

نرم افزار ایرانی ROCSEL؛ اولین نرم افزار آنالیز داده های معمولی و پیش مطالعه آنالیز ویژه مغزه های نفتی

مهدی کلاتوری میبیدی*، سیدرضا اسداله پور، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب |

چکیده

آنالیز خواص سنگ های مخازن به دلیل گستردگی و پیچیدگی، دارای دشواری های بسیار زیاد است و این مشکل زمانی پررنگ تر می گردد که بر خلاف دیگر حوزه های مهندسی نفت، نرم افزاری برای این منظور به صورت تجاری موجود نیست که دلیل عمده این فقدان نیز همان گستردگی بسیار بالای مباحث مربوط به خواص سنگ نسبت به حوزه های دیگر مانند خواص سیالات می باشد. این عامل باعث گردیده تا مطالعات مربوط به خواص سنگ تا حدود زیادی غیر بهینه و کاملاً سلیقه ای باشد که این مهم با بررسی مطالعات خواص سنگ های پیشین کاملاً مشخص و میرهن است. همچنین یکی از مهم ترین و البته پرهزینه ترین فرآیندهای مطالعات خواص سنگ، مطالعات آنالیز ویژه خواص سنگ هاست و هرچه تعداد نمونه های ارسالی برای آنالیزهای ویژه بالاتر باشد، هزینه و زمان زیادی نیاز خواهد شد. این انتخاب نمونه نیز تاکنون بسیار غیربهینه و سلیقه ای بوده است. بنا به این دلایل، توسعه نرم افزاری برای آنالیز سیستماتیک و هماهنگ داده های روتین و پیش مطالعه آنالیزهای ویژه مغزه های نفتی در دستور کار اداره سیستم های مهندسی مخازن شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب قرار گرفت که نتایج آن در قالب نسخه اول نرم افزار ROCSEL معرفی می گردد.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۵/۰۴/۱۱

تاریخ ارسال به داور: ۹۵/۰۴/۱۱

تاریخ پذیرش داور: ۹۵/۰۴/۲۷

واژگان کلیدی:

آنالیز معمولی مغزه، آنالیز ویژه مغزه، پیش مطالعه آنالیز ویژه، انتخاب نمونه، نرم افزار ROCSEL

مقدمه

همچنین هزینه ناشی از حفاری های نامناسب می گردد. بخش دوم شامل هزینه های کوتاه مدت می گردد که مربوط به هزینه آنالیزهای ویژه خواص سنگ مخزن می شود. آنالیزهای ویژه خواص سنگ، آنالیزهایی به شدت گران قیمت و زمان بر می باشند. این آنالیزها بر روی نمونه هایی از مجموعه نمونه های انتخاب شده از آنالیزهای روتین انجام می گردند. هرچه تعداد این نمونه های انتخاب شده جهت آزمایش های ویژه کم باشند، زمان و هزینه ی به مراتب کمتری صرف خواهد شد؛ هرچند نمونه ها باید به تعداد کافی موجود باشد تا تمام خواص قسمت های مختلف مخزن را پوشش داده و دید درستی از مخزن به مهندس مخزن ارایه نماید. علاوه بر این، انتخاب نمونه ها باید به گونه ای باشد که به درستی تمام نواحی جریان هیدرولیکی (HFU) و زمین شناسی مخزن را پوشش دهد تا تمام خواص این نواحی به درستی محاسبه گردد. این مورد باعث می گردد تا در زمان توزیع خواص سلول ها در شبیه ساز، به هر سلول خواص درستی نسبت داده شود و در نتیجه، نتایج شبیه سازی بسیار دقیق تر گردند و باعث اعمال سناریوی مناسب و مدیریت بهتر مخزن می گردد و در واقع، در صورتی که مطالعات مربوط به انتخاب نمونه های آنالیزهای ویژه به خوبی و به صورت بهینه انجام گردد، خودبه خود از ضررهای مربوط به نتایج نامطلوب شبیه سازی ناشی از مطالعات نامناسب خواص سنگ، جلوگیری می نماید. بررسی های صورت گرفته روی مطالعات انتخاب نمونه برای آنالیزهای

خواص سنگ های مخازن یکی از مهم ترین و در عین حال پیچیده ترین مباحث مهندسی مخازن می باشد که تأثیر به سزایی در شبیه سازی مخازن و به تبع آن مدیریت مخزن دارد.

خواص سنگ های مخازن به شدت وابسته به مورد است و از این جهت نسبت به مباحث دیگر مهندسی مخازن مانند خواص سیالات مخازن دارای پیچیدگی و گستردگی و عدم قطعیت بسیار می باشد. همین عامل باعث شده است تا ایجاد راهکارهای سیستماتیک برای مطالعه خواص سنگ های مخازن کمتر مورد توجه قرار گرفته و بیشتر مطالعات نیز تا حد بسیار زیادی غیربهینه و سلیقه ای باشند و در نتیجه، نتایج مطالعات خواص سنگ معمولاً یکسان نبوده که این خود باعث تغییر در نتایج شبیه سازی مخازن و به تبع آن تغییر در سناریوهای مدیریت و تولید مخزن خواهد بود. علاوه بر این، این غیر سیستماتیک بودن مباحث مربوط به خواص سنگ های مخزن باعث گردیده تا نرم افزاری به صورت تجاری برای این گونه مطالعات موجود نباشد.

