شناسایی و تفسیر رخساره‌های الکتریکی و استفاده از آن جهت پیش‌بینی رخساره‌های رسوبی، در مخزن آسماری یکی از میادین نفتی جنوب‌غرب ایران

ایمان زحمت‌کش
گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران، اهواز
بهمن سلیمانی
گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران، اهواز
علی غبیشاوی
شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، اهواز
حسین شیخ‌زاده
شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، اهواز

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۳۰ تاریخ پذیرش۹۴/۳/۲۶
I-Zahmatkesh@phdstu.scu.ac.ir

چکیده

یکی از اجزای مهم در سرشت‌نمایی مخزن تهیه نقشه‌ای از توزیع خصوصیات و ناهمگنی‌های مخزنی است.در مخازن کربناته ناهمگن، به دلیل پیچیدگی و ناهمگنی بالا توزیع تخلخل و تراوایی متغیر و نامشخص است. بر همین اساس استفاده از روش‌های جدید به منظور درک بهتر این مخازن الزامی است. از میان این روش‌ها تعیین و استفاده از رخساره‌های الکتریکی(رخساره لاگ) امروزه یکی از مهمترین‌ترین روش‌ها در مباحث تولید از مخازن هیدروکربنی و توسعه میادین می‌باشد. به همین دلیل در این مطالعه، با استفاده از روش شبکه عصبی خودسازمان‌ده (SOM) رخساره‌های الکتریکی سازند آسماری در یکی از میادین نفتی جنوب‌غرب ایران تعیین گردید. این رخساره‌های لاگ از نظر کیفیت مخزن به ترتیب از خیلی خوب تا ضعیف به صورت، رخساره‌های لاگ ۱و ۵ با بهترین کیفیت مخزنی، رخساره‌های ۲و ۶ با کیفیت مخزنی خوب، رخساره ۳ باکیفیت مخزنی متوسط و رخساره‌های ۴و۷ با کیفیت مخزنی بد یا بدون کیفیت مخزنی مرتبه‌بندی گردید.جهت ارزیابی رخساره‌های الکتریکی و ارتباط دادن فابریک سنگ‌های کربناته و ماسه‌سنگی با توزیع اندازه فضاهای خالی و خصوصیات پتروفیزیکی رخساره‌های الکتریکی، مطالعات پتروگرافی در چند حلقه چاه صورت پذیرفت. به طور کلی رخساره‌های الکتریکی تعیین شده در این مطالعه با داده‌های پتروگرافی ارتباط بسیار خوبی نشان داد، در نتیجه با توجه به انطباق خوب نتایج مدل بهینه شده در این مطالعه با واقعیت، رخساره‌های الکتریکی در حکم جانشین برای رخساره رسوبی ساخته و به تمام چاه‌های میدان تعمیم داده شد.

کلمات کلیدی: *رخساره الکتریکی، رخساره رسوبی، خوشه‌سازی، کیفیت مخزن.*

مقدمه

تعریف رخساره الکتریکی به معنی امروزی آن اولین بار به وسیله سرا ارائه گردید (Serra, 1986) رخساره الکتریکی در این تعریف عبارت است از مجموعه‌ای از پاسخ‌های لاگ که مشخص کننده یک لایه بوده و باعث تشخیص آن از لایه‌های دیگر می‌گردد. در اولین کارهای مرتبط با رخساره‌های الکتریکی از طرح‌های خاص یک لاگ برای تعیین رخساره استفاده می‌شد (Pirson, 1970; Lennon, 1976). در مطالعات اخیر رخساره‌های الکتریکی، به جای یک لاگ از مجموعه لاگ‌ها استفاده می‌گردد تا همزمان خصوصیات بیشتری به یک رخساره خاص تعلق گیرد، در این حالت پاسخ‌های مجموعه ابزارها به مراتب پیچیده‌تر می‌گردد تا انجا که چشم انسان قادر به تقسیم‌بندی رخساره‌ها نخواهد بود بر این اساس تجزیه و تحلیل دقیق داده‌ها با روش‌های آماری و گروه‌بندی آنها در دسته‌های جدا، اجتناب ناپذیر است (Tavakoli and Amini, 2006). محققین مختلف بر اساس مفاهیم مختلف ریاضی و آمار روش‌های مختلف خودکار یا نیمه خودکار را برای دسته بندی چاه نگارها به رخساره های الکتریکی، پیشنهاد کردند (Wolf and Pelissier-Combescure, 1982; Busch et al., 1987; Baldwin et al., 1990; Mwenifumbo and Blangy, 1991; Rogers et al., 1992). یکی از این پیشنهادها استفاده از روش شبکه خودسازمانده(SOM) است که در این مطالعه برای دسته بندی چاه نگارها و تعیین رخساره های الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته است.

هر رخساره الکتریکی از لحاظ ویژگی‌های مخزنی با رخساره‌های دیگر متمایز بوده و این تمایز وابسته به هدف محقق از نوع خوشه بندی و همچنین مقدار و تنوع داده‌های ورودی است (Ilkhchi et al., 2006). رخساره‌های الکتریکی قادرند تا علاوه بر خصوصیات پتروفیزیکی، خصوصیات سنگ و رخساره‌های رسوبی را هم نمایش دهند. نوع و توزیع رخساره‌های رسوبی در مخزن به الگوهای رسوبگذاری و تاریخچه دیاژنتیکی بستگی دارد (Mathis et al., 2003; Tucker, 2009) و تشخیص و تفکیک آن در مخزن معمولا بوسیله مطالعات مغزه انجام می‌شود. پرهزینه بودن عملیات مغزه‌گیری و صد در صد نبودن بازیابی مغزه خارج شده از چاه این روش را برای شناسایی رخساره‌های رسوبی دچار محدودیت کرده است. مطالعه رخساره‌های الکتریکی به عنوان یک روش کارامد در شناسایی رخساره‌های رسوبی به کاربر اجازه می‌دهد تا واحدهای رسوبی و لایه‌ها را از هم تفکیک کند. به نحوی که اگر رخساره‌های الکتریکی با رخساره‌های سنگی منطبق شوند، می‌توان رخساره الکتریکی را در حکم جانشین برای رخساره سنگی ساخت و به کار برد. و از آن برای پیش‌بینی رخساره‌های سنگی در چاه‌های بدون مغزه و یا در بازه‌های بدون مغزه چاه‌های مغزه‌گیری شده استفاده نمود.

در سال‌های اخیر محقیقین مختلف از نمودارهای چاه پیمایی جهت شناسایی رخساره‌های الکتریکی (Lim et al., 1997; Qi and Carr, 2006) تفسیر محیط رسوبی (Bourquin et al., 1993; Baouche et al., 2009)، و

تخمین تراوائی (Lee and Datta-Gupta, 1999; Sharma et al., n.d.) بهره جسته‌اند.

بحث

در این پژوهش اطلاعات ۳۰۰ حلقه چاه در دسترس بود که از اطلاعات ۴۳ حلقه چاه آن برای ساخت مدل رخساره الکتریکی استفاد شد. سپس از مقاطع میکروسکوپی مربوط به ۴ حلقه چاه مغزه‌گیری شده چاه‌های مدل، برای ارزیابی رخساره‌های الکتریکی و استفاده از آن در پیش‌بینی رخساره‌های رسوبی استفاده گردید. در نهایت رخساره‌های الکتریکی ارزیابی شده، در ۲۰۷ چاه دیگر میدان موردنظر انتشار داده شد. به این ترتیب اطلاعات کاملی از خصوصیات پتروفیزیکی و زمین‌شناسی تمام چاه‌های میدان به دست آمد که کمک قابل توجهی در مدلسازی رسوبی میدان موردمطالعه می‌نماید.

تعیین رخساره‌های الکتریکی مخزن آسماری

انتخاب مجموعه داده مبنا:

در این مطالعه از اطلاعات ۴۳ چاه که به طور عمده دارای نمونه‌های مغزه بودند به عنوان اطلاعات مبنا برای آزمایش و ساخت مدل رخساره الکتریکی استفاده گردید (شکل۱). با توجه به تنوع لاگ های برداشت شده در چاه های این میدان، به منظور کسب نتیجه بهتر، از حداکثر لاگ های مشترک و سالم موجود در این۴۳ چاه شامل لاگ‌های چگالی، گاما، صوتی، تخلخل موثر و آب-اشباع‌شدگی استفاده شد. در میدان مورد مطالعه به دلیل ناهمگونی سنگ-شناسی مخزن دسته بندی مناسب مستلزم جدا سازی داده ها از لحاظ لیتولوژی‌های کربناته وماسه سنگ بود. بنابراین یک نمودار تحت عنوانLITHOSAND در محیط نرم افزار ژئولاگ تعریف و ایجاد گردید تا بر حسب درصد و حد مشخصی از ماسه سنگ لیتولوژی‌های کربناته و ماسه سنگ از هم تفکیک گردد. نمودار مذکور برای مقادیر بیش از سی درصد ماسه ایجاد، و با ترکیب با نمودارهای فوق‌ذکر دسته بندی انجام شد. مجموعه اطلاعات مبنا برای ساخت مدل در شکل(۲) آورده شده است.

