

نقش مؤثر روش های ژئوفیزیکی در تعیین مکان بهینه چاه های اکتشافی حوضه خزر جنوبی

فرونش غلامی، علی جعفری، سعید ساجدی شرکت نفت خزر
مقدمه:

برای حفاری یک چاه اکتشافی بیش از میلیونها دلار هزینه و زمان طولانی صرف می شود، خصوصا اگر این چاه، Wildcat باشد. بدین معنا که در منطقه ای کاملا جدید و بدون داشتن اطلاعات درون چاهی مانند، نمودارهای الکتریکی، داده های سرعت سنجی و دیگر داده های زمین شناسی، حفاری شود. در حالت کلی امکان موفقیت یک چاه Wildcat، پایین است. حال اگر این چاه در حوضه چالش بر انگیزی مانند حوضه خزر جنوبی (شکل-1) باشد که عمق آب در آن به 1000 متر نیز می رسد، شانس موفقیت آن به مراتب کمتر می شود. لذا پیش از حفاری چاههای اکتشافی در این منطقه، به منظور پیش گیری از صرف هزینه و زمان و همچنین پیش بینی مخاطراتی که ممکن است در ایمنی سکو و حفظ سلامت متخصصان حین حفاری چاه، مشکلات جبران ناپذیری را موجب شود، باید از اطلاعاتی که شانس موفقیت را افزایش و مخاطرات را کاهش می دهد، بهره بهینه داشت.

در تقسیم بندی حوضه های دریایی، حوضه خزر جنوبی یکی از مناطق آب عمیق است و مانند دیگر حوضه ها، چالش های اکتشافی آبهای عمیق را دارد. روند مطالعات اکتشافی در دریای خزر جنوبی، شامل مطالعات زمین شناسی، مطالعات متداول ژئوفیزیکی در دریا که برخی روش های خاص آب عمیق نیز به آن اضافه می شود و همچنین مطالعات مخزنی است.

با توجه به زمین ساخت پیچیده حوضه خصوصا در بخش مرکزی، انواع پدیده ها مانند گسل ها، تجمع گاز به صورت بسته های گازی کم عمق، جریان آب پر فشار (SWF)، گل فشان هایی که حتی از اعماق به بستر رسیده اند و همچنین دیگر پدیده های چینه ای، در این حوضه تشکیل شده است. با وجود چنین پدیده هایی، تعیین موقعیت چاه های اکتشافی بر روی ساختار های حاصل از تفسیر مقاطع لرزه ای دو بعدی دشوار شده و استفاده از داده های لرزه نگاری سه بعدی و کاربرد دیگر روش ها مانند عملیات بستر شناسی دریا و روش های پردازشی ویژه جهت کاهش ریسک حفاری اجتناب ناپذیر می نماید.

در حوضه خزر جنوبی با جمع بندی و بررسی مطالعات پایه ای اکتشافی شامل برداشت های لرزه ای دو بعدی، تفسیر ساختمانی و چینه ای مقاطع، مطالعات AVO، مدلسازی مقادیر فشار، محاسبات حجمی و مخزنی و زمین شناسی حوضه، پیش از حفاری، بر روی چهار ساختار، لرزه نگاری سه بعدی انجام گردیده است. جهت شناسایی پدیده های بستر دریا و همچنین زیر بستر که در لنگر اندازی و اسقرارسکوی نیمه شناور نقش عمده دارد، عملیات بستر شناسی دریا صورت گرفته و روش پردازشی ویژه آب عمیق با عنوان Auto Gas Risks با هدف تفکیک مناطق خطر ساز در حفاری که بخش اعظم آن بسته های گازی می باشد تا دو برابر عمق آب انجام شده است. همچنین استفاده از نشانگرهای لرزه ای در تفسیر داده های سه بعدی در دستور کار شرکت نفت خزر بوده است. روش ها و مطالعات یاد شده ابزارها و روش هایی بوده اند که تعیین مکان اولین و دومین چاه اکتشافی حوضه خزر جنوبی بر اساس آن صورت گرفته است. اولین



شکل (1) حوضه خزر جنوبی

چاه حوضه Wild Cat بوده و اطلاعات لازم جهت حفاری چاه از داده های لرزه ای دو بعدی و سه بعدی استخراج گردیده است.

