JRAG
نشریه پژوهش های ژئوفیزیک کاربردی
دوره ۵، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحات ۷۳-۸۴
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22044/JRAG.2017.5270.1095

مقایسه‌ی نتایج تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی به روش‌های مختلف و بررسی رابطه تخلخل– تراوایی در یکی از میدان‌های هیدروکربنی جنوب ایران

سمیه زمانپور[1*]، ابوالقاسم کامکار روحانی[2]، سید رضا قوامی ریابی[2] و امین روشندل کاهو[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
۲- دانشیار، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۹؛ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۱۶

* نویسنده مسئول مکاتبات: somayeh_zamanpour@yahoo.com

واژگان کلیدی

پارامترهای پتروفیزیکی
تراوایی
واحدهای جریان هیدرولیکی
شاخص زون جریان
رخساره‌های الکتریکی

چکیده

توزیع فضایی پارامترهای پتروفیزیکی در مخازن، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در توصیف مشخصات مخزن است. واحدهای جریان بخش پیوسته‌ای از یک حجم خاص مخزن است؛ که در آن خواص زمین‌شناسی و پتروفیزیکی یکسان هستند. بر این اساس، پیش‌بینی دقیق واحدهای جریان یک کار عمده برای رسیدن به توصیف پتروفیزیکی قابل اعتماد از یک مخزن است. معمولاً در مخازن ارتباط ساده‌ای بین تخلخل و تراوایی وجود ندارد، بنابراین تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی روشی مناسب برای بررسی و ارزیابی رابطه تخلخل- تراوایی در مخازن هیدروکربوری است. مفهوم واحدهای هیدرولیکی برای تقسیم‌بندی مخزن به واحدهای پتروفیزیکی مجزا استفاده می‌شود. هر واحد جریان دارای یک مقدار شاخص زون جریان منحصر به فرد است. در این مطالعه به منظور ارائه رابطه تخلخل- تراوایی، ابتدا واحدهای جریان هیدرولیکی با روش‌های شاخص زون جریان و رخساره‌های الکتریکی در سه چاه میدان مورد مطالعه، تعیین شد. سپس رابطه میان تخلخل و تراوایی در هریک از این واحدها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده تعداد یکسان واحدهای جریان هیدرولیکی در هر دو روش می‌باشند. با این حال تعداد واحدهای جریان هیدرولیکی در یک چاه متفاوت از دو چاه دیگر به دست آمده است. نتایج حاصل از بررسی رابطه تخلخل- تراوایی در چاه‌های مورد مطالعه با استفاده از دو روش فوق حاکی از ضریب همبستگی بالاتر بین تخلخل و تراوایی در روش شاخص زون جریان نسبت به روش رخساره‌های الکتریکی بوده است. با این حال، تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی در روش رخساره‌های الکتریکی حتی در حالتی که داده‌های تخلخل و تراوایی در دسترس نیستند، به کمک نگارهای چاه‌پیمایی امکان‌پذیر بوده است.

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

با توجه به ناهمگنی مخازن در ابعاد ماکروسکوپی و میکروسکوپی، ارائه توصیفی دقیق از ویژگی‌های پتروفیزیکی مخزن که از مهم‌ترین پارامترها در اکتشاف، تولید و مدیریت مخازن هیدورکربنی است، نیازمند داشتن اطلاعات کافی در مورد میزان غیریکنواختی مخزن است. تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی که به منظور تفکیک بخش-های مخزنی و غیرمخزنی صورت می‌گیرد، می‌تواند راه‌حلی برای این مشکل ناهمگنی باشد. یک واحد جریان حجم خاصی از مخزن است که از یک یا تعداد بیشتری از خواص سنگ‌شناسی مخزن ترکیب شده است؛ که ممکن است با واحدهای جریان دیگر در ارتباط باشد (Tiab and Donaldson, 2012). هر یک از واحدهای جریانی بیانگر کیفیت مخزنی بخش‌های مختلف مخزن است و یک روند تخلخل-تراوایی، مشخصات اشباع و مجموعه‌ای از منحنی‌های تراوایی نسبی مربوط به خود دارد.

یک توصیف جامع از مخزن، عمدتاً از طریق شناسایی واحدهای جریان ارائه می‌شود. پیش‌بینی دقیق واحدهای جریان برای مدل‌سازی مخزن پتروفیزیکی قابل اعتماد، ضروری است (Hosseini Bidgoli et al., 2013). واحدهای جریان با استفاده از روش‌های مختلفی تعیین می‌شوند. کاربرد موفق و توسعه روش واحدهای جریان برای پیش‌بینی خواص پتروفیزیکی مخزن و بررسی گونه‌های سنگی با استفاده از نگارهای چاه‌پیمایی در کارهای قبلی گزارش شده است (Henry et al., 1995).

روش استفاده از شاخص زون جریان (Flow Zone Indicator) روش متداولی جهت تعیین واحدهای جریان است که مبنای مطالعات بسیاری قرار گرفته است. نوریان و همکاران (۱۳۹۴) به تفکیک گروه‌های سنگی با استفاده از واحدهای جریان و روش خوشه‌بندی در مخزن بنگستان میدان منصوری پرداختند. در تحقیق مذکور، در نتیجه مقایسه روش‌های خوشه‌بندی سلسله مراتبی و روش k-means با استفاده از روش اعتبارسنجی سیلوئت silhoutte، روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی به عنوان روش بهینه انتخاب شد و همچنین با مقایسه گونه‌های سنگی تعیین شده به روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی با واحدهای جریان و نیز رخساره‌های میکروسکوپی مخزن، هر دو روش، نتایج قابل قبولی برای تعیین گونه-های سنگی نشان دادند.

