

استفاده از رخساره‌های لرزه‌ای در توصیف یکی از مخازن نفتی ایران

علی عدالت^۱ و حمیدرضا سیاهکوهی^۲

^۱ دانشجوی دکتری ژئوفیزیک، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران
^۲ استادیار گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران (e-mail: hamid@ut.ac.ir)

(دریافت: ۸۵/۰۹/۲۸، پذیرش نهایی: ۸۶/۰۳/۲۷)

چکیده

تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای، فن قدرتمندی برای تعیین تغییرات خصوصیات لرزه‌ای تریس‌ها در محدوده مخزن و مرتبط کردن آنها با تغییرات خصوصیات مخزنی است. تعیین این خصوصیات از مخزن جهت ساخت مدل مخزن و برنامه‌ریزی عملیات تولید، حیاتی است. در این بررسی سعی در جمع‌داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی و نگاره‌های تخلخل موثر برای برآورد تغییرات جانبی تخلخل در مخزن میشریف (یکی از مخازن نفتی واقع در خلیج فارس) دارد. تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای به دو روش با نظارت و بدون نظارت در محدوده مخزن صورت گرفته است. نتایج این دو روش همخوانی خوبی دارند و همچنین با داده‌های پتروفیزیکی چاه‌ها و نقشه تخلخل میانگین، که در مطالعات قبلی به دست آمده است، سازگارند. این مطالعه امکان تعریف محدوده‌هایی با مقادیر تخلخل میانگین زیاد و همچنین تخلخل میانگین کم را فراهم می‌آورد. تحلیل به روش بدون نظارت نه تنها نتایج روش تحلیل با نظارت را تایید می‌کند، بلکه جزئیات بیشتری از تغییرات جانبی رخساره‌های لرزه‌ای را به دست می‌دهد. مناطق با تخلخل میانگین کم بیشتر در بخش جنوبی منطقه مورد بررسی و مناطق با تخلخل میانگین زیاد، بیشتر در بخش شمالی و غربی منطقه قرار گرفته‌اند.

کلید واژه‌ها: رخساره‌های لرزه‌ای، تحلیل بدون نظارت، تحلیل با نظارت، توصیف مخزن

۱ مقدمه

است. دلیل آن این است که داده‌های لرزه‌ای، نسبت به اطلاعات بدست آمده از نگاره‌های چاه‌ها اغلب دارای پهنای باند محدودی‌اند و بنابراین فقط می‌توانند یک توصیف از میانگین خصوصیات مخزنی ارائه دهند. علاوه بر آن معمولاً ارتباطی ساده بین پارامترهای لرزه‌ای ثبت شده (مانند دامنه‌های لرزه‌ای و یا نشانگرهای لرزه‌ای) و خصوصیات لرزه‌ای وجود ندارد. با توجه به دلایل ذکر شده، اغلب تفسیر سنگ‌شناسی لرزه‌ای با استفاده از روابط آماری صورت می‌گیرد که این روابط در مجاورت چاه‌ها (که اطلاعات لرزه‌ای و مخزنی به‌طور هم‌زمان موجودند) به دست می‌آیند.

برای تفسیر تغییرات جانبی ناهمگنی‌های مخزن، از یک فرایند چندمتغیره آماری که تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای (Seismic Facies Analysis-SFA) نامیده می‌شود استفاده کرده‌ایم. در تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای از

بدست دادن توصیف صحیحی از تغییرات جانبی ناهمگنی‌های مخزن، اغلب برای ساخت مدل مخزن حیاتی است. از این نقطه‌نظر، داده‌های چاه نمی‌توانند به تنهایی، تغییرات خصوصیات مخزن را بدرستی پوشش دهند. زیرا معمولاً توزیع آنها در میدان نفتی بسیار پراکنده است و فاصله آنها در مقایسه با ابعاد ناهمگنی‌هایی که باید مدل شوند خیلی بزرگ است. از طرفی در مقایسه با داده‌های پراکنده چاه‌ها، داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی نمونه برداری منظم و متراکم از پارامترهای مخزن را فراهم می‌آورد که می‌تواند توصیف فضایی مخزن را بهبود دهد. با وجود این داده‌های لرزه‌ای عموماً دارای دقت پایین در راستای قائم‌اند. جمع‌داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی با نگاره‌های پتروفیزیکی می‌تواند بطور قابل ملاحظه‌ای توصیف تغییرات جانبی مخزن را بهبود دهد. با این وجود استخراج چنین اطلاعات مخزنی از داده‌های لرزه‌ای اغلب مشکل

منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد. از تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای برای تعیین تغییرات در خصوصیات لرزه‌ای تریس‌ها استفاده می‌کنیم تا بتوانیم توصیفی کیفی و قابل اطمینان از تغییرات جانبی مخزن (بصورت زون‌بندی افقی از زمین‌شناسی مخزن) به دست آوریم و در نهایت از آن در ساخت یک مدل زمین‌شناسی بهره‌برداری کنیم (دومای و فورنیر، ۱۹۸۸؛ جاستیک و همکاران، ۱۹۸۵).



شکل ۱. نقشه پایه منطقه مورد بررسی در خلیج فارس (گزارش‌های فنی شرکت نفت فلات قاره)

رخساره‌های لرزه‌ای ابزاری اند که امکان زون‌بندی جانبی مخزن را فراهم می‌کنند، به طوری که هر رخساره لرزه‌ای می‌تواند متناسب با یک محیط زمین‌شناسی خاص باشد. در نهایت مدل‌سازی زمین‌شناسی، هر رخساره لرزه‌ای را به یک نمودار نسبت‌های قائم (Vertical Proportion Curve) مرتبط می‌کند. هدف از تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای، بررسی شکل تریس‌های لرزه‌ای در محدوده مخزن و مرتبط کردن تغییرات آنها به تغییرات زمین‌شناسی مخزن است.

۲ تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای

تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای ابزاری مناسب برای به دست آوردن روند تغییرات زمین‌شناسی در لایه مخزنی است. هدف از این کار ترسیم تغییرات زمین‌شناسی از روی تحلیل خواص تریس‌های لرزه‌ای در محدوده مخزن است.

بررسی خصوصیات تریس‌های لرزه‌ای برای تولید نقشه‌های "رخساره‌های لرزه‌ای" استفاده می‌شود. این نقشه‌ها تغییرات الگوی لرزه‌ای را در محدوده مخزن مشخص می‌کنند. در مرحله بعد با تفسیر این رخساره‌ها می‌توان تغییرات رخساره‌ای را به تغییرات خواص زمین‌شناسی مخزن مرتبط کرد.

