

کاربرد نمودار نرمال شده تجمعی انحراف گاما در شناسایی و انطباق سطوح کلیدی سکانشی، مطالعه موردی از سازند سروک در یکی از میادین هیدروکربنی زاگرس

علی اسعدی^(۱*)، علی ایمن دوست^(۲)، جواد هنرمند^(۳)، ایرج عبدالهی فرد^(۴) و امیدرضا سلمیان^(۵)

۱. دکتری زمین‌شناسی نفت، بخش علوم زمین، شرکت مشاوران انرژی تهران، ایران
۲. کارشناس ارشد چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، بخش علوم زمین، شرکت خدمات مهندسی نفت کیش، تهران، ایران
۳. استادیار گروه زمین‌شناسی، بخش علوم زمین، پژوهشگاه صنعت نفت
۴. دکتری تکتونیک، مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران
۵. کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف نفت، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱

چکیده

شناسایی سطوح کلیدی سکانشی، از بخش‌های مهم در ارزیابی زمین‌شناسی مخازن هیدروکربنی است. سازند سروک با سن آلبین بالایی-تورونین زیرین، سنگ مخزن مهمی در ناحیه دشت آبادان در جنوب غرب ایران محسوب می‌شوند. در این مطالعه کارایی نمودار نرمال شده تجمعی انحراف گاما (NCGDC) در شناسایی و تفکیک سکانشی‌ها و انطباق آنها در شش چاه کلیدی در یکی از میادین بزرگ نفتی ناحیه دشت آبادان بررسی شده است. به این منظور، سطوح کلیدی سکانشی تفکیک شده بر اساس توصیف مغزه‌ها و پتروگرافی مقاطع نازک میکروسکوپی، با نتایج تفسیر نمودار NCGDC مقایسه شده است. از دیدگاه چینه‌نگاری سکانشی و با توجه به نتایج مطالعات زمین‌شناسی، چهار سکانشی رده سوم در سازند سروک شناسایی و توصیف شده است. برخی از مرزهای سکانشی، به عنوان ناپیوستگی‌های مهم توسط شواهد کارستی شدن، برشی شدن و توسعه خاک قدیمه مشخص می‌شوند. به صورت کلی، سطوح مثبت همراه با سطوح حداکثر غرقابی و سطوح منفی بر مرزهای سکانشی منطبق است. مقایسه نتایج نشان می‌دهد، روش NCGDC می‌تواند به صورت کارآمد در شناسایی و انطباق سکانشی‌ها در محدوده یک میدان هیدروکربنی در مخازن مختلف کربناته و ماسه‌سنگی به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: چینه‌نگاری سکانشی، دشت آبادان، سازند سروک، نمودار نرمال شده تجمعی انحراف گاما.

مقدمه

سنگ منشاء، سنگ مخزن و پوش سنگ در مطالعات جامع مخزنی دارد (Catuneanu, 2017). در تعریف جدید که با هدف قدرت تفکیک و دقت بالاتر در استفاده از داده‌های لرزه‌ای برای تفکیک سکانشی‌ها ارائه شده است، به صورت

چینه‌نگاری سکانشی، یکی از شاخه‌های مهم چینه‌شناسی است و کاربرد زیادی در تفسیر حوضه رسوبی و شناسایی گستره، پهنه‌ها، کمربندهای مستعد از دیدگاه

* نویسنده مرتبط: A.Asaadi@tehranenergy.com

مقادیر و در کنار نتایج مطالعات زمین شناسی به عنوان یک روش کاربردی در شناسایی سکانشی ها و انطباق استفاده شود. به عبارت دیگر، نرمال کردن نمودار انحراف گاما، امکان انطباق و درک تغییرات نمودار و نقاط عطف آن را تسهیل می کند. در این تحقیق از نمودار نرمال شده تجمعی انحراف گاما^۱ در سازند سروک یکی از میداین هیدروکربنی ناحیه دشت آبادان به منظور شناسایی سکانشی و انطباق آنها استفاده شده است. ابتدا از طریق توصیف مغزه ها و پتروگرافی مقاطع نازک، سکانشی ها شناسایی و با سطوح کلیدی مشخص شده از طریق نمودار NCGDL مقایسه و در نهایت کارآیی این روش در مطالعات چینه نگاری سکانشی، ارزیابی شده است. نتایج این تحقیق می تواند در ارتباط با استفاده از نمودارهای پتروفیزیکی در شناسایی سکانشی ها و انطباق بین چاه های کلیدی اطلاعات ارزشمندی فراهم آورد.

زمین شناسی ناحیه ای

میدان مورد مطالعه در کمربند ساختاری دشت آبادان و در حد فاصل دو ناحیه مهم هیدروکربنی دنیا، شامل دزفول فروافتاده و حوضه مزوپوتامین عراق واقع است (شکل ۱). دشت آبادان بخش شمال شرقی صفحه عربی محسوب می شود و ویژگی های زمین شناسی آن شباهت زیادی با حوضه مزوپوتامین عراق نشان می دهد (Aqrabi and Badics, 2006; Abdollahie Fard et al., 2015). این ناحیه، یک پهنه هموار، مسطح و بدون رخنمون سازندها می باشد که تنها اطلاعات حاصل از حفاری چاه ها و داده های ژئوفیزیکی به منظور شناخت ویژگی های مختلف زمین شناسی-مهندسی منطقه در دسترس می باشد (Abdollahie Fard et al., 2006). میداین بزرگ ناحیه دارای روند شمالی-جنوبی است و تصور می شود، شکل گیری آنها مرتبط با فعالیت دوباره گسل های پی سنگی قدیمی و بسته شدن نئوتتیس باشد (Abdollahie Fard et al., 2006). توالی کرتاسه خاورمیانه می تواند به سه چرخه تکتونیکی-رسوبی بزرگ از قدیم به جدید شامل، کرتاسه زیرین (نئوکومین-آپتین)، کرتاسه میانی (آلبین-تورونین) و کرتاسه بالایی (کونیاسین-ماستریشین) بر