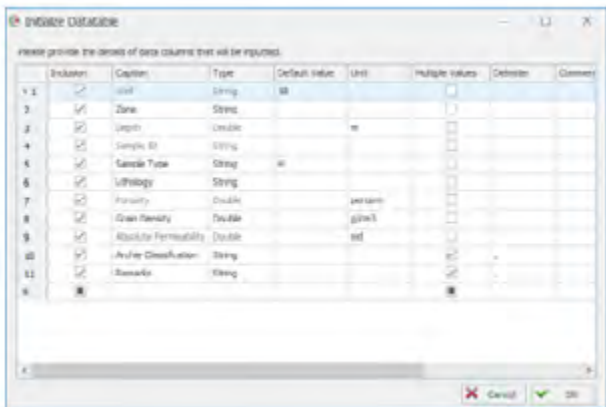
از نظر هزینه ای، مباحث مربوط به مطالعات نامناسب و غیربهینه خواص سنگ به دو دسته تقسیم می گردند؛ دسته اول هزینه های به وجود آمده در بلندمدت که مربوط به نتایج شبیه سازی انجام شده توسط مطالعات خواص سنگ غیر سیستماتیک و غیر بهینه بوده و باعث اعمال سناریوهای نامناسب برای تولید از مخزن و در نتیجه، کاهش ضریب بازیافت در درازمدت و عدم دسترسی به بخشی از ذخیره مخزن و

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

اعمال مقادیر پیش فرض برای هر ستون جدول داده (مقادیری که در صورت عدم ورود توسط کاربر، به صورت پیش فرض در فیلد مربوطه وارد می گردد) و همچنین ساخت فیلدهای چند مقداره (مانند دسته بندی آرچی) نیز در نظر گرفته شده است. برای ورود اطلاعات نمونه ها نیز کاربر می تواند اطلاعات نمونه ها را از فایل اکسل خوانده و یا به صورت دستی وارد نماید. جداول مورد استفاده در ROCSEL از قابلیت انجام هر گونه بررسی و جست و جو برخوردار است.

۲- یکسان سازی و فیلتر داده ها

معمولاً قبل از آنالیز داده ها نیاز است تا یکسان سازی داده های نمونه ها و گروه بندی آن ها انجام گیرد که این امر به صورت کاملاً تعاملی در ROCSEL امکان پذیر می باشد. این گروه بندی هم برای مقادیر موجود در ستون های دارای تک مقدار و هم برای ستون های دارای چند مقدار امکان پذیر است. همچنین قابلیت اعمال انواع فیلتر (به منظور اعمال Cut off و انواع حذف و فیلتر نمونه ها) به صورت ساختار درختی و بدون هیچ گونه محدودیتی در تعداد فیلتر یا مرحله اعمال فیلتر، قابل اعمال است. لازم به ذکر است که تمام مراحل اعمال فیلتر به صورت هوشمند



شکل ۱ | ساخت جدول داده ورودی مطابق نظر کاربر

ID	Inclusion	Unit	Zone	Depth	Sample ID	Sample Type	Lithology	Porosity	Size
1		30	A	2427.33	1	30		36.792	2
2		30	A	2427.42	2	30		36.4	2
3		30	B	2429.28	3	30		6.486	2
4		30	B	2429.24	4	30		9.136	2
5		30	C	2439.86	5	30		14.872	2
6		30	C	2439.12	6	30		11.779	2
7		30	C	2439.39	7	30		6.388	2
8		30	C	2439.46	8	30		7.369	2
9		30	A	2431.1	9	30		6.822	2
10		30	A	2431.89	10	30		7.344	2
11		30	B	2433.82	11	30		7.889	2
12		30	C	2433.75	12	30		7.201	2
13		30	C	2434.79	13	30		6.43	2
14		30	C	2435.49	14	30		11.863	2
15		30	C	2435.24	15	30		12.74	2
16		30	C	2435.11	16	30		9.712	2
17		30	C	2436.23	17	30		11.474	2

شکل ۲ | پنجره ورود داده ها

ویژه که تاکنون انجام شده است، بیانگر عدم بهینه بودن و تعداد بالای نمونه های انتخاب شده برای آزمایش های ویژه بودند. علاوه بر این، اعمال سلیقه در این مطالعات به دلیل عدم سیستماتیک بودن و دستی بودن فرآیند انتخاب نمونه، کاملاً نمایان و مشهود بودند [۱].

به این منظور پروژه های نرم افزاری به منظور آنالیز سیستماتیک داده های روتین مغزه و پیش مطالعه آنالیز ویژه مغزه در آذر ۱۳۹۳ در اداره سیستم های مهندسی مخازن شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب تعریف گردید که نتیجه آن، نسخه اول نرم افزار ROCSEL بود که در اسفند ۱۳۹۴ منتشر گردید [۲]. این نرم افزار دارای مشابه خارجی و داخلی نبوده و برای اولین بار توسعه یافته است.

از قابلیت های کلیدی نرم افزار ROCSEL، به صورت خلاصه می توان به موارد زیر اشاره نمود [۲]:

- انعطاف بسیار بالا در ورود اطلاعات مغزه و قابلیت کاهش یا افزایش خواص مورد نظر کاربر
- قابلیت یکسان سازی و تصحیح جمعی اطلاعات نمونه ها که معمولاً در ورود داده ها توسط آزمایشگاه رخ می دهند.
- قابلیت اعمال انواع فیلتر به صورت ساختار درختی و بدون هیچ گونه محدودیت در نوع و تعداد فیلترها

- قابلیت اعمال زون بندی های مختلف از جمله، FZI، FZI*، NCRQI، MLP و CRT به صورت خود کار و دستی و همچنین قابلیت ورود این زون بندی ها از مطالعات جامع پیشین

- قابلیت اعمال وزن دهی به نمونه ها به صورت دستی و یا از طریق سیستم پیشنهادی پیشرفته بر اساس دسته بندی های مختلف هر یک از خواص و پارامترهای نمونه ها

- قابلیت انتخاب نمونه برای آزمایش های ویژه توسط الگوریتم های خود کار و دستی و بر اساس نمودارهای مختلف مورد نظر کاربر

- قابلیت اعتبار سنجی متقابل نمونه های انتخاب شده توسط نمودارهای مختلف و تصحیح آن

- قابلیت اعمال آنالیزهای آماری، رسم نمودارهای مختلف و انجام رگرسیون های مختلف بر روی داده های هر مرحله و مقایسه آن با داده های مراحل دیگر به صورت کاملاً سیستماتیک

- قابلیت گزارش دهی کاملاً شفاف و مرحله به مرحله برای استفاده در گزارش های مربوط به مطالعات خواص سنگ جهت مطالعات بعدی - محیط کاملاً گرافیکی و کاربر پسند

۱- ورود اطلاعات

برای آنالیز اطلاعات مربوط به خواص سنگ های مخزن به دلیل پیچیدگی زیاد و وابسته به مورد بودن، لازم است تا انعطاف زیادی برای ورود انواع مختلف داده وجود داشته باشد. به همین منظور در نرم افزار ROCSEL، ترتیبی اتخاذ گردید تا کاربر خود بتواند ساختار جدول داده ورودی را تغییر داده و مواردی را که به آن نیاز دارد بر حسب مورد به آن اضافه نموده و یا از آن حذف نماید. همچنین قابلیت

تعداد دسته، تغییرات خطا کم می‌گردد که این تعداد دسته در واقع تعداد دسته بهینه است.