تغییرات مقادیر فشارهای منفذی لایه ها که در طراحی لوله های جداری و بر آورد میزان فشار گل حفاری و در نتیجه کنترل روند حفاری نقش مهمی دارد نیز بر اساس داده های لرزه ای محاسبه و به صورت نقشه های هم ضخامت فشارهای اضافی ، در ایجاد نمودار فشار در برنامه حفاری تهیه و مورد کاربرد واقع شده است.

در این نوشتار سعی بر این است تا روش ها و مطالعات ژئوفیزیکی انجام شده در شرکت نفت خزر به منظور مکان یابی بهینه چاه، از نظر دستیابی به اهداف اکتشافی و پیش گیری از مخاطرات حفاری ، در ساختارهای بخش مرکزی حوضه خزر جنوبی ، به اختصار بیان شود.

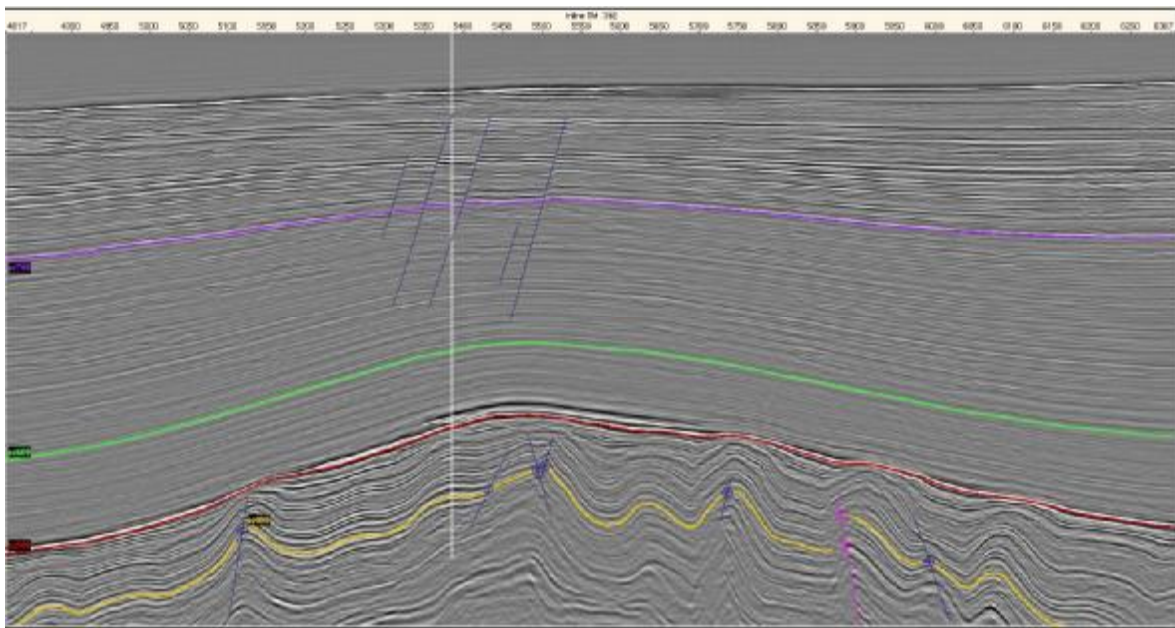
1- روش ها و مطالعات ژئوفیزیکی انجام شده در شرکت نفت خزر به منظور مکان یابی بهینه چاه