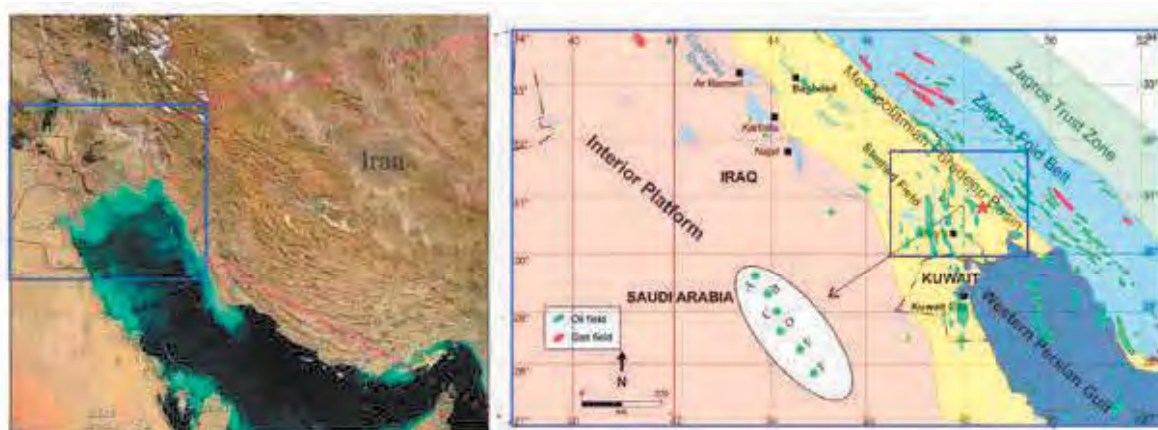
یک چرخه از تغییر در الگوی بر انبارش که توسط رخداد سطوح کلیدی سکانشی در توالی سنگی مشخص می شود، تعریف شود (Catuneanu, 2017). در مطالعات چینه نگاری سکانشی از داده های با مقیاس مختلف شامل، مقاطع نازک میکروسکوپی، مغزه ها، نمودارهای پتروفیزیکی و نیمرخ های لرزه ای استفاده می شود (Kadkhodaie and Rezaee, 2017; Tavakoli, 2017; van Buchem et al., 2010). در مطالعات چینه نگاری سکانشی و شناسایی سطوح کلیدی، اطلاعات مغزه و مقاطع نازک میکروسکوپی به عنوان داده های مستقیم، اطلاعات ارزشمندی فراهم می آورند. (Hosseini et al., 2021; Assadi et al., 2016, 2018). مغزه ها عموماً محدود به چاه های کلیدی و به صورت ناپیوسته در دسترس بوده و به منظور آگاهی از چارچوب چینه شناسی سکانشی در محدوده میدان، می بایست از شواهد و داده های غیرمستقیم از قبیل نمودارهای پتروفیزیکی استفاده شود (Kadkhodaie and Rezaee, 2017; Tavakoli, 2017). استفاده از نمودار گاما به عنوان یک نمودار پتروفیزیکی رایج در عموم چاه های حفاری شده در میداین هیدروکربنی، می تواند در مطالعات چینه نگاری سکانشی به منظور شناسایی سطوح کلیدی استفاده شود (Tavakoli, 2017; Ehrenberg and Svana, 2001). نمودار گاما با توجه به تاثیر اندک از عوامل محیطی، پایداری در برابر فرآیندهای دیاژنزی و نیز فراهم بودن در بیشتر چاه های حفاری شده در یک میدان، به صورت گسترده در مطالعات چینه نگاری سکانشی استفاده می شود (Ainsworth, 2006). توکلی (Tavakoli, 2017)، در یک مطالعه موردی بر روی توالی پرمین-تریاس یکی از میداین گازی خلیج فارس، از نمودار انحراف گاما^۲ به منظور شناسایی سکانشی ها استفاده کرد. او ابتدا انحراف از میانگین را محاسبه و سپس نمودار تجمعی این انحراف را محاسبه و در برابر عمق رسم کرد (Tavakoli, 2017). با استفاده از این روش و مقایسه با نتایج توصیف مغزه ها مشخص شد که با استفاده از این روش ساده محاسباتی می توان سکانشی ها و سطوح کلیدی به ویژه مرز پرمین-تریاس را شناسایی کرد. این روش معرفی شده (Tavakoli, 2017)، می تواند در صورت نرمال سازی

1. Gamma Deviation Log (GDL)

2. Normalized Cumulative Gamma Deviation Log (NCGDL)

۱۳۹۹، خشنودکیا و همکاران ۱۳۹۸، امیدی و همکاران، ۱۳۹۷، هنرمند و همکاران ۱۳۹۷). در ناحیه دشت آبادان، یک لایه آهک آرژیلیتی-شیلی با ضخامت حدود ۱۵-۱۰ متر، دو سازند سروک و ایلام را از هم تفکیک می‌کند. این افق را با نام سازند یا بخش لافان و به‌عنوان یک لایه پوش‌سنگی در نظر می‌گیرند. سازند سروک در دشت آبادان حدود ۷۰۰ متر ضخامت دارد و رخساره‌های رودیست‌دار بخش بالایی سازند (معادل با سازند میشریف) با ضخامت حدود ۳۰۰ متر از نظر مخزنی مورد توجه می‌باشد (شکل ۲-ب).

اساس دو ناپیوستگی ناحیه‌ای آیتین پسین و تورونین میانی تقسیم شود (شکل ۲-ا؛ Sadooni and Aqrawi, 2000; Alsharhan and Naim, 1997). توالی آلبین-تورونین شامل دو سازند کژدمی و سروک و معادل‌های آنها در صفحه عربی است که بخش بالایی سکانس بزرگ مقیاس ناحیه‌ای AP8 را تشکیل می‌دهد (Sharland et al., 2001). سازند سروک یکی از مخازن مهم حوضه زاگرس و خلیج فارس است که از جنبه‌های زیست‌چینه‌نگاری، کیفیت مخزنی، دیاژنز و ناپیوستگی‌ها بررسی شده است (کیانی فرد و همکاران



شکل ۱. موقعیت میدان مورد مطالعه در ناحیه دشت آبادان، که از نظر زمین‌شناسی بخشی از حوضه مزوپوتامین محسوب می‌شود (Aqrawi and Badics, 2015)، موقعیت ۶ چاه مورد مطالعه در میدان مورد بررسی مشخص است

Period/Age		Group	Abadan Plain (SW Iran)	Offshore Iran	South Iraq	Kuwait	Saudi Arabia
Late	Maastrichtian	Ammia	Umm Al-Qaiw	Tayarat	Tayarat		
	Cenomanian		Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw		
	Santonian		Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw		
	Coniacian	Waska	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw		
	Turonian		Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw		
Early	Cenomanian	Bangestan	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	
	Albian		Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	
	Aptian	Thamama	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	
	Barremian		Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	
	Hauterivi		Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	
	Valangin		Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	
	Berriani		Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	Umm Al-Qaiw	

Legend

Lithology

- Limestone
- Dolomite
- Dolomitic Limestone
- Shale
- Marl
- Argillaceous Limestone
- Crinoidal Limestone
- Sandstone

Hydrocarbon

- Oil
- Gas

Disconformity

- Disc.1 Early Tithonian Disconformity
- Disc.2 Late Aptian Disconformity
- Disc.3 Post Turonian Disconformity
- Disc.4 Cretaceous-Tertiary Disconformity

شکل ۲. (a) ستون چینه‌شناسی توالی کرتاسه صفحه عربی و معادل‌های سازندها، در ناحیه دشت آبادان نشان داده شده است (Christian, 1997)، (b) ستون سنگ‌شناسی سازند سروک در میدان مورد بررسی مشخص شده است

داده‌ها و روش مطالعه

در این مطالعه، به منظور ارزیابی استفاده از نمودار NCGDL در تفسیر چین‌نگاری سکانسی سازند سروک در یکی از میدین نفتی بزرگ ناحیه دشت آبادان، مجموعه کامل از اطلاعات شامل نمودارهای پتروفیزیکی مرسوم، اطلاعات مغزه و مقاطع نازک میکروسکوپی در شش چاه کلیدی تلفیق شده است. در این مطالعه از یک رویکرد سیستماتیک استفاده شده است. ابتدا رخساره‌ها شناسایی و در قالب کمرندهای رخساره‌ای تفسیر شده است. با توجه به اهمیت سطوح ناپیوستگی در تفکیک سکانس‌ها، دو ناپیوستگی مرز سنومانین-تورونین و تورونین میانی بر اساس توصیف مغزه‌ها توصیف شده است. به منظور شناسایی سکانس‌ها و ارائه چارچوب چین‌نگاری سکانسی از مدل واگنر و ویل (Vail, 1991; van Wagoner et al., 1990) استفاده شد. بر اساس این مدل، یک سکانس با شناسایی دو سطح کلیدی سکانسی^۱ و حداکثر غرقابی^۲ مشخص و با دو سیستم تراکت پیش‌رونده^۳ و تراز بالا^۴ معرفی می‌شود. سپس به منظور ارزیابی کارایی استفاده از نمودار NCGDL که با استفاده از نمودار گاما محاسبه می‌شود، در تفکیک سکانس‌ها و انطباق سطوح کلیدی، نتایج این روش با سکانس‌های مشخص شده از طریق مغزه‌ها و مقاطع نازک مقایسه شده است. در زون NCGDL بر اساس نقاط عطف منحنی، انطباق سکانس‌ها در محل چاه انجام می‌شود. نهایت بر اساس میزان انطباق سطوح کلیدی مشخص شده از طریق تفسیر نمودار NCGDL با سکانس‌ها، نتیجه‌گیری درباره کارایی این روش مشخص می‌شود.

