

## تعیین الکتروفاسیس های مخزن A در یکی از میادین نفتی ایران با استفاده از روش MRGC

قباد سپهری\*، محسن زینالی، اداره مهندسی پتروفیزیک، شرکت نفت مناطق مرکزی

### اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۶/۰۵/۲۲

تاریخ ارسال به داور: ۹۶/۰۶/۱۳

تاریخ پذیرش داور: ۹۶/۰۷/۲۸

### چکیده

برای دست یابی به حداکثر برداشت از یک مخزن، تلفیق داده های زمین شناسی و پتروفیزیکی امری ضروری است. به دلیل در دسترس نبودن مغزه برای تمام چاه های یک میدان، امروزه مطالعه داده های زیر سطحی مانند نمودارهای الکتریکی و شناسایی رخساره های الکتریکی و تلفیق این داده ها با داده های زمین شناسی به یکی از کاربردی ترین مطالعات یک مخزن تبدیل شده است. روش های مختلفی برای تعیین الکتروفاسیس های یک سازند وجود دارد که عبارت است از: خوشه سازی چند متغیره MRGC، خوشه سازی پویا SOM، خوشه سازی سلسله مراتبی AHC و خوشه سازی دینامیک DC. در این مطالعه از لاگ های DT GR، NPHI، RHOB برای تعیین رخساره های الکتریکی و روش خوشه بندی چند متغیره MRGC به عنوان یکی از موثرترین روش ها استفاده شده است. در این مطالعه با استفاده از روش MRGC از ماژول Facimage نرم افزار Geolog و اطلاعات نمودارهای پتروفیزیکی، تعداد ۵ رخساره الکتریکی برای سازند A در میدان نفتی مورد مطالعه تعیین شده است. مقایسه نتایج لیتولوژی، حجم شیل، تخلخل و اشباع آب با رخساره های تعیین شده توسط روش MRGC، تطابق قابل قبولی را بین رخساره های الکتریکی و مرزهای لیتولوژیکی تعریفی نشان داده و تقسیم بندی جدیدی از سازند را ارائه می دهد. این تقسیم بندی جنبه مخزنی داشته و تغییر خواص پتروفیزیکی در هر رخساره منحصر به فرد بوده و تغییر این شاخص ها در رخساره های جدا از هم مشخص است [۱]. این مدل سازی پس از ساخت و بررسی در چاه کلیدی، در کلیه چاه ها به صورت همزمان و یکسان اعمال شد و با توجه به کم عمق شدن حوضه رسوبی، از شمال به جنوب مخزن تغییرهای رخساره ای به وضوح قابل مشاهده است. از نقاط قوت در مطالعه ElectroFacies میدان مورد مطالعه، تطابق قابل قبول بین رخساره های الکتریکی به دست آمده و مرزهای لیتولوژیکی است.

### واژگان کلیدی:

الکتروفاسیس، مخزن A، خوشه بندی، MRGC

### مقدمه

است. این تغییرها در روند نمودار که در اثر تغییر در بافت رسوبی، بلوغ بافتی و ساختمانهای رسوبی به وجود آمده، می تواند در تعیین خواص سنگ مخزن کمک کند. مطالعه این خصوصیات، اساس مطالعه رخساره های رسوبی است. آنالیز رخساره لاگ، یکی از مهم ترین روش های مشخصه سازی مخزن است که برای مشخص کردن زون های تراوا و مدل سازی هتروژنتی مخزن و فرایندهای دیاژنزی و تحلیل حوضه رسوبی به کار می رود. هر یک از این ابزارها، خصوصیاتمانند ترکیب کانی شناسی، بافت، ساخت های رسوبی، خصوصیات پتروفیزیکی (مانند تخلخل و تراوایی) را مستقیم و غیرمستقیم نشان می دهند. در کنار این اطلاعات می توان به نتایج قابل درکی از تلفیق داده های حاصل از مجموعه نمودارها، توجه ویژه داشت و براساس این اطلاعات، رخساره را تعریف کرد. این رخساره که براساس اطلاعات نمودار استخراج می شود، رخساره های لاگ یا رخساره های الکتریکی نامیده می شود. هر چند تمامی

