تفکیک زون‌های مختلف مخزن هیدروکربنی با کمک رخساره‌های الکتریکی

علی اکبر رحیمی بهار* و حسین حسین پورصیامی
پژوهشگاه صنعت نفت- پژوهشکده مطالعات مخازن و توسعه میادین نفتی
rhimibaharaa@ripi.ir

پژوهش نفت
سال بیست و دوم
شماره ۷۲
صفحه ۱۵۳-۱۴۴، ۱۳۹۱
تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۶/۱۴

چکیده

رخساره‌های الکتریکی در اصل یک روش قطعی یا تحلیلی برای دسته‌بندی داده‌های چاه نگارهای پتروفیزیکی است که می‌تواند نشان دهنده تغییر ویژگی‌های زمین‌شناسی یا مخزنی باشد. در این مقاله، ابتدا بر اساس داده‌های مغزه (تخلخل- تراوایی) در سه چاه مغزه گیری شده از یکی از میادین نفتی جنوب ایران، سه زون خوب، متوسط و ضعیف از نظر کیفیت مخزنی تعیین شد. سپس با استفاده از چاه نگارهای پتروفیزیکی (شامل نوترن، چگالی، صوتی و مقاومت الکتریکی حقیقی سازند) و روش خوشه‌سازی، مدل رخساره الکتریکی اولیه با ۷ خوشه (رخساره) به دست آمد. با بررسی نتایج این مدل و مقایسه آن با داده‌های مغزه، رخساره‌هایی که تقریباً به یک گروه (زون مخزنی) تعلق داشتند، با هم ترکیب گردید. در نتیجه مدل اولیه ۷ رخساره‌ای به مدل جدیدی با ۳ خساره (معادل سه زون مخزنی) تبدیل شد. این مدل بهینه شده در سه چاه مرجع به کار برده شد که با توجه به نتیجه آن در تفکیک خوب بخش‌های مختلف مخزنی، به تمام چاه‌های میدان مورد مطالعه تعمیم داده شد که در نهایت امکان ساخت یک مدل سه بعدی رخساره‌ای که بخش‌های مخزنی خوب، ضعیف و متوسط را به خوبی از هم متمایز می‌کند، در کل میدان فراهم گردید.

واژه‌های کلیدی: رخساره الکتریکی، خوشه‌سازی، چاه نگار، زون‌بندی

مقدمه

روش‌های معمول پتروفیزیکی در محاسبه تخلخل و لیتولوژی از روی چاه نگارها[1]، اگر چه برای مطالعات معمول مخازن کافی به نظر می‌رسد، ولی کمک چندانی به مطالعات چینه‌شناسی، رسوب‌شناسی و تفکیک رخساره‌های مختلف زمین‌شناسی و مخزنی نمی‌کند. از این رو برخی از زمین‌شناسان تلاش کرده‌اند تا بدون استفاده از روش‌های معمول پتروفیزیکی و به کمک فنون اختصاصی و روش‌های استنتاجی، ارتباطی میان رخساره‌های زمین‌شناسی/مخزنی با چاه نگارها برقرار سازند. حاصل این کارها امروزه تحت عنوان رخساره‌های الکتریکی[2] مطرح است.

تحلیل رخساره‌های الکتریکی روشی است برای تقسیم‌بندی نگارها به زیرمجموعه‌هایی که نشان‌دهنده رخساره‌های زمین‌شناسی/مخزنی بوده و توزیع آن‌ها اساس زون‌بندی چینه شناسی را تشکیل می‌دهد [۱].

1. Well Logs
2. Electrofacies

Archive of SID
www.SID.ir

عنوان رخساره الکتریکی اولین بار توسط سرا پیشنهاد شد. سرا و سولپیس [۲] از واژه رخساره الکتریکی برای معرفی الگوی شکل نگارها که منطبق بر پدیده رسوب‌شناسی است، استفاده کردند. در سال ۱۹۸۲ سرا و ابوت [۳] واژه رخساره الکتریکی را مجدداً به این صورت تعریف کردند: "مجموعه پاسخ نگارها[1] که علاوه بر تعیین مشخصه رسوبات، اجازه تفکیک آن‌ها از یکدیگر را می‌دهد".

بر اساس مقاله سرا و سولپیس، اولین کارهای مرتبط با رخساره‌های الکتریکی به سال ۱۹۵٦ و ۱۹۵۷ برمی‌گردد، زمانی که مهندسان شرکت شل اولین بار از منحنی پتانسیل خودزا برای توصیف لایه‌های ماسه سنگی استفاده کردند. چون در کارهای اولیه از شکل منحنی نگار فقط در شناخت توده‌های ماسه سنگی درون سازندهای آواری استفاده می‌شد و این روش، کاربردی در سازندهای کربناته و تبخیری نداشت، سرا برای عمومی کردن این روش پیشنهاد داد تا با استفاده از نگارها، توصیف مغزه و براده‌های حفاری، ابتدا یک نگار سنگ شناسی تهیه گردد، سپس با استفاده از شکل این نگار و سایر چاه نگارها به همراه نتایج شیب سنجی، تجزیه و تحلیل آنچه که توالی‌های الکتریکی[2] می‌نامید، انجام شود [٤].

در تحلیل رخساره‌های الکتریکی ضروری است ارتباط میان پارامترهای پتروفیزیکی به دست آمده از نگارها و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده رخساره‌های سنگی از روی مغزه‌های حفاری، به صورت قطعی و یا آماری قابل توضیح باشد [۱]. بدین منظور روش‌های متعددی برای طبقه بندی نگارها و تحلیل قطعی و آماری آنها ارایه شد. ولف و پلیسیر کامبسکیور در سال ۱۹۸۲ [۵] اولین روش خودکار برای دسته‌بندی نگارها به رخساره‌های الکتریکی "رخساره نگار"[3] را ارایه کردند. در این روش از تجزیه مؤلفه‌های اصلی و دسته‌بندی سازمان‌دهی شده صعودی استفاده شد.

