

# تحلیل رخساره‌های میکروسکوپی و الکتریکی مخزن بنگستان در میدان منصوری

یاسر نوریان<sup>۱\*</sup>، سید رضا موسوی حرمی<sup>۱</sup>، اسداله محبوبی<sup>۱</sup> و سید علی اکبر عبدالهی موسوی<sup>۲</sup>

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۲۶

## چکیده

مطالعه رخساره‌های الکتریکی یکی از روش‌های مفید در تحلیل پتروفیزیکی چاه‌های فاقد اطلاعات واقعی زمین‌شناسی است که می‌تواند برای تعیین ویژگی‌های مخزنی نیز مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق با بررسی مقاطع نازک مغزه‌های موجود یکی از چاه‌های مخزن بنگستان در میدان منصوری، سه رخساره رسوبی شناسایی شده است. براساس مطالعه نمودارهای الکتریکی و با استفاده از روش خوشه‌بندی MRGC، یک مدل الکتریکی ۱۴ رخساره‌ای نیز به دست آمد که با ادغام رخساره‌ها بر اساس میانگین CGR آنها، به مدل ۳ رخساره‌ای تغییر نمود. به علت انطباق خوب بین مدل ایجاد شده با داده‌های واقعی زمین‌شناسی در چاه مورد مطالعه، این مدل می‌تواند برای ارزیابی سایر چاه‌های این میدان نیز به کار رود. امید است این مدل بتواند در مطالعات بعدی این میدان نظیر کیفیت مخزن و نیز مدل سازی کمک نماید.

**کلمات کلیدی:** رخساره الکتریکی، نمودار الکتریکی، مخزن بنگستان، میدان منصوری، مدل رخساره‌ای، خوشه‌بندی

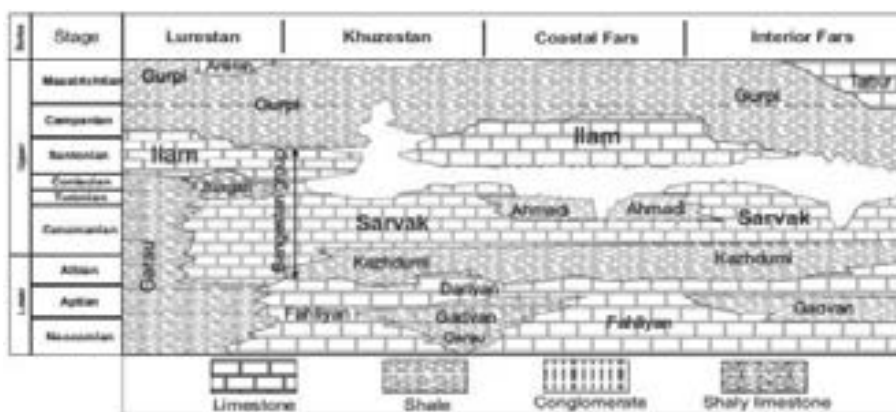
## مقدمه

آهک رودیست‌دار، سنگ آهک هیپوریت‌دار و یا سنگ آهک بنگستان نامیده شده است [۱]. سازند سروک دو رخساره متفاوت دارد. در محل برش الگو و فارس ساحلی، رخساره‌های کم عمق این سازند گسترش دارد. در حالی که در ناحیه لرستان می‌توان رخساره‌های عمیق سازند سروک را دید [۲]. سازند ایلام به دو رخساره عمیق و کم عمق دیده می‌شود. رخساره‌های کم عمق سازند ایلام در نواحی فارس و خوزستان گسترش دارند که شامل سنگ آهک‌های دانه درشت به سن سانتونین تا کامپانین می‌باشد [۲]. از آلبین تا کامپانین، یک چرخه رسوبی از سازندهای کژدمی، سروک، سورگه و ایلام را می‌توان در زاگرس شناسایی کرد [۱]. به مجموعه سازندهای یاد شده گروه بنگستان نام داده شده است که نام آن از کوه بنگستان در شمال بهبهان گرفته شده است [۲] (شکل ۱).

منطقه زاگرس یکی از زون‌های زمین ساختی مهم ایران و بخشی از کمربند کوهزائی آلپ-همیمالیا است که با روند کلی شمال غرب- جنوب شرق به طول تقریبی ۱۵۰۰ km و پهنای ۱۰۰ تا ۳۰۰ km از جنوب شرق کشور ترکیه تا تنگه هرمز ایران گسترش دارد. به جز ناحیه شیراز که در آن رسوب‌گذاری از ژوراسیک تا کرتاسه پیوسته بوده است، در دیگر نواحی زاگرس، پس از توقف رسوبی ژوراسیک پایانی، گستره‌های وسیعی از زاگرس با دریای پیش‌رونده کرتاسه پوشیده شده است. سازند سروک قسمتی از سنگ‌های آهکی کرتاسه میانی است که به نام‌های سنگ

\*مسئول مکاتبات  
آدرس الکترونیکی

y.noorian@yahoo.com\*



شکل ۱- چینه‌شناسی کامل سازندهای کرتاسه زاگرس در نقاط مختلف ایران [۱].

رخساره‌های رسوبی و فرآیندهای دیاژنتیکی در یک میدان می‌تواند به شناخت توزیع سه بعدی تخلخل، اشباع شدگی و دیگر پارامترهای یک مخزن کمک فراوانی کند. تحلیل رخساره‌های الکتریکی روشی است برای تقسیم بندی نمودارهای الکتریکی به زیر مجموعه‌هایی که نشان دهنده رخساره‌های زمین شناسی بوده و توزیع آنها اساس زون بندی چینه شناسی را تشکیل می‌دهد [۶]. Pelissier-Combesure و Wolff در سال ۱۹۸۲ اولین روش خودکار برای دسته‌بندی نمودارها به رخساره‌های الکتریکی را ارائه کردند [۷]. در این روش از تجزیه مؤلفه‌های اصلی و دسته‌بندی سازمان‌دهی شده صعودی استفاده می‌شد. خوشه‌ها در واقع یک ناحیه پیوسته در فضای n بعدی است که در آن تمرکزهایی از نقاط با چگالی بالا توسط نواحی با تمرکز پایین تر نقاط از یکدیگر جدا شده‌اند [۸]. در حقیقت رخساره الکتریکی به مفهوم گروه‌بندی داده‌هایی است که به صورت تصادفی پراکنده‌اند، به طوری که هر دسته ویژگی‌های پتروفیزیکی مشابهی از دیدگاه زمین شناسی دارند [۹]. برای خوشه‌بندی، روش‌های مختلفی توسط افراد متفاوتی ارائه شده است که از جمله این روش‌ها روش MRGC می‌باشد که توسط Ye و Rabiller در سال ۲۰۰۰ معرفی شده است [۹]. اساس این روش شناخت الگوی نقطه‌ای چند بعدی مبتنی بر اصل غیر پارامتری (شاخص همسایگی) و نمودارهای داده‌های معرف می‌باشد. در این مطالعه در ابتدا رخساره‌های رسوبی را با بررسی مقاطع نازک موجود از چاه ۶۳ مخزن بنگستان در میدان منصوری توصیف نموده و بر اساس روش دانه‌نام گذاری شده‌اند [۱۰].

