تعیین الکتروفاسیس‌های مخزن بنگستان با استفاده از شبکه عصبی SOM در یکی از میادین جنوب غرب ایران

سید ابوذر محسنی‌پور[۱]، بهمن سلیمانی*[۱] و حسین شیخ‌زاده[۲]

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

۲- شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۱۷

چکیده

مطالعه الکتروفسیس‌های مخزن یکی از موضوعات مهم کنونی در ارزیابی نهایی مخازن هیدروکربنی می‌باشد، تعیین زون‌های با کیفیت مخزنی بالا می‌تواند نقش به‌سزایی در مباحث تولید از مخازن هیدروکربنی و توسعه میادین داشته باشد. الکتروفاسیس بر مبنای خوشه‌بندی داده‌ها تعریف می‌شود، مبنای خوشه‌بندی، قرار دادن نمودارهای پتروفیزیکی مشابه در گروه‌های یکسان و تمایز آنها از سایر گروه‌ها می‌باشد. پژوهش حاضر درخصوص سازند بنگستان در یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران صورت پذیرفته است. در ابتدا با استفاده از روش‌های مختلف خوشه‌بندی MRGC، SOM و DC در تعدادی از چاه‌های میدان، مدل اولیه الکتروفاسیس تعیین گردید. الکتروفسیس‌های تعیین شده با واحدهای جریانی حاصل از تخلخل و تراوایی مغزه چاه‌پیمایی تطابق داده شد و از بین آنها روش خوشه‌بندی SOM که دارای بیشترین تطابق بود جهت خوشه‌بندی انتخاب گردید. ۹ الکتروفاسیس اولیه ایجاد شده که با توجه به شباهت برخی از پارامترها از قبیل تخلخل موثر و نگار پرتو گاما به ۴ الکتروفاسیس تقلیل داده شد. این الکتروفاسیس‌ها به کل میدان بسط داده شد و در نتیجه مدلی ایجاد گردید که توانایی جدایش بخش‌های مختلف مخزنی را از همدیگر دارا بود. این مدل نشان دهنده کاهش کیفیت مخزنی از بخش‌های بالایی مخزن به سمت بخش‌های پائینی مخزن بود و همچنین بیانگر تغییرات کیفیت مخزنی در طول میدان می‌باشد.

کلمات کلیدی: الکتروفاسیس، مخزن بنگستان، خوشه‌بندی، شبکه عصبی خود سازمانده

مقدمه

روش‌های معمول پتروفیزیکی در محاسبه تخلخل و لیتولوژی از روی چاه‌نگارها[1] اگر چه برای مطالعات معمول مخازن کافی به نظر می‌رسد ولیکن کمک چندانی به مطالعات چینه‌شناسی، رسوب‌شناسی و تفکیک رخساره‌های مختلف زمین‌شناسی نمی‌کند.

*مسؤول مکاتبات
آدرس الکترونیکی Soleimani_b@scu.ac.ir

1. Well Logging

از این رو برخی از محققان زمین‌شناسی تلاش کرده‌اند تا بدون استفاده از روش‌های معمول پتروفیزیکی و به کمک فنون اختصاصی و روش‌های استنتاجی ارتباطی میان رخساره‌های زمین‌شناسی با چاه‌نگارها برقرار سازند. حاصل این کارها امروزه تحت عنوان تجزیه و تحلیل رخساره‌های الکتریکی مطرح است[۱]. اصطلاح الکتروفاسیس اولین بار توسط سرا و ابوت معرفی و به صورت مجموعه‌ای از پاسخ لاگ‌ها[1] که یک لایه را مشخص می‌کند و تشخیص آن لایه را از دیگر لایه‌ها ممکن می‌سازد، تعریف گردید[۲]. رخساره‌های الکتریکی در اصل یک روش قطعی یا تحلیلی برای دسته‌بندی چاه‌نگارهای(پتروفیزیکی) است که می‌تواند نشان دهنده تغییر ویژگی‌های زمین‌شناسی یا مخزنی باشد[۳]. مطالعه الکتروفسیس‌های مخزن یکی از موضوعات مهم کنونی در ارزیابی نهایی مخازن هیدروکربنی می‌باشد، چرا که تعیین زون‌های با کیفیت مخزنی بالا نقش بسزایی می‌تواند در مباحث تولید از مخازن هیدروکربنی و توسعه میادین داشته باشد. جهت تعیین رخساره‌های الکتریکی[2] روش‌های متنوعی وجود دارد. از میان این روش‌ها، خوشه‌بندی[3] رایج‌ترین و دقیق‌ترین روش موجود می‌باشد.

خوشه‌بندی روشی است که نه تنها در ریاضیات بلکه در تمام علوم کاربرد دارد. مبنای خوشه‌بندی قرار دادن داده‌های لاگ‌های مشابه در گروه‌های یکسان و تمایز آنها از سایر گروه‌ها می‌باشد، به طوری‌که داده‌های داخل یک خوشه بیشترین شباهت را داشته و با داده‌های موجود در خوشه‌های دیگر بیشترین تفاوت ممکن را دارند. جهت خوشه‌بندی و قرار دادن لاگ‌های مشابه در خوشه‌های یکسان می‌توان از الگوریتم‌های مختلفی از قبیل خوشه‌بندی سلسله مراتبی[4](HCA)، فازی، میانگین K[5]، چند تفکیکی گرافیکی[6](MRGC) و همچنین خوشه‌بندی خود سازمانده کوهنن[7](SOM) استفاده کرد.

