

## تجزیه و تحلیل گونه‌های سنگی الکتریکی مخزن بنگستان (کرتاسه) در میدان نفتی مارون (خاور اهواز)

ابوذر محسنی پور<sup>۱\*</sup>، بهمن سلیمانی<sup>۲</sup>، احسان ابهرک پور<sup>۳</sup>، قدرت اله نیکخواه<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد زمین شناسی نفت، دانشگاه شهید چمران اهواز

<sup>۲</sup> استاد گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

<sup>۳</sup> و <sup>۴</sup> کارشناسی ارشد شرکت ملی حفاری، اهواز، ایران

\*Abouzarmohseni@yahoo.com

دریافت دی ۱۳۹۵، پذیرش تیر ۱۳۹۶

### چکیده

مطالعات مربوط به گونه‌های سنگی الکتریکی نقش بسیار مهمی را در فرایند توسعه یک میدان ایفا می‌کند. در این مطالعات از داده‌های تخلخل-تراوایی مغزه و لاگ‌های چاه‌پیمایی جهت شبیه‌سازی مخزن استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر در ابتدا با استفاده از داده‌های آنالیز مغزه (تخلخل و تراوایی) در تعدادی از چاه‌های میدان مارون (جنوب غرب ایران) به روش شاخص منطقه‌ای جریان چهار واحد جریانی برای این مخزن تعیین گردید. با استفاده از لاگ‌های چاه‌پیمایی مدل اولیه گونه سنگی الکتریکی به سه روش SOM، MRGC و DYNAMIC تعیین گردید. رخساره‌های تعیین شده با روش‌های مختلف با واحدهای جریانی مقایسه گردید و از بین آنها روش SOM که دارای بیشترین تطابق بود، انتخاب گردید. از بین ۹ الکتروفاسیس اولیه ایجاد شده با توجه به شباهت برخی از پارامترها مانند تخلخل موثر و میزان شیل، به ۴ الکتروفاسیس تقلیل داده شد. در این رخساره‌ها کیفیت مخزن از شماره ۱ به سمت شماره ۴ افزایش می‌یابد. جهت اطمینان از دقت تعیین گونه‌های سنگی الکتریکی توسط شبکه عصبی، این الکتروفاسیس‌ها با داده‌های فشار موئینه مقایسه و بدلیل تطابق خوب به سایر چاه‌های میدان انتشار داده شد. در نتیجه مدلی ایجاد گردید که توانایی جدایش بخش‌های مختلف مخزنی را از همدیگر دارا بود. در این مدل قسمت‌های مختلف از نظر کیفیت مخزنی تفکیک گردید. این مدل در تهیه مدل استاتیک مخزن می‌تواند بکار برده شود.

**کلمات کلیدی:** میدان نفتی مارون، الکتروفاسیس، واحد جریان، مخزن بنگستان، روش خود سازمانده SOM.

## ۱- مقدمه

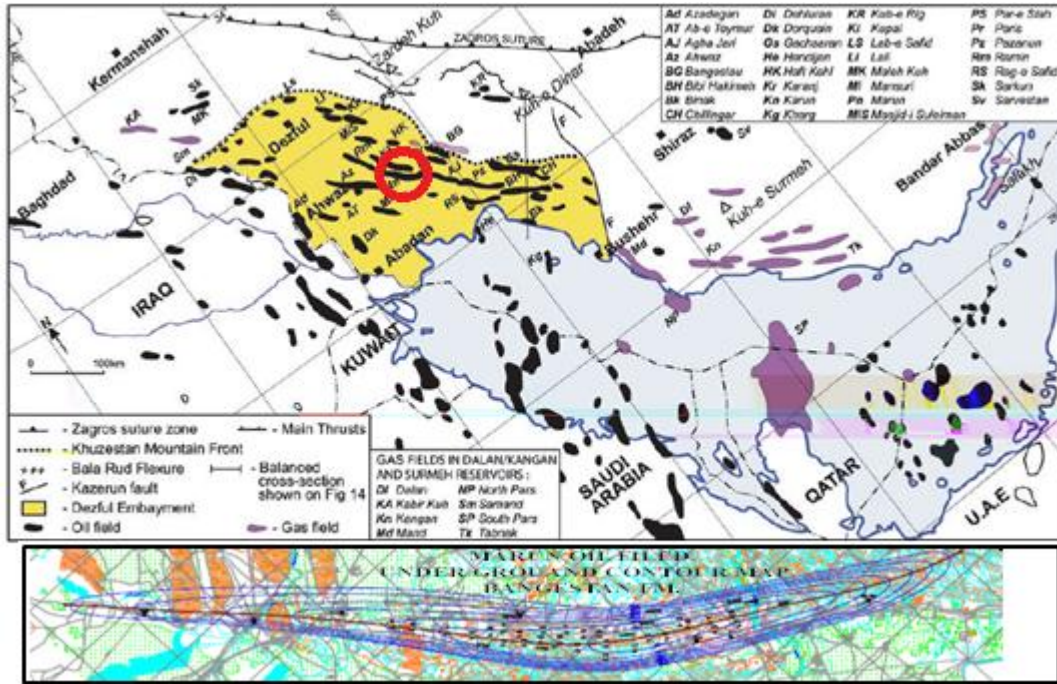
سرشت‌نمایی مخزن و تشخیص فاکتورهای اصلی کنترل‌کننده کیفیت مخزنی سهم مهمی در ارائه یک تصویر واقعی از ویژگی‌های مخزن دارد [۲]. یکی از موارد مهم در زمینه توسعه میدانی نفت و گاز، شناسایی سنگ‌های مخزن و بررسی کیفیت مخزنی آن‌هاست. هدف از بررسی ویژگی‌های مخزنی، مشخص کردن توزیع فضایی شاخص‌های پتروفیزیکی مانند تخلخل، تراوایی و اشباع‌شدگی است [۲۸]. از جمله مواردی که در مطالعه جامع یک مخزن هیدروکربوری صورت می‌گیرد، تهیه مدل گونه‌سنگی الکتریکی Electrica Rock Type یا الکتروفاسیس می‌باشد. در مخازن کربناته، رخساره الکتریکی مفهوم جدیدی از گونه‌سنگی براساس پاسخ‌های لاگ معرفی می‌شود [۲۹، ۲۷، ۳۱، ۳۵]. در چاه‌های فاقد مغزه، رخساره‌های رسوبی با کمک داده‌های پتروفیزیکی تفسیر می‌شوند، چون بطور مستقیم قابل مشاهده نیستند. بعضی از نمودارهای چاه-پیمایی همچون گاما، چگالی، نوترون و پتانسیل خودزا، که می‌توانند نوع لیتولوژی را نشان دهند، به عنوان شاخص خوبی از رخساره شناخته می‌شوند [۳۵]. مقالات [۹، ۱۰، ۲۰، ۲۲، ۳۳] و یا موضوع پایان‌نامه‌های متعددی [۴، ۵، ۶، ۷]. در زمینه تعیین رخساره الکتریکی وجود دارد.

واحد جریان سیال ابزارقدرتمندی در تقسیم‌بندی مخزن به واحدهایی است که ساختاردرونی مخزن را درمقیاسی سازگار با مدلسازی‌های شبیه‌سازی مخزن تقریب می‌زند [۸]. واحدهای جریانی توسط محققین بسیاری مورد پژوهش قرار گرفته است [۱۱، ۱۸، ۲۳، ۲۴] روش‌های مختلفی برای تعیین واحدهای جریانی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش وینلند [۳۹]، لورنز، لورنز اصلاح شده بر مبنای چینه‌نگاری [۲۱] و شاخص منطقه‌ای جریان [۱۱] اشاره کرد. در این مطالعه با استفاده از شاخص منطقه‌ای جریان واحدهای جریانی نیز تعیین شدند.

مخزن بنگستان از نظر اهمیت دومین مخزن مهم در میدانی نفتی جنوب و جنوب غرب ایران می‌باشد. مخزن بنگستانی مارون بعنوان یکی از مخازن عظیم مورد توجه خاص بوده و بنابراین بررسی و شناخت رفتار مخزن با توجه به اهمیت آن در صنعت از اولویتهای توسعه میدانی جنوب غرب بشار می‌رود. مطالعه حاضر جهت تعیین رخساره الکتریکی با استفاده از ماژول FACIMAGE™ نرم افزار Paradigm™ Geolog® 6.7.1 صورت پذیرفته است.