1-1- بررسی نقشه های ساختمانی تهیه شده در افق های مخزنی و غیر مخزنی

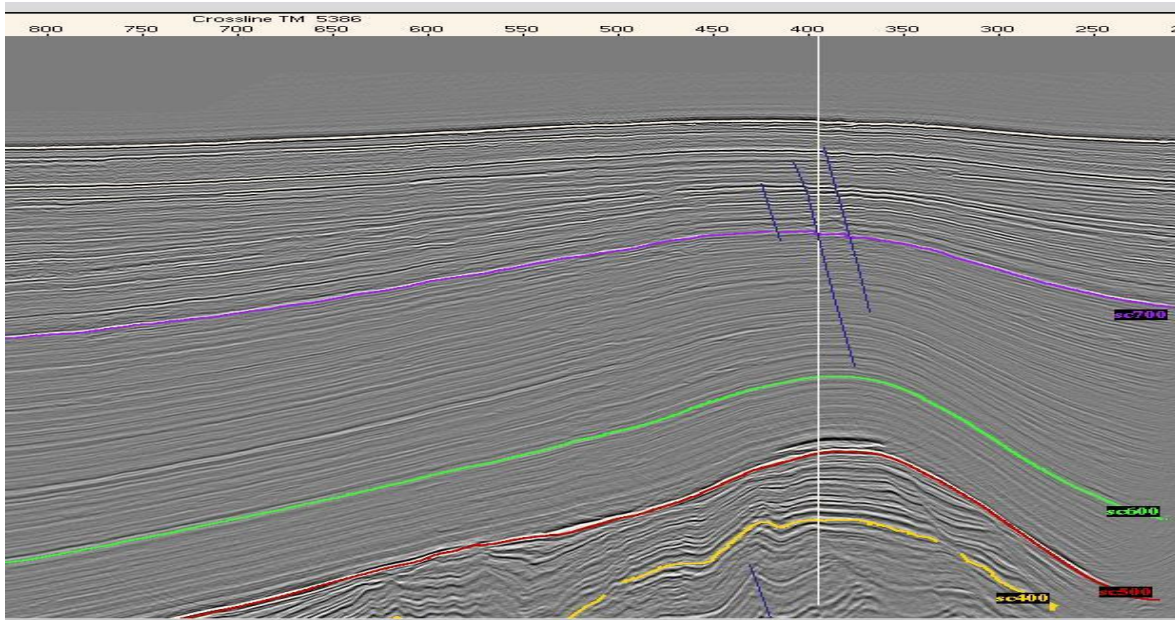
به منظور انتخاب بهترین نقطه ممکن جهت حفاری یکی از مراحل مهم بررسی نقشه های ساختمانی تهیه شده در افق های مختلف می باشد. در این مرحله ضمن بررسی نقشه ها مسائلی مانند بستگی های عمودی و افقی و میزان دور شدن از قله تاقدیس همچنین پدیده های ساختمانی موجود در ساختار مثل گسل ها و گل فشان ها مورد ارزیابی قرار می گیرد.

2-1- بررسی مخاطرات حفاری در مسیر چاه بر روی مقاطع لرزه ای

با توجه به اینکه تهیه نقشه های ساختمانی به طور متداول به چند افق مهم مخزنی و غیرمخزنی محدود می شود به منظور بررسی مخاطرات حفاری در مسیر چاه و بین افق های نقشه شده ، موارد متعددی مانند وجود گسل ها، پاکت های گازی، دودکش های گازی، گل فشان ها و سایر مخاطرات احتمالی حفاری در مسیر چاه پیشنهادی در مقاطع لرزه ای طولی و عرضی به دقت مورد بررسی قرار می گیرد. (شکل 2 و 3)