بحث

رخساره‌ها

رخساره‌ها، محیط رسوبی و چین‌نگاری سکانسی سازند سروک در ناحیه دشت آبادان در میدان مطالعه به صورت دقیق بررسی شده است (Assadi et al., 2016, 2018). بر این اساس دو پلاتفرم کربناته با ماهیت متفاوت معرفی شد. یک پلاتفرم شلف کربناته برای نهشت بخش بالایی سازند سروک (با توسعه رخساره‌های رودیست دار) و

یک پلاتفرم رمپ کربناته برای بخش پایینی ارائه گردید (Assadi et al., 2016). در این پلاتفرم کربناته، پنج کمر بند رخساره‌ای لاگون، شول-رودیست بایوستروم، شیب، دریای باز کم‌عمق و دریای باز عمیق شناسایی و تفسیر شده است. در این مقاله با توجه به هدف مطالعه از شرح رخساره‌ها و توصیف آنها صرف نظر می‌گردد و تنها تصاویر میکروسکوپی از رخساره‌های مختلف ارائه شده است (شکل ۳). برای کسب اطلاعات درباره ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی می‌توان به مقالات مرتبط در میدان مورد بررسی مراجعه کرد (Assadi et al., 2016, 2018). برای درک بهتر تغییرات رخساره‌ای سازند سروک در میدان مورد بررسی، در جدول ۱ خلاصه‌ای از ویژگی آنها ارائه شده است.

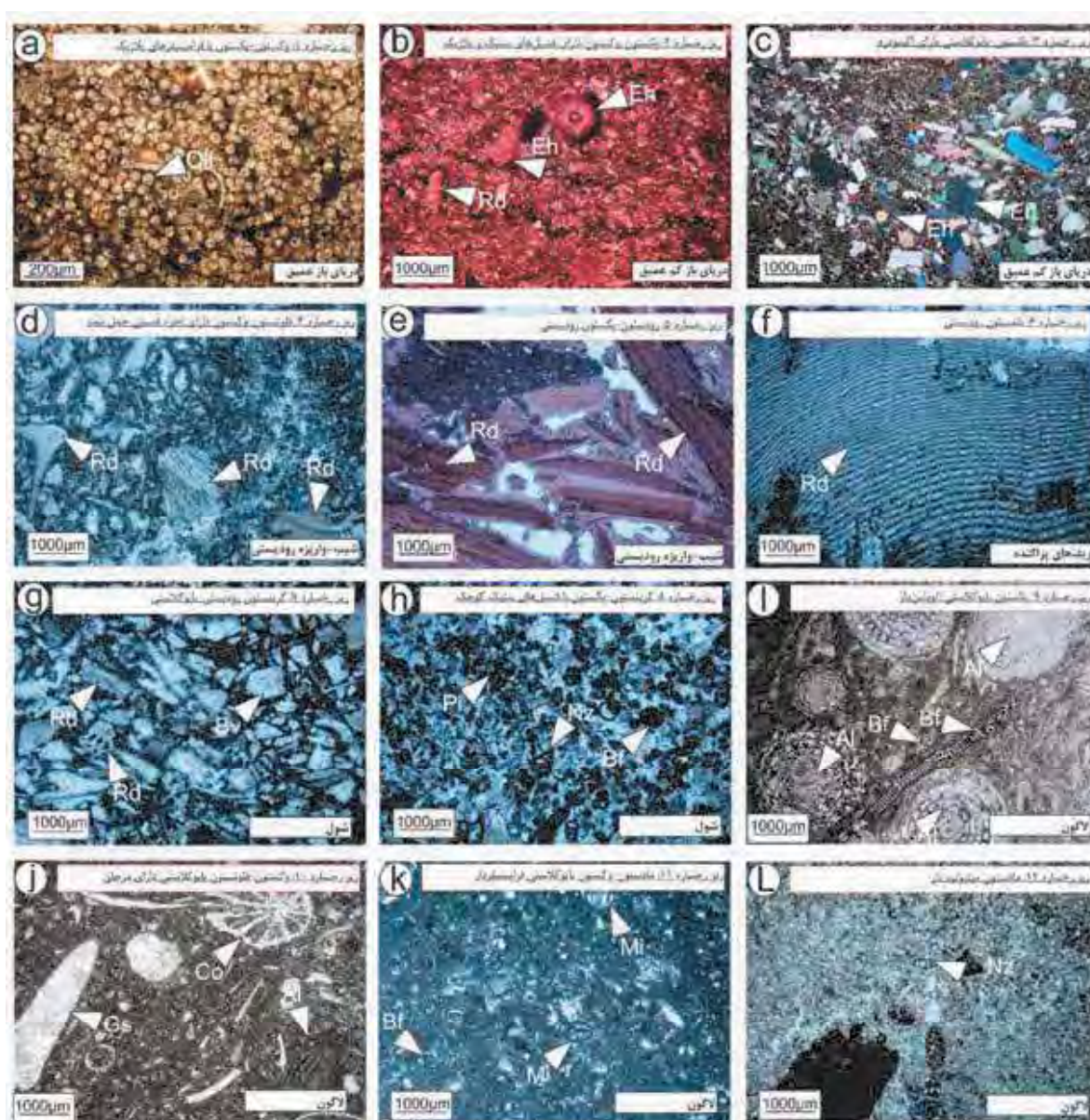
سطوح ناپیوستگی سازند سروک

سازند سروک در ناحیه دشت آبادان بر اساس مطالعات بایواستراتیگرافی به سن سنومانین-تورونین آغازین دانسته شده است (Assadi et al., 2016). دو ناپیوستگی مهم به عنوان مرزهای سکانسی قابل انطباق، در توالی سازند سروک در ناحیه دشت آبادان معرفی شده است (Assadi et al., 2016, 2018). رخداد این ناپیوستگی‌ها نقش مهمی در توزیع فرآیندهای دیاژنری انحلال و سیمانی شدن دارد. شواهد دو ناپیوستگی مرز سنومانین-تورونین و تورونین میانی بر روی مغزه‌ها و مقاطع نازک میکروسکوپی نشان داده شده است (شکل ۴). این سطوح ناپیوستگی در زیر به صورت خلاصه شرح داده شده است.

ناپیوستگی مرز سنومانین-تورونین^۵: این ناپیوستگی به عنوان یک رخنمون کوتاه مدت^۶ با ماهیت تکتونیکی مشخص می‌شود (Navidtalab et al., 2016; Assadi et al., 2013).

ماهیت تکتونیکی این ناپیوستگی، توسط بالا بودن سطح جهانی آب دریا در مرز سنومانین-تورونین (منطبق با رویداد بی‌اکسیژنی اقیانوس‌ها) تفسیر می‌شود

1. Sequence boundary (SB)
2. Maximum flooding surface (MFS)
3. Transgressive system tract (TST)
4. Highstand system tract (HST)
5. Cenomanian-Turonian disconformity
6. Short-lived subaerial exposure



شکل ۳. تصاویر مقاطع نازک میکروسکوپی از انواع رخساره‌های شناسایی شده در سازند سروک در میدان مورد بررسی نشان داده شده است، (تصاویر b-c در XPL و سایر تصاویر در PPL تهیه شده است)، (نشانه‌های اختصاری بر اساس Oli: الیگوستین، Eh: اکینودرم، Rd: رودیست، Bv: دوکفه‌ای، Pl: پلوئید، Bf: فرامینیفرهای بنتیک، Al: آلونولین، Co: مرجان، Gs: گاستروپود، Mi: میلیولید، Nz: نزاراتا)

می‌باشد (Navidtalab et al., 2016). با این وجود در میداین هیدروکربنی ناحیه دشت آبادان، به دلیل توسعه و گسترش آن در تمام چاه‌ها و نیز خاک‌زایی گسترده، احتمالاً مدت زمان رخنمون تحت الجوی بیشتر می‌باشد (Assadi et al., 2018, 2016).

