

تجزیه و تحلیل رخساره‌های الکتریکی بر اساس رخساره‌های رسوبی

علی اکبر رحیمی بهار^{۱*}، سمیه پرهام^۲

۱- پتروفیزیت ارشد، ایران - تهران - پژوهشگاه صنعت نفت - پردیس بالادستی - پژوهشکده مطالعات مخازن

۲- زمین شناس ارشد، ایران - تهران - پژوهشگاه صنعت نفت - پردیس بالادستی - پژوهشکده علوم زمین

*پست الکترونیک: rahimibaharaa@ripi.ir

تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۲۳

چکیده

رخساره‌های الکتریکی در اصل یک روش قطعی یا تحلیلی برای دسته‌بندی چاه‌نگارهای (پتروفیزیکی) است که می‌تواند نشان دهنده تغییر ویژگی‌های زمین‌شناسی یا مخزنی باشد. در این مقاله با استفاده از چاه‌نگارهای پتروفیزیکی در دو چاه مغزه‌گیری شده از سازند سروک در یکی از میادین نفتی جنوب ایران مدل رخساره الکتریکی شامل ۲۵ رخساره به دست آمد. این مدل بر اساس اطلاعات مغزه که نشان دهنده وجود ۵ رخساره رسوبی در این سازند بود و با ترکیب رخساره‌های الکتریکی مشابه به یک مدل ۵ رخساره‌ای بهینه‌سازی شد. با توجه به انطباق خوب نتایج مدل بهینه شده با واقعیت (در چاههای مغزه‌گیری شده) این مدل به تمام چاههای میدان تعمیم داده شد. در نتیجه نمونه رخساره‌های رسوبی در دیگر چاههای میدان شبیه سازی شد.

واژه‌های کلیدی: رخساره الکتریکی، رخساره رسوبی، خوشه‌سازی، چاه‌نگار.

مقدمه

چاه‌نگارها برقرار سازند. حاصل این کارها امروزه تحت عنوان تجزیه و تحلیل رخساره‌های الکتریکی مطرح است. عنوان رخساره الکتریکی توسط Serra و Sulpice (1975) پیشنهاد شد. چون در کارهای اولیه از شکل منحنی نگار فقط در شناخت توده‌های ماسه سنگی درون سازندهای آواری استفاده می‌شد و این روش در سازندهای کربناته و تبخیری کاربرد نداشت، Serra برای عمومی کردن این روش پیشنهاد داد تا با استفاده از نگارها، توصیف مغزه و براده‌های حفاری ابتدا یک نگار سنگ‌شناسی تهیه شود، سپس با

روشهای معمول پتروفیزیکی در محاسبه تخلخل و سنگ‌شناسی از روی چاه‌نگارها اگر چه برای مطالعات معمول مخازن کافی به نظر می‌رسد، ولی کمک چندانی به مطالعات چینه‌شناسی، رسوب‌شناسی و تفکیک رخساره‌های مختلف زمین‌شناسی نمی‌کند. از این رو برخی از محققان زمین‌شناسی تلاش کرده‌اند تا بدون استفاده از روشهای معمول پتروفیزیکی و به کمک فنون اختصاصی و روشهای استنتاجی ارتباطی میان رخساره‌های زمین‌شناسی با

پایین تر نقاط از یکدیگر جدا شده‌اند." در ادامه کار Serra و همکارانش و نیز دیگر افراد (Busch *et al.*, 1987; Baldwin, *et al.*, 1989, Baldwin *et al.*, 1990, Rogers *et al.*, 1992, Mwenifumbo, & Blangy, 1991) روشهای خودکار یا نیمه خودکار را بر اساس مفاهیم مختلف ریاضی و آمار پیشنهاد دادند. یکی از این پیشنهادها استفاده از روش بر پایه نظریه گراف برای تشخیص جدایشهای طبیعی انواع داده‌های نگار از جمله داده‌های آرایه‌ای و ناپیوسته است که توسط Rabiller (سال 2000) ارائه شده است. در این روش که به "MRGC" معروف است، از راهکار شناخت الگوی نقطه‌ای چند بعدی مبتنی بر اصل غیر پارامتری "نزدیکترین همسایگی" و نمودار داده‌های معرف استفاده می‌شود.

میدان نفتی مورد مطالعه در منطقه دزفول شمالی و حدود ۲۵ کیلومتری جنوب غرب میدان اهواز قرار گرفته است. این میدان از نظر ساختمانی شکل تاقدیسی داشته و از روند ساختاری زاگرس (شمال غرب - جنوب شرق) پیروی می‌کند. مخزن اصلی این میدان در حال حاضر گروه بنگستان سازندهای ایلام و سروک است. بیش از ۳۰ حلقه چاه تاکنون در این میدان حفر شده است. در سه حلقه از چاهها از سازندهای مخزنی نمونه‌های مغزه تهیه و آزمایش شده است. تقریباً در تمامی چاهها عملیات نگاربرداری انجام شده و اطلاعات آنها در دسترس است. روش معمول در تشخیص و تفکیک رخساره‌های مختلف رسوبی، مطالعه مقاطع نازک تهیه شده از نمونه‌های مغزه است اما مشکل، نبود اطلاعات کافی (مغزه‌ها) در گستره مخزن است. این اطلاعات فقط در تعداد بسیار محدودی از چاههایی که مغزه‌گیری شده، وجود دارد. یکی از دغدغه‌های زمین‌شناسی تهیه و تبیین مدل رسوبی با این اطلاعات محدود است. در این تحقیق ما با استفاده از چاه‌نگارهای موجود در چاههای مغزه‌گیری شده و روش خوشه‌سازی یک مدل رخساره الکتريکی را ساخته و سپس آن را با رخساره‌های

استفاده از شکل این نگار و سایر چاه‌نگارها به همراه نتایج شیب سنجی، تجزیه و تحلیل آنچه که توالیهای الکتريکی می‌نماید انجام شود (Serra, 1986). (Serra & Serra) از واژه رخساره الکتريکی برای معرفی الگوی شکل نگارها که منطبق بر پدیده رسوب‌شناسی است استفاده کردند. تطبیق این الگوها که در نمودارهای مقاطع دیده می‌شوند با الگوهای چینه‌شناسی بسیار حایز اهمیت است.

در سال 1981 Serra & Abbott واژه رخساره الکتريکی را به این صورت تعریف کردند: "مجموعه پاسخ چاه‌نگارها که علاوه بر تعیین مشخصه رسوبات اجازه تفکیک آنها از یکدیگر را می‌دهد".

پی بردن به چگونگی پراکنندگی رخساره‌های رسوبی و دیاژنتیکی در مقیاس یک حوزه یا میدان رسوبی کمک بسیار موثری به درک توزیع فضایی سه بعدی از تخلخل، تراوایی و فشار موینگی در آن میدان می‌کند. برای این منظور لازم است تا در تحلیل رخساره‌ها با کمک چاه‌نگارها ابتدا سازندها به واحدهای چینه‌ای قابل ارتباط تقسیم گردند؛ سپس ارتباط میان پارامترهای پتروفیزیکی به دست آمده از نگارها و ویژگیهای اندازه‌گیری شده رخساره‌های سنگی به صورت قطعی و یا آماری قابل توضیح، به دست آید. تحلیل رخساره‌های الکتريکی روشی است برای تقسیم‌بندی چاه‌نگارها به زیرمجموعه‌هایی که نشان دهنده رخساره‌های زمین‌شناسی بوده و توزیع آنها اساس زون بندی چینه‌شناسی را تشکیل می‌دهد (Rabiller, 2005).