از روش‌هایی که می‌توان با استفاده از آن تعیین کرد که کدامیک از روش‌های خوشه‌سازی برای ایجاد مدل الکتروفاسیس کارایی بیشتری را دارد می‌توان به روش تعیین واحدهای جریانی اشاره کرد. تعیین واحدهای جریانی هیدرولیکی نقش بسیار مهمی در تعیین کیفیت مخزنی دارد، زیرا به وسیله تعیین این واحدها می‌توان به نحوه توزیع تخلخل و تراوایی در مخزن پی‌برد[۴]. یک واحد جریانی هیدرولیکی شامل توده‌ای از سنگ با گلوگاه‌های حفرات تقریباً مشابه می‌شود. این واحدها می‌توانند تقسیم کننده مخزن به بخش‌هایی با ویژگی‌های متفاوت از لحاظ ذخیره(تخلخل) و تولید(تراوایی) باشند[۵]. تراوایی و تخلخل سنگ مخزن به‌عنوان مهم‌ترین پارامترها برای ارزیابی و توصیف مخزن به حساب می‌آیند[۶]. روش‌های مختلفی برای تعیین واحدهای جریانی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش وینلند[۷]، لورنز، لورنز اصلاح شده بر مبنای چینه‌نگاری[۸] و شاخص منطقه‌ای جریان[۹] اشاره کرد.

در پژوهش حاضر جهت تعیین الکتروفسیس‌های مخزنی در میدان نفتی مورد مطالعه ابتدا با استفاده از روش‌های مختلف خوشه‌بندی در ۶ چاه از میدان که به‌عنوان چاه مدل انتخاب گردیدند مدل اولیه الکتروفاسیس تخمین زده شد و در ادامه با مقایسه این روش‌ها با واحدهای جریانی هیدرولیکی تعیین شده به روش شاخص منطقه‌ای جریان مدل بهینه الکتروفاسیس به دست آمد که به خوبی رخساره‌های مخزنی را از همدیگر جدا نمود و از بین آنها بهترین روش تعیین الکتروفسیس‌های مخزن انتخاب گردید. سپس این مدل به سایر چاه‌های میدان تعمیم داده شد.

1. Log
2. Electrofacies
3. Clustering
4. Hierarchical Cluster Analysis
5. K-means clustering
6. Multi Regression Graph Base Clustering
7. Kohonen Self-organizing Maps

روش کار

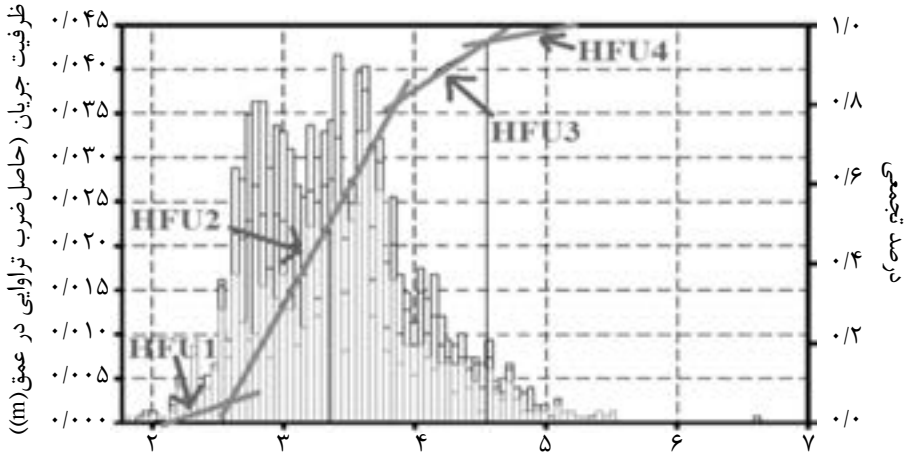
تعیین واحدهای جریانی[1] (HFU)

مفهوم واحد جریان سیال یک ابزار قدرتمند و منحصر به فرد برای تقسیم‌بندی مخزن به واحدهایی است که ساختار درونی مخزن را در مقیاسی سازگار با مدل‌سازی‌های شبیه‌سازی مخزن تقریب می‌زند[۱۰]. بسته به هدف، مقیاس انتخابی و داده‌های موجود، روش‌های مختلفی برای تعیین واحدهای جریان وجود دارد. در میدان مورد مطالعه داده‌های تخلخل و تراوایی حاصل از سه چاه موجود می‌باشد. در این مطالعه جهت انتخاب روش خوشه‌بندی مناسب از داده‌های تخلخل و تراوایی حاصل از مغزه‌های چاه‌پیمایی با روش احتمال نرمال لگاریتم شاخص منطقه‌ای جریان[2](Log FZI) واحدهای جریانی برای سه چاه مورد نظر تعیین گردید(شکل ۱). در این نمودار نقاط شکستگی به‌عنوان مرز بین واحدهای جریانی مختلف در نظر گرفته می‌شود. در نهایت با توجه به تعداد نقاط شکست چهار واحد جریانی استخراج گردید(شکل ۲).

براساس کیفیت مخزنی با توجه به مقدار لگاریتم شاخص منطقه‌ای جریان(Log FZI) واحدهای جریانی با کمترین مقدار Log FZI دارای بدترین کیفیت مخزنی و واحدهای جریانی با بیشترین مقدار Log FZI به‌عنوان بهترین کیفیت مخزنی در نظر گرفته می‌شوند که در پژوهش حاضر از واحدهای جریانی شماره ۱ به سمت واحدهای جریانی شماره ۴ همزمان با افزایش مقدار لگاریتم شاخص منطقه‌ای جریان(Log FZI) کیفیت مخزنی نیز بهبود حاصل می‌کند و واحدهای جریانی شماره ۱ و ۴، به‌ترتیب به‌عنوان بدترین و بهترین واحدهای جریانی در نظر گرفته شد(جدول ۱).

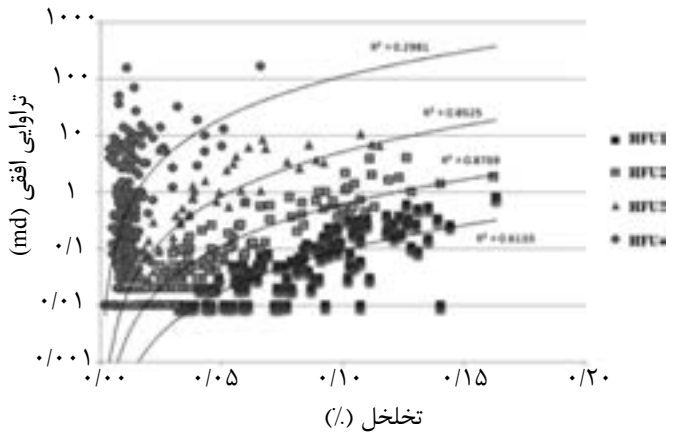
شبکه عصبی خود سامانده[3] (SOM)

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[۱۱].