ناپیوستگی تورونین میانی: این ناپیوستگی با توجه به انطباق آن با پایین‌افتادگی جهانی سطح آب دریا در تورونین

(Navidtalab et al., 2016; Assadi et al., 2016; Vincent et al., 2015). این سطح بر اساس مطالعات پتروگرافی و توصیف مغزه‌ها، توسط شواهدی مانند برش‌های ریزشی-انحلالی و توسعه خاک قدیمه شناخته می‌شود (شکل ۳a-c-e). در زیر این سطح ناپیوستگی عموماً انحلال و نیز سیمانی شدن گسترده‌ای مشاهده شود. طول مدت رخنمون تعیین شده برای این سطح توسط مطالعات ایزوتوپ استرانسیوم در آن نواحی حدود ۵/۵ میلیون سال

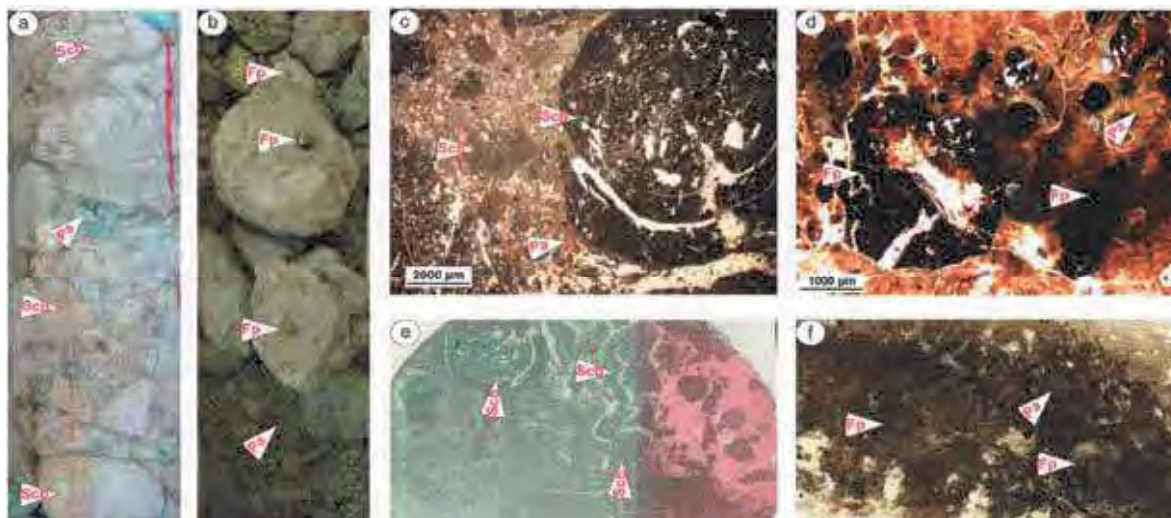
1. Mid-Turonian disconformity

جدول ۱. خلاصه‌ای از ویژگی‌های رخساره‌ای سازند سروک در میدان مورد مطالعه نشان داده شده است، (نشانه‌های اختصاری، ف: فراوان، ر: رایج، ن: نادر)

شماره	ریز رخساره	اندازه دانه‌ها	جورشدگی	اجزاء		انرژی محیط	زیر محیط رسوبی
				اسکلتی	غیراسکلتی		
۱	مادستون-وکستون با فرامینفرهای پلاژیک	لوتایت	-	فرامینفرهای پلانکتونیک مختلف (ف)، اسپیکول (ف)، خردده‌های اکینودرم (ن) الیگوستژین (ر)، روتالیا (ر)، دایسیکلینا (ر)، نزازاتا (ر)، خردده‌های اکینودرم (ف)، خردده‌های رودیست و دوکفه‌ای (ر)، اسپیکول اسفنج (ن)	-	خیلی پایین	دریای باز عمیق
۲	پکستون-وکستون دارای فرامینفرهای بنتیک و پلاژیک	آرنایت	متوسط	(ن)، خردده‌های اکینودرم (ف)، خردده‌های رودیست و دوکفه‌ای (ر)، اسپیکول اسفنج (ن)	پلوئید (ر)	متوسط-پایین	دریای باز کم عمیق
۳	پکستون-بایوکلاستی اکینودرم دار	آرنایت	متوسط	اکینودرم (ف)، بریوزوئرها (ر)، خردده‌های رودیست و دوکفه‌ای (ر)، آلوتولین (ن)	پلوئید (ن)	متوسط-پایین	دریای باز کم عمیق
۴	فلوتستون-وکستون دارای اجزاء فسیلی حمل شده	رودایت	ضعیف	خردده‌های رودیست (ف)، بریوزوئرها (ر)، اکینودرم (ر)، خردده‌های دوکفه‌ای (ر)، آلوتولین (ن)، رودیست (ن)	پلوئید (ر)-اینتراکلست (ر)	متوسط-بالا	شیب
۵	رودستون-پکستون بایوکلاستی	رودایت	ضعیف	خردده‌های رودیست (ف)، اکینودرم (ف)، دوکفه‌ای (ر)، بریوزوئرها (ر)، رودیست (ن)	-	متوسط-بالا	شیب
۶	باندستون رودیستی	رودایت-آرنایت	ضعیف	رودیست (ف)، خردده‌های رودیست و دوکفه‌ای (ر)، فرامینفرهای بنتیک (ر)، گاستروپود (ر)، جلبک سبز (ر)	پلوئید (ر)	بالا	ریف‌های پراکنده
۷	گرینستون-رودیستی بایوکلاستی	آرنایت	خوب	رودیست (ف)، فرامینفرهای بنتیک (ر)، اکینودرم (ر)، خردده‌های رودیست و دوکفه‌ای (ر)	پلوئید (ن)	بالا	شول
۸	گرینستون-پکستون با فسیل‌های بنتیک کوچک	لوتایت	خوب	میلیولید (ف)، فرامینفرهای بنتیک کوچک (ف)، فرامینفرهای بنتیک بزرگ (ن)، آلوتولین‌ها (ف)، کریزالیدین (ر)، اوربیتولین (ر)، میلیولید (ر)، گاستروپود (ر)، دایسیکلینا (ر)، جلبک (ر)	پلوئید (ف)	بالا	شول
۹	پکستون بایوکلاستی آلوتولین دار	آرنایت	متوسط	آلوتولین‌ها (ف)، مرجان (ف)، خردده‌های رودیست و دوکفه‌ای (ف)، کریزالیدین (ر)، گاستروپود (ر)، میلیولید (ن)، جلبک (ر)، نزازاتا (ن)، میلیولید (ن)	پلوئید (ر)	متوسط	لاگون
۱۰	وکستون-فلوتستون بایوکلاستی دارای مرجان	آرنایت-رودایت	متوسط	میلیولید (ف)، تکستولاریا (ر)، گاستروپود (ر)، دایسیکلینا (ر)، فرامینفرهای بنتیک بزرگ (ر)، خردده‌های رودیست (ر)، دوکفه‌ای (ن)	پلوئید (ن)	متوسط	لاگون
۱۱	مادستون-وکستون بایوکلاستی فرامینفردار	لوتایت	متوسط	میلیولید (ف)، تکستولاریا (ر)، اسپیکول (ف)، اسفنج (ر)، استراکود (ر)، فرامینفرهای بنتیک بزرگ (ن)، خردده‌های رودیست (ن)	پلوئید (ر)	پایین	لاگون
۱۲	مادستون میلیولید دار	لوتایت	ضعیف	میلیولید (ف)، تکستولاریا (ر)، اسپیکول (ف)، اسفنج (ر)، استراکود (ر)، فرامینفرهای بنتیک بزرگ (ن)، خردده‌های رودیست (ن)	-	خیلی پایین	لاگون

کنیاسین، و نیز ضخامت کمتر خاک قدیمه، مدت زمان رخنمون تحت الجوی نسبت به نواحی فارس و دزفول فروافتاده کمتر می‌باشد (Assadi et al., 2018, 2016). این ناپیوستگی توسط شواهدی از قبیل تشکیل نودول‌های آهن و منگنز، اکسید آهن و خاک قدیمه شناسایی می‌شود (شکل ۳b-d-f).