Wolff & Pelissier-Combescure در سال 1982 اولین روش خودکار برای دسته بندی نگارها به رخساره‌های الکتريکی "رخساره نگار" را ارائه کردند. در این روش از تجزیه مؤلفه‌های اصلی و دسته بندی سازمان دهی شده صعودی استفاده می‌شود. Serra خوشه‌ها را به این شکل تعریف کرد: "یک ناحیه پیوسته در فضای n بعدی که در آن تمرکزهایی از نقاط با چگالی بالا توسط نواحی با تمرکز

این سازند معادل مادود، احمدی و میشریف در نواحی جنوبی خلیج فارس است. مرز بالایی سازند سروک با سازند ایلام ناپیوسته و فرسایشی است و مرز پایینی با سازند کژدمی هم شیب و تدریجی است (Ghazban, 2007).

به منظور مطالعه رسوب‌شناسی سازند سروک در میدان مورد مطالعه، حدود ۲۷۰ متر از مغزه‌های مربوط به دو حلقه چاه (شکل ۱)، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته و پارامترهای مختلف شامل سنگ‌شناسی، بافت، رخساره‌ها، انواع آلوکرها و درصد آنها ثبت گردیدند. از مغزه‌های موجود، حدود ۲۰۰۰ مقطع نازک تهیه گردیده و نمونه‌ها با آلیزارین قرمز به روش Dickson (1965) رنگ آمیزی شدند. در نام‌گذاری نمونه‌ها از طبقه‌بندی ارائه شده به وسیله Dunham (1962) و Carozzi (1989) استفاده شد. به منظور بررسی تخلخل، ۲۰ نمونه انتخاب شده و به آنها رزین اپوکسی آبی تزریق گردید. جهت طبقه‌بندی تخلخل از طبقه‌بندی زایشی ارائه شده به توسط Ahr (2008) و Choquette & Pray (1970) استفاده شده است. مطالعه رسوب‌شناسی توالی مورد مطالعه به شناسایی پنج رخساره منجر گردید (شکل ۲) که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

MFI: پکستون پلوئیدی الیگوستژنیدار

این رخساره به طور عمومی ریزدانه بوده و غالباً از میکروفسیلهای پلاژیک همراه با روزن داران بنتیک میکریتی شده تشکیل شده است. از میکروفسیلهای پلاژیک شناسایی شده در این رخساره می‌توان به مواردی چون *Oligostegina sp.*, *Calcisphaerulla*, *Rotalia sp.*, *Stomiosphaera conoidea*, *Pithonella sp.*, *Rotalipora sp.* (شکل ۲ الف). بعضی از روزن داران بنتیک نیز مانند *Cuneolina sp.*, *Dicyclina sp.*, *Nezzazata sp.*, *Textularia sp.* به صورت میکریتی شده و نابرجا در این رخساره دیده می‌شود. این رخساره معادل زون ۲۶ از زون بندی Wynd (1965) است.

رسوبی حاصل از مطالعه مغزه‌ها تنظیم و به‌سازی کردیم و در نهایت آن را در تمامی چاهها اجرا نمودیم. به این ترتیب به جای اطلاعات محدود و منحصر به چند چاه مغزه‌گیری شده اطلاعات کاملی از رخساره‌های شبیه‌سازی شده رسوبی در تمام چاههای میدان به دست آمد که کمک قابل توجهی در مدل‌سازی رسوبی میدان مورد مطالعه نمود.

تعیین رخساره‌های رسوبی بر اساس مطالعه مغزه‌ها

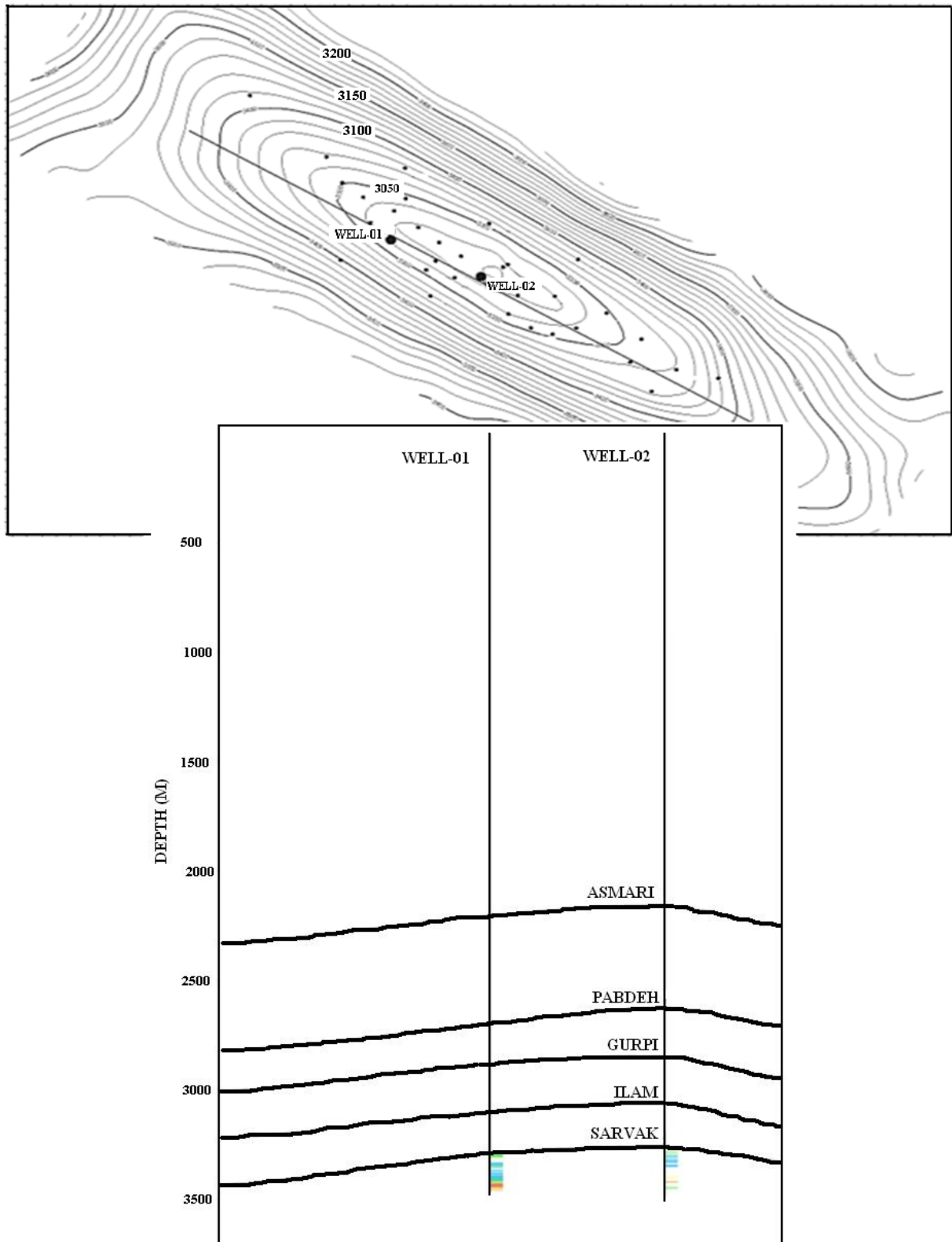
میدان نفتی مورد مطالعه در منطقه دزفول شمالی و حدود ۲۵ کیلومتری جنوب غرب میدان اهواز قرار گرفته است. این میدان از نظر ساختمانی شکل تاقدیسی داشته و از روند ساختاری زاگرس (شمال غرب - جنوب شرق) پیروی می‌کند. این میدان فاقد آثار ساختمانی در سطح زمین است. به دلیل عدم وجود رخنمون در سطح زمین، شکل ساختمانی آن به وسیله لرزه‌نگاری مشخص شده که به صورت تاقدیس متقارن با شیب ملایم بر روی افق ایلام می‌باشد. مخزن اصلی این میدان در حال حاضر گروه بنگستان و سازندهای ایلام و سروک است که به صورت دو مخزن مجزا عمل می‌کنند.