در پتنتی که توسط سرا و همکارانش در سال ۱۹۸۷ ارایه شد، تاکید اولیه بر شناخت ساختار داده‌ها از طریق مرز لایه‌ها و شکل نگارها با شناخت ساختار داده‌ها توسط مد اختصاصی خوشه‌هایی که بیشترین تمرکز از نمونه‌ها را دارند، جایگزین شد. سرا خوشه‌ها را به این شکل تعریف کرد،"یک ناحیه پیوسته در فضای n بعدی که در آن تمرکزهایی از نقاط با چگالی بالا توسط نواحی با تمرکز پایین‌تر نقاط از یکدیگر جدا شده‌اند". در ادامه کار سرا و همکارانش، افراد دیگری روش‌های خودکار یا نیمه خودکار را بر اساس مفاهیم مختلف ریاضی و آمار پیشنهاد دادند [٦ – ۱۰]. یکی از این پیشنهادات استفاده از روشی بر پایه نظریه گراف برای تشخیص جدایش‌های طبیعی انواع داده‌های نگار از جمله داده‌های آرایه‌ای و ناپیوسته است که توسط یو و رابیلر [۱۱] ارایه شده است. در این روش که به روش خوشه‌سازی (MRGC)[4] معروف است، از راهکار شناخت الگوی نقطه‌ای چند بعدی مبتنی بر اصل غیر پارامتری "نزدیک‌ترین همسایگی" و نمودار داده‌های معرف استفاده می‌شود.

میدان مورد مطالعه در این مقاله یکی از میادین نفتی در جنوب غربی ایران است. بخش‌های تولیدی در این میدان از سازندهای گروه خامی است. بیش از ۳۰ حلقه چاه تاکنون در این میدان حفر شده است. در سه حلقه از چاه‌ها، از سازند مخزنی نمونه‌های مغزه تهیه و آزمایش شده است. تقریباً در تمامی چاه‌ها عملیات نگاربرداری[5] صورت گرفته و اطلاعات آنها در دسترس است. روش معمول در تشخیص و تفکیک زون‌های مخزنی خوب (واحدهای جریانی) استفاده از پارامترهای مهم مخزن مثل تخلخل و تراوایی است. تخلخل معرف پتانسیل ذخیره هیدروکربنی سنگ مخزن و تراوایی تعیین کننده توان تولیدی آن است لذا با تقسیم بندی بخش‌های مختلف مخزن بر اساس تغییرات تخلخل و تراوایی، می‌توان زون‌های خوب و بد را از یکدیگر تفکیک کرد. اما مشکل در این روش، نداشتن اطلاعات کافی به خصوص مقدار تراوایی در گستره مخزن است. این اطلاعات فقط در چاه‌هایی که مغزه گیری شده وجود داشته و در بقیه چاه‌ها باید نگار تخلخل و تراوایی را تخمین زد. محاسبه تخلخل با توجه به اینکه نگارهای نوترون–چگالی و نیز صوتی علاوه بر نوع سنگ به تخلخل

1. Logs Responses
2. Electrosequence
3. Facies Log
4. Multi Regression Graph Base Clustering
5. Well Logginig

Archive of SID

www.SID.ir

نیـز وابسـته‌اند، عملی بـوده و جزو کارهـای معمول در ارزیابی پتروفیزیکی است. با این وجود محاسبه تراوایی به دلیل اینکه هیچ نگاری به طور مستقیم وابسته به آن نیست، کار دشواری اسـت و غالباً با استفاده از روش‌های تجربی - ریاضـی از طریق ترکیبی از یک یا چند نگار تخمین زده می‌شود که معمولاً با عدم قطعیت بالایی همراه است.

در ایـن مطالعـه در ابتدا به جای تخمیـن تراوایی، یک مدل اولیه رخسـاره الکتریکی در چاه‌هـای دارای نمونه‌های مغزه (اطلاعـات تخلخل-تراوایی) تهیه گردید. سـپس از طریق مطابقـت مدل اولیه با داده‌های مغزه و ترکیب رخسـاره‌های دارای مقادیر مشـابه، مدل بهینه شـده‌ای به دست آمد که به خوبی زون‌های مختلـف مخزن را از نظر تغییرات تخلخل- تراوایی در این سه چاه از یکدیگر تفکیک می‌کرد. بعد از آن با کاربرد مدل بهینه شده در سایر چاه‌ها، رخساره‌های الکتریکی در تمامی چاه‌ها ایجاد گردید. نتیجه این کار برای مدل‌سازی مخزن و تعیین واحدهای جریانی قابل استفاده است.

تعیین کیفیت سازند مخزنی بر اساس داده‌های مغزه

در سه حلقه از چاه‌های میدان مورد نظر، نمونه‌های مغزه از سازند مخزنی تهیه شده است. بر اساس اطلاعات نمونه‌های مغزه (تخلخل و تراوایی) در این سه چاه، زون‌های مختلف مخزنـی از نظر کیفیت را می‌توان از یکدیگر تفکیک نمود. بـا توجه به پراکندگی داده‌ها در نمـودار متقاطع تخلخل- تراوایی (شـکل ۱)، مخـزن هیدروکربنی در ایـن میدان را می‌توان به سـه بخش ضعیف، متوسـط و خوب تقسـیم نمـود. دامنه تغییرات تخلخل- تراوایی در این سـه بخش را همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