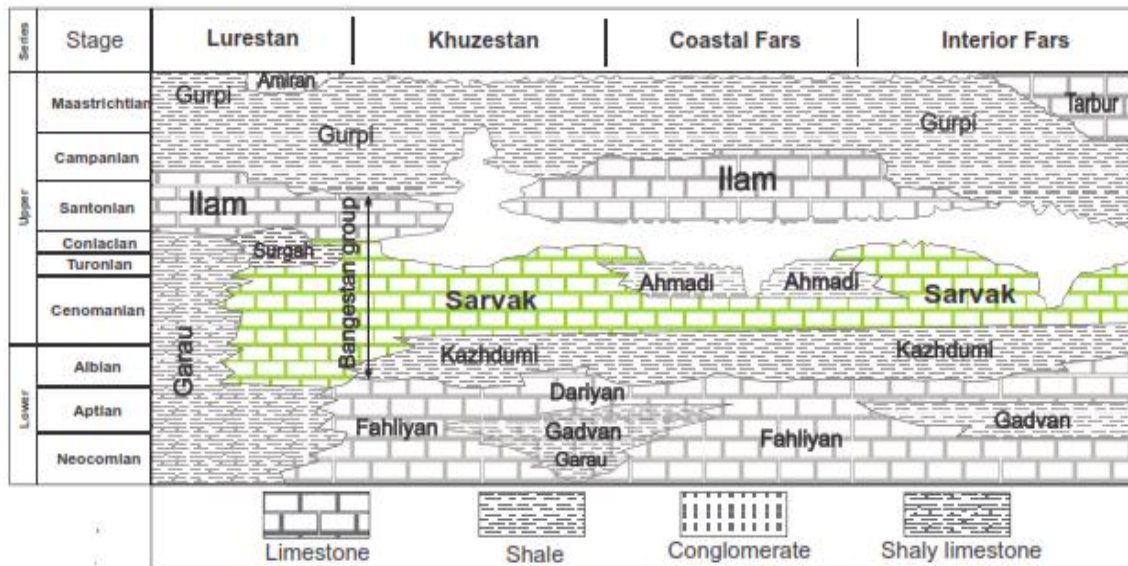
## ۲- میدان نفتی مارون

میدان نفتی مارون یکی از بزرگترین میدانی نفتی جنوب غرب ایران محسوب می‌شود که در فاصله ۶۰ کیلومتری شرق اهواز و در مجاورت میدانی کوپال، آغاجاری، رامین، شادگان و رامشیر واقع شده است (شکل ۱). از لحاظ زمین‌شناسی میدان مارون در قسمت شرقی حوضه فروافتاده دزفول شمالی قرار گرفته است. این میدان دارای مخازن آسماری، بنگستان و خامی است. مطالعه کنونی در ارتباط با مخزن بنگستان می‌باشد. گروه بنگستان به سن آلبین-کامپانین غالباً در کربناته‌های نریتیک سازند سروک و واحدهای معادلش (به عنوان مثال سازند میشریف در عراق) شامل برخی از مخازن بسیار حاصلخیز محدوده‌های هیدروکربنی حوضه زاگرس و فلات قاره عربی است [۳۲]. مخزن بنگستان شامل آهک‌های کم عمق سازندهای ایلام و سروک در فروافتادگی دزفول و مناطق بلا فصل آن است [۷]. ساختمان مخزن بنگستان میدان مارون، تقریباً تاقدیس نامتقارنی با ابعاد ۶۳ کیلومتر طول و ۵ کیلومتر عرض در افق ایلام که دارای روند شمالغرب-جنوبشرق بوده و در سطح محوری خود در میانه میدان دچار خمش شده است [۴].



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی میدان نفتی مارون [۱۲] و نقشه UGC مخزن بنگستان.

مخزن بنگستان شامل رسوبات کرتاسه بالایی است که بیشتر از سنگ‌های آهکی با تخلخل و نفوذپذیری کم و درجه اشباع آب زیاد می‌باشد (شکل ۲). در میدان مارون یک سطح قطع شدگی رسوبی بین زون‌های مخزنی ۱ و ۲ و نیز گسترش یک واحد شیلی در قاعده ایلام، تفکیک کننده سازندهای ایلام و سروک می‌باشد [۴]. مخزن بنگستان مارون یک مخزن چندلایه Multi Layered محسوب می‌شود که در آن زون‌های متخلخل بوسیله زون‌های متراکم از هم جدا می‌شوند [۱۶].



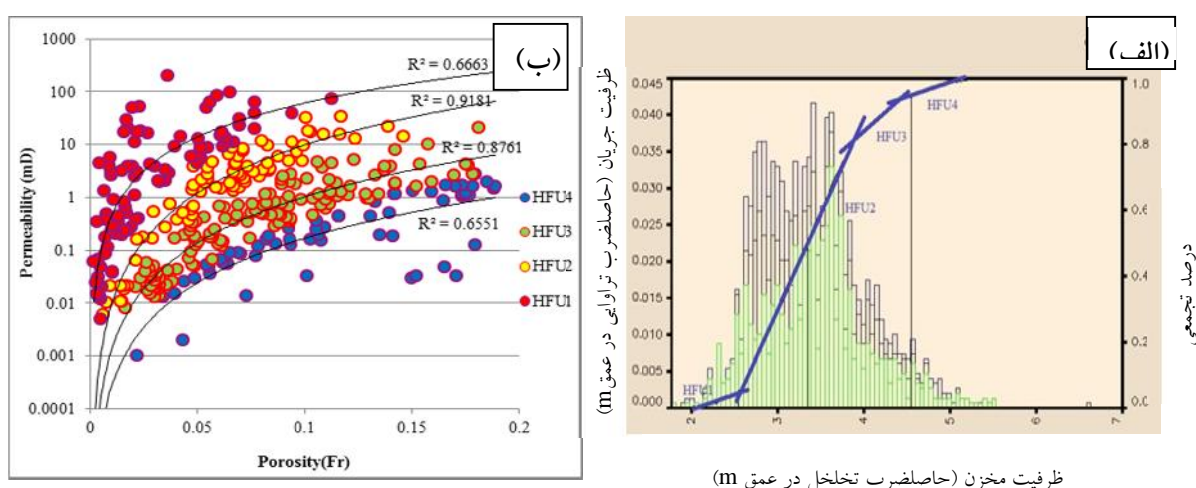
شکل ۲- چینه‌شناسی توالی کرتاسه در بخش‌های مختلف ایران، شامل رخساره جانبی و تنوع ضخامت سازند سروک از گروه بنگستان [۳۲].

### ۳- روش کار

#### ۳-۱- تعیین واحدهای جریان

تراوایی و تخلخل سنگ مخزن به عنوان مهمترین پارامترها برای ارزیابی و توصیف مخزن به حساب می روند [۳۶]. واحدهای جریانی هیدرولیکی Hydraulic flow unit به عنوان شاخصی از واحدهای مخزنی هستند که در آنها ویژگی های جریان به دلیل خصوصیات گلوگاه های منافذ یکنواخت است [۵].

این مطالعه جهت انتخاب بهترین روش خوشه بندی از داده های تخلخل و تراوایی حاصل از مغزه های سه چاه به روش احتمال نرمال لگاریتم شاخص منطقه ای جریان (Log FZI) و واحدهای جریانی برای هر چاه به صورت جداگانه تعیین گردید (شکل ۳). در نمودار تجمعی احتمال نرمال ترسیم شده برای همه چاه ها از نقاط شکستگی یا عطف بعنوان شاخصی جهت تفکیک واحدهای جریانی مختلف استفاده و چهار واحد جریانی هیدرولیکی استخراج گردید (شکل ۳). بر اساس کیفیت مخزنی با توجه به مقدار لگاریتم شاخص منطقه ای جریان (Log FZI) واحدهای جریانی با کمترین مقدار LogFZI به عنوان بدترین از نظر کیفیت مخزنی و واحدهای جریانی با بیشترین مقدار LogFZI بعنوان بهترین از نظر کیفیت مخزنی در نظر گرفته می شوند. در پژوهش حاضر از واحدهای جریانی ۱ به ۴ افزایش کیفیت مخزنی را داریم. محدوده این واحدهای جریانی در جدول شماره ۱ بیان شده است.