سازند سروک را از نظر سنگ‌شناسی به سه واحد می‌توان تقسیم کرد:

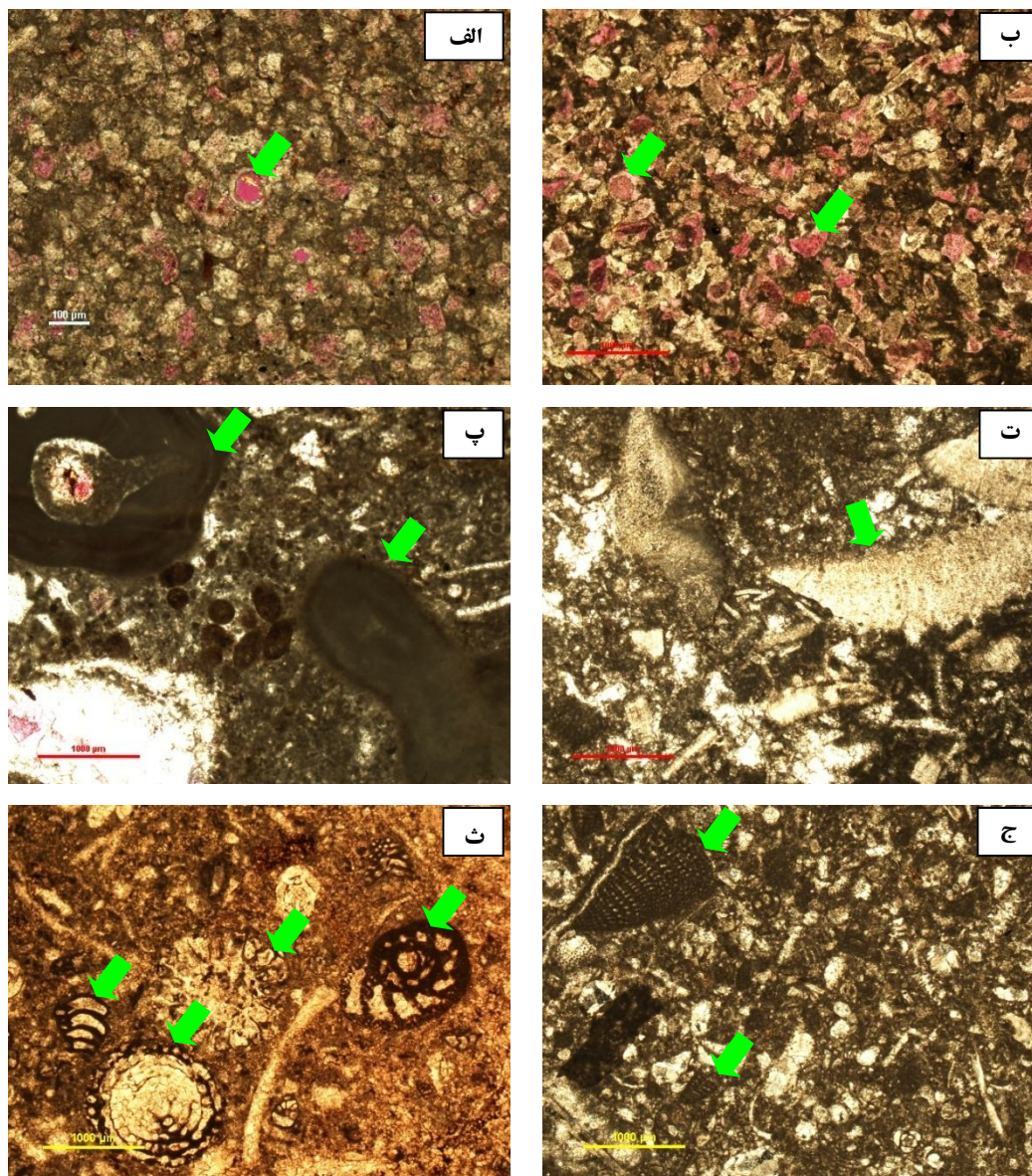
الف: قاعده این سازند شامل آهکهای خاکستری تیره با لایه بندی گرهی ریزدانه رسی حاوی آثار آمونیت‌های کوچک همراه با مارل خاکستری نازک لایه است.

ب: بخش میانی شامل آهکهای توده‌ای با ریخت‌شناسی خشن به رنگ قهوه‌ای روشن با قطعاتی از رودیست است که قاعده همین بخش میانی دارای گرهکهای سیلیسی قهوه‌ای و قرمز است.

پ: بخش بالایی این سازند شامل آهک ضخیم لایه تا خیلی ضخیم لایه با هوازدگی نامنظم آغشته به اکسید آهن می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت دو چاه مغزه گیری شده ۱ و ۲ در لایه سروک میدان نفتی مورد مطالعه



شکل ۲: تصاویر میکروسکوپی از رخساره‌های مختلف: الف: (MF1)، پکستون پلوئیدی الیگوستژینیدار. پیکان فسیل الیگوستژینا همراه با تخلخل درون‌دانه‌ای را نشان می‌دهد. ب: (MF2)، پکستون تا وکستون اکینودرم بیوکستدار، خرده‌های اکینودرم همراه با سیمان هم محور با پیکان نشان داده شده است. پ: (MF3)، پکستون بیوکستی جلبکی؛ ت: (MF4)، پکستون تا رودستون رودیستی. ث و ج: (MF5) پکستون همراه با انواع روزن داران بنتیک. چند روزن دار با پیکان نشان داده شده است.

تخلخل درون‌دانه‌ای درون فسیلهای الیگوستژینا وجود دارد.
MF2: پکستون تا وکستون اکینودرمی
 این رخساره که دارای بافت پکستونی تا وکستونی است از خرده‌های اکینودرم و فسیلهای پلاژیکی از قبیل sponge، *Oligostegina* sp., *Ostracod*، *Rotalia* sp., spicules تشکیل شده است. روزن داران بنتیک به صورت کاملاً

حضور میکروفونای پلاژیکی، بر ته‌نشست این رخساره در محیط دریای باز دلالت می‌کند. مهمترین فرآیند دیاژنتیکی که روی این رخساره تأثیر گذاشته انحلال است که باعث ایجاد تخلخلهای انحلالی تا حدود ۱۵٪ در نمونه‌ها شده است. تخلخل قالبی حاصل از انحلال فسیلهای الیگوستژینا حدود ۲٪ نیز در نمونه‌ها دیده می‌شود. حدود ۱ تا ۳٪

حجرات رودیستها و سایر فسیلها و نیز حدود ۵٪ تخلخل انحلالی است.

MF5: وکستون تا پکستون همراه با انواع روزن داران بنتیک
در این رخساره انواع مختلفی از روزن داران بنتیک به تعداد فراوان و گونه‌های متنوع، قابل شناسایی است (شکل ۲ و ج) از میان آنها می‌توان به انواع زیر اشاره کرد:

Alveolina sp., *Biplanata peneropliformis*, *Cisalveolina* sp., *Chrysalidina gradate*, *Multispirina iranensis*, *Nezzazata* sp., *Ovalveolina* sp., *Praealveolina* sp., *Textularia* sp., *Trocholina* sp.,.