شکل 2- مقطع زمانی طولی در محل چاه حفاری شده در حوضه خزر جنوبی

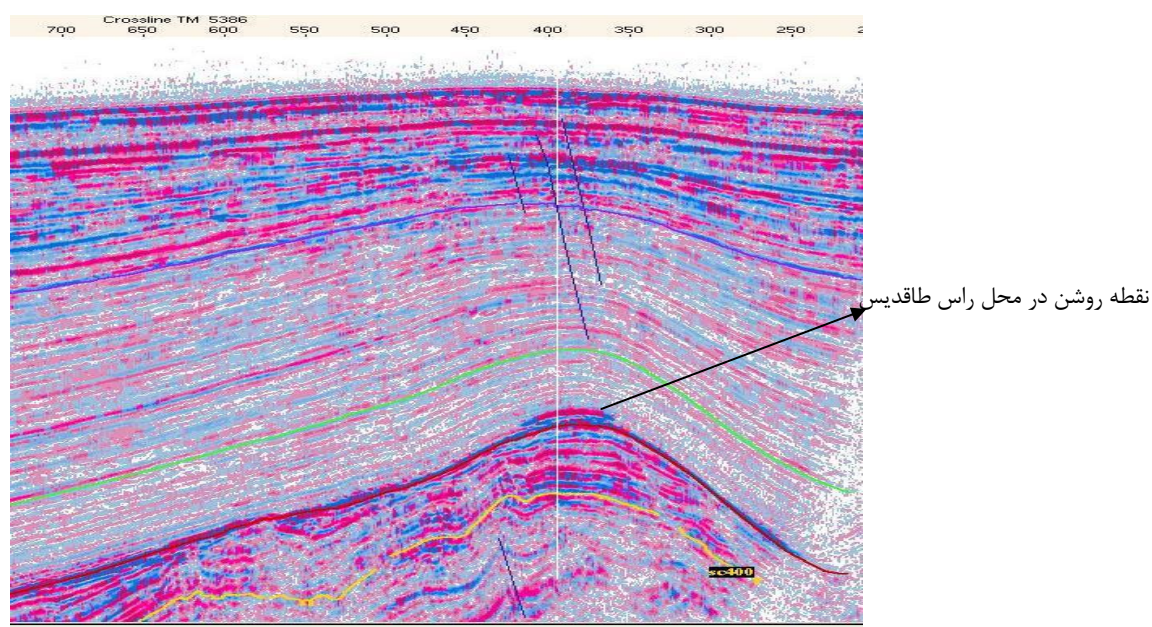


شکل 3 - مقطع زمانی عرضی در محل چاه حفاری شده در حوضه خزر جنوبی

مقاطع مورد اشاره نشان می‌دهد که محل چاه تا سرحد امکان از پدیده‌های یاد شده فاصله گرفته است و تنها پدیده‌ای که در مسیر چاه وجود دارد، گسل است که به دلیل اصلی بودن و گسترش این گسل‌ها در محدوده قله طاق‌دیس در افق‌های غیرمخزنی امکان اجتناب از برخورد با آن وجود ندارد.

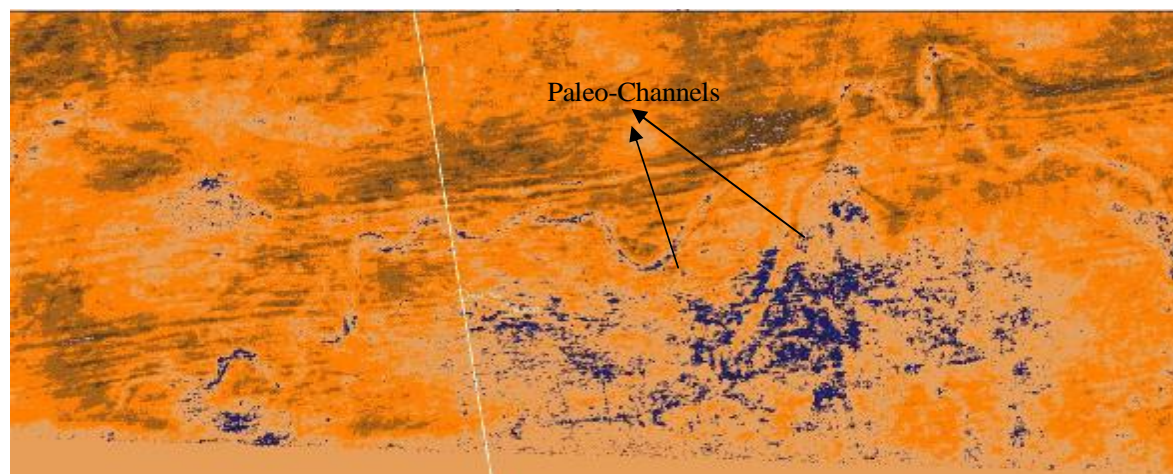
3-1- استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای جهت شناسایی هرچه بیشتر پدیده‌های مختلف و بررسی نتایج آن‌ها

به منظور شناسایی هرچه بهتر پدیده‌های زمین‌شناسی، همچنین ارزیابی دقیق تر مخاطرات حفاری استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای در دستور کار شرکت نفت خزر قرار دارد. استفاده از نشانگرها بر روی مقاطع لرزه‌ای، گریدهای تهیه شده و همچنین به صورت حجمی بین افق‌های تفسیر شده انجام می‌گیرد. به عنوان مثال شکل 4 نشانگر پولاریتی اعمال شده بر روی مقطع لرزه‌ای را در محل چاه حفاری شده در حوضه خزر جنوبی نشان می‌دهد که تغییر پولاریتی در محل نقطه روشن به وضوح قابل مشاهده است.