Amaefule et al. (1993)، به تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی با استفاده از داده‌های نگارهای چاه‌پیمایی و مغزه‌ها و پیش‌بینی تراوایی در چاه‌های فاقد مغزه پرداختند. Abbaszadeh et al. (1996)، به پیش‌بینی تراوایی با استفاده از روش واحدهای جریان در دو مخزن ناهمگن کربناته و ماسه سنگی پرداختند. مقایسه تراوایی محاسبه شده با روش واحدهای جریان و سایر روش‌ها در این مطالعه، موفقیت روش واحدهای جریان در پیش‌بینی تراوایی را نشان می‌داد. Fahad and Stephen (2000)، در یک مخزن ماسه سنگی در عربستان سعودی با استفاده از اطلاعات نگارهای پتروفیزیکی و مفهوم واحدهای جریان، تراوایی مخزن مزبور را ارزیابی کردند و یک روش خوشه‌بندی جدید و با کاربرد آسان را ارائه دادند؛ که در آن از روش مجموع مربعات خطا به عنوان معیاری برای تعیین تعداد واحدهای هیدرولیک جریان برای توصیف مخزن استفاده شد و بیان کردند که تراوایی تخمین زده شده با روش واحدهای جریان، با استفاده از الگوریتم انتظار شرطی متناوب (Alternating Conditional Expectation (ACE)) قابل تعمیم به چاه‌های فاقد مغزه است.

رخساره‌های الکتریکی یا الکتروفاسیس‌ها (Electrofacies)، مفهوم جدیدی از گونه‌های سنگی بر اساس پاسخ‌های نگارها در مخازن کربناته، معرفی نمود. کدخدایی ایلخچی و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که تلفیق دو روش تفکیک گونه‌های سنگی، روش رخساره‌های الکتریکی و روش واحدهای جریان، هر دو جنبه زمین‌شناسی و پتروفیزیکی در ماسه‌های گازی متراکم (Tight) در میدان ویچررنج (Whicher Range) در استرالیای غربی را به طور مؤثری ترکیب نموده و به درک و تفسیر صحیح از رفتار تولید مخزن کمک می‌کند. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۲) با تعیین رخساره‌های الکتریکی در میدان نفتی لالی نشان دادند که رخساره‌های الکتریکی مشابه، به دلیل ترکیب سنگ‌شناسی متفاوت، تأثیر زیادی بر تعداد شکستگی‌ها در محدوده خود دارند. فرازانی و همکاران (۱۳۹۳) به تعیین رخساره‌های الکتریکی در سازند آسماری در میدان نفتی گچساران با استفاده از روش آنالیز خوشه‌ای گرافیکی پرداخته و نشان داده‌اند که به کارگیری نگارهای تصویرگر موجب بهبود تفکیک رخساره‌های الکتریکی می‌شود. صالحی و همکاران (۱۳۹۴) به تحلیل گونه‌های سنگی با استفاده از روش‌های مختلف و با هدف ارزیابی کیفیت مخزنی بخش بالایی سازند سورمه در یکی از میدان‌های بخش مرکزی خلیج فارس پرداختند.

زحمت‌کش و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از روش شبکه عصبی خود سازمان‌ده (Self Organizing Map (SOM)) رخساره‌های الکتریکی سازند آسماری در یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران را تعیین کردند و اظهار کردند که با توجه به انطباق خوب نتایج مدل بهینه شده آن‌ها با واقعیت، رخساره‌های الکتریکی در حکم جانشین برای رخساره‌های رسوبی بوده و به تمام چاه‌های میدان تعمیم داده شد.

Khoshbakht and Mohammadnia (2012)، روش‌های خوشه-بندی مختلف را به منظور پیش‌بینی تراوایی در یکی از میادین جنوب غرب ایران بکار بردند و بیان داشتند که مقایسه نتایج حاصل با نتایج حاصل از روش‌های تجربی، آنالیز رگرسیون و شبکه‌های عصبی حاکی از عملکرد بهتر روش خوشه‌بندی خود سازمان

Archive of SID

www.SID.ir

ده بوده است.

Rastegarnia et al. (2016)، به مدل‌سازی سه‌بعدی شاخص زون جریان و رخساره‌های الکتریکی با استفاده از آنالیز نشانگرهای لرزه‌ای و روش شبکه‌های عصبی پرداختند و نشان دادند که توزیع رخساره‌های مخزنی به درک ناهمگنی زیرسطحی در مخزن مورد مطالعه کمک می‌کند.

