

شناسایی نفت‌گیرهای چینه‌ای از نوع کانالی با استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای: مطالعه موردی در سازند شورجه، یکی از میادین گازی شمال شرق ایران

آرزو خیری^۱، رامین نیک‌روز^۱، علی کدخدائی*^۲، رضا محببان^۲ و رحیم کدخدائی^۳

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران

۳- دانشکده مهندسی معدن، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۶

چکیده

شناسایی و مکان‌یابی تله‌های چینه‌ای به دلیل اینکه وابسته به تغییرات رخساره‌ای هستند و پراکندگی آن‌ها از وضعیت حوضه و محیط رسوبی تبعیت می‌نماید، پیچیده‌تر از تله‌های ساختمانی است. با توجه به این مسئله، داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی با استفاده از نشانگرها و برش زمان، روشی مفید برای ایجاد روابط جانبی با ویژگی‌های زمین‌شناسی می‌باشند. هدف از این پژوهش آشکار ساختن کانال‌های مئاندري چینه‌ای با اعمال نشانگرهای مناسب بر روی داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی است. به این منظور، نشانگرهای تجزیه طیفی و پوش دامنه با استفاده از مکعب سه‌بعدی لرزه‌ای میدان مورد مطالعه، استخراج شده و ویژگی‌های هر کدام مورد تفسیر و بررسی قرار گرفت. با مطالعه و تفسیرهای انجام شده، موقعیت هندسی کانال‌های مئاندري واقع در سازند شورجه توسط نشانگرهای پوش و تجزیه طیفی تعمیم یافته به صورت بهتری آشکار گردید. نشانگر تجزیه طیفی در آشکار ساختن هندسه کانال‌های مئاندري موجود در مقاطع لرزه‌ای مؤثر بود و نشانگر پوش با نشان دادن نقاط روشن مرتبط با نفت‌گیرهای چینه‌ای، وجود کانال‌های مئاندري را تأیید کرد. این نتایج، توافق خوبی با نتایج حاصل از مطالعات سنگ‌شناسی، رخساره‌ای، ویژگی‌های مخزنی و تفاسیر پتروفیزیکی سازند شورجه در ناحیه مورد مطالعه نشان می‌دهند.

کلمات کلیدی: نفت‌گیر چینه‌ای، نشانگر لرزه‌ای، تجزیه طیفی، نشانگر پوش، کانال مئاندري

مقدمه

جهان، اکتشاف تله‌های نفتی امری مهم و ضروری در عصر حاضر محسوب می‌شود. امروزه عملیات‌های لرزه‌نگاری سه‌بعدی، حجم داده‌های لرزه‌ای را افزایش داده و بر پیچیدگی محاسبات

با توجه به اهمیت و کاربرد نفت و گاز در سطح

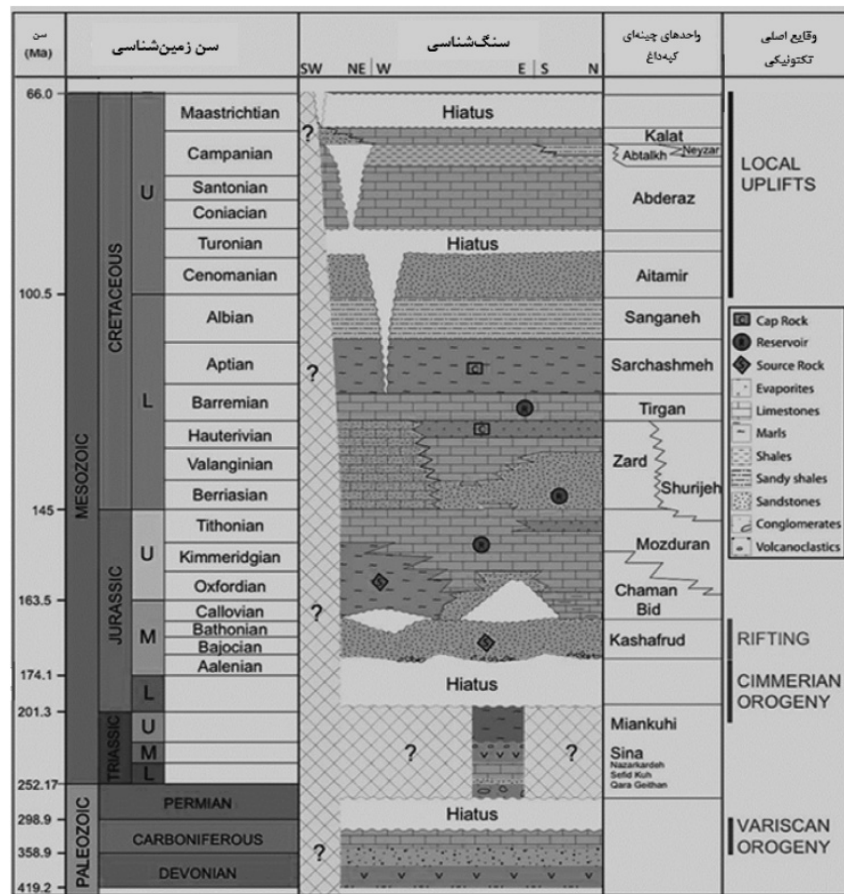
*مسئول مکاتبات
آدرس الکترونیکی: Kadkhodaie_ali@tabrizu.ac.ir
شناسه دیجیتال: (DOI: 10.22078/PR.2022.4541.3045)

تفسیر لرزه‌ای می‌باشند و به دانشمندان علوم زمین اجازه می‌دهند تا نفت‌گیرهای چینه‌ای مانند کانال‌ها، ریف‌ها و امثال آن‌ها را تفسیر کنند و ساختار محیط رسوبی را آشکار سازند [۷]. هدف از این مطالعه شناسایی کانال‌های رودخانه‌ای مئاندری زیرسطحی سازند شوربچه در حوضه کپه داغ، با استفاده از داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی در مقطع زمانی و عرضی به‌صورت کیفی توسط نشانگرهای لرزه‌ای و اعتبارسنجی آن‌ها با نتایج مطالعات رخساره‌های رسوبی است. به همین دلیل ابتدا نقشه‌های مقاطع افقی توسط نشانگرها تهیه گردید. سپس نقشه‌های متفاوت نشانگرهای مختلف با یکدیگر مقایسه شده و با تفسیر نتایج هر کدام، هندسه کانال‌های مئاندری شناسایی و آشکار شدند. با توجه به هدف پژوهش، برش‌های عرضی این کانال‌ها مورد مشاهده و بررسی قرار گرفت.

چینه‌شناسی میدان و سازند مورد مطالعه

حوضه رسوبی کپه داغ در مرز غربی و جنوب غربی حوضه آمودریا (منطقه تولید در ترکمنستان و ازبکستان) واقع شده و به‌سمت جنوب غربی ایران و افغانستان امتداد دارد. این حوضه در اواسط ژوراسیک و با بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس بین ایران و اوراسیا شکل گرفته است [۹ و ۱۱]. ستون چینه‌شناسی حوضه کپه داغ در شکل ۱ نشان داده شده است. سازند شوربچه به‌صورت یک واحد تخریبی سرخ‌رنگ در بین سنگ آهک‌های ژوراسیک بالایی (سازند مزدوران) و کرتاسه پایینی (سازند تیرگان)، از جنوب شرق - شرق تا غرب حوضه کپه داغ گسترش دارد. این سازند، در اواخر ژوراسیک پسین - اوایل کرتاسه پیشین، به دلیل عملکرد فاز خشکی‌زایی سیمیرین پسین، با پایین آمدن سطح آب دریا نهشته شده است. سازند شوربچه در نواحی شرق و جنوب شرقی، بیشتر از رسوبات تخریبی تشکیل شده است و به‌سمت نواحی مرکزی و غربی، رخساره‌های کربناته و تبخیری

پردازش و تفسیر افزوده است. پیشرفت عظیم در محاسبه و فن‌آوری، کنترل و بررسی این حجم عظیم داده‌های لرزه‌ای را ممکن ساخته است. در میان فن‌آوری‌های مختلف ژئوفیزیکی موجود، نشانگرهای لرزه‌ای سه‌بعدی به‌ویژه برای نقشه‌برداری ویژگی‌های چینه‌ای مناسب هستند. هدف اولیه مفسران لرزه‌نگاری استخراج اطلاعات بیشتر از داده‌های لرزه‌ای و استفاده از آن برای تفسیر ویژگی‌های ساختاری، چینه‌ای و زمین‌شناسی جهت تعریف دقیق مدل‌های مخزنی به منظور استفاده در استراتژی‌های حفاری و ذخایر قابل بازیافت می‌باشد. یکی از راه‌های دستیابی به چنین اطلاعاتی از طریق ایجاد نشانگرهای لرزه‌ای است [۱۵ و ۱۹]. نفت‌گیر یا تله نفتی، یکی از عوامل اصلی و ضروری برای تجمع اقتصادی هیدروکربن‌ها می‌باشد [۲]. با توجه به اینکه تله‌های چینه‌ای، کمتر شناخته شده‌اند و از جهت مکان‌یابی سخت‌تر از تله‌های ساختاری هستند بدین ترتیب داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی، روش بهتری برای ایجاد روابط جانبی با ویژگی‌های زمین‌شناسی با استفاده از نشانگرها و برش زمان ارائه می‌دهند [۵ و ۱۰]. نشانگرهای مدرن، اغلب داده‌ها را به‌روشی مطلوب‌تر برای این نوع ویژگی‌های چینه‌ای نمایش می‌دهند [۱۴]. از جمله نفت‌گیرهای چینه‌ای، تله‌های کانالی هستند که نفت‌گیر بسیاری از میدان‌های نفتی و گازی حاصل از تغییر رخساره رسوبات کانالی نظیر کانال‌های رودخانه‌ای، دلتایی و حتی کانال‌های عمیق دریایی هستند [۸]. مطالعات دو نکته مهم در مورد نفت‌گیرهای چینه‌ای کانالی را نشان می‌دهند. نکته اول محدودیت وسعت و ضخامت نفت‌گیرها است که نشان می‌دهد این نوع مخازن نمی‌توانند ذخیره هیدروکربنی عظیمی داشته باشند و نکته دوم اینکه فقط قسمتی از کانال که به وسیله ماسه پر شده به‌عنوان مخزن عمل می‌کند و بقیه کانال که به‌وسیله رس پر شده است نمی‌تواند مخزن باشد [۲]. نشانگرهای لرزه‌ای، کمک بالقوه‌ای در