شکل ۱ نمودار احتمال نرمال حاصل از خوشه‌بندی لگاریتم نشان‌گر زون جریانی.

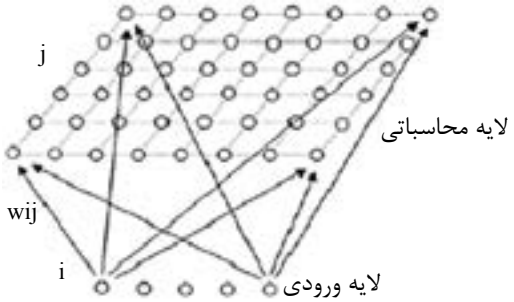
1. Hydraulic Flow Unit
2. Logarithm Flow Zone Index Electrofacies
3. Self-organization Map



شکل ۲ واحدهای جریانی مشخص شده براساس روش شاخص منطقه‌ای جریان.

جدول ۱ محدوده تغییرات لگاریتم زون نشان‌گر جریان برای واحدهای جریانی مشخص شده در چاه‌های مطالعه شده.

	LOG FZI		
HFU1	HFU2	HFU3	HFU4
≤ ۲/۶	۲/۶-۳/۷	۳/۷ - ۴/۴	≥۴/۴



شکل ۳ الگوی شبکه عصبی خودسامان‌ده متشکل از لایه‌های ورودی و رقابتی [۱۳].

اصطلاح خودسازماندهی اشاره به توانایی یادگیری و سازماندهی اطلاعات بدون وجود مقدار خروجی‌های مرتبط با ورودی‌های مورد نظر می‌باشد[۱۲]. 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 کوهنن نامیده می‌شود، در ارتباط است[۱۳] (شکل۳).در این مطالعه با استفاده از ترکیب‌های متفاوت از نگارهای پتروفیزیکی رخساره‌های الکتریکی به روش‌های مختلفی تعیین گردید در نهایت جهت تعیین بهترین روش خوشه‌سازی ساخت مدل نهایی الکتروفاسیس، رخساره‌ها با واحدهای جریانی هیدرولیکی تعیین شده تطابق داده و روش SOM به‌عنوان روش مناسب انتخاب گردید.

انتخاب داده‌های ورودی برای ساخت مدل الکتروفاسیس

در این مطالعه در ابتدا ۶ چاه از میدان مورد مطالعه که دارای خصوصیاتی از جمله انحراف کم، حفاری شدن بیشتر زون‌ها، قرار گرفتن در محدوده قله[1] مخزن بودند که می‌توانستند کل ویژگی‌های مخزن را پوشش دهند به‌عنوان اطلاعات مبنا برای آزمایش و ساخت مدل رخساره الکتریکی استفاده گردید.

1. Crust

با توجه به نگارهای چاه‌پیمایی برداشت شده جهت انتخاب ورودی مناسب از نگارهایی استفاده گردید که در تمام چاه‌های میدان موجود بودند که شامل چگالی، سرعت صوت، تخلخل نوترون، تخلخل موثر و نگار پرتو گاما می‌گردید. نگار چگالی ابزار قدرتمندی برای تشخیص لیتولوژی و همچنین تعیین بخش‌های متراکم(فاقد کیفیت) مخزن است. هر دو نگار سرعت صوت و نوترون را می‌توان ابزارهای مناسبی برای تعیین تخلخل دانست ولی با این تفاوت که نگار نوترون عمدتا تخلخل کل را نشان می‌دهد ولی نگار صوتی گویای تخلخل اولیه بوده و کاربرد بسیار مهمی هم در تعیین بخش‌های دارای شکستگی دارد. از نگار پرتو گاما هم به دلیل توان بالای آن در تفکیک لیتولوژی‌های مختلف استفاده شد(شکل۴).

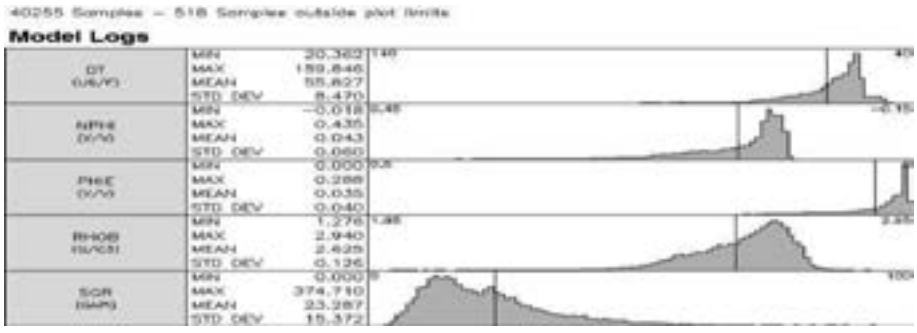
انتخاب روش خوشه‌سازی

از آنجا که در تعیین الکتروفاسیس‌های مخزن روش‌های متفاوتی وجود دارد در ابتدا رخساره‌های الکتریکی با روش‌های MRGC، DC[2] و SOM تعیین گردید، شباهت برخی از پارامترها از قبیل تخلخل موثر و نگار پرتو گاما باعث کاهش تعداد رخساره‌های اولیه حاصل از روش‌های گوناگون گردید، الکتروفاسیس‌های نهایی حاصل از روش‌های خوشه‌بندی با نتایج واحدهای جریانی تعیین شده به روش شاخص منطقه‌ای جریان(Log FZI) تطابق داده شد. با توجه به همخوانی بیشتر الکتروفاسیس‌های ایجاد شده به روش SOM این روش که یک شبکه عصبی رقابتی خود سازمان دهنده و از نوع بدون ناظر است، برای طبقه‌بندی اطلاعات لاگ استفاده شد.