شکل 4- نشانگر پولاریتی اعمال شده بر روی مقطع لرزه‌ای

همچنین شکل 5 نشانگر دامنه اعمال شده بر روی گرید زمانی تهیه شده از یکی از افق‌های تفسیری را نشان می‌دهد که Channel های موجود را آشکار ساخته است.



شکل 5- نشانگر دامنه بر روی گرید زمانی یکی از افق‌های تفسیر شده

1-4- بررسی نقشه های بستر شناسی

پس از تعیین محل پیشنهادی جهت حفاری با در نظر گرفتن موارد یاد شده در بندهای قبلی، به منظور ارزیابی ریسک های حفاری و حصول اطمینان از کم خطر بودن نقطه پیشنهادی، محل مورد نظر با نقشه های بسترشناسی کنترل می گردد.

هدف از عملیات بسترشناسی شناسایی پدیده های کف بستر و اعماق کم زیر بستر می باشد.

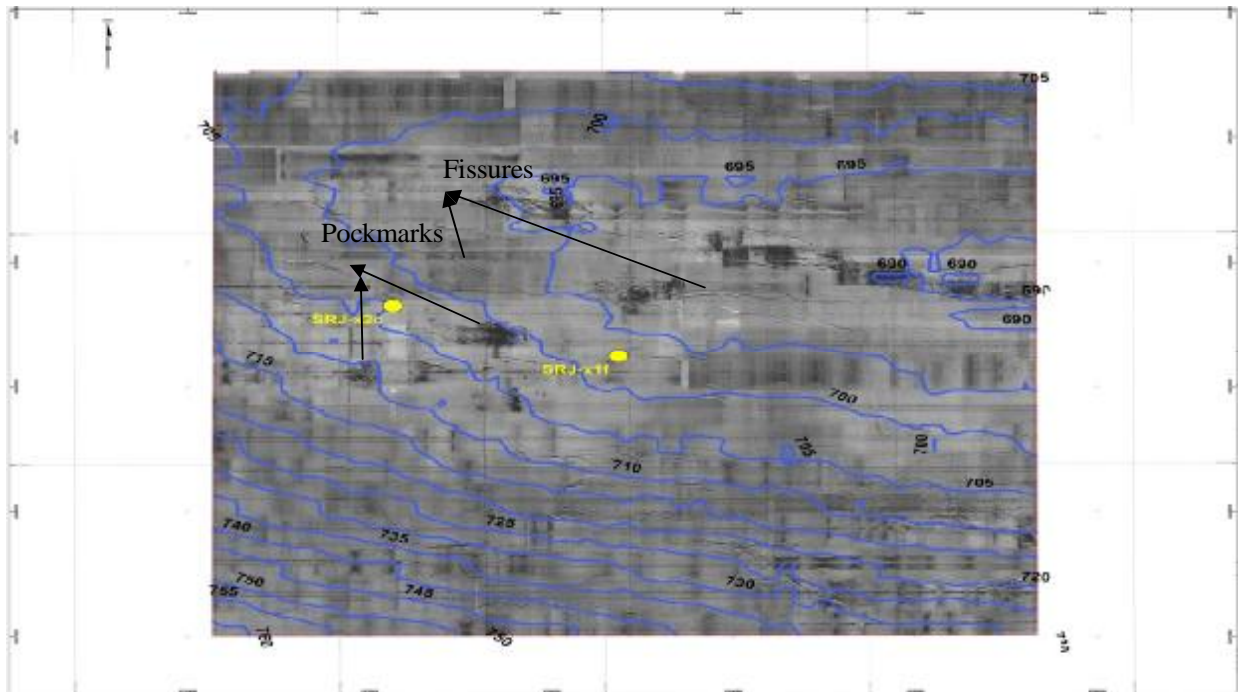
عملیات بسترشناسی شامل چهار قسمت مختلف است که عبارتند از:

Drop Coring: شامل نمونه گیری مستقیم از رسوبات کف بستر است. نتایج آزمایشات انجام شده برای عملیات لنگراندازی مورد استفاده قرار می گیرد.

