

تعیین گستردگی سطوح و مرزهای سکانسی سازند کژدمی در یکی از میادین شمال باختری خلیج فارس بر مبنای چینه‌نگاری سکانسی لرزه‌ای

میلاذ گودرزی^۱، محمدفرید قاسمی*^۲، عباس صادقی^۳، احمد یحیایی^۴

۱- کارشناسی ارشد، گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- استاد، گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- کارشناس ارشد، واحد اکتشاف، شرکت نفت فلات قاره، تهران، ایران

[*mfghasemi110@gmail.com](mailto:mfghasemi110@gmail.com)

دریافت آبان ۱۴۰۳، پذیرش آذر ۱۴۰۳

چکیده

مطالعه تلفیقی اطلاعات زیرسطحی، شامل داده‌های لرزه‌ای و چاه‌پیمایی، ابزاری قدرتمند برای تفسیر دقیق‌تر چینه‌نگاری سکانسی و درک بهتر میادین نفتی ارائه می‌دهد. این رویکرد با روشن کردن ارتباط بین سکانس‌های رسوبی، رخساره‌ها و خواص مخزنی، به پیش‌بینی دقیق‌تر پراکندگی رخساره‌ها و شناسایی مخازن هیدروکربوری کمک می‌کند. به همین منظور نهشته‌های سازند کژدمی در یکی از میادین شمال غرب خلیج فارس در ۳ چاه مورد مطالعه قرار گرفتند. در این پژوهش، به منظور ارزیابی دقیق‌تر سازند کژدمی، پس از تطابق داده‌های لرزه‌ای با داده‌های چاه توسط چک‌شات‌ها، روش تفسیر داده‌های لرزه‌ای بر اساس قوانین چینه‌نگاری سکانسی و نحوه خاتمه‌یافتن بازتابنده‌های لرزه‌ای بر روی مقاطع لرزه‌ای جهت تعیین گستردگی سطوح و مرزهای سکانسی و اجزای سکانس کژدمی به کار برده شد. در نتیجه مطالعات لرزه‌ای، یک سکانس لرزه‌ای در سازند کژدمی در میدان مورد نظر معرفی گردید. اجزای این سکانس شامل سرسازند داریان به عنوان مرزی سکانسی پایینی، سرسازند مادود به عنوان مرز سکانسی بالایی، سرسازند بورگان B مربوط به سیستم تراکت ترانز پایین، سرسازند بورگان A مربوط به سیستم تراکت پیش‌رونده، آهک دیر منطبق بر بیشترین پیشروی سطح آب دریا و کژدمی فوقانی به همراه قسمتی از عضو مادود از سازند سروک مربوط به سیستم تراکت ترانز بالا می‌باشد. سکانس کژدمی بر روی مقاطع لرزه‌ای دوبعدی در محدوده میدان مورد مطالعه و نواحی اطراف آن تفسیر و نقشه‌برداری شد. در مرحله بعد، با درون‌یابی نقاط بین خطوط لرزه‌ای دوبعدی نقشه‌های هم‌ضخامت زمانی برای ۶ سطح در سکانس کژدمی تهیه گردید که نحوه پراکندگی و تغییرات ضخامت دسته رخساره‌ها در میدان مورد مطالعه و نواحی اطراف مشخص گردید. ضخامت دسته رخساره‌های ترانز پایین (بورگان B)، ترانز پیش‌رونده (بورگان A)، عضو آهکی دیر، دسته رخساره ترانز بالا (شامل عضو کژدمی بالایی و آهک مادود) به ترتیب ۷۵، ۷۸، ۱۰۵، ۱۸۰ متر محاسبه شد که در این میان ضخامت عضو کژدمی بالایی حدود ۶۰ متر و ضخامت عضو مادود ۱۲۰ متر تعیین گردید.

کلمات کلیدی: سازند کژدمی، داده‌های لرزه‌ای، چینه‌نگاری سکانسی لرزه‌ای، مقطع لرزه‌ای، سطوح سکانسی

۱- مقدمه

چینه نگاری سکansı، مطالعه ارتباط بین سنگ های رسوبی درون چارچوب زمان چینه نگاری یا طول دوران های زمین شناسی است. اساس و شالوده آن مشخص کردن سطوح چینه ای، ناپوستگی های منطقه ای و پیوستگی های منطبق شونده و ارتباط میان رخساره های سنگی و محیط رسوبی در این چارچوب زمان چینه نگاری است [۱]. چینه نگاری سکansı به عنوان شاخه ای از علم چینه نگاری، به بررسی روابط زایشی بین لایه ها (سکانس ها) در یک توالی رسوبی می پردازد. این رویکرد نوین، درک عمیق تر و دقیق تری از تاریخچه رسوب گذاری و رخداد های زمین شناسی در یک منطقه را فراهم می کند. اصول چینه نگاری سکansı ریشه در نظریه اسلاس دارد [۱۶]. او واحدهای چینه نگاری را به عنوان توالی های رسوبی محدود بین دو ناپوستگی تعریف کرد. این واحدها، سکانس های استراتیگرافی نامیده می شوند و ابزاری کارآمد برای شناسایی و تطابق توالی های رسوبی در مقیاس منطقه ای هستند.

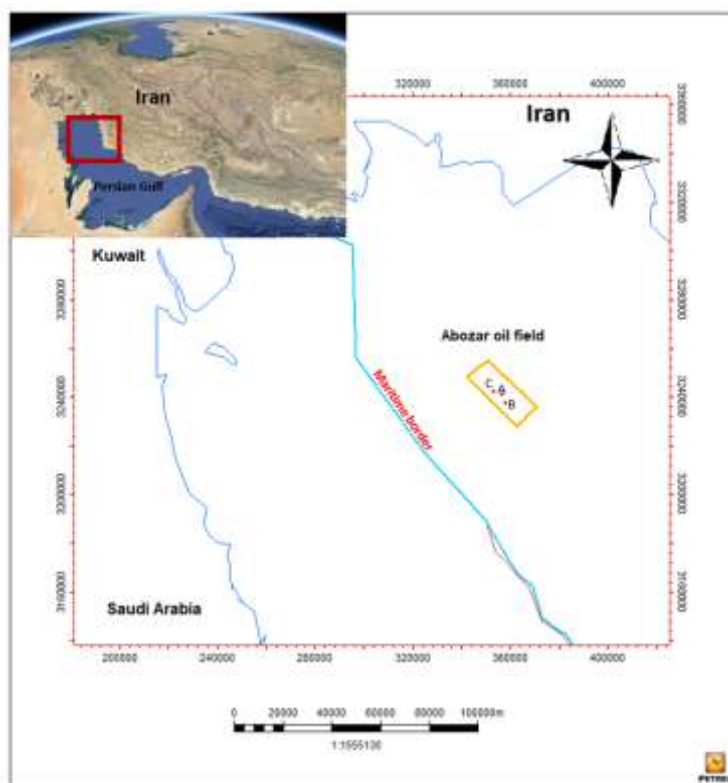
اصول این علم توسط افراد مختلفی نظیر ون واگنر، میچوم و همکاران [۱۸]، پامیتیر و ویل [۱۳] معرفی شده است اما مفاهیم کلی آن ها در کاتونینو [۵]، میال [۱۰]، امری و میرز [۷] مشابه یکدیگر است. مفهوم سکانس که امروزه در چینه نگاری به کار می رود، ریشه در داده های لرزه ای دارد [۱۱]. با گسترش کاربرد داده های لرزه ای، واژه سکانس به عنوان یک واحد زمان-چینه ای تعریف شد که شامل توالی های رسوبی تا حدی پیوسته و مرتبط از نظر زایشی است. این توالی ها در بالا و پایین توسط ناپوستگی یا پیوستگی معادل محصور شده اند [۶]. در آن زمان، ژئوفیزیک دانان سکانس های لرزه ای را با تغییرات سطح آب دریا مرتبط می دانستند. آن ها دریافتند که با کنترل ابزار چینه نگاری سکansı با چینه نگاری زیستی، می توان تطابق هایی در مقیاس جهانی انجام داد. نکته حائز اهمیت دیگر این بود که مشخص شد خطوط لرزه ای در واقع خطوط زمانی هستند [۱۱].

در سال های اخیر مطالعات فراوانی بر روی سازند کژدمی در زمینه محیط رسوبی، چینه نگاری سکansı و رخساره های رسوبی انجام شده است. برای مثال، سعدی و موسوی حرمی [۲] با بررسی مقاطع نازک خرده های حفاری و نمودارهای چاه پیمایی دو چاه در میدان نفتی آزادگان، به شناسایی سه رخساره مختلف در سازند کژدمی دست یافتند. رخساره کربناته شامل چهار ریز رخساره کربناته (مادستون، وکستون- پکستون بیوکستی، وکستون پکستون حاوی الیگوسترینا و مادستون حاوی فرامنیفرهای پلاژیک) و دو رخساره آواری (ماسه سنگ و شیل) می باشند. بررسی تغییرات پرتوی گاما نشان می دهد که این رخساره ها در سه زیر محیط پهنه جزرومدی، لاگون و دریای باز نهشته شده اند. همچنین، آنالیز چینه نگاری سکansı نشان داد که سازند کژدمی در این منطقه از یک سکانس رسوبی تشکیل شده که شامل دسته رخساره های HST، TST و LST است. مرز زیرین این توالی ناپوستگی فرسایشی و مرز بالایی آن از نوع تدریجی است. مقایسه منحنی تغییرات سطح آب دریا در این منطقه با منحنی های جهانی نشان دهنده انطباق قابل قبولی بین آن ها است. همچنین رضایی فرامانی و محمدی [۱۴] با تلفیق داده های لرزه ای سه بعدی و نمودارهای چاه پیمایی ۶ حلقه چاه در میدان هندیجان واقع در شمال غرب خلیج فارس در حد فاصل سرسازند آسماری و سرسازند کژدمی ۴ سکانس رسوبی همراه با ۱۰ سیستم تراکت مربوط به این سکانس ها را تفسیر نمودند. در این پژوهش تفسیر داده های لرزه ای براساس نمودار ویلر و الگوهای مشاهده شده در خاتمه یافتن بازتابنده لرزه ای انجام شد. هدف این پژوهش، تفسیر لرزه ای سازند کژدمی براساس قواعد چینه شناسی سکansı با استفاده از تمامی داده های موجود مانند پائولوگ ها و سنگ شناسی، مطالعه محیط رسوبی، داده های لرزه نگاری دوبعدی، داده های پتروفیزیکی و تکتونیک منطقه در گستره نواحی جنوب باختری خلیج فارس می باشد. تحلیل های رخساره ای و سطوح مرتبط با تغییر مکانیسم رسوب گذاری، اهمیت زیادی را در تطابق ناحیه ای و درک روابط رخساره ای در محدوده یک سیستم رسوبی دارا می باشد. علاوه بر روابط