نتایج و بحث

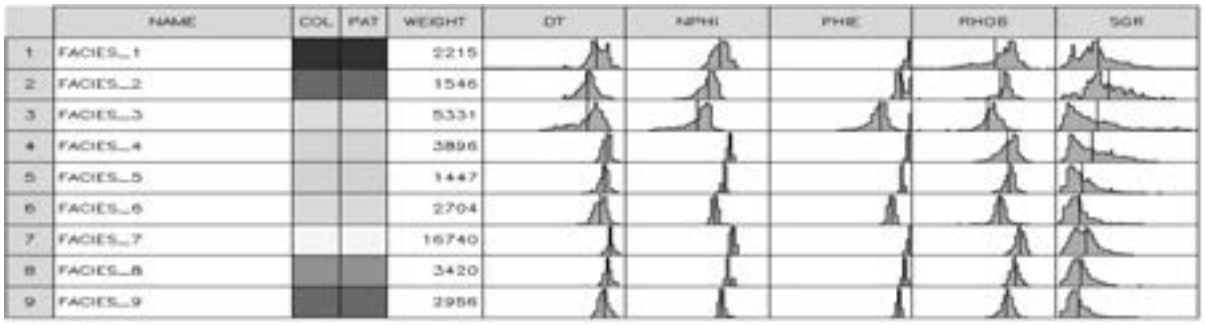
در مراحل توسعه مخزن تعیین الکتروفاسیس‌های مخزنی از مباحث بسیار مهم می‌باشد چرا که آگاهی از بخش‌های با کیفیت مخزنی خوب می‌تواند در کاهش هزینه‌های تولید از مخازن مفید واقع شود. از جمله روش‌های نوین در بحث تعیین الکتروفاسیس‌های مخزنی روش‌های خوشه‌بندی و شبکه عصبی می‌باشد.

در پژوهش حاضر از بین چاه‌های حفر شده در مخزن مورد بررسی ۶ چاه که دارای بهترین شرایط بود به‌عنوان چاه مدل انتخاب گردید، با استفاده از داده‌های نگارهای چاه‌پیمایی در چاه‌های مدل به روش‌های مختلف خوشه‌بندی از جمله MRGC، DC و SOM تعدادی خوشه اولیه ایجاد گردید. در روش SOM تعداد ۹ خوشه‌های اولیه ایجاد گردید(شکل۵). در روش MRGC از بین ۵ دسته ایجاد شده، دسته‌ای که ۷ تفکیک یا خوشه ایجاد کرده بود به‌عنوان دسته برتر انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت(شکل۶). در روش DC تعداد ۴ خوشه اولیه ایجاد گردید(شکل۷).



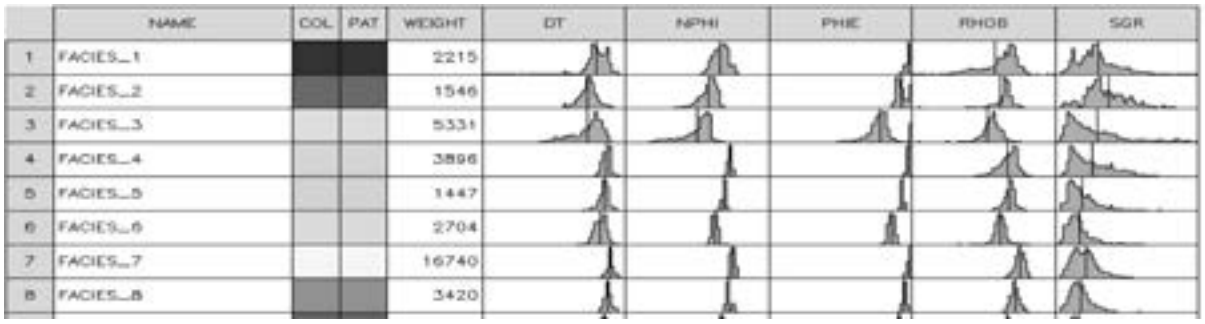
شکل ۴ مجموعه داده ورودی (مبنا) برای ساخت مدل رخساره الکتریکی.

1. Dynamic Clustering



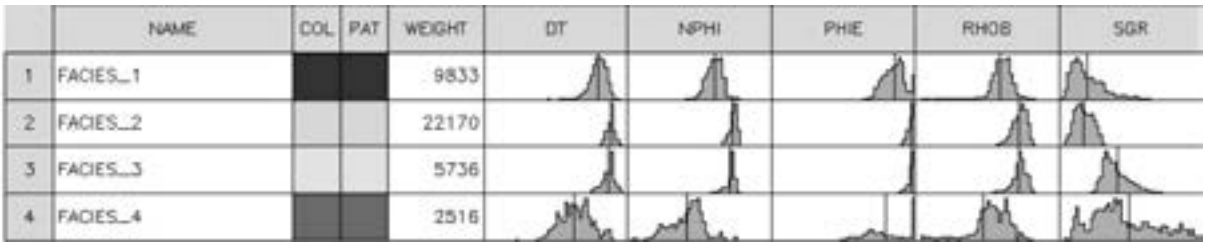
	NAME	COL	PAT	WEIGHT	DT	NPHI	PHIE	RHOB	SGR
1	FACIES_1			2215					
2	FACIES_2			1546					
3	FACIES_3			5331					
4	FACIES_4			3896					
5	FACIES_5			1447					
6	FACIES_6			2704					
7	FACIES_7			16740					
8	FACIES_8			3420					
9	FACIES_9			2956					

شکل ۵ مدل اولیه ساخته شده شامل ۹ رخساره الکتریکی SOM.