روش هیستوگرام FZI: در این روش شکستگی‌های نمودار هیستوگرام لگاریتم FZI به‌عنوان تعداد دسته بهینه و مرز FZI هر ناحیه در نظر گرفته می‌شود. باید توجه داشت که این روش برای تعداد نمونه‌های کم (کمتر از ۲۵۰ نمونه) کارآمد می‌باشد زیرا با افزایش تعداد نمونه‌ها، این نمودار شدیداً به حالت پیوسته و تقریباً بدون شکستگی در می‌آید و در نتیجه، این روش کارآیی خاصی نخواهد داشت. البته روش هیستوگرام FZI برای یافتن مرز دسته‌ها بسیار کارآمد است. محاسبات شکستگی‌ها در نرم‌افزار ROCSEL به روش K-Means Clustering انجام می‌شود.

روش هیستوگرام DRT: این روش نیز کاملاً مشابه روش هیستوگرام FZI می‌باشد با این تفاوت که از نمودار هیستوگرام DRT استفاده می‌گردد. این روش برای تعداد نمونه‌های بالا (بیشتر از ۲۵۰ نمونه) کارآیی دارد زیرا در تعداد نمونه‌های کم، تعداد DRTها بسیار محدود بوده و قابلیت تعریف و تشخیص شکستگی وجود ندارد.

$$DRT = \text{Round}(2 \times \ln(FZI) + 10.6) \quad (۶)$$

ناحیه‌بندی اتوماتیک FZI در نرم‌افزار ROCSEL توسط الگوریتم ژنتیک انجام می‌گیرد و به این منظور تنظیماتی نیز در نظر گرفته شده است که کاربر می‌تواند برای تغییر پارامترهای این الگوریتم از آنها استفاده نماید [۲].

روش NCRQI: این روش مخزن را براساس پتانسیل تولید به نواحی دارای خواص مشابه تقسیم می‌نماید [۴]. در این روش نواحی مختلف به کمک عدم پیوستگی‌های موجود در نمودار عمق بر حسب NCRQI شناسایی می‌گردند که هرچه این ناحیه مسطح‌تر باشد، خواص جریانی بهتری داشته و مخزن از کیفیت بالاتری برخوردار خواهد بود. در مورد این روش، نرم‌افزار قابلیت تشخیص خودکار تعداد نواحی را بر اساس روش Elbow داشته و همچنین کاربر می‌تواند نواحی موردنظر خود را توسط نشانگر موس انتخاب و یا از طریق ورود عمق ابتدا و انتهای هر ناحیه، آن را مشخص نماید. انتساب نقاط به هر ناحیه نیز به‌صورت خودکار صورت می‌گیرد.



شکل ۳ | پنجره ناحیه بندی FZI

بوده و نرم افزار به صورت خودکار نوع پارامتر انتخابی را شناسایی کرده و تنظیمات متناسب با آن را اعمال می‌نماید.

۳- دسته بندی نمونه‌ها

در پیش مطالعات آنالیز ویژه و انتخاب نمونه برای آنالیزهای ویژه، یکی از مهمترین مواردی که باید در نظر قرار گیرد، توزیع نمونه‌های انتخاب شده است، به گونه‌ای که نمونه‌های انتخاب شده تمام نواحی مخزن را پوشش داده و نتایج آزمایش‌های ویژه آن نمونه‌ها قابل اعمال در نواحی مختلف مخزن بوده تا از این طریق بتوان در شبیه‌ساز، خواص درستی را به هر سلول از مخزن نسبت داد.

به‌طور معمول ناحیه‌بندی مخزن توسط روش‌های زیر صورت می‌گیرد که همگی توسط نرم‌افزار ROCSEL قابل انجام می‌باشد.

روش FZI: این روش، مخزن را به نواحی دارای خواص جریان هیدرولیکی مشابه تقسیم می‌کند [۳]. در این روش، نمودار RQI (رابطه-۱) بر حسب NPI (رابطه-۲) در مقیاس لگاریتمی رسم می‌گردد و سپس نواحی دارای خواص جریان هیدرولیکی مشابه به‌صورت خطوطی با شیب ۱ (رابطه-۴) و عرض از مبدا برابر با مقدار FZI نماینده آن ناحیه مشخص می‌گردند.

$$RQI = 0.0314 \sqrt{\frac{K}{\phi}} \quad (۱)$$

$$NPI = \frac{\phi}{1-\phi} \quad (۲)$$

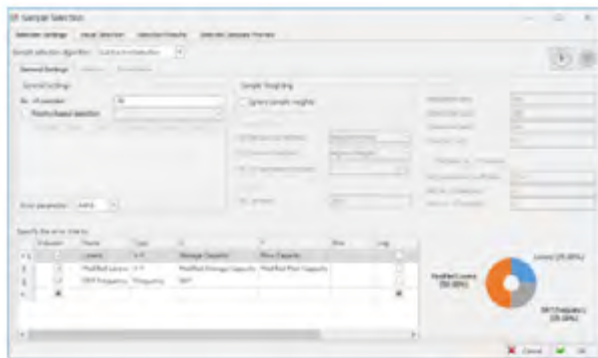
$$FZI = \frac{RQI}{NPI} = \frac{1}{\sqrt{F_1 \tau^2 S_{Dp}}} \quad (۳)$$

$$\text{Log}(RQI) = \text{Log}(NPI) + \text{Log}(FZI) \quad (۴)$$

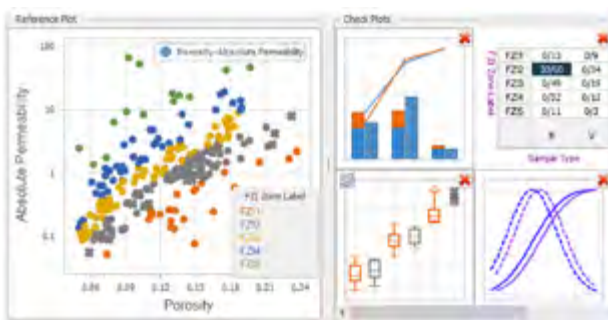
در نرم‌افزار ROCSEL ناحیه‌بندی FZI به دو حالت قابل اعمال است. - به صورت اتوماتیک توسط الگوریتم ژنتیک و با مشخص نمودن محدوده هر ناحیه یا بدون آن