شکل ۱ ستون چین‌شناسی حوضه رسوبی کپه داغ [۱۸]

رودخانه مئاندردی نسبت داده شده است. همچنین نتایج مطالعات در بخش‌های مختلف حوضه کپه داغ، محیط رسوبی مرتبط با یک سیستم رودخانه‌ای را برای این سازند نشان می‌دهند [۲۲ و ۲۶]. جوزانی کهن و همکاران [۲۳] به تاثیر فرآیندهای دیاژنزی مانند کانی‌های رسی برجا (عمدتاً ایلیت، کلریت و کائولینیت) و سیمان‌های سولفاتی، کربناتی و اکسید آهن بر ویژگی‌های مخزنی سازند شورپیجه در میدان گازی گندلی در شرق کپه داغ اشاره دارند. در رخساره‌های این سازند، کوارتز با مقادیر قابل توجه همراه با مقادیر متغیری خرده سنگ و فلدسپات و مقادیر کمتری میکا و کانی‌های سنگین مشاهده می‌شود. گل افشانی و همکاران [۲۴] با بررسی و تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی عناصر اصلی برروی ماسه‌سنگ‌های سازند شورپیجه در ناحیه آبگرم واقع در شرق کپه داغ، یک موقعیت زمین

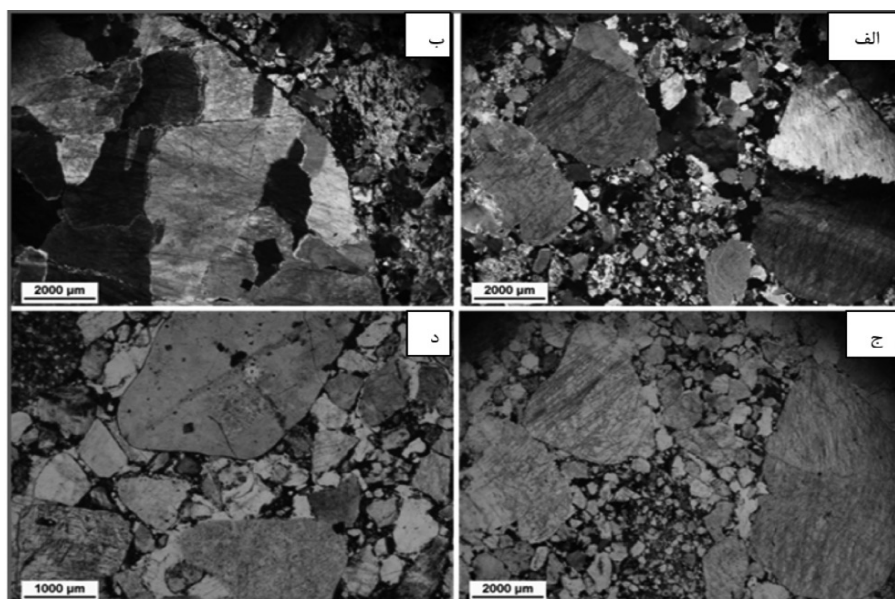
نیز در توالی رسوبی آن مشاهده می‌شود [۱ و ۱۶]. این سازند از سنگ مخزن‌های مهم گاز در شمال خاوری ایران است و از پنج زون شورپیجه A، شورپیجه B، شورپیجه C، شورپیجه D و شورپیجه E تشکیل شده است که تنها زون‌های B و D آن به‌عنوان سنگ مخزن عمل کرده‌اند [۱۱ و ۱۲]. از این رو، مطالعات متعددی برروی مشخصه‌های سنگ‌شناسی، بافتی، محیط رسوبی و ویژگی‌های مخزنی این سازند صورت گرفته است. موسوی حرمی [۲۵] براساس ویژگی‌های بافتی و ساختمان‌های رسوبی، توالی این سازند را به دو بخش تحتانی و فوقانی تفکیک نموده است. بخش تحتانی متشکل از رسوبات دانه درشت کنگلومرا و ماسه‌سنگ دانه درشت عمدتاً در یک سیستم رودخانه بریده بریده تشکیل شده است و بخش فوقانی با توجه به رسوبات دانه ریزتر متشکل از ماسه‌سنگ، سیلتستون و شیل به یک سیستم

شده هستند (شکل ۲). این واحدها در قاعده رسوبات ماسه‌سنگی قرار داشته و عمدتاً مرتبط با کانال‌های رودخانه‌ای هستند. رسوبات ماسه‌سنگی با طیفی از اندازه‌های درشت تا ریز و جورشدگی متوسط تا ضعیف و نیمه گرد شده تا نیمه زاویه‌دار هستند که در آن‌ها عوارض تراکم و سیمانی شدن مشهود است. این ماسه‌سنگ‌ها به لحاظ کانی‌شناسی عمدتاً از کوارتز با مقادیری خرده‌سنگ و فلدسپات تشکیل شده‌اند (شکل ۳). رخساره‌های دانه‌ریز و شیلی عمدتاً در بخش بالایی واحدهای ماسه‌سنگی یا در تناوب با آن‌ها درون توالی رسوبی سازند شورپیجه گسترش دارند. درون برخی از این رخساره‌ها، حضور ذرات دانه ریز و پراکنده ماسه و سیلت مشهود است (شکل ۴). رخساره‌های کربناته متشکل از انواع گل غالب مادستونی و دانه غالب گرینستونی هستند. در رخساره‌های گل غالب که عمدتاً دولومیتی شده‌اند، در مواردی نودول‌های انیدریت گسترش دارند که بیانگر محیط پهنه کشندی (سبخا) برای تشکیل آن‌هاست (شکل ۵). اما حضور فراوان ذرات پراکنده ماسه درون رخساره‌های گل غالب، یک رخساره مختلط کربناته-تخریبی (دولومیت ماسه‌ای) را درون توالی سازند شورپیجه به وجود آورده است (شکل ۵).

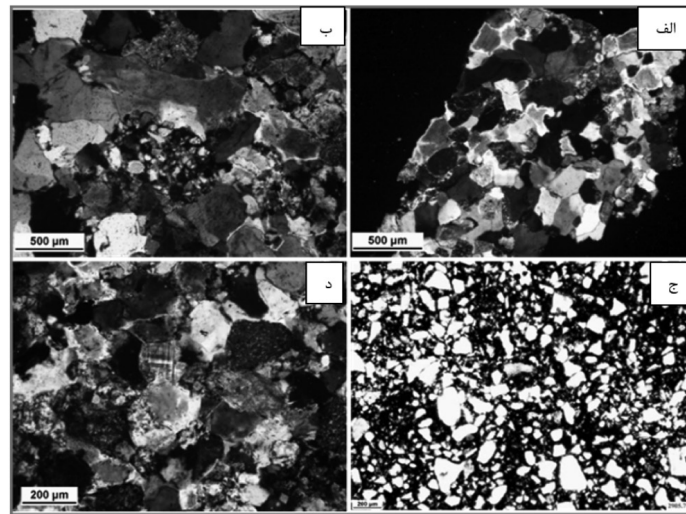
ساختی از نوع حاشیه قاره‌ای غیرفعال، با سنگ منشاء ماگمایی حدواسط تا اسیدی و شرایط آب و هوایی نیمه مرطوب را برای تشکیل و رسوب‌گذاری این ماسه‌سنگ‌ها در نظر می‌گیرند. میدان مورد مطالعه با حفر اولین چاه اکتشافی کشف شد و تولید از آن صورت گرفت. گاز طبیعی و میعانات از قسمت B سازند شورپیجه، اولین تولید میدانی بود. سنگ‌های کربناته ژوراسیک فوقانی (سازند مزدوران) و سنگ‌های سیلیسی-آواری کرتاسه تحتانی (سازند شورپیجه)، مخازن اصلی این میدان هستند که به ترتیب گاز ترش و شیرین تولید می‌کنند.