	NAME	COL	PAT	WEIGHT	DT	NPHI	PHIE	RHOB	SGR
1	FACIES_1			2215					
2	FACIES_2			1546					
3	FACIES_3			5331					
4	FACIES_4			3896					
5	FACIES_5			1447					
6	FACIES_6			2704					
7	FACIES_7			16740					
8	FACIES_8			3420					

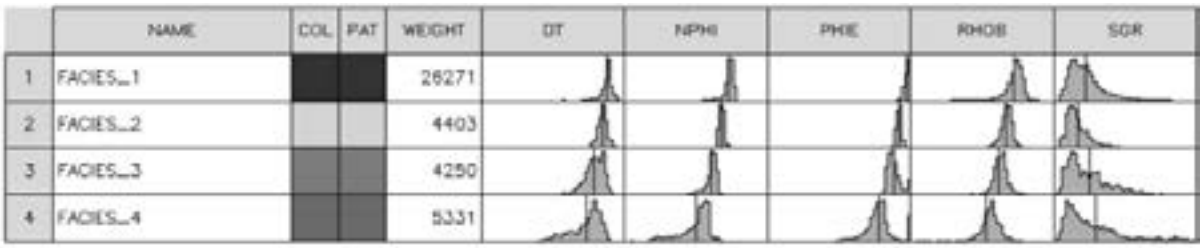
شکل ۶ مدل اولیه ساخته شده شامل ۹ رخساره الکتریکی MRGC.



	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					

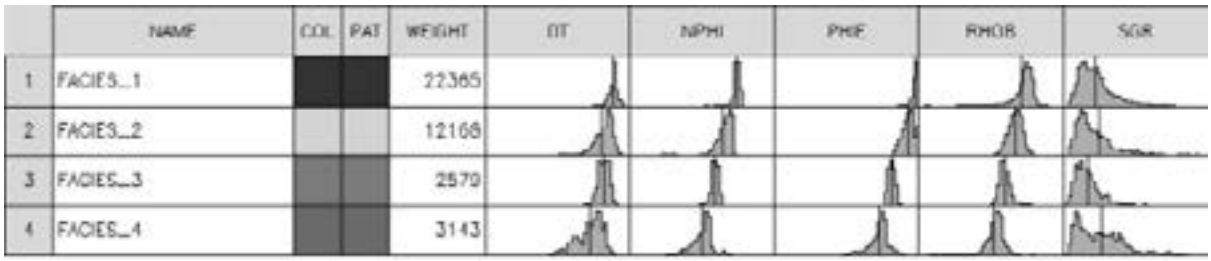
شکل ۷ مدل اولیه ساخته شده شامل ۴ رخساره الکتریکی DYNCLUST.

پس از بررسی‌های انجام گرفته بر روی رخساره‌های الکتریکی اولیه تعیین شده به‌وسیله هر روش خوشه‌بندی، نتیجه حاصل گردید که برخی از خوشه‌ها، از لحاظ پارامترها اساسی مانند تخلخل موثر و مقدار شیل مشابه می‌باشند، از این رو دسته‌های مشابه جهت ایجاد بهترین خوشه در همدیگر ادغام گردیدند. در روش SOM با ترکیب خوشه‌های مشابه در نهایت ۴ الکتروفاسیس نهایی حاصل گردید(شکل ۸). الکتروفاسیس شماره ۱ که به‌عنوان بدترین رخساره در نظر گرفته شده بود از ادغام رخساره‌های ۸، ۷، ۴، ۱ مدل اولیه ۹ رخساره‌ای ایجاد گردید. رخساره شماره ۲ با کیفیت مخزنی ضعیف از ادغام رخساره‌های شماره ۵ و ۹، رخساره شماره ۳ با کیفیت مخزنی متوسط از ادغام خوشه‌های شماره ۲ و ۶ و در نهایت رخساره الکتریکی شماره ۳ به‌عنوان رخساره شماره ۴ با بهترین کیفیت مخزنی در نظر گرفته شد. در روش MRGC دسته‌ای که ۷ تفکیک را انجام داده بود مورد ارزیابی قرار گرفت و از ادغام رخساره‌های ۳، ۲ و ۱ رخساره الکتریکی شماره ۱ با بدترین کیفیت مخزنی و از ادغام رخساره‌های ۴ و ۵ رخساره نهایی شماره۲ و در ادامه رخساره ۶ به‌عنوان رخساره ۳ با کیفیت مخزنی متوسط و رخساره ۷ به‌عنوان رخساره الکتریکی نهایی شماره ۴ با بهترین کیفیت مخزنی انتخاب گردید(شکل۹). در روش خوشه‌بندی DC نیز ۴ رخساره اولیه از خوب به بد مرتب گردیدند(شکل ۱۰).



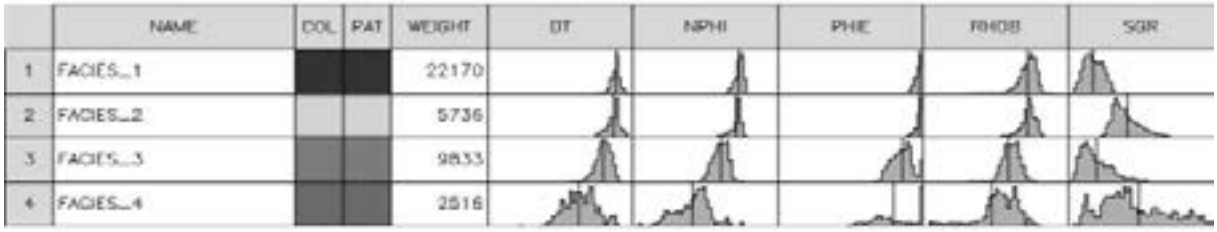
	NAME	COL	PAT	WEIGHT	DT	NPHI	PHIE	RHOB	SGR
1	FACIES_1			26271					
2	FACIES_2			4403					
3	FACIES_3			4250					
4	FACIES_4			5331					

شکل ۸ مدل رخساره‌ای نهایی SOM میدان مورد مطالعه.