در این مطالعه که به‌منظور تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی و بررسی رابطه تخلخل- تراوایی در یکی از میدان‌های هیدروکربنی در جنوب ایران صورت گرفته، از نگارهای سه چاه حفر شده در این میدان استفاده شده است. بدین منظور ابتدا با استفاده از روش‌های رخساره-های الکتریکی و شاخص زون جریان، واحدهای جریان هیدرولیکی در هر یک از چاه‌ها، محاسبه شده و سپس رابطه تخلخل- تراوایی در هر یک از واحدهای جریان محاسبه شده، مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شنا سی میدان مورد مطالعه

میدان مورد مطالعه که واقع در بخش دور از ساحل خلیج فارس در نزدیک مرز ایران و قطر قرار دارد، ساختمانی گنبدی شکل است که بر روی پی سنگ قوسی قرار گرفته است. این قوس به عنوان بلندای قطر- فارس شناخته می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از تفسیر داده‌های لرزه‌نگاری سه‌بعدی، این ساختمان به وسیله شبکه‌ای از گسل‌های عادی که در دو روند شمال- شمال باختر، جنوب- جنوب خاور و شمال- شمال خاور، جنوب- جنوب باختر واقع شده‌اند به سه بلوک ساختمانی مرکزی، شمالی و جنوبی تقسیم شده است. در برخی از چاه‌ها که این گسل‌ها را قطع کرده‌اند، اثر این گسل‌ها به صورت تغییر ضخامت اعم از حذف شدگی یا تکرار مشاهده می‌شود. پی‌سنگ در این منطقه متشکل از سنگ‌های آذرین و دگرگونی مربوط به پرکامبرین است. در خلیج فارس بسیاری از میادین نفتی در ساختمان-هایی که حاصل بالاآمدگی نمک‌ها هستند قرار دارند. احتمالاً ساختمان میدان مورد مطالعه در طی این فرآیندها به وجود آمده است. ستون چینه‌شناسی و سازندهای حفاری شده در میدان مورد مطالعه در واقع مطابق با سری‌های رسوبی جنوبی خلیج فارس و برخی کشورهای عربی از جمله قطر و امارات متحده عربی است. در این میدان سه توالی سورمه بالایی (عرب زون) با سن کیمریجین (Kimmeridgian)- پورتلندین (Porthlandian) با لیتولوژی عمده دولومیت، انیدریت، آهک، داریان با سن آپتین (Aptian) و لیتولوژی آهک و نیز بخش بالایی سروک با سن سنومانین (Cenomanaian) و لیتولوژی آهک، مخزن محسوب می‌شوند. به نظر می‌رسد آهک‌ها و شیل‌های بخش عمیق سازند سورمه سنگ منشأ و انیدریت هیث و انیدریت‌های همراه با لایه‌های دولومیتی پوش‌سنگ سیستم نفتی ژوراسیک میدان مورد مطالعه باشد (جباری، ۱۳۹۰).

۳- روش‌های تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی

مفهوم واحدهای هیدرولیکی برای تقسیم‌بندی مخزن به واحدهای پتروفیزیکی مجزا استفاده می‌شود. هر واحد جریان دارای یک مقدار شاخص زون جریان منحصر به فرد است (Abed, 2014).

اساس این روش رابطه کوزنی- کارمن اصلاح شده (Modified Kozeny-Carmen) و مفهوم شعاع هیدرولیکی میانگین است (Amaefule et al., 1993). تئوری طبقه‌بندی روش واحدهای جریان سیال بر این فرض استوار است که ارتباط حفرات را می‌توان توسط مجموعه‌ای از لوله‌های موئینه نشان داد. ترکیب قوانین دارسی و پویزولی برای لوله‌های استوانه‌ای مستقیم به رابطه (۱) منتج شد (Ameafule et al., 1993).

$$\varphi_e k = \frac{r^2}{8} \qquad (۱)$$

در این رابطه k، تراوایی و φ_e، تخلخل مؤثر است. از آنجا که در یک مدل واقعی، لوله‌های موئینه مستقیم نبوده و دارای خمیدگی‌های متفاوتی هستند، در رابطه کوزنی - کارمن برای یک محیط متخلخل واقعی، پارامترهای پیچاپیچی (τ) و مساحت سطح فضای خلل و فرج در واحد حجم ذرات یا دانه‌ها (سطح ویژه محیط متخلخل) S_{gv} در رابطه (۱) اعمال شده و رابطه‌ای جدید بین تخلخل و تراوایی به دست می‌آید (Ameafule et al., 1993):

$$k = \frac{\varphi_e^3}{(1-\varphi_e)^2} \times \frac{1}{F_s \tau^2 S_{gv}^2} \qquad (۲)$$

که در آن F_s فاکتور شکل، k تراوایی برحسب میکرومتر مربع و φ_e تخلخل مؤثر است که به صورت کسری بیان می‌گردد.

عبارت $F_s\tau^2$ ، به عنوان ثابت کوزنی شناخته شده و در رابطه (۲) دارای کاربرد محدودی است؛ زیرا مقادیر واقعی ثابت کوزنی معمولاً برای یک سنگ خاص ناشناخته بوده و عبارت S_{gv}^2 ، در محاسبات منظور نمی‌گردید.

روش واحدهای جریان هیدرولیکی، با در نظر گرفتن مشخصات اصلی زمین‌شناسی و هندسه فضای متخلخل و تقسیم‌بندی شاخص زون جریان، تغییرات ثابت کوزنی و عبارت S_{gv}^2 را در آن اعمال می‌کند.

شاخص زون جریان به ویژگی‌های زمین‌شناسی مواد و هندسه منافذ مختلف توده سنگ بستگی دارد. از این‌رو، پارامتر مناسبی برای تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی است. شاخص زون جریان تابعی از شاخص کیفیت مخزن و نسبت تخلخل است. Ameafule et al. (1993) با تقسیم رابطه (۲) بر φ_e، تغییرات ثابت کوزنی را مورد مطالعه قرار داده و رابطه (۳) را ارائه نمودند.

