

ارزیابی ویژگی‌های مخزنی بر اساس چینه‌نگاری سکانسی: مطالعه موردی سازند آسماری در یکی از میدان‌های نفتی خلیج فارس

حامد هزاریان^۱، معصومه کردی^۲، منصور ضیائی^۳، مهرداد سلیمانی منفرد^۴ و احمد یحیایی^۴

^۱ کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

^۲ استادیار، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

^۳ دانشیار، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

^۴ کارشناسی ارشد، شرکت نفت فلات قاره ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۶

چکیده

از آنجا که مطالعات چینه‌نگاری سکانسی امکان تعیین گسترش رخساره‌های مختلف در حوضه رسوبی را فراهم می‌نماید، با بررسی رخساره‌های گوناگون می‌توان گسترش زون‌های باکیفیت مخزنی مناسب در قالب چینه‌نگاری سکانسی را تعیین نمود. در این مقاله با مطالعه سنگ‌نگاری رخساره‌های سنگی و همچنین تطابق آنها با نگار انحراف معیار گاما، محیط رسوبی، سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های مربوطه در سازند آسماری به سن الیگو-میوسن در یکی از میدان‌های نفتی ایران مشخص گردیدند. سپس با استفاده از نگارهای چاه‌پیمایی و ارزیابی‌های پتروفیزیکی، عوامل کنترل‌کننده کیفیت مخزن شامل تخلخل، اشباع آب و حجم شیل در هر یک از سیستم تراکت‌های سکانس‌ها بررسی شدند. نتایج نشان دادند که سیستم تراکت‌های تراز بالا کیفیت مخزنی بهتری نسبت به سیستم تراکت‌های پیشرونده دارند. وجود رخساره‌های دانه پشتیبان و ساحلی و عدم وجود انیدریت از عوامل مؤثر در کیفیت بالای مخزنی در بخش‌های بالایی سیستم تراکت‌های پیشرونده و بخش‌های پایینی سیستم تراکت‌های تراز بالا می‌باشند. این نوع مطالعات در شناخت حوضه‌های رسوبی و تعیین گسترش منابع هیدروکربنی اطلاعات ارزشمندی در اختیار قرار داده و می‌تواند به مدیریت در کاهش ریسک فعالیت‌های اکتشافی و توسعه‌ای کمک‌های فراوانی نماید.

کلید واژه‌ها: کیفیت مخزنی، رخساره‌های رسوبی، چینه‌نگاری سکانسی، ارزیابی‌های پتروفیزیکی، سازند آسماری

E-mail: Masoumeh.kordi@shahroodut.ac.ir

* نویسنده مسئول: معصومه کردی

۱- پیش‌نوشتار

چینه‌نگاری سکانسی علم بررسی واحدهای رسوبی است که دارای ارتباط ژنتیکی و زایشی با یکدیگر بوده و توسط سطوح ناپوستگی و یا پیوستگی معادل آنها از یکدیگر جدا می‌شوند (Vail et al., 1977; Catoneanu, 2018). پیدایش این علم در چند دهه اخیر در پیجه‌ای جدید در نگرش به حوضه‌های رسوبی، بازسازی شرایط محیطی و تجزیه و تحلیل رخساره‌ها گشوده است. از کاربردهای چینه‌نگاری سکانسی در اکتشاف مواد هیدروکربنی، تعیین رخساره‌های مستعد سنگ منشأ، سنگ مخزن و پوش سنگ در یک حوضه رسوبی و در مقیاس ناحیه‌ای است. در مقیاس منطقه‌ای نیز مطالعات سکانس‌ها و تعیین سیستم تراکت‌های مختلف در رده‌های بالاتر و با دقت بیشتر به تعیین گسترش زون‌های باکیفیت مخزنی مناسب در یک میدان می‌انجامد (Catoneanu, 2006). یکی از مزایای مطالعات چینه‌نگاری سکانسی، امکان تلفیق آنها با دیگر شاخه‌های زمین‌شناسی و مهندسی نفت می‌باشد (Kordi et al., 2011, 2017). در این نوع مطالعات، تفکیک سکانس‌های رسوبی و سیستم تراکت‌های مربوطه براساس داده‌های لرزه‌ای، بررسی رخنمون‌ها، مطالعات سنگ‌نگاری مقاطع نازک مربوط به مغزه‌ها و خرده‌های حفاری و بررسی نگارهای چاه‌پیمایی صورت می‌گیرد. این مطالعات در توالی‌های زیرسطحی همیشه کار آسانی نیست، زیرا داده‌های لرزه‌ای قدرت تفکیک واحدهای رسوبی با ستبرای کم را ندارند. افزون‌بر آن، بسیاری از چاه‌های حفاری شده مغزه ندارند و یا به‌طور پیوسته از آنها مغزه گرفته نمی‌شود. مطالعه خرده‌های حفاری نیز به‌ویژه زمانی که فواصل نمونه‌ها زیاد باشد، به‌سختی صورت می‌گیرد، اما نمودارهای چاه‌پیمایی تقریباً برای همه چاه‌های میادین هیدروکربنی موجود است. در نبود اطلاعات مغزه‌ها و خرده‌های حفاری، این نمودارها ابزار مناسبی برای بررسی سکانس‌های رسوبی هستند. یکی از مهم‌ترین این نمودارها، نگار گاما است که زمین‌شناسان از آن جهت شناسایی سطوح سکانسی، تفکیک و تطابق زون‌های مخزنی و انطباق بین چاه‌های مختلف یک میدان استفاده می‌کنند. مطالعات گوناگونی با استفاده از نگارهای گاما در بررسی‌های چینه‌نگاری

سکانسی انجام شده است (به‌طور مثال، Reynolds, 1994; Tavakoli, 2017; Ehrenberg and Svana, 2001; Kalvoda et al., 2011). تلفیق داده‌های چاه‌نگاری و اطلاعات پتروگرافی کمک فراوانی در شناسایی سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های تشکیل دهنده آنها می‌نماید. افزون بر آن، با مطالعه پارامترهای پتروفیزیکی توسط داده‌های چاه‌نگاری، می‌توان خواص مخزنی در قالب چینه‌نگاری سکانسی را تعیین نمود. چینه‌نگاری سکانسی با نشان دادن توزیع رخساره‌های مخزنی و غیر مخزنی در حوضه رسوبی و در مقیاس‌های مختلف، اطلاعات ارزشمندی در اختیار قرار می‌دهد. در این مقاله تلفیق اطلاعات پتروگرافی و نمودارهای چاه‌پیمایی برای تعیین سکانس‌ها و سیستم تراکت‌ها و مطالعه خواص مخزنی در قالب چینه‌نگاری سکانسی بر روی سازند آسماری با سن الیگو-میوسن در یکی از میادین نفتی خلیج فارس انجام شده است. سازند آسماری جوان‌ترین و مهم‌ترین سازند مخزنی تولید کننده نفت در ایران می‌باشد. با توجه به اهمیت مخزنی این سازند، مطالعات فراوانی از دیدگاه‌های مختلف از جمله چینه‌شناسی، فسیل‌شناسی، ویژگی‌های مخزنی، دیاژنز و ... بر روی آن انجام شده است (به‌طور مثال، Lorestani et al., 2016; Fontana et al., 2010; Kangazian and Pasandideh, 2016). هدف از این مقاله تعمیم اطلاعات پتروگرافی به داده‌های چاه‌نگاری در مطالعات چینه‌نگاری سکانسی و استفاده از نمودارهای چاه‌پیمایی در تعیین سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های موجود و در نهایت بررسی خواص مخزنی و تعیین زون‌های باکیفیت مخزنی بالا در هر یک از سیستم تراکت‌ها می‌باشد. این نوع مطالعات در تعیین گسترش زون‌های مخزنی حائز اهمیت فراوان بوده و به مدیریت در کاهش ریسک فعالیت‌های اکتشافی و توسعه‌ای کمک‌های شایانی می‌نماید.

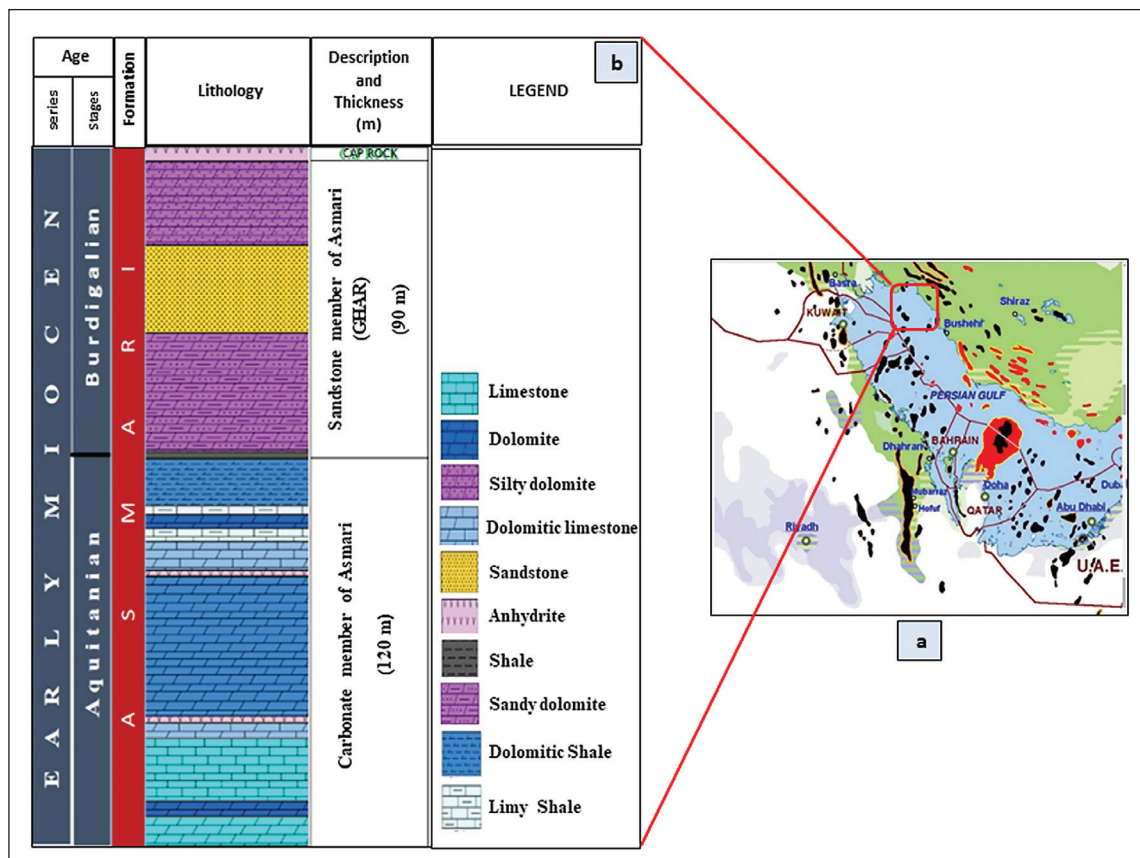
۲- زمین‌شناسی میدان مورد مطالعه

میدان نفتی مورد مطالعه در جنوب ایران قرار داشته و سازند آسماری یکی از

با سیمان آهکی و دولومیتی، همراه با میان‌لایه‌های دولومیت و انیدریت می‌باشد. این بخش در این چاه حدود ۹۰ متر ستبراً دارد. بخش کربناته آسماری در این چاه با ستبرای حدود ۱۲۰ متر، از آهک‌های دولومیتی، دولومیت، آهک و میان‌لایه‌های نازک شیل و انیدریت تشکیل شده است. در چاه B، ستبرای سازند آسماری حدود ۲۲۸ متر می‌باشد. بخش ماسه‌سنگی غار با حدود ۹۹ متر ستبراً، از لایه‌های ماسه‌سنگی با دانه‌بندی ریز تا متوسط کوارتز و میان‌لایه‌هایی از شیل، انیدریت، دولومیت و بعضاً آهک تشکیل شده است. بخش کربناته آسماری نیز در این چاه با حدود ۱۲۹ متر ستبراً، عمدتاً از لایه‌های دولومیت و کلسیت تشکیل شده است. در این بخش، میان‌لایه‌هایی از شیل و انیدریت به‌صورت نازک لایه نیز وجود دارد. شکل ۱ ستون سنگ‌شناسی و بخش‌های سازند آسماری در چاه A را نشان می‌دهد.