زون بندی سازندهای مستعد مخزن و تعریف گروه های مختلف سنگی در میادین نفتی، از مهم ترین بخش های مطالعات مخزن است. در حال حاضر از پارامترهای متعددی مثل مشخصات سنگ شناسی حاصل از توصیف مغزه ها و مطالعه مقاطع نازک، عوارض دیاژنتیک، اطلاعات به دست آمده از لاگ ها و نتایج حاصل از بررسی های محیطی و سکانس استراتیگرافی برای این منظور استفاده می شود. به دلیل عدم امکان دسترسی به مغزه و داده های لرزه ای در بسیاری از چاه ها و کیفیت ضعیف مقاطع نازک تهیه شده از خرده های حفاری، در بسیاری از موارد این مهم تنها با تکیه بر اطلاعات به دست آمده از لاگ های چاه پیمایی انجام می شود. لاگ ها (نگاره ها، نمودارها) امروزه یکی از منابع اصلی تهیه اطلاعات زیرسطحی در مطالعات مهندسی مخزن است [۱].

جزئی ترین تغییرها در نمودارهای چاه پیمایی، بیانگر تغییر در خصوصیات سنگ شناسی محدوده اندازه گیری شده درون چاه

\* نویسنده ی عهده دار مکاتبات (qobadsephri@gmail.com)

خوشه‌بندی چند متغیره MRGC به عنوان یکی از موثرترین روش‌ها، استفاده شده است. معرفی این روش به عنوان یک روش موثر به دلیل نحوه عملکرد آن است. چرا که این الگوریتم باروش‌های هوشمند تعداد رخساره‌های الکتریکی خروجی را با توجه به داده‌های اولیه و محدود ورودی در هر چاه، بدون دخالت ناظر ارایه می‌کند. اما در روش‌های SOM و AHC، ناظر با در نظر گرفتن پارامترهایی مانند مطالعات پتروگرافی و رخساره‌های رسوبی، تعداد الکتروفاسیس‌ها را حدس زده و به نرم‌افزار وارد می‌کند تا نرم‌افزار با اطلاعات ورودی الگوی پیشنهادی را معرفی کند [۱]. این روش پیش از این در برخی از مخازن نفتی جنوب غرب ایران اجرا شده است، اما در این میدان تاکنون هیچ‌گونه مطالعه الکتروفاسیس انجام نشده است و این در نوع خود منحصر به فرد است.

#### ۱- روش انجام کار

##### ۱-۱- خوشه‌بندی (Clustering)

کلاسترینگ به معنای کلاس‌بندی بدون نظارت است که در آن کلاس‌ها از قبل تعیین نشده است، یا به عبارت دیگر برچسب کلاس الگوهای آموزشی در دسترس نیست. بنابراین اکنون هدف اصلی، سازماندهی الگوها به گروه‌های sensible است که اجازه می‌دهد تا شباهت و تفاوت بین الگوها را کشف و نتایج مفیدی درباره آنها استنتاج کرد. این ایده در زمینه‌های مختلف دیده می‌شود [۲].