روش خوشه بندی:

در فرایند خوشه‌بندی اطلاعات مبنا(اطلاعات لاگ)، داده‌های ورودی براساس مفهوم فاصله درخوشه‌های مختلف قرار می‌گیرند؛ بطوریکه داده‌هایی که نسبت به یکدیگر دارای فاصله کمتری باشند در یک دسته و داده‌هائی که فاصله بیشتری دارند در دسته‌های جداگانه دسته‌بندی می‌گردند. به عبارت دیگر در فرآیند خوشه‌بندی صحیح، فاصله‌های درون خوشه‌ای بین نقاط حداقل و فاصله بین خوشه‌های مختلف حداکثر می‌باشد (Loo et al., 2001). امروزه روش‌های مختلفی برای خوشه‌بندی داده‌ها ارائه شده است. در این مطالعه از روش شبکه عصبی خودسازمان‌ده (SOM) برای خوشه بندی اطلاعات لاگ مخزن آسماری میدان موردمطالعه استفاده شده است. شبکه‌های خودسازمان‌ده از انواع شبکه‌های عصبی با یادگیری بدون ناظر می‌باشند که در تحلیل فضاهای پیچیده توانایی زیادی دارند (Mukherjee, 1997). این مدل از شبکه‌های عصبی اولین بار توسط کوهنن (Kohonen, 1972) معرفی شد. اساس فلسفه شبکه‌های خودسازمان‌ده، نگاشت فضاهای با تعداد ابعاد بالا به فضایی دو یا سه بعدی است (Astel et al., 2007) ، بگونه‌ای که حداقل اطلاعات از بین رفته و اطلاعات نهفته در ارتباط میان داده‌ها نیز قابل کشف و نمایش باشد.این روش توانایی نمایش همبستگی میان داده‌ها و اطلاعات و اثرات متقابل و همزمان آنها بر یکدیگر را دارد.

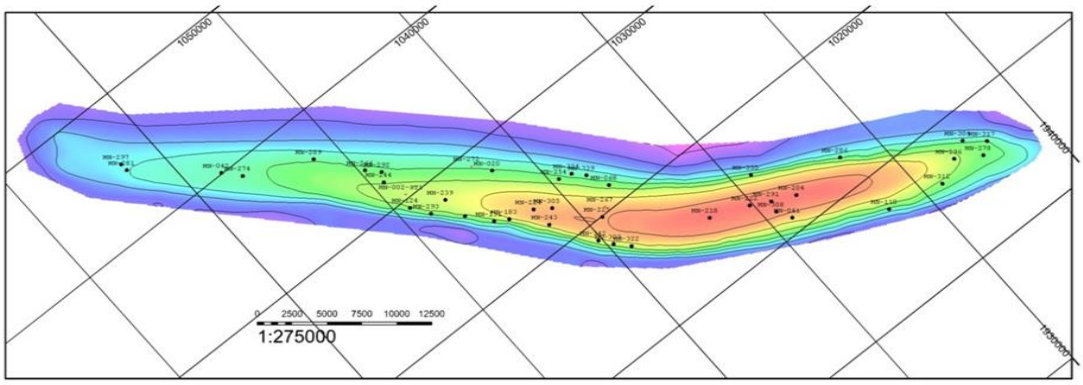
ساخت مدل رخساره الکتریکی

مدل رخساره الکتریکی از طریق دسته بندی مجموعه داده مبنا به زیر گروه‌ها (خوشه ها) یا همان " رخساره‌های الکتریکی "ساخته می شود. رخساره‌های الکتریکی شاخص گذاری، تفسیر و در نهایت برچسب گذاری می شود. مدل رخساره الکتریکی، کاتولوگی از نمونه های عمقی لاگ است با یک شاخص مشترک که معرف زیرگروه های مجزا از مجموعه داده مبنا هستند. محتوی فیزیکی کاتولوگ وابسته به روش و معیار مورد استفاده در طبقه بندی اطلاعات لاگ به زیرگروه‌ها (رخساره های الکتریکی) است. روش (SOM) که در این مطالعه مبنای تعین رخساره‌های الکتریکی است؛ یک روش غیر پارامتریک است که نقشه‌های خود را از بین داده‌هایی با ابعاد فضایی پراکنده و چند بعدی که ارتباط غیر خطی با یکدیگر دارند، در دو بعد ایجاد می‌کند. سپس بر اساس تعداد واحد نقشه‌های دو بعدی ایجاد شده، تعداد خوشه بندی نهایی تعیین می‌شود. در میدان مورد مطالعه به لحاظ تنوع سنگ شناسی انتظار می‌رود که تعداد خوشه‌ها بین ۶ تا ۱۰ خوشه باشد. لذا ابعاد نقشه‌ی 2D مدل، ۵×۵ در نظر گرفته شد. پس ازاجرای روش توسط نرم افزار مدل بهینه‌ای با ۲۵ خوشه (رخساره) به دست آمد. با مطالعه پیرامون ویژگی‌های مخزنی و پلات‌های موجود در محیط نرم‌افزاری، این نتیجه حاصل شد که مقادیر اشباع آب و تخلخل، بهتر می‌تواند گونه‌های سنگی را از یکدیگر تفکیک کند (Francesconi et al., 2009). از این رو دسته‌های مشابه ، از لحاظ دو پارامتر اساسی PHIE و SW با یکدیگر ترکیب شدند . در نتیجه، ۲۵ خوشه‌ی بدست آمده در ۷ رخساره‌ی اصلی خوشه‌بندی شدند که از یکدیگر قابل تفکیک می‌باشند(شکل۳).نحوه توزیع فراوانی لاگ‌های پتروفیزیکی مدل در هر کدام از رخساره‌های الکتریکی در شکل (۴) نشان داده شده است. همچنین، نمودارهای مقادیر SW و PHIE به عنوان دو پارامتر اساسی در بررسی کیفیت مخزن برای هر یک از رخساره‌های الکتریکی تعیین شده در این تحقیق در شکل‌های (۵) (۶)آورده شده است. نمودارهای مقادیر SW و PHIE برای رخساره‌های الکتریکی کربناته (EF1,… ,EF4) حاکی از آن است که از الکتروفاسیس ۱ به سمت الکتروفاسیس ۴ میزان آب اشباع شدگی افزایش، و مقدار تخلخل موثر کاهش می‌یابد؛ در نتیجه، از لحاظ کیفیت مخزنی الکتروفاسیس ۱، به عنوان بهترین رخساره الکتریکی کربناته و الکتروفاسیس ۴، بدترین رخساره الکتریکی کربناته می‌باشد. نمودارهای مقادیر SW و PHIE برای رخساره‌های الکتریکی ماسه‌سنگی (EF5,6,7) نیز نشان دهنده آن است که از الکتروفاسیس ۵ به سمت الکتروفاسیس ۷ میزان آب اشباع شدگی افزایش، و مقدار تخلخل موثر کاهش می‌یابد؛ در نتیجه، از لحاظ کیفیت مخزنی الکتروفاسیس ۵، به عنوان بهترین رخساره الکتریکی ماسه‌سنگی و الکتروفاسیس ۷، نشان دهنده بدترین رخساره الکتریکی ماسه‌سنگی است.