مهم‌ترین سازندهای تولید کننده نفت در آن می‌باشد (شکل ۱). مرز بالایی این سازند با سازند تیخیری گچساران و مرز زیرین آن با سازند کربناته چهارم هم‌شیب و از نوع ناپیوسته است. سازند گچساران با سنگ‌شناسی غالب ژئیس و انیدریت و میان‌لایه‌های شیل و مارن به‌عنوان پوش سنگ اصلی افق‌های مخزنی سازند آسماری در این میدان می‌باشد.

سازند آسماری در چاه‌های مورد مطالعه (A و B) شامل دو رخساره متفاوت ماسه‌سنگی و کربناته است. بر این اساس سازند آسماری به بخش ماسه‌سنگی غار یا اهواز و بخش کربناته آسماری قابل تقسیم می‌باشد. در چاه A، سازند آسماری حدود ۲۱۰ متر ستبراً دارد. بخش ماسه‌سنگی غار متشکل از ماسه‌سنگ کوارتزی سست با دانه‌بندی ریز تا متوسط و در مواردی به‌طور متوسط تا ضعیف سیمانی شده



شکل ۱- (a) موقعیت میدان مورد مطالعه در جنوب ایران و (b) ستون چینه‌شناسی سازند آسماری در چاه A.

۳- داده‌ها و روش‌های مورد مطالعه

این مقاله مبتنی بر داده‌های مربوط به مطالعات سنگ‌نگاری مقاطع نازک تهیه شده از مغزه‌ها و خرده‌های حفاری و همچنین نمودارهای چاه‌پیمایی از سازند آسماری در دو چاه A و B در میدان مورد مطالعه می‌باشد. در این مطالعه برای نامگذاری مقاطع نازک در رخساره‌های کربناته از روش (Dunham, 1962) و در رخساره‌های آواری از روش (Pettijohn, 1987) و در توصیف ریزرخساره‌ها از روش (Flügel, 2010) استفاده شده است. با بررسی میکروسکوپی ۱۴۰ مقطع نازک از چاه A، لیتولوژی‌ها و ریز رخساره‌های موجود در سازند آسماری مشخص شد. بر اساس ارتباط بین تغییرات سنگ‌شناسی و ریزرخساره‌های شناسایی شده، سکانس‌های رسوبی رده سوم و سیستم تراکت‌های توالی مورد مطالعه در چاه A تفکیک شدند. برای تعیین سکانس‌ها و سیستم تراکت‌ها از مدل اکسون موبیل (ExxonMobil)

بعد، با استفاده از نگاره‌های چاه‌پیمایی گاما، از روش انحراف معیار نگار گاما (Gamma-ray Deviation Log/GDL) (توکلی، ۱۳۹۳) نیز سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های موجود در سازند آسماری در این چاه مشخص و با نتایج حاصل از اطلاعات پتروگرافی مطابقت داده شدند. در روش انحراف معیار نگار گاما، در سازند مورد مطالعه، هر داده نگار گاما از مقدار متوسط کل نگار کسر گردیده تا انحراف مقدار نگار در یک عمق خاص از متوسط مشخص شود و سپس مقادیر به دست آمده با یکدیگر جمع شدند تا مقدار تجمعی انحراف از معیار به دست آید. مقادیر تجمعی انحراف از معیار گاما نشان‌دهنده تغییرات سطح آب دریا از حالت پیشرونده به پسرونده و یا بالعکس می‌باشند. بدین طریق در چاه B این میدان نیز سکانس‌ها و

۴-۱. مجموعه ریزرخساره‌های سازند آسماری

– **گروه رخساره‌های پهنه جزر و مدی:** این گروه شامل سه ریزرخساره انیدریتی، ریزرخساره دولومادستون با فابریک فنسترال (چشم‌پرنده‌ای) و ندول‌های انیدریت و ریزرخساره کوارتز وک می‌باشد (شکل ۲). وجود بافت قفس مرغی و عدم وجود بیوکست و آلوم‌های غیرفسیلی در ریزرخساره انیدریتی گویای شرایط آب‌وهوای گرم در پهنه جزر و مدی و سیخا بوده است (Flugel, 2010). مادستون دولومیتی با فابریک فنسترال، وجود ندول‌های با بافت قفس مرغی، نبود آثار زیستی، فسیل، ذرات آواری و لامیناسیون و نیز حفظ بافت اولیه رسوبی نشانگر رسوب‌گذاری ریزرخساره دولومادستون در محیط پهنه جزر و مدی می‌باشد (Adabi and Asadi, 2008; Flugel, 2010). ریزرخساره کوارتز وک شبیه به ریزرخساره کوارتز آرنایت است ولی به دلیل تشکیل در یک محیط کم‌انرژی‌تر دارای ماتریکس کربناته است. وجود ماتریکس کربناته بیش از ۱۵ درصد در این ریزرخساره نشان می‌دهد که این ماسه‌سنگ‌ها در یک محیط کم‌انرژی فوق‌اشباع از کلسیم در پهنه جزرومدی رسوب‌گذاری نموده‌اند (Zamanzadeh et al., 2009).

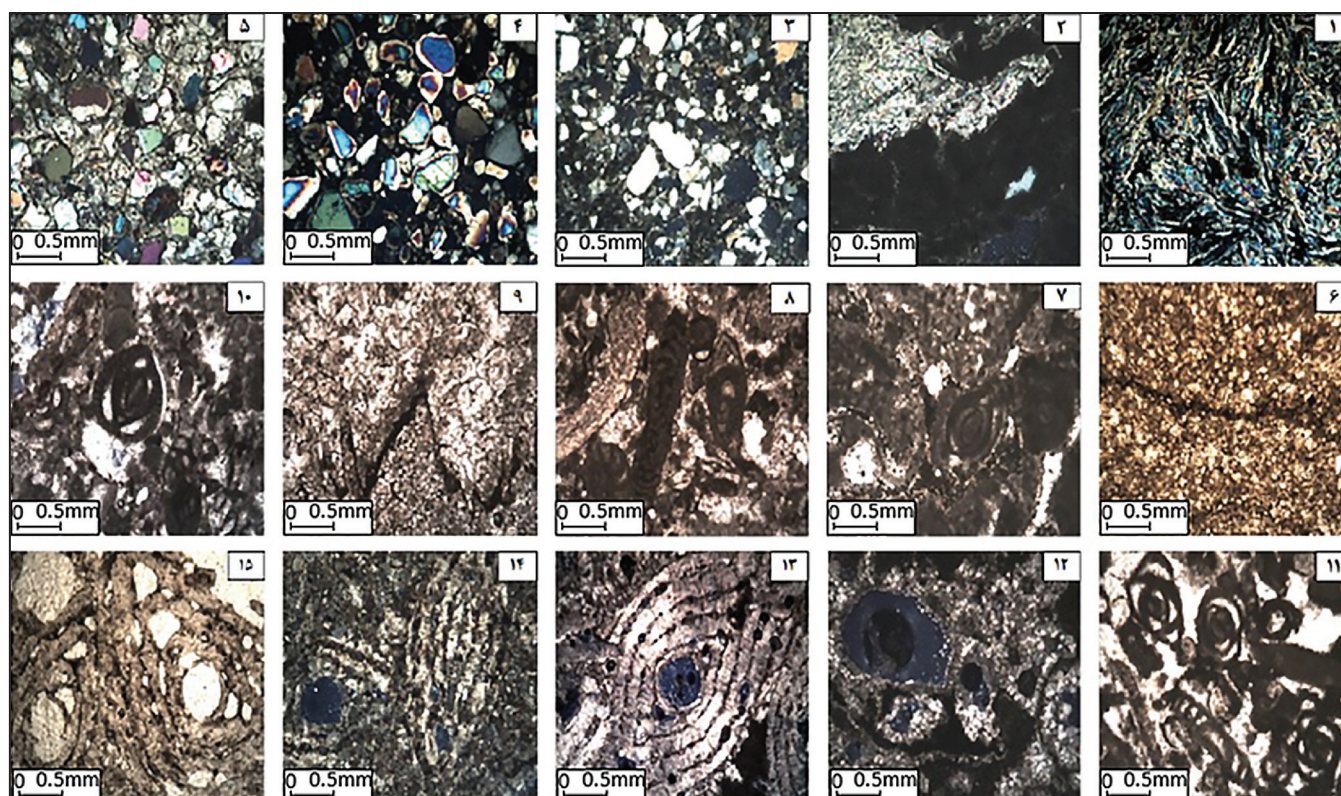
– **گروه رخساره‌های ساحلی:** این گروه شامل ریزرخساره کوارتز آرنایتی است (شکل ۲). ذرات کوارتز اغلب زاویه‌دار بوده و جورشدگی خوبی دارند. ماسه‌سنگ‌ها گاهی به‌صورت سست و بدون سیمان و گاهی همراه با سیمان کلسیتی و یا دولومیتی دیده می‌شوند. بلوغ بافتی و جورشدگی خوب ذرات و هم‌چنین نبود آشفستگی زیستی و آثار فسیلی در این مجموعه رخساره‌ای، نشان‌دهنده رسوب‌گذاری آنها در محیط پرانرژی ساحل است (Einsele, 2000).

سیستم تراکت‌های موجود در سازند آسماری با روش انحراف معیار نگار گاما تعیین و با چاه A تطابق داده شدند.

پس از آنالیز چینه‌نگاری سکانشی سازند آسماری در میدان مورد مطالعه، با استفاده از نگارهای چاه‌پیمایی گاما، نوترون، چگالی و مقاومت الکتریکی، عوامل کنترل‌کننده کیفیت مخزن مانند حجم شیل، تخلخل و اشباع آب در هر یک از سیستم تراکت‌ها بررسی شدند. بدین منظور از نرم‌افزار ژئولاگ برای آنالیز و ارزیابی کیفیت زون‌های مخزنی استفاده شد. در نهایت، ارتباط بین زون‌های مخزنی و سیستم تراکت‌های مختلف بررسی شده و گسترش زون‌های با کیفیت مخزنی بالا در هر یک از سیستم تراکت‌ها تعیین شدند.