سنگ‌شناسی، رخساره و محیط رسوبی

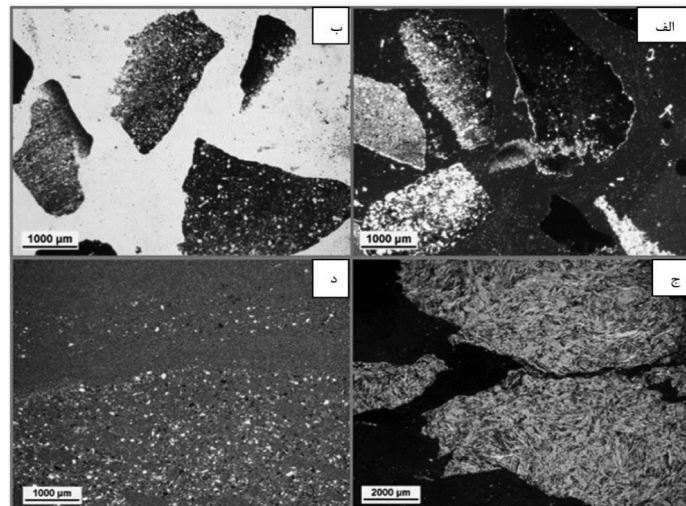
براساس شواهد سنگ‌شناسی و رخساره‌ای، سازند شورپیجه در میدان مورد مطالعه به لحاظ سنگ‌شناسی عمدتاً متشکل از رسوبات تخریبی شامل کنگلومرا، ماسه‌سنگ و شیل است. همچنین در بخش‌هایی درون توالی این سازند رخساره‌های کربناته (آهک و دولومیت) و رخساره مختلط تخریبی-کربناته (دولومیت ماسه‌ای) مشاهده می‌شود. واحدهای کنگلومرای به صورت میکروکنگلومرا و از نوع ارتوکنگلومرا (دانه غالب) هستند که دارای جورشدگی ضعیف و ذرات نیمه زاویه‌دار تا نیمه گرد



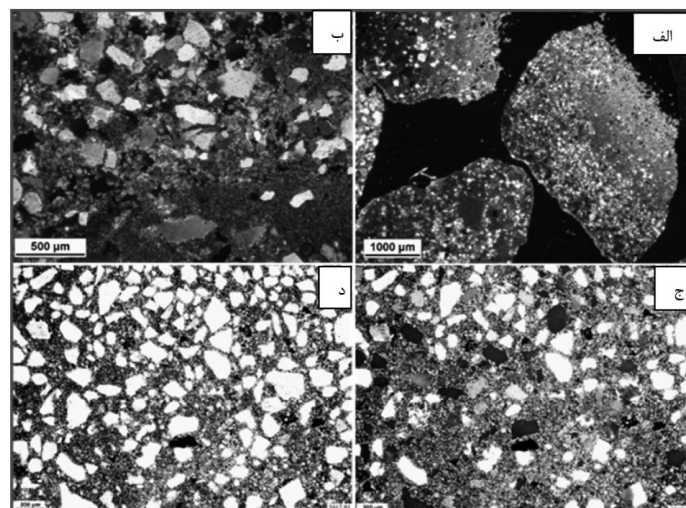
شکل ۲ تصاویر میکروسکوپی از رخساره سنگی میکروکنگلومرا در سازند شورپیجه



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپی از رخساره سنگی ماسه‌سنگ در سازند شورجه



شکل ۴ تصاویر میکروسکوپی از رخساره سنگی شییل / سنگ رس به همراه رخساره مادستون با نودول انیدریت در سازند شورجه



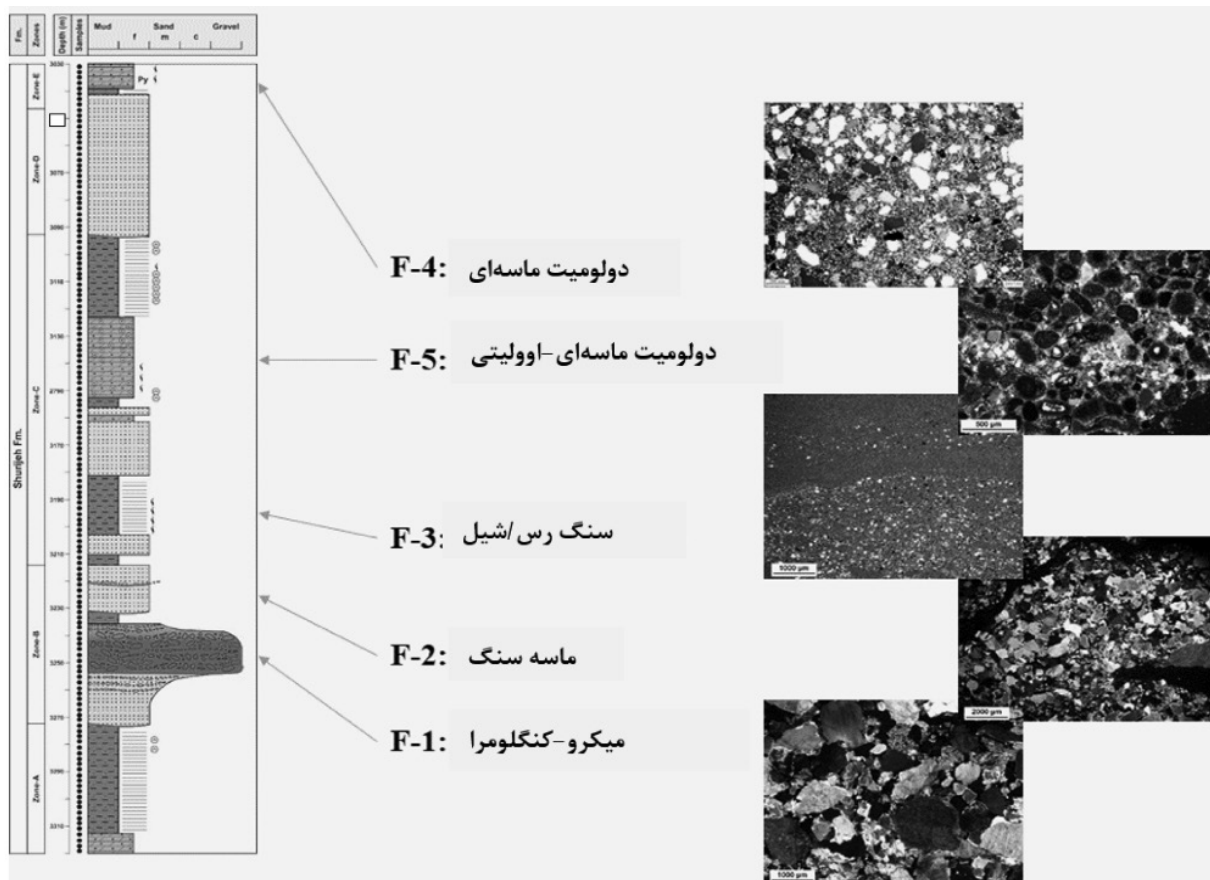
شکل ۵ تصاویر میکروسکوپی از رخساره سنگی مختلط کربناته-تخریبی (دولومیت ماسه‌ای) در سازند شورجه

به‌طور شماتیک در شکل ۸ مشخص شده است. طبق این شکل، رخساره‌های دانه درشت گراولی و ماسه‌ای عمدتاً درون کانال‌ها و پشت‌های درون کانالی گسترش یافته‌اند و رخساره‌های دانه ریز ماسه‌ای و شیلی مرتبط با حاشیه کانال و دشت سیلابی سیستم رودخانه هستند. در قسمت بالایی این سازند، رخساره‌های ساحلی و در نهایت رخساره‌های پهنه جزر و مدی دیده می‌شود که به‌طور محلی دارای رسوبات مربوط به محیط‌های لاگونی و سدی می‌باشند.

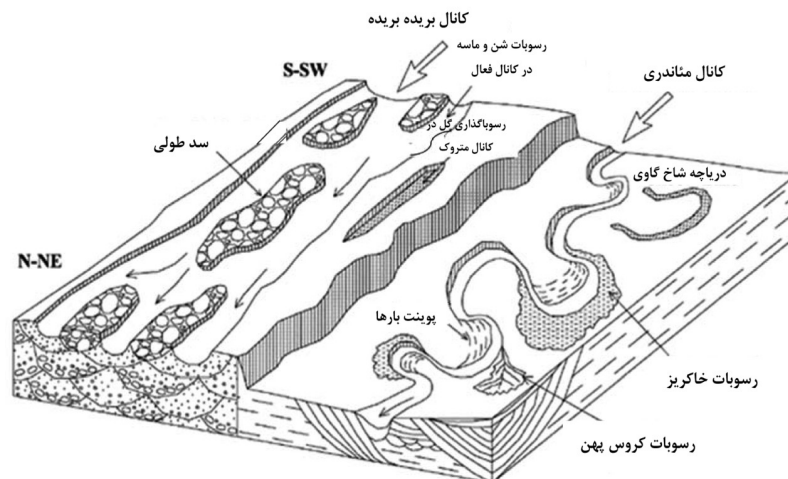
ویژگی‌های مخزنی

براساس مشخصه‌های سنگ‌شناسی رخساره‌های تخریبی سازند شوربچه، کیفیت مخزنی آن‌ها براساس داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه بررسی گردید.