رخساره‌ای و چینه‌ای، خروجی این پژوهش قابلیت پیش‌بینی رخساره‌های مخزنی در اکتشافات هیدروکربنی را دارد؛ همچنین در مقیاس میدان در مطالعات مدیریت مخزن شامل محاسبات حجم سیالات مخزن، تعیین بهینه محل حفاری چاه‌های جدید، رفع مشکلات حفاری و تولیدی چاه‌ها و حتی در انتخاب سناریوی مناسب جهت ازدیاد برداشت در نیمه دوم عمر مخزن نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. مهم‌ترین دست‌آورد مطالعه را می‌توان دستیابی به ترسیم سه‌بعدی خواص مخزنی بخش ماسه‌های بورگان که به‌عنوان لایه تولیدی در میدان شمال‌باختری خلیج فارس اشاره کرد.

۲- موقعیت زمین‌شناسی میدان مورد مطالعه

میدان ابوزر که در گذشته با نام اردشیر شناخته می‌شد، در شمال خلیج فارس نزدیک به خط میانی آب‌های خلیج فارس قرار دارد. ساختار این میدان به صورت یک طاق‌دیس کشیده شده از شمال‌باختری به جنوب‌خاوری است که دارای ابعادی با طول ۲۴ کیلومتر و عرض ۸ کیلومتر با شیبی ملایم ۱-۱.۵ درجه می‌باشد. به نظر می‌رسد میدان ابوزر پیکربندی ساختاری خود را مدیون برهم نهی چین‌هایی با روند شمال‌باختری- جنوب‌خاوری جنبش‌های کوهزایی زاگرس مربوط به اواخر دوران سنوزوئیک است. منطقه مورد مطالعه در شمال‌غربی خلیج فارس، در آب‌های سرزمین جمهوری اسلامی ایران، تقریباً ۷۴ کیلومتری غرب جزیره خارک و بین میدان‌های نوروز و سروش قرار دارد. مرز جنوبی این میدان مرز بین المللی با عربستان سعودی است. شکل (۱) موقعیت میدان ابوزر در خلیج فارس را نشان می‌دهد [۱۲].



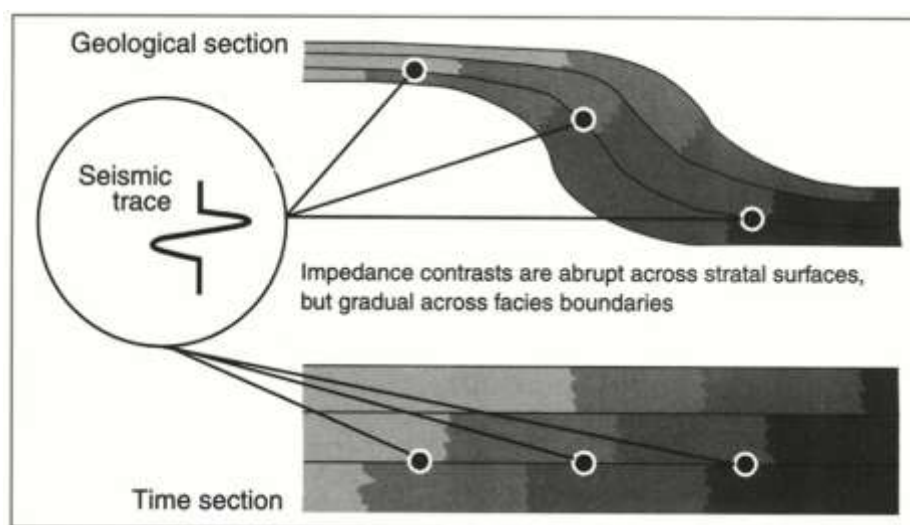
شکل ۱- موقعیت چاه‌ها و میدان ابوزر در خلیج فارس [۱۲]

رسوبات کژدمی در یک دوره بالا آمدگی سطح آب دریا و در محیط‌های کم‌انرژی و غیر اکسیدان بجای گاشته شده‌اند [۱]. این رسوبات به‌عنوان سنگ منشا هیدروکربوری، به‌ویژه در قسمت‌های خاوری خلیج فارس و جنوب‌باختری ایران، نقش مهمی دارند (غضبان، ۲۰۰۷). در زمان آلبین، فرورفتگی‌های ملایم و بزرگی در حوضه دزفول و بخش‌های شمالی خلیج فارس شکل

گرفته‌اند. سازند کژدمی در منطقه خلیج فارس به پنج واحد یا عضو رسوب‌گذاری تقسیم می‌شوند. این اعضا از پایین به بالا شامل: ۱- بخش ماسه سنگی C، ۲- بخش ماسه سنگی B، ۳- بخش ماسه سنگی A، ۴- سنگ آهک دیر و ۵- کژدمی بالایی است [۳] [۸]. سازند کژدمی در میدان ابوذر با ضخامت متوسط حدود ۴۰۰ متر از لایه‌های سنگ آهکی نازک اربیتولین‌دار با میان لایه‌های ماسه‌ای معادل بورگان تشکیل شده که مرز بالایی با آهک‌های مادود تدریجی و مرز پایینی با داریان به صورت ناپیوسته است [۱۲]. این سازند به‌طور بین‌انگشتی به سازند ماسه‌ای بورگان در کویت تبدیل می‌شود [۱]. همچنین معادل سازند نهرعمر در عراق، قطر و بحرین و هم‌تراز با بخش‌های صافینا و خفجی از سازند واسیا در عربستان سعودی، دبی و امارات متحده عربی است.

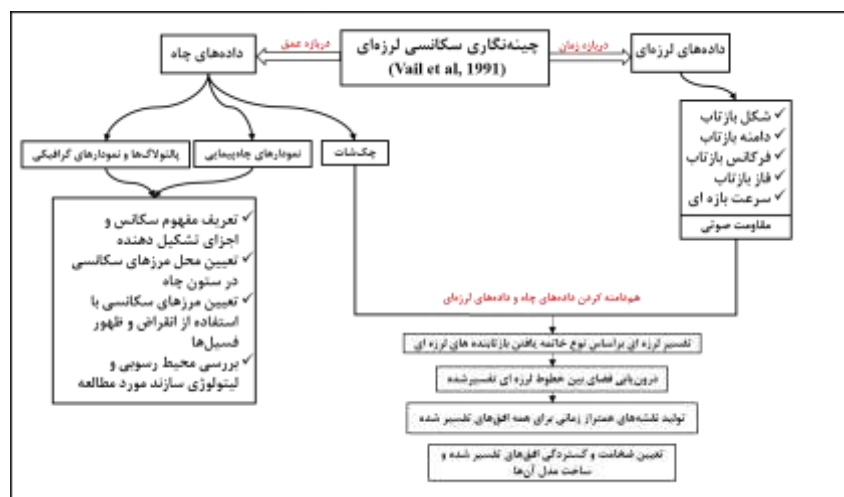
۳- تئوری و روش پژوهش

چینه‌نگاری سکانشی، مطالعه ارتباط بین سنگ‌های رسوبی درون چارچوب زمان چینه‌نگاری یا طول دوران‌های زمین‌شناسی است. اساس و شالوده آن مشخص کردن سطوح چینه‌ای، ناپیوستگی‌های منطقه‌ای و پیوستگی‌های منطبق‌شونده و ارتباط میان رخساره‌های سنگی و محیط رسوبی در این چارچوب زمان چینه‌نگاری است. چینه‌نگاری سکانشی به طور اساسی با سنگ-چینه‌نگاری تفاوت دارد [۱]. در چینه‌شناسی لرزه‌ای، تعریف سکانش عبارت است از توالی رسوباتی که به صورت ژنتیکی با هم مرتبط بوده و و بین ناپیوستگی‌ها و یا پیوستگی‌های هم‌ارز آن محصور هستند. در این روش قابلیت تفکیک‌پذیری بین ناپیوستگی‌ها و یا پیوستگی‌های هم‌ارز در حدی است که تنها ناپیوستگی‌های قابل تشخیص در مقاطع لرزه‌ای را می‌توان در ترسیم سکانش‌ها استفاده نمود. البته واحدهای محصور بین ناپیوستگی‌ها را می‌توان در مقیاس‌های کوچک‌تر با دقت بیشتر نیز تعریف کرد که بستگی به قدرت تفکیک‌پذیری داده‌های ورودی دارد [۶]. اصل کلی در چینه‌شناسی لرزه‌ای این است که امواج لرزه‌ای در سطوح چینه‌ای و ناپیوستگی‌ها که از نظر امپدانس صوتی (AI) متمایز باشند، بازتاب می‌شوند؛ لیکن تغییرات جانبی رخساره‌ها به این دلیل که تدریجی هستند، بازتاب لرزه‌ای را ایجاد نمی‌کنند. در نتیجه بازتابنده‌ها در مقاطع لرزه‌ای بعنوان خطوط زمانی در توالی رسوبات در نظر گرفته می‌شوند و امکان تفکیک رسوبات قدیمی از رسوبات جوان‌تر را فراهم می‌سازد [۴]. باتوجه به شکل (۲) در واقع بازتاب‌های لرزه‌ای تفاوت در سنگ‌شناسی را ثبت نمی‌کنند. به این معنی که تباین امپدانس صوتی در مرزهای زمان چینه‌شناسی رخ می‌دهد و بازتابنده‌های لرزه‌ای مرزهای زمان-چینه‌ای را نشان می‌دهند [۱۱].