بخش ضعیف مخزن:

$$Por < 10\ \%\ \ \&\ \ Perm < 0.1(md) \qquad (۱)$$

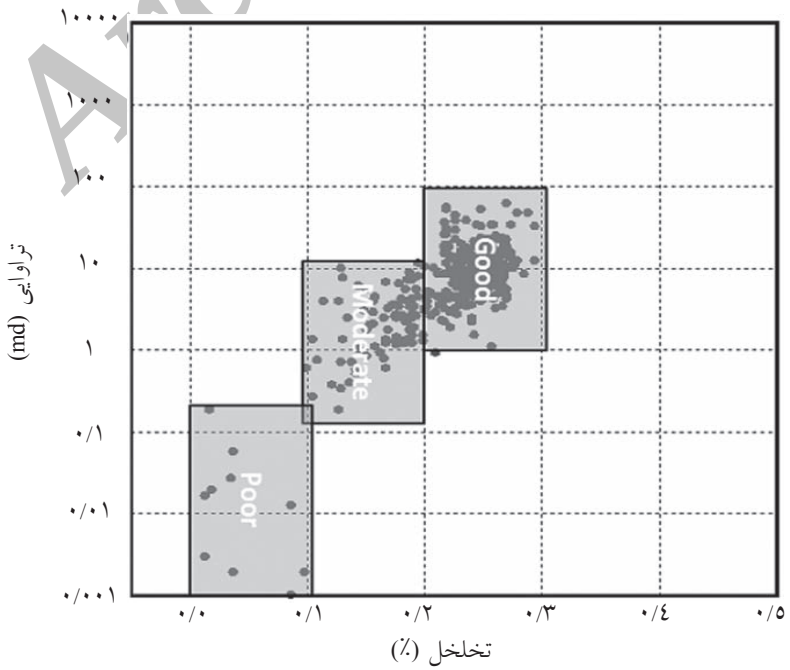
بخش متوسط مخزن:

$$(10\% < Por < 20\%\ \ \&\ \ 0.1(md) < Perm < 10\ (md) \qquad (۲)$$

بخش خوب مخزن:

$$20\% < Por\ \ \&\ \ 1(md) < Perm \qquad (۳)$$

برای کاربردی شـدن این تقسـیم‌بندی لازم است به کمک یـک معیار این الگـو در تمام چاه‌های مخزن پیاده‌سـازی شـود. برای این کار رخسـاره‌های الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای سـاخت یک مدل رخسـاره الکتریکی لازم اسـت ابتدا نوع و تعداد داده‌های ورودی معلوم شود. لذا اولین کار، انتخاب داده‌های ورودی است.



شکل ۱- تقسیم مخزن به سه قسمت بر اساس داده‌های مغزه

Archive of SID
www.SID.ir

انتخاب داده‌های ورودی برای ساخت مدل رخساره الکتریکی

سه چاهی که دارای نمونه‌های مغزه بودند به عنوان مرجع برای تهیه مدل رخساره الکتریکی انتخاب شدند. با توجه به تنوع نگارهای برداشت شده در چاه‌های میدان مورد مطالعه و برای نتیجه بخش بودن کارکرد مدل، نگارهای مشترکی که در تمامی چاه‌ها برداشت شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. این نگارها شامل نوترن، چگالی، صوتی و مقاومت الکتریکی حقیقی سازند بودند. این نگارها به عنوان داده ورودی مدل رخساره الکتریکی انتخاب شدند. گام دوم برای ساخت مدل، انتخاب روش خوشه‌سازی و اجرای آن است.

انتخاب روش خوشه‌سازی

راه مؤثر در انجام تجزیه و تحلیل رخساره الکتریکی، انجام یک طبقه‌بندی از نگار داده‌ها و به دست آوردن مجموعه‌هایی با ویژگی‌هایی رسوبی مختلف که به خوبی از هم متمایز شده‌اند، می‌باشد [۳]. لذا انتخاب یک الگوریتم خوشه‌سازی مناسب برای مدل رخساره الکتریکی ضروری است. برای انجام این کار (خوشه‌سازی) تاکنون روش‌های زیادی ارایه شده است، اما هیچ یک از آنها تأیید کاملی را از نقطه نظر زمین شناسی کسب نکرده‌اند.

ویژگی‌های یک روش مناسب برای خوشه‌سازی نگار داده‌ها را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد [۱۱]:

– قدرت شناسایی گروه‌های طبیعی داده‌های (نگارها) مرتبط با رخسارهای زمین شناسی

– عدم نیاز به داشتن دانش اولیه از مجموعه داده‌ها

– تولید خودکار تعداد بهینه خوشه‌ها

– قابلیت کار با مجموعه داده‌های حقیقی متشکل از دسته داده‌هایی با ترکیب بسیار پیچیده

– کم بودن پارامترها و پایدار بودن نتیجه با تغییر مقدار پارامترها

– نداشتن محدودیت در تعداد ابعاد نقاط و خوشه‌ها

در روش ارایه شده توسط یو و رابیلر، که برای کار با چاه نگارهای پتروفیزیکی توسعه یافته، سعی گردیده تمامی ویژگی‌های ذکر شده در بالا لحاظ گردد. این روش موسوم به روش خوشه‌سازی گراف پایه با توان تفکیک چندگانه (MRGC) است.

این روش مبتنی بر تشخیص الگوی نقطه‌ای چند بعدی بر مبنای نزدیک‌ترین همسایگی و نمایش گرافیکی داده‌ها است. مراحل انجام کار در این روش به طور خلاصه عبارت است از [۱۱]:

۱– محاسبه شاخص همسایگی(NI) [1]، این شاخص مشخص می‌کند که هر نقطه از یک مجموعه داده، به قله یا قعر تابع چگالی احتمالی داده‌ها نزدیک است. با استفاده از یک تابع نمایی کاهنده و شماره همسایگی هر نقطه نسبت به نقاط دیگر مجموعه داده، مقادیری به دست می‌آید. با جمع این مقادیر و نرمال‌سازی آن (بین ۰ تا ۱) مقدار NI برای هر نقطه محاسبه می‌شود. مقدار بزرگ‌تر NI (نزدیک‌تر به ۱)، نشانه نزدیک بودن نقطه به قله است.