##### ۱-۲- رخساره و انواع آن

از زمانی که زمین‌شناسان با خواص سنگ‌ها آشنا و براساس این مفهوم، سنگ‌ها را گروه‌بندی کردند و مطالعات و پیش‌بینی وجود ذخایری مانند زغال، هیدروکربن و کانی‌های معدنی انجام گرفت، از مفهوم رخساره استفاده شده است. این مفهوم، به مجموعه مشخصات خاص یک واحد رسوبی اطلاق می‌شود که در ابتدا تنها شامل مشخصه‌های سنگ‌شناسی و فسیل‌شناسی مانند رنگ، لایه‌بندی، ترکیب، بافت، ساخت‌های رسوبی و ضمامم فسیلی می‌شد. اما از آنجا که از همان زمان، تفاوت در خصوصیات فسیلی و سنگی قابل ملاحظه بود، دو نوع متفاوت رخساره‌ای (رخساره سنگی و رخساره زیستی) از یکدیگر متمایز شد. با گسترش روش‌های غیرمستقیم تحلیل‌های محیطی در مطالعات زیرسطحی، انواع غیرمتعارف رخساره نیز به دنیای زمین‌شناسی معرفی شد که به عنوان نمونه، می‌توان به رخساره‌های موجی اشاره کرد. با توجه به تعریف اولیه ارائه شده برای رخساره، این نوع رخساره به مجموعه رسوبات و

این ابزارها الکتریکی نیست. در مطالعات مهندسی مخزن، تعبیر و تفسیر رخساره‌های لاگ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و تجزیه و تحلیل محیط رسوبی به ویژه در شرایط عدم دسترسی به مغزه، براساس داده‌های لاگ و کمک این روش بهتر انجام می‌شود [۲].

تعیین فاسیس‌ها یکی از مؤلفه‌های اصلی اکتشاف نفت و تعیین خصوصیات مخزن است. رخساره‌های لاگ را می‌توان دستی و یا با آنالیز دقیق عددی مشخص کرد. پیش از این در روش دستی، رخساره‌ها از روی شکل نمودارها مشخص می‌شوند. اساس کلیه روش‌های جدید، گروه‌بندی داده‌های مشابه و متمایز ساختن آنها از داده‌هایی است که از نظر آماری با این گروه‌های داده، اختلاف دارند. یکی از بهترین روش‌های موجود خوشه‌بندی چند متغیره است. روش آنالیز خوشه‌ای چند متغیره داده‌های لاگ، یکی از روش‌های مؤثر و دقیق در زون‌بندی سازندهای مستعد مخزن است. این روش با توسعه روش‌ها و الگوریتم‌های قدیمی و ایجاد الگوریتم‌های جدید، روز به روز توانا تر می‌شود. این روش بر این اصل استوار است که هرگاه از ترکیب خاصی از نمودارها استفاده شود و روش مناسب برای آنالیز آنها به کار رود، نتایج به دست آمده، بسیار دقیق تر و مفیدتر خواهد بود. با تعریف ترکیب خاصی از لاگ‌ها و تعیین حد برش دلخواه، می‌توان انواع و تعداد رخساره‌ها را تعیین کرد. با نسبت دادن خصوصیات زمین‌شناسی خاص به این رخساره‌ها براساس سایر داده‌ها، در صورت دسترسی به آنها می‌توان این خصوصیات را به چاه‌های مجاور در برگیرنده همان رخساره‌ها نسبت داد و تنها با استفاده از داده‌های لاگ و آنالیز عددی بسیار سریع، نتایج قابل قبولی به دست آورد.

در این روش، آنالیز خوشه‌ای اطلاعات را به گروه‌های همگن و متمایز از هم طبقه‌بندی می‌کند. این عمل با اندازه‌گیری شباهت و تفاوت بین گروه‌ها انجام می‌شود. تعیین خصوصیات مخزن یک پیش‌نیاز برای توسعه مخازن نفت و گاز است و تعیین الکتروفاسیس‌های مخزنی نقش مهمی در ارزیابی پتروفیزیکی لایه‌های مخزنی و تعیین خصوصیات مخزن دارد. بنابراین روش آنالیز خوشه‌سازی یک روش دقیق، سریع و کم هزینه برای زون‌بندی و طبقه‌بندی الکتروفاسیس‌ها و تعیین خصوصیات سازند در مخازن هیدروکربنی است. در ادامه این مطالب تسریع می‌شود. روش‌های مختلفی برای تعیین الکتروفاسیس‌های یک سازند وجود دارد که عبارت است از، خوشه‌سازی چند متغیره MRGC، خوشه‌سازی پویا SOM، خوشه‌سازی سلسله مراتبی AHC و خوشه‌سازی دینامیک DC. در این مطالعه از لاگ‌های DT GR، NPHI، RHOB، برای تعیین رخساره‌های الکتریکی و روش