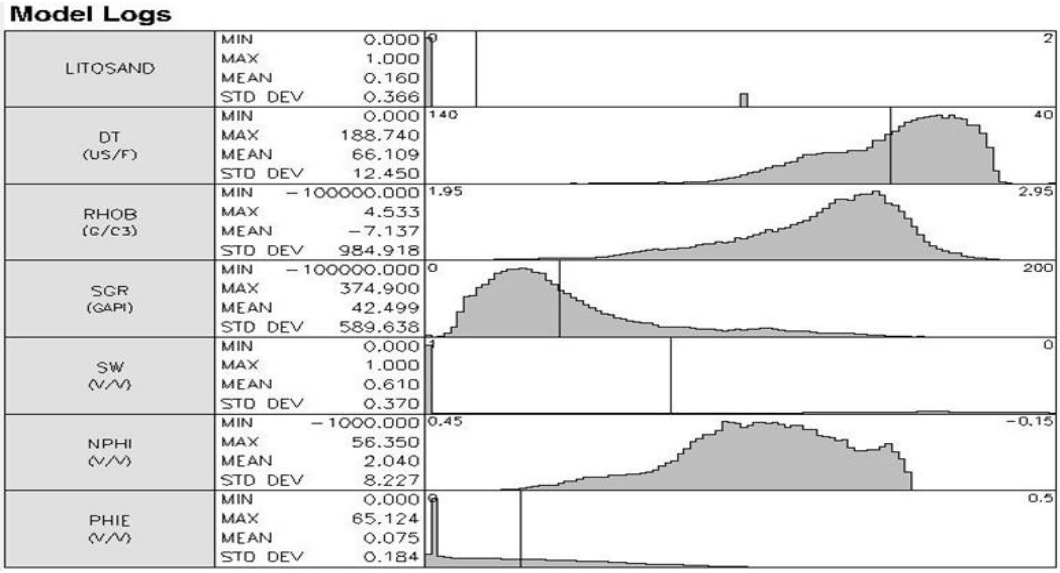
پس از ایجاد مدل رخساره الکتریکی بهینه شده، در نهایت مدل تبدیل شده نهایی با روش نظارت شده را در دیگر چاه‌ها با استفاده از گسترش رخساره‌ای نزدیک‌ترین همسایگی (KNN) انتشار داده و یک ستون رخساره ای که نشان دهنده رخساره‌های الکتریکی تخمینی در این چاه ها می باشد ایجاد گردید نتیجه انتشار مدل رخساره الکتریکی در چاه‌های میدان حاکی از تفکیک خوب زون‌های مختلف مخزنی توسط این مدل می‌باشد. نتیجه اجرای این مدل در چهار حلقه چاه، از چاه‌های موردمطالعه میدان در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است.

مخزن آسماری میدان موردمطالعه توسط قلی‌پور (میرزاقلی‌پور و حقی، ۱۳۶۸) به ۵ لایه اصلی (لایه‌های۱،۰۰، ۲۰،۰۰، ۴۰،۰۰، ۳۰،۰۰ و ۵۰،۰۰) و ۵ زیرلایه (۱۱،۰۰، ۲۸،۰۰، ۳۶،۳۰، ۴۰،۸۰ و ۵۰،۶۰) تقسیم شده است. در جدول ۱ فراوانی هریک از رخساره‌های الکتریکی در لایه‌ها و زیرلایه‌های مخزن موردمطالعه آورده شده است. بررسی توزیع رخساره‌های الکتریکی در چاه‌های مدل نشان می‌دهد که رخساره یک به عنوان بهترین رخساره کربناته(از نظر کیفیت مخزنی)، در لایه‌های ۱،۲۰ و ۳۰ که بیشتر از جنس آهک‌های

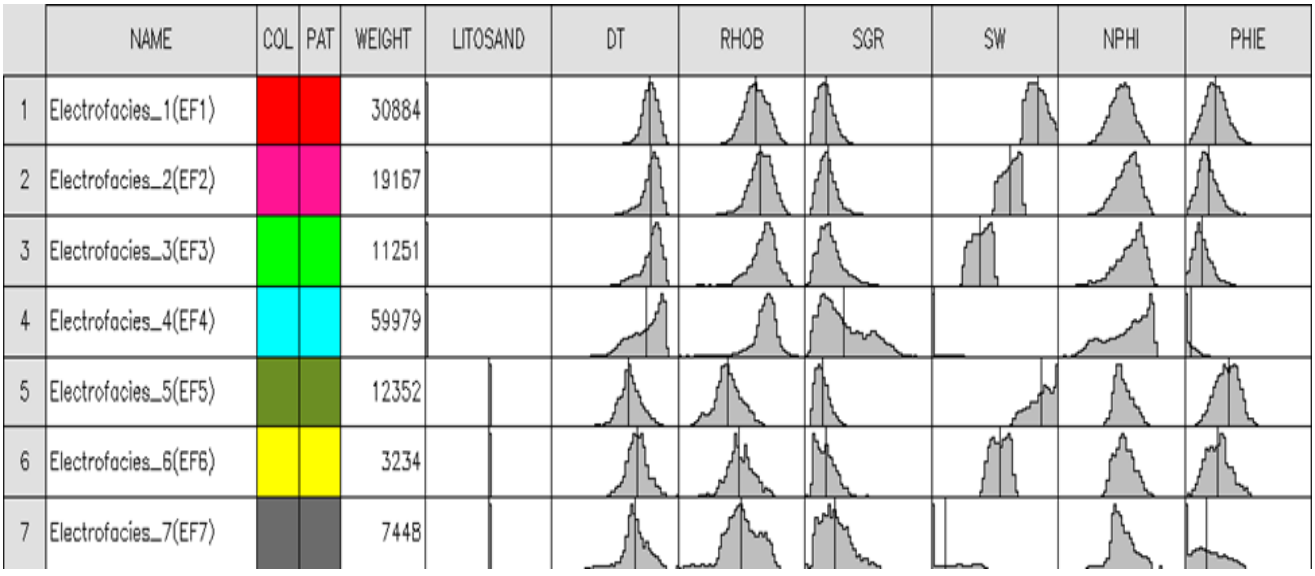
دولومیتی هستند دارای فراوانی بالایی است. رخساره پنج نیز به عنوان بهترین رخساره ماسه سنگی در زیرلایه‌های ۱۱،۲۸و۳۶،۳۰ مخزن موردمطالعه فراوانی بالایی را نشان می‌دهد. در نتیجه بخش‌های بالایی مخزن موردمطالعه بهترین بخش مخزن را تشکیل می‌دهد و بخش‌های پایینی،بیشتر از بخش غیرمخزنی تشکیل شده است.



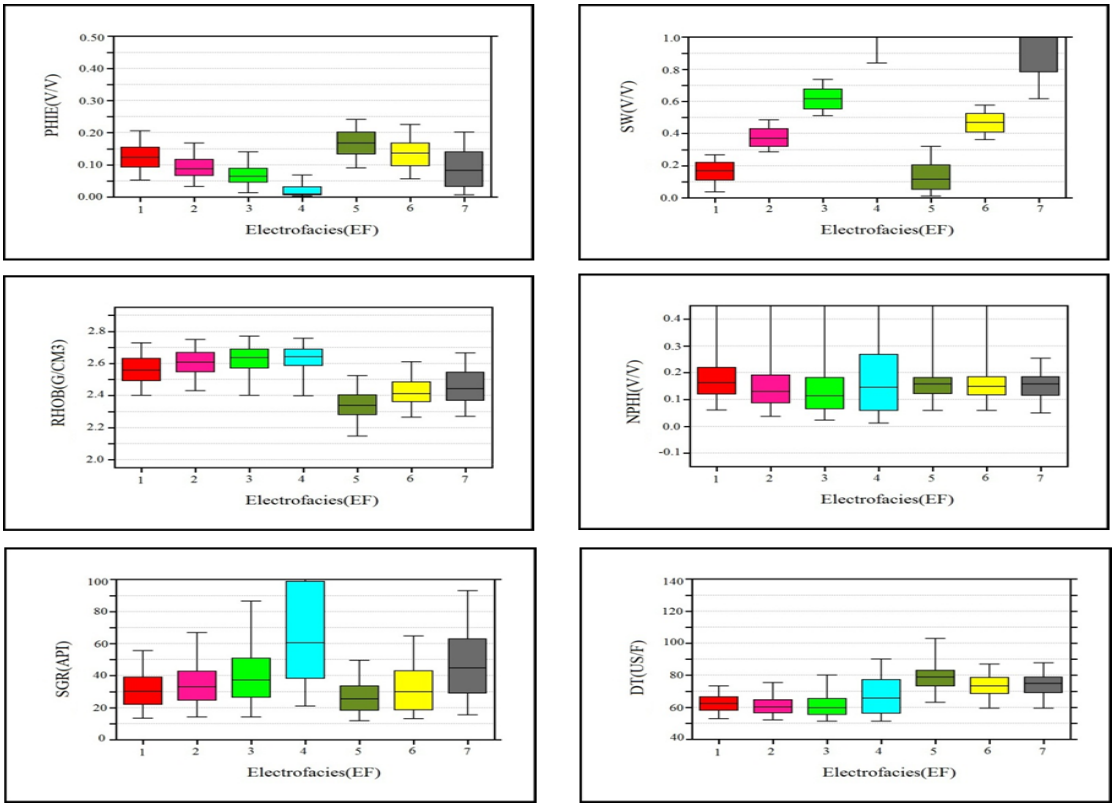
شکل ۱. موقعیت چاه‌های مورد استفاده در مدل رخساره الکتریکی، بر روی UGC میدان موردمطالعه