شکل ۳- واحدهای جریانی مشخص شده بر اساس (الف) روش شاخص منطقه ای جریان و (ب) نمودار احتمال نرمال حاصل از خوشه بندی داده های تخلخل و تراوایی حاصل از مغزه های سه چاه

جدول ۱- محدوده تغییرات لگاریتم زون نشانگر جریان برای واحدهای جریانی

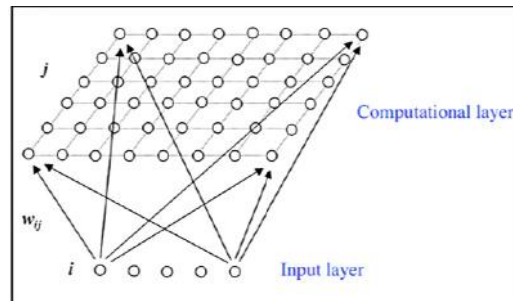
LOG FZI			
HFU4	HFU3	HFU2	HFU1
>4.4	3.7 - 4.4	2.6-3.7	<2.6

### ۳-۲- شبکه عصبی خودسازمانده (SOM)

شبکه‌های عصبی خودسازمانده (SOM) self-organizing maps یکی از مهمترین مدل‌های شبکه عصبی است که اخیراً در زمینه‌های زیادی از قبیل آنالیز تصاویر [۳۸] جهت حرکت بادها [۱۳، ۱۹] و تفسیر امواج لرزه‌ای [۱۴، ۳۷] مورد استفاده قرار گرفته است. این الگوریتم یک نوع مدل شبکه عصبی است که در پیاده‌سازی و طرح ریزی مشخصه‌های غیرخطی از فضای چند بعدی به فضای یک بعدی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۶]. اصطلاح خودسازماندهی اشاره به توانایی یادگیری و سازماندهی اطلاعات بدون وجود مقدار خروجی‌های مرتبط با ورودی‌های مورد نظر می‌باشد.

[۳۰]. یک شبکه عصبی خودسازمانده شامل نورون‌های سازمان یافته در یک شبکه منظم یک بعدی است. تعداد نورون‌ها ممکن است که از چند ده نورون تا چند ده هزار در تفاوت باشد، هر نورون با نورون‌های مجاور به وسیله رابطه همسایگی که توپولوژی یا نقشه‌های ساختمانی کوهن نامیده می‌شود، در ارتباط است (شکل ۴).

بنابراین مشاهدات مشابه در این ساختار باید خیلی به همدیگر نزدیک باشند. الگوریتم آموزشی ساختار گره‌های نقشه خودسازمانده برای نمایش کل مجموعه داده‌ها و وزن‌های مربوط به آنها، بهینه‌سازی در طی هر مرحله از تکرار می‌باشد. در هر مرحله، یک بردار ورودی  $X$  از مجموعه داده‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده و فاصله بین آن و همه بردارهای وزنی شبکه (SOM) با استفاده از بعضی اندازه‌گیری‌های خاص محاسبه می‌شود. بنابراین یک توپولوژی مطلوب به دست خواهد آمد.



شکل ۴- الگوی شبکه عصبی خودسازمانده متشکل از لایه‌های ورودی و رقابتی [۳۵].

الگوریتم آموزشی شبکه‌های عصبی خودسازمانده به صورت زیر خواهد بود [۲۵].

$$[d_{ij} = \|x_k - w_{ij}\|]$$

محاسبه فاصله بین الگو و تمام سلول‌های عصبی

$$[w_{ij}: d_{ij} = \min(d_{mn})]$$

انتخاب نزدیکترین نورون به عنوان نورون برنده

$$[w_{ij} = w_{ij} + h(w_{winner}, w_{ij}) \|x_k - w_{ij}\|]$$

به روز رسانی هر نورون با توجه به قاعده

تکرار این روند تا زمانی که یک معیار توقف خاص بدست آید. معمولاً توقف معیار با تعداد ثابتی از تکرار همراه می‌باشد. برای اثبات همگرایی و ثبات نقشه، نرخ یادگیری و شعاع همسایگی در هر تکرار کاهش می‌یابد. بنابراین همگرایی به صفر میل خواهد کرد. فاصله اندازه گیری بین بردارها فاصله اقلیدوسی می‌باشد، ولی از دیگر اندازه‌گیری‌های فواصل مانند فاصله و غیره نیز می‌توان استفاده نمود.

### ۳-۳- انتخاب داده‌های ورودی برای ساخت مدل الکتروفاسیس

در این مطالعه در ابتدا تعدادی از چاه‌ها که می‌توانستند کل ویژگی‌های مخزن را پوشش دهند به عنوان مبنا انتخاب گردید. لاگ‌های منعکس کننده لیتولوژی از جمله چگالی (RHOB)، سرعت صوت (DT)، تخلخل نوترون (NPHI)، تخلخل موثر (NPHE) و گاما (GR) به عنوان لاگ‌های ورودی برای تعیین گونه سنگی الکتریکی استفاده گردید. نمودار چگالی ابزار قدرتمندی برای تشخیص لیتولوژی و همچنین تعیین بخش‌های انیدریتی و متراکم (فاقد کیفیت) مخزن است. هر دو نمودار سرعت صوت و نوترون را می‌توان ابزارهای مناسبی برای تعیین تخلخل دانست ولی با این تفاوت که نمودار نوترون عمدتاً تخلخل کل را نشان می‌دهد ولی نمودار صوتی گویای تخلخل اولیه بوده و کاربرد بسیار مهمی هم در تعیین بخش‌های دارای شکستگی دارد. از نمودار پرتو گاما هم بدلیل توان بالای آن در تفکیک لیتولوژی‌های مختلف استفاده شد.

جهت تعیین رخساره‌های الکتریکی روش‌های متنوعی وجود دارد. از میان آنها، خوشه‌بندی رایج‌ترین و دقیق‌ترین روش می‌باشد. خوشه‌بندی برای ارزیابی شباهت و عدم شباهت بین داده‌ها انجام می‌گیرد. این روش که تحت عنوان آنالیزهای رده بندی نیز شناخته می‌شود، گروه‌ها و یا خوشه‌هایی که اغلب به طور طبیعی در مجموعه داده‌ها وجود دارند را استخراج می‌کند. بطوریکه داده‌های یک خوشه بیشترین شباهت و با داده‌های دیگر بیشترین تفاوت ممکن را دارند. در این پژوهش با استفاده از روش شبکه عصبی در تعداد ۶ چاه مدل اولیه الکتروفاسیس تخمین زده شد و در ادامه با مقایسه این روش‌ها با واحدهای جریانی تعیین شده به روش شاخص منطقه ای جریان و داده‌های حاصل از فشار مؤئینه مدل بهینه بدست آمد که به خوبی رخساره‌های مخزنی را از همدیگر تفکیک نمود. سپس این مدل جهت تهیه مدل رخساره‌ای به سایر چاه‌های میدان تعمیم داده شد.

### ۳-۴- انتخاب روش خوشه‌سازی

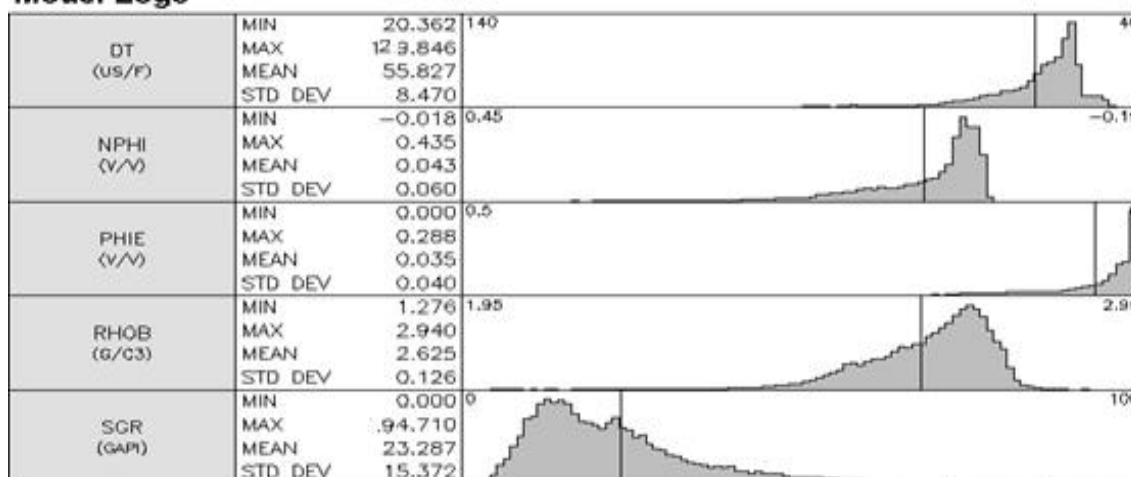
ابتدا گونه سنگی الکتریکی با روش‌های (MRGC) Multi Regression Graph Base Clustering ، Dynamic Clustering (DYNAMIC) و (SOM) تعیین گردید، نتایج حاصل از روش‌های خوشه‌سازی با نتایج واحدهای جریانی تعیین شده تطابق داده شد (شکل ۱۴) با توجه به همخوانی بیشتر روش SOM این روش که یک شبکه عصبی رقابتی خودسازماندهنده و از نوع بدون ناظر است، برای طبقه بندی اطلاعات لاگ استفاده شد. گونه سنگی حاصل از روش SOM با داده‌های فشار مؤئینه مقایسه و برای هر رخساره داده‌های فشار مؤئینه مربوط به آن رخساره بطور جداگانه ترسیم گردید. در نهایت دسته‌بندی قابل قبولی با ۴ الکتروفاسیس ارائه گردید.