بررسی رخساره‌های لرزه‌ای از دهه ۶۰ میلادی آغاز شده است و محققین متفاوتی آن را معرفی کرده‌اند و مورد استفاده قرار داده‌اند. ماتیو و رایس (۱۹۶۹) از تحلیل فاکتور تفکیک‌کننده (Discriminant Factor Analysis) برای به دست آوردن نسبت ماسه به شیل در زون‌های گوناگون مخزنی استفاده کردند. هاگان (۱۹۸۲) از تحلیل مولفه‌های اصلی برای بررسی تغییرات جانبی در تخلخل استفاده کرد. ماتلاک و همکاران (۱۹۸۵) از یک تابع تصمیم‌گیری خطی برای تعیین مرزهایی که رخساره‌های ماسه‌ای تغییر می‌کنند استفاده کردند. دومای و فورنیر (۱۹۸۸) از هر دو روش تحلیل مولفه‌های اصلی و تحلیل فاکتور تفکیک‌کننده به منظور تعیین رخساره‌های لرزه‌ای استفاده کردند. سیمان (۱۹۹۱) سامانه‌ای کارا برپایه اطلاعات طراحی کرد تا مقاطع لرزه‌ای را براساس ساختارشان قطعه‌بندی کند. یانگ و هوانگ (۱۹۹۱) از یک شبکه عصبی پس‌انتشار برای پیدا کردن رخساره‌های نامتجانس در داده‌ها استفاده کردند. فورنیر و همکاران (۲۰۰۲) از رخساره‌های لرزه‌ای برای زون‌بندی افقی مخزن استفاده کردند. همچنین سقاف و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از شبکه‌های عصبی به تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای پرداختند و از آنها در به نقشه در آوردن ناهمگنی‌های مخزن استفاده کردند.

در این بررسی سعی می‌شود که با استفاده همزمان از داده‌های لرزه نگاری سه‌بعدی و نگاره‌های تخلخل موثر چاه‌ها، تغییرات جانبی تخلخل را در مخزن میشریف، که لایه‌ای مخزنی در خلیج فارس است، برآورد کرد. شکل ۱

به ما می دهد. به طوری که می توانیم فقط از دیدگاه لرزه ای (شکل تریس ها) رخساره های لرزه ای را تعریف و تفکیک کنیم. در واقع ممکن است همه تغییرات مشاهده شده، ارتباط مستقیمی با خصوصیات مخزن نداشته باشند و صرفاً از تغییرات ژئوفیزیکی (مرتبط با مشکلات برداشت، خطاهای موجود در پردازش و غیره) ناشی شده باشند. بنابراین نیاز به تفسیر با استفاده از دیگر اطلاعات، مانند اطلاعات چاه ها و اطلاعات زمین شناسی و مخزنی منطقه دارند. در حالی که در روش با نظارت یا در صورتی که تعدادی کافی چاه، برای شناخت همه رخساره ها موجود باشد، می توان به طور مستقیم، نقشه رخساره های لرزه ای را تفسیر کرد. شکل ۲ چارچوب تحلیل رخساره های لرزه ای به کار رفته در این بررسی را به اجمال نشان می دهد. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، ابتدا هر تریس در فضای چندبعدی نشانگرها به صورت یک نقطه نشان داده می شود. سپس با استفاده از روش های با نظارت و بدون نظارت بر روی ابر نقاط به وجود آمده، دسته بندی آماری صورت می گیرد. در روش با نظارت، دسته بندی فقط با در نظر گرفتن شکل تریس های لرزه ای صورت می گیرد ولی در روش با نظارت اطلاعات چاه ها در دسته بندی دخیل می شوند.

۲-۱ تحلیل رخساره های لرزه ای به روش بدون

نظارت

در این روش تریس ها در یک فضای چندبعدی نشانگری دسته بندی می شوند تا رخساره های لرزه ای متفاوت تعریف شوند. تعداد رخساره های لرزه ای به ساختار تریس ها در فضای نشانگری بستگی دارد. در واقع تعداد این رخساره ها (یا کلاس ها) به تعداد مدهای موجود ارائه شده با تابع چگالی احتمال (pdf) داده های لرزه ای وابسته است (سیلورمن، ۱۹۸۶). با استفاده از این تابع، نقاط (تریس ها) در فضای چندبعدی نشانگری به صورتی دسته بندی

تغییر در پاسخ لرزه ای مربوط به یک لایه خاص ممکن است دلایل متفاوتی، از جمله تغییر جانبی در سنگ شناسی لایه، تغییرات جانبی تخلخل، تغییر جانبی در درصد آب، گاز یا نفت موجود در حفره ها و مانند آن داشته باشد.

در تحلیل SFA آن بخش از هر تریس لرزه ای که در محدوده مخزن قرار گرفته است، با مجموعه ای از نشانگرهای لرزه ای توصیف می شود. این نشانگرها فضایی چندبعدی تعریف می کنند که تریس لرزه ای در این فضا با یک نقطه نشان داده می شود. این نشانگرها ممکن است نشانگرهای بازه ای، مانند میانگین دامنه تریس در محدوده مخزن، میانگین دامنه پیک تا تراف در محدوده مخزن، و یا نشانگرهای افقی (Horizon Attributes) مانند شیب و انحناء، و یا حتی دامنه های تریس لرزه ای در محدوده مخزن باشند. مختصات هر تریس در این فضا همان مقادیر نشانگرهای متفاوت آن هستند. سپس در این فضا با استفاده از فن های تشخیص الگو (فوکوناگا، ۱۹۹۰) دسته بندی آماری صورت گرفته است و تریس هایی که دارای پاسخ لرزه ای مشابه اند در این فضای چندبعدی نزدیک به هم واقع می شوند و پس از دسته بندی آماری، در یک گروه قرار می گیرند. هر گروه از تریس ها، یک رخساره لرزه ای خاص را تعریف می کنند. دو روش برای این دسته بندی وجود دارد:

روش بدون نظارت: در این روش تریس هایی که به یکدیگر نزدیک اند با استفاده از تحلیل دسته ای (گوردن، ۱۹۸۱) در رخساره های مشابه قرار می گیرند.

روش با نظارت: در این روش تریس هایی که به یکدیگر نزدیک اند با استفاده از تحلیل تفکیک کننده (هارد، ۱۹۸۱) در رخساره های مشابه قرار می گیرند.

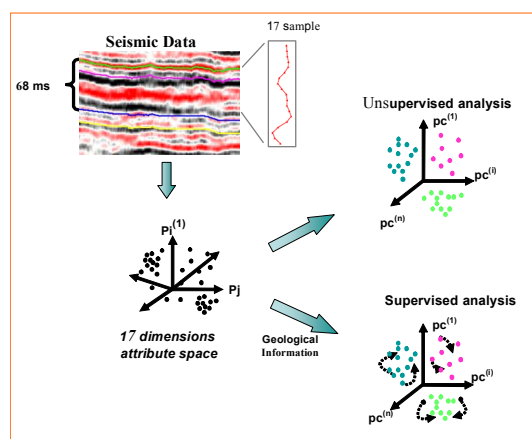
روش های با نظارت و بدون نظارت مکمل هم اند و نتایج آنها باید به صورت مشترک تفسیر شود. روش بدون نظارت دیدی خنثی از تغییرات جانبی تریس های لرزه ای

با تعداد بیشتری رخساره صورت می گیرد تا به تعداد مناسب برسیم. در صورتی که بین تریس های میانگین دو یا چند تریس از لحاظ نحوه تغییرات مشابه بودند، می توان رخساره های مرتبط با آن تریس ها را یکسان در نظر گرفت و دسته بندی را با تعداد کمتری رخساره تکرار کرد تا در نهایت به تعداد بهینه ای از رخساره ها برسیم. لازم به ذکر است که در روش تحلیل بدون نظارت، تفسیر زمین شناسی رخساره های لرزه ای بعد از دسته بندی و به دست آوردن نقشه رخساره های لرزه ای و با استفاده از اطلاعات زمین شناسی و مخزنی چاه هایی که در هر رخساره قرار گرفته اند، صورت می گیرد. در انتخاب چاه شاخص برای هر رخساره باید در نظر داشت که این چاه در منطقه ای بدون نوفه در آن رخساره خاص و با فاصله مناسب از رخساره های دیگر قرار گرفته باشد.