Archive of SID

www.SID.ir

$$0.0314\sqrt{\frac{k}{\varphi_e}} = \frac{\varphi_e}{(1-\varphi_e)} \times \frac{1}{\sqrt{F_s \tau^2 S_{gv}^2}} \quad (۳)$$

ثابت 0.0314 به منظور تبدیل واحد تراوایی از میکرومتر مربع به میلی دارسی است. بر اساس رابطه (۳) عبارت‌های شاخص کیفیت مخزن ((Reservoir Quality Index (RQI))، تخلخل نرمال شده φ_z و شاخص زون جریان (FZI) را به صورت روابط (۴) تا (۶)، می‌توان تعریف نمود.

$$RQI = 0.0314\sqrt{\frac{k}{\varphi_e}} \quad (۴)$$

$$\varphi_z = \frac{\varphi_e}{(1-\varphi_e)} \quad (۵)$$

$$FZI = \frac{1}{\sqrt{F_s \tau^2 S_{gv}^2}} \quad (۶)$$

طبق روابط (۴) تا (۶)، رابطه (۳) را می‌توان به صورت رابطه (۷) بازنویسی کرد:

$$RQI = \varphi_z \times FZI \quad (۷)$$

سپس با لگاریتم گرفتن از طرفین رابطه (۸) می‌توان نوشت (Ameafule et al., 1993):

$$Log(RQI) = Log(\varphi_z) + Log(FZI) \quad (۸)$$

RQI به عنوان شاخص کیفیت مخزنی شناخته می‌شود و تقریبی از میانگین شعاع هیدرولیکی در سنگ مخزن است و به عنوان کلیدی برای واحدهای جریان هیدرولیکی بوده که تخلخل، تراوایی و فشار موئینگی و دیگر خواص ماکروسکوپیک را به هم مرتبط می‌سازد (Tiab and Donaldson, 2012).

جهت تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی در هر یک از چاه‌های میدان مورد مطالعه از داده‌های تخلخل و تراوایی محاسبه شده از نگارهای پتروفیزیکی در بخش مخزنی و از روش‌های رخساره‌های الکتریکی و نمودار احتمال نرمال لگاریتم شاخص زون جریان استفاده شده است.

۳-۱- تعیین واحدهای جریان با استفاده از روش رخساره‌های الکتریکی

با توجه به ناهمگنی بالای مخزن در ابعاد ماکروسکوپی و میکروسکوپی، ارائه توصیفی دقیق از ویژگی‌های پتروفیزیکی مخزن که از مهم‌ترین پارامترها در اکتشاف، تولید و مدیریت مخازن هیدورکربنی است، نیازمند اطلاعات کافی در مورد میزان غیریکنواختی مخزن است. برای از بین بردن خطاها و کاستی‌ها، به مطالعات دقیق زمین‌شناسی مخزن و تعیین ویژگی‌های آن با روش‌های نوین و کم هزینه با دقت بالا مانند تعیین رخساره‌های الکتریکی با روش خوشه‌بندی نیاز است. روش‌های دسته‌بندی به طور گسترده‌ای برای تجزیه و تحلیل رخساره‌های الکتریکی و پیش‌بینی خواص پتروفیزیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به منظور تعیین رخساره‌های سازند مورد بررسی در این مطالعه، از روش خوشه‌بندی چند تفکیکی بر پایه گراف (Multi Resolution Graph-based Clustering (MRGC)) استفاده شده است. این نوع مدل خوشه‌بندی محلی، از یک روش تشخیص الگوی نقطه‌ای چندبعدی بر اساس روش ناپارامتری K- نزدیک‌ترین همسایگان و نمایش اطلاعات به صورت نمودار (graph) استفاده می‌کند. در این روش ساختار داده-های پیچیده مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و گروه داده‌های طبیعی با شکل‌ها، اندازه‌ها و تراکم‌های متفاوت شکل می‌گیرد (Khoshbakht and Mohammadnia, 2012).

روش خوشه‌بندی MRGC الگوهای نقطه‌ای را به دلیل تغییرات در پاسخ رفتاری نگارهای پتروفیزیکی با استفاده از روش‌های زمین-آماری و شبکه عصبی، خوشه‌بندی می‌کند. این خوشه‌های نقطه‌ای تحت عنوان رخساره‌های الکتریکی نیز نام‌گذاری می‌شوند و به تغییرات کیفیت سنگ مرتبط هستند.

الگوریتم MRGC بر اساس روش‌های هوشمند، تعداد خوشه‌های بهینه را با توجه به داده‌های محدود اولیه در هر چاه، بدون دخالت ناظر و به‌طور خودکار ارائه می‌دهد. خوشه‌های تولید شده توسط MRGC به شیوه سلسله مراتبی سازمان‌دهی شده‌اند، به طوری که خوشه‌های مرتبه بالا، زیرمجموعه خوشه‌های مرتبه پایین هستند. در نتیجه، بسته به تفکیک مورد نیاز، می‌توان تعداد مناسب خوشه‌ها را انتخاب کرد.