با روش‌های معمول پتروفیزیکی می‌توان پارامترهایی مانند تراوایی و درصد اشباع و دیگر ویژگی‌های پتروفیزیکی را محاسبه نمود ولی با این روش‌ها به تنهایی نمی‌توان ویژگی‌های زمین شناسی یک مخزن را با اطمینان توصیف کرد. برای یک توصیف جامع نیازمند بهترین تلفیق داده‌های زمین شناسی و پتروفیزیکی می‌باشیم تا ویژگی‌های مخزنی یک مخزن را به گونه‌ای توصیف کنیم که بتواند نزدیک‌ترین شباهت را با واقعیت‌های زمین شناسی یک مخزن داشته باشد. به طور کلی هدف از بررسی ویژگی‌های مخزنی، مشخص کردن توزیع فضایی تخلخل، تراوایی و اشباع شدگی است [۳]، که برای دست‌یابی به بهترین نتیجه در محاسبات، این ویژگی‌ها باید حداکثر انطباق با شرایط زمین شناسی مخزن را داشته باشند. در سال‌های اخیر زمین شناسان تلاش زیادی کرده‌اند تا با ایجاد ارتباط منطقی میان رخساره‌های رسوبی و داده‌های پتروفیزیکی، تحت عنوان تجزیه و تحلیل رخساره‌های الکتریکی، ویژگی‌های مخزنی را به بهترین شکل توصیف کنند [۴]. با ایجاد روش‌های مطالعاتی زیر سطحی مانند استفاده از نمودارهای الکتریکی، رخساره‌هایی تعریف شدند که اساس آنها دیگر خصوصیات مستقیم به دست آمده از سنگ‌ها نبود این رخساره‌ها تحت عنوان رخساره‌های الکتریکی شناخته می‌شوند. عنوان رخساره الکتریکی برای اولین بار توسط Serra و Sulpice پیشنهاد شد [۵]. در این تعریف رخساره الکتریکی را مجموعه‌ای از پاسخ‌های لاگ که مشخص کننده یک لایه یا چینه<sup>۱</sup> بوده و باعث تشخیص آن از لایه‌های (چینه‌های) دیگر می‌گردد تعریف کرده‌اند. بر همین اساس است که پی بردن به نحوه پراکندگی

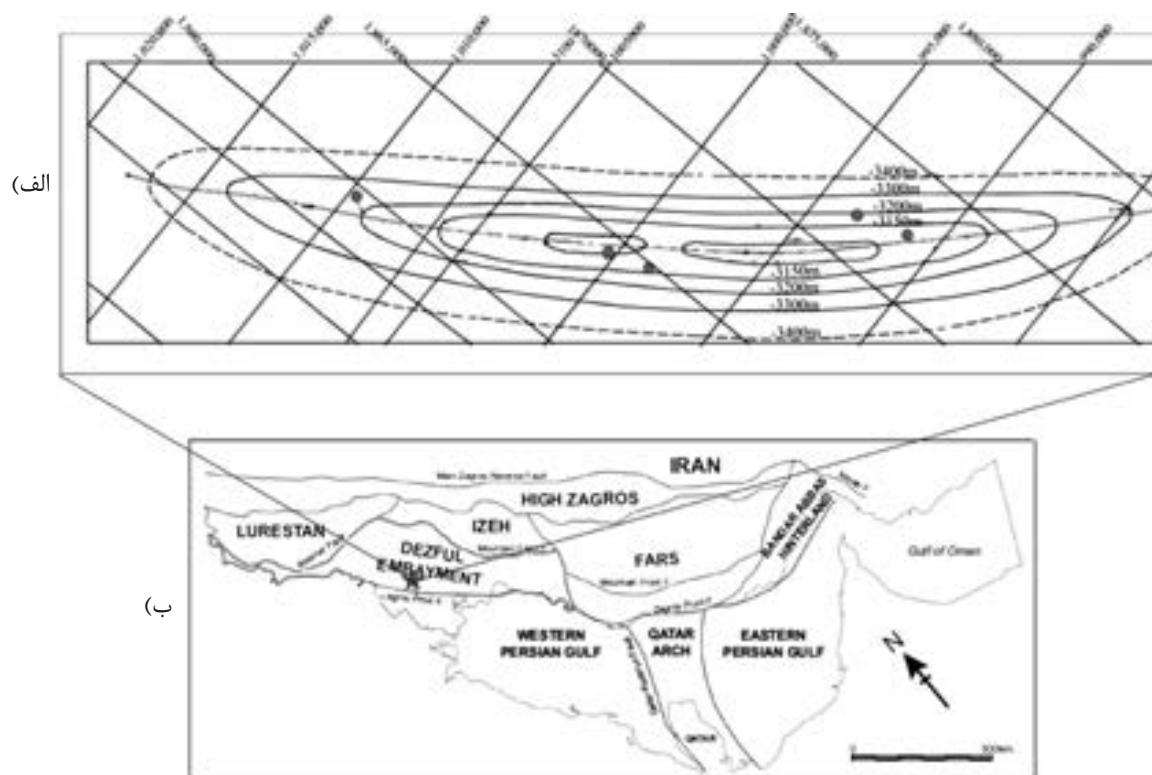
1. Strata

قرار گیرند.

#### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

میدان منصوری در ناحیه دزفول شمالی به فاصله ۴۵ km جنوب اهواز و ۵۰ km غرب بندر ماهشهر واقع شده است (شکل ۲). روند این ساختمان<sup>۱</sup> از روند ساختمان‌های آب تیمور، اهواز و مارون که همان روند زاگرس (شمال غرب- جنوب شرق) است تبعیت می کند [۱۱]. براساس نقشه‌های همتراز عمقی<sup>۲</sup> موجود ابعاد مخزن بر روی افق ایلام ۴۳ km طول و ۶ km عرض و بستگی<sup>۳</sup> قائم آن برابر با ۳۰۰ m می‌باشد. این میدان در سال ۱۹۷۴ توسط شرکت نفت انگلیسی (BP) با اطلاعات سه حلقه چاه مورد مطالعه قرار گرفت که در آن، مخزن بنگستان به ۹ زون تقسیم‌بندی گردید که زون‌های ۱ تا ۳ در سازند ایلام و بقیه شامل سازند سروک می باشند [۱۱].

سپس رخصاره‌های الکتریکی این چاه براساس نمودارهای الکتریکی در این چاه به دست آمده است و برای بهترین انطباق بین رخصاره‌های الکتریکی و رخصاره‌های رسوبی، رخصاره‌های مدل رخصاره الکتریکی به دست آمده که دارای ۱۴ رخصاره بود که با توجه به مقدار میانگین نمودار CGR با هم ادغام شدند و به یک مدل سه رخصاره‌ای تبدیل شد. و به طور کلی چون مغزه‌های موجود برای چاه‌های این میدان محدود می‌باشند بنابراین مخزن را در سراسر میدان نمی‌توان براساس شواهد واقعی زمین شناسی توصیف نمود در نتیجه مدل رخصاره الکتریکی به دست آمده که براساس رخصاره‌های میکروسکوپی تحلیل شده‌اند و می‌تواند تا حد زیادی در بر گیرنده شرایط واقعی زمین شناسی مخزن باشد به دیگر چاه‌های فاقد مغزه میدان تعمیم داده شدند؛ تا بتواند در مطالعات کیفیت مخزن و همچنین به عنوان داده‌های اصلی برای مدل‌سازی‌های مخزن مورد استفاده



شکل ۲- الف) موقعیت چاه‌های مطالعه شده بر روی نقشه هم تراز عمقی رأس سازند ایلام در میدان منصوری [۱۱] ب) ساختارهای اصلی و فرعی زمین شناختی جنوب غرب ایران، فروافتادگی دزفول در شکل مشخص است [۱۲].

1. Formation
2. Underground Contour Map (UGC)
3. Closure

## روش مطالعه

در این مطالعه در ابتدا رخساره‌های میکروسکوپی بر اساس ۴۳ مقطع نازک موجود برای چاه ۶۳ مورد مطالعه قرار گرفتند و در نهایت ۴ میکروفاسیس شناسایی شد که نشان دهنده رسوب‌گذاری در سه محیط لاگون<sup>۱</sup>، دریای بسته<sup>۲</sup> و دریای باز<sup>۳</sup> می‌باشند. در این مطالعه نوع دانه‌ها، درصد فراوانی دانه‌ها، محیط رسوبگذاری هر کدام از مقاطع مشخص شدند و سپس نامگذاری مقاطع براساس تقسیم بندی دانهام انجام شد [۱۰]. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Paradigm™ Geolog 6.7.1 داده‌های ورودی مناسب برای تعیین رخساره الکتریکی انتخاب شد که از این میان نمودارهای الکتریکی CGR, DT, PEF, RHOB, SW به دلیل اینکه تحت تاثیر مستقیم جنس سنگ می‌باشند و در همه چاه‌ها مشترک می‌باشد به عنوان داده‌های اصلی برای تعیین رخساره‌های الکتریکی انتخاب شدند. سپس یک مدل ۱۴ رخساره‌ای بر اساس روش خوشه‌بندی MRGC به دست آمد که با توجه به رخساره‌های میکروسکوپی برای انطباق بهتر بین رخساره‌های الکتریکی و میکروسکوپی با توجه به مقدار میانگین نمودار CGR رخساره‌های دارای مقدار نزدیک با هم ادغام و به یک مدل ۳ رخساره‌ای تبدیل شد. در ادامه هر دو روش تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرند.