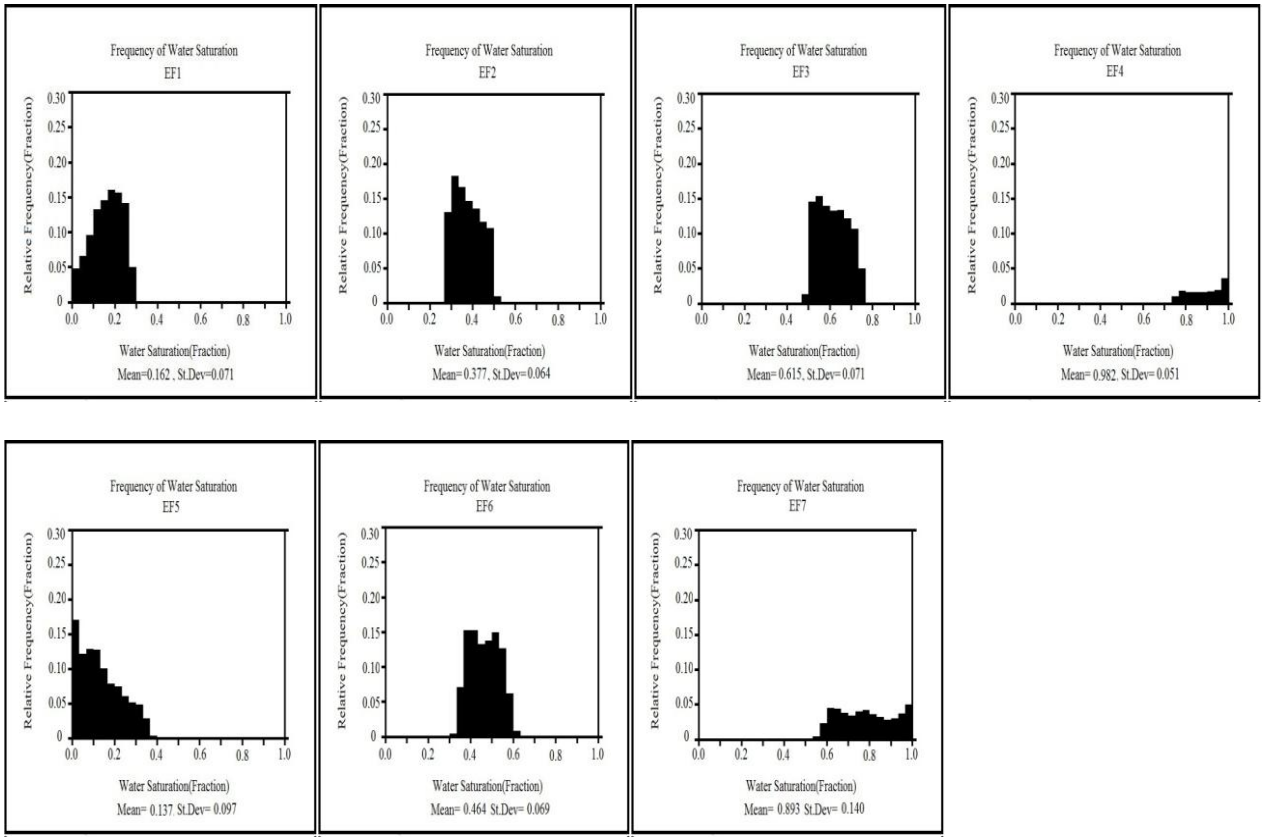
شکل ۲. مجموعه داده ورودی (مبنا) برای ساخت مدل رخساره الکتریکی



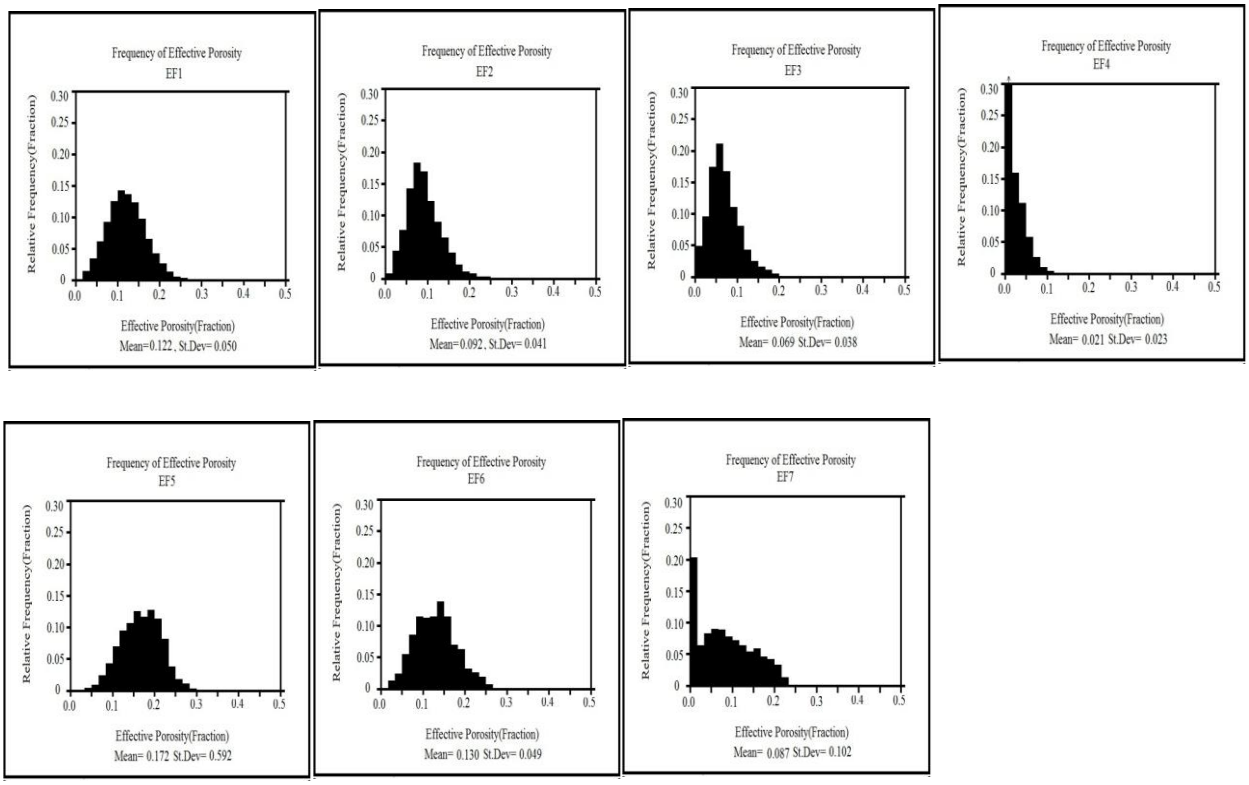
شکل۳. مدل رخساره‌ای نهایی میدان مورد مطالعه



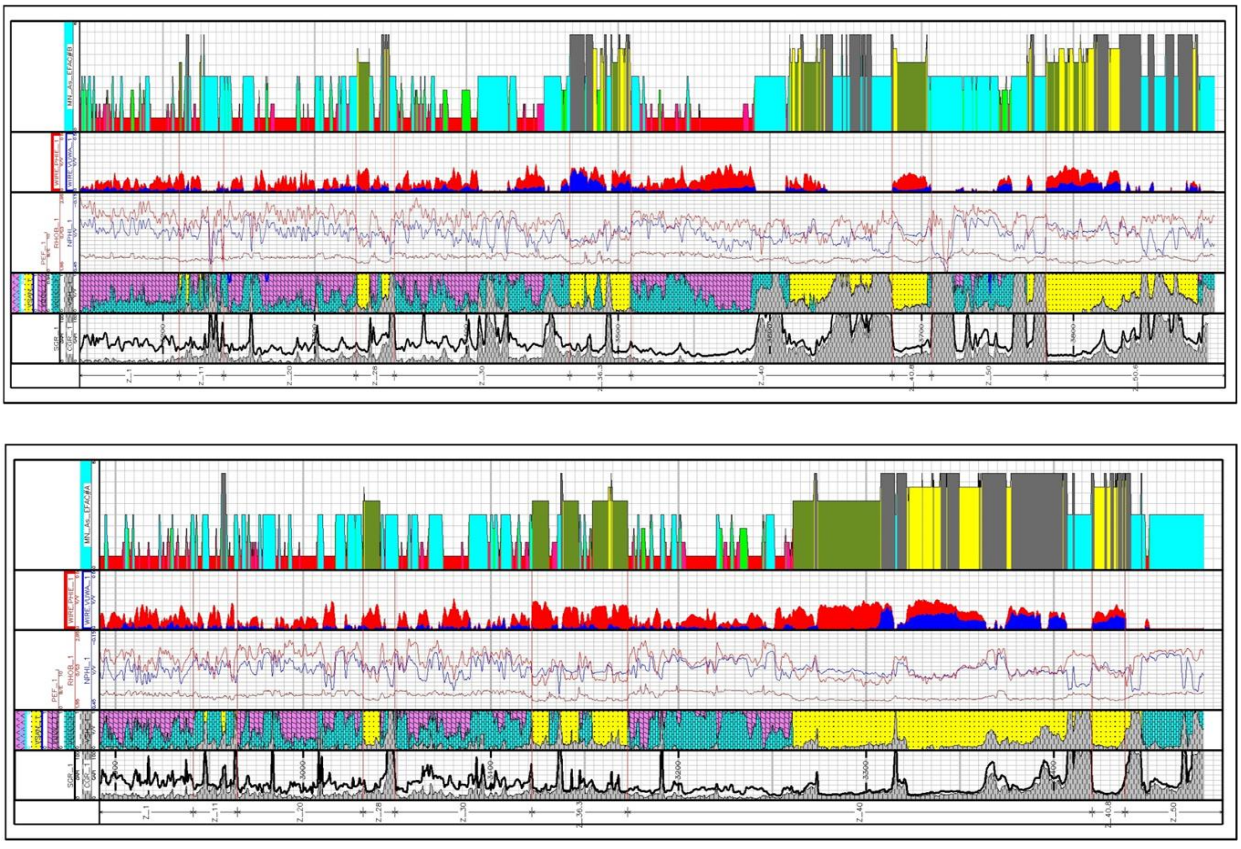
شکل ۴. فراوانی نمای جعبه‌ای مقادیر پارامترهای ورودی مدل رخساره الکتریکی(برای رخساره‌های الکتریکی۱ تا ۷)