۲-۲ تحلیل رخساره های لرزه ای به روش با نظارت

روش با نظارت بر اساس فن های متفاوت تحلیل تفکیک کننده صورت می گیرد. اطلاعات مخزن به منظور تعریف رخساره ها با تعریف مجموعه ای از تریس های آموزشی که معرف تغییرات مخزنی اصلی اند معرفی می شود. این تریس ها معمولاً در مجاورت چاه هایی که از نظر کیفیت مخزن شاخص اند، تعریف می شوند. این تریس ها همچنین ممکن است تریس های مصنوعی وابسته به چاه های بسیار شاخص و یا تریس های مصنوعی به دست آمده از مدل سازی لرزه ای از سناریوهای مخزنی متفاوت باشند. در تحلیل تفکیک کننده، ابتدا توانایی نشانگرهای لرزه ای در نظر گرفته شده برای جدا کردن دسته های متفاوت از تریس های آموزشی بررسی می شود. برای این منظور یک تابع وابسته به دقت ساخته می شود و آن را بر تریس های آموزشی اعمال می کنند. سپس کلاس های برآورد شده، با کلاس های واقعی مقایسه می شوند. اگر نشانگرهای موجود یک جداسازی کارا صورت داده باشند، اکثر تریس ها به

می شوند که واریانس درونی هر گروه (رخساره) کمترین مقدار ممکن را و واریانس بین دو گروه (رخساره) متفاوت، بیشترین مقدار ممکن را داشته باشد. معمولاً برای این کار از تابع کرنل یا روش همسایگی (K-nearest) (گوردن، ۱۹۸۱) استفاده می شود. در این روش تعریف کلاس های لرزه ای نیازی به هیچ فرضی در مورد شکل کلاس ها ندارد. این مطلب همخوانی رخساره های لرزه ای را با ساختار داده های واقعی در فضای نشانگرها تضمین می کند.



شکل ۲. چارچوب تحلیل رخساره های لرزه ای. آن بخش از تریس لرزه ای که در محدوده مخزن قرار گرفته است در فضای چند بعدی نشانگرها به یک نقطه نگاشته می شود. سپس روی ابر نقاط حاصل تحلیل رخساره های لرزه ای به دو روش با نظارت و بدون نظارت صورت می گیرد.

به منظور تحلیل رخساره های لرزه ای ابتدا داده ها به چند رخساره (دسته یا گروه)، مثلاً پنج رخساره (حداکثر تا ده رخساره) تقسیم می شوند. سپس برای هر تریس یک بردار از احتمال اختصاص یافتن آن به رخساره های متفاوت تولید می شود و تریس به رخساره ای اختصاص می یابد که بیشترین احتمال را دارد. در مرحله بعد در هر رخساره، تریس میانگین به دست می آید و این تریس های میانگین با یکدیگر مقایسه می شوند. اگر همه تریس های میانگین از لحاظ نحوه تغییرات متفاوت بودند، تقسیم بندی

دقیقی در فضای نشانگری را که نمی توان با استفاده از تحلیل تفکیک کننده پارامتری به آن دست یافت، به دست می دهد.

در این مرحله برای اطمینان یافتن از بهترین تفکیک کلاس های آموزشی، معمولاً زیر مجموعه ای از نشانگرهای لرزه ای موجود انتخاب می شود. هنگامی که قابلیت نشانگرهای لرزه ای انتخاب شده در تفکیک کلاس های آموزشی احراز شد، مرحله دوم تحلیل تفکیک کننده که یک مرحله برآورد است آغاز می شود. در این مرحله، تریس هایی که از چاه های دارای اطلاعات مخزنی دورند به کلاس هایی که با تریس های آموزشی تعریف شده اند دسته بندی می شوند. سپس تابع وابسته (که قبلاً تعریف شده) به منظور محاسبه بردار احتمال برای هر تریس خاص، بر داده ها اعمال می شود تا آن تریس را به کلاس های متفاوت مرتبط کند. این تریس را می توان به کلاسی مرتبط کرد که بیشترین مقدار احتمال را دارد. احتمال مرتبط به این کلاس برآورد شده - احتمال وابستگی خوب - را می توان به مثابه یک شاخص عدم قطعیت به کار برد.

۲-۳ مقایسه دو روش

روشهای با نظارت و بدون نظارت قابل مقایسه با یکدیگر نیستند ولی متمم یکدیگرند. روش دسته بندی با نظارت روشی قوی است زیرا یک روش شناسایی رخصاره های لرزه ای با در نظر گرفتن اطلاعات مخزنی است. با این حال در بعضی موارد، اطلاعات اولیه ممکن است نتایج را جهت دار کند. همچنین ناهمگنی های لرزه ای یا خصوصیات مخزنی که حفاری در آنها صورت نگرفته است، ممکن است به درستی تفسیر نشوند.

تحلیل رخصاره ها به روش بدون نظارت یک دید خنثی از داده ها به ما می دهد. این روش حتی اگر تعداد

درستی مرتبط شده اند. این تابع وابسته مبتنی بر احتمال $P(C_i/x)$ است که در یک دسته خاص C_i مفید شده به نشانگرهای تریس x قرار می گیرد.

این احتمال با استفاده از فرمول بایس محاسبه می شود:

$$P(C_i/x) = \frac{P(x/C_i) \cdot P(C_i)}{\sum_{j=1}^k P(x/C_j) \cdot P(C_j)} \quad (1)$$

که در آن $P(x/C_j)$ تابع چگالی احتمال (pdf) برای کلاس C_j ، $P(C_j)$ احتمال اولیه کلاس C_j یا وزن مربوط به C_j و k تعداد کلاس های آموزشی است.

بنابراین، مسئله شامل برآورد کردن تابع چگالی احتمال (pdf) برای هر کلاس است. pdf ها را می توان با استفاده از یک فرض گاوسی برای کلاس های آموزشی متفاوت برآورد کرد (روش های پارامتری - خطی و درجه دوم برای تحلیل تفکیک کننده). همچنین می توان از یک تحلیل تفکیک کننده غیر پارامتری استفاده کرد، به طوری که هیچ فرضی برای توزیع کلاس ها در نظر گرفته نشود. این کار نیاز به برآورد کردن کلاس pdf با استفاده از یک برآوردگر pdf مانند برآوردگر بر مبنای کرنل یا روش همسایگی K-nearest دارد. همه این مدل ها در صورت امکان اعمال و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه می شوند تا روشی که موثرترین تفکیک را در بین کلاس های آموزشی عمل می سازد، به دست آید. معمولاً برای مقایسه روش های متفاوت، از درصدهای تصحیح وابسته به نمونه آموزشی در اعتبارسنجی متقابل استفاده می شود.