	NAME	COL	PAT	WEIGHT	DT	NPHI	PHIE	RHOB	SGR
1	FACIES_1			22365					
2	FACIES_2			12166					
3	FACIES_3			2570					
4	FACIES_4			3143					

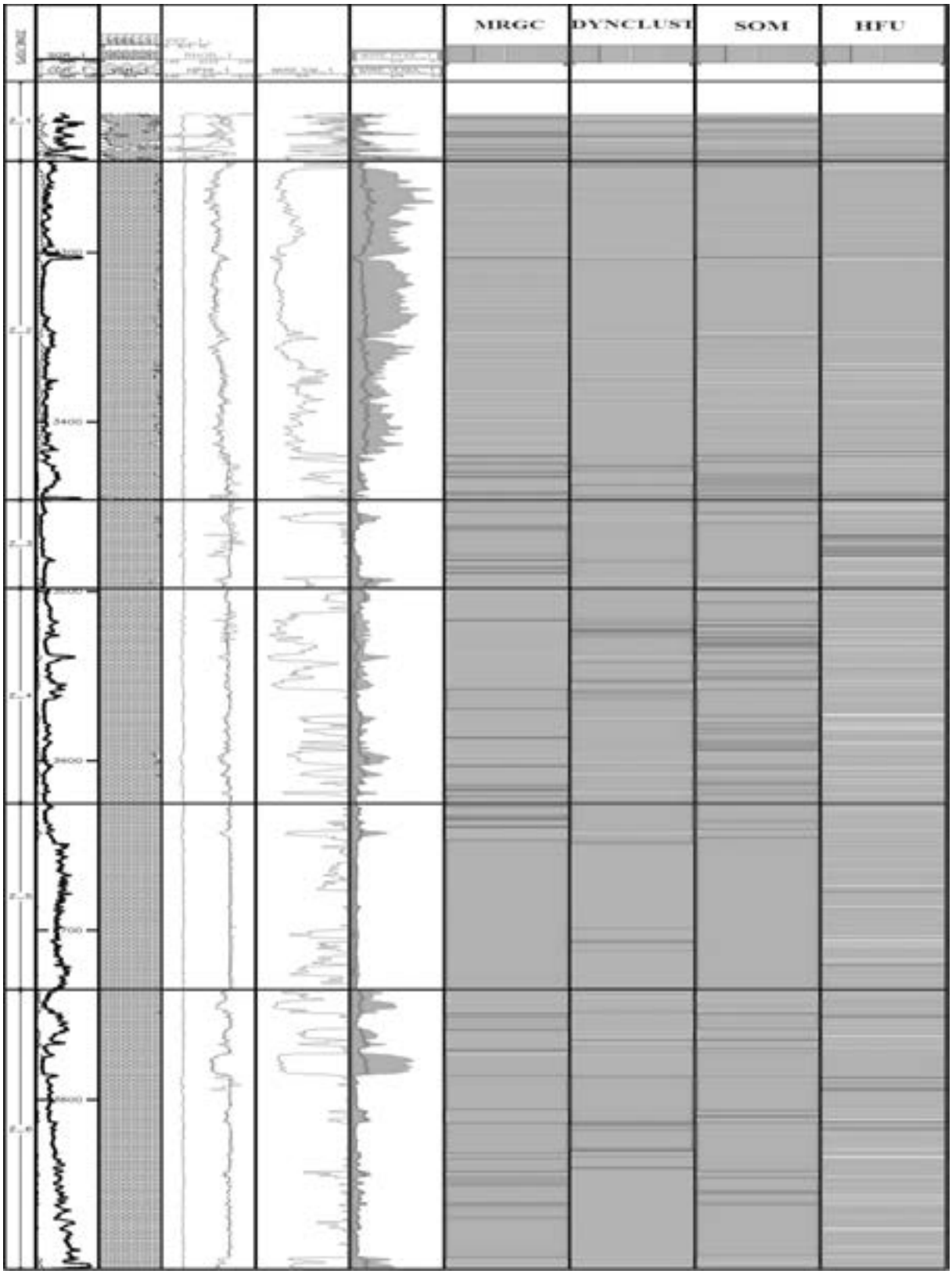
شکل ۹ مدل رخساره‌ای نهایی MRGC میدان مورد مطالعه.



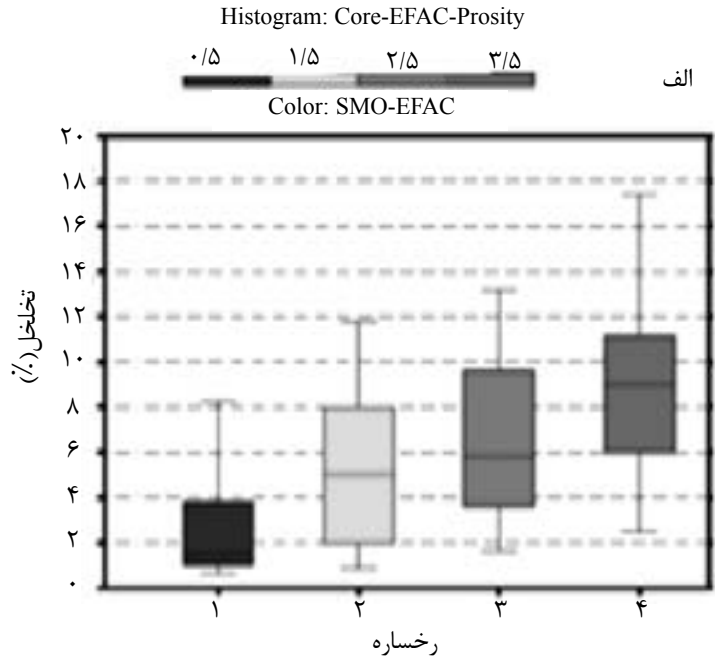
	NAME	COL	PAT	WEIGHT	DT	NPHI	PHIE	RHOB	SGR
1	FACIES_1			22170					
2	FACIES_2			5736					
3	FACIES_3			9833					
4	FACIES_4			2516					