## رخساره‌های میکروسکوپی

بر اساس مطالعه ۴۳ مقطع نازک موجود از چاه ۶۳ در این میدان، ابتدا نوع دانه‌ها و درصد فراوانی دانه‌ها، محیط رسوب‌گذاری هر کدام از مقاطع مشخص شدند که در ادامه هر کدام از این رخساره‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

MF1<sup>۴</sup>: این مجموعه رخساره شامل دو رخساره می‌باشد که هردو متعلق به کمر بند رخساره‌ای لاگون می‌باشند. در زیر ویژگی‌های هر کدام از این رخساره‌ها بیان می‌شود:

## MF1-A: وکستون بیوکستی دولومیتی

این میکروفاسیس عموماً ریز دانه می‌باشد و از جمله قطعات اسکلتی غالب در این مقاطع، گاستروپود ۰/۷۴ mm و فراوانی ۰/۶، فرامنیفرهای بنتیک (با میانگین اندازه ۰/۶ mm و فراوانی ۰/۲۰)، خرده‌های دوکفه‌ای (با فراوانی ۰/۶ و میانگین

اندازه ۱ mm) و مقداری خرده‌های خارپوست قابل مشاهده می‌باشند. بلورهای لوزی شکل دولومیت با شکل منظم نیز در این مقاطع فراوان دیده می‌شود که گاهی در بعضی مقاطع غالب می‌شود، این دولومیت‌ها از نوع دولومیت‌های ثانویه می‌باشند که تحت شرایط مختلف دیاژنزی می‌توانند تشکیل شده باشند. با توجه به زمینه میکرایتی این میکروفاسیس که نشان دهنده یک محیط با انرژی پایین می‌باشد و نیز حضور فسیلهای مثل میلیولیده، گاستروپود، فرامنیفرهای بنتیک می‌توانند موید محیط لاگونی باشد. وجود میلیولید به عنوان شاخص آب‌های آرام و کم‌عمق نیمه‌شور تا فوق‌العاده شور از عوامل تأییدکننده محیط کربناته لاگونی است [۱۳]. (شکل ۳ قسمت‌های الف و ب).

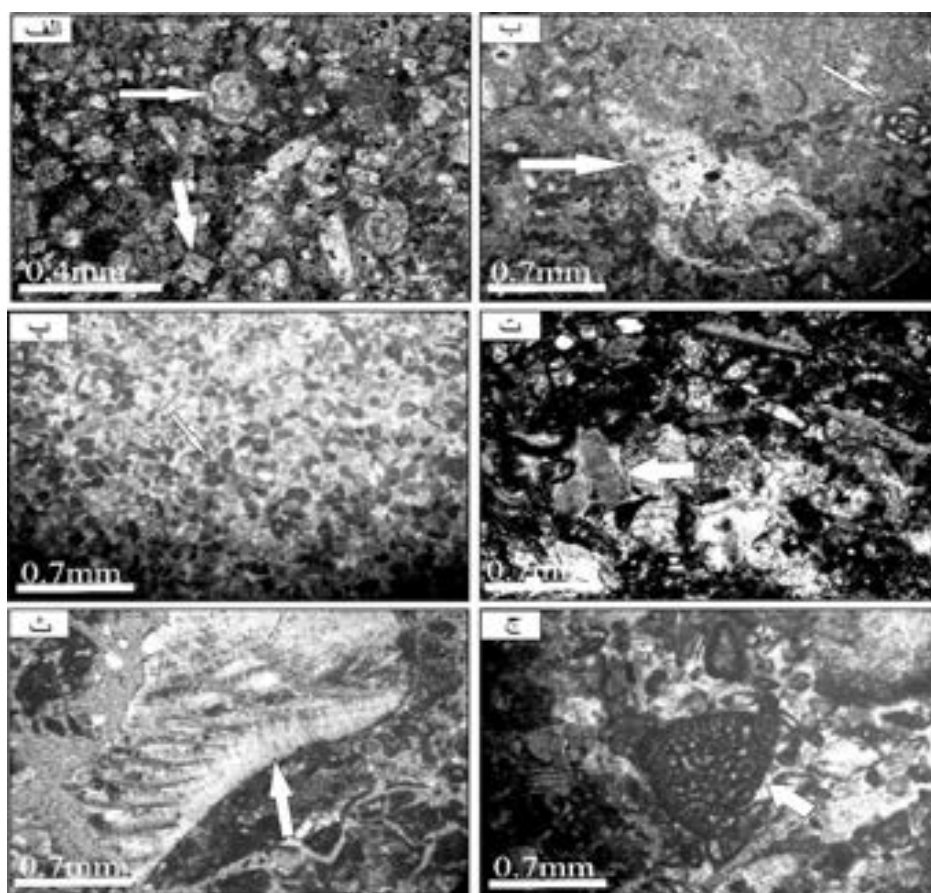
## MF1-B: پکستون - گرینستون بیوکستی پلوئیدی

از اجزای اصلی اسکلتی تشکیل دهنده این رخساره فرامنیفرهای بنتیک که فراوان‌ترین خرده اسکلتی می‌باشد (با میانگین اندازه ۰/۱ mm و فراوانی ۰/۲۰) و خرده‌های خارپوست، خرده‌های دوکفه‌ای (با میانگین اندازه ۰/۸۵ mm و فراوانی کمتر از ۰/۷) نیز مشاهده شده‌اند. از مهم‌ترین خرده‌های غیر اسکلتی می‌توان به پلوئید (با میانگین اندازه ۰/۰۹ mm و فراوانی ۰/۳۰) اشاره کرد که در اکثر مقاطع این رخساره بیشترین فراوانی را دارد. در بیشتر قسمت‌ها بین دانه‌ها را، سیمان ظریف دریایی پر کرده است به گونه‌ای که به سنگ فابریک گرینستونی داده است و در بعضی قسمت‌ها نیز بین دانه‌ها را میکرایت پر کرده است (شکل ۳، پ). محیط رسوب‌گذاری این میکروفاسیس یک لاگون نیمه محدود سمت دریای باز می‌باشد [۱۴].

## MF2: پکستون بیوکستی

از خرده‌های اسکلتی این میکروفاسیس می‌توان فرامنیفرهای بنتیک و پلاژیک (با میانگین اندازه ۱ mm و فراوانی ۰/۲۰)، بریوزوئر (با میانگین اندازه ۱ mm و فراوانی ۰/۴)، دوکفه‌ای (با میانگین اندازه ۰/۵ mm و فراوانی ۰/۱۰)، براکیوپود، خارپوست (با میانگین اندازه ۰/۵ mm و فراوانی ۰/۱۲) را نام برد. زمینه این میکروفاسیس در بیشتر قسمت‌ها میکرو اسپار می‌باشد.