۲– محاسبه شاخص معرف هسته(KRI) [2]، این شاخص برای تعیین نقاط مستعد برای نمایندگی به عنوان هسته (مرکز) خوشه است. با کمک NI، قله‌ها و قعرهای محلی موجود در مجموعه داده را می‌توان مشخص ساخت، اما برای تعیین تعداد بهینه خوشه‌ها لازم است میزان معرف بودن هر قله نسبت به تمام مجموعه داده سنجیده شود. برای این منظور از KRI استفاده می‌شود. اگر NI(x) مقدار NI در نقطه x باشد و نقطه y اولین همسایه x با شرط NI(y)>NI(x) باشد، برای محاسبه KRI در نقطه x از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$KRI(x)=NI(x)M(x,y)D(x,y) \qquad (٤)$$

که در آن M(x,y)=m، y همسایه m ام x و D(x,y) فاصله میان x و y است.

اگر مقدار KRI به طور نزولی مرتب شده و ترسیم گردد چندین نقطه شکست مهم را می‌توان در آن مشاهده نمود. این نقاط شکست منطبق بر تعداد بهینه خوشه‌ها در تفکیک‌پذیری‌های مختلف است. این شکستگی‌ها را می‌توان از طریق محاسبه بیشینه محلی منحنی شیب آن، تعیین کرد.

1. Neighboring Index
2. Kernel Representative Index

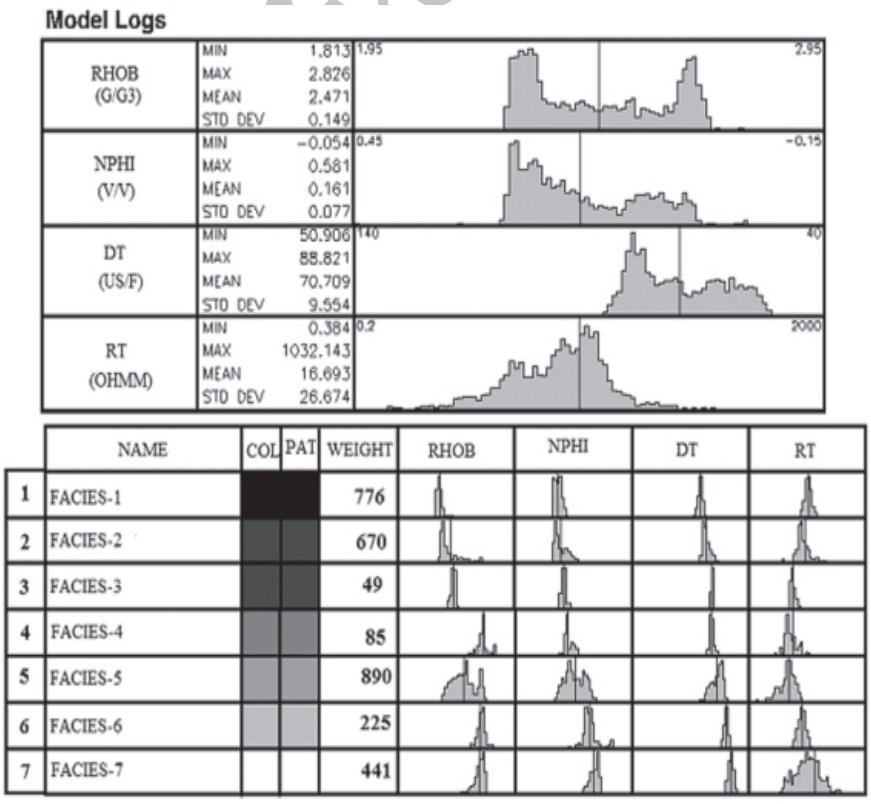
Archive of SID
www.SID.ir

۳- جذب KNN[1]، با استفاده از روش جذب نزدیک‌ترین k همسایه و مقدار NI، گروه‌های طبیعی اصلی (گروه‌های جذبی) شکل می‌گیرند. برای این کار برای هر نقطه مثل p از بین k همسایه نزدیک، نقطه‌ای مانند q که مقدار NI آن از p و بقیه همسایه‌ها بزرگ‌تر است، به عنوان نقطه جذبی انتخاب می‌شود. اگر p همه نقاط اطراف را به خود جذب کند ولی توسط هیچ نقطه‌ای جذب نگردد، در این صورت در مرکز خوشه قرار دارد. ولی اگر همزمان هم نقاط اطراف را جذب کند و هم جذب آنها شود، در این صورت از نقاط درونی خوشه است و اگر هیچ نقطه‌ای را جذب نکند ولی جذب نقاط اطراف شود، روی مرز خوشه قرار گرفته است. به این ترتیب گروه‌های طبیعی از داده‌ها به نام گروه‌های جذبی تشکیل می‌گردد.

٤- ادغام گروه‌های جذبی در هم و تشکیل خوشه‌های بزرگ‌تر (رخساره‌های الکتریکی)؛ در پایان با استفاده از روش KNN و نقاط مرزی تعیین شده برای هریک از گروه‌های جذبی در مرحله قبل، گروه‌های جذبی دو به دو با هم ادغام می‌شوند. البته اگر هر دو یا حداقل یکی از آنها فاقد هسته‌ای که قبلاً در مرحله KRI انتخاب شده، باشند. به این ترتیب خوشه‌ها (رخساره‌های الکتریکی) تشکیل می‌گردد.

روش "MRGC" یک روش غیر پارامتریک است و می‌تواند بهینه‌ترین دسته‌ها را در بین ۲ حد تفکیک پذیری مورد نیاز کاربر ارایه دهد. کاربر سپس بر اساس تجربه و دانش خود و نیز مقایسه نتایج حاصل با داده‌های مبنا (مثل داده‌های مغزه) خوشه‌ها را درهم ادغام کرده و مدل بهینه‌ای را تولید می‌نماید.