۴-۲. رخساره‌های سنگی و محیط رسوبی

بررسی رخساره‌ها نخستین و اساسی‌ترین مرحله در مطالعات چینه‌نگاری سکانشی می‌باشد. با توجه به مطالعات سنگ‌نگاری انجام‌شده بر روی مقاطع نازک مربوط به سازند آسماری در چاه A میدان مورد مطالعه، ریزرخساره‌هایی که بیشترین فراوانی را دارند شناسایی شدند (شکل ۲). تشخیص ریزرخساره‌ها بر اساس اندازه و فراوانی دانه‌ها مانند اوئید، پلوئید و دیگر آلوم‌ها، مشخصات رسوب‌شناسی و فسیل‌شناسی بوده است. با توجه به تغییرات و ارتباط ریزرخساره‌ها با یکدیگر، در توالی مورد مطالعه ۵ مجموعه ریزرخساره‌ای تشخیص داده شد. این گروه‌های ریزرخساره‌ای در محیط‌های رسوبی پهنه جزر و مدی (Tidal flat)، ساحلی (Beach)، لاگون (Lagoon)، سدی (Shoal) و دریای باز (Open marine) نهشته شده‌اند. مجموعه ریزرخساره‌های سازند آسماری در چاه A به شرح ذیل می‌باشند:



شکل ۲- عکس‌های مقاطع نازک از ریزرخساره‌ها (نور-XPL): ۱. انیدریت، ۲. دولومادستون با فابریک فنسترال (چشم‌پرنده‌ای) و ندول‌های انیدریت، ۳. کوارتز وک، ۴. کوارتز آرنایت فاقد سیمان، ۵. کوارتز آرنایت دارای سیمان کربناته، ۶. دولومادستون، ۷. پکستون بایوکلاستی، ۸. وکستون - پکستون فرامینیفرهای بتتیک، پلوئید و بایوکلاست دار، ۹. مادستون، ۱۰. پکستون - گرینستون میلیوئید، پلوئید و بایوکلاست دار، ۱۱. بایوکلاست گرینستون حاوی روزن‌داران بدون منفذ و پلوئید، ۱۲. باندستون مرجانی، ۱۳. نومولیتس پکستون، ۱۴. نومولیتیده وکستون، ۱۵. مادستون - وکستونی فرامینیفر شناور نومولیت‌دار.

و جورشدگی خوب دانه‌ها مربوط به محیط با انرژی بالای محیط رسوب‌گذاری ریزرخساره بایوکلست گریستون حاوی روزنداران بدون منفذ و پلوئید است (Corda and Brandano, 2003). ریزرخساره باندستون مرجانی از کلنی‌های مرجانی تشکیل شده که توسط سیمان دولومیتی و یا میکرایت پر شده است. این ریزرخساره توسط جانداران درجا، در حاشیه پلتفرم به صورت ریف‌های تکه‌ای تشکیل شده و نشان‌دهنده بالاترین میزان انرژی در محیط است. سیمانی شدن همزمان با رشد کلنی‌ها باعث استحکام چارچوب مرجانی در مقابل امواج پرنرژی می‌شود (Tucker and Wright, 1990).

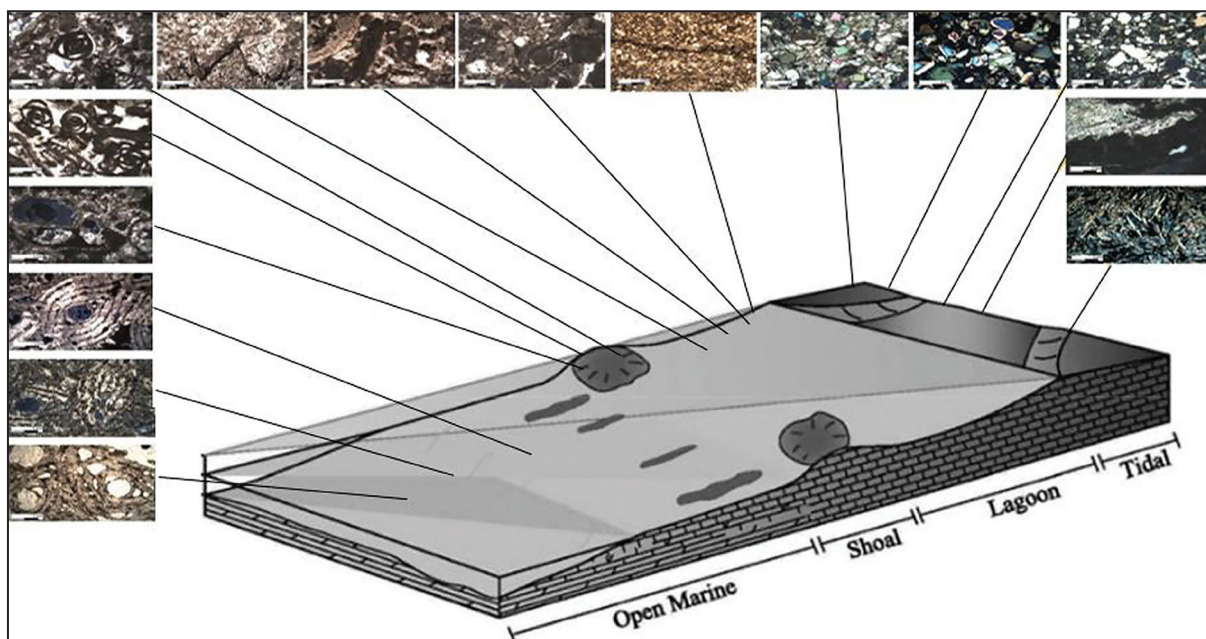
– **گروه رخساره‌ای دریای باز:** این گروه شامل سه ریزرخساره نومولیتس پکستون، ریزرخساره نومولیتیده وکستون و ریزرخساره مادستون-وکستونی فرامینفر شناور نومولیت دار می‌باشد (شکل ۲). تخلخل‌های درون‌دانه‌ای و حفره‌ای و آثار خردشدگی فسیل‌ها به فراوانی در این ریزرخساره دیده می‌شود. وجود زمینه میکربیتی و وجود فرامینفرهای نومولیت نشان‌دهنده انرژی کم و محیط دریای باز است (Geel, 2000).

۴-۲. تفسیر محیط رسوبی و ارائه مدل رسوبی سازند آسماری

مطالعه و توصیف ریزرخساره‌های سازند آسماری در میدان مورد مطالعه و همچنین تبدیل تدریجی رخساره‌ها به یکدیگر، نبود ریف‌های سدی پیوسته، عدم وجود رخساره‌های ریزشی و لغزشی نشان می‌دهد که این سازند در یک رمپ کربناته با شیب ملایم تشکیل شده است. بر اساس مطالعه توالی ریزرخساره‌ها، پنج زیرمحیط رسوبی در این رمپ کربناته تشخیص داده شده است. در این مدل حدهای لایه‌ای و دریای باز را یک سری سدهای بایوکلستی تشکیل داده‌اند که این دو زیر محیط را از یکدیگر جدا می‌کنند. در برخی نواحی آثاری از موجودات ریف ساز به خصوص ریف‌های مرجانی نیز دیده می‌شود که با توجه به عدم گسترش آنها و نیز قرار گرفتن در پشت سدها و نیز دارا بودن اجزای لاگونی، به نظر می‌رسد که از انواع ریف‌های کومه‌ای باشند (Wilson, 1975). در زیر محیط سدی، به دلیل عملکرد شدید امواج و بالا بودن انرژی محیط، رخساره‌های گریستونی ایجاد گردیده و به سمت لاگون عمدتاً فسیل‌های میلیولید و گاستروپود گسترش یافته‌اند. وجود فابریک فنسترال و بلورهای کانی‌های تبخیری نشان از وجود پهنه‌های جزر و مدی در محیط گرم تا نیمه گرم دارد. در شکل ۳ مدل رسوبی پیشنهادی برای سازند آسماری در چاه A و توزیع ریز رخساره‌ها در زیر محیط‌های رسوبی تشخیص داده شده، نشان داده شده است.

– **گروه رخساره‌ای لاگون:** این گروه شامل چهار ریزرخساره دولومادستون، ریزرخساره پکستون بایوکلستی، ریزرخساره وکستون - پکستون با فرامینفرهای بنتیک، پلوئید و بایوکلست دار و ریزرخساره مادستونی است (شکل ۲). ریز رخساره دولومادستون به شدت تحت تأثیر فرایند دولومیتی شدن قرار گرفته است و به علت وجود مواد آلی به رنگ تیره مشاهده می‌شود. بافت فاقد فسیل و وجود قالب‌های تبخیری در آن نشان‌دهنده چرخش محدود آب و نبود شرایط مناسب برای زیست موجودات در محیط لاگون نزدیک به ساحل است. در ریزرخساره پکستون بایوکلستی وجود فرامینفرهای بنتیک مانند میلیولید، گاستروپود و قطعات جلبکی آهکی تأییدکننده رسوب‌گذاری در محیط لاگون است (Flügel, 2010). میکربیتی شدن اجزای اسکلتی فرامینفرها و نبود سیمان‌های دریایی متأثر از انرژی پایین محیط رسوب‌گذاری است (Tucker and Wright, 1990). فرامینفرهایی با دیواره پرسیلانوز مانند میلیولید، دندرتینا، آرکیاس، پلوئید و همراه با مقادیر اندک از خرده‌های شکم پایان، دوکفه‌ای و نرم‌تنان مجموعه ارگانسیم‌های سازنده ریزرخساره وکستون - پکستون با فرامینفرهای بنتیک، پلوئید و بایوکلست‌دار را تشکیل می‌دهند. با توجه به حضور فرامینفرها با پوسته پرسیلانوز و حضور اندک فرامینفرهای هیالین و فون‌های دریای باز، می‌توان جایگاه این ریزرخساره را در قسمت‌های پرنرژی‌تر یک لاگون نیمه محصور در نظر گرفت (Wilson, 1975; Amirshahkarami et al., 2007). در ریزرخساره مادستونی، بافت میکربیتی با مقادیر اندک ذرات آواری و تنوع بسیار کم آلوکوم، نشان‌دهنده چرخش محدود آب و نبود شرایط مناسب برای زیست موجودات در محیط کم انرژی لاگونی است (Flügel, 2010).

– **گروه رخساره‌ای سدی:** این گروه شامل سه ریزرخساره پکستون - گریستون میلیولید، پلوئید و بایوکلست دار، ریزرخساره بایوکلست گریستون حاوی روزنداران بدون منفذ و پلوئید و ریزرخساره باندستون مرجانی می‌باشد (شکل ۲). زمینه میکربیتی همراه با آلوکوم‌هایی شامل فرامینفرهای میلیولید، آستروتریلینا، پلوئید و بایوکلست‌ها اجزای اصلی ریزرخساره پکستون - گریستون میلیولید، پلوئید و بایوکلست دار می‌باشد. با توجه به حضور فرامینفرهای محیط لاگونی، آثار کلسیتی شدن در زمینه میکربیتی و دانه‌پشتیان بودن این ریزرخساره می‌توان محیط تشکیل آن را به محیط سد نزدیک به لاگون نسبت داد (Geel, 2000). بافت دانه‌پشتیان متشکل از قطعات اینتراکلاستی و خرده‌های اسکلتی نظیر دوکفه‌ای، گاستروپود، خارداران، روزنداران و پلوئید، آثار کلسیتی شدن در زمینه میکربیتی



شکل ۳- توزیع ریزرخساره‌ها و مدل محیط رسوبی پیشنهادی برای رسوب‌گذاری سازند آسماری در چاه A.