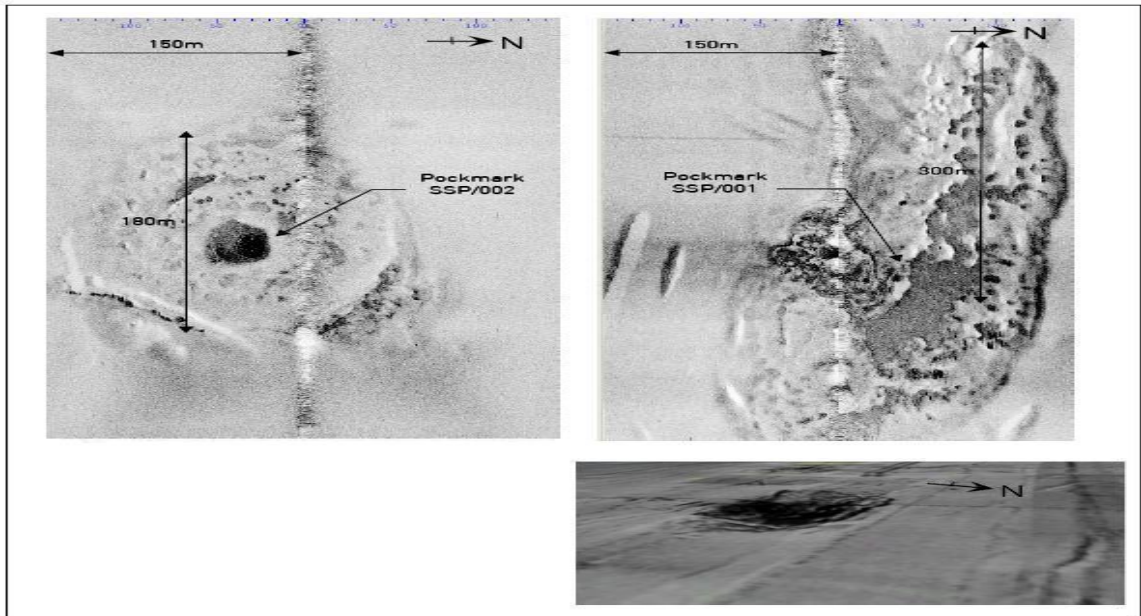
Bathymetry: این عملیات به منظور تعیین عمق آب و تهیه نقشه های عمق آب با تلفیق اطلاعات حاصل از Echosounder و Sound Velocity Profiler انجام می گیرد.

Side Scan Sonar: این عملیات جهت شناسایی پدیده های کف بستر مانند Pockmark ها و درز و شکاف ها انجام می گیرد.

Sub-Bottom Profiling: این عملیات به منظور تهیه مقاطع لرزه ای با قدرت تفکیک بالا در اعماق کم زیر کف بستر با استفاده از دستگاه های تولید کننده امواج با فرکانس بسیار بالا صورت می گیرد.