### ۳-۵- انتشار مدل

در مرحله بعد از مدل‌سازی رخساره‌ها، مدل بر روی مجموعه داده‌هایی که در مرحله ساخت مدل استفاده نشده انتشار داده شد. به عبارت دیگر هر نمونه عمقی لاگ در مجموعه متقاضی با همه نمونه‌های عمقی لاگ از کاتالوگ (مجموعه داده مبنا) مقایسه شده (شکل ۵) و مقدار شاخص رخساره الکتریکی نمونه‌های که بیشترین شباهت را نشان می‌دهد به آن عمق خاص اختصاص داده می‌شود.

40255 Samples – 518 Samples outside plot limits

## Model Logs

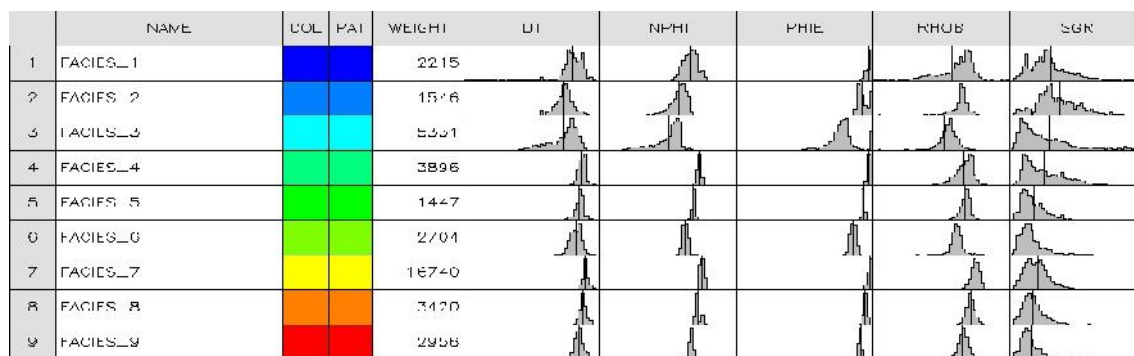


شکل ۵ - مجموعه داده ورودی (مبنا) برای ساخت مدل رخساره الکتریکی

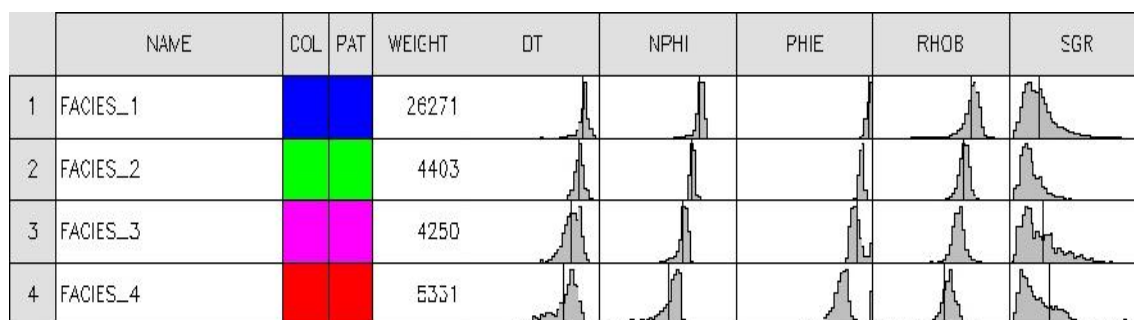
## ۴- بحث

در مطالعات مربوط به مباحث توسعه مخازن هیدروکربوری، زون‌بندی مخزن از لحاظ کیفی می‌تواند نقش مهمی ایفا کند. تعیین نقاط با کیفیت مخزنی مناسب می‌تواند باعث کاهش هزینه تولید از مخزن گردد. بهترین داده‌ها جهت اینگونه مطالعات، تخلخل و تراوایی حاصل از مغزه‌ها می‌باشند، به دلایل اقتصادی در هر میدان تعداد کمی از چاه‌ها مغزه‌گیری می‌شود. در پژوهش حاضر سعی گردید تا مخزن بنگستانی میدان نفتی مارون با توجه به داده‌های نمودارهای چاه‌پیمایی و تطابق آنها با داده‌های تخلخل و تراوایی موجود با استفاده از روش واحد جریانی هیدرولیکی، مورد بررسی کیفی قرار گیرند.

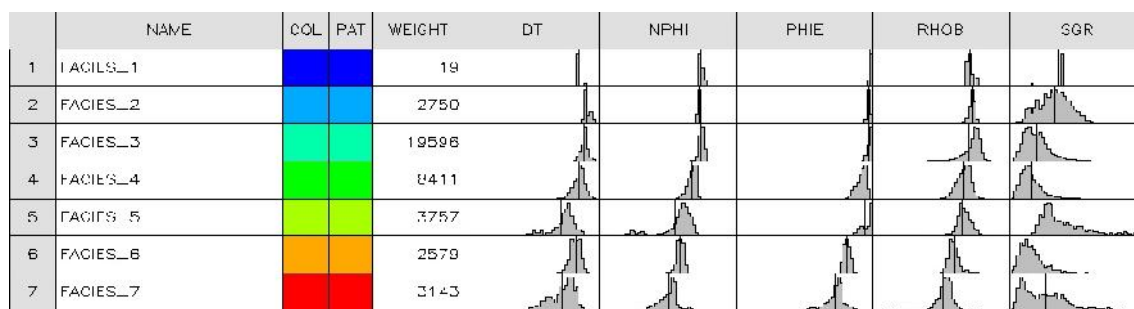
در این مطالعه بمنظور ارائه مدل جامع مخزن که بیانگر کیفیت مخزنی باشد از بین چاه‌های حفر شده، تعداد ۶ حلقه چاه بنگستانی که دارای کاملترین داده‌ها بودند به عنوان داده‌های اولیه مدل انتخاب گردیدند. با بکارگیری روش‌های مختلف خوشه‌بندی MRGC، DC و SOM تعداد خوشه‌های اولیه با استفاده از داده‌های لاگ چاه‌پیمایی در چاه‌های مورد مطالعه تعیین گردید. در روش SOM تعداد ۹ خوشه اولیه ایجاد گردید (شکل ۶). در روش MRGC از بین ۵ دسته ایجاد شده، دسته‌ای با بالاترین تفکیک یا خوشه (۷ دسته) به عنوان دسته برتر انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۸). در روش DC چهار خوشه اولیه ایجاد گردید (شکل ۱۰). پس از تجزیه و تحلیل رخساره‌های الکتریکی اولیه تعیین شده به وسیله هر روش خوشه‌بندی، نتیجه حاصل گردید که برخی از خوشه‌ها، از لحاظ پارامترهای اساسی مانند تخلخل مؤثر و مقدار شیل مشابه می‌باشند، بنابراین جهت ایجاد بهترین خوشه، دسته‌های مشابه در یکدیگر ادغام گردیدند. در روش SOM تعداد ۴ الکتروفاسیس نهایی حاصل گردید (شکل ۷). کیفیت مخزنی از رخساره شماره ۱ به سمت رخساره شماره ۴ بهبود پیدا می‌کند. این نتیجه در روش MRGC نیز تایید گردید (شکل ۹). در روش خوشه‌بندی DC، ۴ رخساره الکتریکی اولیه از رخساره با کیفیت بد مخزنی به رخساره با کیفیت خوب مخزنی مرتب گردیدند (شکل ۱۱). در نتیجه در اثر ادغام خوشه‌های اولیه در هر سه روش ۴ خوشه نهایی به عنوان خوشه‌هایی که می‌توانستند بیانگر کیفیت مخزنی باشند ایجاد و مرتب گردید. بطوریکه از رخساره الکتریکی شماره ۱ به سمت رخساره الکتریکی شماره ۴ کیفیت مخزنی بهبود می‌یابد.