۵- چینه‌نگاری سکانسی بر اساس رخساره‌های سنگی

بررسی توالی ریزرخساره‌های سنگی سازند آسماری در میدان مورد مطالعه نشان می‌دهد که سکانس‌های این سازند با توالی رخساره‌های عمیق‌شونده به سمت بالا در سیستم تراکت پیشرونده (TST) شروع شده، در ادامه به سطوح حداکثر غرقابی یا حداکثر پیشروی آب دریا (MFS) و در نهایت به توالی رخساره‌های کم‌عمق شونده به سمت بالا در سیستم تراکت تراز بالا (HST) ختم می‌شوند. در توالی مورد مطالعه، ۶ سکانس رده سوم، ۶ سطح حداکثر غرقابی و ۷ مرز سکانسی (SB) شناسایی شدند (شکل ۴). مرزهای سکانسی با نهشته شدن رخساره‌های پهنه جزر و مدی به‌ویژه لایه‌های انیدریتی بر روی رخساره‌های عمیق‌تر مشخص شدند. مشخصه اصلی سطوح حداکثر غرقابی، قرارگیری رخساره‌های عمیق‌تر بر روی رخساره‌های کم‌عمق‌تر است. سکانس‌های تشخیص داده شده در توالی مورد مطالعه از پایین به بالا به شرح ذیل می‌باشند:

— **سکانس اول:** این سکانس در چاه A از عمق ۲۴۹۰ تا ۲۴۵۴ متری، با ستبرای ۳۶ متر، شامل سیستم تراکت پیشرونده، سطح حداکثر غرقابی و سیستم تراکت تراز بالا است. مرز زیرین این سکانس که در قاعده سازند آسماری قرار دارد یک مرز ناپوستگی با سازند جهرم است که بر روی سنگ آهک‌های کم‌عمق سازند جهرم قرار گرفته است. بنابراین مرز زیرین سکانس اول یک مرز سکانسی از نوع اول (SB1) است. بخش زیرین سکانس اول با تغییر روند از ریزرخساره نومولیتس پکستون به ریزرخساره نومولیتس و کستون شروع می‌شود که مشخصه محیط دریای باز و افزایش نسبی سطح آب دریا در یک سیستم تراکت پیشرونده است (Vennin et al., 2003). با ادامه بالا رفتن نسبی سطح آب دریا و رسوب‌گذاری ریزرخساره مادستون-و کستون حاوی فرامینفرهای منفذدار، سطح حداکثر غرقابی در عمق ۲۴۷۲ متری توالی مورد مطالعه قرار گرفته است. بعد از این سطح به سمت بالا، با توجه به افزایش فرامینفرهای بنتیک بی‌منفذ که در محیط‌های کم‌عمق لاگون و نزدیک به ساحل فراوانی بیشتری دارند، کاهش نسبی سطح آب دریا در این بخش از سکانس وجود داشته است (Vaziri-Moghaddam et al., 2006). این بخش به سیستم تراکت تراز بالا منسوب شده است. مرز بالایی زیررخساره انیدریتی در عمق ۲۴۵۴ متری به‌عنوان مرز بالایی سکانس اول در نظر گرفته شده است. مرز بالایی سکانس اول به دلیل عدم وجود شواهد خروج از آب یک مرز سکانسی از نوع دوم (SB2) به‌شمار می‌شود. بنابراین این سکانس بین یک مرز فرسایشی از نوع اول در پایین و یک مرز غیر فرسایشی از نوع دوم در بالا قرار دارد (شکل ۴).

— **سکانس دوم:** این سکانس ۳۳ متر ستبرای دارد و با رخساره‌های سیستم تراکت پیشرونده به ستبرای ۱۰ متر شروع شده است. سنگ‌شناسی در این سکانس بیشتر دولومیت و دولومیت آهکی است. بخش پایینی این سکانس که در آن ریزرخساره‌های محیط‌های عمیق‌تر مانند مادستون-و کستونی بر روی ریزرخساره‌های محیط‌های کم‌عمق‌تر پکستون بایو کلاستی قرار گرفته‌اند، به‌عنوان دسته رخساره‌های سیستم تراکت پیشرونده در نظر گرفته شده‌اند و بیانگر بالا آمدن نسبی سطح آب دریا می‌باشند. با ادامه روند پیشروی، سطح نسبی آب دریا به بالاترین حد خود رسیده است که منجر به تشکیل سدهای بایو کلاستی پراثری مانند باندستون مرجانی در عمق ۲۴۴۴ متری شده است. این عمق به عنوان سطح حداکثر غرقابی در نظر گرفته شده است. به تدریج با خارج شدن از حالت سکون نسبی سطح آب دریا، دسته رخساره‌های سیستم تراکت تراز بالا نظیر میلیولیدها و آستروتریلینا که حاکی از محیط آب‌های کم‌عمق مجموعه رخساره‌ای سد هستند (Geel, 2000) شکل گرفته‌اند. در این بخش تنوع فرامینفرها به حد بیشینه رسیده است که نشانگر سیستم تراکت تراز بالا است (Vaziri-Moghaddam et al., 2006). در عمق ۲۴۲۱ متری با وجود رخساره انیدریتی که نشان از پایین آمدن نسبی سطح آب دریا است، مرز بالایی سکانس دوم مشخص شده است. مرز بالایی این سکانس به دلیل عدم وجود شواهد خروج از آب به‌صورت مرز غیر فرسایشی و مرز سکانسی نوع دوم در نظر گرفته شده است (شکل ۴).

— **سکانس سوم:** این سکانس ۴۷ متر ستبرای دارد، در عمق ۲۴۲۱ تا ۲۳۷۴ متری قرار دارد. سیستم تراکت پیشرونده با دسته رخساره‌های و کستون-پکستون فرامینفرهای بنتیک نظیر میلیولید شروع شده و با تغییر به سمت بالا به رخساره‌های پکستون بایو کلاستی، روند افزایش نسبی سطح آب دریا را نشان می‌دهد. با ادامه پیشروی با وجود رخساره سدهای بایو کلاستی پراثری نظیر گریستون بایو کلاستی، سطح حداکثر غرقابی در عمق ۲۴۰۷ متری مشخص می‌شود. پس از این سطح، کاهش نسبی سطح آب دریا، سیستم تراکت تراز بالا را نشان می‌دهد. دسته رخساره‌های مربوط به این سیستم تراکت شامل فرامینفرهای بی‌منفذ بایو کلاست و کستون-پکستون در یک بافت گل پشتیبان تا دانه‌پشتیبان است که دارای فونای فرعی گاستروپود است. حضور گسترده فونایی با دیواره پرسلاست و عدم حضور روزن‌داران با دیواره هیالین حاکی از محیط آرام و کم‌عمق بوده است (Flügel, 2010). این روند پسرونده ادامه داشته تا اینکه در عمق ۲۳۷۴ متری سطح نسبی آب دریا به پایین‌ترین حد خود در این سکانس یا مرز سکانسی بالایی می‌رسد. به دلیل عدم وجود شواهد خروج از آب، این مرز گویای مرز سکانسی نوع دوم می‌باشد (شکل ۴).

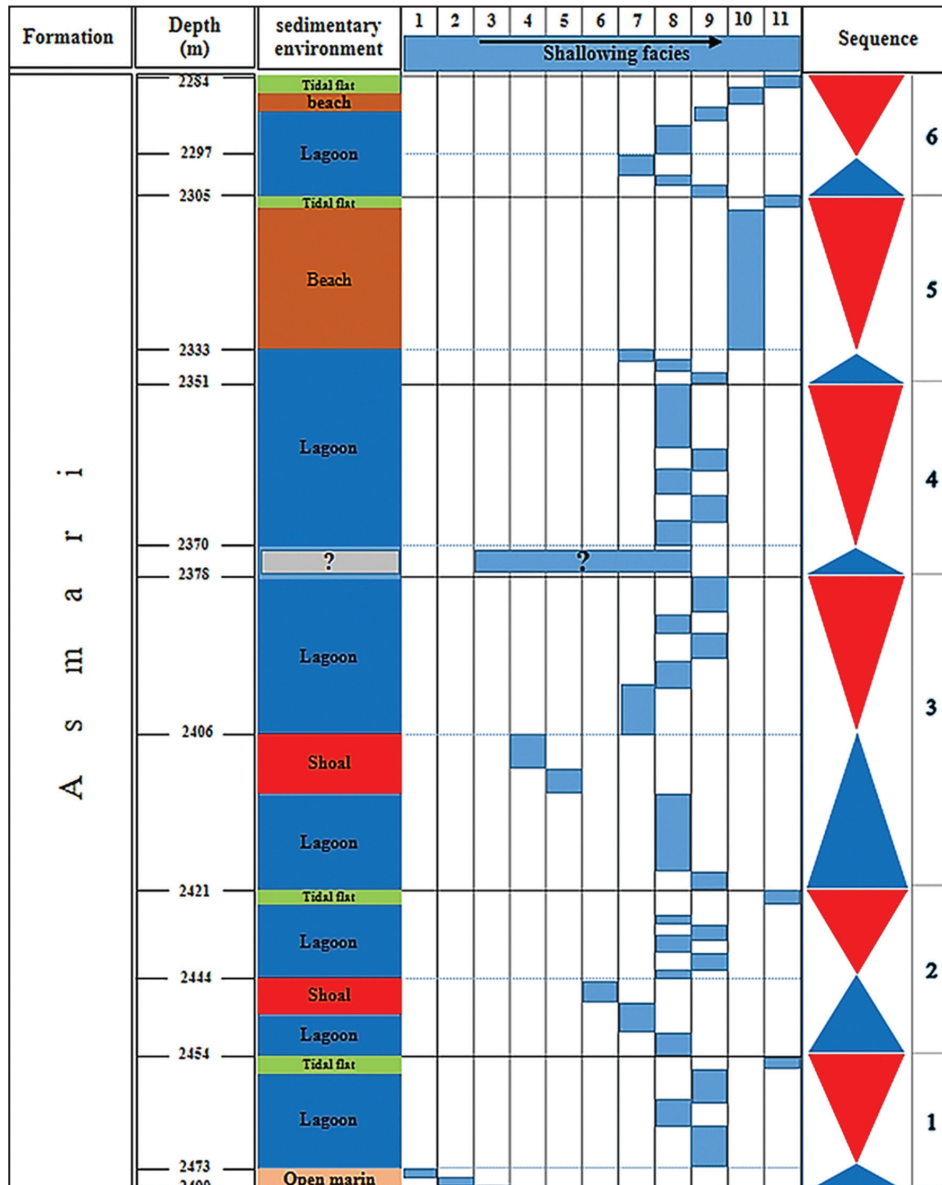
— **سکانس چهارم:** این سکانس از عمق ۲۳۷۴ تا ۲۳۵۳/۵ متری، در مجموع ۲۰/۵ متر ستبرای دارد و شامل سیستم تراکت پیشرونده، سطح حداکثر غرقابی و سیستم تراکت تراز بالا می‌باشد. سیستم تراکت پیشرونده شامل مجموعه رخساره‌های پکستون بایو کلاستی تا نومولیتس پکستون می‌باشد که روند افزایش نسبی سطح آب دریا را نشان می‌دهند. در این سکانس، سطح حداکثر غرقابی در عمق ۲۳۷۰ متری قرار دارد. پس از آن به سمت بالای توالی، وجود دسته رخساره‌های کم‌عمق شونده از فرامینفرهای بنتیک نظیر میلیولید و فونای گاستروپودها تا پکستون بایو کلاستی نشانگر کاهش نسبی سطح آب دریا می‌باشند که به سیستم تراکت تراز بالا منسوب شده است. این روند پسرونده در توالی مورد مطالعه ادامه داشته تا عمق ۲۳۵۳/۵ متری که معادل مرز بالایی سکانس چهارم است. این مرز از نوع دوم و بدون شواهد خروج از آب می‌باشد (شکل ۴).

— **سکانس پنجم:** ستبرای این سکانس ۴۶ متر است که از عمق ۲۳۵۳/۵ تا ۲۳۰۷/۵ متری می‌باشد. در قاعده سکانس پنجم، فرامینفرهای بی‌منفذ نظیر میلیولیدها با رخساره و کستونی فراوانی بیشتری دارند اما به سمت بالا رخساره مادستونی فراوان‌تر شده است که نشانه بالا رفتن نسبی سطح آب دریا در سیستم تراکت پیشرونده می‌باشد. با ادامه روند پیشروی، سطح آب دریا در عمق ۲۳۳۳ متری با تشکیل رخساره مادستون بایو کلاست‌دار به بالاترین حد خود در این سکانس رسیده است که بیانگر سطح حداکثر غرقابی می‌باشد. پس از این سطح با کاهش نسبی سطح آب دریا، رخساره‌های ماسه‌سنگی ساحلی نظیر کوارتزوک و کوارتز آرنایت به ستبرای ۲۶ متر در این بخش رسوب‌گذاری کرده‌اند که سیستم تراکت تراز بالا را مشخص می‌کنند. این روند پسرونده ادامه یافته تا در عمق ۲۳۰۷/۵ متری سطح آب دریا به پایین‌ترین حد خود رسیده است. وجود رخساره انیدریتی در این عمق نشان از پایین آمدن نسبی سطح آب دریا و مرز بالایی سکانس پنجم می‌باشد. این مرز به دلیل عدم وجود شواهد خروج از آب، مرز سکانسی نوع دوم می‌باشد (شکل ۴).