1. Lagoon  
2. Restrict Marine  
3. Open Marine  
4. Micro Facies



شکل ۳- الف) میکروفاسیس MF1-A (وکستون بیوکستی دولومیتی) را نشان می‌دهد، خرده‌های فرامنیفر بنتیک و دانه‌های دولومیت با فلش مشخص است ب) میکروفاسیس MF1-A که خرده‌های گاستروپود و میلیولیده در آن با فلش مشخص شده‌اند پ) میکروفاسیس MF1-B (پکستون- گرینستون بیوکستی پلوئیدی) که سیمان بین دانه‌ها نشان از یک محیط نسبتاً متلاطم می‌باشد، خرده‌های پلوئید با فلش نشان داده شده‌اند ت) میکروفاسیس MF2 (پکستون بیوکستی) که خرده‌های رودیست در آن مشخص شده‌اند ث و ج) میکروفاسیس MF3 (پکستون- رودستون رودیستی) می‌باشند که خرده‌های رودیست بعضاً اندازه بزرگ‌تر از ۲ mm دارند و نیز خرده‌های اربیتولینا با فلش در این میکروفاسیس مشخص شده‌اند.

درشت رودیست و سایر اجزای اسکلتی همراه رودیست و نیز نبود میکرایت در بین دانه‌های مقاطع و پر شدن این فضاها توسط سیمان می‌توان گفت محیط رسوب‌گذاری این میکروفاسیس یک دریای باز است (شکل ۳، ث و ج). هم چنین حضور تخلخل قالبی و بین دانه‌ای در این میکروفاسیس نسبتاً زیاد می‌باشد، حضور شکستگی‌هایی که با کلسیت پر شده‌اند را نیز باید در نظر گرفت.

#### رخساره‌های الکتريکی

##### داده‌های ورودی

ایجاد یک مدل رخساره الکتريکی در ابتدا نیازمند انتخاب بهترین داده‌های ورودی منطبق بر مطالعه مورد نظر است.

از یک طرف حضور خرده‌های متعلق به محیط دریایی و از طرف دیگر وجود میکرایت فراوان در بعضی مقاطع حاکی از انرژی پایین می‌باشد و می‌تواند نشان‌دهنده محیط دریای بسته برای رسوب‌گذاری این میکروفاسیس باشد (شکل ۳، ت).

##### MF3: پکستون - رودستون رودیستی

خرده فسیلی شاخص در این میکروفاسیس رودیست (با میانگین اندازه ۱/۷۵ mm و فراوانی ۰/۴۰٪) می‌باشد که بیشتر به صورت قطعات واریزه‌ای در مقاطع قابل مشاهده است. همراه با این قطعات سایر خرده‌های اسکلتی مانند اربیتولینا (Orbitolina) (با میانگین اندازه ۰/۷۵ mm و فراوانی ۰/۷٪)، آلوئولینا (با میانگین اندازه ۰/۵ mm و فراوانی ۰/۲٪)، دوکفه‌ای، خارپوست و بریوزوئر (با فراوانی کمتر از ۰/۱۰٪) مشاهده می‌شود. با توجه به حضور خرده‌های گاه

و با توجه به اینکه در روش MRGC به جای استفاده از قدر مطلق فاصله، از رتبه سایر داده‌ها استفاده می‌گردد، بر اساس شاخص هم‌جواری، KRI<sup>۳</sup> برای دو خوشه بر اساس معادله ۱ تعریف می‌شود [۹].

$$KRI(x) = m \times NI(x) \times D(x, y) \quad (1)$$

که در اینجا  $D(x, y)$  فاصله بین دو نقطه  $x$  و  $y$  در داخل خوشه‌ها می‌باشد. برای محاسبه فاصله بین داده‌ها که میزان نزدیکی داده‌ها را تعیین می‌کند از روش Euclidean معادله ۲ استفاده شده است.

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2)$$

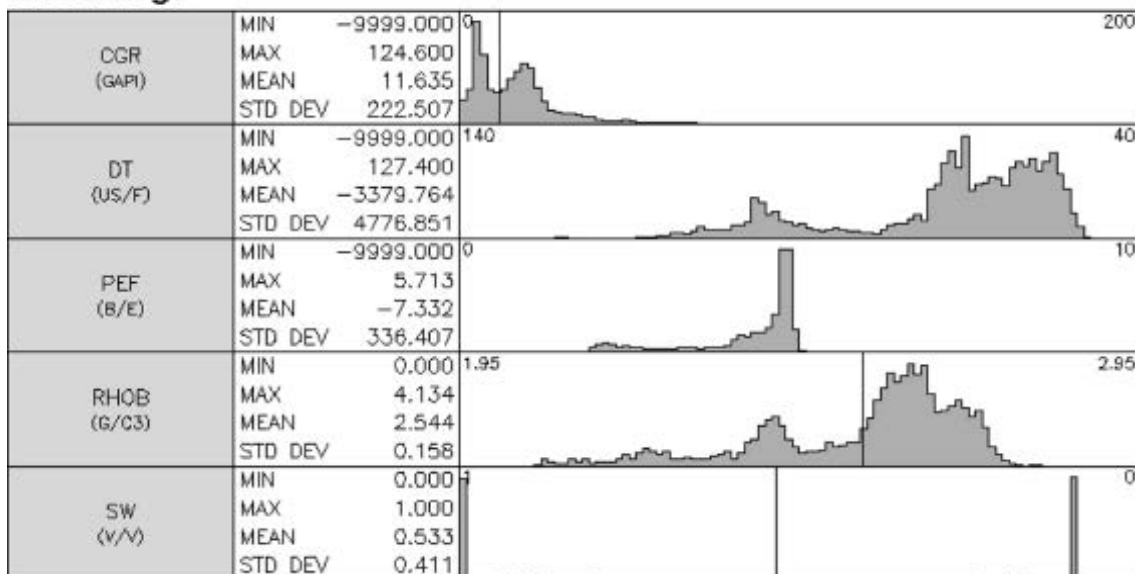
در ابتدا برای خوشه‌بندی داده‌ها با توجه به تنوع رخساره‌های رسوبی در این میدان حد بالا و پایین دسته‌ها به ترتیب ۵ و ۲۰ با حداکثر ۳ مدل رخساره‌ای در نظر گرفته شد. و مدل ۱۴ رخساره‌ای به دلیل بهترین حد تفکیک انتخاب شد. برای ایجاد انطباق خوب با مدل رسوبی ۴ رخساره‌ای متعلق به سه محیط رسوب‌گذاری مختلف میدان، در مدل الکتریکی رخساره‌های دارای مقدار متوسط CGR تا حدودی نزدیک به یکدیگر با هم ادغام و در ۳ دسته جداگانه قرار گرفتند. بدین ترتیب هر دسته شامل چند رخساره الکتریکی دارای مقدار میانگین CGR مشابه یکدیگر است.

به منظور ایجاد یک مدل رخساره الکتریکی که بتواند بهترین انطباق را با داده‌های زمین‌شناسی مخزن یعنی میکروفاسیس‌ها داشته باشد، نمودارهای الکتریکی مانند CGR, DT, PEF, RHOB, SW که تا حد زیادی متأثر از جنس سنگ و بافت آن می‌باشد انتخاب شده است.

### خوشه‌بندی

معمولاً زمانی یک خوشه سازی خوب محسوب می‌شود که بیشترین شباهت را بین داده‌های موجود در یک دسته یکسان داشته باشیم و به عبارت دیگر کمترین شباهت را بین دسته‌های مختلف داشته باشیم. روش MRGC<sup>۱</sup> مزیت‌هایی همچون قدرت شناسایی الگوهای طبیعی موجود در نمودارهای الکتریکی، 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 [۹]. بنابراین این روش به عنوان یک روش مفید برای خوشه‌بندی انتخاب شد. در روش خوشه‌بندی بر پایه نمودار چند بعدی، در ابتدا با استفاده از تراکم داده‌ها تعداد بهینه خوشه‌ها، از طریق شاخص هم‌جواری<sup>۲</sup> تعیین می‌گردد. شاخص هم‌جواری از رتبه هر داده، نسبت به داده‌های مورد نظر به دست می‌آید.