تعیین رخساره‌های الکتریکی بر مبنای شناسایی گروه داده‌هایی با خصوصیات یکسان در داده‌های حاصل از نگارهای پتروفیزیکی صورت می‌گیرد. هدف از آنالیز خوشه‌ای، تقسیم‌بندی مجموعه داده‌ها به گروه‌هایی مشخص بر اساس شباهت یا تفاوت بین گروه‌ها است. بدین صورت که داده‌های موجود در هر گروه دارای بیشترین شباهت با یکدیگر و بیشترین تفاوت با داده‌های موجود در گروه‌های دیگر هستند.

در این تحقیق، حداقل ۴ و حداکثر ۵ خوشه به دلخواه، برای روش MRGC اختصاص داده شد که پس از اجرای روش MRGC، ۳ مدل با تعداد خوشه‌های مختلف (۸، ۱۰ و ۱۲ خوشه) ایجاد گردید. فاصله میان خوشه‌های طبیعی داده‌های تخلخل-تراوایی بسیار کوتاه است و بیشتر خوشه‌ها همپوشانی دارند. با افزایش تعداد خوشه‌ها، خوشه‌های غیرواقعی تولید می‌شوند و پیش‌بینی در شرایط غیرواقعی انجام می‌شود؛ بنابراین حداقل تعداد خوشه‌ها (۸ خوشه) برای تعیین رابطه تخلخل- تراوایی برای استفاده مطلوب است (Khoshbakht and Mohammadnia, 2012).

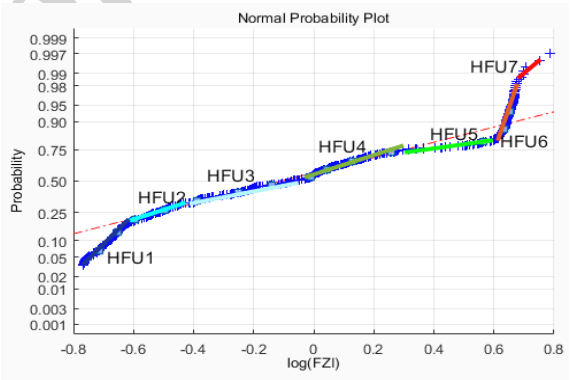
Archive of SID

www.SID.ir

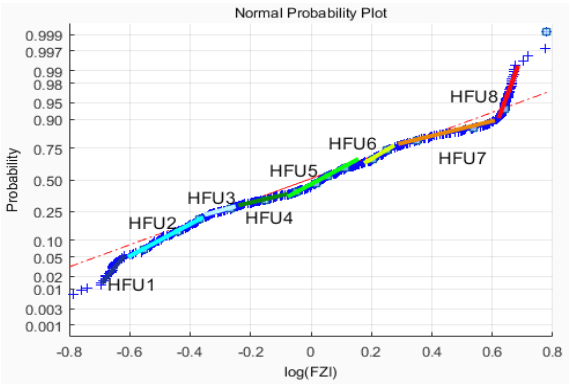
۳-۲- تعیین واحدهای جریان با روش آنالیز احتمال

یک واحد جریان، حجم خاصی از مخزن است که از یک یا تعداد بیشتری از خواص سنگ‌شناسی مخزن ترکیب شده و ممکن است با واحدهای جریان دیگر در ارتباط باشد. هر واحد جریان با استفاده از روش شاخص زون جریان (FZI) مشخص شده و شاخص زون جریان خود تابعی از پارامتر شاخص کیفیت مخزنی (Reservior Quality Index) است. مفهوم واحدهای جریان می‌تواند مخزن را به گونه‌های پتروفیزیکی مجزا تقسیم کرده، به گونه‌ای که هر واحد دارای شاخص زون جریان مخصوص به خود باشد.

رسم نمودار تجمعی احتمال نرمال مقادیر لگاریتم FZI، روشی مناسب برای تعیین تعداد واحدهای جریانی است (Svirsky, et al., 2004). اگر شاخص زون جریان با احتمال نرمال تجزیه و تحلیل شود، n توزیع خطی به دست می‌آید که نشان‌دهنده n واحد جریان هیدرولیکی است. نمودار احتمال (تابع توزیع تجمعی)، انتگرال تابع چگالی احتمال (هیستوگرام) است. توزیع نرمال به شکل یک خط مستقیم مجزا در یک نمودار احتمال است؛ بنابراین، تعداد خطوط مستقیم (نقاط شکستگی‌ها) در نمودار احتمال برای تعیین تعداد



شکل ۱: نمودار احتمال لگاریتم شاخص زون جریان در چاه W-1.

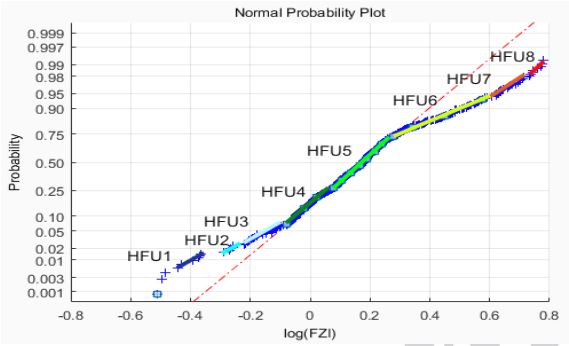


شکل ۲: نمودار احتمال لگاریتم شاخص زون جریان در چاه W-2.

