می‌شود پیک‌ها و ترف‌های روی آن شدیدتر یا ملایم‌تر ظاهر شوند. از آنجا که هر گونه تغییر در این پارامتر، شکل لرزه‌نگاشت را از حالت عادی خارج می‌کند، لذا در ساخت ردلرزه‌های بعدی از همان مقدار پیش‌فرض نرم‌افزار استفاده شد.



شکل ۷. مقطع لرزه‌ای مصنوعی در راستای میدان اهواز برای مخزن بنگستان. (مقیاس قائم $40 \frac{cm}{s}$ ، مقیاس افقی $10 \frac{Tr.}{km}$ ، فاصله نمونه برداری MS 0.25 و موجک به کار رفته نوع ریکر).

معمولاً زمانی پیش می‌آید که ماتریکس سنگ آهکی باشد. متغیر عمده در این مخزن تخلخل است. با بررسی تغییرات کلی تخلخل در راستای میدان مشخص می‌شود که زون G با میانگین تخلخل مفید 11.71% ، بیشترین تخلخل و زون F با میانگین تخلخل مفید 7.11% کمترین میزان تخلخل را دارد. حداکثر متوسط تخلخل در زون G معادل 17.60% و حداقل آن در زون F معادل 4.70% است. ضمن آنکه تفاوت بارزی بین میانگین تخلخل قسمت‌های شرقی میدان با قسمت‌های غربی دیده نمی‌شود.

۴ نتیجه‌گیری

مشاهده شد که برای ساخت لرزه‌نگاشت در این مخزن، بسامدهای کم گرچه مناسب است ولی لزوماً با زون‌بندی پتروفیزیکی تطابق نشان نمی‌دهد. علت آن هم به یکنواختی محیط باز می‌گردد. در تخلخل عامل اصلی ظهور بازتابنده روی لرزه‌نگاشت است. در قسمت‌های غربی مخزن تغییرات بیشتری دیده می‌شود که شاید بتوان زون‌های جدیدتری برای آن تعریف کرد. از آنجا که این بررسی به طور اخص روی مخزن بنگستان در میدان اهواز صورت گرفته، لذا می‌توان به عنوان کلیدی برای مطالعات بعدی روی بنگستان از آن استفاده کرد. مقایسه مقطع مصنوعی با مقاطع لرزه‌ای منطقه و بستن لرزه‌نگاشت‌ها به آنها کمک شایانی به تفسیر مقاطع مزبور می‌کند.

غربی میدان درون این زون، بازتابنده‌های قوی وجود دارند که قسمت‌های شرقی دیده نمی‌شوند. از روی نمودار تخلخل پیداست که قسمت متخلخل زون H منطبق با بازتابنده‌های ظاهر شده روی مقطع است. پیشنهاد می‌شود لاقل در مناطق میانی و غربی میدان، مخزن بنگستان به چند زیرزون تقسیم شود.

در نقاطی هم بازتابنده‌هایی به صورت پراکنده وجود دارد که با مرزهای تعیین شده برای زون‌ها انطباق ندارند. مثلاً در محل چاه شماره ۲۷۲ در ازون EI دو بازتابنده قوی مشاهده می‌شود که مربوط به مرز زون نیستند. بر مبنای گزارش پتروفیزیکی این چاه، زون EI از آهک خالص تشکیل شده ولی درون آن دو رگه آهک دولومیتی وجود دارد. پس یک دلیل آن می‌تواند تغییرات لیتولوژیکی موقتی باشد. دلیل دیگر همان تغییرات محلی تخلخل است که مثلاً در زون H باعث بروز بازتابنده‌هایی خارج از مرزهای از پیش تعیین شده می‌شود.