### Model Logs



شکل ۴- توزیع فراوانی نمودارهای الکتریکی استفاده شده برای تهیه مدل رخساره الکتریکی در چاه ۶۳

1. Multi Resolution Graph based Clustering
2. Neighboring Index, (NI)
3. Kernel Representative Index

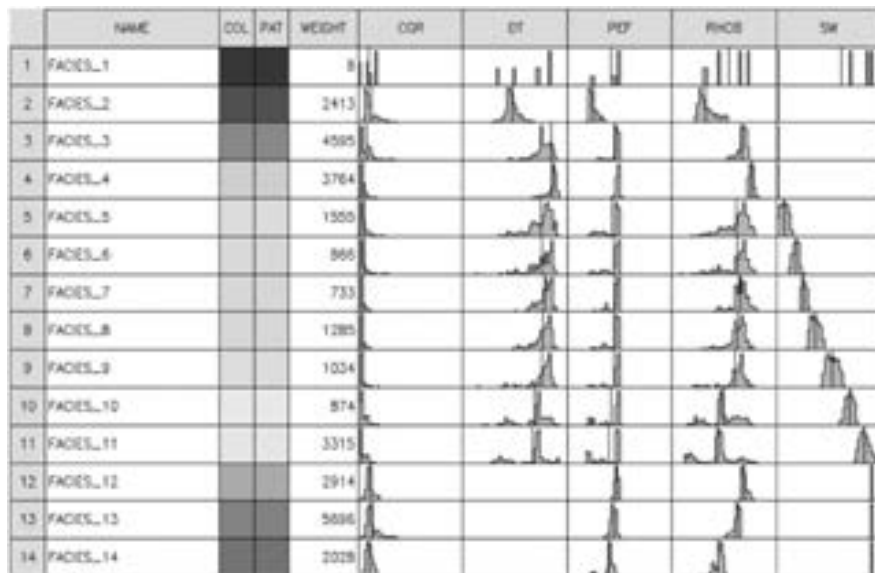
## بحث

برای مقایسه رخساره‌های الکتریکی با رخساره‌های رسوبی مشاهده شده بر اساس مطالعه مقاطع نازک در چاه ۶۳، در ابتدا مقدار فراوانی نمودار گامای تصحیح شده (CGR) برای ۳ رخساره الکتریکی را در تمامی چاه‌ها به دست آوردیم (شکل ۶).

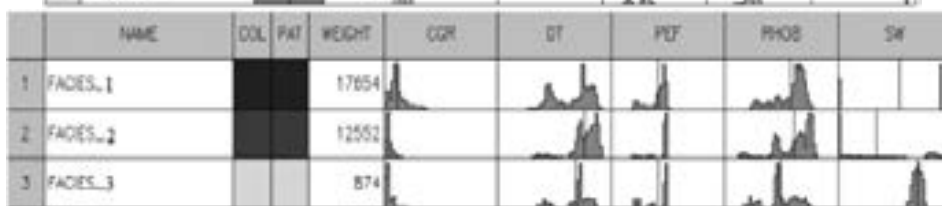
با توجه به اینکه مقدار CGR به مقدار رس و شیل سازند وابسته است، بنابراین هر کدام از این دسته‌ها می‌توانند تا حدودی کیفیت مخزنی نزدیک به یکدیگر داشته باشند. بنابراین مدل ۱۴ رخساره‌ای بر اساس میزان تشابه مقدار میانگین نمودار CGR به یک مدل ۳ رخساره‌ای تبدیل شد (شکل‌های ۵ و ۶).

	FACIES	WEIGHT	CGR	DT	PEF	RHOB	SW
1	1	8	19.62	-2443.77	4.15	2.49	0.38
2	1	2413	25.05	92.86	2.48	2.28	1.00
3	1	4595	16.62	55.48	4.55	2.62	1.00
4	2	3764	9.62	54.77	-90.90	2.72	1.00
5	2	1555	11.17	65.59	4.22	2.57	0.93
6	2	866	9.89	64.32	4.40	2.57	0.82
7	2	733	8.27	62.23	4.47	2.60	0.74
8	2	1285	9.09	63.57	4.41	2.57	0.63
9	2	1034	8.52	64.31	4.44	2.56	0.46
10	3	874	-171.16	71.80	4.14	2.44	0.30
11	2	3315	6.97	73.37	3.96	2.38	0.16
12	1	2914	22.21	-9999.00	4.68	2.65	0.10
13	1	5696	27.30	-9999.00	4.40	2.57	0.10
14	1	2028	20.81	-9997.40	3.92	2.39	0.10

شکل ۵- ادغام رخساره‌های مدل ۱۴ رخساره‌ای بر اساس شباهت مقدار CGR و تشکیل سه دسته رخساره دارای میزان CGR تا حدودی مشابه



(الف)



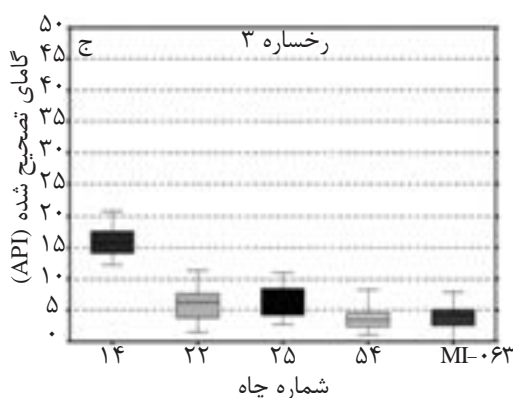
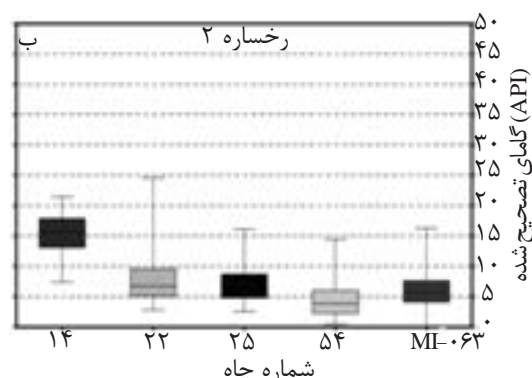
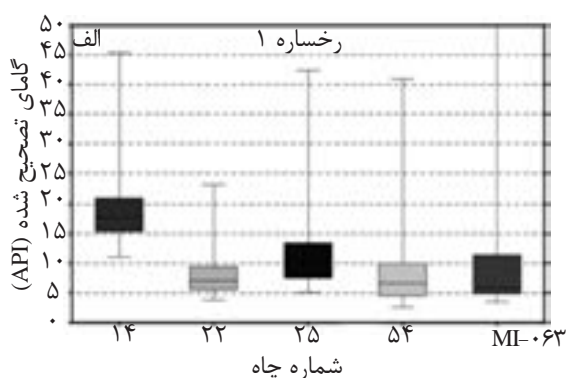
(ب)

شکل ۶- مدل رخساره‌ی الکتریکی ۱۴ رخساره‌ی در چاه ۶۳ که به مدل ۳ رخساره بهینه شد. الف) مدل قبل از بهینه‌سازی و ب) مدل بعد از بهینه‌سازی

دریای بسته میزان تخلخل افزایش و میزان اشباع شدگی آب کاهش می‌یابد تا در نهایت در میکروفاسیس‌های نشان دهنده محیط دریای باز میزان تخلخل به حداکثر و میزان اشباع شدگی آب به حداقل می‌رسد. با توجه به انطباق خوب رخساره‌های الکتریکی با میکروفاسیس‌های مطالعه شده در چاه ۶۳ (شکل ۱۰)، نشان می‌دهد این رخساره‌های الکتریکی تا حد زیادی توانسته‌اند نشان دهنده شرایط واقعی زمین‌شناسی مخزن باشند بنابراین این مدل رخساره الکتریکی به بقیه چاه‌های میدان که فاقد مغزه بوده‌اند تعمیم داده شد (شکل ۱۱)، تا بتوان یک مدل رخساره الکتریکی نزدیک به واقعیت در میدان به‌دست آورد. این مدل می‌تواند در مطالعات بعدی مخزن مانند زون‌بندی مخزن از لحاظ کیفیت مخزنی و نیز به عنوان داده‌های اصلی برای مدل‌سازی مخزن مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین میزان دقت در تعیین این رخساره‌های الکتریکی می‌تواند در ازدیاد برداشت و نیز کاهش هزینه برداشت با توجه به شناخت بهتر زون‌های مخزن از نظر کیفیت مخزنی موثر باشد.