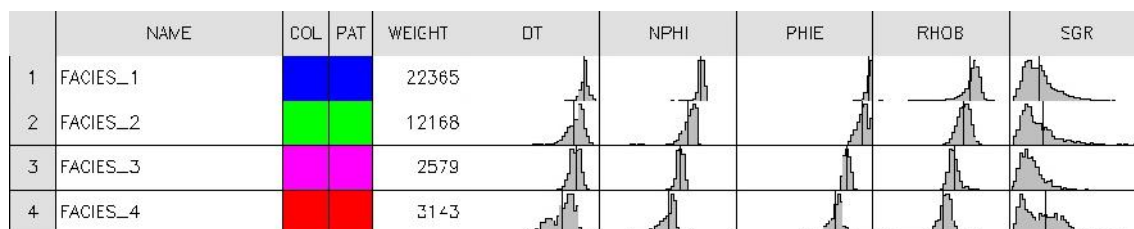
شکل ۶ - مدل اولیه ساخته شده شامل ۹ رخساره بالکتریکی SOM



شکل ۷ - مدل رخساره‌ای نهایی SOM میدان مورد مطالعه



شکل ۸ - مدل اولیه ساخته شده شامل ۹ رخساره بالکتریکی MRGC



شکل ۹ - مدل رخساره‌ای نهایی MRGC میدان مورد مطالعه



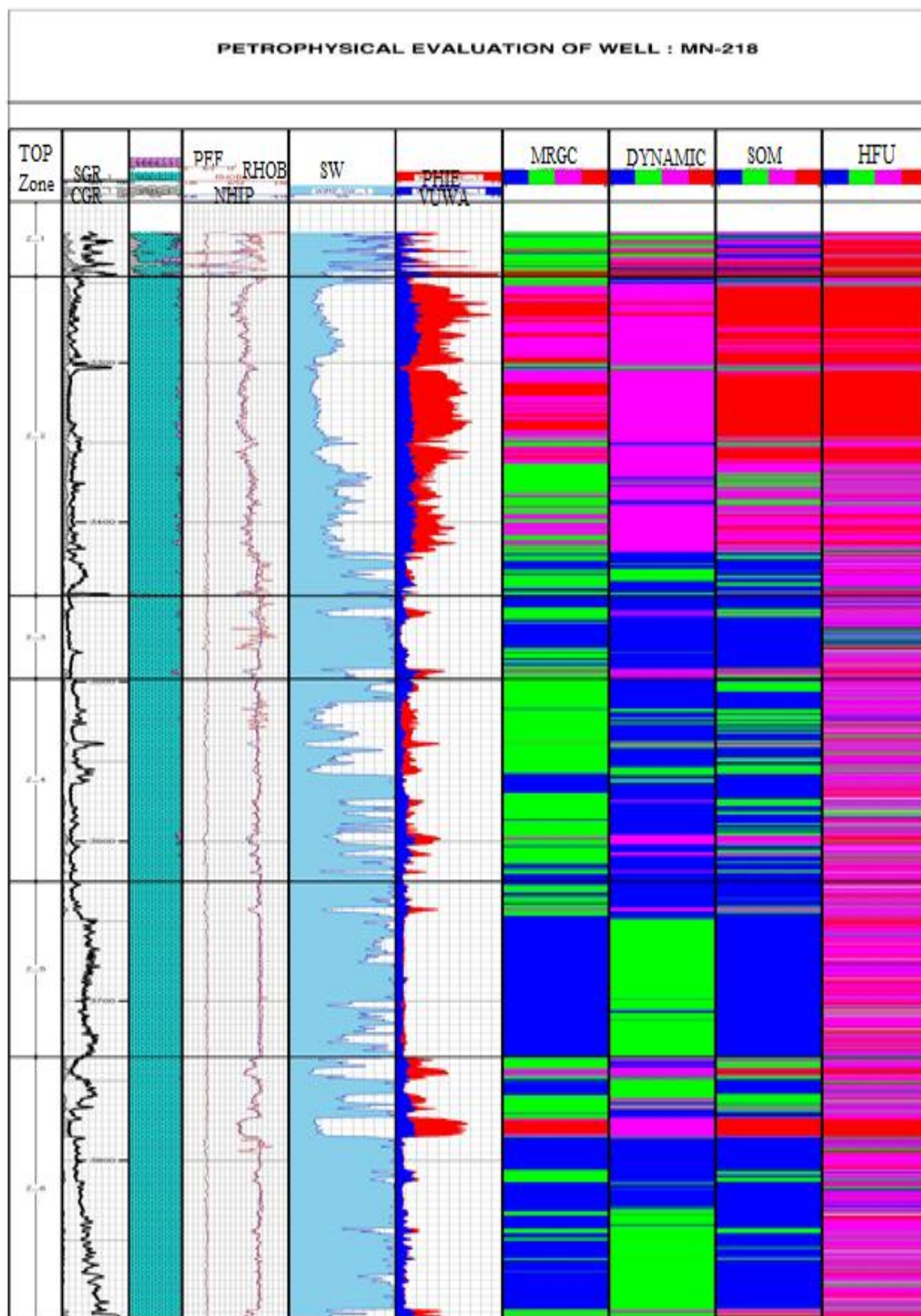
	NAME	COL	PAT	WEIGHT	DT	NPHI	PHIE	RHOB	SGR
1	FACIES_1			9833					
2	FACIES_2			22170					
3	FACIES_3			5736					
4	FACIES_4			2516					

شکل ۱۰- مدل اولیه ساخته شده شامل ۴ رخساره الکتریکی DYNCLUST

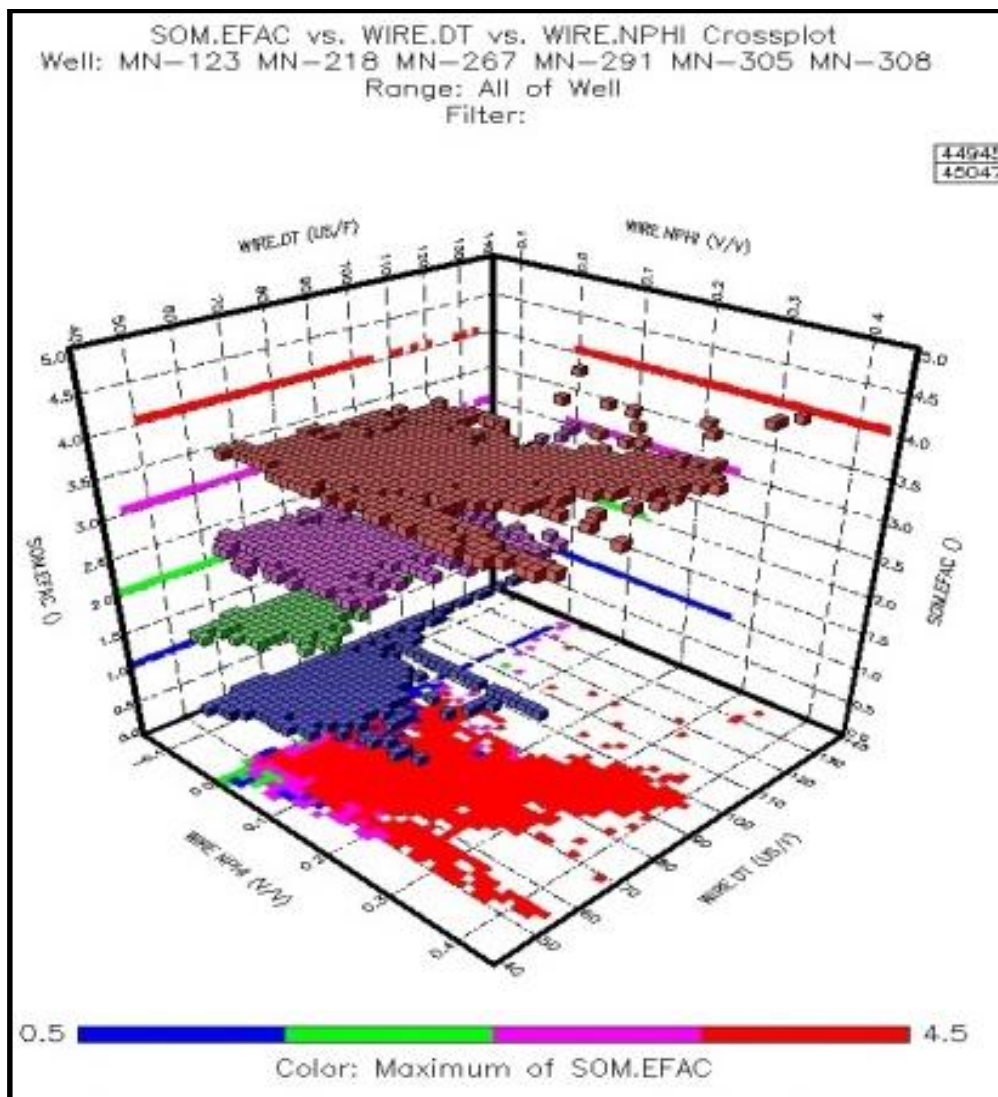
	NAME	COL	PAT	WEIGHT	DT	NPHI	PHIE	RHOB	SGR
1	FACIES_1			22170					
2	FACIES_2			5736					
3	FACIES_3			9833					
4	FACIES_4			2516					