از یک دیدگاه کلی، روش تحلیل تفکیک کننده پارامتری، روش مناسب تری است و حتی با تعداد محدودی از نقاط در هر کلاس آموزشی نیز عملی است، در صورتی که در روش غیر پارامتری، برای اطمینان از یک نتیجه گیری آماری معتبر از pdf ها، نیاز به تعداد کافی از نقاط در مجموعه داده های آموزشی است. با وجود این تحلیل تفکیک کننده غیر پارامتری، امکان تشخیص الگوهای بسیار

به علاوه نشانگرهای لرزه‌ای ممکن است اطلاعاتی غیر مرتبط با خصوصیات مخزن مورد بررسی را گرد بیاورند. بنابراین انتخاب نشانگرهای لرزه‌ای مهم است. برای این منظور می‌توان از روش با نظارت استفاده کرد. همچنین می‌توان از مدل‌سازی مستقیم برای فهم بهتر ارتباط بین خصوصیات لرزه‌ای و خصوصیات مخزنی برای کنترل فضای بین چاه‌ها استفاده کرد.

۳ زمین‌شناسی مخزن مورد بررسی

کرتاسه میانی در محدوده خلیج فارس شامل دو سازند کژدمی و سروک است. سازند کژدمی اغلب از شیل تشکیل شده است در صورتی که سازند سروک بیشتر از سنگ آهک تشکیل شده است. مخزن مورد بررسی بخش میشریف از سازند سروک در یکی از میداین نفتی جنوب است. شکل ۳ ستون چینه‌شناسی را در منطقه مورد بررسی نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل نشان داده شده است، سازند سروک در منطقه مورد بررسی از سه بخش آهکی میشریف، خطیا و ماودود تشکیل شده است (جیمز و ویند، ۱۹۶۵؛ ستوده نیا، ۱۹۷۲):

Era	System / Period	Series	Formation		
Cenozoic	Quaternary		Bakhtiari		
			Agha Jani		
	Tertiary	Neogene		Mishan	
				Guri Member	
		Paleogene		Gachsaran	
				Asmari	
	Mesozoic	Cretaceous	Eocene	Dammam	Jahrum
				Rus	
			Paleocene	Radhuma	Pabdeh
				Simsima	Gurpi
Upper			Shargi		
			Malul	Ilam	
Middle			Laffen		
			Mishrif	Sarvak	
Lower			Khatiyah		
			Maudud		
	Nahr UMR	Kazhdumi			
	Shuaiba	Dariyan			
	Hawar				
	Kharaib	Cadvan			
	Yamama	Fahliyan			
	Sulay				

شکل ۳. ستون چینه‌شناسی منطقه مورد بررسی از کرتاسه تا کواترنری

(گزارش‌های فنی شرکت نفت فلات قاره)

چاه‌ها کم باشد نیز عملی است. این روش در هر حال یک کنترل کیفیت از داده‌های لرزه‌ای فراهم می‌کند. اشکال عمده این روش این است که به انجام رساندن تفسیر زمین‌شناسی یا مخزنی برای رخساره‌ها مشکل است، به خصوص هنگامی که چاه‌های کنترلی دورند. همچنین تعداد دسته‌ها یک پارامتر، اساسی است. حتی اگر چند قاعده در انتخاب تعداد مناسب رخساره‌ها مفید باشند، باز هم این انتخاب معمولاً بدیهی نیست و اغلب نیاز است که در چند حالت متفاوت آزمایش شود. به طور خلاصه، برای درک کامل ساختار اطلاعات لرزه‌ای و ارتباط آن به خصوصیات مخزن، این دو روش می‌بایست به طور همزمان صورت گیرند. رخساره‌های مشترک در این دو روش مورد اطمینان خواهند بود ولی در مورد رخساره‌های غیر مشترک باید بررسی بیشتری صورت گیرد.

۲-۴ نکات عملی در تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای

در روش با نظارت، مهم است مطمئن شویم که هر کلاس از نمونه‌های آموزشی، شامل تعداد کافی از نقاط برای برآورد صحیح از پارامترهای آماری مورد نیاز هستند. همچنین نمونه آموزشی می‌بایست بیانگر مخزن و تغییرپذیری لرزه‌ای باشد تا از تفسیر اشتباه تریس‌های متناسب با کلاس‌هایی که در مجموعه آموزشی نیستند جلوگیری شود. در هر دو روش با نظارت و بدون نظارت، انتخاب معیار در فضای نشانگری بسیار مهم است و تاثیر زیادی روی نتایج دارد. معیار می‌بایست متناسب با شکل الگوها باشد و همچنین متناسب با امکان یک نتیجه آماری معتبر انتخاب شود. در نهایت نشانگر انتخاب شده برای نمایش تریس‌ها در محدوده مخزن قبل از تعریف نشانگرهای لرزه‌ای، می‌بایست تا حد ممکن مناسب انتخاب شوند. به دلیل تعداد زیاد نشانگرها و کم بودن اعتبار دسته بندی در فضای با تعداد ابعاد زیاد، اکیداً پیشنهاد می‌شود که از تعداد زیادی نشانگر استفاده نشود.

شیلی لافان پوشیده شده است. چنین به نظر می آید که در اثر اعمال انحلال همراه با فرسایش ناشی از تشکیل ناپیوستگی ترونین، میزان تخلخل و تراوایی در بخش بالایی میشریف افزایش یافته است. با توجه به افزایش ضخامت لایه میشریف از جنوب به شمال، اثرات فرسایش ذکر شده در قسمت های جنوبی بیش از نواحی شمالی بوده است.

۴ تحلیل رخساره های لرزه ای در مخزن میشریف

داده های لرزه ای استفاده شده در این بررسی، در بردارنده داده های لرزه ای سه بعدی بعد از برانبارش مهاجرت داده شده اند که اندازه بلوک آن $12/5 * 12/5$ متر است. فاصله نمونه برداری این داده ها ۴ میلی ثانیه و طول تریس های لرزه ای دو ثانیه است. در این تحقیق از دامنه های تریس لرزه ای در محدوده مخزن در نقش نشانگرهای لرزه ای برای تحلیل کردن رخساره های لرزه ای استفاده شده است. در نتیجه دسته بندی بر مبنای شکل تریس های لرزه ای در محدوده مخزن صورت می گیرد. برای تحلیل کردن رخساره های لرزه ای نیاز به استخراج تریس های لرزه ای در محدوده مخزن است. ضخامت پنجره تحلیل به ضخامت مخزن مورد بررسی و همچنین اطلاعات به دست آمده از چاهها بستگی دارد. افق میشریف در داده های لرزه ای در میدان مورد بررسی افق قابل ردیابی کردن به وجود نمی آورد. بنابراین به منظور به دست آوردن افق زمانی میشریف، ابتدا افق لافان پیک شد و از آنجا که ضخامت سازند لافان در محدوده مورد بررسی تقریباً ثابت است، با اعمال شیفت زمانی به افق زمانی لافان (به میزان ۱۸ میلی ثانیه) افق زمانی میشریف به دست آمد. افق لافان در داده های لرزه ای یک تراف (دامنه منفی) قوی تولید می کند که به راحتی می توان آن را در سراسر محدوده مورد بررسی دنبال کرد (شکل ۴). با توجه به اینکه افق میشریف مستقیماً در داده های لرزه ای پیک نشده است و از طرفی سازند لافان در محدوده مورد بررسی دارای

میشریف: معادل فوقانی ترین رسوبات سازند سروک در منطقه است و از وکستون و پکستون های آب های کم عمق همراه با قطعات رودیستی مربوط به محیط های دریایی باز تا کم عمق تشکیل شده است که این محیط رسوب گذاری باعث به وجود آمدن رسوبات متفاوت از سنگ آهک های میکریتی، فسیل دار تا سنگ آهک های رس دار شده است.