شکل ۲- انطباق بازتابنده‌های لرزه‌ای در مرزهای زمانی در یک توالی چینه‌ای [۱۱].

باتوجه به شکل (۳) که روش انجام کار و مراحل آن را نشان می‌دهد، ابتدا با استفاده از داده‌های ۳ چاه موجود نظیر نمودارهای چاه‌پیمایی و پالئولاگ که شامل اطلاعات فسیل‌شناسی، لیتولوژی، عمق سرسازندها و زمان رسوب‌گذاری رسوبات می‌باشد، مفهوم سکانس را در چاه‌های مورد مطالعه تعریف کرده و مرزهای سکانسی را درون ستون چاه‌ها مشخص می‌کنیم. سپس با استفاده از چک‌شات‌ها داده‌های چاه را با داده‌های لرزه‌ای هم‌بازه می‌کنیم تا محل سرسازندهای مورد مطالعه بر روی داده‌های لرزه‌ای پلات شود. و نهایتاً براساس قوانین چینه‌شناسی و نحوه خاتمه‌یافتن بازتابندهای لرزه‌ای، افق‌های مورد مطالعه را بر روی تمامی خطوط لرزه‌ای تفسیر می‌کنیم. خروجی چینه‌شناسی لرزه‌ای سازند کژدمی، تولید نقشه‌های هم‌تراز زمانی جهت شناسایی گسترده‌گی افق‌های زیرزمینی، مدل‌سازی ساختمانی، پتروفیزیکی و ارزیابی حجم هیدروکربن درجا می‌باشد.



شکل ۳- مراحل تفکیک واحدهای چینه‌ای براساس داده‌های لرزه‌ای

۴- بحث و نتایج

در مجموع اطلاعات ۳ حلقه چاه از بخش مرکزی میدان ابوذر و داده‌های لرزه‌ای دوبعدی برای تحلیل چینه‌شناسی سکانسی در ستون چاه مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ دسته رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی بر مبنای حضور یا انقراض بعضی از میکروفسیل‌های شاخص که در ادامه توضیح داده خواهد شد، تعریف شده‌اند. جدول (۱) کلیه اطلاعات موجود در چاه‌های مورد مطالعه در میدان ابوذر را نشان می‌دهد.

جدول ۱- اطلاعات ورودی چاه‌های موجود

نام چاه	پالئولاگ و نمودار گرافیکی	تخلخل موثر	اشباع آب موثر	لاگ سونیک	لاگ گاما
A	*	*	*	*	*
B	*	*	*	*	*
C	*	*	*	*	*

در این مطالعه از داده لرزه‌ای دو بعدی پس از برانبارش ۲۰۰۰-PC خلیج فارس با فرمت 32-bit floating point و بازه نمونه‌برداری ۴ میلی‌ثانیه استفاده شده است. میدان ابوذر و نواحی اطراف آن در بلوک D خلیج فارس به‌عنوان هدف در نظر گرفته شده است. تفکیک‌پذیری عمودی و افقی این داده‌ها به ترتیب ۲۵ m و ۲ Km می‌باشد. شکل (۴) محدوده هدف برای

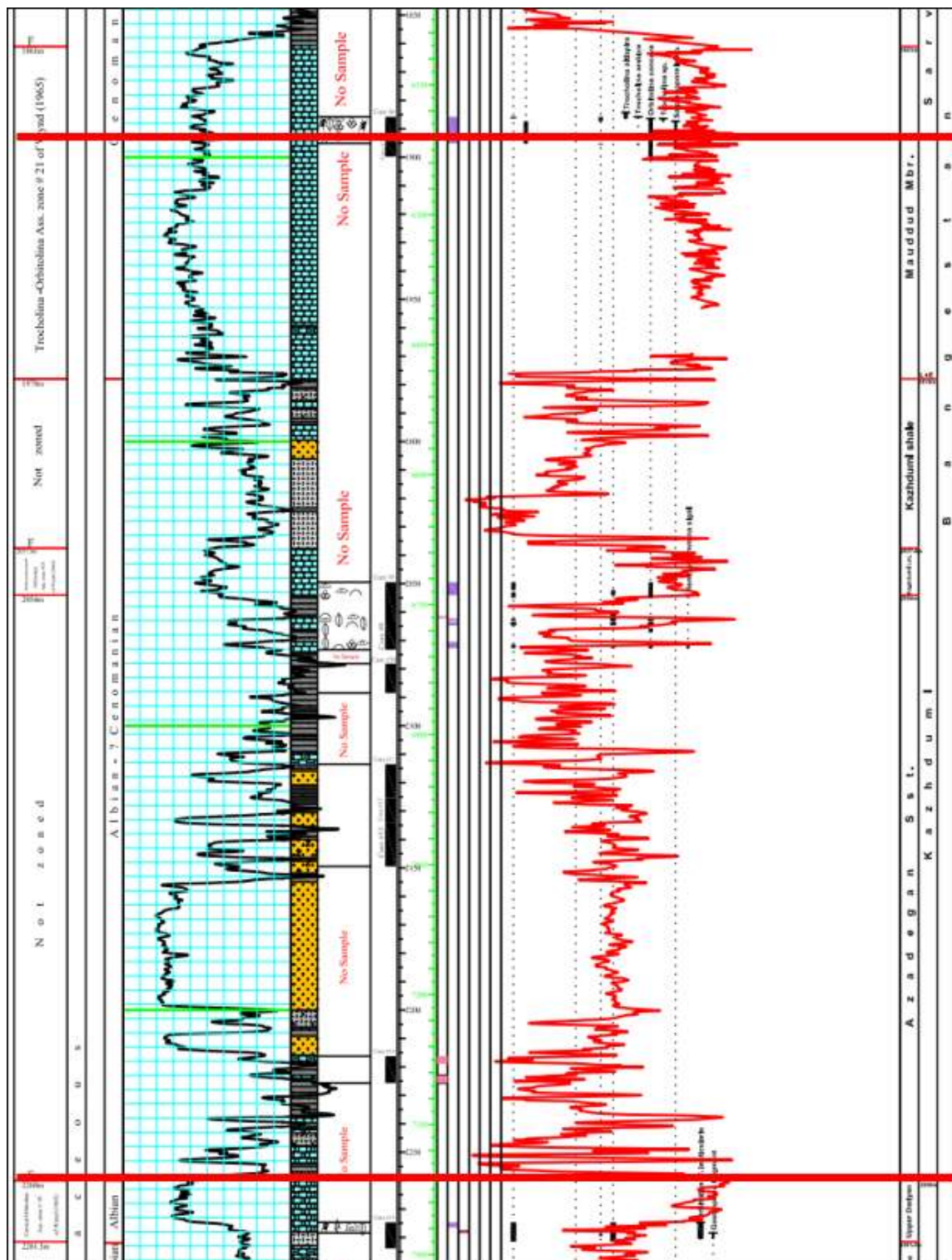
انجام تفسیر چینه‌شناسی لرزه‌ای را نشان می‌دهد. خط بسته مشکی محدود به میدان ابوذر، خطوط آبی خطوط لرزه‌ای دویعدی و دوائر مشکی چاه‌های موجود در محدوده را نمایش می‌دهد.