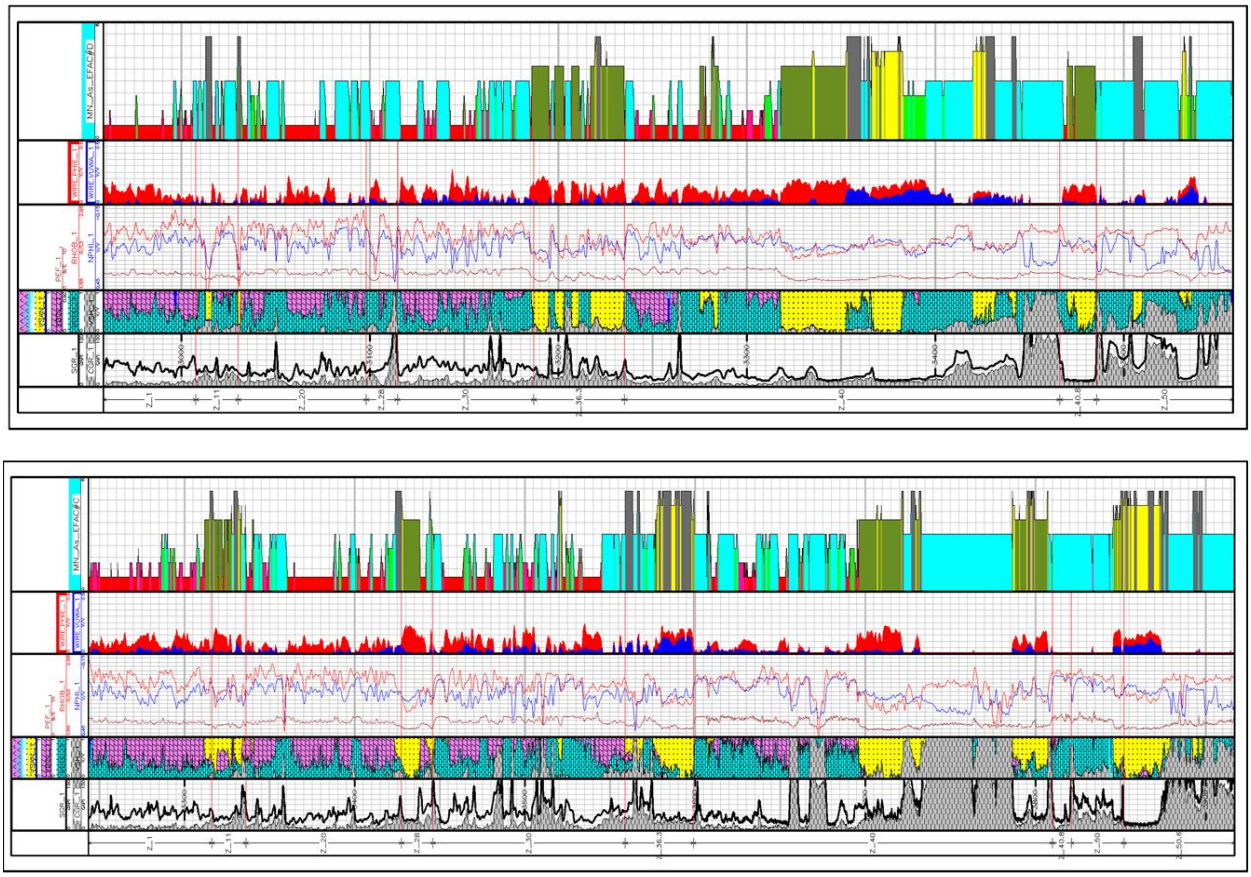
شکل ۵. هیستوگرام‌های آب‌اشباع‌شدگی (SW) برای رخساره‌های الکتریکی در مخزن آسماری. آب اشباع‌شدگی عمدتا وابسته به تخلخل است. رخساه‌های الکتریکی با تخلخل بالا(EF1,EF5) آب اشباع‌شدگی پایینی در مقایسه با رخساره‌های الکتریکی با تخلخل کمتر دارند(EF3,EF4,EF6).



شکل ۶.هیستوگرام‌های تخلخل موثر (PHIE) برای هر کدام از رخساره‌های الکتریکی تعیین شده در مخزن آسماری. در رخساره‌های الکتریکی ماسه‌سنگی(EF5,EF6,EF7) اندازه و میزان تخلخل موثر نسبت به رخساره‌های الکتریکی کربناته(EF1,…,EF4) یک افزایش نسبی را نشان می‌دهد که در ارتباط با ماهییت رسوبی و اثر متفاوت پدیده‌های دیاژنزی در این دو لیتولوژی است.



شکل ۷.نتیجه اجرای مدل و تفکیک خوب زون‌های مختلف مخزن در دو حلقه چاه از چاه‌های مدل



شکل ۸.نتیجه اجرای مدل و تفکیک خوب زون‌های مختلف مخزن در دو حلقه چاه از چاه‌های میدان که مدل رخساره الکتریکی در آن انتشار داده شده است.

جدول ۱: درصد فراوانی هر کدام از رخساره‌های الکتریکی در زون‌های مختلف مخزن آسماری میدان موردمطالعه

	Z_1	Z_11	Z_20	Z_28	Z_30	Z_36.30	Z_40	Z_40.80	Z_50	Z_50.60
EF1	۵۵,۷	۲۲,۸	۳۶.۷	۱۵,۹	۳۳,۲	۵,۰	۱۸,۴	۲,۲	۱,۸	۰,۰
EF2	۲۱,۹	۱۲,۲	۱۹.۱	۹,۶	۲۲,۹	۶,۴	۱۰,۹	۴,۶	۳,۲	۲,۹
EF3	۱۰,۱	۷.۴	۱۰.۳	۶,۷	۱۱,۷	۴,۹	۷,۵	۸,۸	۶,۴	۴,۰
EF4	۱۱,۳	۲۲.۴	۳۱.۷	۳۱,۲	۳۰,۷	۲۱,۶	۴۰,۴	۵۴,۹	۸۰,۶	۷۲,۲
EF5	۰,۵	۲۱.۶	۰.۹	۲۴,۱	۰,۵	۳۸,۹	۱۰,۷	۱۴,۳	۲,۳	۳,۱
EF6	۰,۰	۵.۲	۰.۳	۵,۰	۰,۳	۷,۰	۳,۷	۵,۰	۰,۶	۶,۴
EF7	۰,۳	۶.۴	۱.۱	۷,۵	۰,۷	۱۶,۱	۸,۴	۱۰,۵	۵,۰	۱۱,۳

پتروگرافی رخساره های الکتریکی (پیش بینی رخساره های رسوبی)

فرایندهای دیاژنزی از جمله مهمترین عواملی هستند که در کنترل کیفیت مخزنی مخازن کربناته می‌توانند موثر باشند (Flügel, 2004; ZOU et al., 2008)فرآیندهای دیاژنزی متنوع می‌تواند با شدت مختلف بر روی ویژگی‌های پتروفیزیکی مانند تخلخل کل و موثر، تراوائی و اندازه حفرات گلوگاهی و توزیع آنها، تاثیر گذاشته و تولید زون‌هایی با ویژگی‌های پتروفیزیکی متفاوت نماید (Lucia, 1995; Rahimpour-Bonab et al., 2009; Ahr, 2011) بر همین اساس، در این مطالعه برای تایید صحت خوشه بندی و درک ویژگی‌های طبیعی هر رخساره و شرایط دیاژنزی آنها، مقاطع نازک میکروسکوپی مربوط به هر رخساره الکتریکی بر اساس تطابق عمقی، مورد مطالعه و توصیف قرار گرفت (Stinco, 2006). برای انجام مطالعات پتروگرافی در این تحقیق، از ۶۰۰ مقطع نازک تهیه شده از چهار حلقه چاه مغزه‌گیری شده میدان موردمطالعه

استفاده گردید؛ شرح پتروگرافی رخساره‌های الکتریکی کربناته و ماسه سنگی مخزن آسماری میدان مورد مطالعه در زیر به تفکیک آورده شده است.