- به صورت دستی و وارد نمودن مقادیر FZI هر ناحیه پس از اعمال ناحیه‌بندی، نرم‌افزار به‌صورت خودکار نمونه‌ها را به ناحیه موردنظر نسبت داده و نمونه را با رنگی مشابه رنگ-خط نماینده ناحیه نشان می‌دهد. از طرف دیگر، معمولاً یافتن تعداد دسته‌های بهینه FZI یک فرآیند نامشخص و سلیقه‌ای بوده است. به این منظور چندین الگوریتم متفاوت برای یافتن تعداد نواحی بهینه FZI نیز در ROCSEL نظر گرفته شده است که در ادامه به صورت مختصر توضیح داده می‌شوند.

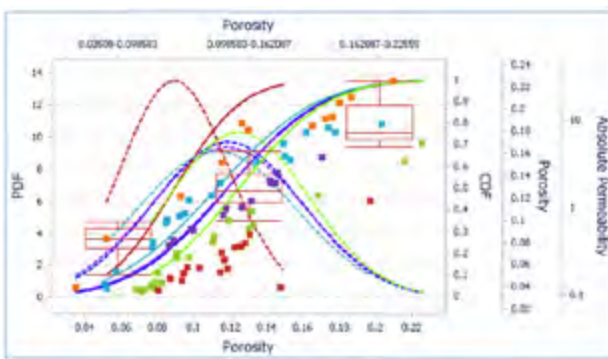
روش Elbow: در این روش که بهترین روش برای یافتن تعداد ناحیه بهینه می‌باشد، نمودار خطای نمونه‌ها از خط نماینده هر ناحیه (میزان فاصله هر یک از نمونه‌ها از خط نماینده ناحیه‌ای که نمونه در آن ناحیه قرار گرفته است) محاسبه می‌گردد. قاعدتاً با افزایش تعداد نواحی، این خطا کاهش می‌یابد اما میزان این کاهش خطا و به اصطلاح شیب نمودار خطا بر حسب تعداد دسته، با افزایش تعداد دسته تغییر می‌کند و از یک نقطه به بعد کاهش می‌یابد. به عبارتی، از یک نقطه به بعد با افزایش



شکل ۴ | پنجره انتخاب نمونه



شکل ۵ | پنجره اعتبار سنجی متقابل و انتخاب نمونه دستی



شکل ۶ | رسم نمودارهای مختلف برای یک مجموعه داده

Group list	Sample Type	Min	Max	Mean	Std	StdDev	Median	Skewness	Kurtosis
RQI	H	0.000	0.302	0.104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	V	0.000	0.308	0.097	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	W	0.000	0.362	0.131	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Porosity	H	0.000	0.2259	0.136	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	V	0.000	0.2259	0.136	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	W	0.000	0.2259	0.136	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Absolute Permeability	H	0.000	18.094	2.276	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	V	0.000	27.95	3.791	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	W	0.000	27.95	3.791	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FZI	H	0.000	0.846	0.688	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	V	0.000	0.846	0.688	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	W	0.000	0.846	0.688	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FZI Zone Value	H	0.000	0.237	0.213	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	V	0.000	0.237	0.213	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	W	0.000	0.237	0.213	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Geoin Density	H	0.000	2.699	2.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	V	0.000	2.699	2.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	W	0.000	2.699	2.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

شکل ۷ | مشخصات آماری مجموعه داده‌ها

$$NCRQI = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{K_i}{\phi_i}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{K_i}{\phi_i}}} \quad (7)$$

روش Modified Lorenz: این روش نواحی مخزن را بر اساس دو پارامتر ظرفیت ذخیره (معادله ۸) و ظرفیت جریانی (معادله ۹) به نواحی مختلفی تقسیم می‌کند که این نواحی توسط عدم پیوستگی‌های موجود در نمودار ظرفیت جریانی بر حسب ظرفیت ذخیره شناسایی می‌گردند و هرچه ناحیه مورد نظر مسطح‌تر باشد، ظرفیت ذخیره بیش از ظرفیت جریانی بوده و در نتیجه کیفیت مخزنی ناحیه پایین‌تر است [۵]. در این روش نیز نرم‌افزار قابلیت تشخیص خودکار تعداد بهینه نواحی بر اساس روش Elbow را دارد. همچنین کاربر می‌تواند نواحی مورد نظر خود را توسط نشانگر موس انتخاب نموده و یا از طریق ورود عمق ابتدا و انتهای هر ناحیه آن را مشخص نماید. انتساب نقاط به هر ناحیه نیز به صورت خودکار صورت می‌گیرد.

$$\phi_h = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i h_i}{\sum_{i=1}^n \phi_i h_i} \quad (8)$$

$$K_h = \frac{\sum_{i=1}^n K_i h_i}{\sum_{i=1}^n K_i h_i} \quad (9)$$

روش CRT: در این روش کاربر می‌تواند انواع مختلف دسته‌بندی دلخواه را با مشخص نمودن پارامترهای موردنظر خود انجام دهد. در نرم‌افزار ROCSEL، کاربر می‌تواند با مشخص نمودن پارامترهای موردنظر و محدوده و یا مقدار هر پارامتر، ناحیه موردنظر خود را ایجاد نماید. همچنین قابلیت ایجاد چندین نوع مختلف ناحیه‌بندی با نواحی مختلف نیز امکان‌پذیر می‌باشد [۲].