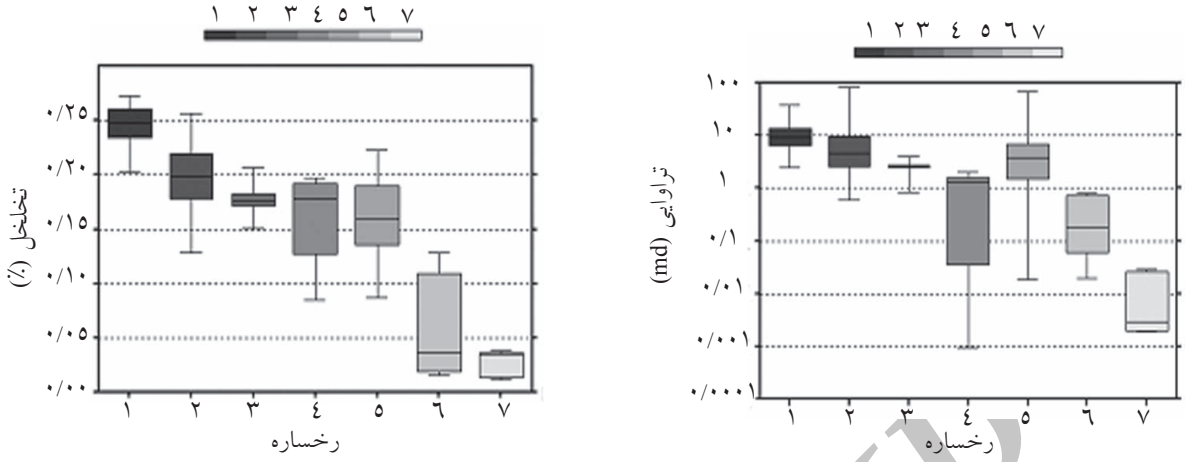
در این میدان با توجه به تغییرات کم در پارامترهای مخزنی و لیتولوژی سازند مخزنی، حدود تفکیک پذیری به ترتیب ۳ و ۱۰ در نظر گرفته شد. پس از اجرای روش توسط نرم‌افزار مدل بهینه‌ای با ۷ خوشه (رخساره) به دست آمد. نمایی از این مدل با پارامترهای ورودی در شکل۲ نشان داده شده است. فراوانی نمای جعبه‌ای مقادیر تخلخل و تراوایی برای رخساره‌های ۱ تا ۷ در شکل ۳ نشان داده شده است. توزیع رخساره‌ها در نمودار متقاطع تخلخل- تراوایی را می‌توان در شکل٤ مشاهده کرد.



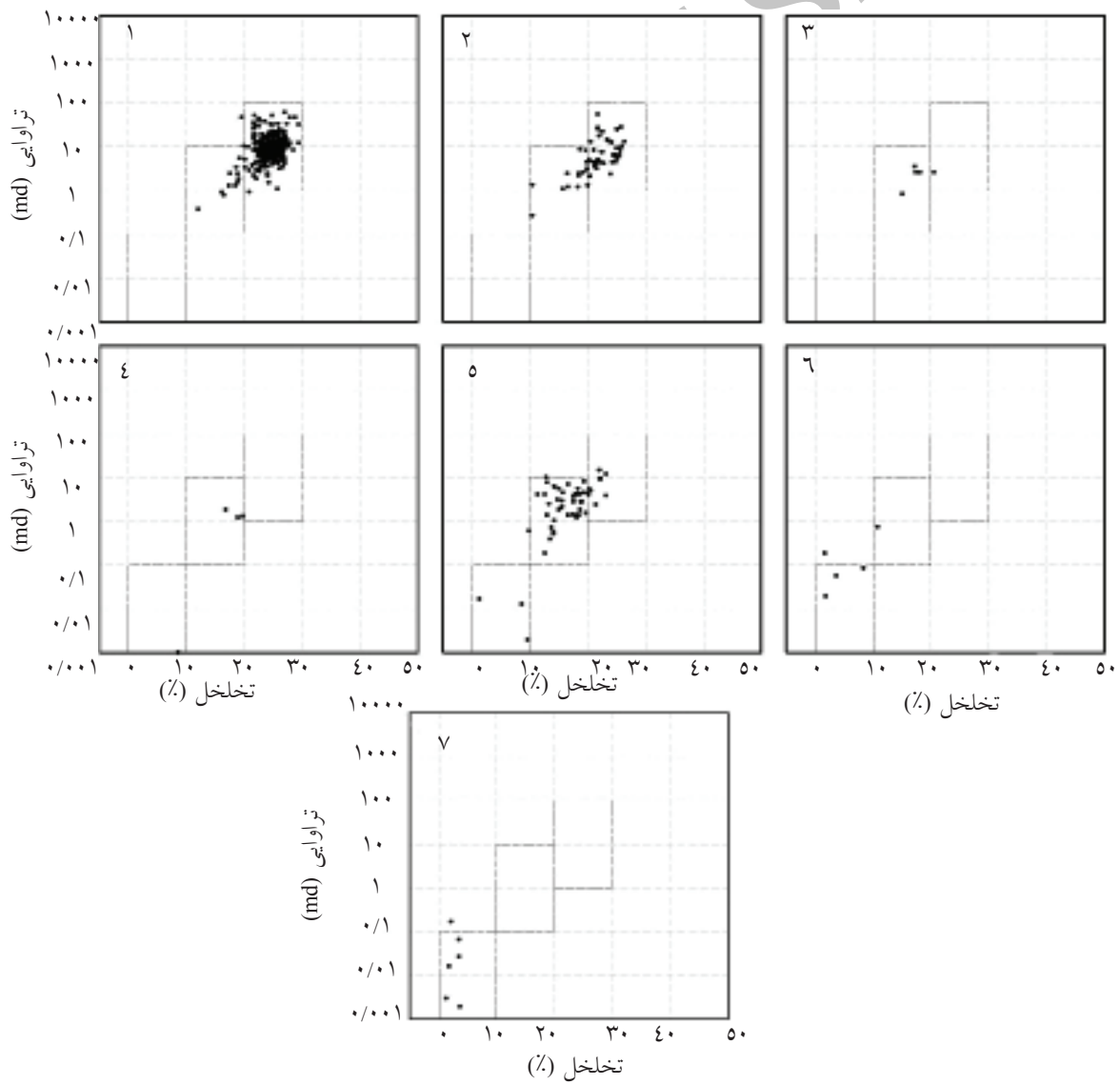
شکل ۲- مدل رخساره الکتریکی اولیه با پارامترهای ورودی آن