پتروگرافی رخساره‌های الکتریکی کربناته :

رخساره الکتریکی شماره ۱ :

مطالعات پتروگرافی در ارتباط با چاه‌های مورد مطالعه در میدان موردنظر نشان داد که، مقاطع میکروسکوپی مربوط به این رخساره دارای فابریک دانه افزون تا گل افزون بوده، به طوریکه بین ذرات اصلی با سیمان و یا گل پرشده و فضای خالی حفظ شده‌ای نیز در بین ذرات وجود دارد. در بخش گرینستونی، به دلیل شستهشدگی خوب میکرایت، اندازه آلوکم‌ها کنترل کننده اندازه فضای خالی و گلوگاه حفره می‌باشد، در صورتیکه در بخش پکستونی این رخساره، فضای بین آلوکم‌ها به صورت بخشی با گل و سیمان پرشده است، در اینصورت نسبت اندازه ذرات اصلی به گل کنترل کننده اندازه فضای خالی و گلوگاه حفره می‌باشد (Lucia, 1995). پدیده‌ی غالب دیاژنزی موثر در این رخساره دولومیتی شدن می‌باشد. به نحوی که فابریک‌های گل‌افزون(شامل پکستون، وکستون و مادستون‌های گل‌افزون) به سبب دولومیتی شدن در این رخساره از لحاظ پتروفیزیکی مشابه با گرینستون‌ها هستند. نوع تخلخل غالب در این رخساره الکتریکی تخلخل بین‌دانه‌ای ، انحلالی و بین‌بلوری متوسط است(شکل۹، تصویر «الف» و «ب»).

رخساره الکتریکی شماره ۲ :

رخساره الکتریکی شماره دو به طور غالب دارای فابریک پکستونی تا وکستونی می‌باشد. در این رخساره دولومیتی شدن و اثرپوشی ناشی از بلورهای دولومیت، اغلب تشخیص فابریک اولیه سنگ آهکی را مشکل می‌سازد به نحوی که دولوپکستون‌های دانه‌افزون با بلورهای ریز تا متوسط و دولوستون‌های گل-افزون با بلورهای متوسط از فراوانی زیادی برخوردار است. نوع تخلخل غالب در این رخساره سنگی تخلخل انحلالی (بیشتر تخلخل از نوع حفره‌ای غیرمرتبط) و بین‌بلوری ریز است(شکل ۹، تصویر «ج» و «د»).

رخساره الکتریکی شماره ۳ :

تمامی مقاطع مطالعه شده در این رخساره دارای فابریک گل غالب می-باشند به طوریکه اندازه گل، اندازه گلوگاههای ارتباطی را کنترل می‌کند.در این رخساره دولومیتی شدن به صورت محلی و بسیار کمتر از رخساره‌های یک و دو صورت گرفته است. از نظر بافتی این رخساره به طور غالب دارای بافت وکستون با تخلخل حفره‌ای، قالبی و بین‌بلوری ریز می‌باشد (شکل۹، تصویر «ه»).

رخساره الکتریکی شماره ۴ :

این رخساره به طور غالب دارای فابریک مادستونی تا وکستونی می‌باشد این رخساره دارای فابریک گل غالب می‌باشد به طوریکه اندازه گل، اندازه گلوگاههای ارتباطی را کنترل می‌کند. تخلخل بین ذره‌ای قابل رویت در این رخساره به دلیل غلبه گل، مشاهده نمی‌شود اما تخلخل ریز غیر قابل مشاهده بین ذرات گل وجود داشته و اندازه گل در ارتباط با اندازه فضاهای خالی ریز بین ذره‌ای می‌باشد. فضاهای خالی حفره‌ای غیر مرتبط به عنوان فراوان‌ترین نوع از فضای خالی در این رخساره است که غالبا در اثر انحلال سیمان انیدریتی ایجاد شده است (شکل۹، تصویر «ی»).

پتروگرافی رخساره‌های الکتریکی افقهای ماسه سنگی

ماسه‌سنگ‌ها در مخزن مورد مطالعه در سه زون ۱۱، ۲۸ و ۳۶/۳۰ بیشترین گسترش را دارند و بخش مهمی از مخزن را تشکیل می‌دهند. در این سه زون که زون‌های تولیدی هستند فرایند دیاژنزی انحلال مهمترین عامل بالا بودن کیفیت مخزن است و سیمانی شدن مهمترین عامل کاهش کیفیت مخزن را سبب می‌شود. در این مطالعه بخش‌های ماسه‌سنگی مخزن به سه رخساره الکتریکی مجزا تفکیک شده است که ویژگی‌های مخزنی آنها را به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌دهیم.

رخساره الکتریکی شماره ۵ :

مقاطع میکروسکوپی مطالعه شده برای رخساره الکتریکی شماره پنج شامل ماسه های سست (loose sand) و تمیز در اندازه ریز تا متوسط، با جورشدگی متوسط تا خوب، بدون سیمان و یا سیمان ضعیفی از بلورهای خودشکل دولومیت می باشد. بخش عمده ای از مقاطع بررسی شده در این رخساره مربوط به زیر لایه۳۶/۳۰ می باشد و در بخش های فوقانی زیر لایه ۴۰ همچنین زیر لایه ۴۰/۸۰ این ماسه ها حضور دارند. از گرد شدگی خوب، مچوریتی نمونه ها و نبود سیمان در این ماسه ها نسبت به رخساره‌های الکتریکی شش و هفت می توان نتیجه گرفت که این پارامترها سبب بالا رفتن کیفیت بهتر مخزن در این بخشها شده است (شکل۱۰، تصویر «الف» و «ب»).

رخساره الکتریکی شماره ۶ :

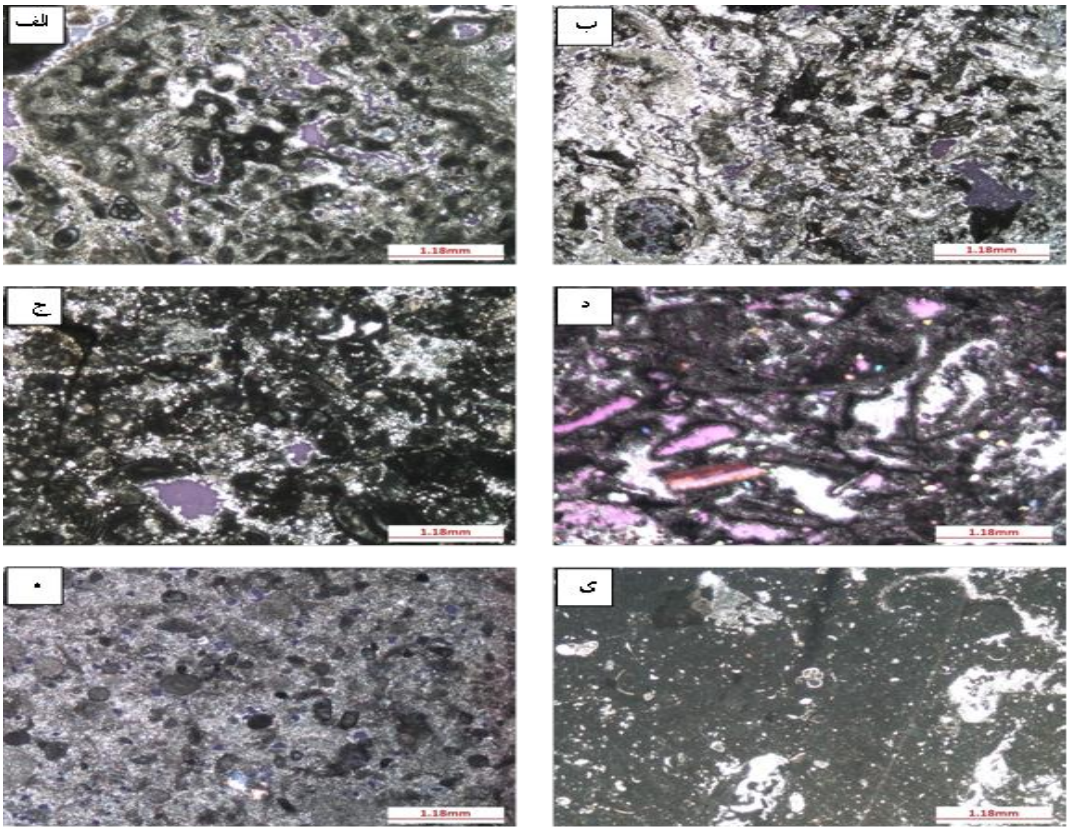
از نظر خصوصیات پتروگرافی رخساره الکتریکی شماره شش حد واسط رخساره ۵ و ۷ می باشد با این تفاوت که در این رخساره سنگی بخش‌های شیلی نسبت به رخساره ۷ گسترش کمتری دارند و غلبه با ماسه سنگ های کربناته دارای تخلخل های قالبی، حفره ای، و زمینه دولومیتی نیمه شکل دار تا خودشکل دارای تخلخل بین بلوری می باشد (شکل۱۰، تصویر «ج» و «د»).