رخساره‌های دانه غالب آهکی از نوع گرینستون اوئیدی با بافت سیمانی شده هستند که دولومیتی شده‌اند و درون آن‌ها ذرات پراکنده‌ای از ماسه نیز مشاهده می‌شود (شکل ۶). بر این اساس، سازند شوربچه در میدان مورد مطالعه متشکل از سه رخساره تخریبی میکروکنگلوмера (۱-F)، ماسه‌سنگ (۲-F)، شیل (۳-F)، یک رخساره مختلط کربناته - تخریبی (۴-F) و یک رخساره کربناته (۵-F) است. توالی رسوبی و رخساره‌های مرتبط با سازند شوربچه در میدان مورد مطالعه در شکل ۷ نشان داده شده است. با توجه به شواهد سنگ‌شناسی و بافتی و نتایج مطالعات قبلی که برخی از آن‌ها در مقدمه ذکر شد محیط رسوبی قسمت زیرین سازند شوربچه در برش‌های بررسی شده به‌طور عمده از نوع رودخانه‌ای، به‌ویژه رودخانه بریده بریده و همچنین رودخانه مئاندری است که



شکل ۷ توالی رسوبی و رخساره‌های مرتبط با سازند شوربچه در میدان مورد مطالعه. پنج رخساره شامل میکروکنگلوмера، ماسه‌سنگ، رس و شیل، دولومیت ماسه‌ای و گرینستون اوئیدی در سازند شوربچه شناسایی شده است [۲]



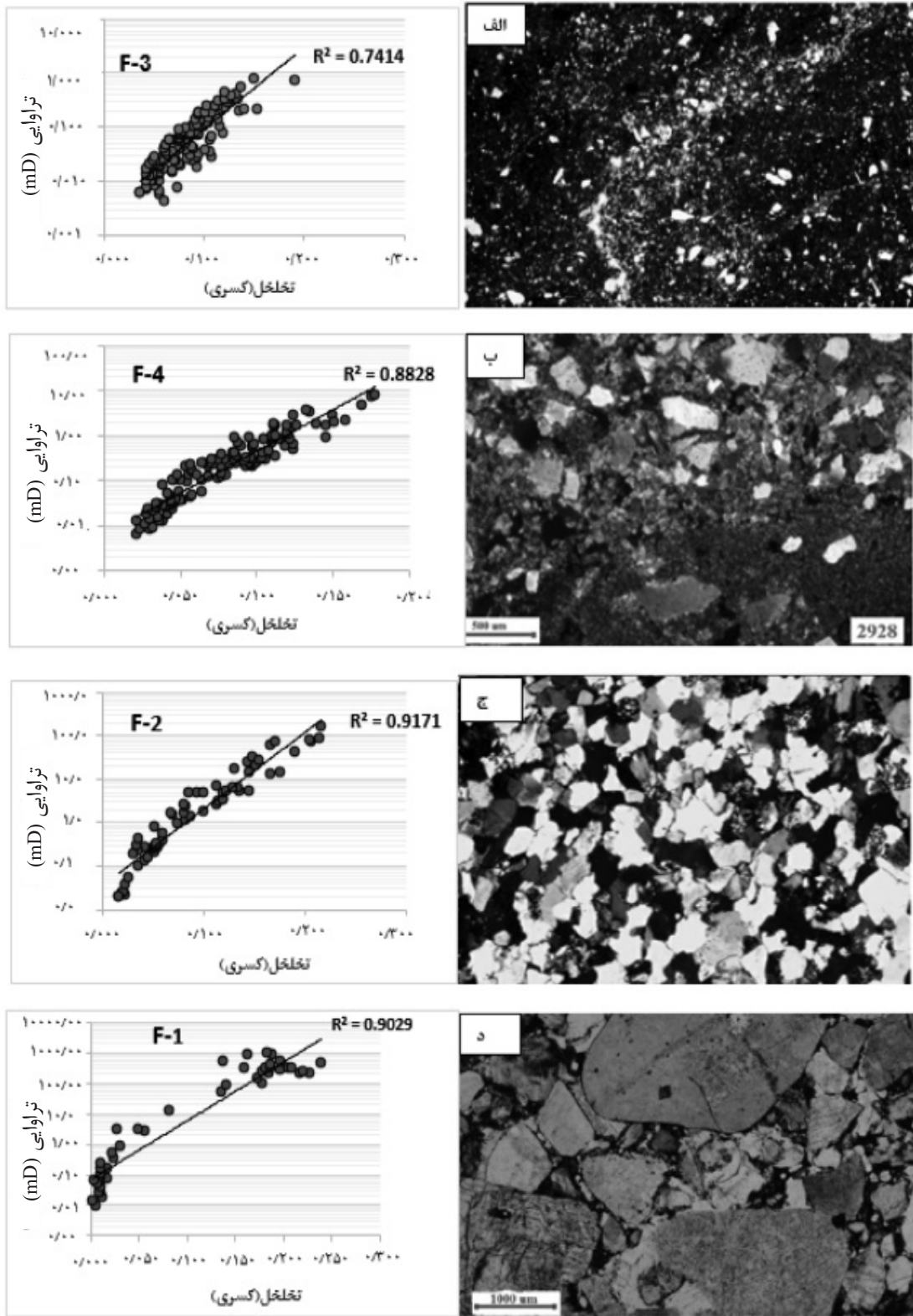
شکل ۸ مدل رسوبی پیشنهادی برای نهشته‌های رودخانه‌های بریده‌بریده و مانداری سازند شورجه در خاور کپه‌داغ [۱۲]

موضوع همچنین با نتایج حاصل از مطالعات و تفاسیر پتروفیزیکی این سازند در چاه‌های ناحیه مورد مطالعه هم‌خوانی دارد که طبق آن، زون‌های مخزنی و هیدروکربوردار این سازند عمدتاً با زون‌های ماسه‌سنگی منطبق هستند (شکل ۱۰). این ماسه‌سنگ‌ها با کیفیت مخزنی بالا عمدتاً درون کانال‌های رودخانه‌ای گسترش یافته‌اند. همچنین حسین‌یار و همکاران [۱۳] با بررسی مشخصه‌های سنگ‌شناسی سازند شورجه در شرق حوضه کپه‌داغ و بررسی نشانگرهای لرزه‌ای شامل تجزیه طیفی، همسانی، دامنه لرزه‌ای و نشانگرهای بافت لرزه‌ای (ناهمگنی، انرژی و آنتروپی)، گسترش سیستم رودخانه‌ای و کانال‌های این سازند را بر روی نقشه نشانگرهای لرزه‌ای به تصویر کشیده و تحلیل نمودند. طبق نتایج این مطالعه، کانال‌های شناسایی شده بر روی نشانگرهای لرزه‌ای و در زمینه رخساره‌های دانه‌ریز، در ارتباط با حضور رخساره‌های دانه درشت کنگلومرایی و ماسه‌ای درون کانالی هستند.

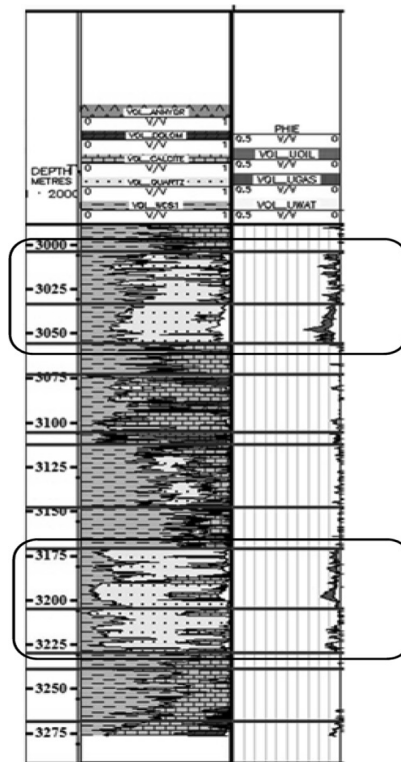
نشانگرهای لرزه‌ای

نشانگرهای لرزه‌ای حاصل اطلاعات به‌دست آمده از داده‌های لرزه‌ای هستند که محاسبه مستقیم، یا با استدلال منطقی یا مبتنی بر تجربه به‌دست می‌آیند.

شکل ۹، نمودار تخلخل و تراوایی برای هر یک از رخساره‌های تخریبی شناسایی شده در سازند را نشان می‌دهد چنانچه از این شکل مشخص است در رخساره‌های دانه ریز شیلی و رسی (F-۳) اگرچه تخلخل تا مقادیر بالا را نشان می‌دهد اما با توجه به تراوایی پایین آن‌ها، این تخلخل‌ها عمدتاً از نوع غیرمفید هستند. در مقایسه، رخساره‌های مختلط کربناته-تخریبی (دولومیت ماسه‌ای) وضعیت بهتری را به لحاظ مقادیر تراوایی و نیز روابط تخلخل و تراوایی نشان می‌دهند که می‌تواند با فرآیند دولومیتی شدن و گسترش تخلخل‌های بین بلوری ریز در آن‌ها مرتبط باشد. همچنین رخساره‌های دانه درشت ماسه‌سنگی (F-۲) و کنگلومرایی (F-۱) با مقادیر تخلخل و تراوایی بالاتر، روابط بهتری را بین تخلخل و تراوایی نشان می‌دهند که بیانگر سیستم منافذ بهم مرتبط در این رخساره‌ها است. به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کیفیت مخزنی رخساره‌های تخریبی سازند شورجه از بافت و رخساره رسوبی آن‌ها تبعیت می‌نماید و رخساره‌های دانه درشت گراولی و ماسه‌سنگی درون کانال‌های رودخانه‌ای کیفیت مخزنی بالایی را نشان می‌دهند. از این‌رو این رخساره‌ها و توالی‌های مرتبط با آن‌ها می‌توانند به‌عنوان اهداف اکتشاف و زون‌های تولید میدان مد نظر قرار گیرند. این