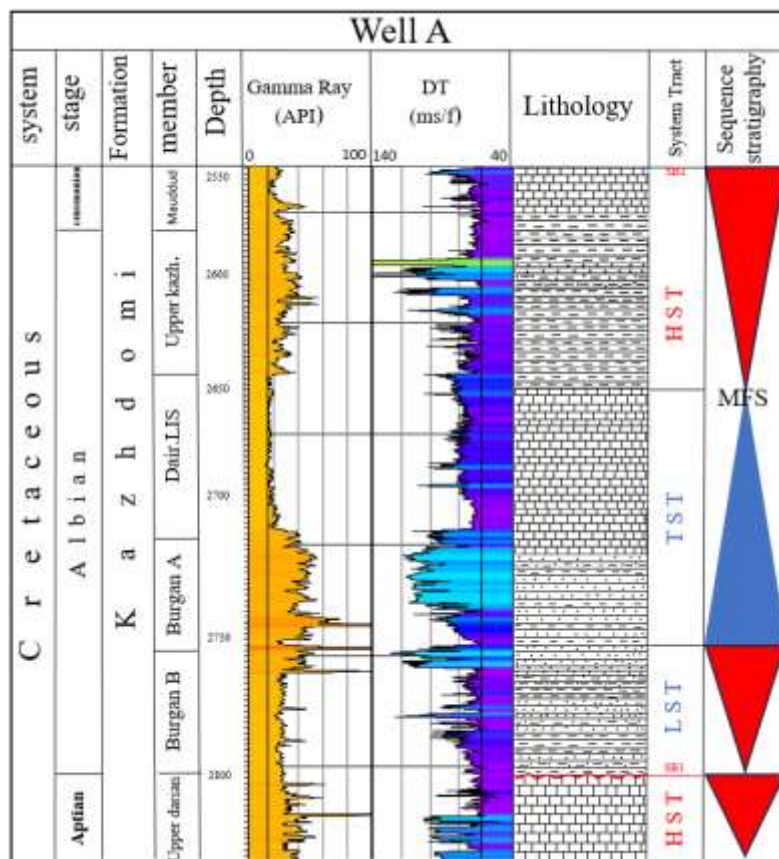
شکل ۴- محدوده هدف برای انجام پژوهش

چالشی که در این پژوهش وجود دارد این است که، داده‌های لرزه‌ای محدود به میدان ابوذر می‌باشد. بنابراین نقشه‌برداری از موقعیت خاتمه‌یافتن همه سطوح سکانشی تفسیر شده و پاراسکانش‌های تفسیر شده امکان پذیر نیست. چرا که موقعیت این ختم‌شدگی‌ها در خارج از محدوده هدف و بر روی خطوط لرزه‌ای دیگر قابل تفسیر و نقشه برداری است. شکل (۵) یک نمودار گرافیکی از پالئولاگ مقطع چاه A در میدان ابوذر را نشان می‌دهد. این شکل بر اساس خصوصیات سنگ‌شناسی (تغییر سنگ‌شناسی)، ظهور و انقراض فسیل‌ها، خصوصیات چینه‌شناسی و رفتار لاگ گاما (GR) و لاگ سونیک (DT) به تعریف سکانش موجود در سازند کژدمی، سیستم تراکت‌ها و حداکثر سطح پیشروی آب دریا می‌پردازد. مرز سکانشی پایینی که مرز سکانشی نوع اول یا معادل آن می‌باشد منطبق بر مرز چینه‌ای سازند داریان و کژدمی و از نوع فرسایشی است. براساس داده‌های پالئولاگ چاه A شواهدی مبنی بر انقراض دسته جمعی برخی میکروفسیل‌ها که شامل *Trocholina arabica* و *Trocholina altispira* و *Salpingoporella sp.* که براساس زون‌بندی ویند در زون ۲۱ قرار گرفته است، در نزدیکی راس سازند مادود (تقریباً ۲۰ متر زیر راس مادود) مشاهده می‌شود که خود شواهدی بر تشکیل مرز سکانشی و تغییر محیط رسوبی می‌باشد. در نتیجه مرز بالایی سکانش کژدمی منطبق بر مرز چینه نبوده بلکه رسوبات کربناته قاعده سروک (عضو مادود) به لحاظ محیط رسوبی درون سکانش رسوبی سازند کژدمی واقع شده‌اند و تغییر محیط رسوبی در این مرز تدریجی است و ضخامت زیادی از سازند مادود در این سکانش قرار گرفته است. همچنین در قسمت میانی این سکانش که دارای لیتولوژی غالب آهکی است و تحت عنوان عضو دیر معرفی می‌گردد، دو فسیل *Hemicyclammina sigali* و *orbitolina cancava* دارای فراوانی زیادی هستند و معرف بیشترین پیشروی سطح آب دریا می‌باشد. این نوع فسیل‌ها در زون‌بندی ویند در زون ۱۹ قرار گرفته است که معرف یک محیط دریایی کم‌عمق می‌باشد [۹]. نهایتاً براساس این اطلاعات (تغییرات فسیلی و سنگ‌شناسی) سازند کژدمی بر روی نمودار گرافیکی چاه دارای یک سکانش رسوبی که شامل سه سیستم ترک تراز پایین، تراز

پیشرونده و تراز بالا تقسیم می‌شود که سیستم تراکت تراز پایین شامل عضو بورگان B، سیستم تراکت تراز پیشرونده عضو بورگان A و سیستم تراکت تراز بالا شامل کژدمی بالایی و قسمت زیادی از عضو مادود از سازند سروک می‌باشد (شکل ۶).

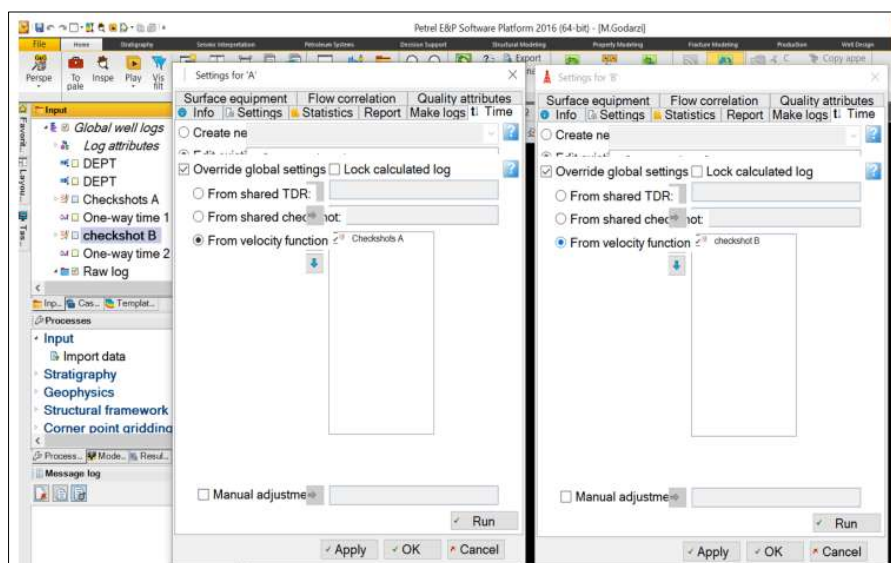


شکل ۵- نمایش مرزهای سکansı بر روی نمودار پالنولاگ از مقطع چاه A

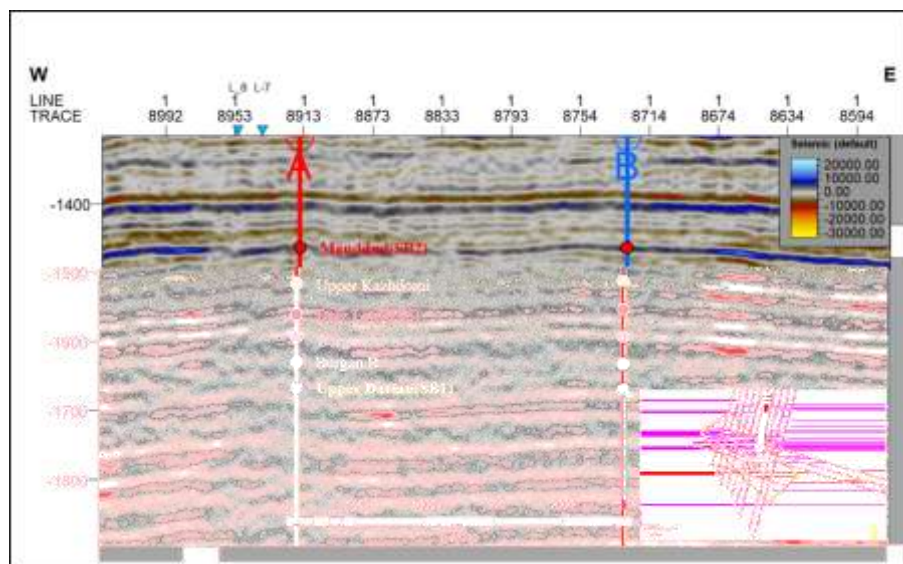


شکل ۶. نمایش موقعیت سکانس کزدمی و دسته رخساره‌ها بر روی ستون چینه‌شناسی چاه A و تغییرات نمودارهای چاه‌نگاری GR و DT

جهت تفسیر چینه‌شناسی لرزه‌ای می‌بایست داده‌های چاه (سرسازندها) که در بازه عمق هستند با داده‌های لرزه‌ای هم‌دامنه شوند. به عبارت دیگر باید داده‌های چاه از بازه عمق به بازه زمان منتقل شوند. برای این کار از برداشت داده‌های لرزه‌ای در چاه، که به عنوان مقاطع لرزه‌ای قائم، نیز شناخته می‌شوند، استفاده می‌شود [۱۷]. در این مطالعه، از داده‌های چکشات برای تصحیح داده‌های لرزه‌ای دو بعدی و تبدیل عمق به زمان در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. اطلاعات چاه‌ها و سرسازندها نیز به مقیاس زمان تبدیل شدند. در مرحله تصحیح چکشات اختلاف زمان موجود بین داده‌های لرزه‌ای سطحی و زمان ثبت شده برای هر یک از نقاط چکشات محاسبه می‌شود. این تفاوت زمانی تحت عنوان انحراف شناخته می‌شود. بدیهی است که اگر زمان ثبت شده برای داده‌های لرزه‌ای سطحی و داده‌های چکشات یکسان باشد هیچ انحرافی رخ نمی‌دهد و نیاز به تصحیح در این بازه نمی‌باشد. اگر انحراف مثبت و منفی مشاهده شود تصحیحات طوری اعمال می‌شود که به‌طور دقیق داده‌های چاه را از عمق به زمان و یا داده‌های لرزه‌ای سطحی را از زمان به عمق تبدیل کنند [۱۵]. در این مرحله با استفاده از داده چکشات، اطلاعات چاه‌ها و سرسازندها به مقیاس زمان برده شدند (شکل ۷). بعد از اعمال چکشات‌ها سرسازندهای مورد نظر بر روی مقاطع لرزه‌ای در پنجره تفسیر لرزه‌ای پلات می‌شوند که در واقع نقاط شروع تفسیر سطوح مختلف بر روی همه مقاطع لرزه‌ای موجود می‌باشند (شکل ۸).