رخساره الکتریکی شماره ۷ :

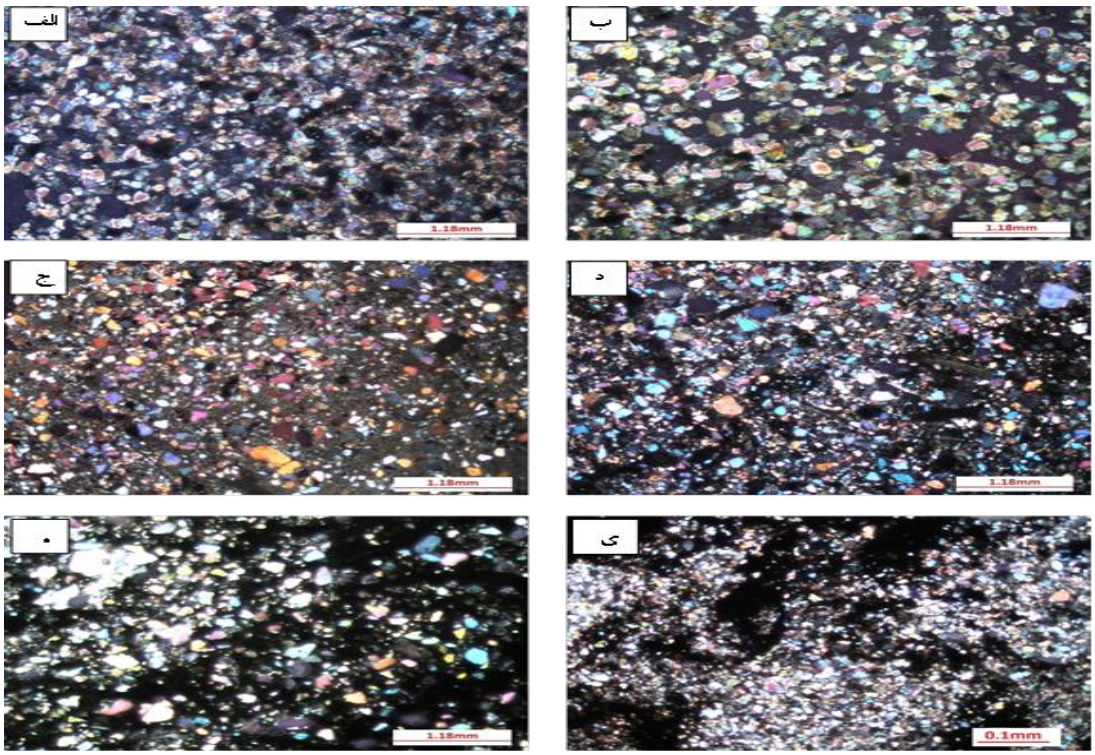
رخساره الکتریکی شماره هفت شامل ماسه سنگ هایی با ماتریکس ریزدانه و شیلی کربناته می باشد که با توجه به خواص پتروفیزیکی یکسانی که از خود نشان می دهند در یک رخساره قرار گرفته اند. این ماسه سنگ ها که اغلب تحت عنوان گری وک و گاهی کوارتز آرنایت با سیمان دولومیت معرفی شده اند از تراوایی پایین برخوردار می باشند. در این رخساره سیمان بیشتر به صورت انیدریتی، و دولومیتی ریزبلور حاصل تبلور دوباره زمینه میکرایتی می باشد (شکل۱۰، تصویر«ه» و «ی»).

در این مطالعه با تعیین رخساره‌های الکتریکی با استفاده از لاگ‌های پتروفیزیکی و سپس تجزیه و تحلیل مقاطع میکروسکوپی مربوط به هر کدام از رخساره‌های الکتریکی، پدیده‌های رسوبی تاثیرگذار در هر کدام از رخساره‌ها مشخص گردید؛ پدیده‌های رسوبی و دیاژنتیکی مشاهده شده در هر کدام از رخساره‌ها با ویژگی‌های پتروفیزیکی مربوط به آن رخساره انطباق کاملی را نشان می‌دهد که خود حاکی از مزیت استفاده از لاگ‌های پتروفیزیکی برای تخمین و شبیه‌سازی پدیده‌های رسوبی است. چرا که پدیده‌های رسوبی در سنگ‌های کربناته تا حد زیادی تحت کنترل رخساره می‌باشد و به الگوهای رسوبگذاری و تاریخچه دیاژنتیکی بستگی دارد(پورامینی بزنجانی و آدابی، ۱۳۹۲؛ ذاکری و همکاران، ۱۳۹۳).

با توجه به تقریب خوب مدل رخساره الکتریکی در شبیه‌سازی رخساره‌های با کیفیت مخزنی متفاوت در این مطالعه، این مدل در بقیه چاه‌های میدان نیز توسعه داده شد. به این ترتیب با توسعه این مدل در تمامی چاه‌های میدان، رخساره‌های الکتریکی در تمامی چاه‌های میدان شبیه‌سازی شد.



شکل ۹.تصایر میکروسکوپی مربوط به رخساره‌های الکتریکی کربناته؛ الف و ب : (EF1)، بافت پکستون با تخلخل بین‌دانه‌ای. ج و د : (EF2)، ج) بافت پکستون گل‌غالب همراه با فرآیند دولومیتی‌شدن که در متن ماتریکسی به صورت پراکنده دیده می‌شود. د) بافت پکستون که تحت تاثیر فرآیند دولومیتی‌شدن انتخاب‌کننده فابریک و انحلال و قرار گرفته است. ه: (EF3)، بافت وکستون با تخلخل قالبی. ی: (EF4)، بافت مادستون.



شکل ۱۰.تصایر میکروسکوپی مربوط به رخساره‌های الکتریکی ماسه‌سنگی؛ الف و ب: (EF5)، کوارتزآرنایت، شامل ماسه های تمیز در اندازه ریز تا متوسط(loose sand)، ج و د: (EF6)، ج)ماسه سنگ کربناته با زمینه دولومیتی، د) ماسه سنگ با زمینه دولومیتی و شیلی، ه و ی: (EF7)، ماسه سنگ با ماتریکس شیلی.

نتیجه‌گیری

جدایش بخش‌های با کیفیت مخزنی خوب در امر تولید و توسعه مخازن هیدروکربنبی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بر همین اساس در این مطالعه برای تعیین دقیق رخساره‌های الکتریکی مخزن آسماری یکی از میادین جنوب غرب ایران، بر مبنای پتانسیل مخزنی، از تکنیک آنالیز خوشه‌ای استفاده شد. سپس برای ارزیابی و ارتباط دادن فابریک سنگ‌های کربناته و ماسه‌سنگی با توزیع اندازه فضاهای خالی و خصوصیات پتروفیزکی رخساره‌های الکتریکی، مطالعات پتروگرافی در چند حلقه چاه صورت پذیرفت.که از آن نتایج زیر منتج شد:

۱) این تحقیق نشان داد که از بین رخساره‌های الکتریکی کربناته مخزن آسماری میدان موردنظر رخساره الکتریکی شماره(۱) با کمترین آب‌اشباع-شدگی و بالاترین تخلخل موثر دارای بهترین کیفیت مخزنی است؛ و رخساره الکتریکی شماره(۴) با بالاترین مقدار آب اشباع‌شدگی و کمترین تخلخل موثر دارای بدترین کیفیت مخزنی است. همچنین از بین رخساره‌های الکتریکی ماسه‌سنگی، رخساره‌های الکتریکی شماره(۵) و (۷) به ترتیب با بالاترین و کمترین مقدار تخلخل موثر عنوان بهترین و بدترین رخساره‌های الکتریکی ماسه‌سنگی را به خود اختصاص داده‌اند.