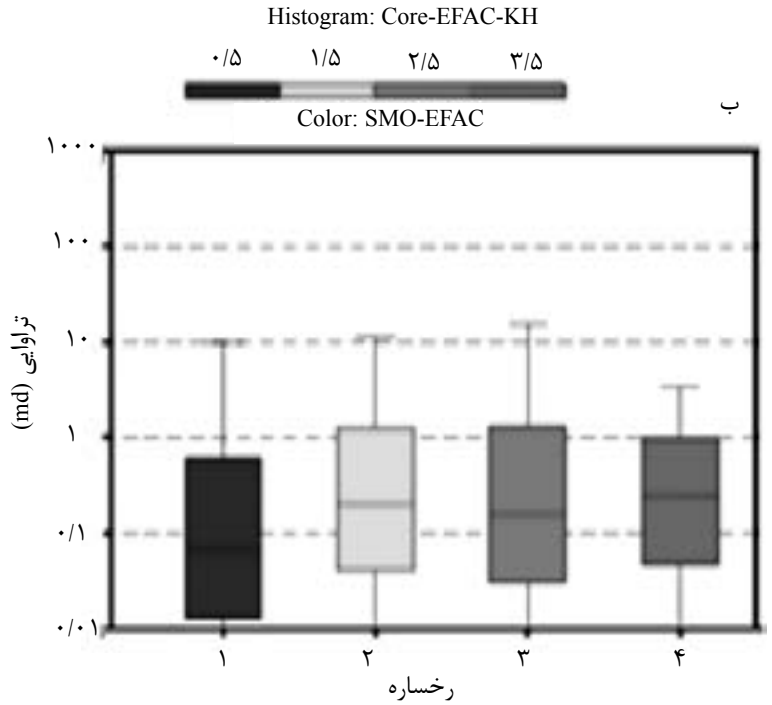
شکل ۱۰ مدل رخساره‌ای نهایی DYNCLUST میدان مورد مطالعه.

به این ترتیب از ادغام خوشه‌های اولیه ایجاد شده توسط هر روش خوشه‌بندی در نهایت ۴ رخساره الکتریکی نهایی ایجاد گردید که از رخساره الکتریکی شماره ۱ به سمت رخساره الکتریکی شماره ۴ کیفیت مخزنی بهبود پیدا می‌کرد. جهت انتخاب بهترین روش خوشه‌بندی در میدان مورد مطالعه ۴ خوشه نهایی حاصل شد از هر سه روش بر اساس کیفیت مخزنی در مقابل واحدهای جریانی تعیین شده با روش شاخص منطقه‌ای جریان(Log FZI) قرار گرفت. نتایج حاکی از انطباق بسیار خوب واحدهای جریانی با روش SOM بود(شکل۱۱). در نتیجه روش SOM به عنوان روش برتر خوشه‌بندی جهت ساخت مدل الکتروفاسیس در مخزن مورد مطالعه انتخاب گردید. در این روش نمودار داده‌های تخلخل و تراوایی حاکی از افزایش کیفیت مخزنی از رخساره ۱ به سمت رخساره شماره ۴ بود(شکل۱۲). مدل نهایی الکتروفاسیس مخزن در چاه‌های مبنا ایجاد و پس از تطابق بسیار خوب با داده‌های موجود به سایر چاه‌های میدان تعمیم داده شد. به عبارت دیگر هر نمونه عمقی نمودار در مجموعه متقاضی با همه نمونه‌های عمقی نمودار از مجموعه داده مبنا مقایسه شده و مقدار شاخص رخساره الکتریکی نمونه‌ای که بیشترین مشابهت با آن را نشان می‌دهد به آن اختصاص داده می‌شود. پس از انتشار مدل نهایی ایجاد شده در تمام چاه‌های میدان، یک مدل الکتروفاسیس ایجاد گردید که قادر به جدا کردن بخش‌های با کیفیت مخزنی خوب از بخش‌های با کیفیت مخزنی ضعیف بود(شکل۱۳). این مدل می‌تواند در مراحل بعدی توسعه میدان و همچنین تهیه مدل استاتیک مخزن مورد استفاده قرار گیرد. همان‌گونه که از مدل ایجاد شده دیده می‌شود بخش‌های بالایی مخزن خصوصاً زون ۲ مخزن دارای کیفیت مخزنی خوب می‌باشد و هرچه به سمت پائین مخزن حرکت کنیم از کیفیت مخزنی کاسته شده و به سمت رخساره‌هایی می‌رود که از کیفیت مخزنی نامناسب برخوردار می‌باشند.

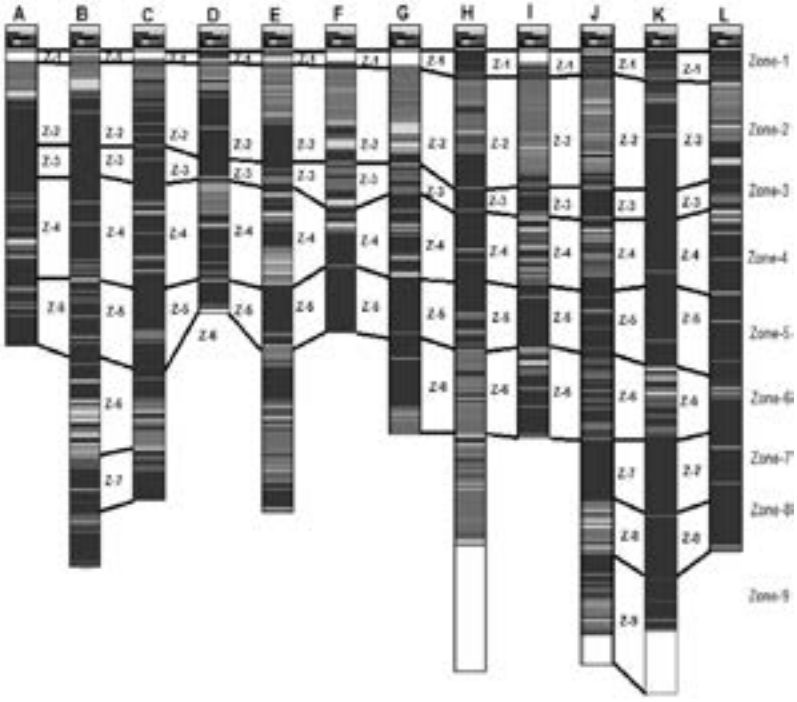


شکل ۱۱ نتیجه مقایسه روش‌های MRGC ،DYNAMIC و SOM با HFU تعیین شده.