میانی، گسترش ناحیه‌ای دارد و به عنوان یک ناپیوستگی طولانی مدت^۱ شناخته می‌شود (Assadi et al., 2016; Navidtalab et al., 2016; Rahimpour-Bonab et al., 2013). مدت رخنمون توسط مطالعات ایزوتوپ استرانسیوم در نواحی دزفول فروافتاده و فارس از حدود ۴/۵ تا ۱۳ میلیون سال در نظر می‌گیرند (Navidtalab et al., 2016). در ناحیه دشت آبادان با توجه به گسترش سازند لافان با سن



شکل ۴. تصاویر مغزه (a-b)، مقاطع نازک میکروسکوپی (c-d) و اسکن آنها (e-f) از شواهد دو سطح ناپیوستگی در بخش بالایی سازند سروک، ناپیوستگی مرز سنومانین-تورونین، (b-d-f) ناپیوستگی تورونین میانی، (نشانه‌های اختصاری بر اساس Fp: پیزولیت آهن، Scb: خاک قدیمه، Pa: خاک قدیمه)

سکانس‌های سازند سروک

رسوبات عمیق حوضه‌ای می‌باشد و با اجزاء فسیلی الیگوسترین و هدبرژلا مشخص می‌شوند. سطح غرقابی این سکانس توسط حداکثر عمیق شدگی و میزان بالای نمودار گاما مشخص می‌شود (MF2). این سطح می‌تواند معادل با K120 (Sharland et al., 2001) در سایر بخش‌های صفحه عربی باشد. مرز سکانسی بالایی و محدودکننده این سکانس احتمالاً منطبق بر ناپیوستگی سنومانین میانی است.

سکانس ۳: این سکانس با سن سنومانین بالایی، عموماً بخش مخزنی سازند سروک را شامل می‌شود. مرز زیرین این سکانس ناپیوستگی سنومانین میانی و مرز بالایی به ناپیوستگی سنومانین-تورونین ختم می‌شود. در این سکانس دو ناحیه واریزه رودیستی با ضخامت حدود ۸۰ متر مشاهده می‌شود و به دلیل تخلخل-تراوایی بالا توالی‌های

سازند سروک در میدان مورد بررسی بر اساس توصیف مغزه‌ها، مطالعات پتروگرافی و شواهد نمودارهای پتروفیزیکی می‌تواند به چهار سکانس رده سوم تقسیم شود. در زیر به صورت خلاصه توضیح داده شده است (شکل ۵).

سکانس ۱: مرز سکانسی قاعده به احتمال زیاد سطح سکانسی در درون سازند کزدمی قرار دارد و مرز سکانسی بالایی آن محدود به ناپیوستگی سنومانین آغازین در راس کرینات‌های معادل با سازند مادود است (Assadi et al., 2016). سطح حداکثر غرقابی منطبق بر عمیق‌ترین رخساره در قاعده سازند سروک (MF1) و رخساره الیگوسترین است. این سطح می‌تواند منطبق بر K110 (Sharland et al., 2001) در سایر بخش‌های صفحه عربی باشد. سن این سکانس سنومانین زیرین دانسته شده است.

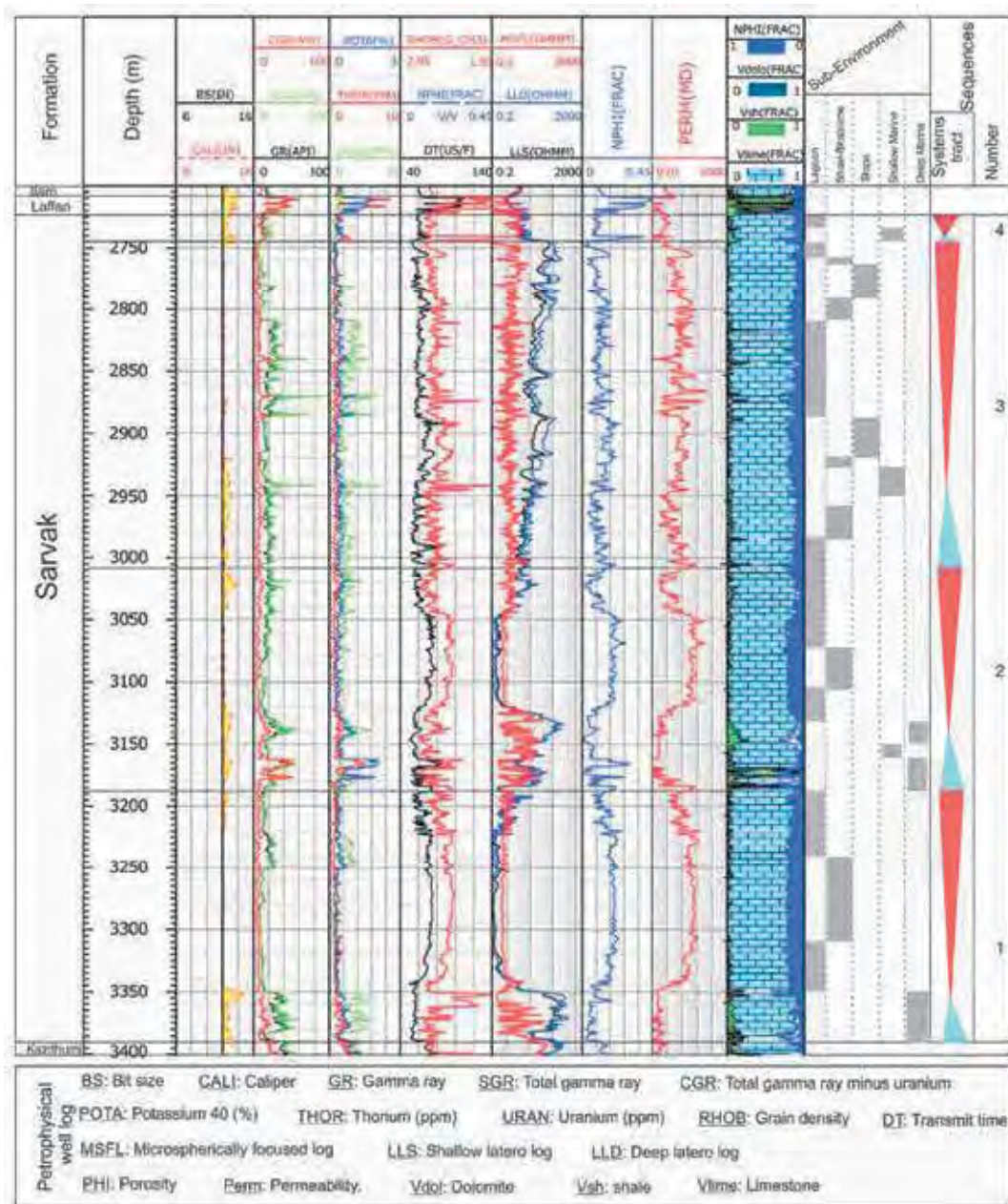
سکانس ۲: سیستم تراکت پیش‌رونده این سکانس

1. Long-lasted subaerial exposure

کاربرد نمودار نرمال شده تجمعی انحراف گاما در شناسایی و انطباق سطوح کلیدی سکانسی...