واحدهای هیدرولیکی جریان در مخزن استفاده می‌شوند (Abed, 2014).

۴- واحدهای جریان هیدرولیکی در میدان مورد مطالعه

در این مطالعه، به منظور تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی، شاخص زون جریان (FZI) در هر یک از چاه‌های مورد استفاده در این مرحله، با استفاده از روابط (۴) تا (۶) و استفاده از داده‌های نگارهای تخلخل و تراوایی در محدوده مخزن مورد مطالعه در هر یک از چاه‌های W-1، W-2 و W-3 محاسبه شد. سپس، با استفاده از روش شاخص زون جریان (FZI) نمودار احتمال برای لگاریتم FZI رسم گردید. نقاط شکستگی در این نمودار، بیانگر جدایش و مرز بین واحدهای جریانی مختلف است. تعداد واحدهای جریان هیدرولیکی (Hydraulic flow units) با توجه به تغییرات شیب نمودار مزبور برای مخزن مورد مطالعه، در چاه W-1، ۷ واحد جریان هیدرولیکی و در چاه‌های W-2 و W-3، ۸ واحد جریان هیدرولیکی به دست آمده که در شکل‌های ۱ تا ۳ نشان داده شده است.



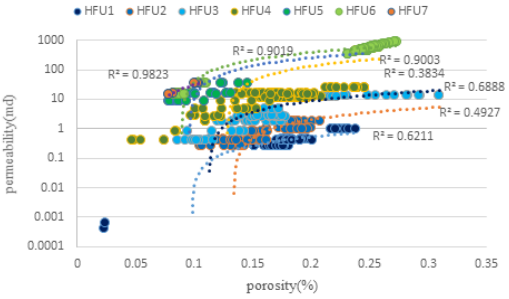
شکل ۳: نمودار احتمال لگاریتم شاخص زون جریان در چاه W-3.

سپس به منظور تعیین رابطه میان تخلخل و تراوایی در هریک از این واحدهای جریان، نمودار نیمه لگاریتمی تخلخل- تراوایی در هر یک از این واحدها برای هر یک از سه چاه مورد بررسی رسم گردید. شکل‌های ۴ تا ۶ به ترتیب نمودارهای نیمه لگاریتمی تخلخل- تراوایی در چاه‌های W-1 تا W-3 را نشان می‌دهند و بیانگر میزان صحت واحدهای جریانی انتخاب شده می‌باشند. همان‌طور که از روی شکل‌های ۴ تا ۶ دیده می‌شود، در حالت کلی ضریب تعیین (Determination coefficient) و در نتیجه میزان همبستگی بین تراوایی و تخلخل در اکثر واحدهای جریان چاه‌های مورد نظر نسبتاً بالا است. پایین بودن میزان ضریب همبستگی در برخی از واحدهای جریانی، نشان‌دهنده ارتباط ضعیف بین تخلخل و تراوایی در آن واحدهاست؛ که می‌تواند ناشی از عواملی مانند تأثیر شکستگی‌ها در آن واحدها و یا وجود ارتباط و پیوستگی ضعیف بین منافذ خالی سنگ باشد.

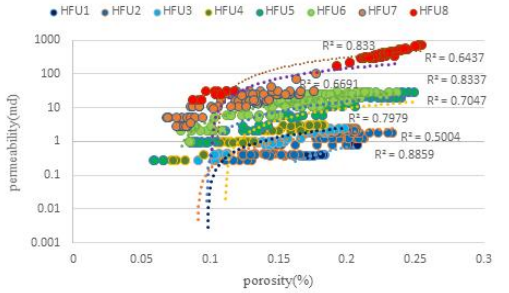
Archive of SID
www.SID.ir

همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده، ضریب تعیین (و درنتیجه میزان همبستگی) بین تراوایی و تخلخل حدود نیمی از واحدهای جریان چاه W-1 بالای ۰/۹ است و پایین‌ترین ضریب تعیین بین این دو کمیت در چاه مزبور حدود ۰/۴ است. این امر حاکی از ارتباط نسبتاً بالا، مستقیم و معنی‌دار بین تخلخل و تراوایی واحدهای جریان در این چاه است در دو چاه دیگر، همان‌طور که در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده، ضریب تعیین کم‌تر از ۰/۵ بین دو کمیت مورد بحث وجود ندارد. با این حال، تعداد واحدهای جریان با ضریب تعیین بیش از ۰/۹ بین دو کمیت مورد نظر نیز بسیار اندک است.

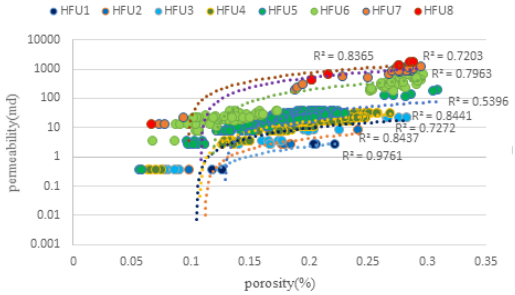
علاوه بر میزان همبستگی، نوع ارتباط بین دو پارامتر تخلخل و تراوایی نیز حائز اهمیت است. نوع یا نحوه ارتباط بین این دو پارامتر گاهی پیچیده بوده و اساساً یا عمدتاً بر روی میزان همبستگی بین این دو پارامتر نیز تأثیر می‌گذارد. لازم به ذکر است که مقادیر ضریب تعیین ۰/۳۸ یا حدود ۰/۴ و ۰/۴۹ یا حدود ۰/۵ در شکل ۴، کم‌ترین مقادیر ممکن ضریب تعیین بین تخلخل و تراوایی در واحدهای جریان چاه W-1 می‌باشند. در این رابطه باید به این نکته اشاره شود که میزان همبستگی بالا یا پایین بین دو پارامتر مورد نظر گاهی فقط بر اساس تعداد کمی نمونه به دست آمده است. در این موارد، میزان همبستگی بین این دو پارامتر، شاخص خوبی نیست.