خطیا: این رخساره معادل قسمت میانی و پایینی سازند سروک است و شامل وکستون، پکستون و گل سنگ های چگال با تخلخل خیلی کم است.

ماودود: این بخش ترکیب شده است از وکستون، پکستون و سنگدانه های چگال با تخلخل کم. در قسمت بالایی ماودود تراکم های موضعی از رودیست های اسکلتی وجود دارد. همچنین وجود سطوح فرسایش، نشان دهنده کاهش در نرخ رسوب گذاری است.

بخش میشریف در منطقه مورد بررسی از دو زون مخزنی تشکیل شده است (الشهران و نایرن، ۱۹۹۷). زون پایینی با دارا بودن محتوای رسی بیشتر از زون فوقانی متمایز می شود. لایه های آهکی این زون که به سمت پایین به لایه های مارلی با میان لایه های شیلی تبدیل می شوند، عموماً دارای تخلخل متوسط تا ضعیف و آغشتگی کم اند. به طور کلی می توان گفت که کیفیت مخزن در این زون به سمت پایین با افزایش میزان کانی های رسی، کاهش می یابد.

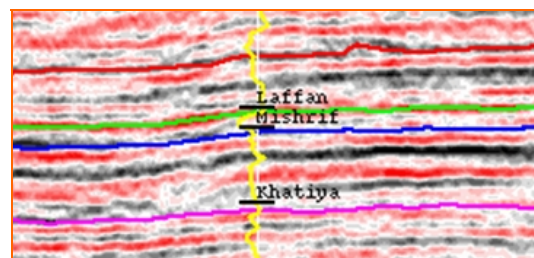
زون بالایی شامل سنگ آهک های تمیز با خصوصیات مخزنی مناسب تری است و می توان آن را به دو زیرزون تقسیم کرد. زیرزون بالایی از سنگ های آهکی فسیل دار با تخلخل و آغشتگی خوب تشکیل شده است در حالی که زیر زون پایینی از سنگ های آهکی فسیل دار و میکریتی تا سنگ های آهکی رس دار با تخلخل نسبتاً خوب و آغشتگی کم تشکیل شده است. راس میشریف منطبق است با سطح ناپیوستگی ترونین و یا سازند

میانگین، مشاهده می‌شود که می‌توان تعداد رخساره‌ها را به سه عدد کاهش داد. همان طور که در شکل ۶ دیده می‌شود، تریس‌های میانگین زرد رنگ و قرمز رنگ دارای شکل مشابه‌اند. تنها تفاوت آنها یک جابه‌جایی زمانی کوچک در پنجره تحلیل است. به همین ترتیب روند تغییرات تریس میانگین صورتی نیز مشابه تریس‌های میانگین زرد و قرمز است. تفاوت بین این تریس‌ها را می‌توان به تغییرات ضخامت در زون‌های میشریف نسبت داد و در نتیجه این سه تریس می‌توانند مشخص‌کننده یک رخساره باشند. روند تغییرات تریس‌های آبی و سبز کاملاً متفاوت است و هر یک از این تریس‌ها می‌توانند بیانگر یک رخساره مجزا باشند. بنابراین می‌توان تحلیل به روش بدون نظارت را با سه رخساره لرزه‌ای عملی ساخت. شکل ۷ نقشه رخساره لرزه‌ای منتهی را نشان می‌دهد. تفاوت بین رخساره‌های متفاوت همخوانی خوبی با اطلاعات تخلخل موثر به دست آمده از چاه‌های موجود در منطقه مورد بررسی دارد (شکل ۸). از نقطه نظر زمین‌شناسی، این دسته‌بندی می‌تواند دید خوبی از تغییرات تخلخل در منطقه به ما بدهد. چاه‌های شماره ۱ و ۲ که در رخساره سرخ قرار گرفته‌اند به ترتیب دارای تخلخل میانگین $22/4\%$ و $22/8\%$ هستند. همچنین چاه‌های شماره ۳، ۴ و ۵ که در رخساره‌های آبی و سبز واقع شده‌اند به ترتیب دارای تخلخل میانگین $17/7\%$ ، $17/4\%$ و $17/7\%$ هستند. در حکم یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که رخساره سرخ می‌تواند نشان‌دهنده مناطق با میانگین تخلخل موثر زیاد و رخساره‌های سبز و آبی می‌توانند نشان‌دهنده مناطق با میانگین تخلخل موثر کم باشند.

۲-۴ تحلیل به روش با نظارت

همانطور که قبلاً گفته شد، روش تحلیل با نظارت بر مبنای تحلیل تفکیک‌کننده است. در این روش از اطلاعات چاه‌ها در حکم اطلاعات اولیه در انتخاب رخساره‌ها

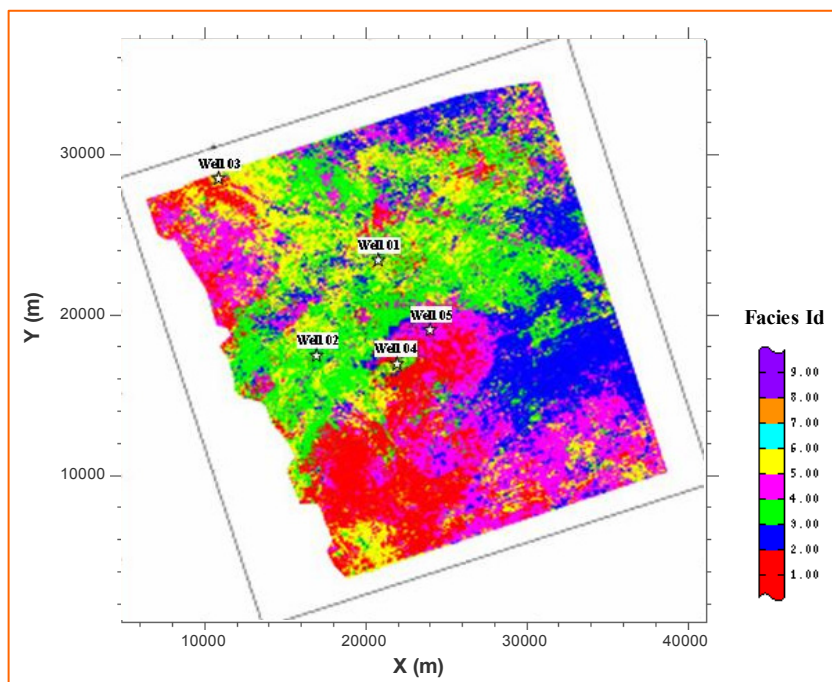
تغییرات جانبی قابل توجهی نیست، تحلیل کردن رخساره‌های لرزه‌ای در محدوده "میشریف + لافان" صورت گرفت که دارای ضخامت حدود ۶۸ میلی‌ثانیه است و بنابراین هر تریس در این محدوده دارای ۱۷ نمونه لرزه‌ای (با فاصله ۴ میلی‌ثانیه) است. الگوی لرزه‌ای با استفاده از این دامنه‌های لرزه‌ای به دست آمده در محدوده مخزن، مشخص می‌شود. در نتیجه یک فضای ۱۷ بعدی برای تحلیل مورد استفاده قرار گرفت و تحلیل به روش‌های با نظارت و بدون نظارت در این فضا به انجام رسید. هر تریس در این فضا به صورت یک نقطه مشخص می‌شود.