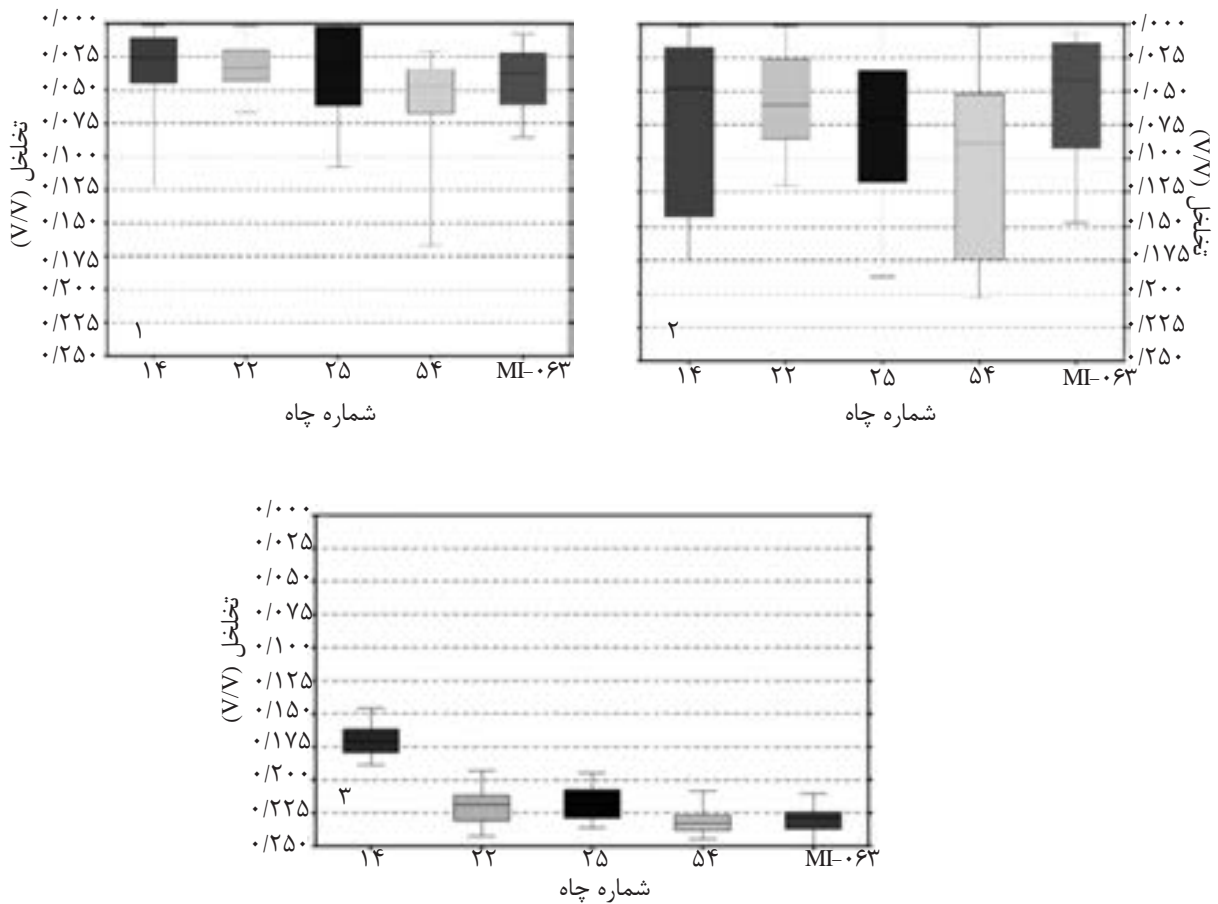
به‌طوری‌که در شکل ۷ مشخص می‌باشد میزان فراوانی نمودار گامای تصحیح شده که نشان دهنده میزان شیل موجود در هر رخساره می‌باشد و می‌تواند کیفیت مخزنی رخساره‌ها را به دلیل کاهش میزان نفوذپذیری پایین آورد، از رخساره ۱ به سمت رخساره الکتریکی ۳ در حال کاهش می‌باشد. بنابراین رخساره ۱ می‌تواند بر اساس میزان بالای شیل، پایین‌ترین کیفیت مخزنی و رخساره ۳ به دلیل پایین‌ترین مقدار شیل، بالاترین کیفیت مخزنی را داشته باشد.

توزیع فراوانی میزان تخلخل برای هر کدام از رخساره‌های الکتریکی در همه چاه‌ها نیز نشان می‌دهد که میزان تخلخل از رخساره ۱ به سمت رخساره ۳ در حال افزایش می‌باشد (شکل ۸)، و با توجه به روند کاهش اشباع آب در این رخساره‌ها که در رخساره ۱ بیشترین اشباع و در رخساره ۳ کمترین اشباع را دارد می‌توان بیان کرد که رخساره ۱ دارای پایین‌ترین کیفیت مخزنی و رخساره ۳ دارای بالاترین کیفیت مخزنی می‌باشد (شکل ۹). این روند نشان می‌دهد که میکروفاسیس‌های محیط لاگون کمترین تخلخل و بیشترین اشباع شدگی آب و در میکروفاسیس‌های محیط

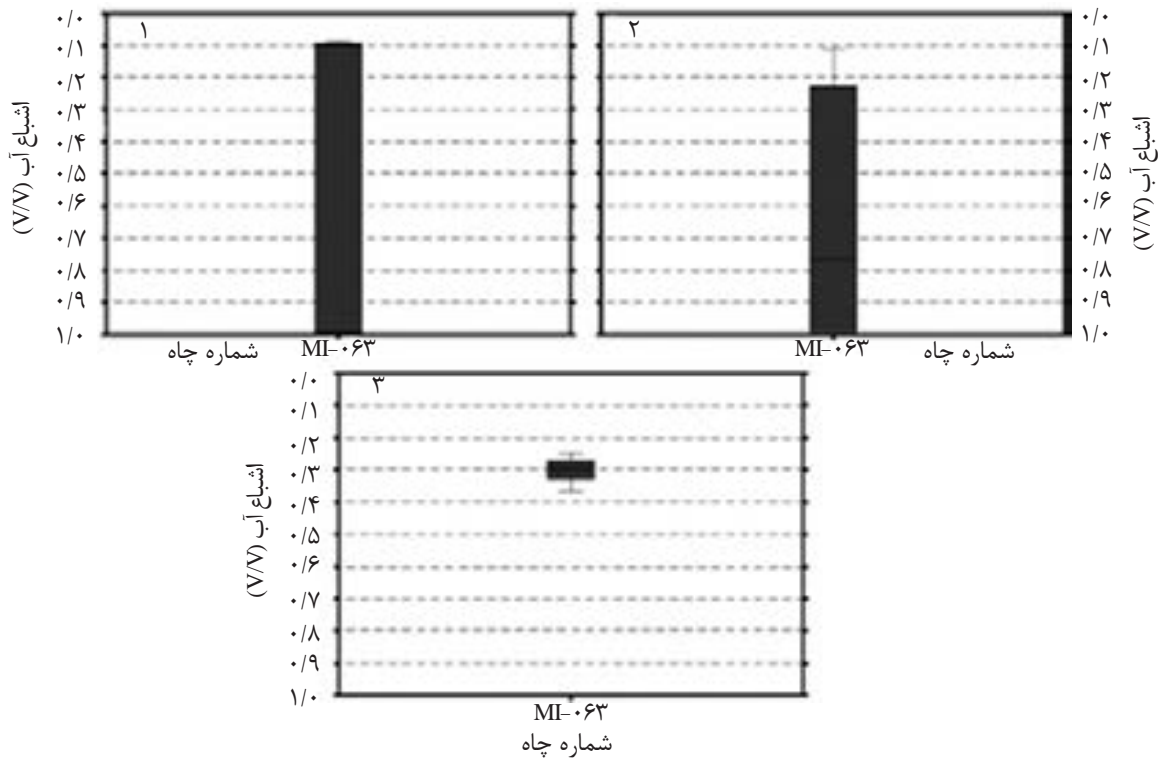


شکل ۷- میزان فراوانی نمودار گامای تصحیح شده (CGR) برای هر سه رخساره الکتریکی در چاه‌های مطالعه شده