شکل ۴: نمودار توزیع تخلخل- تراوایی برای هر یک از واحدهای جریان مربوط به مخزن مورد مطالعه در چاه W-1.

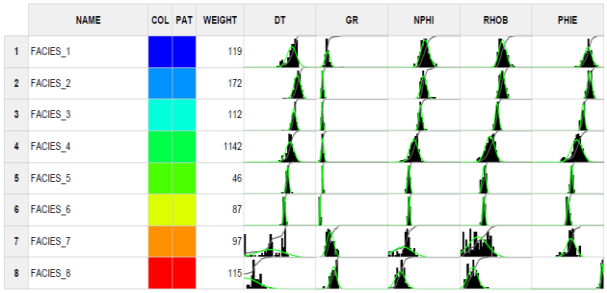


شکل ۵: نمودار توزیع تخلخل- تراوایی برای هر یک از واحدهای جریان مربوط به مخزن مورد مطالعه در چاه W-2.



شکل ۶: نمودار توزیع تخلخل- تراوایی برای هر یک از واحدهای جریان مربوط به مخزن مورد مطالعه در چاه W-3.

سپس، تعداد بهینه رخساره‌های الکتریکی با استفاده از روش خوشه‌بندی MRGC برای سه حلقه چاه میدان مورد مطالعه و به کمک نگارهای صوتی (DT)، پرتوی گاما (GR)، تخلخل نوترونی (NPHI)، چگالی (RHOB) و تخلخل (PHIE) به دست آمد. در نتیجه این خوشه‌بندی تعداد ۸ رخساره الکتریکی مشخص گردید. در شکل ۷ ویژگی‌هایی از جمله اسم و رنگ هر یک از این رخساره‌ها، وزن عددی داده‌های ورودی برای هر رخساره و نمودار فراوانی داده‌های نگارهای پتروفیزیکی ورودی نشان داده شده است.



شکل ۷: نتایج حاصل از خوشه‌سازی MRGC.

در نهایت با استفاده از روش گسترش رخساره‌ای نزدیک‌ترین همسایه (KNN Facies Propagation) زون‌های مختلف چاه‌های مورد مطالعه به صورت نمایش داده شده در جدول ۱ تعیین شد. طبقه-بندی K نزدیک‌ترین همسایه (K Nearest Neighbor (KNN)) یکی از بهترین و شناخته شده‌ترین روش‌های طبقه‌بندی در کاربردهای مختلف است. روش K نزدیک‌ترین همسایه، نمونه تست را متعلق به کلاسی می‌داند که بیشترین آرا را در بین K نزدیک‌ترین همسایگان آن داشته باشد. برای به دست آوردن نزدیک‌ترین همسایگی‌های یک نمونه، معمولاً از تابع فاصله‌سنجی اقلیدوسی استفاده می‌شود (Verbiest, et al., 2012). تابع فاصله‌سنج اقلیدوسی بر مبنای فاصله متریک دو نمونه در فضای اقلیدوسی تعریف می‌شود (عزمی و عراقی‌نژاد، ۱۳۹۰). طبقه‌بند KNN (classifier)، نمونه‌های K در مجموعه x را که به t نزدیک هستند، تعیین می‌کند و سپس t را به کلاسی که بهترین نماینده در میان k همسایه است، اختصاص می‌دهد. در مورد روابط، یک کلاس به

Archive of SID
www.SID.ir

صورت تصادفی از کلاس‌های نامزد تعیین می‌شود. معمولاً، از فاصله اقلیدوسی طبق رابطه (۹) استفاده می‌شود (Verbiest, et al., 2012):

$$d_{eucl}(x,t) = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} d^{i}_{eucl}(x,t)} \qquad (۹)$$

که در این رابطه اگر a_i یک ویژگی پیوسته باشد، $d^{i}_{eucl}(x,t)$ از رابطه (۱۰) به دست می‌آید:

$$d^{i}_{eucl}(x,t) = (a_{i(x)} - a_{i(t)})^2 \qquad (۱۰)$$

و اگر a_i یک ویژگی اسمی باشد، $d^{i}_{eucl}(x,t)$ از رابطه (۱۱) به دست می‌آید:

$$d^{i}_{eucl}(x,t) = \begin{cases} 1 & \text{if } a_i(x) \neq a_i(t) \\ 0 & \text{if } a_i(x) = a_i(t) \end{cases} \qquad (۱۱)$$

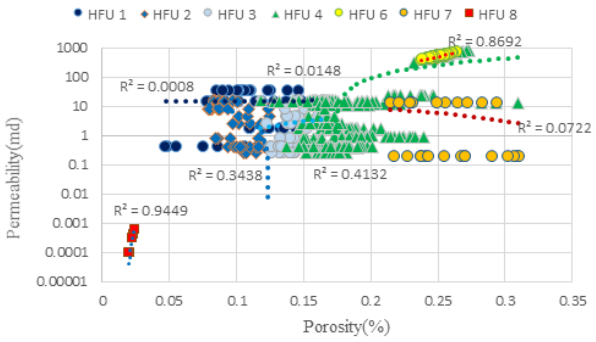
با توجه به تمایل یا بایاس کم (low Bias)، قابل‌فهم بودن آن و این واقعیت که هیچ فرضی بر روی داده‌ها تحمیل نمی‌کند، روش KNN به طور گسترده‌ای در بسیاری از کاربردها استفاده می‌شود (Verbiest, et al., 2012).