۴- وزن‌دهی نمونه‌ها

معمولاً در فرآیند انتخاب نمونه‌ها برای آزمایش‌های ویژه، تمایل کاربر برای معیار قرار دادن و یا برتری دادن بعضی از پارامترها بر دیگر پارامترها و همچنین برتری دادن بعضی از زیرپارامترها نسبت به هم نیز وجود دارد. در نرم‌افزار ROCSEL کاربر توانایی اعمال این وزن‌دهی را به صورت سیستماتیک دارا می‌باشد. از آنجایی که معمولاً کاربرهای مبتدی دید مناسب و کاملی از پارامترها و نحوه برتری دادن آنها نسبت به هم ندارند، روشی هوشمند به نام Recommender System در نظر گرفته شده است تا این وزن‌دهی را به صورت خودکار اعمال نماید [۲]. در این روش کاربر تنها پارامترهای موردنظر خود را مشخص می‌نماید و نرم‌افزار به صورت خودکار پرسشنامه‌ای حاوی کمترین تعداد نمونه ممکن شامل تمام موارد پارامترهای مشخص شده را به کاربر نشان داده و از کاربر می‌خواهد که این نمونه‌های نماینده را به صورت نسبی وزن‌دهی نماید و نرم‌افزار بر اساس نحوه رفتار کاربر با این نمونه‌ها، وزن‌دهی تمام نمونه‌ها پیش‌بینی نموده و اعمال می‌کند.

۵- انتخاب نمونه

یکی از مهم‌ترین کاربردهای نرم‌افزار ROCSEL، انتخاب نمونه

به صورت سیستماتیک است. در نرم افزار ROCSEL شش الگوریتم مختلف و بسیار قوی برای انتخاب خودکار نمونه‌ها وجود دارد (که خارج از حوزه بحث این مقاله است). که کاربر با مشخص نمودن تعداد نمونه مورد نیاز می‌تواند با استفاده از این الگوریتم‌ها، نمونه‌های انتخابی را به دست آورد. همچنین کاربر می‌تواند تعداد بهینه نمونه‌ها را نیز به روش ژنتیک محاسبه نماید. نکته بسیار مهم این است که کاربر می‌تواند نمودارهای خطایی را که می‌خواهد با استفاده از آنها نمونه‌های مورد نظر خود را انتخاب کند (به عنوان مثال نمودارهای لورنز و هیستوگرام FZI)، مشخص نماید. در این زمینه هیچ گونه محدودیتی وجود ندارد و کاربر می‌تواند انواع نمودارهای نقطه‌ای و یا هیستوگرام و یا هیستوگرام تجمعی را مشخص نماید.

باید توجه داشت که نرم‌افزار این قابلیت را داراست که کاربر، انتخاب نمونه را به چند روش متفاوت انجام داده، سپس آن‌ها را مقایسه نموده و بهترین آنها را انتخاب نماید.

علاوه بر این، در ROCSEL قسمتی جهت اعتبارسنجی متقابل نمونه‌های انتخاب شده و همچنین انتخاب و تصحیح نمونه‌دستی در نظر گرفته شده است. در این بخش کاربر می‌تواند انواع نمودارهای مختلف را برای نمونه‌های انتخاب شده و کل نمونه‌ها رسم نموده، توسط نشانگر، نمونه‌ها را انتخاب و یا از حالت انتخاب خارج کرده و تأثیر آن را بر روی تمام نمودارها مشاهده و تأیید نماید.

۶- آنالیزهای پیشرفته اطلاعات

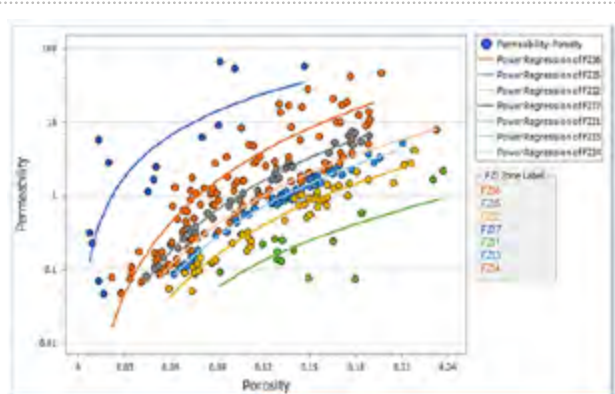
در ROCSEL کاربر می‌تواند انواع مختلفی از مجموعه داده‌ها را از هر کدام از جداول داده‌ی مراحل مختلف آنالیز و با اعمال هر گونه فیلتر مورد نظر، ساخته و برای آنها انواع نمودارها (Scatter, Box, Heatmap, Histogram, Density Function, Strip Minimum, Maximum, Mean, Variance, P10, P90) را رسم نماید. همچنین، مشخصات آماری (Standard Deviation, Median, Skewness و Kurtosis) داده‌ها را مشاهده نموده و انواع رگرسیون (خطی، نمایی، توانی، لگاریتمی و چند جمله‌ای) را انجام دهد. علاوه بر این می‌تواند هر کدام از این موارد را با داده‌های انتخابی مراحل دیگر مقایسه نماید.

۷- گزارش دهی

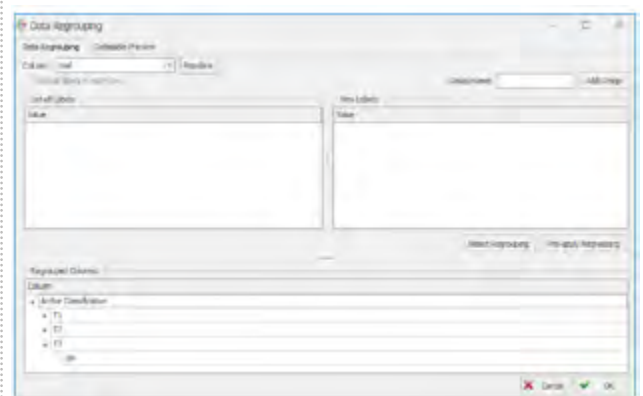
همان گونه که قبلاً بیان گردید یکی از مشکلات مطالعات خواص سنگ عدم سیستماتیک بودن این مطالعات و به عبارتی عدم امکان ساخت دوباره نتایج به دلیل مشخص نبودن نحوه رفتار با داده‌هاست. به این منظور قسمت گزارش دهی در نرم‌افزار ROCSEL گنجانده شده است که فعالیت‌های اصلی کاربر بر روی داده‌ها را مشخص می‌نماید و کاربر می‌تواند در گزارش‌های خود از آن استفاده نماید.