شکل ۱۱- مدل رخساره‌ای نهایی DYNCLUST میدان مورد مطالعه

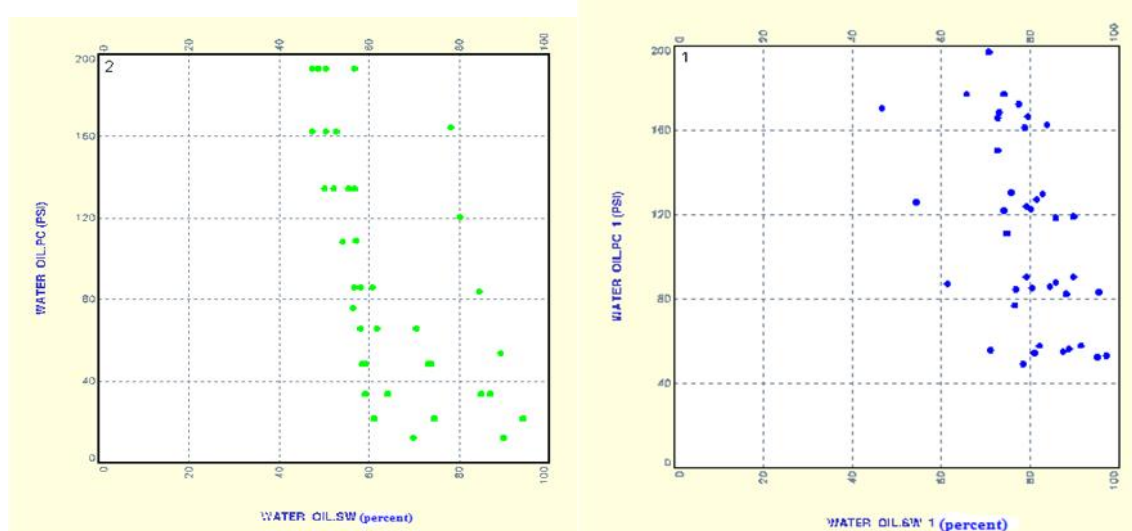
هر سه روش خوشه‌بندی جهت ساخت مدل گونه سنگی الکتریکی مخزن با استفاده از واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی تعیین شده با روش شاخص منطقه‌ای جریان (Log FZI) ارزیابی شدند. نتایج حاصل نشان دهنده انطباق خوب واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی و روش خوشه‌بندی SOM بود (شکل ۱۴). در نتیجه روش SOM به عنوان روش برتر خوشه‌بندی جهت ساخت مدل الکتروفاسیس در مخزن مورد مطالعه انتخاب گردید. نمودار متقاطع DT و NPHI در مقابل رخساره‌های تعیین شده با استفاده از شبکه SOM ترسیم گردید (شکل ۱۵). تطابق گونه سنگی الکتریکی ایجاد شده با داده‌های حاصل از فشار موئینه بیانگر انطباق خوب رخساره‌ها می‌باشد (شکل ۱۶). سایر نمودارها مانند نمودار جعبه‌ای تخلخل و تراوایی (شکل ۱۷) و نمودار رابطه تغییرات الکتروفاسیس‌ها با لاگ‌های مختلف (شکل ۱۸) بیانگر و تأیید کننده دقت در انتخاب روش SOM به عنوان روش نهایی ساخت مدل رخساره‌ای بود (شکل ۱۸).



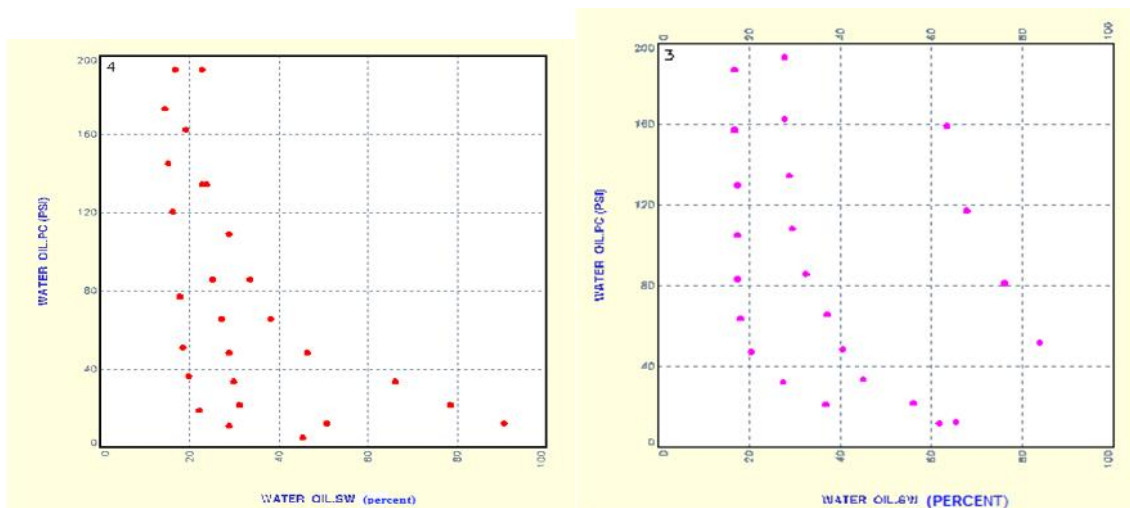
شکل ۱۴- نتیجه مقایسه روش‌های MRGC، DYNAMIC و SOM با HFU تعیین شده.



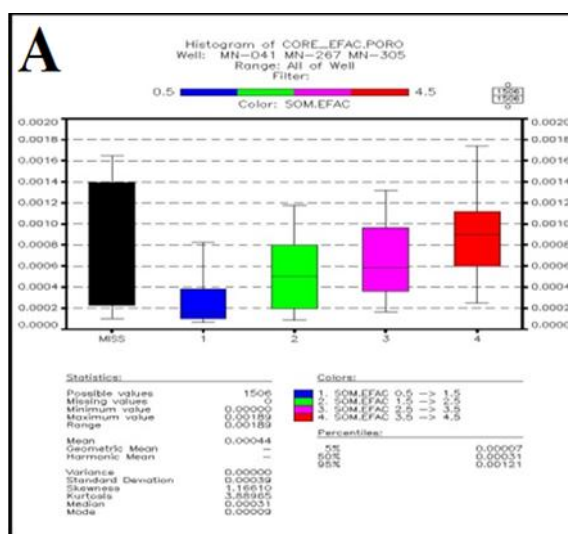
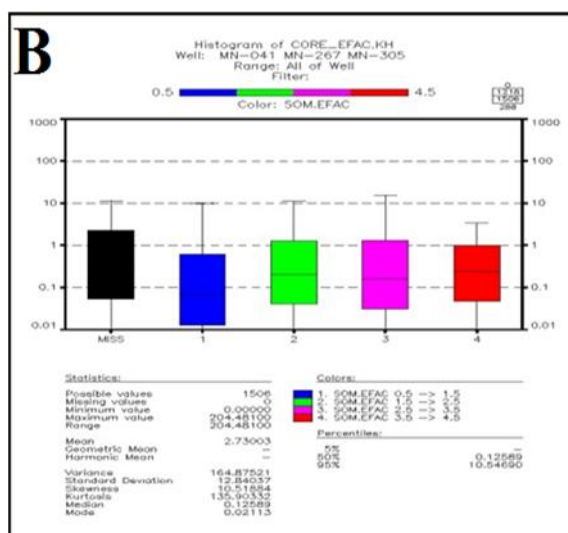
شکل ۱۵- نمودار متقاطع DT و NPHI در مقابل رخساره‌های تعیین شده SOM