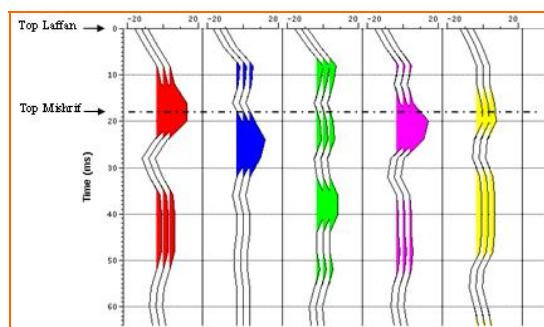
شکل ۴. افق‌های میشریف و لافان در یک مقطع لرزه‌ای نمونه. افق میشریف یک افق قابل ردیابی کردن در سراسر منطقه مورد بررسی به وجود نمی‌آورد.

۱-۴ تحلیل به روش بدون نظارت

همانطور که قبلاً گفته شد، در روش تحلیل بدون نظارت به منظور تعریف رخساره‌های لرزه‌ای، تریس‌ها در فضای نشانگری دسته‌بندی می‌شوند. انتقال داده‌ها به فضای نشانگری با در نظر گرفتن همه ۱۷ نمونه هر تریس، در نقش مختصات یک نقطه در این فضا صورت گرفت. به صورت یک حدس اولیه، برای تعداد دسته‌ها (رخساره‌ها)، تحلیل با پنج رخساره لرزه‌ای صورت گرفت. شکل ۵ نقشه رخساره‌ای به دست آمده را نشان می‌دهد. به منظور بررسی تعداد مناسب رخساره‌ها، تریس میانگین هر رخساره با میانگین گیری بین همه تریس‌های متعلق به هر رخساره محاسبه شد (شکل ۶). با مقایسه بین تریس‌های



شکل ۵. نقشه رخساره‌های لرزه‌ای به دست آمده از روش بدون نظارت با پنج رخساره.

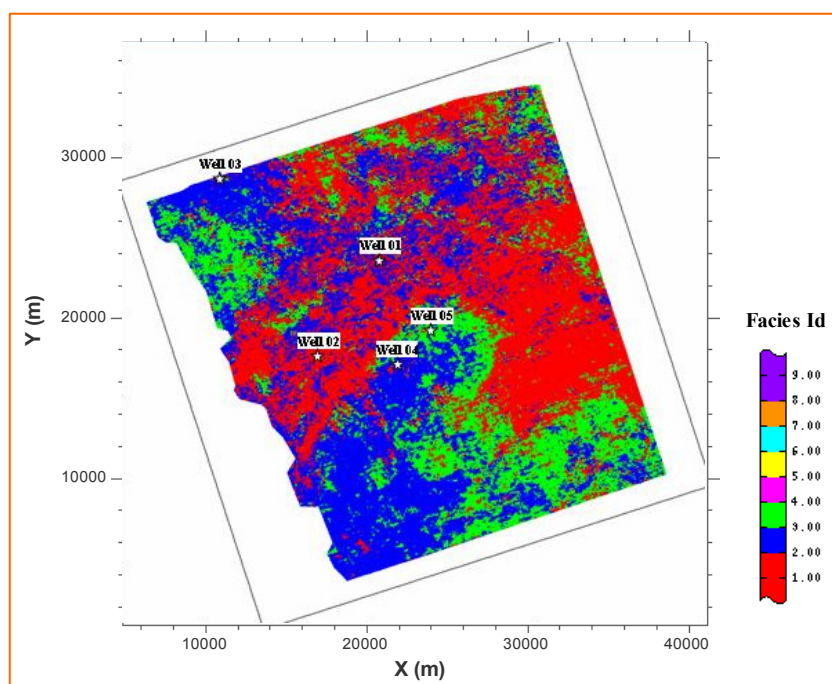


شکل ۶. تریس‌های میانگین مربوط به روش بدون نظارت با پنج رخساره. این تریس‌ها با میانگین‌گیری بین همه تریس‌های متعلق به هر رخساره محاسبه شده‌اند.

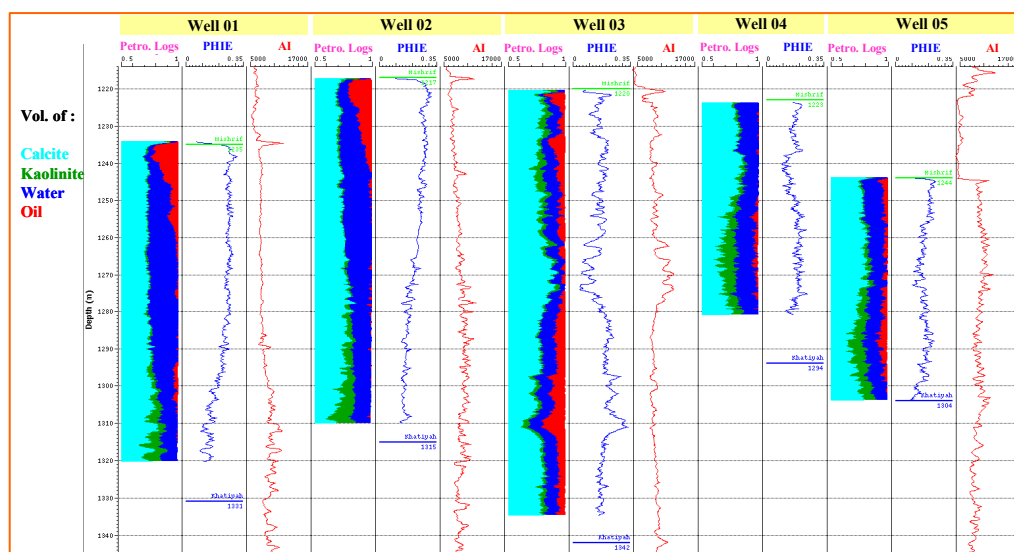
مجدداً کاهش می‌یابد. نگاره تخلخل موثر در چاه شماره ۳ دارای رفتار متفاوتی با چاه‌های دیگر است و می‌توان آنرا در حکم یک گروه مجزا در نظر گرفت.