1.Knearest Neighborhood

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- فراوانی نمای جعبه‌ای مقادیر تخلخل و تراوایی در رخساره‌های الکتریکی ۱ تا ۷



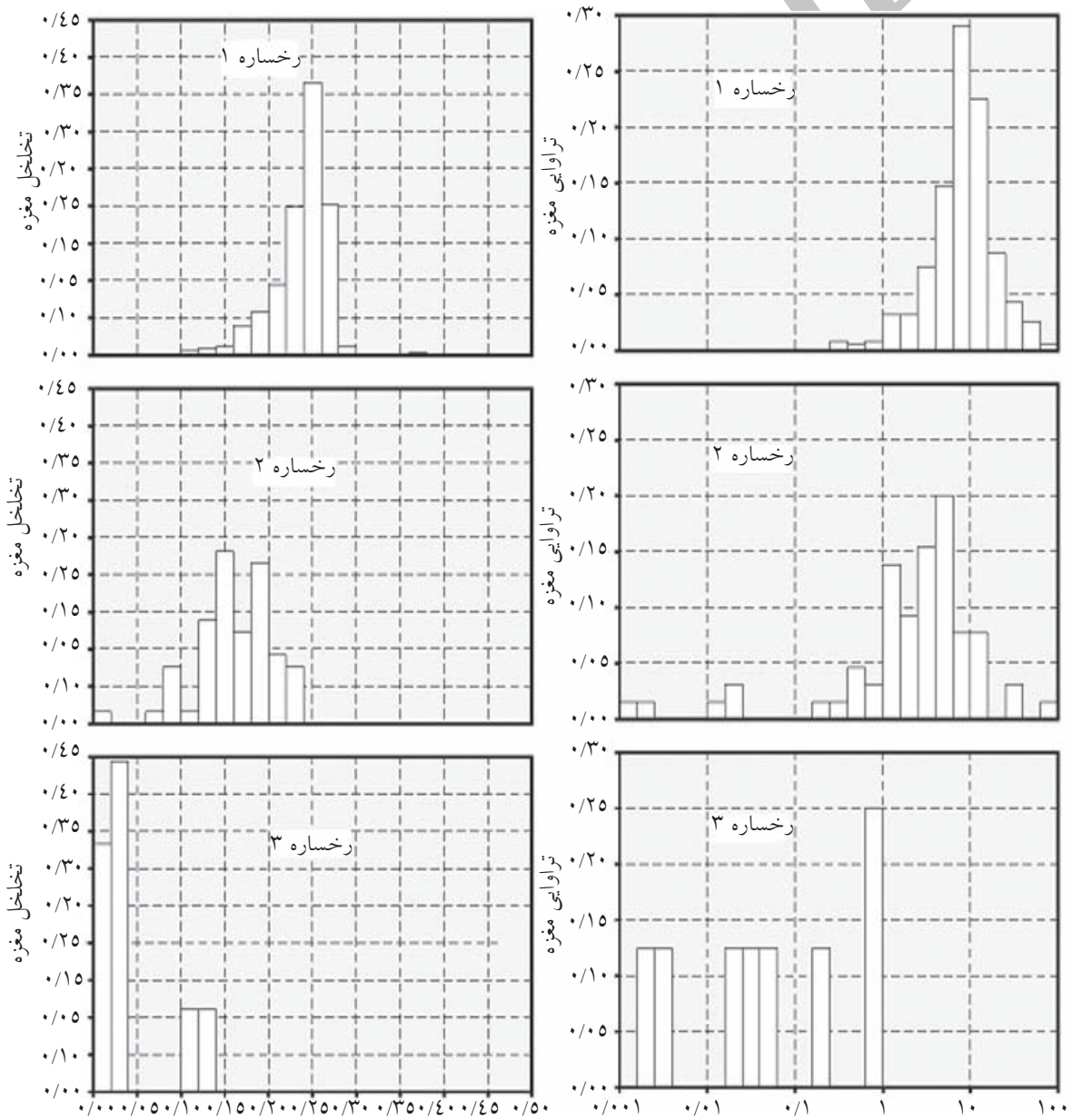
شکل ٤- توزیع رخساره‌های الکتریکی مدل اولیه در نمودار متقاطع تخلخل- تراوایی

www.SID.ir

تحلیل و تفسیر نتایج

با بررسی توزیع رخساره‌ها بر اساس پارامترهای تخلخل و تراوایی (شکل‌های ۳ و ٤)، مشاهده شد که اکثر نقاط در رخساره‌های ۱ و ۲ در بخش مخزنی پرتخلخل و با تراوایی بالا قرار گرفته‌اند؛ درنتیجه این دو رخساره درهم ادغام شدند. نقاط مربوط به رخساره های ۳ تا ۵ نیز در محدوده تخلخل متوسط تا زیاد و نفوذپذیری نسبتاً خوب پراکنده شده‌اند؛ لذا این سه رخساره نیز درهم ادغام گردیدند. رخساره های ٦ و ۷ نیز که بیشتر در بخش کم تخلخل و با نفوذپذیری پایین واقع شده‌اند نیز با هم ادغام شدند. به این ترتیب ۷ رخساره اولیه با ترکیب اجزای آن به ۳ رخساره که بخش‌های خوب، متوسط و ضعیف مخزنی را نشان می‌دادند، تبدیل شدند.