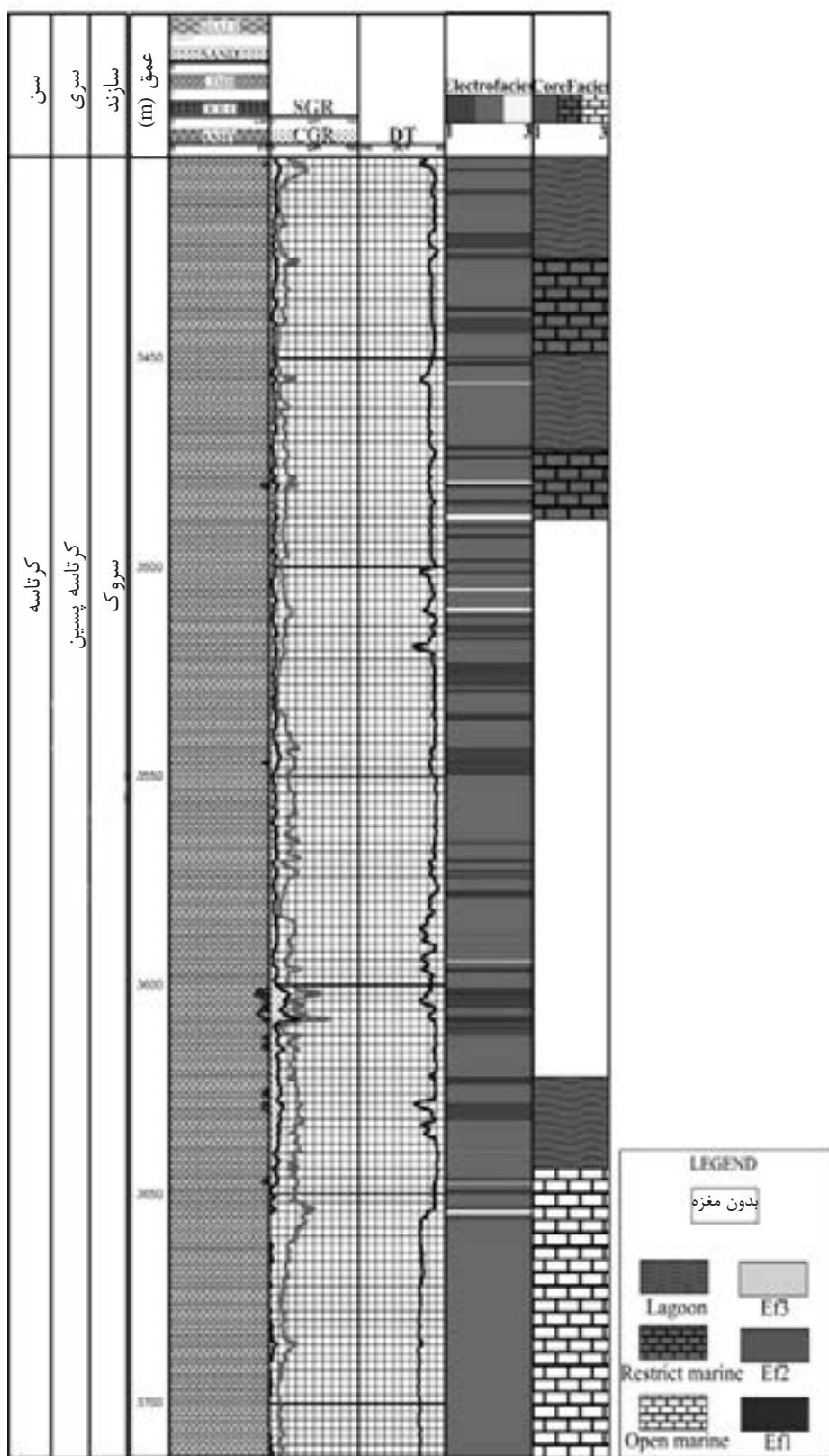




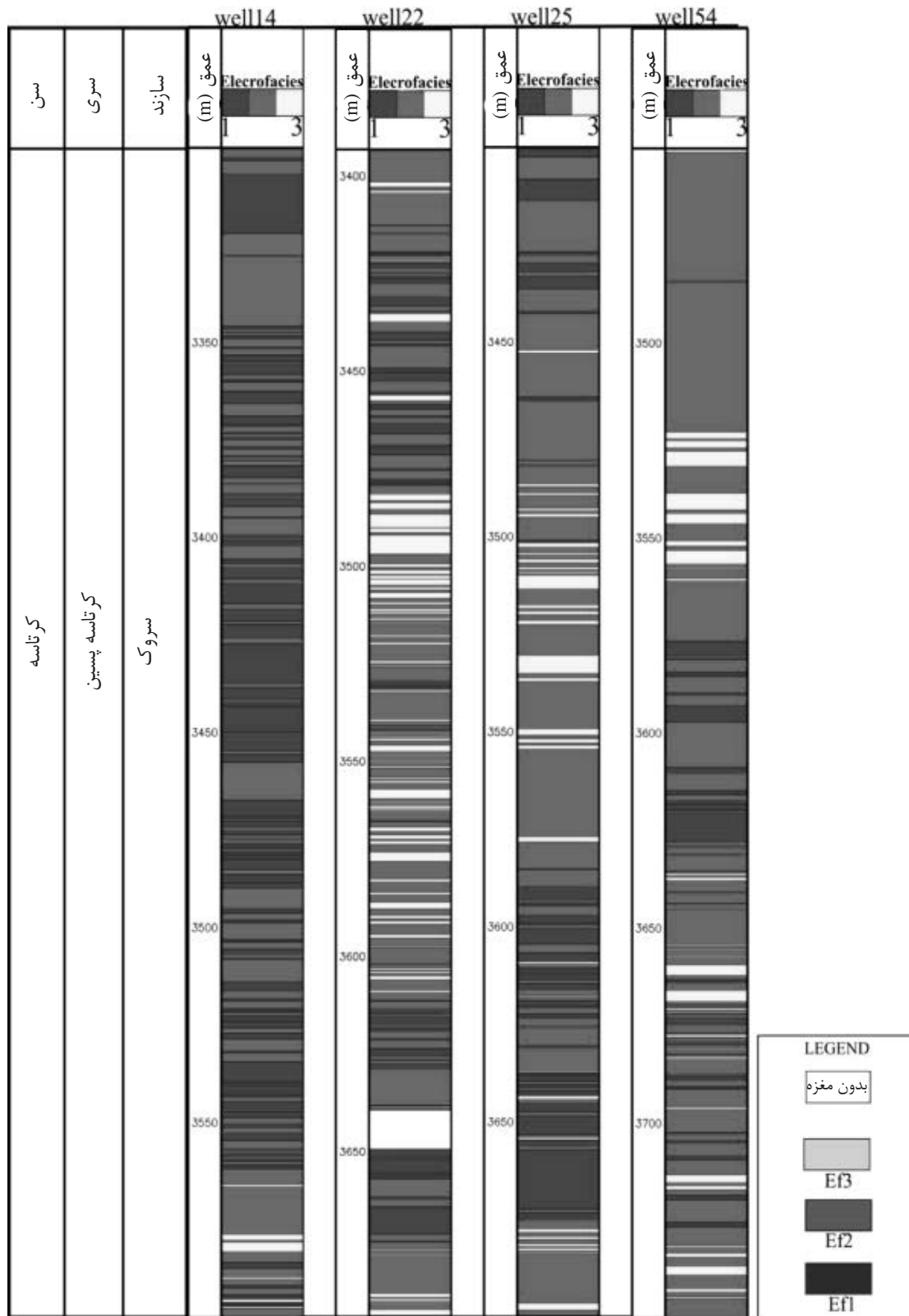
شکل ۸- میزان فراوانی تخلخل در رخساره‌های الکتریکی از رخساره شماره ۱ به سمت رخساره شماره ۳ در چاه‌های مطالعه شده