با توجه به مطالب فوق، می‌توان سه رخساره متفاوت تشخیص داد. با توجه به اینکه در تحلیل بدون نظارت نیز به این نتیجه رسیدیم که سه رخساره لرزه‌ای برای توصیف این میدان کافی است، می‌توان برای هر رخساره یک چاه

استفاده می‌شود. بدین صورت که در تعیین رخساره‌ها از تریس‌های لرزه‌ای که در مجاورت چاه‌های شاخص (از لحاظ اطلاعات زمین‌شناسی) وجود دارند استفاده می‌شود. در این بررسی تخلخل موثر در مخزن میشریف به مثابه عنوان اطلاعات پتروفیزیکی به کار گرفته شد زیرا بررسی‌های قبلی نشان داده است که در این مخزن، تخلخل بیشترین تاثیر را روی پاسخ لرزه‌ای دارد. با توجه به شکل ۸، به طور کیفی می‌توان نگاره‌های تخلخل موثر چاه‌ها را به دو دسته تقسیم کرد: گروه اول با مقادیر میانگین تخلخل زیاد (چاه‌های ۱ و ۲). مقادیر نگاره تخلخل این گروه از یک مقدار خیلی زیاد شروع می‌شود و سپس به تدریج کاهش می‌یابد تا به انتهای مخزن برسد. گروه دوم با مقادیر میانگین تخلخل کم (چاه‌های ۴ و ۵). مقادیر نگاره تخلخل این گروه از یک مقدار بالا شروع می‌شود، سپس یک کاهش مشاهده می‌شود و در ادامه افزایش می‌یابد تا به یک مقدار تقریباً ثابت برسد و در انتها



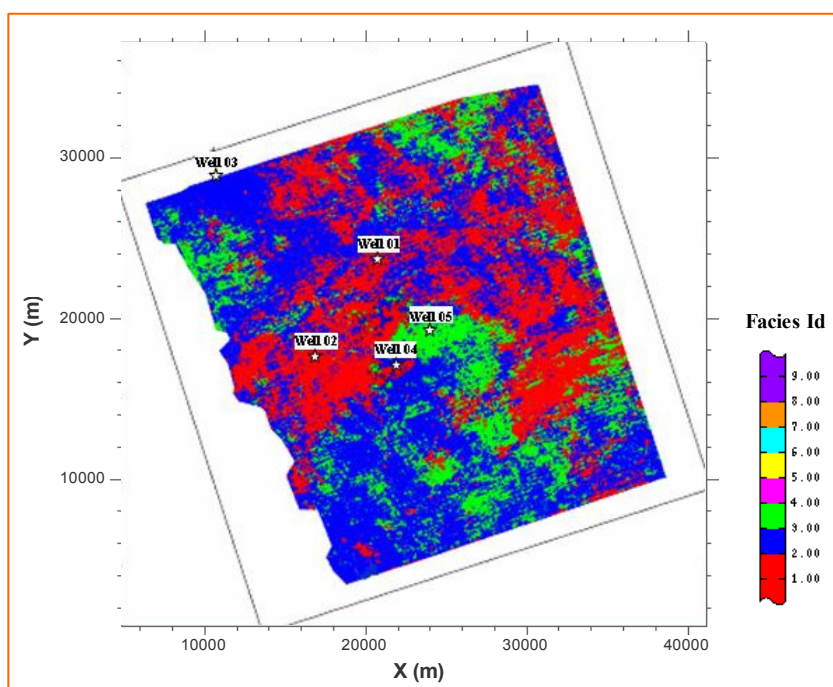
شکل ۷. نقشه رخساره‌های لرزه‌ای به دست آمده از روش بدون نظارت با سه رخساره.



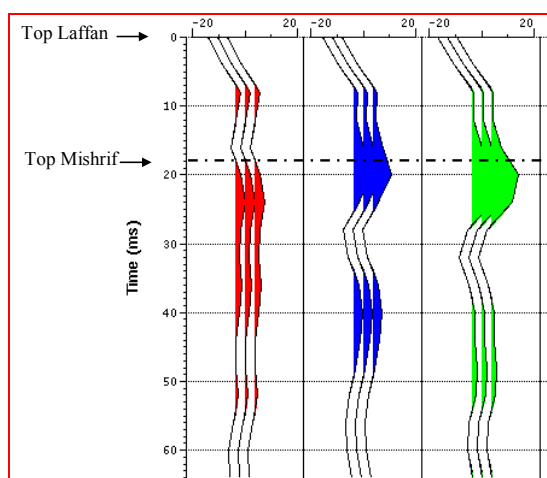
شکل ۸. نمودارهای پتروفیزیکی و مقاومت صوتی چاه‌ها در محدوده مخزن میشریف (گزارش‌های فنی شرکت نفت فلات قاره).

سه‌بعدی اطراف هر چاه استخراج شدند به نحوی که چاه در مرکز مربعی که این تریس‌ها تشکیل می‌دهند قرار می‌گیرد (یک مربع 11×11 تریس). آن بخش از این تریس‌ها که در محدوده مخزن قرار می‌گیرند به مثابه تریس‌های آموزشی مربوط به رخساره‌ای که چاه یاد شده

شاخص در نظر گرفت. بدین ترتیب چاه شماره ۲ در نقش چاه شاخص برای رخساره شماره ۱، چاه شماره ۳ در نقش چاه شاخص برای رخساره شماره ۲ و چاه شماره ۵ در نقش چاه شاخص برای رخساره شماره ۳ در نظر گرفته شدند. در مرحله بعد ۱۲۱ تریس از داده‌های لرزه‌ای



شکل ۹. نقشه رخساره های لرزه ای به دست آمده از روش با نظارت با سه رخساره.



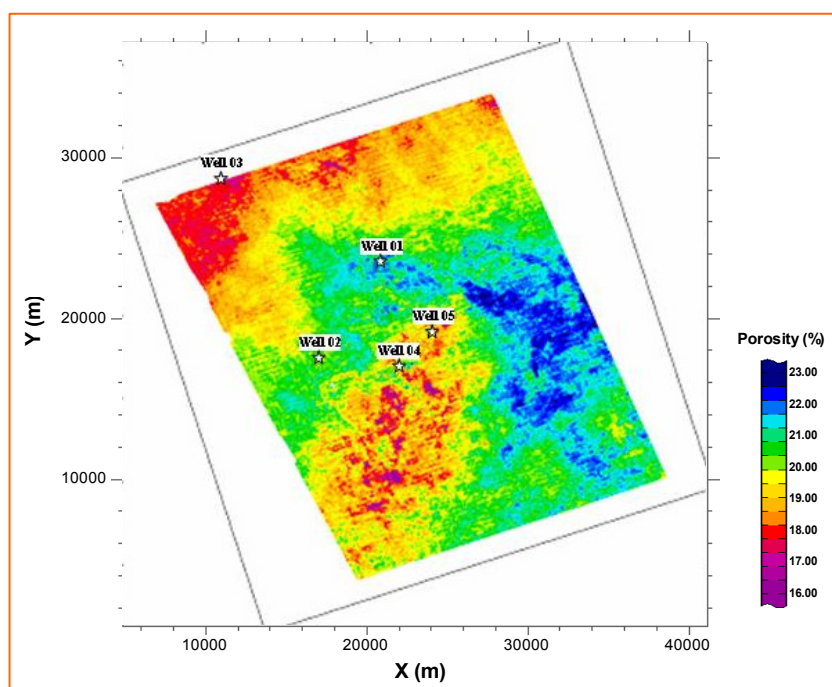
شکل ۱۰. تریس های میانگین مربوط به روش با نظارت با سه رخساره. این تریس ها با میانگین گیری بین همه تریس های متعلق به هر رخساره محاسبه شده اند.