در این بررسی چون مخزن بنگستان جنسی کاملاً یکنواخت دارد، لذا در تفسیر لرزه‌نگاشت‌ها نمی‌توان روی تغییر لیتولوژی حساب کرد. با توجه به گزارش‌های چاه، تمامی زون‌های سروک، جنس آهکی دارند و فقط در افق‌های محدودی قدری دولومیتی می‌شوند. ماسه‌سنگ هم اصلاً وجود ندارد. ضمن اینکه شواهد موجود هم دال بر یکنواختی لیتولوژی است. مثلاً در تمامی نقاطی که در چاه‌ها ریزش یا مشکل خاصی وجود ندارد، لاگ‌های نوپرون و چگالی بر هم منطبق‌اند که این وضعیت

Marion, D. and Jizba, P., 1997, Acoustic properties of carbonate rocks: use in quantitative interpretation of sonic and seismic measurements: *in*, Palaz, I., and Kurt J. Marfurt Ed., Carbonate Seismology, Society Of Exploration Geophysicist, Geophysical Development Series, USA, 6, 75-94.

Nurmi, R., Charara, M., Waterhouse, M. and Park, R., 1990, Heterogeneities in carbonate reservoirs: detection and analysis using borehole electrical imagery: *in*, Hurst, A., Lovell, M. A. and Morton, A. C., Ed., Geological Applications of Wireline Loges, Geological Society Special Publication, UK, 48, 95-111.

Serra, O., 1986, Fundamentals Of Well-log Interpretation. Volume 2: The Interpretation of Logging Data: Elsevier, Amsterdam.

Sheriff, R. E., 1977, Limitation of seismic reflections and geologic detail derivable from them: *in*, Charles E. Payton, Ed., Seismic Stratigraphy- Applications To Hydrocarbon Exploration, American Association Of Petroleum Geologists, USA, Memoir 26, 3-14.

Speers, R. G., 1975, Review of the reservoir geology of the Ahwaz Bangestan: Oil Service Company of Iran, Report No. P-2775.

Vail, P. R., Todd, R. G. and Sangree, J. B., 1977, Seismic stratigraphy and global changes of the sea level, Part 5: Chronostratigraphic significance of seismic reflections: *in*, Charles E. Payton, Ed., Seismic Stratigraphy- Applications To Hydrocarbon Exploration, American Association Of Petroleum Geologists, USA, Memoir 26, 99-116.

Wyllie, M. R. J., Gregory, A. R. and Gardner, L. W., 1956, Elastic wave velocities in heterogeneous and porous media: Geophysics, 21, 41-70.

تشکر و قدردانی

از آنجا که داده‌های این مقاله از شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب (اهواز) تهیه شده، لازم است از برخورد صمیمانه و همکاری اداره کل زمین‌شناسی گسترشی، اداره پتروفیزیک و اداره کل پژوهش مناطق نفت‌خیز جنوب تشکر شود.

منابع

امین‌زاده، ع. و رضایی، م.، ۱۳۸۱، ارزیابی مخزن بنگستان بوسیله نمودارهای چاه و مدل‌سازی لرزه‌ای در میدان نفتی اهواز:

پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

Anselmetti, F. S., Eberli, G. P. and Bernoulli, D., 1997, Seismic modeling of a carbonate platform margin Montagna Della Maiella, Italy; variations in seismic facies and implications for sequence stratigraphy: *in*, Palaz, I., and Kurt, J. Marfurt, Ed., Carbonate Seismology, Society Of Exploration Geophysicist, Geophysical Development Series, USA, 6, 373-406.

Bates, C. R., Lynn, H. B. and Simon, M., 1999, The study of a naturally fractured gas reservoir using seismic techniques: AAPG Bulletin, 83, no. 9, 1392-1407.

Bolz, H., 1978, Core studies in the Bangestan Reservoirs of the Ahwaz Field: OSCO Exploration Division Report.

Gadallah, Mamdouh R., 1994, Reservoir Seismology: PennWell, USA.

Grieves, K. F. C., 1974, Ahwaz Bangestan Reservoir geological study: Oil Service Company Of Iran, Report No. P-2380.