تعریف، لایه رسوبی مشخص کننده ضخامت خاصی از رسوب (بزرگ‌تر از ۱ سانتی‌متر) است، در حالی که واژه رخساره، ارتباطی به ضخامت رسوب ندارد [۳].

از آن زمان تاکنون، عبارت رخساره در معانی متفاوتی به کار رفته است، اما به نظر می‌رسد، بهترین و کامل‌ترین تعریف از رخساره، تعریف سلی (۱۹۷۶) است که یک رخساره رسوبی، به مجموعه رسوبات و یا سنگ‌های رسوبی با خصوصیات سنگ‌شناسی، شکل هندسی، ضمام فسیلی، ساخت‌های رسوبی و رژیم‌های جریان‌ی گذشته مربوط به خود اطلاق می‌شود که با تکیه بر همین خواص، از مجموعه‌های رسوبی دیگر قابل تمایز است. هر رخساره توسط مجموعه‌ای از رخساره‌های دیگر احاطه شده و این رخساره‌های همراه نیز، به شناسایی رخساره موردنظر کمک می‌کنند. خصوصیات ذکر شده، بر اثر شرایط خاص فیزیکی، شیمیایی و زیستی در زمان ته‌نشینی و یا بعدها در زمان دیاژنز به وجود آمده و منعکس‌کننده محیط ته‌نشینی رسوب و فرایندهای دیاژنز است.

### ۳-۱- رخساره و کاربرد در سنگ‌شناسی

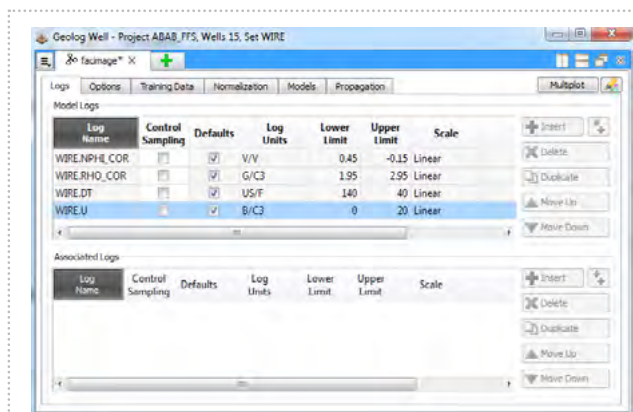
بررسی خصوصیات رخساره‌ای، از کار بر روی نمونه‌های سطحی و یا مطالعه خرده‌های حفاری آغاز شده و تا جزئی‌ترین آزمایش‌های سنگ‌شناختی در آزمایشگاه را شامل می‌شود. لیتولوژی (سنگ‌شناسی) شامل مواردی مانند مطالعه کامل سنگ در مقطع نازک و نمونه‌های مغزه، تعیین رنگ بخش هوازده و بخش سالم سنگ، تعیین میکروفاسیس و پتروفاسیس، تعیین لیتوفاسیس‌ها برای کربنات‌ها و آواری‌ها با استفاده از نمونه‌های مغزه (رخنمون‌های روی زمین و یا نمونه‌های درون چاهی)، تجزیه و تحلیل بافت سنگ، کانی‌شناسی، ترکیب شیمیایی سنگ، نوع سیمان‌بندی، فرایندهای ثانویه، انواع کانی‌های رسی موجود در سنگ، نوع و میزان تبخیری‌ها، جان‌سینی‌های کانی‌ها، انواع و میزان تخلخل‌ها و نیز تراوایی و حجم شیل است.