۸- بررسی یک نمونه موردی انتخاب نمونه

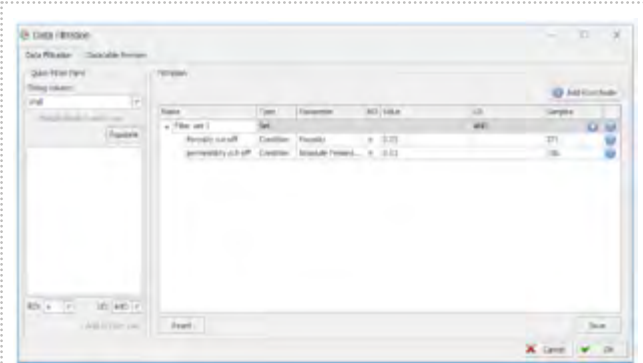
در اینجا جهت درک بهتر موضوع، یک نمونه موردی از مراحل انتخاب



۸ | رگرسیون انجام شده بر روی یک مجموعه از داده‌ها



۹ | پنجره یکسان سازی داده‌ها



۱۰ | اعمال فیلترها به صورت ساختار درختی



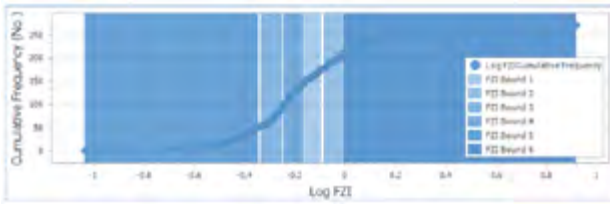
۱۱ | محاسبه تعداد دسته FZI به صورت خودکار توسط روش Elbow



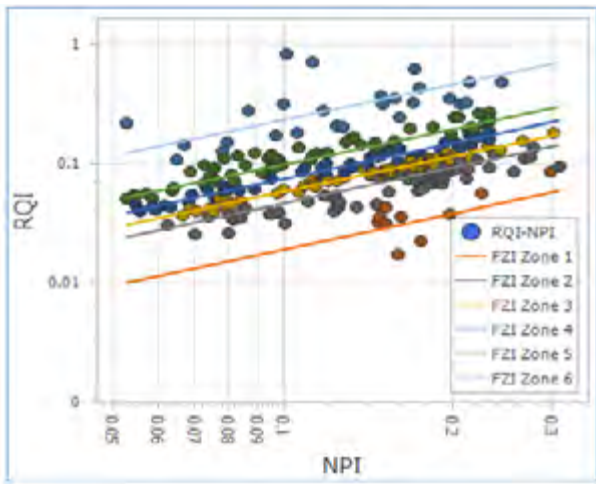
۱۹ عدد مشخص گردید. نمودارهای خطای لورنز و هیستوگرام FZI به ترتیب در شکل‌های ۲۰ و ۲۱ نشان داده شده است. گزارش نهایی این انتخاب نمونه با جزئیات آن در شکل ۲۲ آورده شده است.

۹- اقدامات آتی

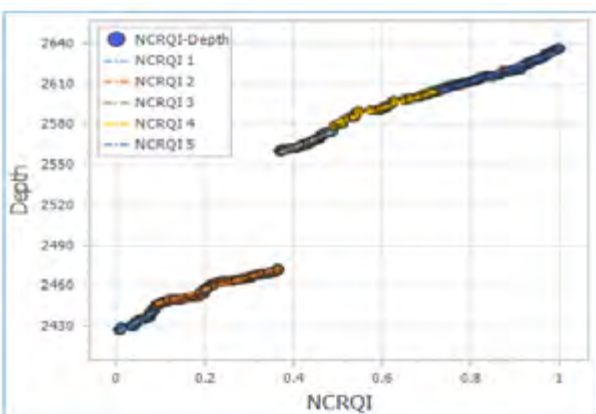
همانطور که گفته شد نرم‌افزار ROCSEL برای آنالیز اطلاعات معمولی مغزه و پیش‌مطالعه آنالیز ویژه مغزه طراحی شده است. نسخه حاضر



شکل ۱۲ | پنجره یکسان سازی داده‌ها



شکل ۱۳ | محاسبه خودکار نواحی FZI



شکل ۱۴ | محاسبه خودکار نواحی NCRQI

نمونه برای آزمایش‌های ویژه که با استفاده از نرم‌افزار ROCSEL انجام گرفته، آورده شده است.

مشخصات داده‌های مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است: در اولین مرحله، برای راحتی کار، دسته‌بندی‌های آرچی به سه دسته T1، T2 و T3 دوباره دسته‌بندی می‌گردند که جزئیات آن در شکل ۹ مشخص است.

سپس، تخلخل کمتر از ۰/۰۵ و تراوایی کمتر از ۰/۰۱ میلی‌داری فیلتر می‌گردند که نتیجه آن، ادامه مراحل انتخاب نمونه با ۲۷۱ نمونه است. در ادامه، تعداد نواحی بهینه FZI توسط روش Elbow تعیین می‌گردد. همان‌طور که در شکل ۱۱ مشخص است، تعداد نواحی بهینه، ۶ ناحیه است. پس از آن، توسط نمودار هیستوگرام تجمعی Log FZI، محدوده‌های نواحی FZI مشخص می‌گردند که در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

در مرحله بعد، نواحی FZI بر اساس تعداد نواحی و مرزهای محاسبه شده، به صورت خودکار و توسط الگوریتم ژنتیک پیدا می‌گردند (شکل ۱۳).

نواحی NCRQI و MLP نیز به صورت خودکار و توسط روش Elbow مشخص می‌گردند (شکل‌های ۱۴ و ۱۵).

وزن‌دهی نمونه‌ها با استفاده از روش Recommender و با انتخاب معیارهای FZI و NCRQI انجام می‌گردد (شکل ۱۶) که نتایج نهایی وزن‌دهی نمونه‌ها در شکل ۱۷ نشان داده شده است.