— **سکانس ششم:** این سکانس از عمق ۲۳۰۷/۵ تا ۲۲۸۳ متر و به ستبرای ۲۴ متر است. در سیستم تراکت پیشرونده، رخساره‌های و کستون-پکستون بایو کلاستی به رخساره مادستونی افزایش پیدا کرده‌اند. سطح حداکثر غرقابی این سکانس با تشکیل مادستون-و کستون حاوی فرامینفرهای بی‌منفذ در عمق ۲۲۹۸ متری مشخص شده است. پس از حداکثر گسترش سطح آب دریا و با پسروی آب دریا، به تدریج از رخساره‌های پکستون-و کستون محیط لاگونی کم شده و رخساره‌های ساحلی و دولومادستون جزر و مدی گسترش پیدا کردند که این روند نشان از کاهش نسبی سطح آب دریا دارد. با توجه به این روند، این قسمت به سیستم تراکت تراز بالا

بین سازندهای آسماری و گچساران، مرز سکansı بالایی این سکانس از نوع اول است. بنابراین، این سکانس بین یک مرز غیر فرسایشی از نوع دوم در پایین و یک مرز فرسایشی از نوع اول در بالا قرار دارد (شکل ۴).

منسوب شده است. ریز رخساره انیدریت در بالای سکانس به سترای ۳ متر، شاخص حداکثر پایین آمدن سطح آب دریا و مهم‌ترین ویژگی برای تشخیص مرز سکansı است، که مرز بالایی سکانس ششم را مشخص کرده است. با توجه به مرز ناپیوسته



شکل ۴- تحلیل ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکansı سازند آسماری در چاه A که شامل ۶ سکانس رسوبی و ۱۱ ریزرخساره اصلی می‌باشد. ریزرخساره‌ها: (۱) مادستون-وکستون حاوی فرامینفر منفذدار (۲) نومولیتس و کستون (۳) نومولیتس پکستون (۴) گرینستون بایوکلاست‌دار (۵) پکستون-گرینستون حاوی فرامینفرهای بی‌منفذ (۶) باندستون مرجانی (۷) مادستون-وکستونی (۸) پکستون بایوکلاستی (۹) و کستون-پکستون فرامینفرهای بنتیک (۱۰) کوارتر آرنایت (۱۱) انیدریت.

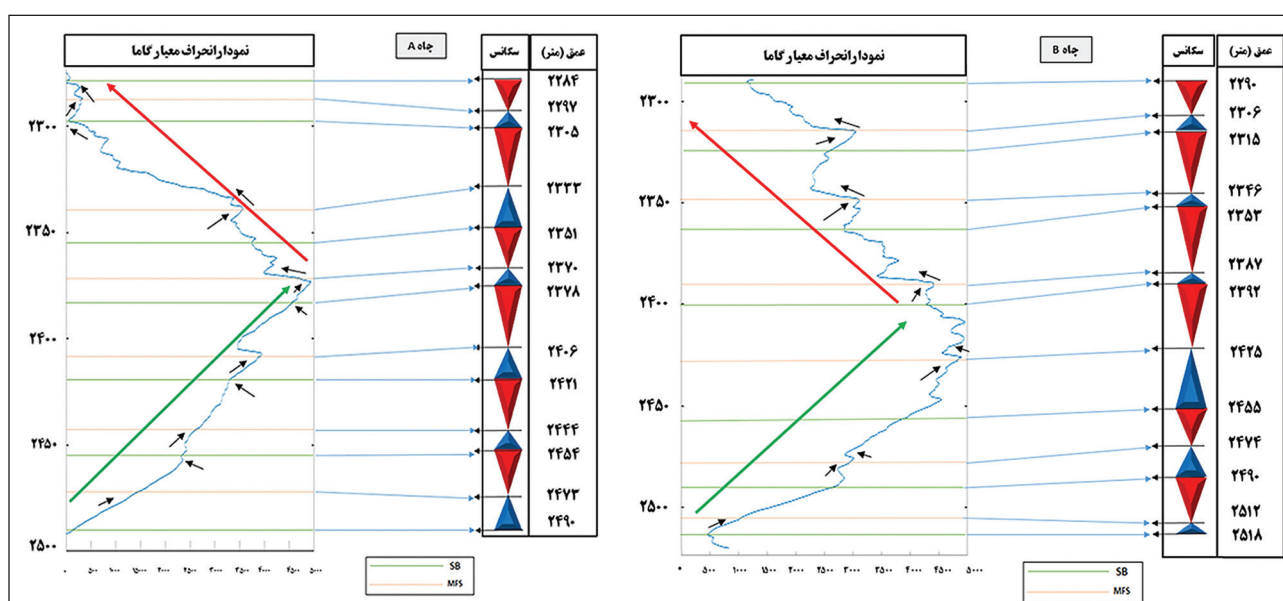
۶- چینه‌نگاری سکansı بر اساس انحراف معیار نگار گاما

دیاژنزی می‌پذیرد که این مورد بیشتر مرتبط با ماهیت سنگ‌های کربناته و مقادیر کمتر عناصر توریم، پتاسیم و اورانیم در آنها می‌باشد. بنابراین، نگار گاما یکی از مناسب‌ترین نگارهای چاه‌پیمایی برای مطالعات چینه‌نگاری سکansı می‌باشد. در روش انحراف معیار نگار گاما، با توجه به این نکته که در هر مرحله از تغییرات نسبی سطح آب دریا، نگار گاما همواره انحراف از متوسط مشخصی را دنبال می‌کند، سبب می‌گردد تا جمع تغییرات این انحراف از متوسط داده‌ها نشان‌دهنده شرایط

تغییر شکل نگار گاما در سنگ‌های رسوبی در ارتباط با محیط رسوب گذاری آنهاست (Serra, 1986). این نمودار اطلاعات مهمی در مورد سترای لایه‌ها، سنگ‌شناسی، محیط رسوبی و تغییرات نسبی سطح آب دریا ارائه می‌کند (Catuneanu, 2018). از تغییرات شکل نمودار گاما برای تفسیر چرخه‌های رسوبی یا تغییرات رخساره‌ها استفاده می‌شود (Rider, 2002؛ آوریجانی و همکاران، ۱۳۹۲). تغییرات نمودار گاما در سنگ‌های کربناته نسبت به سنگ‌های آواری تأثیر بسیار کمتری از فرایندهای

کاهش مقدار API تعیین شده است. در این مطالعه، تشخیص سکانس‌های رده بالاتر (رده سوم) در نگار انحراف معیار گاما چاه A با کمک تطابق نمودار با نتایج تفسیر سکانس‌ها بر اساس رخساره‌های سنگی صورت گرفته است (شکل ۵). مقایسه شدت نمودار انحراف معیار گاما برای دسته رخساره‌های سیستم تراکت پیشرونده در هر سکانس نشان‌دهنده یک روند تدریجی افزایشی است، در حالی که این حالت در مورد دسته رخساره‌های سیستم تراکت تراز بالا در هر سکانس از نوع کاهشی است. در ادامه، بر اساس مطالعات چینه‌نگاری سکانسی انجام‌شده در چاه A، چینه‌نگاری سکانسی در چاه B نیز توسط روش انحراف معیار نگار گاما مشخص و تطابق داده شده است. همان‌طور که در شکل ۵ قابل مشاهده است، در هر دو توالی، در روند کلی پیشروی سه سکانس و در روند پسرونده کلی نیز سه سکانس در نگار انحراف معیار گاما تشخیص داده شده است (شکل ۵).

نسبی سطح آب دریا از پیشرونده به پسرونده و یا بالعکس باشد (توکلی، ۱۳۹۳). آنالیز تجمعی انحراف معیار گاما در سازند آسماری در چاه A، یک چرخه کلی پیشروی-پسروی آب دریا و سکانس رسوبی رده دوم را نشان می‌دهد (شکل ۵). بر اساس این نمودار، انحراف معیار نگار گاما از قاعده سازند آسماری در عمق حدود ۲۵۰۰ متر به سمت بالا افزایش تدریجی مقدار API را نشان می‌دهد. روند افزایشی رو به بالای API در نمودار گامای این بخش نشان‌دهنده افزایش نسبی سطح آب دریا و پیشروی است. نگار انحراف معیار گاما در عمق ۲۳۷۰ متری افزایش شاخص در مقدار API را نشان می‌دهد که با بیشترین پیشروی آب دریا و سطح حداکثر غرقایی مشخص شده در سکانس چهارم مطابقت دارد. پس از این عمق، روند کاهشی API در نمودار گاما نشان از کاهش نسبی سطح آب دریا و پسروی می‌باشد. پسروی آب دریا در انتها با یک مرز سکانسی فرسایشی از نوع اول و با یک تغییر مشخص در



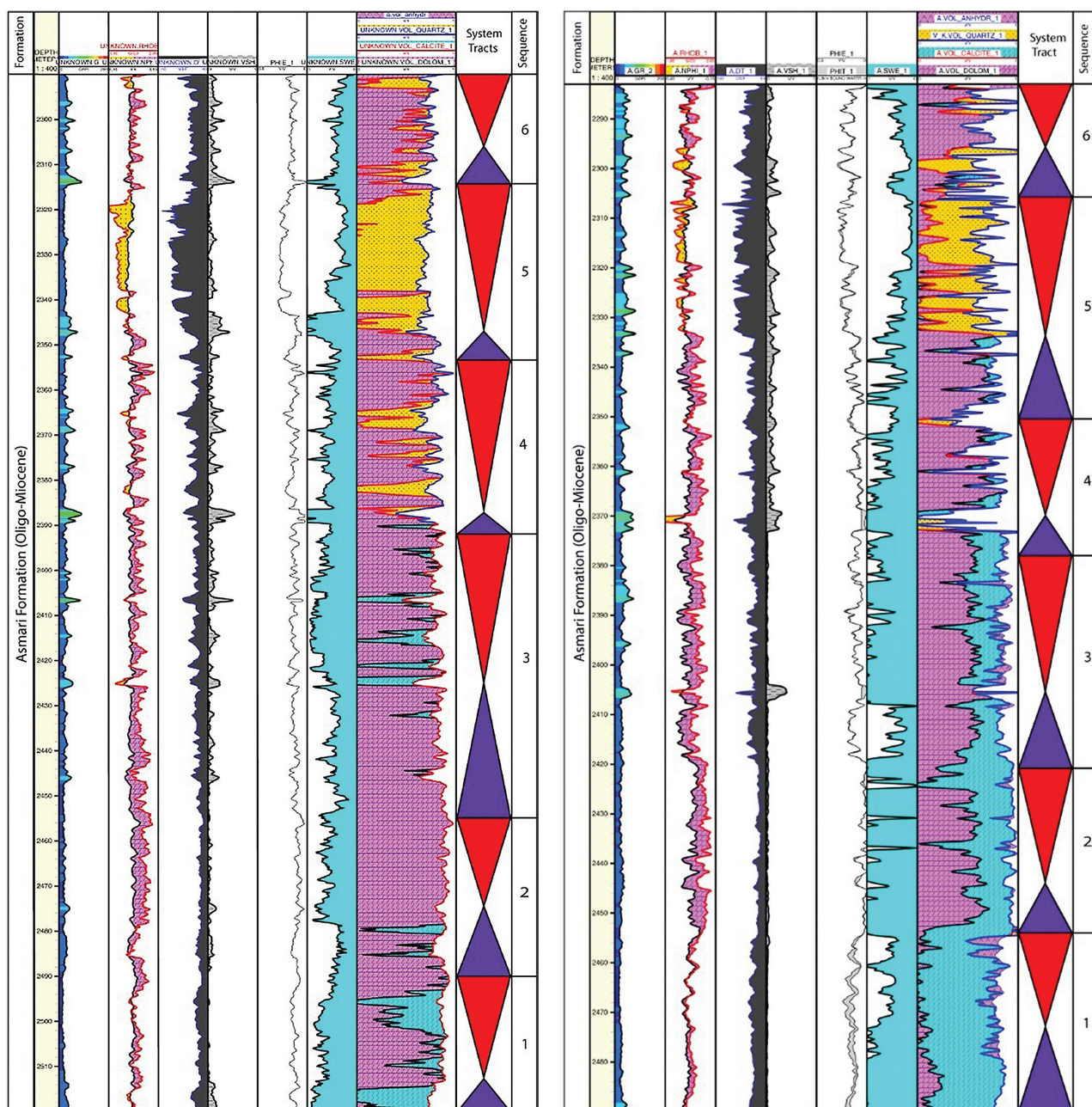
شکل ۵- نمودار انحراف معیار گامای سازند آسماری در چاه‌های A و B.