مهم مخزنی را تشکیل می‌دهند. سن این سکانس سنومانین بالایی می‌باشد و می‌تواند معادل با سازند میشریف در حوضه مزوپوتامین عراق باشد.

سکانس ۴: این سکانس با ضخامت حدود ۲۵ متر کمترین ضخامت را در بین سکانس‌های شناسایی شده دارد. مرز زیرین این سکانس به ناپیوستگی مرز سنومانین-تورونین و مرز بالایی توسط ناپیوستگی ناحیه تورونین میانی مشخص می‌شود. سکانس تورونین یک سکانس محلی و در برخی از میادین هیدروکربنی حوضه زاگرس به دلیل رخداد ناپیوستگی‌ها مشاهده نمی‌شود.



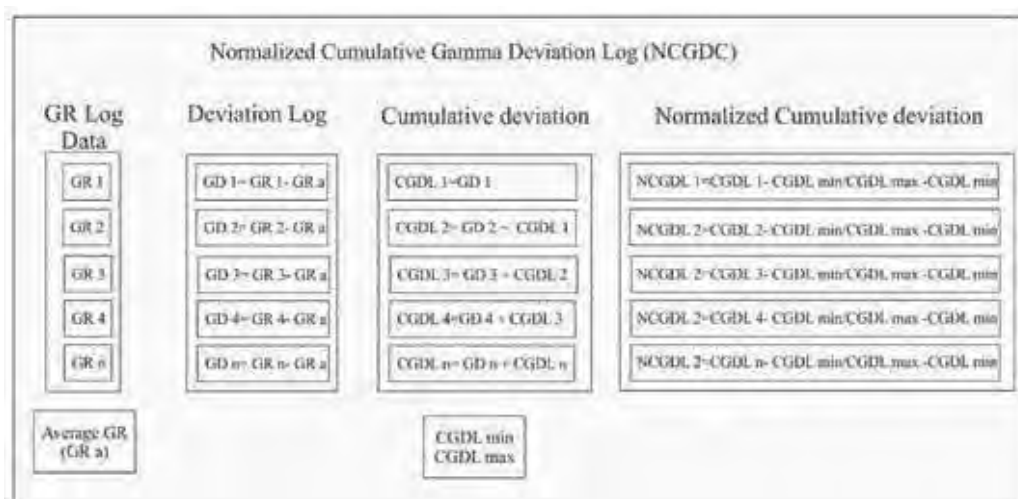
شکل ۵. چهار سکانس شناسایی شده در سازند سروک و پاسخ نمودارهای پتروفیزیکی در چاه کلیدی C نشان داده شده است

نمودار NCGDL و چینه‌نگاری سکانسی

نمودارهای پتروفیزیکی به دلیل فراهم بودن در عموم چاه‌های حفاری شده در میدان و نیز ارتباط قابل تفسیر با تغییرات رخساره‌ای، در مطالعات چینه‌شناسی سکانسی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از بین نمودارهای پتروفیزیکی، به دلیل حساسیت کمتر نسبت به فرآیندهای دیاژنزی،

بر اساس تفسیر چینه‌شناسی و مقایسه با نتایج توصیف مغزه‌ها، عموماً سطوح NS در بیشتر موارد منطبق بر مرز سکانشی و در مقابل سطوح PS منطبق بر سطوح حداکثر غرقابی است. با این وجود قبل از تفسیر چینه‌نگاری سکانشی بر اساس سطوح PS-NS، لازم است با اطلاعات مغزه و سکانشی‌های رسوبی حاصل از تفسیر اطلاعات زمین‌شناسی منطبق شود. تفسیر چینه‌نگاری سکانشی و انطباق سطوح NS-PS با مرزهای سکانشی و سطوح حداکثر غرقابی به صورت خلاصه نشان داده شده است (شکل ۷). نتایج مقایسه چاه کلیدی C با بیشترین میزان مغزه همراه با سطوح کلیدی مشخص شده از طریق نمودار NCGDL نشان داده شده است (شکل ۸). نتایج نشان می‌دهد که تطابق بین سکانشی‌های تفکیک شده از طریق مطالعات مغزه و تفسیر نمودار گاما بر اساس روند تغییرات انحراف معیار مشخص و قابل ملاحظه است. در این مطالعه تفسیر نمودار NCGDL گاما در یک شش چاه کلیدی مورد بررسی انجام و منجر به تفکیک ۶ مجموعه سطح NS-PS شد. به این صورت که تمام نقاط عطف مهم در نرم‌افزار شناسایی و مشخص شدند. در کنار سطوح تفسیر شده بر اساس تغییرات نمودار NCGDL سطوح سکانشی و مرزهای SB-MFS شناسایی شده از طریق مغزه‌ها نیز ارائه شدند (شکل ۹).

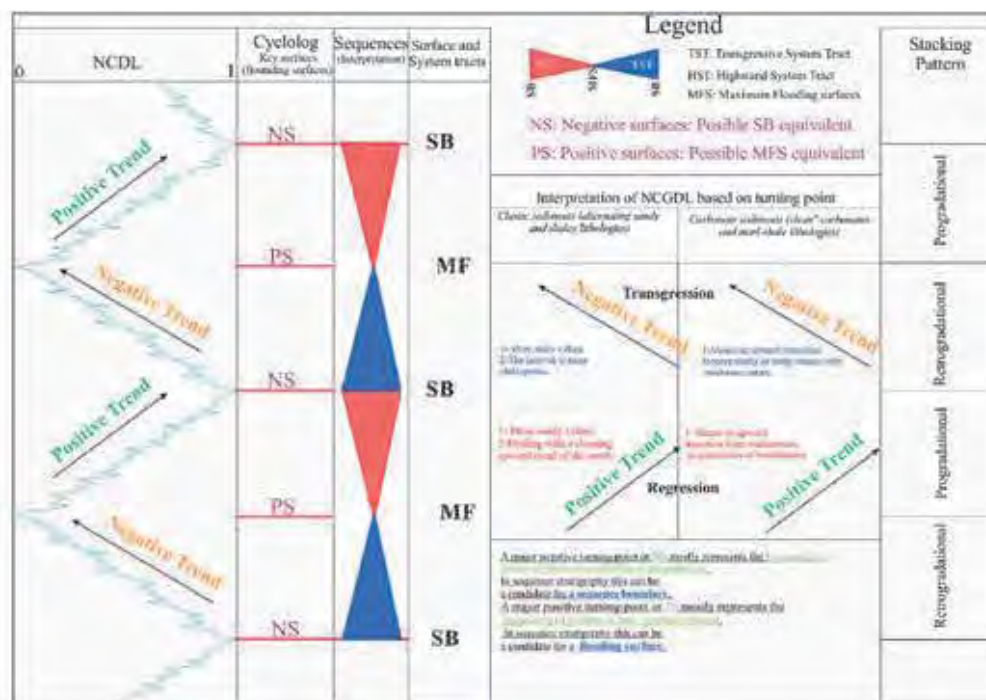
نمودار گاما و طیفی گاما^۱ در شناسایی و تفسیر سطوح کلیدی سکانشی (MFS-SB) بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرند. نمودار انحراف از میانگین گاما می‌تواند به صورت ساده و کاربردی اطلاعات ارزشمندی در ارتباط با سطوح مهم چینه‌شناسی سکانشی فراهم آورد (Tavakoli, 2017). نمودار نرمال شده تجمعی انحراف گاما، به صورت کاربردی می‌تواند در شناسایی و انطباق سکانشی‌ها استفاده شود. روند محاسبه نمودار از طریق نمودار گاما نشان داده شده است (شکل ۶). ابتدا میانگین نمودار گاما در یک سازند یا یک توالی مورد بررسی محاسبه می‌شود. سپس میزان انحراف از میانگین نمودار گاما مشخص می‌شود که می‌تواند مقادیر مثبت یا منفی داشته باشد. سپس با توجه به اینکه مقادیر تجمعی انحراف از میانگین روند تغییرات را بهتر نشان می‌دهد، از مقدار تجمعی استفاده می‌شود. در نهایت با توجه به اینکه هدف ما استفاده از مقادیر تجمعی انحراف در انطباق در چاه‌های مختلف است، از مقادیر نرمال شده که مقادیر بین صفر تا یک را نشان می‌دهد. این مقادیر به صورت یک لاگ پیوسته در هر ۰/۱۵ سانتی‌متر (فاصله نمونه‌گیری لاگ) ثبت می‌شود. تغییرات مقادیر NCGDL از صفر تا یک و به دو صورت مثبت^۲ و منفی^۳ دیده می‌شود. نقاط عطف منحنی که روند تغییرات را مشخص می‌کند، در انطباق چینه‌شناسی استفاده می‌شود.