این توالی معادل زون ۲۵ از زون بندی Wynd و یا به عبارتی (*Alveolina-Nezzazata* assemblage zone) است [۱۷]. حضور روزن داران بنتیک فراوان در این رخساره نشان دهنده ته‌نشست در محیط لاگون است. تخلخل اولیه در این رخساره شامل تخلخل درون‌دانه‌ای درون حجرات روزن داران بنتیک تا ۲٪ دیده می‌شود. تخلخل‌های ثانویه تحت تأثیر انحلال در این رخساره توسعه کمی دارد و کمتر از ۵٪ در نمونه‌ها قابل شناسایی است.

در پایان، مطالعه رسوب‌شناسی سازند سروک در میدان مورد مطالعه نشان داد که این سازند هم از رخساره‌های نریتینک و هم پلاژیک تشکیل شده است که در مجموع پنج رخساره در این سازند (جدول ۱) تشخیص داده شد.

انتخاب داده‌های ورودی برای ساخت مدل رخساره الکتریکی

از اطلاعات دو چاه مغزه‌گیری شده به عنوان مرجع تهیه مدل رخساره الکتریکی استفاده شد. با توجه به تنوع نگارهای برداشت شده در چاههای میدان مورد مطالعه و برای نتیجه بخش بودن کارکرد مدل، از نگارهای مشترکی که در تمامی چاهها برداشت شده بود استفاده کردیم. این نگارها شامل گاما، نوترن، چگالی و صوتی بودند.

میکریتی شده نیز در این رخساره به چشم می‌خورد (شکل ۲ب). این رخساره در در محیط کم ژرف دریای باز نهشته شده است.

MF3: پکستون بیوکستی جلبکی
این رخساره از نظر بافتی و فسیل شناسی شبیه به دو رخساره قبلی است اما تفاوت این رخساره در ظهور جلبکهای قرمز در نمونه‌ها می‌باشد (شکل ۲پ). echinoderm debris، *Oligostegina* sp. micritized benthic foraminifera و rudist debris از فسیلهایی هستند که در این رخساره به چشم می‌خورند. این رخساره نیز در محیط کم ژرف (پروکسیمال) دریای باز نهشته شده است. تخلخل حفره‌ای حاصل از فرآیند انحلال تا حدود ۱۵٪ در این رخساره دیده می‌شود.

MF4: پکستون تا رودستون رودیستی
فسیل شاخص در این رخساره رودیست است که به صورت قطعات واریزه‌ای در مقاطع نازک (شکل ۱-ت) یا نمونه‌های کامل در مغزه‌ها، قابل شناسایی است. از سایر اجزایی که همراه با رودیستها در توالیهای مختلف مشاهده می‌شود می‌توان به *Dicyclina schlumbergeri*، *Alveolina* sp.، *Textularia*، *Trocholina* sp.، *Nezzazata* sp. و *Stromatoporidae*، *Oystera*، *green algae*، *sponge spicule* اشاره کرد. این توالی را می‌توان معادل زون ۲۴ از زون بندی Wynd (1965) در نظر گرفت. محیط رسوبی این رخساره تپه‌های سدی بیوکستی (bioclastic shoal) مجزاست. از آن جا که رودیستها در سازند سروک این منطقه، یک ریف رودیستی کامل تشکیل نداده‌اند تخلخل چارچوبی (growth framework porosity) که به طور معمول در ریفهای رودیستی مورد انتظار است در این رخساره توسعه کافی پیدا نکرده است. تخلخل مشاهده شده در این رخساره شامل حدود ۳٪ تخلخل درون دانه‌ای درون

جدول ۱: توصیف رخساره‌های رسوبی سازند سروک در میدان مورد مطالعه

Facies	Description
MF-1	<i>Skeletal Oligostegina peloid packstone</i>
MF-2	Echinoderm, benthic foraminifera packstone to wackestone
MF-3	<i>Red algae skeletal packstone</i>
MF-4	Skeletal rudist packstone to rudstone
MF-5	<i>High diversity benthic foraminifera wackestone to packstone</i>

خوشه‌سازی و اجرای آن است.

انتخاب روش خوشه‌سازی

هدف از خوشه‌سازی داده‌ها طبقه‌بندی آنها بر اساس بیشترین تشابه درون گروهی و بیشترین اختلاف بین گروهی است. خوشه‌سازی داده‌ها کاربرد وسیعی در بسیاری از رشته‌ها دارد، به همین دلیل مطالعه زیادی درباره آن شده و روشهای زیادی برای آن ارائه شده است. روشهای مختلف را می‌توان به دو گروه کلی مبتنی بر ناظر و بدون ناظر تقسیم کرد. از گروه اول می‌توان از شبکه‌های عصبی پس انتشار خطا (BPNN) و منطق فازی نام برد و از نوع دوم به شبکه عصبی خود سامان ده (SOM)، طبقه‌بندی ترتیبی صعودی (AHC)، خوشه‌سازی پویا (Dynamic clustering) و خوشه‌سازی گراف پایه با توان تفکیک چندگانه (Multi Resolution graph base Clustering) اشاره کرد.

روش MRGC یکی از معدود روشهای غیر پارامتریک و بسیار مناسب برای مطالعه و تحلیل خوشه‌ای داده‌های حاصل از چاه نگارها و مغزه‌های حفاری است. این روش مزایای زیادی همچون قدرت شناسایی الگوهای طبیعی موجود در نگارها، بی‌نیازی از دانش قبلی در مورد داده‌ها، پیشنهاد خودکار بهترین تعداد خوشه‌ها، کمترین پارامترها و عدم حساسیت به تغییرات آنها و عدم محدودیت در نوع و تعداد داده‌ها و خوشه‌ها را دارد (Rabiller, 2000). لذا در

نگار نوترون و چگالی علاوه بر تخلخل تابع جنس سنگ نیز هستند. ما به جای این دو نگار از نگارهای تخلخل و جدایش نوترون - چگالی استفاده کردیم. نگار تخلخل از ارزیابی نوترون - چگالی و نگار جدایش نوترون - چگالی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$NDS = ((RHOB - 1.95) - \frac{(0.45 - NPHI)}{0.6}) \quad (1)$$

این نگار بدون بعد است و معمولاً برای این که دامنه تغییرات آن محسوس‌تر شود آن را در ضربی (۱۰ یا ۲۰) ضرب می‌کنند. بر اساس کار انسلماتی و ابرلی (در سال ۱۹۹۳) نگار انحراف سرعت عامل مهمی در تشخیص نوع تخلخل است به همین دلیل ما به جای نگار صوتی از نگار انحراف سرعت استفاده کردیم. این نگار با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$VDL = V - (V_{ma}V_{fl}) / (V_{fl}(1 - \Phi) + \Phi V_{ma}) \quad (1)$$

در معادله فوق: V سرعت صوت اندازه‌گیری شده (توسط نگار صوتی)، V_{ma} سرعت صوت در خمیره سنگ، V_{fl} سرعت صوت در سیال (آب یا نفت) و Φ مقدار تخلخل کل است.