شکل ۹ نمودار تخلخل و تراوایی مغزه برای رخساره‌های شناسایی شده در سازند شوربچه حوضه کپه داغ [۳]



شکل ۱۰ تفسیر پتروفیزیکی توالی سازند شوربچه در یکی از چاه‌های میدان که توزیع زون‌های هیدروکربوری را درون زون‌های ماسه‌سنگی عمدتاً مرتبط با کانال‌های رودخانه‌ای نشان می‌دهد [۳]

$$E(t) = \text{SQRT}\{T_0^2 + H_0^2\} \quad (1)$$

که (E) پوش سیگنال، $T(t)$ تریس لرزه‌ای، $H(t)$ تبدیل هیلبرت، $T(t)$ و $H(t)$ یک تغییر ۹۰ درجه فازی است. این مدل دارای ظاهر فرکانسی پایین و فقط دامنه‌های مثبت است که اغلب ویژگی‌های لرزه‌ای اصلی را برجسته می‌کند. پوش، انرژی لحظه‌ای سیگنال را نشان می‌دهد و متناسب با بزرگی ضرایب بازتابی است. پوش به‌عنوان یک برجسته‌کننده یا تفکیک‌کننده مؤثر است که ویژگی‌هایی مانند نقاط روشن، تجمع گاز، توالی مرزها، تغییرات عمده در محیط‌های رسوبی و لیتولوژی، اثرات میزان‌سازی لایه نازک، ناپیوستگی، تغییرات محلی نشان‌دهنده گسل خوردگی، ارتباط فضایی در تداخل و دیگر تغییرات لیتولوژی را نشان می‌دهد [۲۰]. برای محاسبه یک نشانگر مبتنی بر افق براساس پنجره‌بندی داده‌ها، پارتیکا و همکاران محاسبه طیف فوریه در یک پنجره از حجم لرزه‌ای کل را معرفی کردند.

محاسبه و استفاده از نشانگرها در واقع به مبدأ روش‌های اکتشاف لرزه‌ای باز می‌گردد. آن‌ها قادرند اطلاعات بسیار با ارزشی از خواص سنگ‌ها و سیالات زیرسطحی را ارائه دهند [۶، ۷ و ۲۱] تفسیر کیفی نگاره‌های لرزه‌ای به شناخت رخساره‌های لرزه‌ای، سنگ‌شناسی، کانال‌ها، لپ‌های توزیعی، دلتاهای مدفون، لبه‌های سدها، شول‌ها، ریف‌ها، توربیدایت‌ها، لایه‌های نازک، الگوهای برانبارش، مطابق بودن مخزن، هیدرات‌های گازی، آنومالی‌های چهاربعدی، شکستگی‌ها و گسل‌ها، دهانه‌های گازی، سطح تماس سیالات، نوع سیالات و زون‌های پرفشار کمک می‌کند. در این میان، به تصویر کشیدن کانال‌ها و تشخیص محیط‌های همراه آن‌ها برای شناسایی تله‌های چینه‌ای مفید است. انواع مختلفی از نشانگرها وجود دارند که از این میان می‌توان نشانگرهای پوش و تجزیه طیفی را مثال زد. نشانگر پوش یا قدرت بازتاب یا دامنه لحظه‌ای همان پوش سیگنال لرزه‌ای است که از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

از دسته نشانگرهای بیرونی محسوب می‌شود. در این پژوهش توسط این نشانگر سه کانال مئاندردی در مقطع لرزه‌ای مشخص شد. همان‌طور که در شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ مشاهده می‌شود با استفاده از این نشانگر می‌توان موقعیت و شکل هندسی کانال‌های موجود در مقطع لرزه‌ای زمانی با عمق‌های متفاوت را نیز آشکار ساخت. در راستای اهداف تحقیق، در شکل ۱۱، مقطع زمانی (افقی) با اعمال نشانگر (GSD)، در عمق $Z=1960$ m و فرکانس $F=24$ Hz استخراج شد که دو کانال مئاندردی با موقعیت‌های متفاوت مشخص شده توسط فلش را آشکار ساخت. با مراجعه به شکل ۱۲ نیز می‌توان مشاهده کرد یک کانال مئاندردی با موقعیت متفاوت، در عمق $Z=2000$ m و با فرکانس $F=27$ Hz توسط این نشانگر آشکار شده است. در شکل ۱۳ مقطع عرضی در خط و برخط توسط نشانگر تجزیه طیفی تعمیم یافته (GSD) با توجه به موقعیت کانال‌های موجود در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ انتخاب شده و به نمایش گذاشته شده‌اند. فلش‌ها نشان‌دهنده برشی از مقطع لرزه‌ای و کانال‌های مئاندردی می‌باشند. این برش‌ها می‌توانند از موقعیت‌های متفاوت کانال‌ها از مقاطع افقی انتخاب شوند.

نشانگر پوش (E) برای شناسایی کانال‌های مئاندردی

این نشانگر از دسته نشانگرهای بیرونی مختلط محسوب می‌شود. تصویر شکل ۱۴ مقطع افقی زیر سطح را توسط نشانگر پوش نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، این نشانگر نمی‌تواند هندسه کانال‌های مئاندردی را آشکار سازد. با این وجود توسط این نشانگر می‌توان نقاط روشن در مقاطع لرزه‌ای خصوصاً در مقاطع عرضی لرزه‌ای را مشاهده نمود که می‌تواند نمایان‌گر وجود گاز در منطقه باشد.

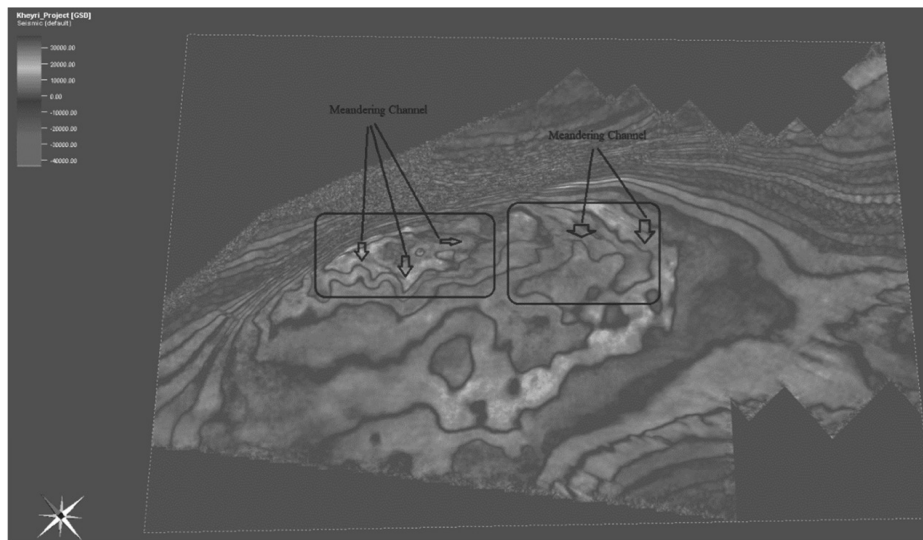
سپس طیف دامنه را برحسب برش‌های فرکانسی نشان دادند که این روش به نام تجزیه طیفی معروف بوده و جزئیات چینه‌شناسی فضایی را در منطقه مورد نظر نمایش می‌دهد [۲۷ و ۱۷]. از جمله ویژگی‌های نشانگر مربوطه این است که می‌توان با افزایش فرکانس، بخش‌های نازک‌تر و با کاهش فرکانس بخش‌های ضخیم‌تر رخداد مورد نظر را نشان داد [۴]. داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی پس از برابزارش موج P، اطلاعات این سازند را از عمق 1500 m تا 2500 m به صورت سه بعدی، در مقاطع عرضی و زمانی نشان می‌دهد. این مجموعه داده‌ها در مکعب لرزه‌ای دارای در خط 1500 تا 3100 و برخط 258 تا 1300 می‌باشند. برای رسیدن به اهداف این پژوهش، ابتدا داده‌های لرزه‌ای در نرم‌افزار پترل^۳ بارگذاری شدند. در مرحله بعد با توجه به مطالعات زمینه‌ای انجام گرفته در مورد نفت‌گیرهای کانالی و نشانگرهای حساس مربوطه، نشانگرهای مناسب هدف پژوهش به جهت مقایسه با یکدیگر انتخاب و برروی داده‌های بارگذاری شده اعمال شدند. از این میان عملکرد دو نشانگر پوش و تجزیه طیفی تعمیم یافته در این تحقیق مورد بحث و بررسی قرار گرفت. با توجه به سه‌بعدی بودن داده‌ها، امکان مشاهده ویژگی‌ها در مقاطع افقی (زمانی) وجود داشت. به این ترتیب ابتدا احتمال وجود نفت‌گیرهای کانالی و تفسیر آن‌ها برروی مقاطع افقی انجام گرفت و سپس در مقاطع عرضی در خط و برخط، تصویر عرضی این کانال‌ها مشاهده و تفسیر گردید. در ادامه با تلفیق نتایج حاصل از آنالیز رخساره‌های سنگی سازند شورپیجه با نشانگرهای لرزه‌ای، کانال‌های رودخانه‌ای سازند شورپیجه با دقت بهتری آشکار شدند.