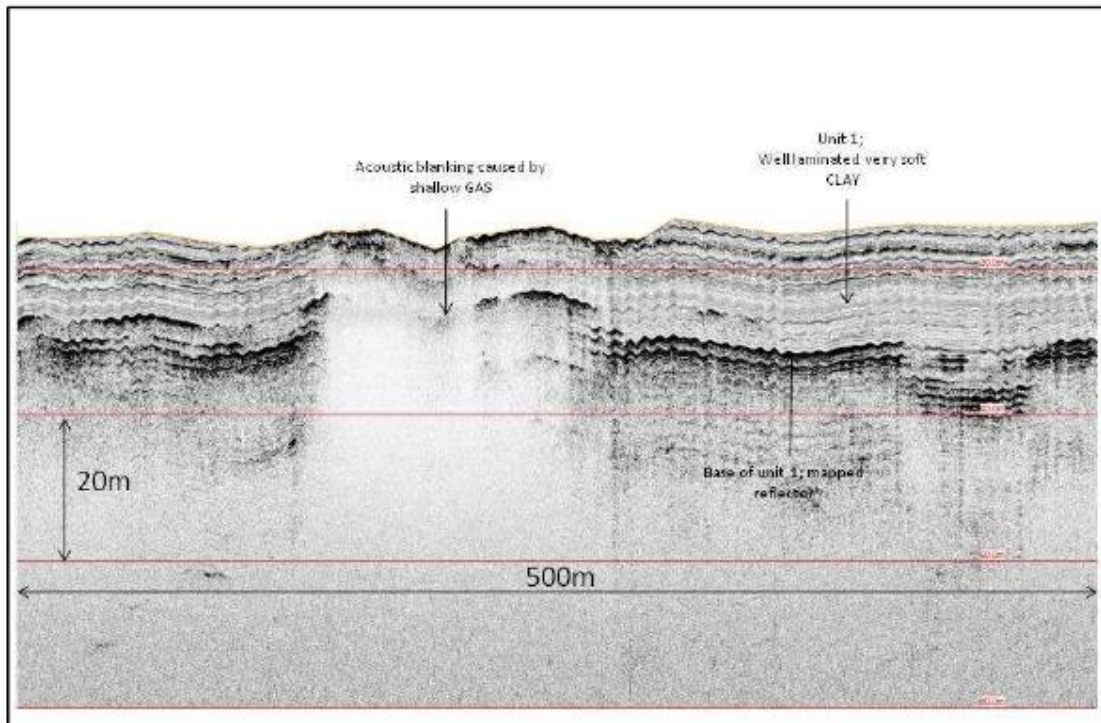


شکل 6- نقشه حاصله تلفیقی از داده های Bathymetry و Side Scan Sonar



شکل 7 - تصاویر تهیه شده از Pockmark ها

شکل 8 یک نمونه از مقطع لرزه‌ای با قدرت تفکیک بالا را نشان می‌دهد. منطقه Acoustic Blanking که نشان‌دهنده حضور بسته‌های گازی است به وضوح در شکل مشاهده می‌شود



1-5- بررسی نقشه های Auto Gas Risk

مطالعات Auto Gas Risk شامل دو مرحله اصلی پردازش ویژه با تمرکز بر مناطق کم عمق (حدود دو برابر عمق آب) و شناسایی مناطق پرخطر می باشد. به منظور ارزیابی خطر گاز مرتبط با چاه پیشنهادی، مطالعات Auto Gas Risk توسط شرکت CGG انجام شده است. نتایج این روش بر این قاعده استوار است که مناطق حاوی گاز بازتاب های قوی تری بر روی مقاطع لرزه ای ایجاد می کنند. این روش صرف نظر از پردازش ویژه آن جهت آماده سازی داده ها، شامل 4 مرحله اصلی است که عبارتند از:

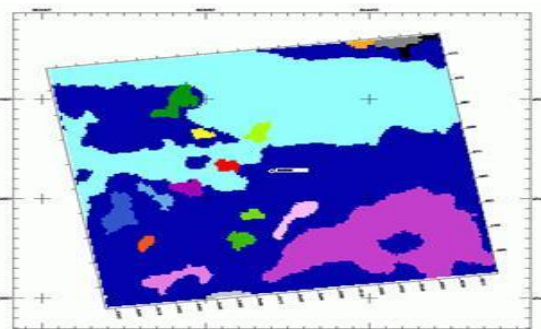
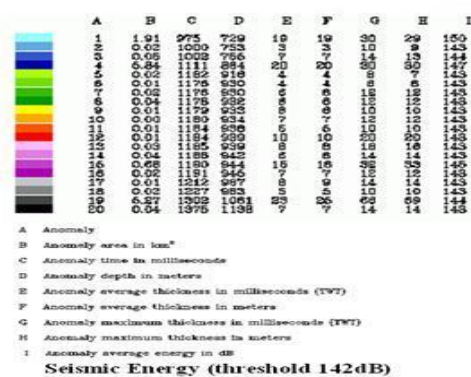
1- تبدیل داده های لرزه ای سه بعدی به مکعب سه بعدی قدرت بازتاب (Reflection Strength)

2- تعیین حد آستانه با استفاده از آنالیز داده های سه بعدی در کل محدوده مورد مطالعه

3- شناسایی مناطق پر خطر و کم خطر با استفاده از مکعب سه بعدی دست آمده و حد آستانه

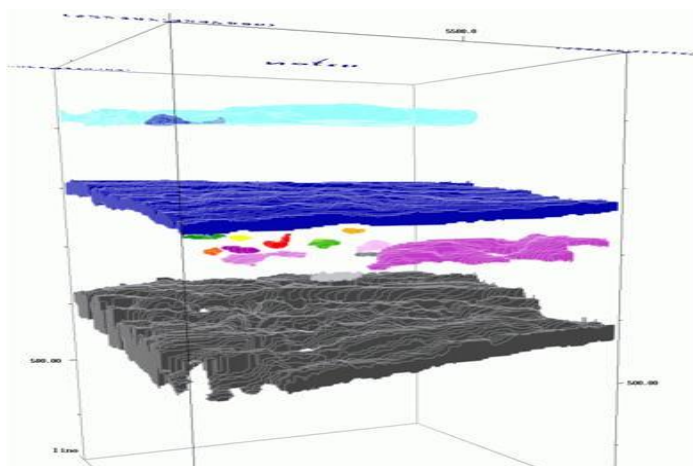
4- تهیه نقشه از آنومالی های سه بعدی دست آمده و ارائه تفسیر برای مناطق مختلف