این نگارها به عنوان داده ورودی مدل رخساره الکتریکی انتخاب شدند. گام دوم برای ساخت مدل انتخاب روش

پس از اجرای روش توسط نرم افزار مدل های بهینه‌ای با ۱۱ تا ۲۵ دسته (رخساره) به دست آمد. برای پوشش بهتر رخساره‌های رسوبی که فراوانی کمتری داشتند از مدل دارای حداکثر قدرت تفکیک یعنی مدل ۲۵ دسته‌ای برای ادامه کار استفاده شد. نمایی از این مدل با پارامترهای ورودی در شکل ۳ نشان داده شده است.

تحلیل و تفسیر نتایج

برای تحلیل مدل رخساره الکتریکی به دست آمده و انطباق آن با رخساره های رسوبی حاصل از مطالعه نمونه های مغزه، توزیع رخساره های الکتریکی در قبال هر یک از رخساره های رسوبی مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۴ فراوانی رخساره های الکتریکی را در مقابل هر یک از رخساره های رسوبی به نمایش می گذارد. چنان که در این شکل دیده می شود رخساره های رسوبی ۱ و ۳ بیشترین انطباق را با ۱ و یا حداکثر ۲ رخساره الکتریکی دارند در حالی که رخساره های ۲، ۴ و به خصوص ۵ با تعداد زیادی از رخساره های الکتریکی همبستگی خوبی را نشان می دهند. این مطلب را به شکل ریاضی و بر حسب درصد انطباق می توان در شکل ۵ مشاهده کرد.

نحوه توزیع رخساره های الکتریکی در نمودار مقاطع گاماتخلخل برای هر یک از رخساره های رسوبی را می توان در شکل ۶ ملاحظه نمود. چنان که دیده می شود رخساره های رسوبی ۱ و ۳ از کمترین فراوانی برخوردار بوده و با تقریب کمتری می توان آنها را معادل یک یا دو رخساره الکتریکی در نظر گرفت. رخساره های رسوبی ۲، ۴ و به خصوص ۵ از فراوانی زیادی برخوردارند و بیشتر رخساره های الکتریکی منطبق بر این سه (به خصوص رخساره رسوبی ۵) هستند. بنابراین با مقایسه توزیع رخساره های الکتریکی در مقابل رخساره های رسوبی حاصل از مطالعه مغزه ها، رخساره های الکتریکی مشابه با یکدیگر

این پژوهش برای دسته بندی داده نگارها از این روش استفاده شد. این روش مبتنی بر تشخیص الگوی نقطه ای چند بعدی بر مبنای نزدیکترین همسایگی و نمایش گرافیکی داده هاست. مراحل انجام کار در این روش را می توان در دو مرحله خلاصه کرد:

داده های عمقی (نگارها) را می توان توسط دو شاخص NI (Neighboring Index) و KRI (Kernel Representative Index) که نشانه رابطه همسایگی میان آنها است، مشخص کرد. این رابطه همسایگی از روی فاصله فضایی داده ها (نگارها) محاسبه می شود. NI پارامتر شاخص همسایگی و KRI پارامتر شاخص هسته خوشه است. بر اساس این شاخصها گروههای کوچکی از داده ها شکل می گیرد (گروههای جذبی) که ممکن است از نظر شکل، اندازه، چگالی و نسبت جدایش با هم متفاوت باشند.

گروههای جذبی توسط مرزهایی از هم جدا می شوند. این گروهها در یک فرآیند رو به رشد با یکدیگر ترکیب شده و تشکیل گروههای بزرگتر (یا همان رخساره های الکتریکی) را می دهند. در این روش کاربر می تواند تعداد مدل های خروجی برای رخساره الکتریکی را تعیین کند. در هر مدل تعداد بهینه رخساره ها بر اساس ساختار توزیع KRI تعیین می شود. مدلها به صورت صعودی مرتب می شوند به طوری که رخساره های مربوط به مدلی با توان تفکیک بالاتر (تعداد رخساره بیشتر) زیر مجموعه ای از رخساره های مدلی با توان تفکیک پایین تر (تعداد رخساره های کمتر) خواهد بود.

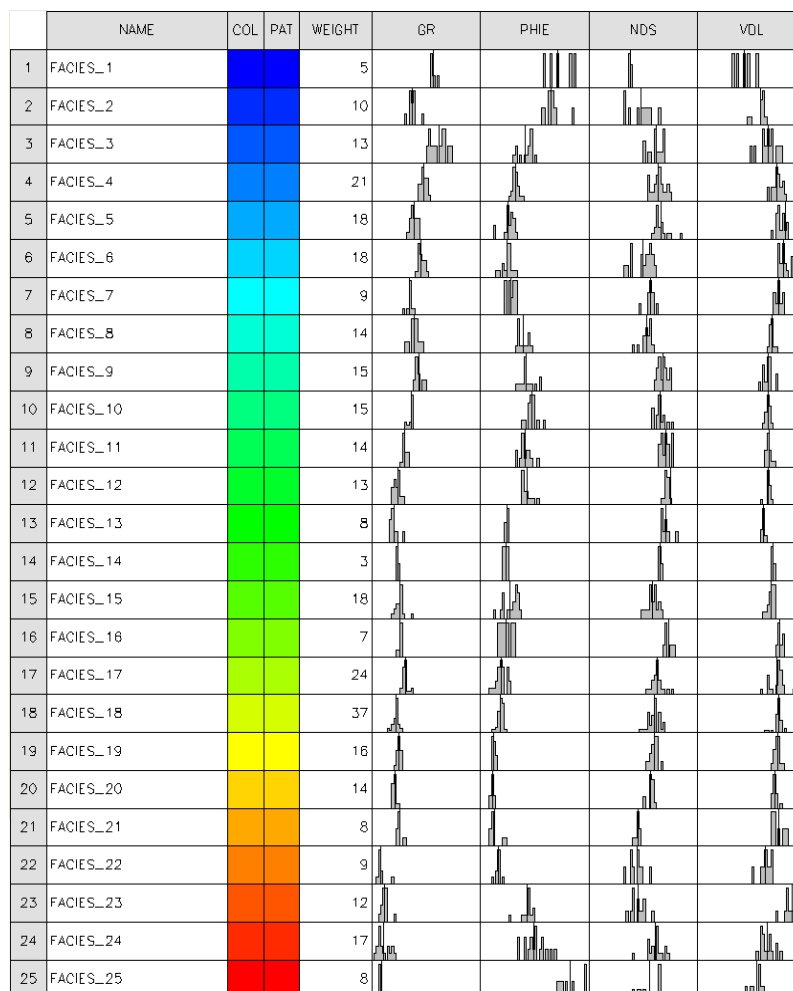
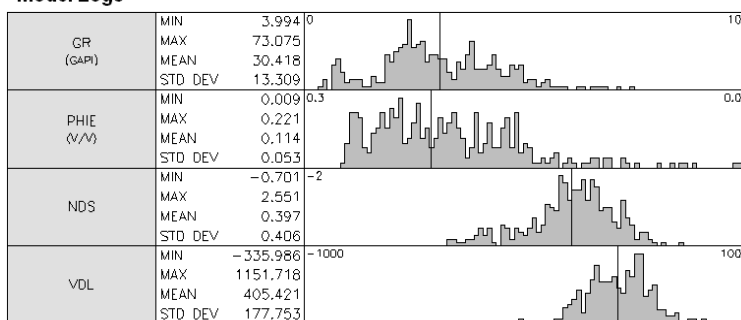
روش "MRGC" که یک روش غیر پارامتریک است می تواند بهینه ترین دسته ها را در بین حدود پایینی و بالایی از قبل تعیین شده ارائه دهد. (اطلاعات بیشتر در مورد جزئیات این روش در مراجع [۱۸ و ۱۱] آمده است).