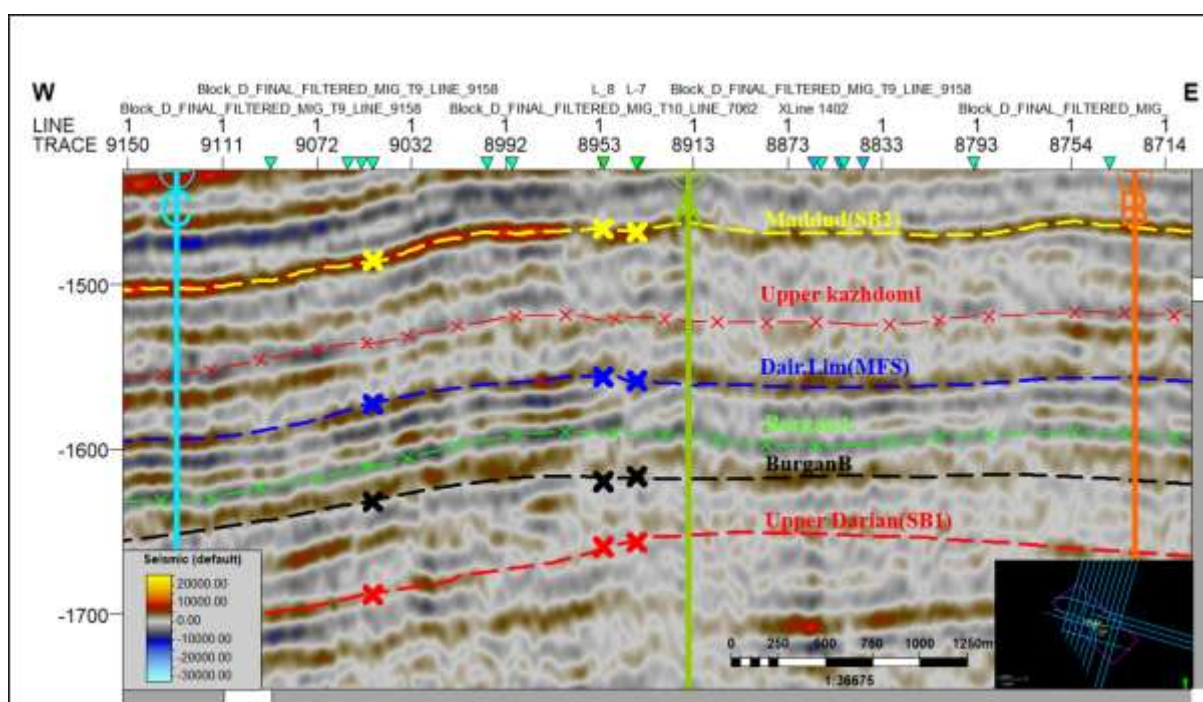
شکل ۷- استفاده از داده‌های چک‌شات دو چاه A و B برای تصحیح داده‌های لرزه‌ای و داده‌های چاه



شکل ۸- نمایش سرسازندهای مورد مطالعه به عنوان افق‌های اصلی بر روی مقطع لرزه‌ای دوبعدی در بازه زمانی

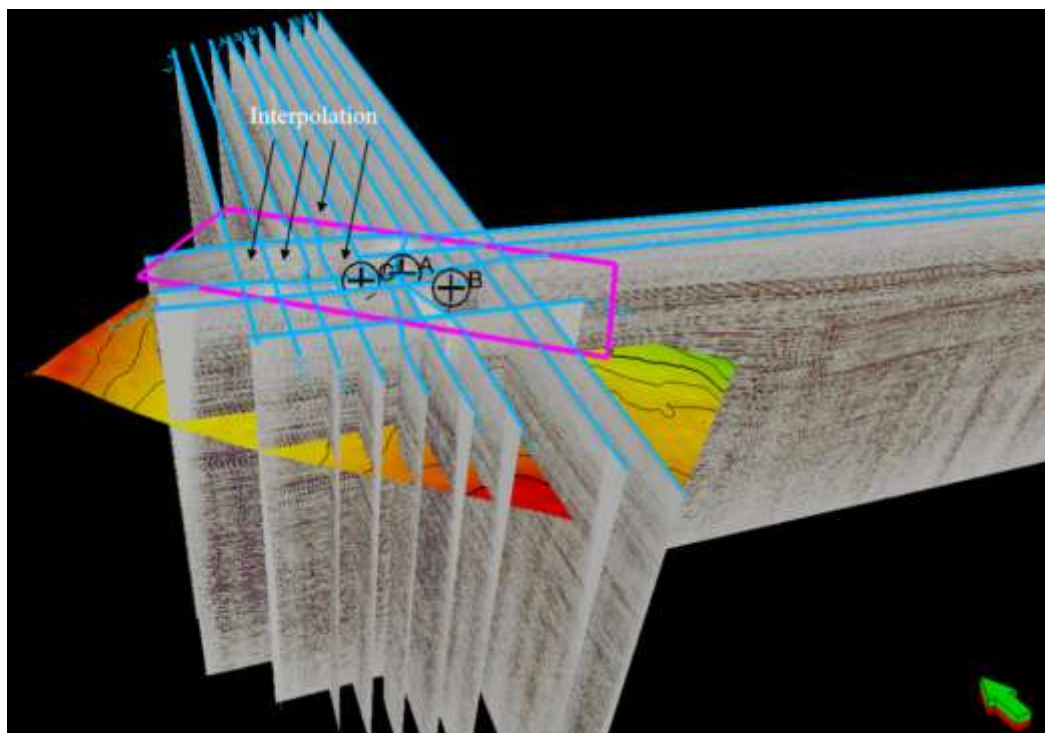
اولین مرحله در تفسیر چینه‌شناسی لرزه‌ای، مشخص کردن واحدهای مرتبط از لحاظ ژنتیکی یا به عبارت دیگر سکانس‌های رسوبی می‌باشد. این سکانس‌ها به صورت منطقه‌ای حائز اهمیت هستند و به دسته رخساره‌ها به صورت مجزا تفکیک می‌شوند. مرز سکانس‌ها بر مبنای حضور ناپیوستگی‌ها و پیوستگی‌های معادل آن تعریف می‌شود و هر دسته رخساره شامل گروهی از رسوبات با زمان رسوب‌گذاری یکسان هستند [۴]. همانطور که گفته شد، روش اصلی در مطالعات چینه‌شناسی لرزه‌ای نقشه برداری از موقعیت خاتمه بازتاب‌های لرزه‌ای است. در این مطالعه ۶ افق داریان بالایی، بورگان B، بورگان A، آهک دیر، کزدمی بالایی و مادود به عنوان سطوح اصلی در سکانس آلپین مورد تفسیر چینه نگاری لرزه‌ای قرار گرفتند که به ترتیب مرز سکانس پایینی، سیستم تراکت تراز پایین، سیستم تراکت ترازپیش‌رونده، حداکثر سطح پیشروی آب دریا، سیستم تراکت تراز بالا و مرز سکانس بالایی نامیده شدند.

تفسیر لرزه‌ای با کمک تغییرات دامنه امواج لرزه‌ای انجام می‌شود. در واقع پس از پلات شدن سرسازندها و مرزهای سکانشی روی مقطع لرزه‌ای توسط اعمال چکشات‌ها ابتدا اولین مرزی که تفسیر خواهد شد مرز سکانشی پایینی که معادل مرز ناپیوستگی نوع دوم است، می‌باشد. در واقع این مرز سکانشی منطبق بر مرز چینه‌ای سازند کژدمی و داریان بالایی است. در سطوح فرسایشی دگر شیب (ناپیوستگی زاویه دار) بازتابنده‌های لرزه‌ای به صورت زاویه‌دار بر روی بازنگاره‌های زیرین خود دیده می‌شوند. در حالی که در سطوح ناپیوستگی هم شیب تنها ضخامت بازتابنده‌های لرزه‌ای تغییر نموده و یا انقطاع زیاد بازتابنده‌های لرزه‌ای در فواصل کوتاه نشان دهنده وجود کانال‌های قدیمی و یا حفراتی در لایه‌های زیر سطح فرسایشی می‌باشد. شکل (۹) تفسیر هر یک از سطوح سکانشی را بر روی مقطع لرزه‌ای و موقعیت آن‌ها نسبت به چاه‌های موجود در محدوده را نمایش می‌دهد. در ادامه به ساخت نقشه هم‌تراز هر یک از افق تفسیر شده و گستردگی آن‌ها پرداخته می‌شود.

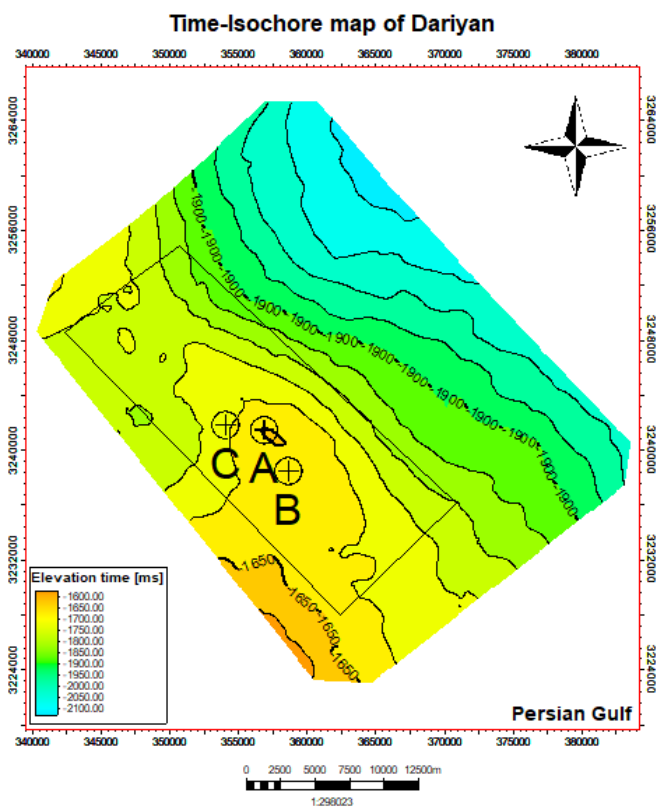


شکل ۹- سطوح اصلی تفسیر شده بر روی مقطع لرزه‌ای در مرکز میدان ابوذر

همان‌طور که در شکل (۱۰) مشاهده می‌کنید پس از آن‌که با استفاده از ابزار تفسیر لرزه‌ای افق مورد مطالعه را بر روی تمامی مقاطع لرزه‌ای تفسیر نمودیم با استفاده از درون‌یابی نقاط ما بین خطوط لرزه‌ای دوبعدی که توسط امواج برداشت نشده، افق تفسیر شده را به سطح تبدیل می‌کنیم که نهایتاً نقشه‌ای تحت عنوان نقشه هم‌تراز زمانی بدست می‌آید. شکل (۱۱) نقشه هم‌ضخامت زمانی را برای راس سازند داریان (مرز سکانشی پایینی) در نتیجه تفسیر مقاطع لرزه‌ای موجود نمایش می‌دهد. با توجه به نقشه، و تمرکز کنتورها در مرکز میدان ابوذر، راس یک تاقدیس مشاهده می‌شود که به سمت شمال و شمال‌خاوری محدوده عمق زمانی افزایش می‌یابد. در نتیجه این مناطق ژرفای بیشتری نسبت به مرکز میدان نشان می‌دهند. به طور متوسط عمق زمانی برای راس سازند داریان ۱۷۵۰ میلی ثانیه معادل ۲۶۲۵ متر می‌باشد.