شکل ۹- روند کاهش درصد اشباع آب از رخساره ۱ به سمت رخساره ۳ در چاه ۶۳



شکل ۱۰- انطباق میکروفاسیس ها با رخساره های الکتریکی در چاه ۶۳



شکل ۱۱- مدل رخساره الکتریکی به دست آمده برای چاه‌های فاقد مغزه در میدان

دریای بسته و دریای باز را نشان می‌دهد. هر دو رخساره تشکیل‌دهنده محیط لاگون دارای تخلخل ثانویه مانند شکستگی می‌باشند و تا حدودی دولومیتی شدن نیز باعث افزایش کیفیت مخزنی این میکروفاسیس شده است ولی در کل نسبت به دو رخساره دیگر کیفیت پایین‌تری را دارا می‌باشد به گونه‌ای که رخساره الکتریکی ۱ که با این رخساره انطباق بیشتری دارد نیز مقدار تخلخل پایین و اشباع آب بالا دارد که نشان دهنده کیفیت مخزنی پایین می‌باشد. میکروفاسیس بعدی نشان دهنده یک محیط دریای بسته می‌باشد. این میکروفاسیس تا حدودی با رخساره الکتریکی ۲ و بعضاً ۳ انطباق خوبی دارد و با توجه به مقدار تخلخل و اشباع آب بهتر نسبت به رخساره قبلی می‌توان گفت که این رخساره دارای یک شرایط مخزنی حد واسط تا خوب می‌باشد. آخرین میکروفاسیس نشان‌دهنده یک محیط دریای باز می‌باشد که این میکروفاسیس تا حد زیادی بر اساس شرایط تخلخل و اشباع آب با رخساره‌ی ۲ و ۳ انطباق زیادی دارد، که این انطباق چند گانه می‌تواند به دلیل شرایط متغیر دیاژنز باشد. این میکروفاسیس بهترین کیفیت مخزنی را دارا می‌باشد. رخساره‌های مدل ۱۴ رخساره‌ای به دست آمده بر اساس مقدار میانگین نمودار CGR، با هم ادغام و به یک مدل ۳ رخساره‌ای تبدیل شد و با توجه به انطباق خوب این رخساره‌ها با میکروفاسیس‌ها به بقیه چاه‌های میدان تعمیم داده شد.

### تقدیر و تشکر

مولفان بر خود واجب می‌دانند تا از حمایت‌های بی‌دریغ شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب برای انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

بنابراین در پایان به طور خلاصه در مورد چگونگی استفاده از رخساره‌های الکتریکی در میدان می‌توان گفت، در چاه دارای مغزه به دلیل در دسترس بودن داده‌های زمین شناسی (مانند مقاطع نازک) بعد از آزمون‌های متفاوت، در نهایت بهترین مدلی که توانست از نظر کیفیت و شرایط مخزنی نزدیک به رخساره‌های رسوبی باشد انتخاب شد. به این صورت در چاه دارای مغزه توانستیم مدل رخساره الکتریکی را با مدل رسوبی انطباق دهیم و شرایط مخزنی رخساره‌های الکتریکی را بر اساس مقایسه با رخساره‌های میکروسکوپی مورد تجزیه و تحلیل قرار دهیم. در چاه‌های فاقد مغزه به دلیل در دسترس نبودن مغزه، دسترسی مستقیم به داده‌های واقعی زمین شناسی امکان‌پذیر نبوده، به همین دلیل مدلی که در چاه شماره ۶۳ با رخساره‌های رسوبی انطباق داده شده در چاه‌های فاقد مغزه میدان انتشار داده شد. با توجه به توصیف خوب شرایط مخزنی به وسیله رخساره‌های الکتریکی به دلیل انطباق خوب با شرایط زمین شناسی مخزن در چاه شماره ۶۳، بنابراین در چاه‌های فاقد مغزه با اطمینان بیشتری می‌توان کیفیت مخزنی زون‌های مختلف مخزن را توصیف نمود.

### نتیجه‌گیری

به دلیل نبود مغزه در تمامی چاه‌های یک میدان جهت مطالعات زمین‌شناسی مخزن به نظر می‌رسد استفاده از رخساره‌های الکتریکی حاصل از نمودارها که معمولاً در اکثر چاه‌های میدان در دسترس می‌باشند امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در این مطالعه بررسی مقاطع نازک در دسترس از چاه ۶۳ مخزن بنگستان منجر به شناسایی تعداد ۳ محیط رسوبی شد که به ترتیب محیط لاگونی،

### مراجع

[1] James G. A. and Wynd J. D., "Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area", American Association of Petroleum Geologists Bul., Vol. 49, No. 12, pp. 2182-2245, 1965.

[۲]. آقائاتی ع، زمین‌شناسی ایران، ۳، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۹.

[3]. Lucia F. J., "Rock-fabric/ petrophysical classification of carbonate pore space for reservoir characterization", American Association of Petroleum Geologists Bulletin., Vol. 79, No.9, PP. 1275 – 1300, 1995.

- [۴]. رحیمی بهار ع، پرهام س، تجزیه و تحلیل رخساره‌های الکتریکی بر اساس رخساره‌های رسوبی، نشریه رخساره‌های رسوبی، دوره ۵، شماره ۱، صفحات ۷۴-۶۱، ۱۳۹۱.
- [5]. Serra O. and Sulpice L., *Sedimentological Analysis of shale-sand series from well logs.*, SPWLA, 16<sup>th</sup> Ann. Log. Symp., 1975.
- [6]. Rabiller P., "*Facies prediction and data modeling for reservoir characterization*", 1<sup>st</sup> ed., Rabiller Geo-consulting., 2005.
- [7]. Wolff M. and Pelissier-combescure., "*Automatic electrofacies determination*", 23<sup>rd</sup> Annual Logging Symposium Transactions, Society of Professional Well Log Analysts, pp. 22, 1982.
- [8]. Serra O., "*Fundamentals of well-log*", The interpretation of logging data., Amsterdam Elsevier., Vol. 2. pp. 684, 1986.
- [9]. Ye S., Rabiller P., *A new tool for electrofacies analysis: Multi resolution graph based clustering*, SPWLA, 41 Annual Logging Symposium, 2000.
- [10]. Dunham R. J., "Classification of carbonate rocks according to depositional texture", In: W. E. (ed.), *Classification of carbonates rocks*, American Assosiation of Petroleum Geologists Memoir., No 1, pp.108-121, 1962.
- [۱۱]. قنواتی ک، حق پرست ق، مطالعه جامع مخزن بنگستان میدان منصور-فاز تعیین مشخصات مخزن، گزارش شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، شماره ۶۰۳۵، ۱۳۸۶.
- [12]. Hynes J.D. and McQuillan H., "*Evolution of the Zagros suture zone*", southern Iran, Geological Society of America Bulletin., Vol. 84, pp. 739-744, 1974.
- [13]. Bachmann M. and Hirsch F., "*Lower cretaceous carbonate platform of the eastern levant (galilee and the go-lan heights): stratigraphy and second-order sea-level change*", Cretaceous Research., Vol. 27, pp. 487-512, 2006.
- [14]. Raspini A., "*Microfacies analysis of shallow water carbonates and evidence of hierarchically aptian of monte tobenna, southern Apennines*", Italy, Cretaceous Research., No. 19, pp. 197-223, 1998.