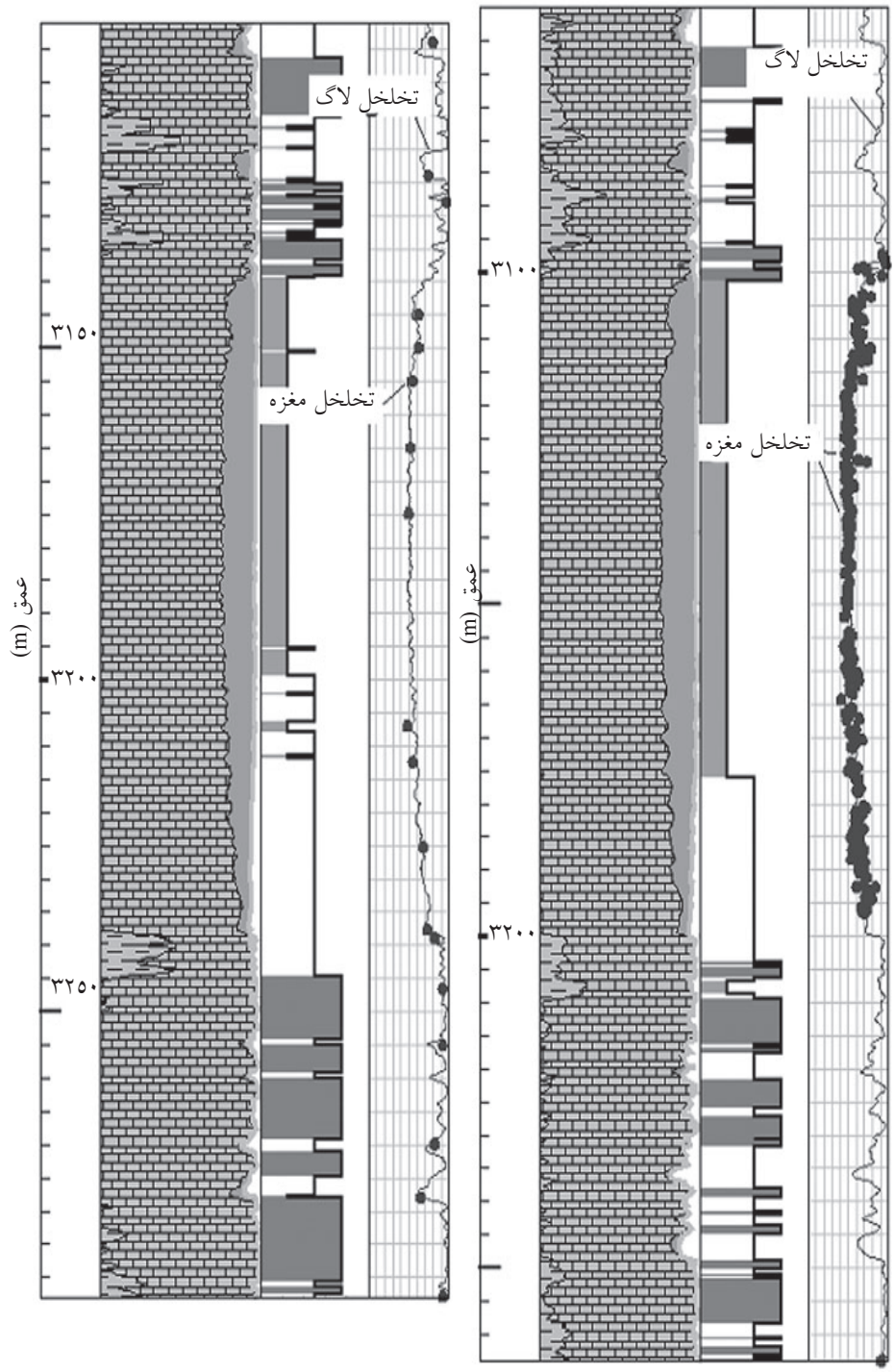
شکل ۵ توزیع آماری مقادیر تخلخل و تراوایی (مغزه) را در این سه رخساره نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود، توزیع مقادیر تخلخل و تراوایی نشان‌دهنده تعلق رخساره‌های ۱ تا سه به بخش‌های خوب، متوسط و ضعیف مخزنی است.



شکل ۵- توزیع آماری پارامترهای تخلخل و تراوایی در رخساره‌های الکتریکی مدل نهایی

www.SID.ir

نتیجه انتشار مدل جدید در چاه‌های مغزه‌گیری شده حاکی از تفکیک خوب زون‌های مختلف مخزنی توسط این مدل می‌باشـد. نتیجه اجرای این مـدل در دو مورد از چاه‌های مغزه‌گیری شـده (که دارای اطلاعات بیشـتری بودند) در شکل ٦ نشان داده شده است.



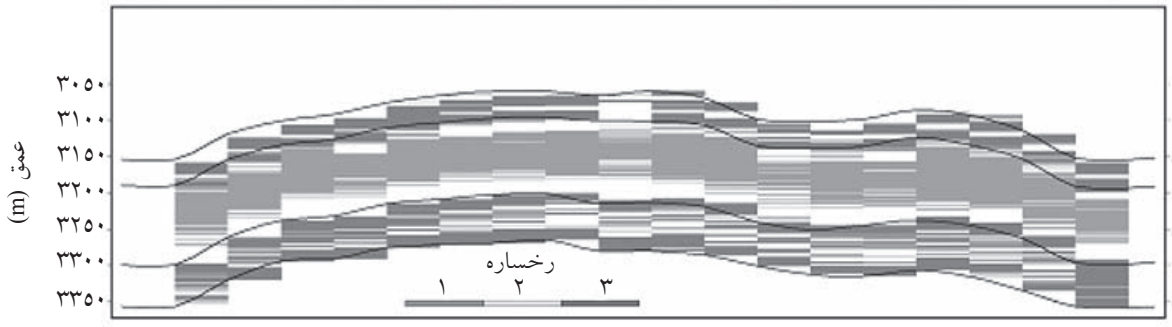
شکل ٦- نتیجه اجرای مدل در چاه‌های مغزه‌گیری شده و تفکیک خوب زون‌های مختلف مخزن

www.SID.ir

در نهایت با انتشـار مدل بهینه شده ۳ رخساره‌ای در تمامی چاه‌های میدان، یک مدل رخسـاره‌ای از مخزن که قادر به تفکیک خوب زون‌های مخزنی بود، تهیه شد. این مدل در شناخت واحدهای جریانی و تهیه مدل پویای مخزن بسیار حائز اهمیت اسـت. نمایی از توزیع این مدل در یک مقطع طولی از چاه‌های مخزن در شـکل ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که در شـکل دیده می‌شـود، لایـه میانی مخزن، بهترین بخش مخزن را تشکیل می‌دهد و لایه های بالایی و پایینی، بیشتر از بخش غیر مخزنی (ضعیف) تشکیل شده‌اند. این نتیجه به خوبی با اطلاعات موجود از آزمایشات انجام شده در مخزن همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