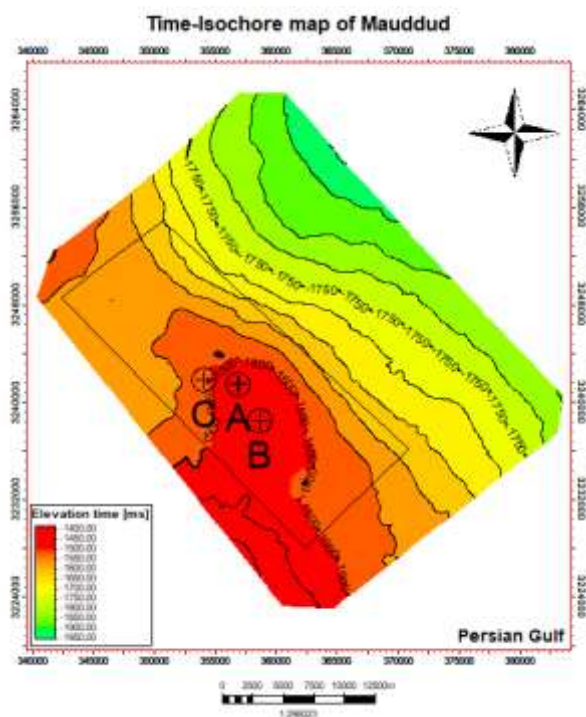


شکل ۱۰- نمایش تمامی مقاطع لرزه‌ای دوبعدی در پنجره سه‌بعدی و درونیابی نقاط بدون داده



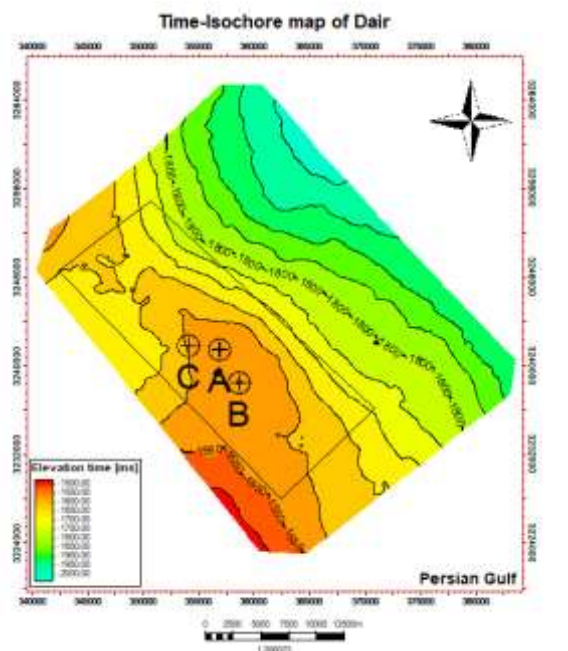
شکل ۱۱- نقشه هم‌ضخامت زمانی سازند داریان (مرکز سکانسی پایینی) حاصل از تفسیر داده‌های لرزه‌ای دوبعدی

جهت تعیین مرز سکانشی بالایی، روش مورد استفاده مشابه روش تعیین مرز سکانشی پایینی در داده های لرزه ای است. باتوجه به شکل (۵) محیط رسوبی نهشته های عضو کژدمی بالایی و عضو مادود از سازند سروک بسیار نزدیک به یکدیگر می باشد و تغییرات رسوبی و یا انقطاع فسیلی بین سازند کژدمی و سروک (عضو مادود) دید نمی شود، مرز سکانشی بالایی تا فاصله حدود ۱۵ تا ۲۰ متر زیر راس عضو مادود از سازند سروک ادامه می یابد. داده های لرزه ای به جای ثبت مرزهای سنگی، مرزهای زمانی را ثبت می کنند. بنابراین مرزی که به عنوان بازتابنده عمل خواهد کرد و تفسیر می شود منطبق بر مرز سنگ شناسی و چینه شناسی دو سازند نخواهد بود. در منطقه مورد مطالعه (میدان ابوذر)، شواهدی از فرسایش ناشی برونزد رسوبات بر روی بازتابنده های لرزه ای دیده نمی شود. از این رو آثار کانال های کنده شده و یا گودال های ناشی از فرسایش بر روی مقاطع لرزه ای وجود ندارد. شکل (۱۲) نقشه هم ضخامت زمانی مرز بالایی (راس مادود) را نشان می دهد. با توجه به اینکه عمق سازند مادود کمتر از سازند داریان است، امواج لرزه ای برخورد کرده به سر سازند مادود سریع تر بازتاب شده و در زمان کمتری به سطح زمین می رسند. به طور متوسط برای نمونه در مرکز میدان و در موقیت چاه زمان رفت و برگشت امواج از سطح زمین تا افق مادود (مرز سکانشی بالایی) حدود ۱۵۰۰ میلی ثانیه می باشد، ژرفای مرز بالایی حدود ۲۲۵۰ متر می باشد.



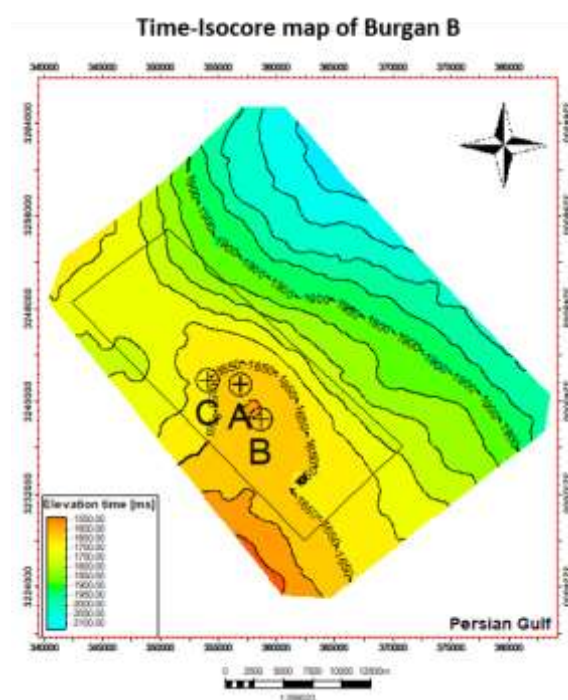
شکل ۱۲- نقشه هم ضخامت زمانی سازند مادود (مرز سکانشی بالایی) حاصل از تفسیر داده های لرزه ای دوبعدی

در مطالعات چینه نگاری سکانشی، حداکثر سطح پیش روی آب دریا غالباً منطبق با بیشترین فضای رسوب گذاری است. در سازند کژدمی، بالا آمدن سطح آب دریا و یا فرونشینی کف حوضه، محیط رسوبی مناسب برای ته نشینت رسوبات کربناته ایجاد کرده است. همچنین در زمان حداکثر پیشروی آب دریا غالباً تنوع گونه های فسیلی کاهش یافته ولی در عوض فراوانی یک یا چند گونه غالب می گردد که پیش تر توضیح داده شد. شرایط فوق هم زمان با رسوب گذاری آهک های ضخیم لایه عضو دیر در سازند کژدمی است. بنابراین، تفسیر بازتابنده های لرزه ای عضو دیر در سازند کژدمی همان سطح حداکثر پیش روی آب دریا می باشد. باتوجه به شکل (۱۳) که نقشه هم ضخامت راس عضو آهک دیر را در محدوده میدان ابوذر نشان می دهد، این مرز به عنوان سطح حداکثر پیش روی آب دریا به طور متوسط دارای عمق زمانی ۱۶۲۰ میلی ثانیه و ژرفای حدود ۲۴۴۰ متری از سطح دریا قرار دارد.

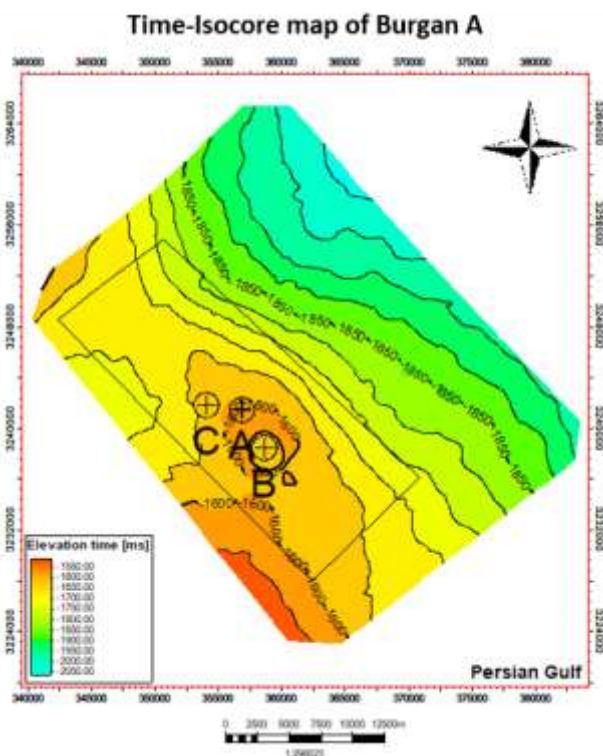


شکل ۱۳- نقشه هم‌ضخامت زمانی سازند آهکی دیر (حداکثر سطح پیشروی آب دریا) حاصل از تفسیر داده‌های لرزه‌ای دوبعدی.