اما ذکر چند نکته ضروری است. اول، هر یک از موارد ذکر شده خود دارای موارد جزئی‌تر است. برای مثال، می‌توان به بافت یک سنگ اشاره کرد. بافت یک سنگ رسوبی شامل اندازه، شکل و ساختار اصلی اجزای تشکیل‌دهنده آن می‌شود. تنها برای تعیین اندازه در رسوبات و سنگ‌های رسوبی، هر یک از این مشخصه‌های نامبرده در رسوبات و سنگ‌های رسوبی، معرف خصوصیات مختلف بوده و در یک مطالعه کامل رسوب‌شناسی نمی‌توان از آنها صرف‌نظر کرد. تنها مطالعه کامل این موارد در کنار یکدیگر است که منتج به تحلیل کامل و صحیحی از رسوبات و سنگ‌های رسوبی مورد مطالعه شده و شناخت موضوع مورد بررسی (مانند

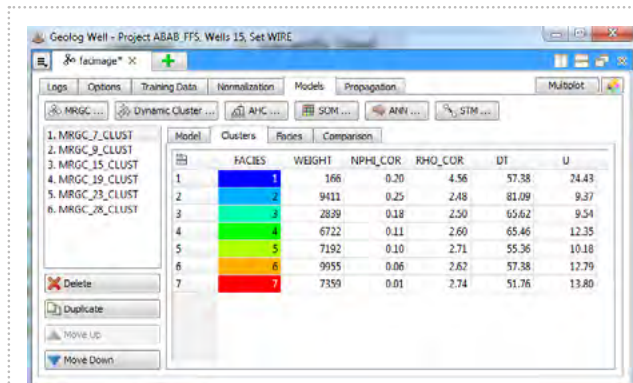
سنگ‌های رسوبی که دارای خصوصیات پیکربندی، پیوستگی دامنه، بسامد و سرعت یکسان بوده و دارای الگوی یکسان بر مقطع لرزه‌ای باشند، اشاره دارد.

از انواع رخساره‌های دیگر می‌توان، به رخساره‌های الکتریکی (الکتروفاسیس) اشاره کرد که با پیشرفت روش‌های نمودارگیری از چاه، با واژه عمومی‌تر «رخساره نمودار» تا حدودی جایگزین شد. به نظر می‌رسد که اولین بار محققان شرکت شل - پکتن از داده‌های این نمودارها برای تعیین رخساره، استفاده کردند. این محققان طرح‌های خاص نمودار SP را به رخساره‌های خاص ماسه‌ای در دلتای می‌سی‌سی‌پی نسبت دادند. سپس بسیاری از محققان دیگر از جمله پیرسون (۱۹۷۰) و لنون (۱۹۷۶)، از این شیوه استفاده کردند.

تعریف رخساره نمودار به معنی امروزی آن، اولین بار توسط سرا (۱۹۷۹) ارائه شد. در این تعریف، رخساره نمودار بیانگر مجموعه‌ای از پاسخ‌های یک لایه به ابزار نمونه‌گیری بوده و می‌تواند ملاک تشخیص آن از لایه‌های دیگر باشد. باید توجه کرد که منظور از لایه در این تعریف، چینه است؛ چرا که طبق