تعیین کیفیت مخزنی سـازندهای حاوی هیدروکربور برای شناخت واحدهای جریانی بسیار مهم است. انجام این کار نیاز به کسب اطلاعات از ویژگی‌های سنگ مخزن می‌باشد .از جمله مهم‌ترین این ویژگی‌ها تخلخل و تراوایی اسـت که اولی شـاخصی از پتانسـیل ذخیـره هیدروکربن مخزن اسـت و دومـی توان بهـره دهی آن را مشـخص می‌کند. متأسـفانه این ویژگی‌هـا خصوصاً تراوایـی فقط از طریق آنالیـز مغزه‌هـای حفاری قابل اندازه‌گیری اسـت که بنا به دلایل فنی و اقتصادی در تعداد کمی از چاه‌های حفر شده، قابل دسترسـی می‌باشد. در این مطالعه که بر روی یکی از میدان‌های نفتی جنوب کشـور انجام شـد، ابتدا با استفاده از اطلاعـات مغزه‌های موجود از لایه مخزنی، سـه بخش مختلف از نظـر پارامترهای مخزنی (تخلخـل و تراوایی) تعیین شـد. سـپس بـا اسـتفاده از چاه نگارهـا یک مدل رخساره الکتریکی به کمک یکی از جدیدترین و مؤثرترین روش‌های خوشه‌سازی به نام (MRGC) تهیه شد.این مدل شـامل ۷ رخسـاره بود، در ادامه کار با بررسی پارامترهای تخلخل و تراوایی در این ۷ رخسـاره توانسـتیم آنها را به سه رخسـاره (معادل با بخش‌های مختلف مخزنی) تقلیل دهیم. نتیجه اجرای مدل ۳ رخسـاره‌ای در چاه‌های مخزن حاکی از تفکیک خـوب بخش‌های مختلف مخزنی از هم بود. این تحقیق نشان داد که می‌توان با کمک آنالیز رخساره الکتریکی و اسـتفاده از نمودارهای درون چاهی و تنظیم و بهینه‌سـازی آن با اطلاعات محدود مغزه، مدل نسبتاً کامل و خوبـی از تغییرات کیفی سـنگ مخـزن در کل میدان به دسـت آورد. این مدل علاوه بر کمک به ساخت مدل ثابت زمین‌شناسـی می‌تواند در تعیین واحدهـای جریانی برای ساخت مدل پویای مخزن استفاده شود.



شکل ۷- مقطع طولی از توزیع رخساره‌های الکتریکی مدل نهایی در لایه‌های مختلف مخزن در چاه‌های میدان

Archive of SID

www.SID.ir

مراجع

[1]. Rabiller P., "*Facies prediction and data modeling for reservoir characterization*", 1st Ed. Rabiller Geo-consulting, 2005.

[2]. Serra O., and Sulpice L., Sedimentological analysis of shale-sand series from well logs. *Transactions of the SPWLA 16th Annual Logging Symposium*, 1975.

[3]. Serra O., and Abbott H. T., "*The contribution of logging data to sedimentary sedimentology and stratigraphy",* Society of Petroleum Engineers Journal, Vol. 22, No. 1, p. 117-131, 1982.

[4]. Serra O. "*Fundamentals of well-log interpretation*" v. 2rd interpretation of logging data: Elsevier Science Publishers, Amsterdam, No. pp. 15B, 684, 1986

[5]. Wolff M., and Pelissier-Combescure J., FACIOLOG, *Automatic electrofacies determination*, 23th Annual Logging Symposium Transactions: Society of Professional Well Log Analysts, 22 pp, 1982.

[6]. Busch J. M., Fortney W. G., and Berry L. N., "*Determination of lithology from well logs by statistical analysis*", SPE Formation Evaluation, Vol. 2, No. 4, pp. 412-418, 1987.

[7]. Baldwin J. L., Bateman R. M., and Wheatley C. L., "*Application of a neural network to the problem of mineral identification from well logs*", The Log Analyst, Vol. 31, No. 5, September-October, p. 279-293, 1990.

[8]. Baldwin J. L., Otte D. N., and Bateman R. M., "*Computer emulation of human mental processes: application of neural network simulators to problems in well log interpretation*", SPE Annual Technical Conference and Exhibition Proceedings (SPE-19619), v. omega, Formation Evaluation and Reservoir Geology: Society of Petroleum Engineers, pp. 481-493, 1989.

[9]. Rogers S. J., Fang J. H., Karr C. L., and Stanley D. A., "*Determination of lithology from well logs using a neural network: AAPG Bulletin*", Vol. 76, No. 5, pp. 731-739, 1992.

[10]. Mwenifumbo C. J., and Blangy J. P., Short-term spectral analysis of downhole logging measurements from site 704, chapter 30, in Ciesielski, P.F., Kristoffersen, Y., et al., eds., Proceedings of the Ocean Drilling Program, scientific results, v. 114: Texas A&M University, Ocean Drilling Program, College Station, Texas, pp. 577-585, 1991.

[11]. Ye S.J., and Rabiller Ph., "*A new tool for electrofacies analysis: multi resolution graph based clustering*", SPWLA, 41 Annual Logging Symposium, June 4-7, 2000.

Archive of SID

www.SID.ir