حجم شیل: حجم شیل یکی از اساسی‌ترین و مهم‌ترین پارامترهای مورد بررسی در کلیه مطالعات پتروفیزیکی و کیفیت مخزنی است (Adams and Weaver, 1985). در واقع تعیین دقیق کیفیت مخزنی و پارامترهای دیگر پتروفیزیکی مانند تخلخل، نوع و توزیع سیال مخزنی، تراوایی و لیتولوژی عمدتاً بر مبنای ارزیابی این پارامتر است (Kamel and Mabrouk, 2003). بر اساس مقادیر حجم شیل، سنگ‌ها را به سه دسته تمیز با حجم شیل کمتر از ۱۰٪، سازند شیلی با حجم شیل ۱۰-۳۳٪ و سازند شیلی با حجم شیل بیش از ۳۳٪ تقسیم کرده‌اند. برای محاسبه حجم شیل به‌طور معمول از نگار CGR (Computed Gamma Ray) استفاده می‌شود زیرا این نگار تنها به پتانسیم و توریم سازند حساس است و تحت تأثیر اورانیم موجود در لایه‌های غیرشیلی قرار نمی‌گیرد (صیرفیان، ۱۳۸۷). برای محاسبه حجم شیل از روی نگار گاما از رابطه (۱) استفاده می‌شود (Doveton, 1986).

رابطه (۱)
$$V_{sh} = (CGR - CGR_{min}) / (CGR_{max} - CGR_{min})$$
 در این رابطه، CGR_{max} مربوط به بخش شیلی، CGR_{min} مربوط به بخش تمیز و CGR قرائت نمودار گاما در عمق مورد نظر می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبه میانگین حجم شیل هر یک از سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های سازند آسماری در توالی‌های چاه‌های A و B در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

۷- محاسبه میانگین پارامترهای پتروفیزیکی در سکانس‌ها و سیستم تراکت‌ها

با توجه به ارتباط بین تغییرات نسبی سطح آب دریا و گسترش رخساره‌های مختلف، چینه‌نگاری سکانسی اطلاعات با ارزشی در خصوص نحوه گسترش رخساره‌های مستعد مخزن و یا رخساره‌های غیرمخزنی در اختیار قرار می‌دهد. در این بخش کیفیت مخزنی هر یک از سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های تعیین شده در سازند آسماری چاه‌های مورد مطالعه مورد ارزیابی‌های پتروفیزیکی قرار گرفته است (شکل ۶). نوع لیتولوژی، حجم شیل، میزان تخلخل و اشباع آب مهم‌ترین پارامترهایی هستند که در ارزیابی‌های پتروفیزیکی برای تعیین کیفیت مخزنی به کار می‌روند (Asquith et al., 2004). این پارامترها می‌توانند به‌طور غیرمستقیم توسط ارزیابی‌های پتروفیزیکی نگارهای چاه‌پیمایی به‌دست آیند (رضایی و چهارزی، ۱۳۸۹). در این مطالعه، با وجود سنگ‌شناسی تعیین شده توسط مطالعات سنگ‌نگاری و تراوایی تعیین شده از طریق آزمایشات مغزه، پارامترهای پتروفیزیکی دیگر شامل حجم شیل، تخلخل و اشباع آب توسط نمودارهای چاه‌پیمایی در نرم افزار ژئولاگ و به روش قطعی (Determine) تعیین شده است. پارامترهای پتروفیزیکی مورد مطالعه در توالی‌های سازند آسماری در چاه‌های A و B به شرح ذیل می‌باشند:



شکل ۶- نمایش نگاره‌های چاه‌پیمایی و پارامترهای پتروفیزیکی در هر سکانس و سیستم تراکت در چاه‌های A (سمت راست) و B (سمت چپ).

جدول ۱- مقادیر پارامترهای پتروفیزیکی در سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های چاه A.

چاه A								
میانگین تراوایی مغزه (mD)		میانگین حجم شیل (%)		میانگین اشباع آب (%)		میانگین تخلخل مؤثر (%)		سیستم تراکت سکانسی
HST	TST	HST	TST	HST	TST	HST	TST	
۳۹	۳۳	۲/۷	۱/۸	۶۰	۹۶	۱۱	۱۲	۱
۲۲	۲۰	۲/۹	۳/۶	۸۹	۹۵/۵	۲/۸	۲/۷	۲
-	۷۹	۴/۶	۴/۲	۹۰	۵۸/۳	۹/۵	۱۰	۳
-	-	۱۲/۳	۹/۵	۷۵	۹۰	۸	۷/۱	۴
۶۲۶	۶۰۰	۱۰	۱۲	۲۶/۵	۵۶/۷	۲۰	۱۱/۴	۵
۲۸۵	۳۳۴	۷	۱۲/۷	۴۱/۱	۳۳/۶	۱۷/۸	۱۶/۷	۶
-	-	۶/۵۸	۷/۳	۶۳/۶	۷۱/۶۸	۱۱/۵۱	۹/۹۸	میانگین کل

جدول ۲- مقادیر پارامترهای پتروفیزیکی در سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های چاه B.

چاه B						
میانگین حجم شیل (%)		میانگین اشباع آب (%)		میانگین تخلخل مؤثر (%)		سیستم تراکت سکانس
HST	TST	HST	TST	HST	TST	
۳	۸	۶۶/۴	۷۸	۱۳/۱	۱۲/۷	۱
۱/۹	۵/۲	۶۰	۴۸	۸/۷	۱۱	۲
۸/۲	۵/۱	۷۶/۲	۴۷/۴	۱۳/۶	۱۲/۴	۳
۹/۱	۲۰	۶۱/۶	۷۶	۱۴/۵	۹/۱	۴
۷/۲	۱۱/۹	۴۲/۷	۶۰	۲۲/۱	۱۳/۵	۵
۱۱	۱۷	۳۸/۵	۵۱/۶	۱۵/۲	۱۴/۲	۶
۶/۷۳	۱۱/۲	۵۷/۵۶	۶۰/۱۶	۱۴/۵۳	۱۲/۱۵	میانگین کل

در این مطالعه، حد (Cut-off) حجم شیل ۱۰٪ تا حداکثر ۳۳٪ بر اساس تقسیم‌بندی (Kamel and Mabrouk (2003) و حد اشباع آب ۵۰٪ براساس مطالعات قاسم‌العسکری (۱۳۹۳) برای کیفیت مخزن مناسب در میدان مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. پارامترهای پتروفیزیکی و کیفیت مخزنی در هر یک از سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های سازند آسماری در چاه A به شرح ذیل می‌باشند:

– **رخساره‌های رسوبی و کیفیت مخزنی سکانس اول:** سیستم تراکت پیشرونده سکانس اول که از سه ریز رخساره مادستون-و کستون نومولیتدار، نومولیتس و کستون و نومولیتس پکستون، در محیط دریای باز تشکیل شده به‌طور میانگین دارای تخلخل مؤثر ۱۲٪، اشباع آب ۹۶٪ و حجم شیل ۱/۸٪ است. در این سیستم تراکت با وجود تخلخل مؤثر نسبتاً خوب و مقادیر کم حجم شیل، مقدار زیاد اشباع آب نشان از کیفیت مخزنی پایین دارد. سیستم تراکت تراز بالای این سکانس که در محیط لاگون تشکیل شده، حاوی ریزرخساره‌های پکستون بایوکلستی و کستون - پکستون فرامینفر بنتیک می‌باشد. در این سیستم تراکت با توجه به میانگین تخلخل ۱۱٪، میانگین اشباع آب ۶۰٪ و میانگین حجم شیل ۲/۷٪، کیفیت مخزنی از سیستم تراکت پیشرونده بهتر می‌باشد. با این حال در بخش بالایی سیستم تراکت تراز بالا به دلیل وجود لایه‌های انیدریتی تشکیل شده در محیط پهنه‌های جزرومدی، از کیفیت مخزنی به‌شدت کاسته شده است.

– **رخساره‌های رسوبی و کیفیت مخزنی سکانس دوم:** سیستم تراکت پیشرونده در این سکانس حاوی رخساره‌های پکستون بایوکلستی، مادستون و کستونی و باندستون مرجانی می‌باشد که در محیط لاگون و سد نزدیک به لاگون تشکیل شده‌اند. با توجه به مقدار کم میانگین تخلخل مؤثر (۲/۷٪) و مقدار بالای میانگین اشباع آب (۹۵/۵٪)، با وجود میانگین حجم شیل کم (۳/۶٪)، کیفیت مخزنی این سیستم تراکت پایین می‌باشد. مشابه با سیستم تراکت پیشرونده، سیستم تراکت تراز بالای این سکانس نیز از کیفیت مخزنی ضعیفی برخوردار است. این سیستم تراکت متشکل از ریزرخساره‌های پکستون بایوکلستی، و کستون-پکستون فرامینفر بنتیک و انیدریت است که در محیط لاگون و پهنه‌های جزرومدی رسوب گذاری نموده‌اند. میانگین حجم شیل سیستم تراکت تراز بالا ۲/۹٪، میانگین تخلخل مؤثر ۲/۸٪ و مقدار میانگین اشباع آب ۸۹٪ می‌باشد.