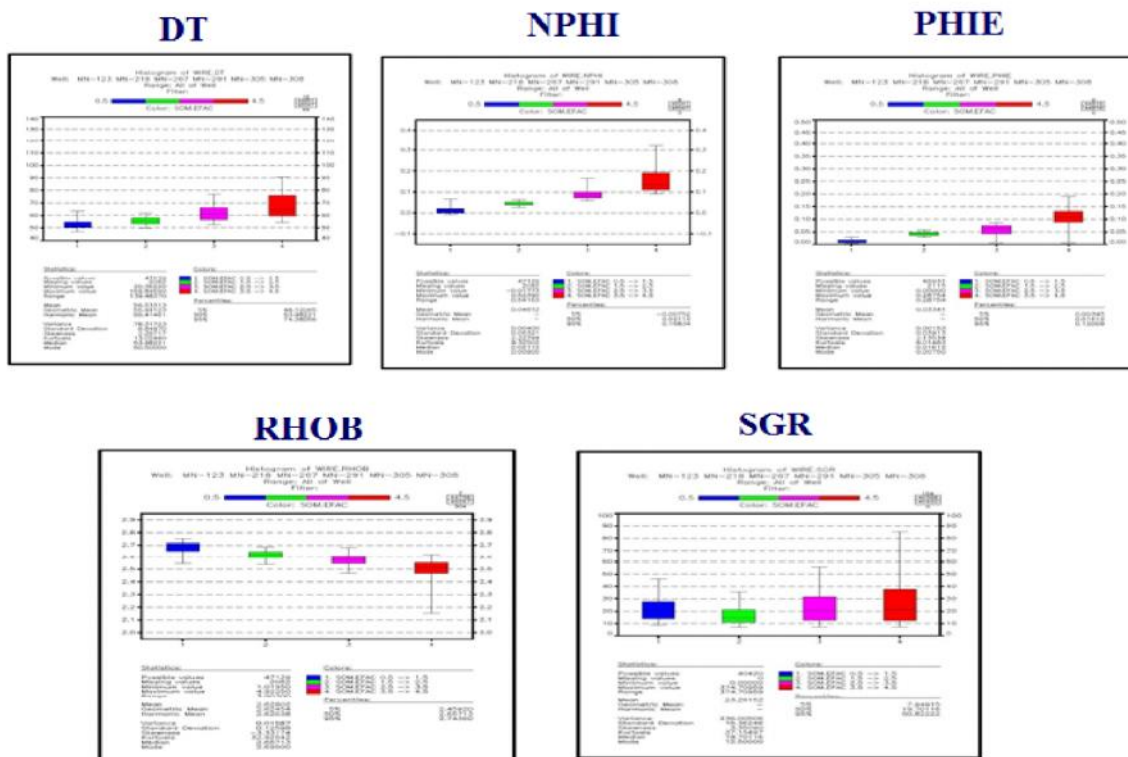
شکل ۱- ۱۶- نمودار تغییرات اشباع آب با افزایش فشار موئینه در الکتروفاسیس‌های تعیین شده.



شکل ۲-۱۶- نمودار تغییرات اشباع آب با افزایش فشار موئینه در الکتروفاسیس های تعیین شده.



شکل ۱۷- نمودار جعبه‌ای تخلخل (A) و تراوایی (B) رخساره‌های الکتریکی تعیین شده



شکل ۱۸- رابطه الکتروفاسیس های تعیین شده با لاگ های مختلف

پس از ایجاد مدل نهایی الکتروفاسیس مخزن در چاه های مبنا و مشاهده تطابق بسیار خوب با داده های موجود به سایر چاه های میدان تعمیم داده شد. به عبارت دیگر هر نمونه عمقی نمودار در مجموعه متقاضی با همه نمونه های عمقی نمودار از مجموعه داده مبنا مقایسه گردید و مقدار شاخص گونه سنگی الکتریکی نمونه ای که بیشترین مشابهت با آن را نشان می داد به آن اختصاص داده شد. این مدل می تواند در مراحل بعدی توسعه میدان و همچنین تهیه مدل استاتیک مخزن مورد استفاده قرار گیرد.

## ۵- نتیجه گیری

در توسعه مخازن هیدروکربوری، زون بندی کیفی مخزن نقش مهمی ایفا کند. پیش بینی افق های با کیفیت مخزنی مناسب باعث کاهش هزینه تولید می گردد. داده های تخلخل و تراوایی حاصل از مغزه و نمودارهای چاه پیمایی و تطابق آنها با استفاده از روش واحد جریانی هیدرولیکی در مخزن بنگستانی میدان نفتی مارون مورد بررسی قرار گرفت. جهت ارائه مدل جامع کیفی مخزن، داده های ۶ حلقه چاه به عنوان مبنا ی مدل اولیه انتخاب گردیدند، برای این کار روش های مختلف خوشه بندی MRGC، DC و SOM استفاده گردید. تجزیه و تحلیل های مختلف رخساره های الکتریکی اولیه تعیین شده در هر روش خوشه بندی نشان داد که برخی از خوشه ها از لحاظ پارامترها اساسی از جمله تخلخل موثر و مقدار شیل مشابه بوده و لذا در یکدیگر ادغام گردیدند. در نتیجه ادغام خوشه های اولیه ۴ خوشه نهایی براساس افزایش کیفیت مخزنی از شماره ۱ به سمت شماره ۴ مرتب گردید.

نتایج بدست آمده نشان داد که انطباق خوبی میان واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی با روش خوشه‌بندی SOM وجود دارد، بنابراین روش SOM به عنوان روش برتر خوشه‌بندی جهت ساخت مدل نهایی الکتروفاسیس انتخاب گردید. گونه سنگی الکتریکی ایجاد شده با داده های حاصل از فشار مؤئینه تطابق خوبی نشان داده که بواسطه انطباق خوب رخساره‌ها می باشد. نمودارهای جعبه‌ای تخلخل و تراوایی و نمودار تغییرات لاگ‌های مختلف نسبت به رخساره‌ها نیز نتایج روش SOM را در ساخت مدل رخساره‌ای مورد تایید قرار داد. در نهایت مدل نهایی الکتروفاسیس مخزن به کل میدان تعمیم و مقدارشاخص گونه سنگی الکتریکی با بیشترین مشابهت به لایه‌های مختلف مخزن اختصاص داده شد. این مدل در توسعه میدان و نیز تهیه مدل استاتیک مخزن می تواند مفید باشد.

## سپاس و قدردانی

بدینوسیله مؤلفین بر خود فرض می‌دانند که از بخش پژوهشی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب و بخش پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر حمایت‌های مالی صمیمانه تشکر نمایند. از آقایان دکتر حسین جلیلیان، سجاد کاظم شیرودی و دکتر بهزاد مهرگینی بخاطر داوری مقاله سپاسگزاری می‌گردد.

## منابع

- [1] توسلی کجانی، ا.، ۱۳۹۲، بررسی گونه‌های سنگی مخزن بنگستان میدان نفتی لالی با استفاده از داده‌های مخزن، پتروفیزیکی و زمین‌شناسی: پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ۱۲۰ صفحه.
- [2] توکلی، و.، ۱۳۸۴، تجزیه و تحلیل رخساره الکتریکی سازند آسماری در میدان مارون: رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده زمین‌شناسی، ۱۲۸ ص.
- [3] زحمتکش، ا.، ۱۳۹۲، بررسی گونه‌های سنگی مخزن آسماری میدان نفتی مارون با استفاده از داده‌های مخزن، پتروفیزیکی و زمین‌شناسی: پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ۱۲۷ صفحه.
- [4] قنواتی، ک.، ۱۳۷۹، مطالعه تکمیلی زمین‌شناسی مخزن بنگستان میدان مارون: شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، گزارش شماره پ-۱۸، ۴۹۴۶، ۱۸ صفحه.
- [5] کدخدائی ایلخچی، ر.، رضایی، م. ر.، موسوی حرمی، ر.، کدخدائی ایلخچی، ع.، ۱۳۹۳، بررسی رخساره‌های الکتریکی مخزنی در قالب واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی در میدان ویچرنج مربوط به حوضه پرت واقع در استرالیای غربی: پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی سال سی‌ام، شماره پیاپی ۵۴، شماره اول، صفحه ۱-۲۲.
- [6] مالدار چشمه‌گلی، ر.، ۱۳۹۰، توصیف انواع سنگ مخزن در مخزن بنگستان میدان نفتی گچساران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ۱۰۴ صفحه.
- [7] مطیعی، ه.، ۱۳۷۲، زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشوری: چاپ اول، ۵۳۶ صفحه.
- [8] ABBASZADEH, M. D., FUJII, F., and FUJIMOTO, F., 1996, Permeability Prediction by Hydraulic Flow Units-Theory and applications: SPE, Formation Evaluation, **11**, 263-271.
- [9] ABEDINI, A., 2011, Statistical Evaluation of Reservoir Rock Type in a Carbonate Reservoir: SPE International Student Paper Contest at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 30 October-2 November 2011, Denver, Colorado, USA, 15P.
- [10] AL-AMERI, M. B., and SHEBL, H., 2011, Reservoir Rock Typing of a Giant Carbonate Field: SPE Reservoir Characterisation and Simulation Conference and Exhibition, Abu Dhabi, UAE, Society of Petroleum Engineers.
- [11] AMAEFULE, J.O., ALTUNBAY, M., TIAB, D., KERSEY, D.G., and KEELAND, D.K., 1994, enhanced reservoir description: using core and log data to identify hydraulic (flow) units and predict permeability in uncored intervals/wells: SPE Paper 26436, 1-16.
- [12] BORDENAVE, M. L., and HEGRE, J. A., 2005, the influence of tectonics on the entrapment of oil in the Dezful Embayment, Zagros Fold belt, Iran: *Journal of Petroleum Geology*, **28(4)**, 339 – 368.