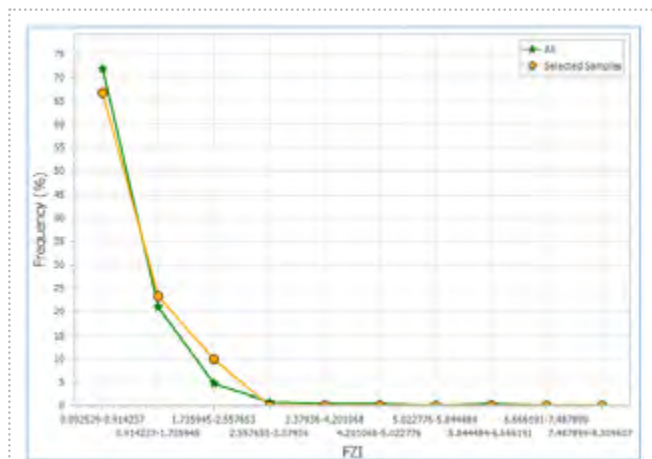
در ادامه، انتخاب نمونه با استفاده از روش MRWS و با استفاده از نمودارهای خطای لورنز و هیستوگرام FZI با تعداد ۱۰ دسته و با خطای AARD انجام می‌گردد. نتایج نمودارهای موردنظر در شکل‌های ۱۸ و ۱۹ نشان داده شده است. باید توجه نمود که این نمودارها برای انتخاب ۳۰ نمونه از ۲۷۱ نمونه می‌باشند که پوشش بسیار مناسبی را نشان می‌دهند.

همچنین توسط روش ORWS تعداد نمونه بهینه و نتایج آن نیز محاسبه می‌گردد که در این مثال، براساس نتایج به‌دست آمده، تعداد نمونه بهینه

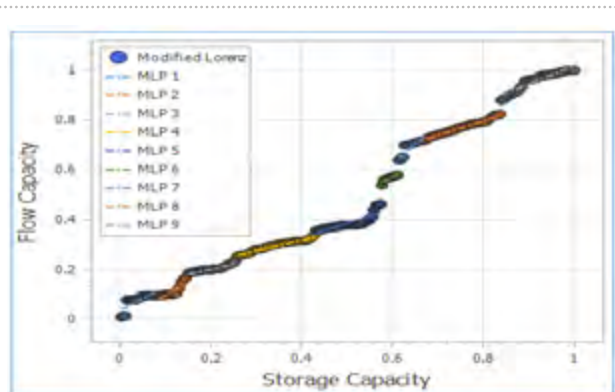
جدول ۱ | مشخصات داده‌های مورد استفاده

محدوده	پارامتر
۳۱۶	تعداد نمونه
۲۴۲۷/۳۵-۲۶۳۶/۲۵	عمق (m)
H و V	نوع نمونه‌ها
۰/۰۷۱-۲۳/۶۷	تخلخل (نسبت)
۲/۶۷-۲/۹۱	چگالی ذره (g/cc)
۰/۰۴-۶۶/۳۸	تراوایی (md)
A, A/B, A/C, B, B/C, B/D, C/D, π , ¥ , § , § , ö , I, II, I/II, AN	موارد موجود در دسته‌بندی آرچی

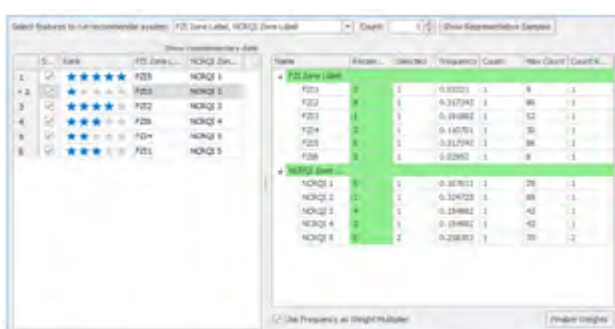
اولین گام از توسعه یک نرم افزار جامع آنالیز خواص سنگ و اطلاعات پتروفیزیکی مخزن است. در نسخه های بعدی، امکانات زیر در نرم افزار گنجانده خواهد شد:



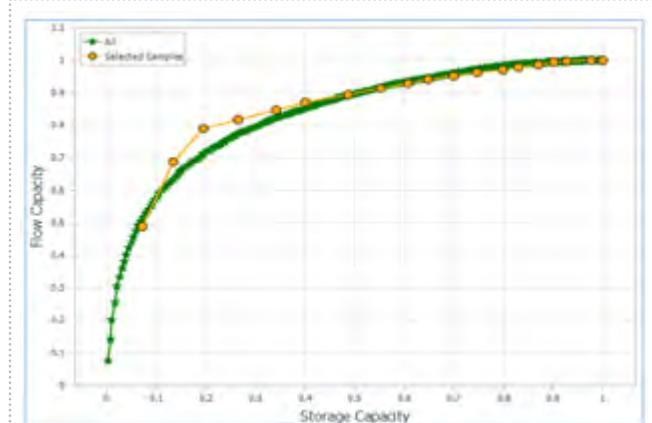
شکل ۱۵ | محاسبه خودکار نواحی MLP



شکل ۱۶ | نمودار هیستوگرام FZI انتخاب ۳۰ نمونه توسط روش MRWS



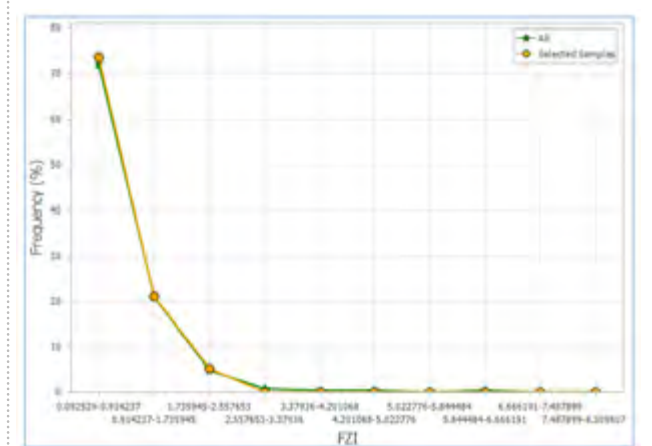
شکل ۱۷ | نمودار لورنز انتخاب ۱۹ نمونه بهینه توسط روش ORWS



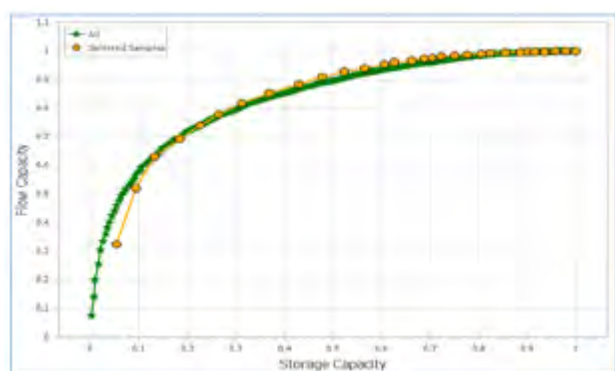
شکل ۱۸ | نمودار لورنز انتخاب ۱۹ نمونه بهینه توسط روش ORWS