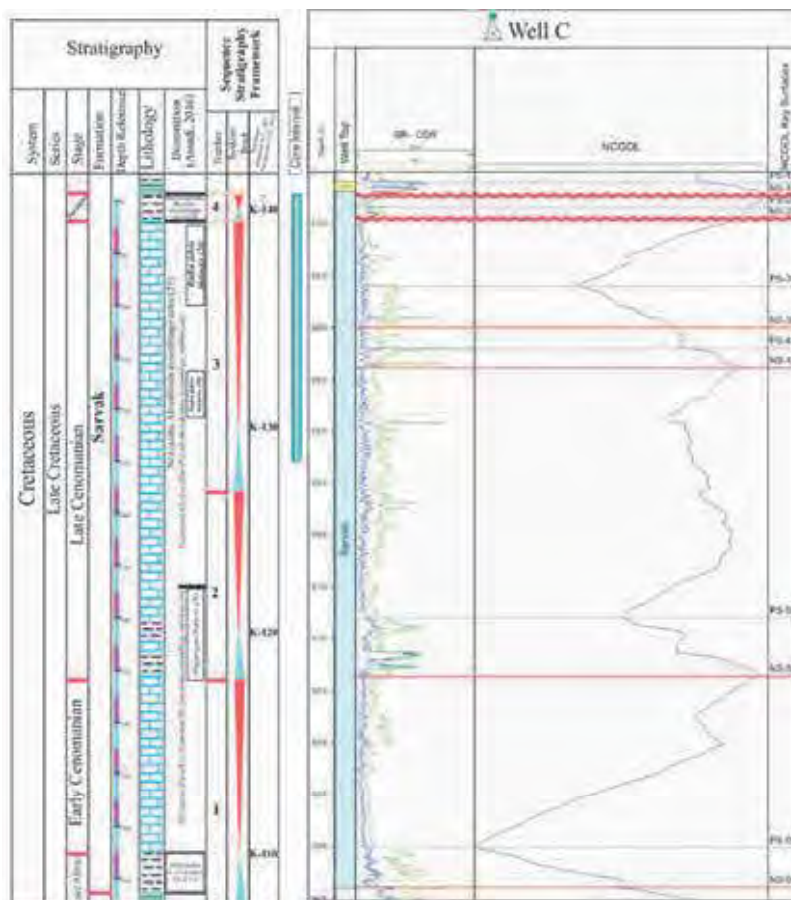
شکل ۶. روند محاسباتی تعیین نمودار NCGDL مشخص شده است. مبنای محاسبه اصلی این نمودار بر اساس انحراف از میانگین نمودار گاما است

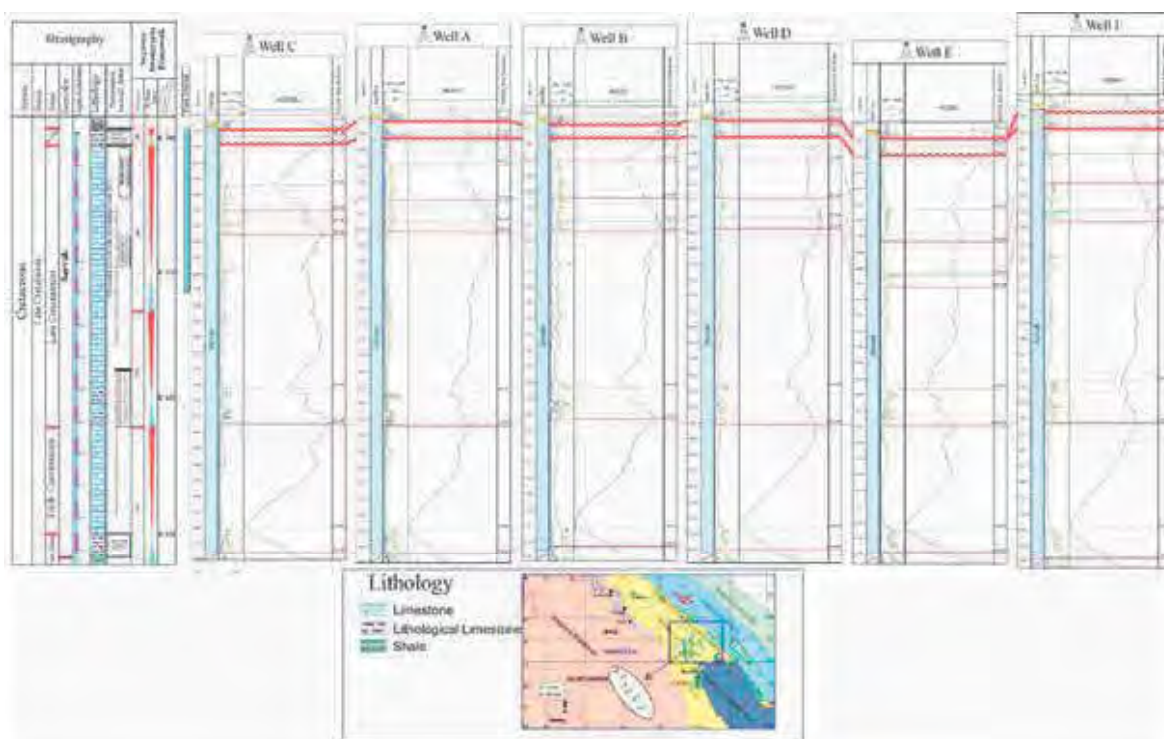
1. GR-CGR-SGR
2. Positive Surfaces (PS)
3. Negative Surfaces (NS)

کاربرد نمودار نرمال شده تجمعی انحراف گاما در شناسایی و انطباق سطوح کلیدی سکansı...



شکل ۷. ارتباط سطوح شناسایی شده از طریق نمودار NCGDL و نقاط عطف آن (NS-PS) و سطوح کلیدی سکansı (SB-MFS) مشخص شده است، مرزهای سکansı می‌تواند منطبق بر NS و سطوح حداکثر غرقابی منطبق بر PS می‌توان در نظر گرفت





شکل ۹. انطباق سطوح کلیدی سکansı سازند سروک در یکی از میادین نفتی ناحیه دشت آبادان از طریق منحنی NCGDL نشان داده شده است، نتایج نشان می دهد که نقاط عطف منحنی می تواند در انطباق سکانس ها استفاده شود

نتیجه گیری

و کم عمق شدگی رخساره ها، سکانس ها شناسایی و تفسیر شد. بر این اساس در سازند سروک چهار سکانس رده سوم شناسایی شد. سکانس ۳ سازند سروک، با توسعه عمده رخساره های رودیستی، ناحیه های تولیدی مخزن محسوب می شوند.