در این میدان با توجه به تنوع و تعداد رخساره های رسوبی، حد پایینی و بالایی دسته ها به ترتیب ۱۰ و ۳۵ با حداکثر ۵ مدل بهینه در نظر گرفته شد.

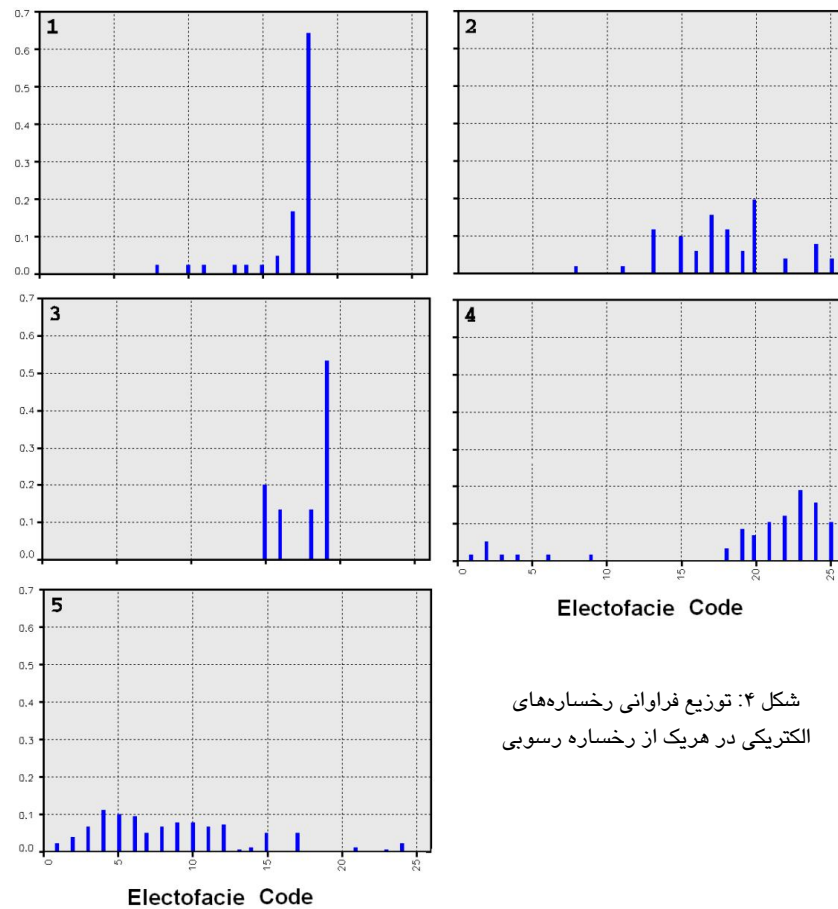
با اطلاعات مغزه، همخوانی بسیار خوبی را نشان داد. شکل ۷ نتیجه اجرای مدل را در دو چاه مغزه‌گیری شده نشان می‌دهد. نحوه توزیع فراوانی، نگارهای پتروفیزیکی در این رخساره‌ها نیز در شکل ۸ نشان داده شده است.

ترکیب و به ۵ رخساره معادل با رخساره‌های رسوبی تقلیل داده شدند. در نتیجه مدل اولیه ۲۵ رخساره‌ای به یک مدل ۵ رخساره‌ای تبدیل شد. مدل جدید در دو چاه مبنا، منتشر شد. مقایسه نتیجه حاصله

Model Logs



شکل ۳: مدل رخساره الکتریکی اولیه با پارامترهای ورودی و اطلاعات مغزه



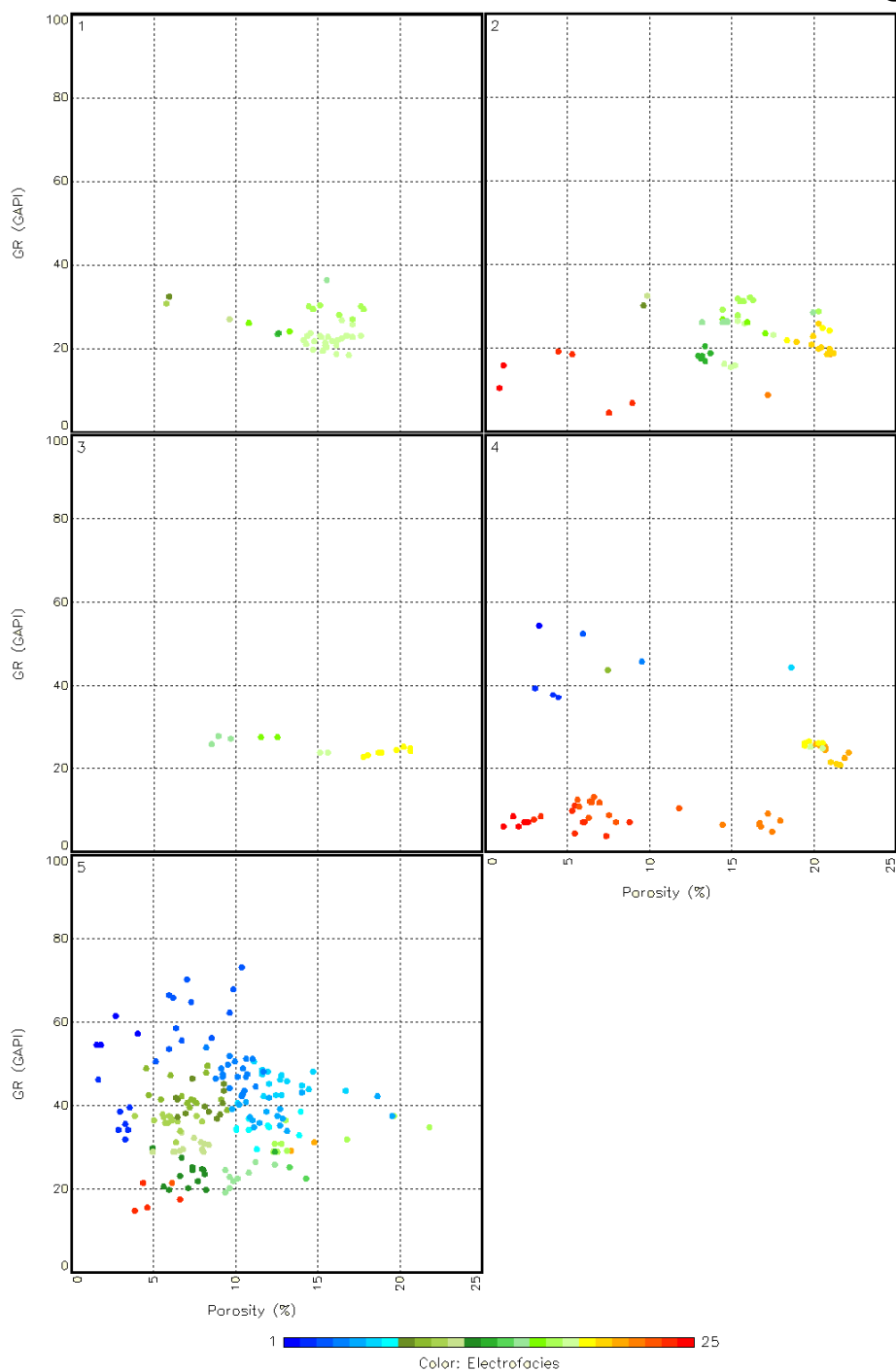
شکل ۴: توزیع فراوانی رخساره‌های الکتریکی در هر یک از رخساره رسوبی