۱ | نمودارهای ورودی در مدل ساخته شده برای تخمین تراوایی



۲ | مشخصات خوشه‌های ساخته شده از روش MRGC

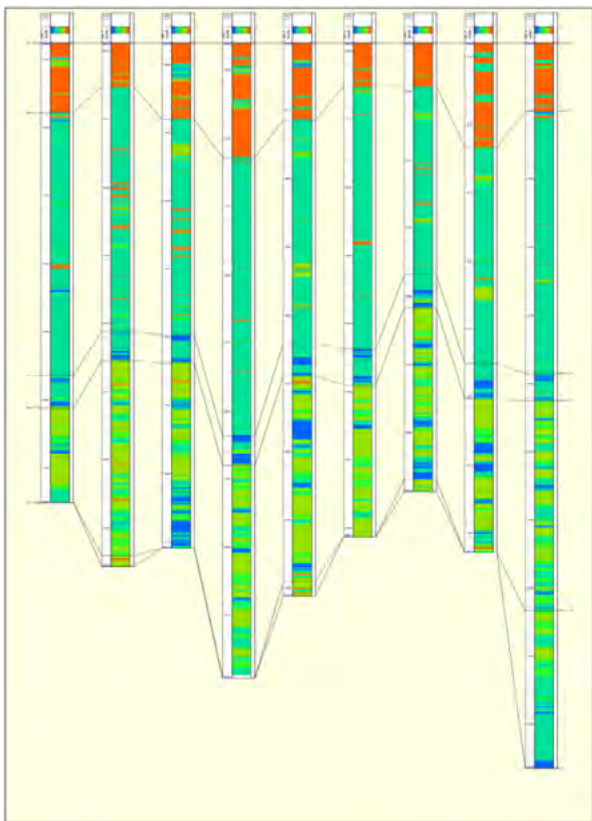
زمین‌شناسی و پتروفیزیکی امری ضروری است. به دلیل در دسترس نبودن مغزه برای تمام چاه‌های یک میدان، امروزه مطالعه داده‌های زیر سطحی مانند نمودارهای الکتریکی و شناسایی رخساره‌های الکتریکی و تلفیق این داده‌ها با داده‌های زمین‌شناسی به یکی از کاربردی‌ترین مطالعات یک مخزن تبدیل شده است.

گام اول در مبحث خوشه‌بندی، تعیین نمودارهای ورودی جهت مقایسه پارامترها است که در این مطالعه از لاگ‌های RHO, NPHI و DT استفاده شده است.

در این مطالعه با استفاده از روش MRGC از ماژول Facimage نرم‌افزار Geolog 7.4 و اطلاعات نمودارهای پتروفیزیکی، در ابتدا تعداد ۷ رخساره الکتریکی برای سازند A تعیین شده است.

در مرحله بعد باید رخساره‌هایی که دارای خواص یکسان هستند با یکدیگر ادغام شوند تا از تکرار رخساره‌ای جلوگیری شود. به عنوان مثال پس از بررسی نتایج خوشه‌بندی مشخص شد که رخساره‌های ۱ و ۲ و همچنین رخساره‌های ۴ و ۵ خواصی نزدیک به هم دارند که می‌توان آنها را به صورت یک رخساره واحد نمایش داد که در نهایت ۵ رخساره اصلی خواهیم داشت.

شکل-۴، مقایسه‌ای از رفتار دو به دو خوشه‌های تعیین شده در



۵ | نمایش مقطع عرضی چاه‌های سازند A

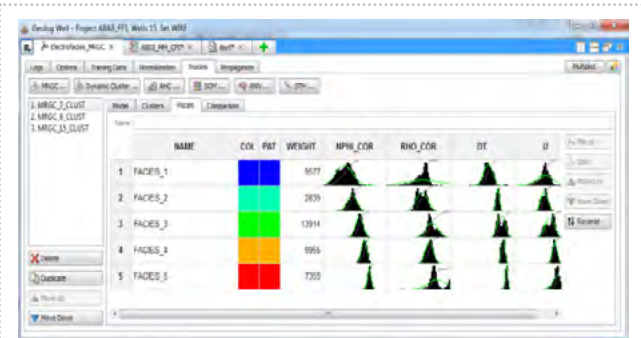


محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکansı) کامل می‌شود. هر چند در برخی مطالعات، به دلیل عدم وجود امکانات و داده‌های مناسب، این امر امکان‌پذیر نیست. برای مثال، در مطالعات زیرسطحی که تنها خرده‌های حفاری از آنان در دسترس است، برخی از این موارد قابل انجام نیست.