بعد از تفسیر لرزه‌ای مرز پایینی، مرز بالایی و سطح حداکثر پیشروی آب دریا راس عضو بورگان B و بورگان A به‌عنوان دسته رخساره تراز پایین (LST) و دسته رخساره تراز پیش‌رونده (TST) بر روی تمامی مقاطع لرزه‌ای موجود تفسیر شد و با استفاده از درون‌یابی نقشه‌های هم‌تراز زمانی این دو افق در محدوده مورد مطالعه تولید شد. با توجه به شکل (۱۴) که نقشه هم‌تراز زمانی افق بورگان B را نشان می‌دهد، متوسط عمق زمانی این افق در مرکز میدان و در اطراف چاه A حدود ۱۷۰۰ میلی ثانیه، معادل عمق حدود ۲۵۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد. شکل (۱۵) نقشه هم‌تراز زمانی افق بورگان A را نشان می‌دهد. متوسط عمق زمانی این افق در مرکز میدان ۱۶۵۰ میلی ثانیه، معادل ژرفای حدودی ۲۴۷۵ متر می‌باشد.

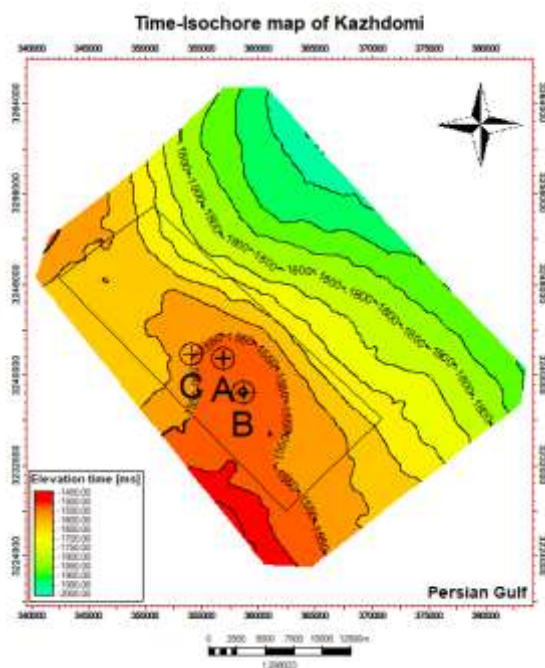


شکل ۱۴- نقشه هم‌ضخامت زمانی افق بورگان B (سیستم تراکت تراز پایین) حاصل از تفسیر داده‌های لرزه‌ای دوبعدی



شکل ۱۵- نقشه هم‌ضخامت زمانی افق بورگان A (سیستم تراکت تراز پیش‌رونده) حاصل از تفسیر داده‌های لرزه‌ای دوبعدی

شکل (۱۶) نقشه هم‌تراز زمانی راس افق کزدمی بالایی به عنوان دسته رخساره تراز بالا را نشان می‌دهد. باتوجه به این شکل متوسط عمق زمانی این افق در مرکز میدان و در محل چاه‌ها حدود ۱۵۶۰ میلی ثانیه معادل عمق ۲۳۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد که به سمت شمال و شمال غرب میدان این عمق افزایش می‌یابد. به بیان ساده‌تر ساختار محدوده مورد مطالعه به صورت طاق‌دیسی با شیبی ملایم می‌باشد.

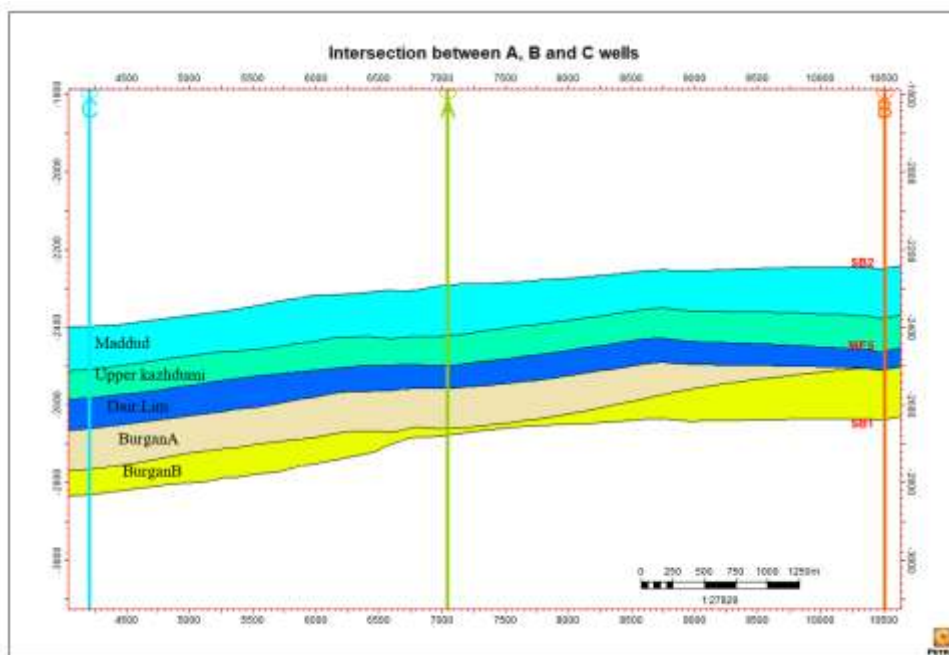


شکل ۱۶- نقشه هم‌ضخامت زمانی افق کزدمی بالایی (سیستم تراکت تراز بالا) حاصل از تفسیر داده‌های لرزه‌ای دوبعدی

۴-۱ - گسترش ناحیه‌ای مرزهای سکانشی، دسته‌رخساره‌ها و حداکثر پیشروی سطح آب دریا

با توجه به اینکه مرزهای سکانشی تعریف شده برای سازند کژدمی از نوع رده سوم است و محدوده زمانی وسیعی را شامل می‌شود (۳۳-۰.۵ میلیون سال) و نظر به اینکه ناحیه مورد مطالعه گسترش جغرافیایی محدودی (۲۸*۲) دارد، بنابراین نباید انتظار تغییرات ناحیه‌ای بسیار زیاد و متنوع در مرزهای سکانشی داشت. همچنین با توجه به این که منشأ رسوبات آواری سازند کژدمی در خلیج فارس از برجستگی‌های صفحه عربی، کویت و عراق می‌باشد و شیب حوضه رسوب گذاری در زمان نهشته شدن رسوبات سازند کژدمی به سمت ایران بوده است [۸]. بنابراین، تغییرات دانه بندی و همچنین نازک‌شدگی لایه‌های رسوبی در یک روند جنوب به شمال دیده می‌شود [۱۸].

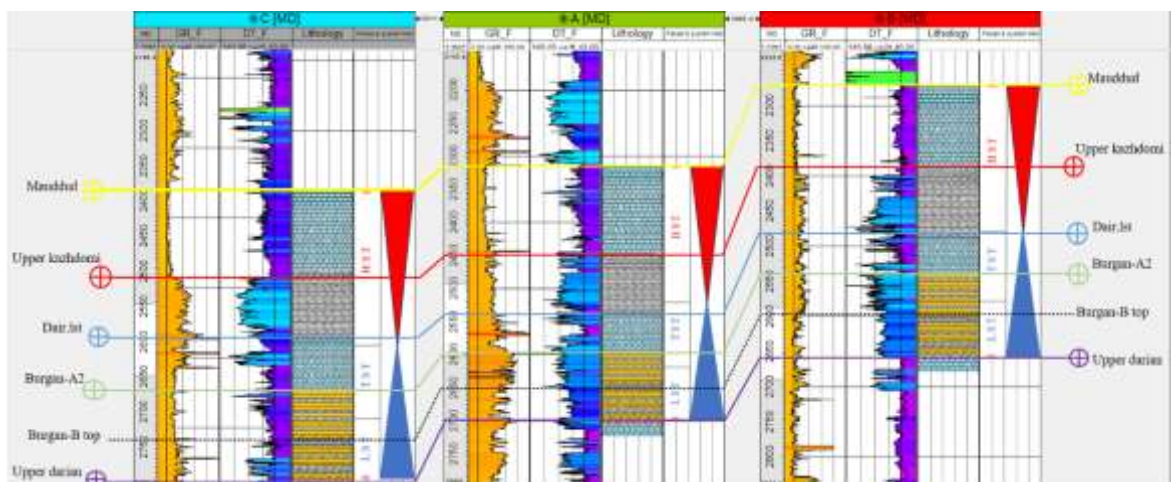
لایه آهکی دیر تحت عنوان بازه بیشترین پیشروی و دربرگیرنده سطح بیشترین پیشروی مشخص گردید. این لایه با تغییرات ستبرای اندک به صورت روهم‌پوشان در تمام محدوده مورد مطالعه گسترده شده است. همچنین روند مشخصی در تغییرات رخساره‌ای که شامل عمدتاً آهک و بعضاً شیل و آهک رسی است، مشاهده نمی‌شود. شکل (۱۷) موقعیت سکانشی رسوبی آلبین، مرزهای سکانشی، دسته رخساره تراز پایین (بورگان B)، دسته رخساره تراز پیش‌رونده و دسته رخساره تراز بالا (کژدمی بالایی) در مقطع عرضی بین سه چاه موجود در میدان ابوذر را نشان می‌دهد.



شکل ۱۷- مقطع عرضی نمایش دهنده گستردگی افق‌های حاصل از تفسیر لرزه‌ای بین سه چاه A, B, C در میدان ابوذر

شکل (۱۸) سه چاه موجود در میدان ابوذر را نمایش می‌دهد که مورد بررسی چینه‌نگاری سکانشی قرار گرفته است. بعد از تفسیر سطوح اصلی، دسته رخساره تراز پایین (بورگان B)، دسته رخساره تراز پیش‌رونده (بورگان A) و دسته رخساره تراز بالا (کژدمی بالایی) بر روی همه مقاطع لرزه‌ای، اثر این سطوح و دسته رخساره‌های تفسیر شده در اعماق مخصوص خود در چاه‌ها به نمایش گذاشته شد. بعد از تفسیر و تطابق نتایج داده‌های لرزه‌ای و داده‌های زمین‌شناسی مشخص شد که همه مرزهای سکانشی، سطوح اصلی و پاراسکانشی‌های تفسیر شده با دقت خوبی در ژرفای چاه‌ها محاسبه شده و ستبرای دقیق هر کدام از واحدهای تفسیر شده درون چاه‌ها مشخص گردید. براین اساس ضخامت دسته رخساره‌های تراز پایین (بورگان B)، تراز

پیش‌رونده (بورگان A)، عضو آهکی دیر، دسته رخساره تراز بالا (شامل عضو کژدمی بالایی و آهک مادود) به ترتیب ۷۵، ۷۸، ۱۰۵، ۱۸۰ متر محاسبه شد که در این میان ضخامت عضو کژدمی بالایی حدود ۶۰ متر و ضخامت عضو مادود ۱۲۰ متر می‌باشد.