۲) مطالعات پتروگرافی صورت گرفته در تمامی رخساره‌های الکتریکی این تحقیق، شاخص‌های پتروفیزیکی مشخص در هر کدام از این رخساره‌ها را توجیه و تایید می‌نماید. به نحوی که در بین رخساره‌های الکتریکی کربناته، از رخساره الکتریکی شماره (۱) به سمت رخساره شماره (۴) وضعیت فابریک و تخلخل از پکستون با تخلخل بین دانه‌ای و حفره‌ای بزرگ به وکستون تا مادستون با تخلخل‌های بین‌دانه‌ای و حفره‌ای ریز تغییر می‌کند. در بین رخساره‌های الکتریکی ماسه‌سنگی نیز از رخساره الکتریکی شماره (۵) به سمت رخساره شماره (۷) شاهد تغییر مشخصات پتروگرافی می‌باشیم؛ به نحوی که رخساره الکتریکی شماره ۵ به صورت ماسه سست، رخساره الکتریکی شماره (۶)، ماسه با سیمان دولومیتی و رخساره (۷) به صورت ماسه شیلی می‌باشد.

۳) بر اساس مشاهدات میکروسکوپی صورت گرفته، از دیدگاه دیاژنز فرایندهای دولومیتی شدن و انحلال نقش موثری در تغییر و تحول تخلخل و در نتیجه کیفیت مخزن موردمطالعه داشته است .

۴)یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که با استفاده از رخساره‌های الکتریکی می‌توان به رخساره‌های سنگی رسید به طوریکه اگر رخساره‌های الکتریکی ساخته شده از لاگ‌های پتروفیزیکی با رخساره‌های سنگی منطبق شوند، می-توان رخساره الکتریکی را در حکم جانشین برای رخساره سنگی در چاه‌های بدون مغزه و یا در بازه‌های بدون مغزه چاه‌های مغزه‌گیری شده به کار برد. در مطالعه حاظر تقریب خوب مدل رخساره الکتریکی در شبیه‌سازی رخساره‌های رسوبی، سبب شد تا مدل رخساره الکتریکی ساخته شده در بقیه چاه‌های میدان نیز توسعه داده شود. به این ترتیب با توسعه این مدل در تمامی چاه‌های میدان، رخساره‌های الکتریکی در تمامی چاه‌های میدان شبیه‌سازی شد.

منابع

پورامینی بزنجانی، س.، آدابی، م. ح.، ۱۳۹۲، تاثیر دیاژنز بر کیفیت مخزنی سازند کنگان در میدان لاوان، خلیج فارس، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره۱۰، ص ۳۳-۴۷.

ذاکری، م.، موسوی حرمی، س. ر.، خانه‌باد، م.، صابری، ا.، ۱۳۹۳، رخساره‌ها، دیاژنز و کیفیت مخزنی سازند سروک در میدان نفتی کوپال، در جنوب غرب ایران، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره۱۴، ص ۴۶-۵۹.

میرزا قلی‌پور، ع.، حقی، ع.، ۱۳۶۹، مطالعه زمین‌شناسی میدان نفتی مارون، گزارش شماره پ-۴۲۱۰، اداره کل زمین‌شناسی گسترشی، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، ۵۵ص.

Ahr, W. M., 2011, Geology of carbonate reservoirs: the identification, description and characterization of hydrocarbon reservoirs in carbonate rocks: John Wiley & Sons.

Astel, A., S. Tsakovski, P. Barbieri, and V. Simeonov, 2007, Comparison of self-organizing maps classification approach with cluster and principal components analysis for large environmental data sets: Water Research, v. 41, no. 19, p. 4566–4578.

Baldwin, J. L., R. M. Bateman, and C. L. Wheatley, 1990, Application of a neural network to the problem of mineral identification from well logs: The Log Analyst, v. 31, no. 05.

Baouche, R., A. Nedjari, and R. Chaouchi, 2009, Analysis and interpretation of environment sequence models in Hassi R'Mel Field in Algeria.

Bourquin, S., C. Boehm, J. Clermonté, M. Durand, and O. Serra, 1993, Analyse faciologique et séquentielle du Trias du centre-ouest du Bassin de Paris à partir des données diagraphiques: Bull. Soc. Géol. Fr, v. 2, p. 177–188.

Busch, J. M., W. G. Fortney, and L. N. Berry, 1987, Determination of lithology from well logs by statistical analysis: SPE Formation Evaluation, v. 2, no. 04, p. 412–418.

Flügel, E., 2004, Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application: Springer.

Francesconi, A., F. Bigoni, P. Balossino, N. Bona, F. Marchini, and M. Cozzi, 2009, Reservoir Rock Types Application-Kashagan, *in* SPE/EAGE Reservoir Characterization & Simulation Conference.

Ilkhchi, A. K., M. Rezaee, and S. A. Moallemi, 2006, A fuzzy logic approach for estimation of permeability and rock type from conventional well log data: an example from the Kangan reservoir in the Iran Offshore Gas Field: Journal of Geophysics and Engineering, v. 3, no. 4, p. 356.

Kohonen, T., 1972, Correlation matrix memories: Computers, IEEE Transactions on, v. 100, no. 4, p. 353–359.

Lee, S. H., and A. Datta-Gupta, 1999, Electrofacies characterization and permeability predictions in carbonate reservoirs: Role of multivariate analysis and nonparametric regression, *in* SPE annual technical conference: p. 409–421.

Lennon, R. B., 1976, Geological factors in steam-soak projects on the west side of the San Joaquin basin: Journal of Petroleum Technology, v. 28, no. 07, p. 741–748.

Lim, J.-S., J. M. Kang, and J. Kim, 1997, Multivariate statistical analysis for automatic electrofacies determination from well log measurements, *in* Asia Pacific oil & gas conference & exhibition: p. 109–113.

Loo, A. H. B., H. T. W. Tan, P. P. Kumar, and L. G. Saw, 2001, Intraspecific variation in Licuala glabra Griff.(Palmae) in Peninsular Malaysia–a morphometric analysis: Biological Journal of the Linnean Society, v. 72, no. 1, p. 115–128.

Lucia, F. J., 1995, Rock-fabric/petrophysical classification of carbonate pore space for reservoir characterization: AAPG bulletin, v. 79, no. 9, p. 1275–1300.

Mathis, B., J. P. Leduc, and T. Vandenabeele, 2003, From the Geologists' Eyes to Synthetic Core Descriptions: Geological Log Modeling Using Well-Log Data.

Mukherjee, A., 1997, Self-organizing neural network for identification of natural modes: Journal of Computing in Civil Engineering, v. 11, no. 1, p. 74–77.

Mwenifumbo, C. J., and J. P. Blangy, 1991, 30. SHORT-TERM SPECTRAL ANALYSIS OF DOWNHOLE LOGGING MEASUREMENTS FROM SITE 7041.

Pirson, S. J., 1970, Geologic well log analysis: Gulf Pub. Co.(Houston).

Qi, L., and T. R. Carr, 2006, Neural network prediction of carbonate lithofacies from well logs, Big Bow and Sand Arroyo Creek fields, Southwest Kansas: Computers & geosciences, v. 32, no. 7, p. 947–964.

Rahimpour-Bonab, H., A. Asadi-Eskandar, and R. Sonei, 2009, Effects of the Permian–Triassic boundary on reservoir characteristics of the South Pars gas field, Persian Gulf: Geological journal, v. 44, no. 3, p. 341–364.

Rogers, S. J., J. H. Fang, C. L. Karr, and D. A. Stanley, 1992, Determination of Lithology from Well Logs Using a Neural Network (1): AAPG bulletin, v. 76, no. 5, p. 731–739.

Serra, O., 1986, Fundamentals of well-log interpretation (v. 2), the interpretation of logging data: Pau, France, Elf-Aquitaine or Amsterdam: Elsevier.

Sharma, P., G. Mamgain, V. K. Bahuguna, and C. Lal, n.d., Improved Permeability Estimates in Carbonate Reservoirs Using Electrofacies Characterization: A Case Study of Mumbai High South.

Stinco, L. P., 2006, Core and log data integration. The key for determining electrofacies, *in* SPWLA 47th Annual Logging Symposium: Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts.

Tavakoli, V., and A. Amini, 2006, Application of Multivariate Cluster Analysis in Logfacies Determination and Reservoir Zonation, Case Study of Marun Field, South of Iran: Journal of Science University of Teheran, v. 32, no. 2, p. 69–75.

Wolf, M., and J. Pelissier-Combescure, 1982, Faciolog-automatic electrofacies determination, *in* SPWLA 23rd Annual Logging Symposium: Society of Petrophysicists and Well-Log Analysts.

ZOU, C., S. TAO, H. Zhou, X. ZHANG, D. HE, C. ZHOU, L. WANG, X. WANG, F. LI, and R. ZHU, 2008, Genesis, classification, and evaluation method of diagenetic facies: Petroleum Exploration and Development, v. 35, no. 5, p. 526–540.