شکل های 9 و 10 آنومالی های مشخص شده را به صورت دو بعدی و سه بعدی برای ساختار حفاری شده نشان می دهد. آنومالی های 4 و 19 بزرگترین آنومالی ها هستند و به نظر می رسد که مربوط به پدیده های زمین شناسی باشند. پس از این دو آنومالی های 1 و 15 قرار دارند که آنومالی 1 به دلیل نزدیک بودن به کف دریا می تواند خطرناک تر باشد.



شکل 9- نقشه دوبعدی تهیه شده برای آنومالی های مشخص شده

شکل 10- نمای سه بعدی از آنومالی های مشخص شده



6-1- استفاده از گریدهای فشار

مطالعات فشار در حوضه خزر جنوبی به منظور پیش بینی فشار سیالات منفذی در سرتاسر حوضه خزر جنوبی انجام شده است. هدف عمده از این مطالعات افزایش ایمنی حفاری، کاهش هزینه های حفاری و طراحی بهینه چاه بوده است. پس از تعیین محل چاه پیشنهادی مقادیر پیش بینی شده مستخرج از گریدهای فشار در اختیار ادارات مربوطه قرار می گیرد.

2- روش مورد استفاده:

روش مورد استفاده در این مطالعه بر اساس روابط بین سرعت و فشار ماتریکس سنگ استوار است. در واقع از آنجا که سرعت تابعی از تخلخل است و تخلخل و میزان تراکم سنگ کاملاً به هم مرتبط هستند می توان مناطقی را که به دلیل تراکم کمتر از میزان نرمال در پاسخ به فشار لیتواستاتیک، سبب ایجاد مناطق با فشار بالاتر از حد نرمال شوند شناسایی و مدل نمود.

3- مراحل مطالعه فشار در حوضه خزر جنوبی:

مراحل مطالعات پیش بینی فشار سیالات درون منفذی در حوضه خزر جنوبی به شرح زیر می باشد:

- 1- مقایسه لاگ سونیک و سرعت های بازه های به دست آمده از مقاطع لرزه ای در محل چاهها (5 چاه).
- 2- به دست آوردن رابطه بین سرعت های حاصل از لاگ سونیک و فشار ماتریکس سنگ در محل چاهها (5 چاه).
- 3- به دست آوردن رابطه بین سرعت های بازه ای حاصل از داده های لرزه ای و فشار ماتریکس سنگ در محل چاهها (13 چاه).
- 4- مقایسه مدل های به دست آمده از مراحل 2 و 3 و انتخاب مدل حاصل از مرحله 3 به عنوان مدل نهایی به دلیل همبستگی بیشتر مقادیر فشار پیش بینی شده حاصل از این مدل با مقادیر فشار واقعی چاهها.
- 5- استفاده از سرعت های بازه ای حاصل از داده های لرزه ای در محل ساختارهای شناسایی شده در کل حوضه خزر جنوبی جهت پیش بینی فشار سیالات درون منفذی.
- 6- تهیه نقشه های فشار برای حوضه خزر جنوبی در محدوده بین افق های تفسیر شده.

نتیجه گیری:

در تعیین مکان هر چاه اکتشافی در بخش جنوبی و عمیق دریای خزر، مطالعه و بررسی روش های کاربردی متفاوتی که بخش مهمی از آن روش های ژئوفیزیکی است، باید در دستور کار قرار گیرد. در شرکت نفت خزر، نتایج موفقیت آمیز حاصل از حفاری که به کشف هیدرو کربن در اولین و دومین چاه حوضه منجر شد، نقش مؤثر روش های ژئوفیزیکی را در اتخاذ تدابیر پیشگیرانه جهت به حد اقل رساندن مخاطرات حفاری و همچنین دستیابی به لایه های مخزنی، به روشنی بیان و تایید نمود.