		Core facies					
		1	2	3	4	5	Total
Electofacies	1				20%	80%	100%
	2				30%	70%	100%
	3				8%	92%	100%
	4				5%	95%	100%
	5					100%	100%
	6				6%	94%	100%
	7					100%	100%
	8	7%	7%			76%	90%
	9				7%	93%	100%
	10	7%				93%	100%
	11	7%	7%			86%	100%
	12					100%	100%
	13	12%	75%			13%	100%
	14	33%				67%	100%
	15	6%	27%	17%		50%	100%
	16	29%	43%	28%			100%
	17	29%	33%			38%	100%
	18	73%	16%	5%	6%		100%
	19		19%	50%	31%		100%
	20		71%		29%		100%
	21				75%	25%	100%
	22		22%		78%		100%
	23				92%	8%	100%
	24		24%		53%	23%	100%
	25		25%		75%		100%

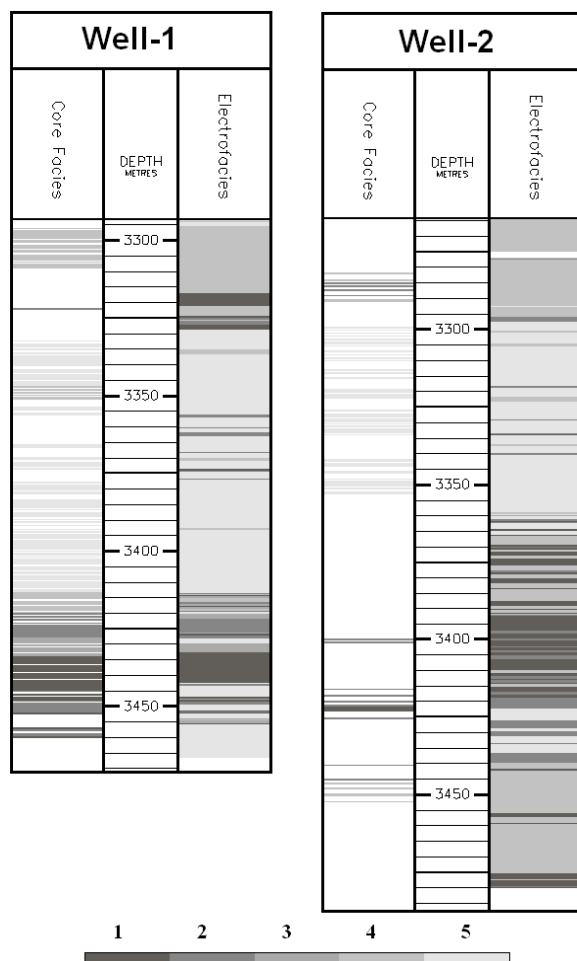
شکل ۵: مقایسه رخساره‌های الکتریکی و رسوبی: درصد انطباق رخساره‌های الکتریکی بر حسب هر یک از رخساره‌های رسوبی مشخص شده است. بخشهای رنگی مشخص کننده رخساره های الکتریکی است که بیشترین تطابق (درصد وزنی) را با رخساره رسوبی دارد.

رسوبی سازند سروک در میدان مورد مطالعه کرده و طبعاً می‌تواند در شناخت خصوصیات زمین شناسی مخزن مورد مطالعه مؤثر باشد. نمایی از توزیع این مدل در یک مقطع طولی با جهت شمال غرب - جنوب شرق از چاههای میدان مورد مطالعه در شکل ۹ نشان داده شده است.

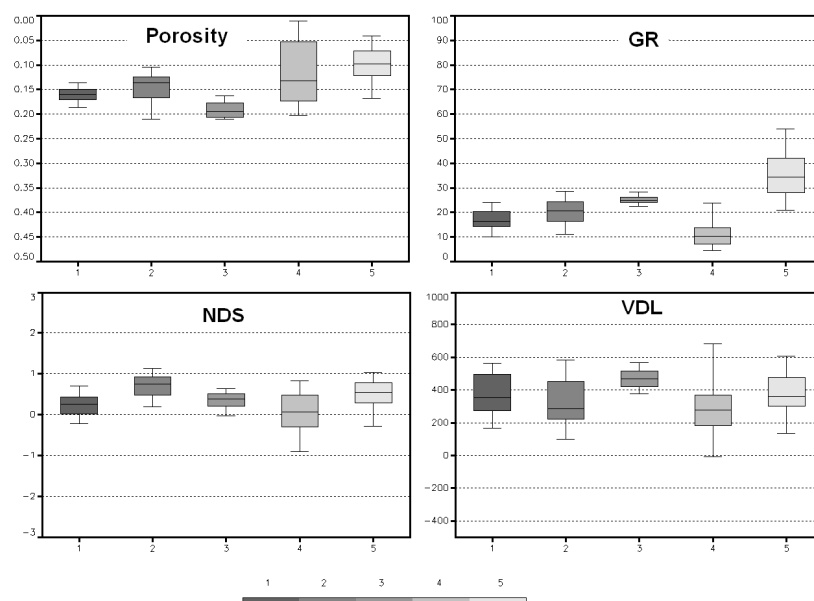
با توجه به تقریب خوب مدل در شبیه سازی رخساره‌های رسوبی در این دو چاه، این مدل در بقیه چاههای میدان نیز توسعه داده شد. به این ترتیب با توسعه این مدل در تمامی چاههای میدان رخساره‌های رسوبی در تمامی چاهها شبیه سازی شد. این نتایج کمک بسیار موثری در تهیه مدل



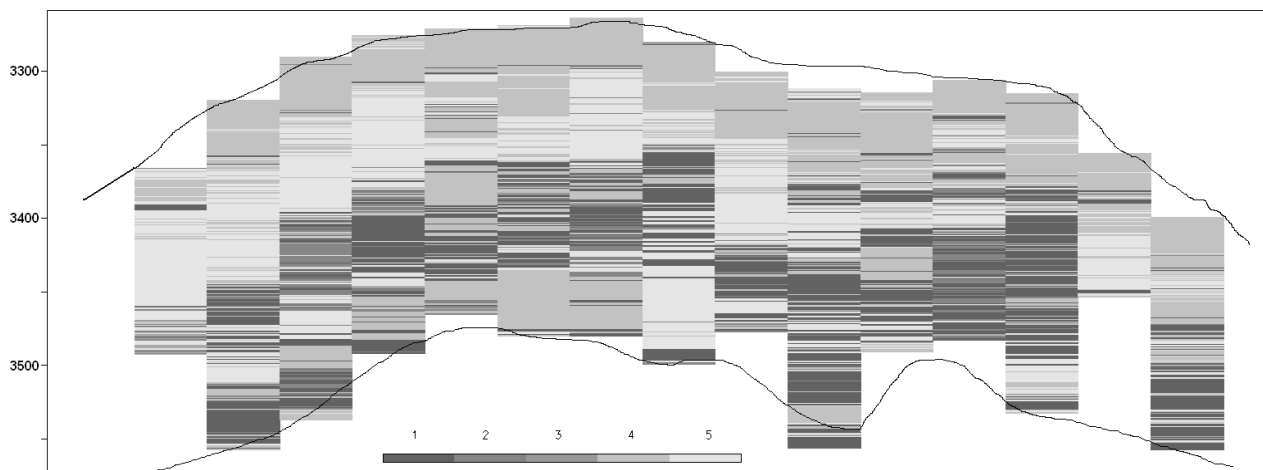
شکل ۶: نحوه توزیع رخساره‌های الکتریکی در نمودار متقاطع تخلخل - گاما برای هریک از رخساره‌های رسوبی