- [13] CASSANO, E.N., LYNCH, A.H., CASSANO, J.J., and KOSLOW, M.R., 2006, Classification of synoptic patterns in the western Arctic associated with extreme events at Barrow: Alaska, USA, *Climate Res.* **30**, 83–97.
- [14] COLEOU, T., POUPON, M., and AZBE, K., 2003, Unsupervised seismic facies classification: a review and comparison of techniques and implementation: *The Leading Edge* **22**, 942–953.
- [15] DIDAY, E., and SIMON, J. C., 1980, Digital Pattern Recognition: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 234.
- [16] ECL., 2002, Full Field Study and preparation of master development plan of Marun (Bangestan) oil field: phase 2, reservoir characterization, *National Iranian south oil company*, 1154, (unpublished).
- [17] EGHBAKIANI, Z., GOLI, T., JALILIAN, A. H., and KADGHODAI, R., 2016, Electro-facies analysis of the Sarvak Formation (Middle Cretaceous) and compliance with sedimentary microfacies in an oil field, SW Iran: *Iranian Journal of Petroleum Geology*, **11**, 1-21.
- [18] ELGAGHAH, S. A., TIAB, D., and OSISANYA, S.O., 1998, Improved reservoir description of shaly sands using conventional well log-derived data for flow units identification: Paper SPE 39803. SPE Permian Basin Oil and Gas Recovery Conference Midland, TX, USA. March 25–27.
- [19] FAYOS, J., and FAYOS, C., 2007, Wind data mining by Kohonen neural networks: PLoS ONE 2, p 210.
- [20] FRANCESCONI, A., BIGONI, F., BALOSSINO, P., BONA, N., MARCHINI, F., and COZZI, M., 2009, Reservoir Rock Types Application – Kashagan: SPE/EAGE Reservoir Characterization and Simulation Conference, Abu Dhabi, UAE, Society of Petroleum Engineers.
- [21] GUNTER, G. W., FINNERAN, J. M., HARTMEN, D. J., and MILLER, J.D., 1997, early determination of reservoir flow units using an integrated petrophysical method: SPE 38679, 373-380.
- [22] GUO, G., DIAZ, M. A., PAZ, F. J., SMALLEY, J., and WANINGER, E. A., 2007, Rock Typing as an Effective Tool for Permeability and Water-Saturation Modeling: A Case Study in a Clastic Reservoir in the Orient Basin: SPE Reservoir Evaluation & Engineering.
- [23] JONGKITTINARUKORN, K., and TIAB, D., 1997, Identification and characterization of flow units in shaly sands: *Journal of Petroleum Science and Engineering* **17**, 237– 246.
- [24] KADKHODAIE-ILKHCHI, A., and AMINI, A., 2009, A fuzzy logic approach to estimating hydraulic flow units from well log data: A case study from the Ahwaz Oilfield: south Iran: *J. Pet. Geol.*, **32**, 67-78.
- [25] KOHONEN, T., 1995, Self-Organizing Maps: Springer, Berlin.
- [26] KOHONEN, T., KASKI, S., and LAPPALAINEN, H., 1997, Self-organized formation of various invariant feature filters in the adaptive-subspace SOM: *Neural Computation*, **9**, 1321-1344.
- [27] LEE, S. H., KHARGHORIA, A., and DATTA-GUPTA, A., 2002, Electrofacies Characterization and Permeability Predictions in Complex Reservoirs: SPE Reservoir Evaluation & Engineering, 237-248.
- [28] LUCIA, J. F., 2007, Carbonate Reservoir Characterization An Integrated Approach: 2nd Edition, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 341 pp.
- [29] MATHISEN, T., LEE, S.H., and DATTA-GUPTA, A., 2001, Improved Permeability Estimates in Carbonate Reservoirs Using Electrofacies Characterization: A Case Study of the North Robertson Unit, West Texas: paper SPE 70034 presented at the SPE Permian Basin Oil and Gas Recovery Conference, Midland, TX, May 15-16.
- [30] MUKHERJEE, A., 1997, Self-organizing neural network for identification of natural modes: *The Journal of Computing in Civil Engineering* **11 (1)**, 74-77.
- [31] PEREZ, H.H., DATTA-GUPTA, A., and MISHRA, S., 2005, the role of electrofacies, lithofacies and hydraulic flow units in permeability prediction from well logs: A comparative analysis using classification trees: SPE Reservoir Evaluation & Engineering, **8**, 143-155.
- [32] RAHIMPOUR-BONAB, H., MEHRABI, H., NAVIDTALAB, A., and IZADI-MAZIDI. E., 2012, Flow Unit Distribution and reservoir modeling in cretaceous carbonates of the sarvak formation, Abteymour oilfield, Dezful Embayment, SW Iran, journal of petroleum geology, **35(3)**, July 2012, 1-24.
- [33] SHEDID, A. S., and REYADH, A. A., 2002, a New Approach of Reservoir Description of Carbonate Reservoirs: SPE 74344, 1- 10.
- [34] STRECKER, U., UDEN, R., 2002. Data mining of 3D post stack seismic attribute volumes using Kohonen self-organizing maps: *The Leading Edge* **21**, 1032-1037.
- [35] WILMANN, T., MERENYI, E., and HAMMER, B., 2003. Neural maps in remote sensing image analysis: *Neural Networks* **16**, 389-403.
- [36] WINLAND, H. D., 1972. Oil Accumulation in Response to Pore Size changes. Weyburn field, Saskatchewan: Amoco Production Research Report, No.F72-G-25, 197.

## **Analysis of Electrical Rock Type Bangestan Reservoir (Cretaceous) in Maroun Oil Field (East of Ahvaz)**

A. Mohseni pour\*, E. Abharak-Pour, Gh. Nik-khah, B. Soleimani

\*Abouzarmohseni@yahoo.com

Received: January 2017, Accepted: July 2017

### **Abstract**

Electrofacies studies play an important role in the development process of a field. In these studies, poro-perm data of core analysis and well logs data can be used for reservoir simulation. In the present research, core analysis data (such as porosity and permeability) of selected drilled wells in Maroun oil field (SW Iran) divided into four flow units using regional fluid index method. Initial electrofacies (EF) model were determined using well logs data through different methods: SOM, MRGC, and DYNAMIC. Determined facies of these methods were correlated with the flow units. The results indicated that SOM method is in the best concordance and so it was selected for classification of electrofacies. The initially nine electrofacies were reduced to 4 electrofacies type due to the similarity of some parameters such as effective porosity and shale volume. Reservoir quality was improved from EF-1 to EF-4. To valid the accuracy of the electrical rock type by neural networks, these electrofacies was correlated with capillary pressure data. Due to well correlation of determined electrofacies with capillary pressure data, the model was propagated to other wells of this field. This created model was able to separate different parts of the reservoir. In this model, different parts of the reservoir were determined in terms of reservoir quality. The model can be applied for providing of static model of the reservoir.

**Keywords:** Maroun oil field, Electrofacies, Flow unit, Bangestan reservoir, SOM method.