شکل ۱۲ نمودار جعبه‌ای الف) تخلخل و ب) تراوایی.



شکل ۱۳ مقطع طولی از توزیع رخساره‌های الکتریکی مدل نهایی در لایه‌های مختلف مخزن در چاه‌های میدان.

نتیجه‌گیری

جدایش بخش‌های با کیفیت مخزنی خوب در امر تولید و توسعه مخازن هیدروکربنی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. این کار نیازمند اطلاعات تخلخل و تراوایی حاصل از مغزه‌های چاه‌پیمایی می‌باشد که به دلایل اقتصادی در هر میدان تعداد کمی از چاه‌ها مغزه‌گیری می‌شود. در این مطالعه که بر روی یکی از میادین نفتی جنوب غرب کشور انجام گرفته است ابتدا با استفاده از داده‌های نگارهای چاه‌پیمایی به روش‌های مختلف خوشه‌بندی انجام گرفت. پس از بررسی خوشه‌های اولیه ایجاد شده، خوشه‌هایی که در هر روش از نظر پارامترهایی مثل تخلخل موثر و مقدار شیل و نگار پرتو گاما شبیه به یکدیگر بودند در هم ادغام گردیدند و در هر روش ۴ خوشه نهایی بر اساس کیفیت مخزنی ایجاد گردید. از رخساره شماره یک به سمت رخساره شماره چهار کیفیت رخساره‌ها بهبود پیدا می‌کرد. سپس با استفاده از داده‌های تخلخل و تراوایی حاصل از مغزه به روش شاخص منطقه‌ای جریان تعداد ۴ واحد جریانی مشخص گردید و با تطبیق باخوشه‌های ایجاد شده به روش‌های مختلف، روش SOM به‌عنوان روش برتر جهت ساخت مدل الکتروفاسیس انتخاب گردید. نتیجه اجرای مدل نهایی ۴ رخساره‌ای در میدان مورد نظر نشان دهنده جدایش بسیار خوب بخش‌های مخزنی بود. این پژوهش نشان دهنده توانایی بسیار خوب روش SOM در ساخت مدل رخساره‌ای جهت تفکیک بخش‌های با کیفیت مخزنی متفاوت است. این مدل نهایی الکتروفاسیس می‌تواند جهت ساخت مدل استاتیک مخزن نیز مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از بخش پژوهشی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب و بخش پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر فراهم آوردن امکانات و اطلاعات مورد نیاز این پژوهش تشکر نمایند.

مراجع

[۱]. رحیمی‌بهار ع. ا.، "تفکیک زون‌های مختلف مخزن هیدروکربنب با کمک رخساره‌های الکتریکی،" پژوهش نفت، ص. ۱۰، ۱۳۹۱.

[2]. Serra O., and Abbot H., "*The Contribution of Logging Data to Sedimentology and Stratigraphy,"* SPE of AIME, Transaction 55th Annual Fall Technology Conference, 1980.

[۳]. رحیمی‌بهار ع. ا.، استفاده از رخساره‌های الکتریکی در شبیه‌سازی رخساره‌های رسوبی، مجله رخساره‌های رسوبی، دانشگاه مشهد، ص. ۱۵، ۱۳۹۱.

[4]. Kadkhodaie-Ilkchi A. and Amini A., "*Afuzzy logic approach to estimating hydraulic flow units from well log data: a case study from the ahvaz oil field,"* South of iran, Journal of Petroleum Geology, Vol. 32, No. 1, pp 1-12, 2009.

[5]. Soto R. and Garcia J. C. "*Permeability prediction using hydraulic flow units and hybrid soft computing systems,"* SPE 71455, 2001.

[6]. Shedid A. S. and Reyadh A. A., "*A new approach of reservoir description of carbonate reservoirs*," SPE 74344, pp. 1- 10, 2002.

[7]. Winland H. D., "*Oil Accumulation in Response to Pore Size changes*," Weyburn field, Saskatchewan, Amoco Production Research Report, No. F72-G-25, pp. 197, 1972.

[8]. Gunter G. W., *Early determination of reservoir flow units using an integrated petrophysical method*, SPE 38679, pp. 373-380, 1997.

[9]. Amaefule J. O., Altunbay M., Tiab D., Kersey D. G. and Keeland D. K., "*Enhanced reservoir description: using core and log data to identify hydraulic (flow) units and predict permeability in uncored intervals/wells*," SPE, P. 26436, pp. 1–16, 1994.

[10]. Abbaszadeh M. D., Fujii F. and Fujimoto F., "*Permeability Prediction by Hydraulic Flow Units-Theory and Applications*,*"* SPE Formation Evaluation, Vol. 11, pp. 263-271, 1996.

[11] Kohonen T., Kaski S. and Lappalainen H., "*Self-organized formation of various invariant feature filters in the adaptive-subspace SOM*.," Neural Computation 9, pp. 1321-1344, 1997.

[12]. Mukherjee A., "*Self-organizing neural network for identification of natural modes," The Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 11 No. 1, pp. 74-77, 1997.

[13]. Sfidari E., Kadkhodaie-Ilkhchi A. and Najjari S., "*Comparison of intelligent and statistical clustering approaches to predicting total organic carbon using intelligent systems",* Journal of Petroleum Science and Engineering, pp. 86-87, 2012.