شکل ۷: نتیجه اجرای مدل نهایی در چاههای مغزهگیری شده (ستون اول رخساره رسوبی به دست آمده از مطالعه مغزهها، ستون وسط عمق چاه و ستون سوم رخساره الکتریکی را نشان می‌دهد)



شکل ۸: تغییرات فراوانی نگارهای پتروفیزیکی در رخسارههای الکتریکی مدل نهایی



شکل ۹: مقطع طولی (شمال غربی - جنوب شرقی) از توزیع رخساره‌های الکتریکی مدل نهایی از سازند سروک در چاه‌های میدان

نتیجه‌گیری

(رخساره) در دو چاه مذکور ساخته شد. این مدل در مقایسه با رخساره‌های رسوبی اصلاح شد و به ۵ رخساره کاهش یافت که نتیجه آن همخوانی قابل قبول رخساره‌های الکتریکی و رسوبی در دو چاه مغزه‌گیری شده بود. با تعمیم مدل اصلاح شده به تمامی چاه‌های میدان به نوعی رخساره‌های رسوبی در چاه‌های فاقد مغزه شبیه‌سازی شد. این تحقیق نشان می‌دهد که هرچند چاه نگارهای پتروفیزیکی که مقادیر تخلخل، اشباع آب و سنگ شناسی را به دست می‌دهند به ظاهر هیچ ارتباطی با پدیده‌های رسوب‌گذاری و تشکیل سنگها و کانیها ندارند اما استفاده از تجزیه و تحلیل آنها در قالب رخساره‌های الکتریکی کمک قابل توجهی به انطباق آنها با این پدیده‌ها می‌کند به طوری که می‌توان از آنها برای تخمین و شبیه‌سازی پدیده‌های رسوبی در جاهایی که دسترسی مستقیم به اطلاعات (مغزه) نیست استفاده کرد. این کار می‌تواند در تهیه مدل رسوبی منطقه مورد مطالعه به کمک کارشناسان این حوزه بیاید.

ارزیابی معمول پتروفیزیکی که پارامترهای فیزیکی سنگ مخزن مثل تخلخل و میزان اشباع آب و نفت (یا گاز) را به دست می‌دهد برای تشخیص نوع رخساره‌های سنگی (چه از نظر مخزنی و چه از نظر زمین شناسی) به کار نمی‌آید. محققان با بررسی رابطه میان شکل منحنی نگارها (تغییرات آنها بر حسب عمق) با رخساره‌های زمین شناسی تلاش کردند تا با کمک ابزارهای ریاضی و آمار به روابطی برای ارتباط سازی نگارها با رخساره‌های زمین شناسی برسند. نتیجه این تلاشها ارائه روشهای متنوع خوشه‌سازی یا دسته بندی نگارها یا همان رخساره‌های الکتریکی است. یکی از بهترین روشهای ارائه شده در این زمینه خوشه‌سازی گراف پایه با توان تفکیک چندگانه (MRGC) است.

در این تحقیق بر اساس مطالعه رسوب شناسی سازند سروک از روی نمونه‌های مغزه در دو چاه، ۵ نوع رخساره رسوبی تشخیص داده شد. بر اساس چاه نگارهای موجود در این میدان یک مدل اولیه رخساره الکتریکی با ۲۵ دسته

منابع

- Ahr, W.M., 2008. Geology of carbonate reservoirs. Wiley Pub, 277p.
 Anselmetti, F.S., & Eberli G.P., 1993. Controls on sonic velocity in carbonates. *Pure and Applied Geophysics*, 141(2-4): 287-323.

- Baldwin, J.L., Bateman, R.M., & Wheatley, C.L., 1990. Application of a neural network to the problem of mineral identification from well logs. *The Log Analyst*, 31 (5): 279-293.
- Baldwin, J.L., Otte, D.N., & Bateman, R.M., 1989. Computer emulation of human mental processes: application of neural network simulators to problems in well log interpretation. SPE Annual Technical Conference and Exhibition Proceedings (SPE-19619), v. omega, Formation Evaluation and Reservoir Geology: *Society of Petroleum Engineers*, 481-493 p.
- Busch, J.M.; Fortney, W.G., & Berry, L.N., 1987. Determination of lithology from well logs by statistical analysis. *SPE Formation Evaluation*, 2 (4): 412-418.
- Carozzi, A.V., 1989. Carbonate rocks depositional model, Prentice, *Hall*, New Jersey, 604p.
- Choquette, P.W., & Pray, L.C., 1970. Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. *AAPG Bulletin*, 54: 207-250.
- Ghazban, F., 2007. Petroleum geology of Persian Gulf. *Tehran University Publication*, p707
- Dickson, J.A.D., 1965. A modified staining technique for carbonate in thin section. *Nature*, 205: 587.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: W.E. Ham (Ed.), *Classification of carbonates rocks. AAPG Memoir*, 1: 108-121.
- Mwenifumbo, C.J. & Blangy, J.P., 1991. Short-term spectral analysis of downhole logging measurements from site 704, chapter 30, in Ciesielski, P.F., Kristoffersen, Y., et al., eds., *Proceedings of the Ocean Drilling Program. scientific results*, v. 114: Texas A&M University, Ocean Drilling Program, College Station, *Texas*, 577-585 p.
- Rabiller, P., 2005. Facies prediction and data modeling for reservoir characterization. 1th Ed., *Rabiller Geoconsulting*.
- Rogers, S.J., Fang, J.H.; Karr, C.L., & Stanley, D.A., 1992. Determination of lithology from well logs using a neural network. *AAPG Bulletin*, 76 (5): 731-739.
- Serra, O., 1986. Fundamentals of well-log interpretation v. 2-the interpretation of logging data. *Elsevier Science Publishers*, Amsterdam, 15B: 684
- Serra, O., & Abbott, H.T., 1982. The contribution of logging data to sedimentary sedimentology and stratigraphy. *Society of Petroleum Engineers Journal*, 22(1):117-131.
- Serra, O. & Sulpice, L., 1975. Sedimentological analysis of shale-sand series from well logs. *Transactions of the SPWLA 16th Annual Logging Symposium*.
- Wolff, M., & Pelissier-Combescure, 1982. Automatic electrofacies determination. 23rd Annual Logging Symposium Transactions, *Society of Professional Well Log Analysts*, 22 p.
- Wynd, J.G., 1965. Biofacies of the Iranian Oil Consortium Agreement area. Iranian Oil Operating Companies, *Geological and Exploration Division*, Report 1082: 89p.
- Ye, S.J., & Rabiller, Ph., 2000. A new tool for electrofacies analysis: multi resolution graph based clustering. *SPWLA, 41 Annual Logging Symposium*, June 4-7.

Electrofacies using in simulation sediment facies

Rahimi Bahar, A.A., Parham, S.*

Research Institute of Petroleum Industry (RIPI), Tehran, Iran

*E-mail: rahimibaharaa@ripi.ir

Abstract

Electrofacies is a deterministic or analytical way to perform well logs data partitioning, which shows variation of geologic or reservoir characteristics. In this paper, we used well logs of two cored wells at one of the oil fields in south of Iran. An initial electrofacies model was developed based on well logs which included of 25 facies. Corresponds facies in this model merged together according to core micro facies analysis that showed 5 sedimentary facies associations. So it optimized by transmuting to new model (5 facies). Results of optimized model showed good conformity with core micro facies (in cored wells). Finally, we propagated it to all wells and simulated sediment facies in all wells of the subjected oil field.

Keywords: Electrofacies, sediment facies, core, well log.