شکل ۱۹ | معیارهای وزندهی نمونهها



شکل ۲۰ | نمودار لورنز انتخاب ۳۰ نمونه توسط روش MRWS



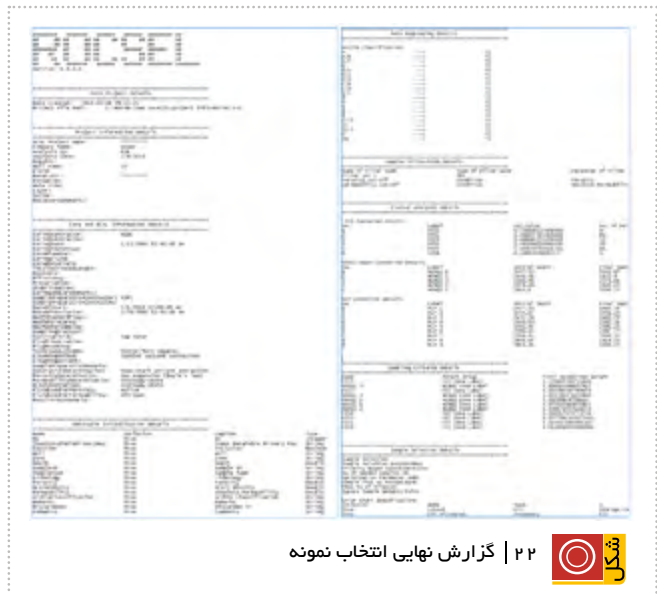
شکل ۲۱ | نمودار هیستوگرام FZI انتخاب ۱۹ نمونه بهینه توسط روش ORWS

۱. بازنویسی محیط کاربری و طراحی نرم افزار به صورت جریان کاری و دیگرام های قابل تعریف توسط کاربر؛
۲. قابلیت پردازش تصاویر CT و حذف خود کار نمونه؛
۳. طراحی کامل برنامه آنالیز ویژه مغزه بر اساس نیازهای کاربران و پس از انجام پیش مطالعه؛
۴. آنالیز اطلاعات ویژه و دسته بندی خواص از طریق یکپارچه سازی اطلاعات معمولی و ویژه و با تمامی روش های موجود در منابع فنی و نیز
۵. آنالیز داده و مدل سازی پیشرفته؛
۶. قابلیت های نموداری و گرافیکی بالاتر؛
۷. پردازش های پتروفیزیکی مانند متوسط گیری از خواص، تطابق عمقی نمودار و مغزه، و غیره؛
۸. پیش پردازش اطلاعات ویژه برای ورود به شبیه ساز.

نتیجه گیری

استفاده از نرم افزار ROCSEL منجر به کاهش زمان انجام پیش مطالعه آنالیز مغزه در حدود یک چهارم زمان قبلی می شود. علاوه بر کاهش چشم گیر زمان انجام مطالعه، کاربرد این نرم افزار، سادگی و دقت بسیار بالاتری را به همراه دارد. بسیاری از امکاناتی که هم اکنون در نرم افزار وجود دارد کاملاً نوین بوده و در هیچ مقاله و گزارشی یافت نمی شود. در واقع، کاربران به الگوریتم هایی دسترسی یافته اند که پیش از این وجود نداشته است و همچنین اجرای بعضی از این الگوریتم ها به صورت دستی و سنتی عملاً ناممکن است.

در پایان باید ذکر نمود که نرم افزار ROCSEL تنها یکی از نرم افزارهای توسعه داده شده در اداره سیستم های مهندسی مخازن شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب است که اکثر این نرم افزارها قابلیت استفاده در سایر شرکت های تابعه شرکت ملی نفت ایران را نیز دارا هستند. ارائه سمینارهای معرفی و استفاده آزمایشی از این نرم افزارها را می توان یک پیشنهاد کاربردی برای گسترش توسعه و استفاده از این نرم افزارها دانست. ■



پانویس ها

- | | | |
|--|--|---|
| 1. Hydraulic Flow Unit | 7. Custom Rock Type | 13. Absolute Average Relative Deviation |
| 2. Grid Properties Propagation | 8. Cross Validation | 14. Optimized Randomized Weighted Selection |
| 3. Valid | 9. Scheme | 15. Workflow |
| 4. Flow Zone Indicator | 10. Normalized Porosity Index | 16. Data Analysis |
| 5. Normalized Cumulative Reservoir Quality Index | 11. Discretize Rock Typing | |
| 6. Modified Lorenz Plot | 12. Multiple Randomized Weighted Selection | |

منابع

- [1] مرتضی شگفت فرد، "نحوه انتخاب نمونه سنگ های مناسب جهت انجام آزمایشات ویژه سنگ مخزن"، گزارش پ ۸۲۳۹-، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، بهار ۱۳۹۴
- [۲] مهدی کلانتری میدی و سید رضا اسداله پور، "راهنمای کاربری نرم افزار آنالیز اطلاعات معمولی و پیش مطالعه آنالیز ویژه مغزه (ROCSEL) (V1.0)"، گزارش پ ۸۵۵۰-، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب، اسفند ۱۳۹۴
- [3] Amaefule, J.O., Altunbay, M., Tiab, D., Kersey, D.G., and Keelan, D.K. Enhanced Reservoir Description: Using Core and Log Data To Identify Hydraulic (Flow) Units and Predict
- Permeability in Uncored Intervals/Wells. Paper SPE 26436 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, 3-6 October. 1993
- [4] Funk, J.J., Siddiqui, S., Al-Sardi, A., and Haque, M.A. Multiscale Flow Zone Determinations. SCA paper No. 9959 presented at the Society of Core Analysts Conference, Golden, Colorado, 2-4 August. 1999
- [5] Tiab, D. and Donaldson, E.C. Petrophysics: Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties. Houston: Gulf Publishing Co. 1996