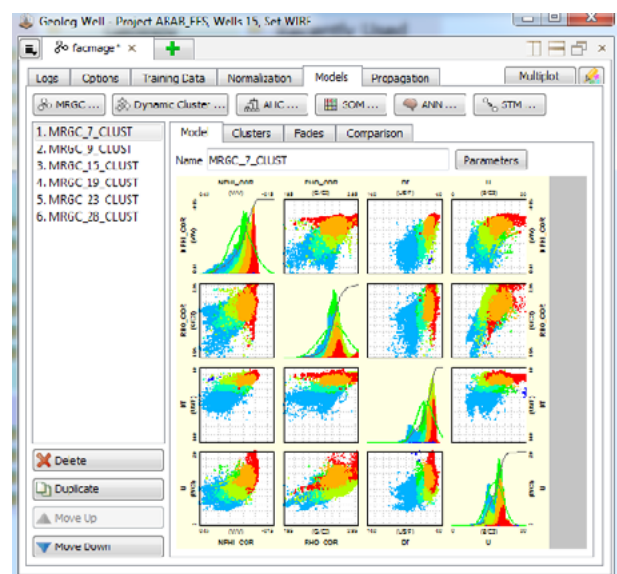
دوم، جهت فهم درست مطالب لازم است تا تمامی مطالب براساس استانداردهای علمی ارائه شود. برای مثال تعیین رخساره‌ها در کرنات‌ها به نام میکروفاسیس، در آواری‌ها به نام پتروفاسیس و بررسی همین نمونه‌ها در مورد نمونه‌های دستی، لیتوفاسیس نامیده می‌شود و همواره باید این عبارت‌ها را در جای مناسب خود به کار برد [۳].

## ۲- محاسبه الکتروفاسیس‌ها

برای دستیابی به حداکثر برداشت از یک مخزن، تلفیق داده‌های



۳ | مشخصات خوشه‌های ساخته شده از روش MRGC



۴ | مقایسه‌ای از رفتار دو به دو خوشه‌ها



دسته‌بندی ادغام شده را نشان می‌دهد.

الکتروفاسیس انجام می‌شود. در نهایت مهم‌ترین مورد استفاده الکتروفاسیس در ساخت مدل استاتیک مخزن است. ورود اطلاعات الکتروفاسیس از ملزومات ساخت مدل استاتیک بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای رخساره‌های سنگی در میداین فاقد اطلاعات مغزه باشد.

### نتیجه گیری

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 رخساره‌های الکتریکی امروزه یکی از مهم‌ترین روش‌ها در مباحث تولید از مخازن هیدروکربنی و توسعه میداین است. بنابراین در این مطالعه، با استفاده از روش MRGC رخساره‌های الکتریکی سازند A میدان مورد مطالعه تعیین شد. این رخساره‌های لاگ از نظر کیفیت مخزن به ترتیب از خیلی خوب تا ضعیف به صورت رخساره‌های لاگ ۱ تا ۵ دسته‌بندی شد. جهت ارزیابی رخساره‌های الکتریکی و ارتباط دادن ساختار اصلی سنگ‌های کربناته و ماسه‌سنگی با توزیع اندازه فضا‌های خالی و خصوصیات پتروفیزیکی رخساره‌های الکتریکی، نیاز به مطالعات پتروگرافی و آنالیز مغزه است. 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 رخساره‌های الکتریکی به عنوان جانشین واقعی رخساره رسوبی ساخته شد و به تمام چاه‌های میدان تعمیم داده شد.