بحث و نتایج

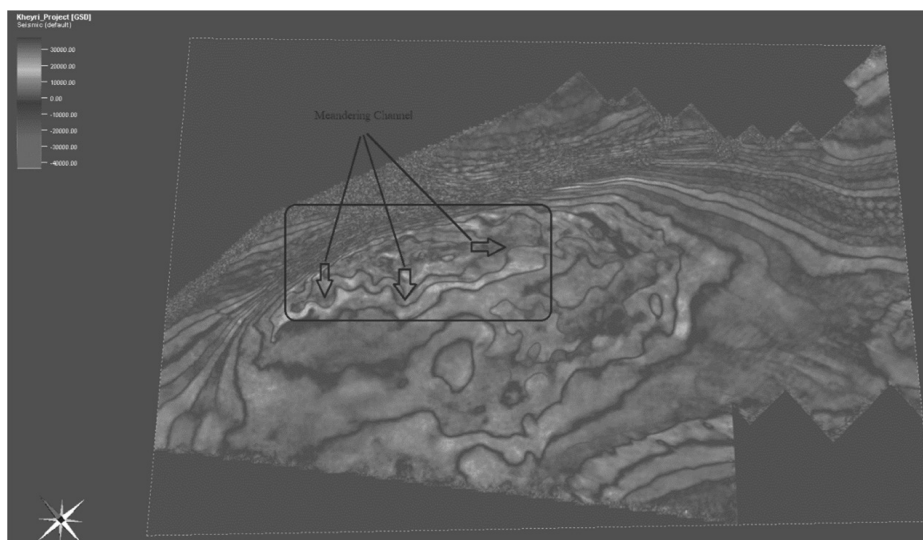
نشانگر تجزیه طیفی تعمیم یافته (GSD)^۴ برای شناسایی کانال‌های مئاندردی

این نشانگر حاصل پردازش سیگنال لرزه‌ای بوده و

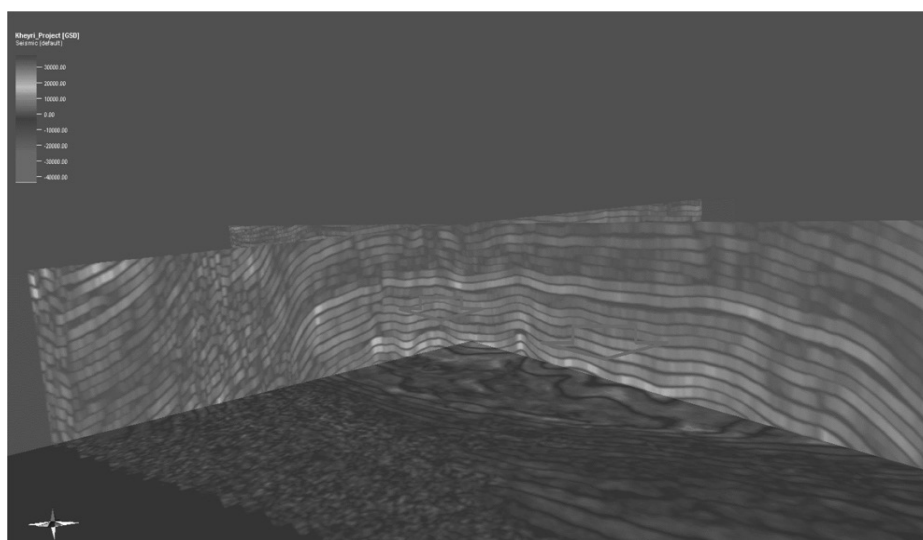
1. Inline
2. Crossline
3. Petrel
4. Generalized Spectral Decomposition
5. Envelope



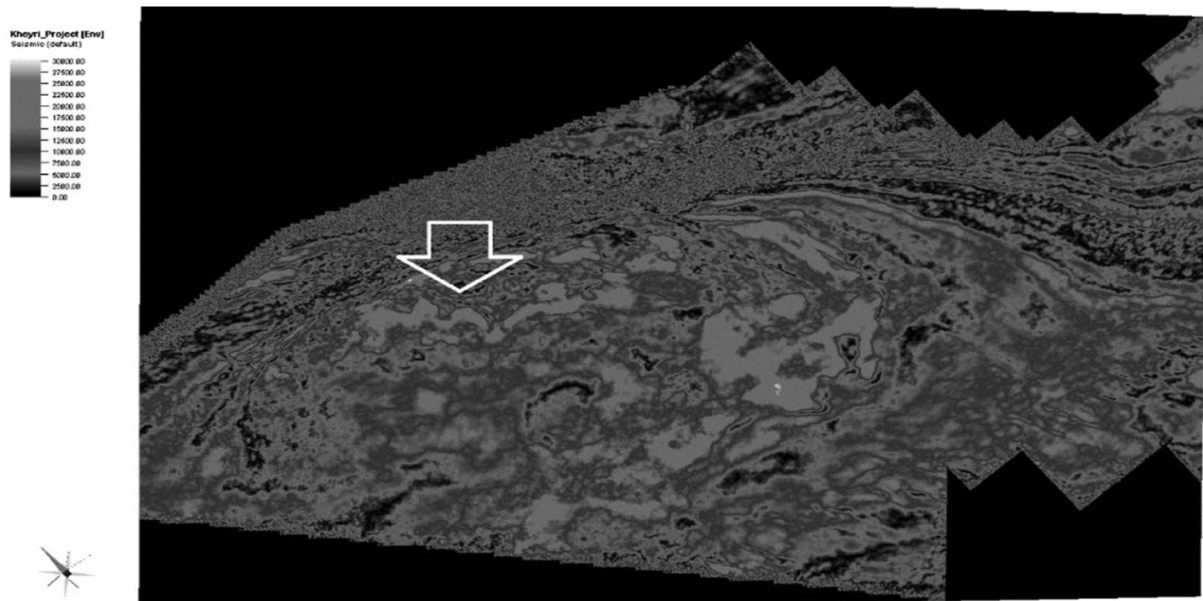
شکل ۱۱ مقطع افقی نشانگر تجزیه طیفی در عمق ۱۹۶۰ m، افق مخزنی شوربجه B



شکل ۱۲ مقطع افقی نشانگر تجزیه طیفی در عمق ۲۰۰۰ m، افق مخزنی شوربجه B



شکل ۱۳ برش‌های عرضی کانال مئاندری در نشانگر تجزیه طیفی، افق مخزنی شوربجه B



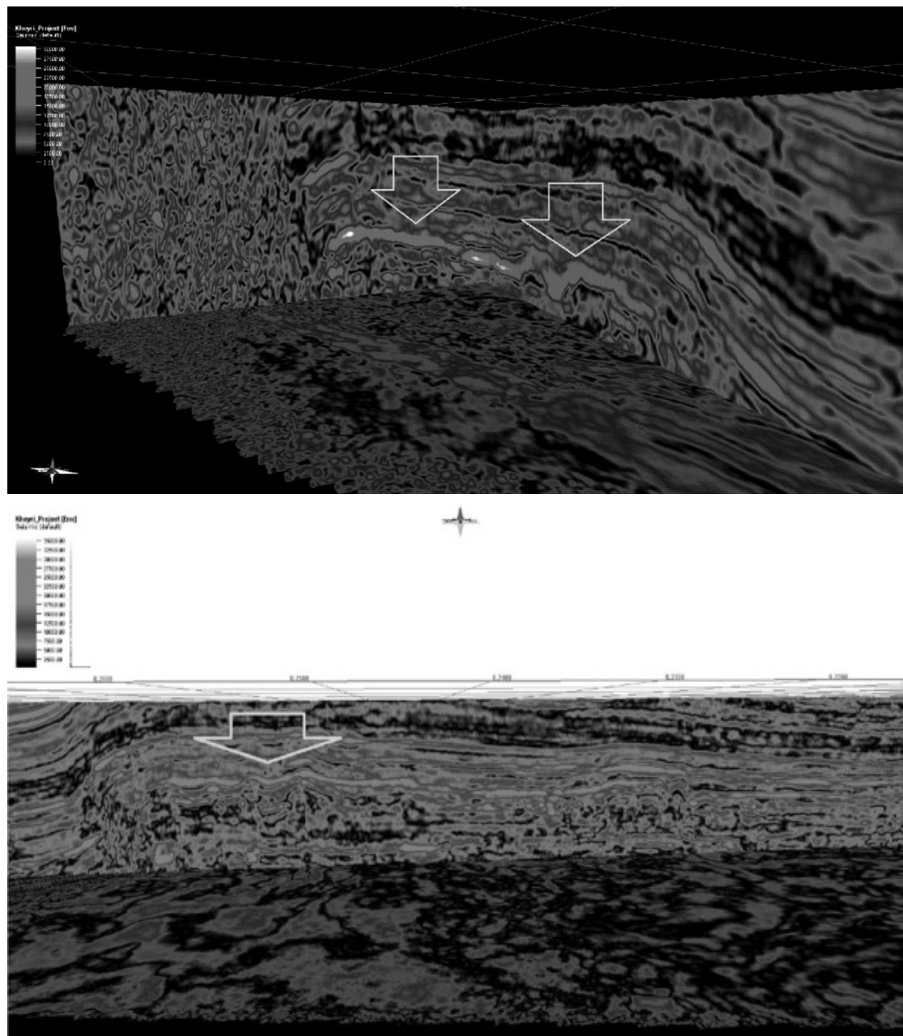
شکل ۱۴ مقطع افقی نشانگر پوش، افق مخزنی شورپیجه B