شکل ۱۸- سطوح، مرزها سکانشی، سیستم تراکت ها و رخساره‌های تعیین شده در مقطع عرضی بین چاه‌های موجود

۵- نتیجه گیری

تفسیر لرزه‌ای سازند کژدمی بر اساس قواعد چینه‌شناسی سکانشی با استفاده از تمامی داده‌های موجود شامل داده‌های لرزه‌نگاری PC-۲۰۰۰ خلیج فارس، داده‌های پتروفیزیکی، پالئولاگ‌ها و سنگ‌شناسی، مطالعات تکتونیک منطقه و محیط رسوبی در گستره بلوک D و شمال غرب خلیج فارس و محدوده میدان ابوذر هدف اصلی این پژوهش بود. در نتیجه نقشه‌های هم‌ضخامت زمانی برای ۶ سطح در سکانش کژدمی تهیه گردید که نحوه پراکندگی و تغییرات ضخامت دسته رخساره‌ها در میدان مورد مطالعه و نواحی اطراف مشخص گردید. ضخامت دسته رخساره‌های تراز پایین (بورگان B)، تراز پیش‌رونده (بورگان A)، عضو آهکی دیر، دسته رخساره تراز بالا (شامل عضو کژدمی بالایی و آهک مادود) به ترتیب ۷۵، ۷۸، ۱۰۵، ۱۸۰ متر محاسبه شد که در این میان ضخامت عضو کژدمی بالایی حدود ۶۰ متر و ضخامت عضو مادود ۱۲۰ متر تعیین گردید.

مهم‌ترین دستاوردهای این پژوهش عبارتند از:

- شناسایی مرزهای سکانشی بالایی و پایینی و سطح بیشترین پیشروی آب دریا بر روی داده‌های لرزه‌ای و نهایتاً تولید نقشه‌های هم‌تراز زیرزمینی جهت مدل‌سازی و مطالعه گسترش سطوح سکانشی.
- تعیین گسترش افق بورگان B شامل که مربوط به سیستم تراکت تراز پایین، بورگان A که مربوط به سیستم تراکت پیش‌رونده، آهک دیر که منطبق بر بیشترین سطح پیشروی آب دریا بوده، کژدمی فوقانی و عضو مادود که مربوط به سیستم تراکت تراز بالا سکانش کژدمی می‌باشند.
- تعیین گسترش افق‌های بورگان A و B در مناطق اطراف واقع در اطراف میدان ابوذر که فاقد چاه می‌باشد و مستعد تله‌های نفتی چینه‌ای است.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای مهندس محسن سیدعلی و جناب آقای مهندس مجید فهیمی نجم در شرکت نفت فلات قاره ایران که با زحمات بی چشم‌داشتشان نهایت همکاری را با بنده جهت تکمیل این مطالعه داشتند سپاسگزارم. همچنین از داوران مقاله آقایان دکتر پیمان رضایی (دانشیار دانشگاه هرمزگان) و دکتر بهمن سلیمانی (استاد دانشگاه شهید چمران اهواز) تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- [۱] بشری. ع.، ۱۳۹۹، سرشت نمایی مخازن ماسه ای بورگان واقع در شمال غرب خلی ج فارس بسوی کویت. نشریه علمی پژوهشی زمین شناسی نفت ایران، سال نهم، شماره ۱۸، پاییز و زمستان، صفحه ۱۰۲-۱۲۰.
- [۲] سعدی راد، ف.، موسوی حرمی. ر.، محبوبی. ا.، ۱۳۹۳، چینه نگاری سکانسی سازند کژدمی در میدان نفتی آزادگان. پژوهش نفت، ۲۴(۷۷)، صفحه ۲۶-۳۳.
- [۳] مطیعی. ه.، ۱۳۷۲، زمین شناسی ایران- چینه شناسی زاگرس: انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، صفحه ۵۸۳.
- [4] CLARK, E., et al., 2010. Triassic seismic sequence stratigraphy and paleogeography of the western Barents Sea area. *Marine and Petroleum Geology*, **27**(7): 1448-1475.
- [5] Catuneanu, O., et al., 2006. Sequence stratigraphy of the lower cenomanian bahariya formation, bahariya oasis, western desert, Egypt. *Sedimentary Geology*, **190**(1-4): 121-137.
- [6] CATUNEANU, O., 2020. Sequence stratigraphy. *Regional Geology and Tectonics, Elsevier*, 605-686.
- [7] EMERY, D., MYERS, K., 2009. *Sequence stratigraphy*, John Wiley & Sons.
- [8] GHAZBAN, F., 2007. Petroleum Geology of the Persian Gulf. Natinal Iranian Oil Company, 707p.
- [9] JAMES, G.A., WYND, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of the Iranian Oil Consortium Agreement. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **49** (12): 2182- 2245.
- [10] MIALL, A. D., 2010. The geology of stratigraphic sequences, Springer Science & Business Media.
- [11] MICHUM Jr., R., Vail, P., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 7. Seismic stratigraphic interpretation procedure: Section 2. Application of seismic reflection configuration to stratigraphic interpretation.
- [12] MOHTASHAMI T., FATHI, A. and KAZENI. K., 2013. "2D & 3D seismic interpretation, Geology, petrophysics and preliminary Petroleum engineering For 12 Exploration fields. p 9.
- [13] POSAMENTIER, H. W., Vail, P., (1988). "Eustatic controls on clastic deposition II—sequence and systems tract models.
- [14] REZAEI FARAMANI, E., et al., 2019. Constrained Seismic Sequence Stratigraphy of Asmari-Kajhdumi interval with well-log Data. *Iranian Journal of Geophysics*, **12**(5): 82-94
- [15] SERRA, O., SERRA, N., 2004. Well Logging. Data Acquisitions and Applications.
- [16] SLOSS, L. L., 1963. Sequences in the cratonic interior of North America. *Geological Society of America Bulletin*, **74**(2): 93-114.
- [17] SCLUMBERGR, S., 2010. Petrel introduction course, Schlumberger: PP:13-493.
- [18] VAN BUCHEM, F.S., BAGHBANI, D., BULOT, L.G., CARON, M., GAUMET, F., HOSSEINI, A., KEYVANI, F., SCHROEDER, R., SWENNEN, R., VEDRENNE, V. and VINCENT, B., 2010. Barremian-Lower Albian sequence-stratigraphy of southwest Iran (Gadvan, Dariyan and Kazhdumi formations) and its comparison with Oman, Qatar and the United Arab Emirates. *GeoArabia Special Publication*, **4**(2), pp.503-548.
- [19] VAN WAGNER, J. C., et al., 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies.

Determining of Sequence Boundaries and Surfaces of the Kazhdumi Formation in one of the fields in the north-west of the Persian Gulf Based on Seismic Sequence Stratigraphy

Milad Goudarzi¹, Mohammad Farid ghasemi^{2*}, Abbas Sadeghi³, Ahmad Yahyaei⁴

1-Master's student, Petroleum and sedimentary Basin, Shahid Beheshti university, Tehran, Iran
2-Assistant Professor, Petroleum and sedimentary Basin, Shahid Beheshti university, Tehran, Iran
3-Professor, Petroleum and sedimentary Basin, Shahid Beheshti university, Tehran, Iran
4-Master's expert, Exploration Unit, Iranian Offshore Oil Company, Tehran, Iran
mfghasemi110@gmail.com*

Received: October 2024, Accepted: December 2024

Abstract

An integrated analysis of subsurface data, including seismic and well log data, provides a powerful tool for a more precise sequence stratigraphic interpretation and a better understanding of oil fields. By clarifying the relationship between sedimentary sequences, facies, and reservoir properties, this approach contributes to more accurate predictions of facies distribution and hydrocarbon reservoir identification. To this end, the deposits of the Kazhdumi Formation in a North-West Persian Gulf field were studied in three wells. In this research, to evaluate the Kazhdumi Formation more accurately, after matching the seismic data with the well data using check shots, the seismic data interpretation method based on sequence stratigraphic principles and the termination of seismic reflectors on seismic sections was employed to determine the extent of sequence boundaries and elements of the Kazhdumi sequence. As a result of the seismic studies, one seismic sequence was identified in the Kazhdumi Formation in the studied field. The components of this sequence include the base of the Dariyan Formation as the lower sequence boundary, the base of the Madud Formation as the upper sequence boundary, the base of the Burgan B Formation related to the lowstand systems tract, the base of the Burgan A Formation related to the transgressive systems tract, the Dar limestone corresponding to the maximum flooding surface, and the upper Kazhdumi along with a part of the Madud member of the Sarvak Formation related to the highstand systems tract. The Kazhdumi sequence was interpreted and mapped on 2D seismic sections in the studied field and its surrounding areas. Subsequently, by interpolating the points between the 2D seismic lines, isopach maps were prepared for six levels within the Kazhdumi sequence, which showed the distribution pattern and thickness variations of the facies groups in the studied field and surrounding areas. The thicknesses of the lowstand systems tract (Burgan B), transgressive systems tract (Burgan A), Dar limestone member, and highstand systems tract (including the upper Kazhdumi member and Madud limestone) were calculated as 75, 78, 105, and 180 meters, respectively, among which the thickness of the upper Kazhdumi member was about 60 meters and the thickness of the Madud member was 120 meters.

Keyword: Kazhdumi Formation, seismic data, seismic sequential stratigraphy, Seismic cross-section, sequence surface