مقایسه نتایج لیتولوژی، حجم شیل، تخلخل و اشباع آب با رخساره‌های تعیین شده توسط روش MRGC، تطابق قابل قبولی را بین رخساره‌های الکتریکی و مرزهای لیتولوژیکی تعریفی را نشان می‌دهد و تقسیم‌بندی جدیدی از سازند را ارائه می‌دهد. این تقسیم‌بندی جنبه مخزنی داشته و تغییر خواص پتروفیزیکی در هر رخساره منحصر به فرد بوده و تغییر این شاخص‌ها در رخساره‌های جدا از هم مشخص است.

این مدل‌سازی پس از ساخت و بررسی در چاه کلیدی، در کلیه چاه‌ها به صورت همزمان و یکسان اعمال شد که در نتیجه آن، تغییرهای رخساره‌ای از شمال به جنوب مخزن با توجه به کم عمق شدن حوضه رسوبی به وضوح قابل مشاهده است. از نقاط قوت در مطالعه ElectroFacies میدان مورد مطالعه تطابق قابل قبول بین رخساره‌های الکتریکی به دست آمده و مرزهای لیتولوژیکی است.

### ۳- بررسی نتایج

الکتروفاسیس‌ها (رخساره‌های الکتریکی) با استفاده از نمودارهای پتروفیزیکی مانند اشعه گاما، مقاومت، صوتی، چگالی و نوترون شناسایی می‌شوند. با توجه به اینکه لاگ‌ها، خصوصیات فیزیکی سنگ‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند، بنابراین الکتروفاسیس‌ها را می‌توان به یک یا چند لیتوفاسیس نسبت داد. با توجه به اینکه مطالعه کامل رخساره‌ای سنگی نیاز به مغزه‌گیری در نواحی مختلف مخزن دارد و از آنجا که از لحاظ اقتصادی و همچنین شرایط عملیاتی حفاری امکان مغزه‌گیری در تمامی چاه‌های میدان وجود ندارد، تعیین رخساره‌های الکتریکی می‌تواند تا اندازه زیادی اطلاعات رخساره‌ای قابل استنادی جهت مطالعه مخزن ارائه دهد. بنابراین می‌توان با احتیاط ضمن صرف نظر از هزینه‌ها و مشکلات مغزه‌گیری یک مطالعه رخساره‌ای با استفاده از نتایج الکتروفاسیس انجام داد.

در شکل ۵-نمایش مقطع عرضی الکتروفاسیس‌های محاسبه شده در چاه‌های حفر شده در مخزن A میدان نشان داده شده است که نشان از تطابق عمقی و لایه‌ای در لایه‌های مختلف دارد. در تفسیر مقطع عرضی بین چاه‌ها، می‌توان لیتولوژی چاه‌ها نظیر نوع و میزان شیل، کربنات‌ها و ماسه سنگ‌های موجود در چاه‌ها، دارا بودن یا نبودن خواص مخزنی فاسیس‌ها و خواص پتروفیزیکی بین دو چاه را با هم مقایسه کرد. اگر مدل‌های الکتروفاسیس را برای تعداد زیادی از چاه‌های یک میدان تکثیر کرد، می‌توان مدل رخساره‌ای میدان را ترسیم کرد. کاربرد دیگر مطالعه الکتروفاسیس، برای زون‌بندی زمین‌شناسی و تعیین سرسازندهای زمین‌شناسی است که با دقت بالاتری از روش

### منابع

- [۱] مدل سازی الکتروفاسیس و پیش بینی لاگ، آصف مدنی، مصیب کمری، انتشارات آوا، (۱۳۹۴)
- [۲] تعیین الکتروفاسیس‌های مخزن بنگستان با استفاده از شبکه عصبی SOM در یکی از میداین جنوب غرب ایران، ابوذر محسنی

پور، بهمن سلیمانی، پژوهش نفت، شماره ۸۷، (۱۳۹۵)  
 [۳] محیط رسوبی و دیاژنز سازند A در ناحیه تل قلعه (شمال ایذه)،  
 زینب شهریاری، (۱۳۸۶).