میدان مورد مطالعه، نتایج به دست آمده از تفسیر نشانگرهای لرزه‌ای چینه‌ای تایید می‌شود. با توجه به مشخصه‌های سنگ‌شناسی و رخساره‌ای سازند شورپیجه و نیز بررسی ویژگی‌های مخزنی آن‌ها براساس داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه و نیز نتایج تفسیر پتروفیزیکی، کانال‌های شناسایی شده با استفاده از تفسیر نشانگرهای لرزه‌ای از نظر عمقی و زمانی منطبق بر زون‌های مخزنی B و D سازند شورپیجه هستند. در نتیجه موقعیت کانال‌های مئاندری با دقت کافی شناسایی شده است. به‌طور کلی کانال‌های رودخانه‌ای در نمایش‌های لرزه‌ای مرسوم دامنه قابل رویت نیستند. به‌همین جهت نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که نشانگرهای لرزه‌ای تجزیه طیفی و پوش در تلفیق با رخساره‌های رسوبی به‌طور موفقیت‌آمیزی می‌توانند کانال‌های رودخانه‌ای مئاندری در سازند شورپیجه را آشکار کنند. کانال‌های رودخانه‌ای شناسایی شده کمک بزرگی به اکتشاف و توسعه تله‌های گازی چینه‌ای در مناطقی که در آن‌ها هنوز چاهی حفاری نشده است خواهند نمود.

با به‌کارگیری اطلاعاتی که توسط نشانگر تجزیه طیفی تعمیم یافته به دست آمد، می‌توان وجود گاز در داخل کانال‌های مئاندری در عمق‌های متفاوت را مشاهده کرد. این مسئله می‌تواند بیانگر نفت‌گیرهای کانالی مئاندری در مقطع مورد مطالعه باشد. با استفاده از نقشه افقی نشانگر پوش، برش عرضی کانال‌ها در نقشه مقاطع عرضی مشاهده می‌شود. شکل ۱۵ مقاطع عرضی را با اعمال نشانگر پوش (E) نشان می‌دهد. در این مقاطع نقاط روشن قابل مشاهده بوده و فلش سفید وجود کانال در آن موقعیت را نشان می‌دهد که هر دو می‌تواند نمایان‌گر وجود گاز در همان موقعیت باشد. در شکل بالا موقعیت کانال‌ها از درخت ۲۷۰۳ و برخط ۶۹۶ و در شکل پایین موقعیت کانال‌ها با برش عرضی برخط ۷۵۲ انتخاب شده است.

آنالیز رخساره‌ای در سازند شورپیجه و انطباق آن با کانال‌های تفسیر شده

براساس رخساره‌های میکروسکوپی شناسایی شده سازند شورپیجه در چاه‌هایی که از آن‌ها مغزه وجود داشت و انطباق آن با داده‌های لرزه‌ای سه‌بعدی از



شکل ۱۵ نمایش مقاطع عرضی نشانگر پوش از مخزن شورریجه

نتیجه‌گیری

موقعیت‌های متفاوت شناسایی شدند. با توجه به اینکه نشانگر پوش در شناسایی هندسه نفت‌گیرهای چینه‌ای کاربردی ندارد، می‌توان برای نشان دادن وجود گاز از آن استفاده کرد. از این رو در راستای اهداف تحقیق، پس از تشخیص احتمالی هندسه کانال‌ها در مقطع لرزه‌ای، نشانگر پوش با نشان دادن نقاط روشن و وجود گاز در همان موقعیت شاهد مناسبی برای یافته‌ها بود. با تلفیق بخشی از نتایج مطالعات رسوب‌شناسی حاصل از سازند شورریجه با نتایج حاصل از تحلیل نشانگرهای لرزه‌ای، موقعیت نفت‌گیرهای چینه‌ای احتمالی در میدان مورد مطالعه در محدوده داده‌های لرزه‌ای مشخص شد.

کانال‌های مئاندری یکی از مناطق احتمالی برای تجمع هیدروکربن‌ها به‌شمار می‌رود. نتایج این مطالعه نشان داد برای شناسایی این کانال‌ها، نشانگرهای لرزه‌ای در تلفیق با داده‌های رسوب‌شناسی عملکرد خوبی دارند. در این تحقیق از میان نشانگرهای مختلف، با استفاده از نشانگرهای پوش و تجزیه طیفی تعمیم یافته، موقعیت هندسی سه کانال مئاندری در مقطع لرزه‌ای سازند شورریجه مشخص گردید. به این صورت که توسط نشانگر تجزیه طیفی با فرکانس ۲۴ Hz در عمق ۱۹۶۰ m دو کانال مئاندری و با فرکانس ۲۷ Hz در عمق ۲۰۰۰ m یک کانال مئاندری با

مراجع

- [۱]. افشار حرب ع (۱۳۷۳) زمین‌شناسی ایران: زمین‌شناسی کپه داغ، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۲۷۵.
- [۲]. رضایی م ر (۱۳۸۶) زمین‌شناسی نفت، انتشارات علوی.
- [۳]. گزارش شرکت نفت کیش (۱۳۹۸).
- [۴]. محبیان ر (۱۳۹۷) روش‌های تجزیه طیفی و کاربرد آن‌ها در شناسایی مخازن نفتی. تهران، انتشارات صالحیان.
- [5]. Allen P A, Allen J R (2013) Basin analysis: Principles and application to petroleum play assessment, John Wiley and Sons.
- [6]. Brown A R (2011) Interpretation of three-dimensional seismic data, Society of Exploration Geophysicists and American Association of Petroleum Geologists.
- [7]. Chopra S, Marfurt K J (2007) Seismic attributes for prospect identification and reservoir characterization, Society of Exploration Geophysicists and European Association of Geoscientists and Engineers.
- [8]. Link P K (2001) Basic petroleum geology.
- [9]. Ruttner A (1991) The Triassic of Aghdarband (AgDarband), NE-Iran, and its preTriassic frame, In: Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 38: 252.
- [10]. Selley R C, Sonnenberg S A (2015) Elements of petroleum geology, Academic Press.
- [11]. Zanchetta S, Berra F, Zanchi A, Bergomi M, Caridroit M, Nicorab A, Heidarzadeh G (2013) The record of the Late Palaeozoic active margin of the Palaeotethys in NE Iran: constraints on the Cimmerian orogeny, Gondwana Research, 24, 3-4: 1237- 1266.
- [۱۲]. جمالی ا م، صادقی ع، آدابی م ح (۱۳۹۴) چینه‌شناسی و محیط‌های رسوبی سازند شورپیجه در برش‌های باغک، مزدوران و چاه خانگیران، خاور حوضه کپه داغ، فصل‌نامه زمین‌شناسی ایران ۳۵، ۹۳.
- [۱۳]. حسین‌یار غ، موسوی حرمی ر، عبدلهی‌فرد ا، محبوبی ا، مصفی ح (۱۳۹۸) شناسایی دسته رخساره FSST در توالی‌های رودخانه‌ای با مثالی از سازند شورپیجه، نشریه علوم‌زمین، ۲۹، ۱۱۳: ۲۹۰ - ۲۸۳.
- [14]. Blumentritt C H, Sullivan E C, Marfurt K J (2003) Channel detection using seismic attributes on the Central Basin Platform, west Texas, In SEG Technical Program Expanded Abstracts, 466-469.
- [15]. Chopra S, Marfurt K J (2008) Seismic attributes for stratigraphic feature characterization, In SEG Technical Program Expanded Abstracts, Society of Exploration Geophysicists, 1590-1594.
- [16]. Moussavi-Harami R, Brenner R L (1990) Lower cretaceous (Neocomian) fluvial deposits in eastern Kopeh-Dagh Basin, northeastern Iran, Cretaceous Research, 11: 163-174.
- [17]. Partyka G A, Gridley J, Lopez J, (1999) Interpretational applications of spectral decomposition in reservoir characterization: The Leading Edge, 18, 3: 353-360.
- [18]. Robert A M, Letouzey J, Kavooosi M A, Sherkati S, Müller C, Vergés J, Aghababaei A (2014) Structural evolution of the Kopeh Dagh fold-and-thrust belt (NE Iran) and interactions with the South Caspian Sea Basin and Amu Darya Basin, Marine and Petroleum Geology, 57: 68-87.
- [19]. Srivastava A K, Rao J D, Singh V, Singh S N, Chandra M (1999) Role of seismic attributes in finding new reserves: Cambay Basin, India, In SEG Technical Program Expanded Abstracts, 919-922, Society of Exploration Geophysicists.
- [20]. Subrahmanyam D, Rao P H (2008) Seismic attributes—a review, In 7th International Conference and Exposition on Petroleum Geophysics, Hyderabad, 398-404.
- [21]. Taner M T (2001) Seismic attributes, CSEG Recorder, 26, 7: 49-56.
- [۲۲]. اسماعیلی خوشمردان ز، محمودی قرائی م ح، محبوبی ا، موسوی حرمی س ر (۱۳۹۹) انواع رخساره‌های سنگی سازند شورپیجه در برش بید سوخته در شرق حوضه رسوبی کپه داغ، پنجمین همایش انجمن رسوب شناسی ایران.
- [۲۳]. جوزانی کهن گ، نوروزی غ ح، سحابی ف، معماریان ح (۱۳۹۳) بررسی کیفیت مخزنی سازند شورپیجه در میدان گازی گنبدلی، شرق کپه داغ، دومین همایش ملی نفت و گاز ایران.