لرزه ای متفاوت هستند و بنابراین نیازی به در نظر گرفتن گروه اضافی برای آنها نیست. تفاوت بین شکل تریس میانگین سرخ و دو تریس میانگین دیگر می تواند به دلیل تغییر رخساره درون مخزن باشد. اما تفاوت زمانی بین پیکهای دو تریس سبز و آبی ناشی از تغییر در ضخامت

در آن واقع شده است، در نظر گرفته شدند. سپس دسته بندی به روش تحلیل تفکیک کننده با استفاده از این اطلاعات صورت گرفت.

نتایج تحلیل رخساره های لرزه ای به روش با نظارت در شکل ۹ ارائه شده است. نقشه رخساره ای به دست آمده نشان می دهد که چاه های شماره ۱، ۲، ۳ و ۵ به درستی با رخساره ها مرتبط شده اند. چاه شماره ۴ در محدوده برداشت لرزه ای به روش undershooting قرار گرفته است و مشاهده می شود که در نقشه رخساره ای نیز این چاه بین دو رخساره متفاوت قرار گرفته است.

تریس های میانگین رخساره های متفاوت در شکل ۱۰ نشان داده شده اند. این تریس ها با میانگین گیری بین همه تریس های متعلق به هر رخساره به دست آمده اند. همانطوری که در شکل ۱۰ مشاهده می شود، با در نظر گرفتن یک ضخامت ثابت ۱۸ میلی ثانیه برای سازند لافان (خط چین)، می توان چنین نتیجه گیری کرد که رخساره های متفاوت در مخزن میشریف دارای پاسخ های



شکل ۱۱. نقشه تخلخل میانگین در محدوده مورد بررسی که از مکعب مقاومت صوتی به دست آمده است. (گزارش‌های فنی شرکت نفت فلات قاره).

رخساره‌های لرزه‌ای نشان می‌دهد که تریس لرزه‌ای در محدوده مخزن میشریف تقریباً یکنواخت است. به انجام رسیدن این تحقیق باعث شد که بتوان محدوده‌های با مقادیر تخلخل کم و تخلخل زیاد را مشخص کرد. محدوده با تخلخل کم در بخش جنوبی منطقه و مناطق با تخلخل زیاد در قسمت شمالی منطقه با توسعه به سمت غرب واقع شده‌اند.

تشکر و قدردانی

از مدیریت محترم شرکت ملی نفت فلات قاره بخاطر در اختیار قرار دادن داده‌های لرزه‌ای مورد نیاز این تحقیق کمال تشکر را داریم. همچنین از مدیریت محترم شرکت مهندسی توسعه نفت (متن) به خاطر مساعدت در به انجام رسیدن این تحقیق کمال تشکر را داریم. از آقایان دکتر Olivier Voutay و دکتر آلی و مهندس حیدری به خاطر همکاری صمیمانه و ارائه نکات فنی و آموزنده صمیمانه تشکر می‌شود.

است. نقشه‌های به دست آمده از تحلیل با نظارت (شکل ۹) و تحلیل بدون نظارت (شکل ۷) بسیار شبیه به هم هستند ولی نقشه به دست آمده از تحلیل بدون نظارت جزئیات بیشتری را منعکس کرده است.

شکل ۱۱ نقشه تخلخل میانگین را که با استفاده از مکعب مقاومت صوتی در مطالعات قبلی به دست آمده است، نشان می‌دهد. مقایسه بین شکل‌های ۷ و ۹ با شکل ۱۱ نشان دهنده سازگاری قابل قبولی بین تغییرات تخلخل منتجه از دو روش متفاوت در محدوده مخزن است.

۵ نتیجه‌گیری

تحلیل رخساره‌های لرزه‌ای به روش‌های با نظارت و بدون نظارت برای مخزن میشریف صورت گرفت. نتایج به دست آمده همگرا هستند و همخوانی خوبی با اطلاعات پتروفیزیکی دارند. روش تحلیل بدون نظارت روش تحلیل با نظارت را تایید می‌کند و جزئیات بیشتری از توسعه رخساره‌های لرزه‌ای را نشان می‌دهد. همچنین تحلیل

منابع

- Alsharhan, A. S., Nairn, A. E. M., 1997, Sedimentary basins and petroleum geology of the Middle East. ELSEVIER B. V.
- Dumay, J., Fournier, F., 1988, Multivariate Statistical Analyses applied to Seismic Facies Recognition. *Geophysics*, **53 (9)**, 1151-1159.
- Fournier, F., Dequizez, P. Y., Macrides, G. C., Rademakers, M., 2002, Quantitative lithostratigraphic interpretation of seismic data for characterization of the Unayzah Formation in central Saudi Arabia. *Geophysics*, **67**, 1372-1381.
- Fukunaga, K., 1990, Introduction to statistical pattern recognition. Academic Press.
- Gordon, A. D., 1981, Classification, monographs on applied probability and statistics. 16, Chapman & Hall.
- Hagan, D. C., 1982, The applications of principal component analysis to seismic data sets. *Geoexploration*, **20**, 93-111.
- Hard, D. J., 1981, Discrimination and classification. Wiley series in probability and mathematical statistics.
- James, G. A., Wynd, J. G., 1965, Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **49**, 2182-2245.
- Justic, J. H., Hawkins, D. J., Wong, G., 1985, Multidimensional attributes analysis and pattern recognition for seismic interpretation. *Pattern Recognition*, **18(6)**, 391-407.
- Mathieu, P. G., Rice, G. W., 1969, Multivariate analysis used in the detection of stratigraphic anomalies from seismic data. *Geophysics*, **34**, 507-515.
- Matlock, R. J., McGowen, R. S., Asimakopoulos, G., 1985, Can seismic stratigraphy problems be solved using automated pattern analysis and recognition?. 55th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, session S17.7.
- Saggaf, M. M., Toksoz, M. N., and Marhoon M. I., 2003, Seismic facies classification and identification by competitive neural networks. *Geophysics*, **68**, 1984-1999.
- Setudehnia, A., 1972, Iran du Sud-Ouest: Lexique Strat. Internat., Centre Nat. Rech. Scientifique. Paris, III Asie, Fasc. **9b**, 289-376.
- Silverman, B. W., 1986, Density estimation for statistical and data analysis. Monographs on Statistics and Applied Probability, 26, Chapman & Hall.
- Simaan, M. A., 1991, A knowledge-based computer system for segmentation of seismic sections based on texture. 61st Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 289-292.
- Yang, F. M., Huang, K. Y., 1991, Multi-layer perception for the detection of seismic anomalies. 61st Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 309-312.