– **رخساره‌های رسوبی و کیفیت مخزنی سکانس سوم:** ابتدای سیستم تراکت پیشرونده

– **تخلخل:** برای محاسبه تخلخل از نگاره‌های تخلخل مانند نوترون، چگالی و صوتی استفاده می‌شود. معمولاً تعیین مقادیر تخلخل با بهره‌گیری از دو یا سه نگار نتیجه بهتری می‌دهد (Hearst et al., 2000). در این مطالعه میزان تخلخل براساس کراس پلات نوترون-چگالی تعیین شده است. Fertl and Atlas (1981) جهت به دست آوردن تخلخل از کراس پلات نوترون-چگالی رابطه (۲) را ارائه کردند.

$$\varphi_{N-D} = \frac{(\rho_b - \rho_{m1})\varphi_{N2} - \varphi_N(\rho_{m2} - \rho_{m1})}{(\rho_F - \rho_{m1})\varphi_{N2} - (\rho_{m2} - \rho_{m1})} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، φ_{N-D} : تخلخل نوترون-چگالی، ρ_b : چگالی سیال سازند، φ_{m1} : چگالی ماتریکس کانی φ_{m2} : چگالی ماتریکس کانی φ_F : چگالی سیال سنگ، φ_{N2} : پاسخ نگار نوترون به کانی $m2$ و φ_N : تخلخل حاصل از لاگ نوترون است. در این مطالعه، مقادیر میانگین تخلخل مؤثر (PHIE) در هر یک از سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های توالی سازند آسماری در چاه‌های A و B، محاسبه و در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

– **آب اشباع‌شدگی:** درصد اشباع آب یکی از پارامترهای اصلی برای محاسبه حجم ذخیره مخازن هیدروکربوری است زیرا با داشتن درصد آب اشباع‌شدگی می‌توان درصد اشباع نفت و گاز را تعیین نمود. در سنگ‌های کربناته معمولاً درجه اشباع آب ۵۰٪ را به عنوان حد نهایی در نظر می‌گیرند (قاسم‌العسکری، ۱۳۹۳). در این مطالعه برای تعیین میزان آب اشباع‌شدگی از روش ایندونیازیا (Indonesia) که توسط Poupon and Leveau (1971) ارائه شده است (رابطه ۳) استفاده شده است.

$$\frac{1}{R_t} = \left[\left(\frac{\varphi^m}{a * R_w} \right)^{0.5} + \frac{(V_{sh})^{(1-0.5V_{sh})}}{(R_{sh})^{0.5}} \right]^2 * S_w^n \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه S_w : آب اشباع‌شدگی، n توان اشباع‌شدگی که معمولاً $n=2$ در نظر گرفته می‌شود، R_w : مقاومت آب سازندی برحسب اهم متر، R_t : مقاومت واقعی سازند برحسب اهم متر، a : ضریب پیچایی، m : ضریب سیمان شدگی، V_{sh} : حجم شیل و R_{sh} : مقاومت لایه شیلی است. در جدول‌های ۱ و ۲، مقادیر محاسبه شده میانگین اشباع آب حاصل از روش ایندونیازیا در هر یک از سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های توالی سازند آسماری در چاه‌های A و B آورده شده است.

پتروفیزیکی سیستم تراکت‌ها نشان می‌دهد که در هر دو چاه، سیستم تراکت‌های تراز بالا با میانگین تخلخل مؤثر بیشتر، میانگین حجم شیل کمتر و میانگین اشباع آب کمتر، کیفیت مخزنی بهتری نسبت به سیستم تراکت‌های پیشرونده دارند. همچنین مشخص شد که بهترین کیفیت رخساره‌های مخزنی مربوط به بخش‌های بالایی سیستم تراکت‌های پیشرونده و بخش‌های پایینی سیستم تراکت‌های تراز بالا است که بیشتر به علت عدم حضور انیدریت و وجود رخساره‌های دانه‌پشتیان و ساحلی که رخساره‌های مستعد مخزنی هستند، می‌باشد. بخش‌های بالایی سیستم تراکت‌های تراز بالا و مرزهای سکانسی به علت وجود لایه‌های انیدریت کمترین کیفیت مخزنی را داشته و به عنوان سدهای ناتراوای بین مخزنی عمل می‌نمایند.

۸- نتیجه‌گیری

مطالعات سنگ‌نگاری و ارتباط بین تغییرات سنگ‌شناسی و ریز رخساره‌های شناسایی شده سازند آسماری نشان دادند که این سازند در زیر محیط‌های رسوبی پهنه جزر و مدی، ساحلی، لاگون، سدی و دریای باز در یک رمپ کربناته نهشته شده است. بر اساس تغییرات نسبی سطح آب دریا، این سازند بیانگر یک سکانس رده دوم با پیشروی و پسروی کلی سطح آب دریا بوده است. در توالی‌های مورد مطالعه، ۶ سکانس رده سوم، ۶ سطح حداکثر غرقابی و ۷ مرز سکانسی تشخیص داده شدند. هر سکانس با رخساره‌های عمیق‌شونده به سمت بالا در سیستم تراکت پیشرونده شروع شده، به سطوح حداکثر غرقابی رسیده و در نهایت با رخساره‌های کم‌عمق شونده به سمت بالا در سیستم تراکت تراز بالا پایان می‌یابد. مرزهای سکانسی با نهشته شدن مجموعه رخساره‌های پهنه جزر و مدی به‌ویژه لایه‌های انیدریتی بر روی رخساره‌های عمیق‌تر مشخص شدند. ویژگی اصلی سطوح حداکثر غرقابی نیز قرارگیری مجموعه رخساره‌های کم‌عمق‌تر سازند بر روی مجموعه رخساره‌های عمیق‌تر است. بر اساس تطابق صورت گرفته بین رخساره‌های سنگی و نمودار تجمعی انحراف معیار گاما در یک توالی، سیستم تراکت‌ها، مرزهای سکانسی و سطوح حداکثر غرقابی در توالی دیگر نیز توسط نمودار تجمعی انحراف معیار گاما تعیین شدند. این سکانس‌ها با سکانس‌های تعیین شده بر اساس رخساره‌های سنگی مطابقت کامل دارند. شدت نمودار پرتوگاما برای مجموعه رخساره‌های سیستم تراکت پیشرونده در هر سکانس نشان‌دهنده یک روند تدریجی افزایشی است، در حالی که در رخساره‌های سیستم تراکت تراز بالا از نوع کاهشی است. در این توالی‌ها، کیفیت مخزنی هر یک از سیستم تراکت‌ها بر اساس تعیین پارامترهای حجم شیل، میزان تخلخل و اشباع آب مورد ارزیابی‌های پتروفیزیکی قرار گرفتند. نتایج ارزیابی‌ها نشان دادند که سکانس پنجم در درجه اول، سکانس ششم در درجه دوم و سکانس سوم در درجه سوم از نظر کیفیت مخزنی می‌باشند. میانگین پارامترهای پتروفیزیکی در کلیه سکانس‌ها مشخص کرد که سیستم تراکت‌های تراز بالا با میانگین تخلخل مؤثر بیشتر، میانگین حجم شیل کمتر و میانگین اشباع آب کمتر، کیفیت مخزنی بهتری نسبت به سیستم تراکت‌های پیشرونده دارند. در این میان، بخش‌های بالایی سیستم تراکت‌های پیشرونده و بخش‌های پایینی سیستم تراکت‌های تراز بالا به علت عدم وجود انیدریت و وجود رخساره‌های دانه‌پشتیان و ساحلی بهترین کیفیت مخزنی را دارند. در مقابل، بخش‌های بالایی سیستم تراکت‌های تراز بالا و مرزهای سکانسی به علت گسترش لایه‌های انیدریت کمترین کیفیت مخزنی را داشته و به عنوان سدهای بین مخزنی عمل می‌نمایند.

این سکانس از ریز رخساره‌های پکستون بایوکلستی و وکستون - پکستون فرامینفر بنتیک در محیط لاگون و انتهای آن از رخساره‌های گریستون بایوکلست‌دار و پکستون - گریستون حاوی فرامینفرهای بی‌منفذ در محیط سدی تشکیل شده است. میانگین تخلخل مؤثر در سیستم تراکت پیشرونده ۱۰٪، میانگین اشباع آب ۵۸/۳٪ و میانگین حجم شیل ۴/۲٪ است. با توجه به این پارامترها، کیفیت مخزنی در این سیستم تراکت متوسط است. در سیستم تراکت تراز بالای این سکانس که حاوی رخساره‌های مادستون و وکستونی، پکستون بایوکلستی و وکستون - پکستون فرامینفر بنتیک در محیط لاگون است، وجود میانگین تخلخل مؤثر نسبتاً خوب (۹/۵٪)، میانگین حجم شیل نسبتاً کم (۴/۶٪)، میانگین اشباع آب بالای سازند (۹۰٪) حاکی از کیفیت ضعیف مخزن می‌باشد.

– **رخساره‌های رسوبی و کیفیت مخزنی سکانس چهارم:** مجموعه رخساره‌های پکستون بایوکلستی تا نومولیتس پکستون در سیستم تراکت پیشرونده این سکانس دارای میانگین اشباع آب ۹۰٪، میانگین حجم شیل ۹/۵٪ و میانگین تخلخل مؤثر ۷/۱٪ می‌باشد. با توجه به پایین بودن تخلخل مؤثر و بالا بودن میانگین اشباع آب، این سیستم تراکت دارای کیفیت مخزنی ضعیفی می‌باشد. در سیستم تراکت تراز بالای این سکانس که حاوی رخساره‌های مادستون - وکستونی، پکستون بایوکلستی و وکستون - پکستون فرامینفرهای بنتیک می‌باشد نیز به دلیل میانگین تخلخل مؤثر نسبتاً پایین (۸٪)، میانگین حجم شیل بالا (۱۲/۳٪) و میانگین اشباع آب بالا (۷۵٪)، کیفیت مخزنی زیاد نمی‌باشد.

– **رخساره‌های رسوبی و کیفیت مخزنی سکانس پنجم:** میانگین تخلخل مؤثر ۱۱/۴٪، میانگین اشباع آب ۵۶/۷٪ و میانگین حجم شیل ۱۲٪ در سیستم تراکت پیشرونده سکانس پنجم که از ریز رخساره‌های مادستون - وکستونی، پکستون بایوکلستی و وکستون - پکستون فرامینفرهای بنتیک تشکیل شده است نشان از کیفیت مخزنی بالای این سیستم تراکت می‌باشد. رخساره‌های ماسه‌سنگی کوارتزوک و کوارتز آرنایت نهشته شده در محیط ساحلی در سیستم تراکت تراز بالای این سکانس نیز با تخلخل مؤثر ۲۰٪، میانگین اشباع آب ۲۶/۵٪ و میانگین حجم شیل ۱۰٪ دارای کیفیت مخزنی بسیار بالایی می‌باشند.

– **رخساره‌های رسوبی و کیفیت مخزنی سکانس ششم:** سیستم تراکت پیشرونده این سکانس با ریزرخساره‌های مادستون-وکستونی، پکستون بایوکلستی و وکستون - پکستون فرامینفرهای بنتیک شناسایی می‌شود. در این سیستم تراکت با وجود تخلخل مؤثر بالای ۱۶/۷٪، اشباع آب ۳۳/۶٪ و میانگین حجم شیل ۱۲/۷٪، مخزن از کیفیت خوبی برخوردار است. سیستم تراکت تراز بالای این سکانس با ریزرخساره‌های پکستون بایوکلستی و وکستون-پکستون فرامینفرهای بنتیک و کوارتز آرنایت محیط‌های لاگون و ساحلی مشخص می‌شوند. این سیستم تراکت نیز با وجود میانگین تخلخل مؤثر بالای ۱۷/۸٪، میانگین اشباع آب ۴۱/۱٪ و میانگین حجم شیل ۷٪، حاوی کیفیت مخزنی خیلی خوبی می‌باشد.

نتایج ارزیابی‌های پتروفیزیکی تعیین شده در سازند آسماری چاه‌های A و B در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. در شکل ۶ نیز نگارهای چاه‌پیمایی و پارامترهای پتروفیزیکی در سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های هر دو چاه نشان داده شده است. مقایسه کیفیت مخزنی سکانس‌ها در چاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهند که سکانس‌های پنجم و ششم بیشترین کیفیت مخزنی را دارند. سکانس سوم نیز با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، کیفیت مخزنی متوسطی دارد. مقایسه میانگین کل پارامترهای

کتابنگاری

- آورجانی، ش.، محبوبی، ا. و موسوی حرمی، ر.، ۱۳۹۲- چینه‌نگاری چرخه‌ای و تطابق مخزنی رسوبات الیگو-میوسن (سازند آسماری) در میدان نفتی مارون، حوضه زاگرس، زمین شناسی نفت ایران، دوره ۳، شماره ۴، صفحات ۲۳-۳۷.
- توکلی، و.، ۱۳۹۳- نگاره انحراف معیار گاما: ابزاری جدید جهت جدایش واحدهای سکانتسی در توالی‌های کربناته با مثالی از سازندهای کنگان و دالان، میدان گازی پارس جنوبی، پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب‌شناسی، شماره اول، دوره ۵، صفحات ۹۷-۱۱۰.
- رضایی، م. و چهرازی، ع.، ۱۳۸۹- اصول برداشت و تفسیر نگاره‌های چاه‌پیمایی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۹۹ صفحه.
- صیرفیان، ع.، ۱۳۸۷- اصول مقدماتی چاه‌پیمایی، دانشگاه اصفهان، چاپ چهارم، ۳۳۵ صفحه.
- قاسم‌العسکری، م. ک.، ۱۳۹۳- تحلیل و تفسیر نمودارهای چاه، انتشارات کتاب آوا، تهران، ۴۴۰ صفحه.