۴. بر اساس تحلیل نمودار گاما و محاسبه، نمودار نرمال شده تجمعی انحراف گاما ۱۲ سطوح کلیدی PS و NS شناسایی و میزان انطباق آنها با سطوح SB-MFS بررسی شد. نتایج نشان داد به صورت کلی مرزهای سکansı منطبق بر برخی سطوح NS و در مقابل سطوح حداکثر غرقابی منطبق بر سطوح PS است. بر این اساس سطوح NS-100, NS-200, NS-500, منطبق بر مرزهای سکansı و سطوح PS-200, PS-500 بر سطوح حداکثر غرقابی منطبق است. قبل از تفسیر سکانس ها از طریق نمودار NCGDL ضروری است سطوح کلیدی مشخص شده از طریق نتایج مطالعات زمین شناسی مقایسه و راستی آزمایی شوند.

نتایج زیر از ارزیابی کاربرد نمودار نرمال شده تجمعی انحراف گاما در مطالعات چینه نگاری سکansı، در توالی کربناته سازند سروک با سن آلبین بالایی-تورونین پیشین در یکی از میادین نفتی ناحیه دشت آبادان، حاصل شد.

۱. دو ناپیوستگی مشخص در بخش بالایی سازند سروک با سن مرز سنومانین-تورونین و تورونین میانی از طریق شواهدی از قبیل کارستی شدن، بررسی شدن، توسعه خاک قدیمه مشخص می شود. این سطح ناپیوستگی ها به عنوان مرزهای سکansı مهم و قابل انطباق، نقش مهمی در خواص مخزنی، محیط رسوبی، و تاریخچه تکتونیکی در میدان مورد بررسی داشته است.

۲. مطالعات رخساره های منجر به شناسایی ۱۲ ریزرخساره در زیر محیط های لاگون، شول-بایوستروم رودیستی، شیب و بخش های کم عمق و عمیق دریای باز می شود. رخساره های رودیست دار سازند سروک، رخساره های مخزنی و تولید کننده هیدروکربن محسوب می شوند.

۳. بر اساس مطالعات رخساره ای و روند تغییرات عمیق

منابع

- Assadi, A., Honarmand, J., Moallemi, S. A. and Abdollahie-Fard, I., 2016. Depositional environments and sequence stratigraphy of the Sarvak Formation in an oil field in the Abadan Plain, SW Iran. *Facies*, 62(4), 1-22.
- Assadi, A., Honarmand, J., Moallemi, S. A. and Abdollahie-Fard, I., 2018. An integrated approach for identification and characterization of palaeo-exposure surfaces in the upper Sarvak Formation of Abadan Plain, SW Iran. *Journal of African Earth Sciences*, 145, 32-48.
- Catuneanu, O., 2017. Sequence stratigraphy: Guidelines for a standard methodology. In *Stratigraphy and timescales*, 2, 1-57.
- Christian, L., 1997. Cretaceous subsurface geology of the Middle East region. *GeoArabia*, 2(3), 239-256.
- 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*, 85(2), 295-308.
- Hosseini, S., Conrad, M. A. and Kindler, P., 2021. Sequence stratigraphy, depositional setting and evolution of the Fahliyan carbonate platform (Zagros fold-thrust belt, SW Iran) in the Early Cretaceous. *Marine and Petroleum Geology*, 128, 105-116.
- Kadkhodaie, A. and Rezaee, R., 2017. Intelligent sequence stratigraphy through a wavelet-based decomposition of well log data. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 40, 38-50.
- Navidtalab, A., Rahimpour-Bonab, H., Huck, S. and Heimhofer, U., 2016. Elemental geochemistry and strontium-isotope stratigraphy of Cenomanian to Santonian neritic carbonates in the Zagros Basin, Iran. *Sedimentary Geology*, 346, 35-48.
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Navidtalab, A., Omidvar, M., Enayati-Bidgoli, - امید، ر.، صادقی، ع.، حسینی برزی، م. و اکبری بس کلایه، ن.، ۱۳۹۷. زیست چینه نگاری سازندهای سروک و ایلام در میدان نفتی آب تیمور (چاههای شماره ۱ و ۱۴). فصلنامه زمین شناسی ایران، ۱۲، ۴۶، ۷۵-۹۲.
- خشنودکیا، م.، آدابی، م.ح. و حسینی برزی، م.، ۱۳۹۸. رابطه دیاژنز، شکستگی، توزیع تخلخل ماتریکس و تولید چاهها در مخزن بنگستان اهواز. فصلنامه زمین شناسی ایران، ۱۳، ۵۱، ۱۷-۳۰.
- کیانی فرد، م.، جلیلیان، ع.، ح. و ارزانی، ن.، ۱۳۹۹. غرق شدن ناگهانی پلاتفرم کریناته کرتاسه پسین در حوضه رسوبی زاگرس مرکزی: مطالعه موردی از عضو شیلی لافان در یکی از میداین نفتی دشت آبادان، جنوب غربی ایران. فصلنامه زمین شناسی ایران، ۱۴، ۵۶، ۱۰۱-۱۱۶.
- هنرمند، ج.، کدخدایی ایلخچی، ر.، اسعدی، ع.، ایمن دوست، ع. و خدایی، ن.، ۱۳۹۷. توزیع فرآیندهای سیمانی شدن و انحلال در ارتباط با رخساره های رسوبی و سطوح ناپیوستگی سازند سروک در یکی از میداین هیدروکربنی جنوب غرب ایران. فصلنامه پژوهش نفت، ۲۸، ۹۸، ۳۲-۴۵.
- Abdollahie-Fard, I. A., Braathen, A., Mokhtari, M. and Alavi, S. A., 2006. Interaction of the Zagros Fold-Thrust Belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran. *Petroleum Geoscience*, 12(4), 347-362.
- Alsharhan, A.S. and Nairn, E. M., 1997. *Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East*. Elsevier. 883.
- Ainsworth, R. B., 2006. Sequence stratigraphic-based analysis of reservoir connectivity: influence of sealing faults-a case study from a marginal marine depositional setting. *Petroleum Geoscience*, 12(2), 127-141.
- Aqrabi, A. A. and Badics, B., 2015. Geochemical characterisation, volumetric assessment and shale-oil/gas potential of the Middle Jurassic-Lower Cretaceous source rocks of NE Arabian Plate. *GeoArabia*, 20(3), 99-140.

- A. H., Sonei, R. and Izadi-Mazidi, E., 2013. Palaeo-exposure surfaces in Cenomanian-Santonian carbonate reservoirs in the Dezful embayment, SW Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 36(4), 335-362.
- Sadooni, F. N. and Aqrawi, A. A., 2000. Cretaceous sequence stratigraphy and petroleum potential of the Mesopotamian basin, Iraq. In: Scott B. Alsharhan AS (eds) Middle east models of Jurassic cretaceous carbonate systems, SEPM Special Publication 69:315-334.
 - 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*, 156, 868-876.
 - Vail, P., 1991. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology: an overview. Springer, Berlin, 617-659.
 - van Buchem, F. S. P., Simmons, M. D., Droste, H. J. and Davies, R. B., 2011. Late Aptian to Turonian stratigraphy of the eastern Arabian Plate-depositional sequences and lithostratigraphic nomenclature. *Petroleum Geoscience*, 17(3), 211-222.
 - van Buchem, F. S. P., Allan, T. L., Laursen, G. V., Lotfpour, M., Moallemi, A., Monibi, S. and Vincent, B., 2010. Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran. Geological Society, London, Special Publications, 329(1), 219-263.
 - Van Wagoner, J., Mitchum, R., Campion, K. and Rahmanian V., 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies. American Association of Petroleum Geologists Special Series 7.73.
 - Vincent, B., van Buchem, F. S., Bulot, L. G., Jalali, M., Swennen, R., Hosseini, A. S. and Baghbani, D., 2015. Depositional sequences, diagenesis and structural control of the Albian to Turonian carbonate platform systems in coastal Fars (SW Iran). *Marine and Petroleum Geology*, 63, 46-67.