[۲۴]. گل افشانی ط، خانه باد م، موسوی حرمی ر، محبوبی ا (۱۳۹۲) برخاستگاه ماسه‌سنگ‌های سازند شوربچه (کرتاسه تحتانی) واقع در ناحیه آبگرم، شرق حوضه کپه داغ براساس داده‌های ژئوشیمی عناصر اصلی، اولین همایش زمین شیمی کاربردی ایران.

[۲۵]. موسوی حرمی ر (۱۳۶۶) تفسیر محیط رسوب‌گذاری سازند شوربچه (کرتاسه تحتانی) در شرق حوضه کپه داغ، پنجمین گردهمائی علوم زمین. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[۲۶]. کامل عباسی م (۱۳۸۹) بررسی نحوه رسوب‌گذاری و چینه‌نگاری سکاسی سازند شوربچه (بخش D ۱)

در میادین خانگیران و گنبدلی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود.
[27]. Russell B H (2004) The application of multivariate statistics and neural networks to the prediction of reservoir parameters using seismic attributes, A thesis for the degree of Doctor of Philosophy, Department of geology and geophysics, Calgary, Alberta.



**Petroleum Research
Research Article**

Petroleum Research, 2022(August-September), Vol. 32, No. 124, 6-8
DOI: 10.22078/PR.2022.4541.3045

Identification of Channel Type from Stratigraphic Traps based on Seismic Attributes: a Case Study from the Shurijeh Formation, One of Gas Field in North-east of Iran

Arezoo Kheyri¹, Ramin Nikrouz¹, Ali Kadkhodaie^{*2}, Reza Mohebian³ and Rahim Kadkhodaie²

1. Department of Geology, Faculty of Science, University of Urmia, Iran
2. Department of Geology, Faculty of Natural Science, University of Tabriz, Iran
3. School of Mining Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Iran

Kadkhodaie_ali@tabrizu.ac.ir
DOI: 10.22078/PR.2022.4541.3045

Received: July/03/2021

Accepted: March/26/2022

Introduction

Nowadays, 3D seismic surveys have increased the volume of seismic data and added to the complexity of processing and interpretation calculations. Among the various available geophysical technologies 3D seismic attributes are particularly suitable for mapping stratigraphic features. The primary purpose of seismic interpreters is to extract more information from seismic data and use it to interpret structural, stratigraphic, and geological features to accurately define reservoir models for use in drilling strategies and recyclable reserves. One way to access such information is by creating seismic attributes [1,3]. There are several types of attributes, among these, an example can be given the envelope and spectral decomposition attributes. Envelope attribute the power of reflection or the instantaneous amplitude is the same as that of the envelope seismic signal. This model has a low frequency appearance and only positive amplitudes. The envelope is an effective highlighter or separator that features such as bright spots, gas accumulation, sequence boundaries, major changes in depositional and lithological environments, thin-bed tuning effects, discontinuities, local changes indicating faulting, the spatial relationship in porosity and other lithological changes [4]. The spectral decomposition attribute shows the details of the spatial stratigraphy in the

target area. One of the characteristics of this attribute is that by increasing the frequency, thinner sections can be shown and by decreasing the frequency, thicker sections can be shown by the desired event [2].

Materials and Methods

To achieve the desired purpose, first seismic data were loaded in Petrel software. In the next step, according to the field studies performed on channel traps and related sensitive attributes, appropriate attributes were selected for comparison with each other and applied to the loaded data. Among these, the performance of two attribute, envelope and generalized spectral decomposition were discussed in this study. Due to the three-dimensionality of the data, it was possible to view the features in horizontal (time) sections. In this way, first the possibility of channel traps existence and their interpretation was done on horizontal sections and then in cross sections of inline and cross-line, the cross-sectional image of these channels was observed and interpreted. Furthermore, by combining the results of the analysis of rock facies of Shurije Formation with seismic attributes, the river channels of Shurije Formation were revealed with better accuracy.

Results and Discussion

In this Research, three meandering channels in the

seismic section were identified by generalized spectral analysis attribute. As shown in Figure 1, this indicator can also be used to reveal the location and geometric shape of channels in seismic time sections of different depths.

The envelope attribute cannot reveal the geometry of the meandering channels. However, with this attribute, bright points can be seen in seismic sections, especially in seismic cross sections, which it can indicate the

presence of gas in the region. Figure 2 shows the horizontal subsurface section by the envelope attribute. The bright spots can be seen carefully in this map. Using the information obtained by the generalized spectral decomposition attribute, the presence of gas inside the meandering channels can be observed at different depths. This issue may indicate meandering channel traps in the study section.

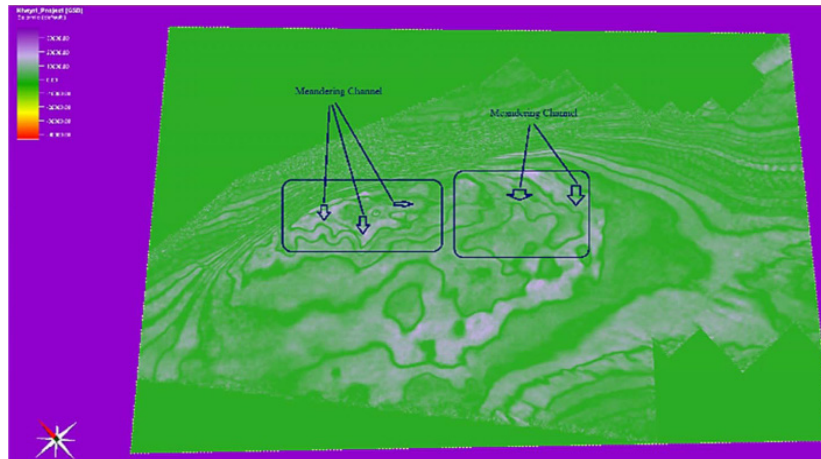


Fig. 1 Horizontal section of spectral decomposition attribute at a depth of (1960) m.

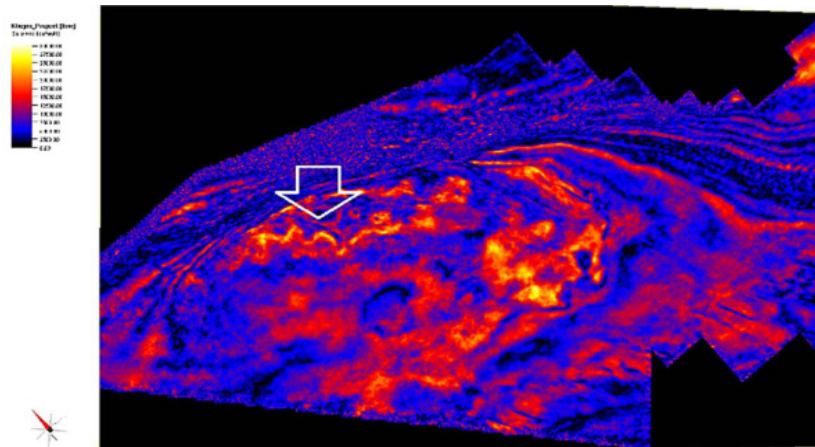


Fig. 2 Horizontal section of the envelope attribute.

Deliberation and observation of microscopic sections were also used to confirm the existence of river channels in the Shurijeh Formation. According to the lithological and facies characteristics of the Shourije Formation and also the investigation of their reservoir characteristics based on the porosity and permeability data of the core as well as the results of petrophysical interpretations, the channels identified using the interpretation of seismic attributes in terms of depth and time. They correspond to reservoir zones B and D of Shaurije Formation. As a result, the position of the meandering channels has been identified with sufficient accuracy.

Conclusions

The results showed that seismic attributes work better to identify these channels. In this research, among different attributes, using envelope and generalized spectral decomposition attributes, the geometric location of three meandering channels in the seismic section of Shurijeh Formation was determined. In this way, two meandering channels were detected by the spectral analysis attribute with a frequency of 24 Hz at a depth of 1960 m and a meandering channel with a frequency of 27 Hz at a depth of 2000 m was detected with different location. Since the envelope attribute is not used to identify the geometry of stratigraphic oil

reservoirs, it can be used to indicate the presence of gas. Finally, by combining part of the sedimentary data from the Shurijeh Formation, the possibility of sand reservoirs increased to some extent. By combining part of the results of sedimentological studies from Shourije Formation with the results of seismic attributes analysis, the position of possible layered oil reservoirs in the studied field was determined within the range of seismic data.

References

1. Chopra S, Marfurt K J (2008) Seismic attributes for stratigraphic feature characterization, In SEG Technical Program Expanded Abstracts, Society of Exploration Geophysicists, 1590-1594.
2. Mohebian R (1397) spectral decomposition methods and their application in the identification of oil reservoirs, Tehran, Salehian Publications.
3. Srivastava A K, Rao J D, Singh V, Singh S N, Chandra M (1999) Role of seismic attributes in finding new reserves: Cambay Basin, India, In SEG Technical Program Expanded Abstracts, Society of Exploration Geophysicists, 919-922.
4. Subrahmanyam D, Rao P H (2008) Seismic attributes–A review, In 7th International Conference and Exposition on Petroleum Geophysics, Hyderabad, 398-404.