References

- Adabi, M. H., and Asadi-Mehmandosti, E., 2009- Microfacies and geochemistry of the ilam formation in the Tang-ERashid area, Izeh, SW Iran, *Journal of Asian Earth Sciences*. Vol. 33, pp. 267-277. DOI: 10.1016/j.jseas.2008.01.002.
- Adams, J. A., Weaver, C. E., 1985- Thorium ratios as indicator of sedimentary processes: Example of concept of geochemical facies, *AAPG Bulletin*, Vol. 42, pp. 387-430.
- Amirshahkarami, M., Vaziri-Moghaddam, H. and Taheri, A., 2007- Sedimentary facies and sequence stratigraphy of the Asmari Formation at Chaman-Bolbol, Zagros Basin, Iran. *Journal of Asian Earth Science*, Vol. 29, pp. 947-959. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2006.06.008>.
- Asquith, G. B., Krygowski, D., Henderson, S., and Hurley, N. 2004- Basic well log analysis, American Association of Petroleum Geologists. <https://doi.org/10.1306/Mth16823>.
- Catuneanu, O., 2006- Principles of Sequence Stratigraphy, (First Edition) Elsevier, Amsterdam, 375 p.
- Catuneanu, O., 2018- Model independent sequence stratigraphy, *Earth-Science Reviews*, Vol. 188, pp. 312-388. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.09.017>
- Corda, L., and Brandano, M., 2003- Aphotic zone carbonate production on a Miocene ramp, Central Apennines, Italy. *Sedimentary Geology*, Vol. 161 (1-2), pp. 55-70. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(02\)00395-0](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(02)00395-0).
- Doveton, J., 1986- Log analysis of subsurface geology: concepts and computer methods, Wiley-Interscience, 273p.
- Dunham, R. J., 1962- Classification of carbonate rocks according to depositional texture, in E. D. Ham, ed., Classification of carbonate rocks-Asymposium: AAPG Memoir. Vol. 1, pp. 108-121.
- Ehrenberg, S. N., and Svana, T. A., 2001- Use of spectral gamma-ray signature to interpret stratigraphic surfaces in carbonate strata: an example from the Finnmark carbonate platform (Carboniferous-Permian), Barents Sea, *AAPG Bulletin*, Vol. 85, pp. 295-308. <http://dx.doi.org/10.1306/8626C7C1-173B-11D7-8645000102C1865D>.
- Einsele, G., 2000- Sedimentary Basins: Evolution, Facies, and Sediment Budget. Publisher Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Number of Pages 792, Edition Number 2, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-04029-4>.
- Fertl, W. H., and Atlas D., 1981- Openhole Crossplot Concepts a Powerful Technique in Well Log Analysis, *Journal of Petroleum Technology*, Vol. 33, pp. 535-549, <https://doi.org/10.2118/8115-PA>.
- Flügel, E., 2010- Microfacies of carbonate Rocks Analysis, interpretation and Application. Springer-New York, 976 p.
- Fontana, S., Nader, F. H., Morad, S., Ceriani, A. and Al-Aasm, I. S., 2010- Diagenesis of the Khuff Formation (Permian-Triassic), Northern United Arab Emirates. *Arab Journal Geoscience*. pp. 95-111. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30609-9_10.
- Geel, T., 2000- Recognition of Stratigraphic Sequence in Carbonate Platform and Slope: Empirical Models Based on Microfacies Analysis of Palaeogene Deposits in Southeastern Spain. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, Vol. 155, pp. 211-238. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(99\)00117-0](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(99)00117-0).
- Hearst, J. R., Nelson P. H., and Paillet F. L., 2000- Well Logging for Physical Properties, Chichester ; New York : Wiley, 492 p.
- Kalvoda, J., Babek, O., Devuyast, F.X., and Sevastopolo, G.S., 2011- Biostratigraphy, sequence stratigraphy and gamma-ray spectrometry of the Tournaisian-Visean boundary interval in the Dublin Basin, *Bulletin Geosci*, Vol. 86, pp. 683-706. <http://dx.doi.org/10.3140/bull.geosci.1265>.
- Kamel, M. H., and Mabrouk, W. M., 2003- Estimation of shale volume using a combination of the three porosity logs, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 40 (3), pp. 145-157. [https://doi.org/10.1016/S0920-4105\(03\)00120-7](https://doi.org/10.1016/S0920-4105(03)00120-7).
- Kangazian, A. and Pasandideh, M., 2016- Sedimentary Environment and Sequence Stratigraphy of the Asmari Formation at Khaviz Anticline, Zagros Mountains, Southwest Iran. *Open Journal of Geology*, Vol. 6, pp. 87-102. 10.4236/ojg.2016.62009.
- Kordi, M., Morad, S., Turner, B., and Salem, A.M.K., 2017- Sequence stratigraphic controls on formation of dolomite: Insights from the Carboniferous Um Bogma Formation, Sinai-Egypt, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 14920, pp. 531-539. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2016.10.067>.

- Kordi, M., Turner, B., and Salem, A.M.K., 2011- Linking diagenesis to sequence stratigraphy in fluvial and shallow marine sandstones: Evidence from the Cambrian–Ordovician lower sandstone unit in southwestern Sinai, Egypt, *Marine and Petroleum Geology*, Vol. 28, Issue 8, pp. 1554-1571. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.05.003>.
- Lorestani, M., Kangazian, A., Safari, A., Noura, M. R. and Nasehi, E., 2016- Microfacies, Sedimentary Environment and Sequence Stratigraphy of the Asmari Formation in Masjed-I-Soleyman Oil Field, Khuzestan Province, Southwest Iran. *Open Journal of Geology*, Vol. 6, pp. 840-851, <http://dx.doi.org/10.4236/ojg.2016.68064>.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R., 1987- *Sand and sandstone*, Springer-verlag, New York, 553 p.
- Poupon, A., and Leveaux, J. A., 1971- evaluation of water saturations in shaly formations, *The Log Analyst*, Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts, Houston, Vol. 12, pp. 81-95.
- Reynolds, A. D., 1994- Sequence stratigraphy from core and wireline log data: the Viking Formation, Albian, south central Alberta, Canada, *Marine Petroleum Geology*, Vol. 11, pp. 258–282. [http://dx.doi.org/10.1016/0264-8172\(94\)90049-3](http://dx.doi.org/10.1016/0264-8172(94)90049-3).
- Rider, M. H., 2002- The gamma ray and spectral gamma ray logs. *The Geological Interpretation of Well Logs*, 2nd edn. Rider-French Consulting Ltd, Whittle Publishing, Rogart, pp. 71, 74p.
- Serra, O., 1986- *Fundamentals of well log interpretation*, The interpretation of logging data, *Developments in petroleum science*, Elsevier, Amsterdam, Vol.15B, 684 p.
- Tavakoli, V., 2017- Application of gamma deviation log (GDL) in sequence stratigraphy of carbonate strata, an example from offshore Persian Gulf, Iran, *Journal of Petroleum Science and Engineering* Vol. 156, pp. 868-876. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2017.06.069>.
- Tucker, M. E. and Wright, P., 1990- *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 482 p.
- Vaziri-Moghaddam, H., Kimiagari, M. and Taheri, A., 2006- Depositional environment and sequence stratigraphy of the Oligo-Miocene Asmari Formation in SW Iran, *Facies*, Vol. 52, No.1, pp. 41-51. <https://doi.org/10.1007/s10347-005-0018-0>.
- Vail, P.R., Mitchum, R.M., and Thompson, S., 1977- Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 3: relative changes of sea level from coastal onlap. In: Payton, C.E.(Ed.), *Seismic Stratigraphy—applications to Hydrocarbon Exploration: Memoir*, American Association of Petroleum Geologists, Vol.26. pp. 63-81. <http://dx.doi.org/10.1306/M26490C5>.
- Van Wagoner, J.C., Posamentier, H.W., Mitchum, R.M., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S. and Hardenbol, J., 1988- An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions, In: Wilgus, C., Hastings, B.S., Kendall, C.G., Posamentier, H.W., Ross, C.A. and Van Wagoner, J.C., (eds.), *Sea level changes: an integrated approach: SEPM Spec. Pub.* Vol. 42, pp. 39-46.
- Vennin, E., Van Buchem, F. S. P., Joseph, P., Gaumet, F., Sonnenfeld, M., Rebelle, M., Fakhfakh Ben Jemaia, H. and Zijlstra, H., 2003- A 3D outcrop analogue model for Ypresian nummulitic reservoirs, Jebel Qussalat, northern Tunisia, *Petroleum Geoscience*, Vol. 9, Issue2 , pp. 145-161., <https://doi.org/10.1144/1354-079302-505>.
- Wilson, J. L., 1975- *Carbonate Facies in Geologic History*, Springer-Verlag, New York, N.Y., 471 p.
- Zamanzadeh, S. M., Amini, A.H. and Ghavidel-Syooki, M., 2009- Sequence stratigraphic controls on early-diagenetic carbonate cementation of shallow marine clastic sediments (the Devonian Zakeen Formation, southern Zagros, Iran, *Geosciences Journal*, Vol. 13, No. 1, pp. 31 – 57. DOI: 10.1007/s12303-009-0004-6.

Reservoir properties evaluation based on sequence stratigraphy: A case study from the Asmari Formation in one of the Persian Gulf oil fields

H. Hazariyan¹, M. Kordi², M. Ziaii³, M. Soleimani Monfared³ and A. Yahyaei⁴

¹M.Sc, Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

²Assistant Professor, Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

³Associate Professor, Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

⁴M. Sc., Iranian Offshore Oil Company, Tehran, Iran

Received: 2020 April 22

Accepted: 2020 November 16

Abstract

The sequence stratigraphic studies provide information regarding the distribution of different facies within sedimentary basins. With determining relationship between reservoir or non-reservoir facies and sequence stratigraphy, dissemination of reservoir zones can be achieved within sequence stratigraphic framework. In this paper, using petrographic studies correlated with Gamma-Ray deviation logs, the sedimentary environment, sequences and systems tracts of the Oligo-Miocene Asmari Formation were revealed in one of the Persian Gulf oil fields. Moreover, based on the wireline logs and petrophysical analyses, the factors controlling reservoir quality including porosity, water saturation and shale volume were investigated within sequences and their systems tracts. The study showed that in general, the highstand systems tracts have higher reservoir quality than the transgressive systems tracts. Distribution of grain-supported and nearshore facies and also absence of anhydrite facies in the upper parts of transgressive systems tracts and the lower parts of highstand systems tracts resulted in development of the best reservoir quality zones within each sequence. This type of studies is very helpful in analysing the sedimentary basins and discovering distribution of the hydrocarbon reserves, and thus it could assist in management of risk reduction in exploration and development plans.

Keywords: Reservoir quality, Sedimentary facies, Sequence stratigraphy, Petrophysic analyses, Asmari Formation.

For Persian Version see pages 111 to 122

*Corresponding author: M. Kordi; E-mail: Masoumeh.kordi@shahroodut.ac.ir