جدول ۱: رخساره‌های الکتریکی تفکیک شده با روش MRGC.

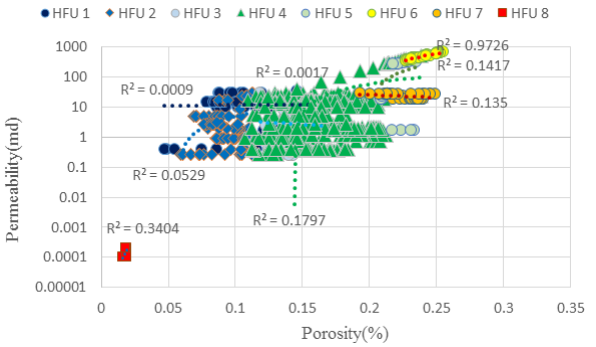
FACIES	WEIGHT	DT	GR	NPHI	RHOB	PHIE
1	119	73.65	32.19	0.14	2.55	0.11
2	172	66.04	18.29	0.15	2.54	0.10
3	112	70.71	1753	0.18	2.47	0.14
4	1142	76.33	18.10	0.23	2.37	0.19
5	46	79.60	18.65	0.28	2.29	0.22
6	87	84.06	11.04	0.27	2.28	0.25
7	97	103.27	39.71	0.33	2.20	0.23
8	115	137.53	49.15	0.35	2.13	0.01

از آنجا که رخساره‌های دارای بالاترین میزان DT، PHIE و NPHI و کم‌ترین میزان RHOB و GR دارای بهترین کیفیت مخزنی می‌باشند؛ بنابراین با توجه به شکل ۷ و جدول ۱، رخساره‌های ۴، ۵، ۶ و ۷ دارای کیفیت مخزنی بهتری نسبت به سایر رخساره‌ها می‌باشند.

سپس، به منظور تعیین رابطه میان تخلخل و تراوایی در هریک از این واحدهای جریان، نمودار نیمه لگاریتمی تخلخل- تراوایی در هر یک از این واحدها برای هر یک از سه چاه مورد بررسی رسم گردید که نتایج آن در شکل‌های ۸ تا ۱۰ نشان داده شده است. برخلاف روش قبلی، میزان همبستگی بین تراوایی و تخلخل در اکثر واحدهای جریان چاه‌های مورد نظر به جز در موارد معدودی پایین است. یکی از این موارد واحد ۸ است که واحدی با تراوایی و تخلخل پایین و به احتمال زیاد غیر اقتصادی است و البته میزان همبستگی بالا یا پایین بین دو پارامتر مورد نظر در این واحد فقط بر اساس تعداد کمی نمونه به دست آمده است. واحد ۶ نیز دارای ضریب همبستگی بالا است؛ اما بر خلاف واحد ۸ که واحدی با تراوایی و تخلخل پایین و به احتمال زیاد غیر اقتصادی است. این واحد، واحدی با تراوایی و تخلخل بالا و کیفیت خوب مخزنی است. رخساره ۷ با توجه به نگارهای پتروفیزیکی آن از کیفیت مخزنی متوسط به پایین برخوردار است؛ چون نگارهای پتروفیزیکی آن مخصوصاً چگالی یا RHOB و اشعه گاما یا GR آن تا حدی مشابه همین نگارها در رخساره ۸ می‌باشند. البته چون مقدار نگار اشعه گاما یا GR رخساره ۷ کمتر از مقدار نگار اشعه گاما یا GR رخساره ۸ بوده و مقدار نگار چگالی یا RHOB رخساره ۷ عمدتاً بیش از مقدار نگار چگالی یا RHOB رخساره ۸ است؛ پس کیفیت مخزنی رخساره ۷ کمی بهتر از کیفیت مخزنی رخساره ۸ است.

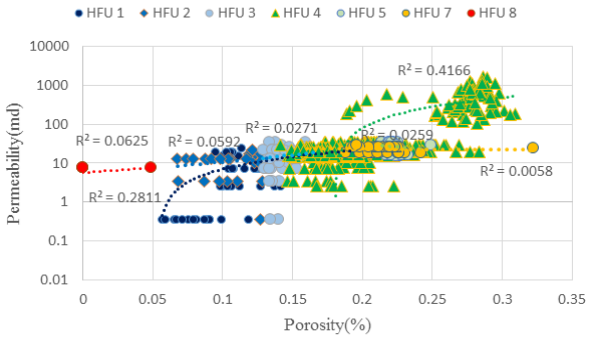


شکل ۸: نمودار توزیع تخلخل- تراوایی برای هر یک از واحدهای جریان مربوط به مخزن مورد مطالعه در چاه W-1.



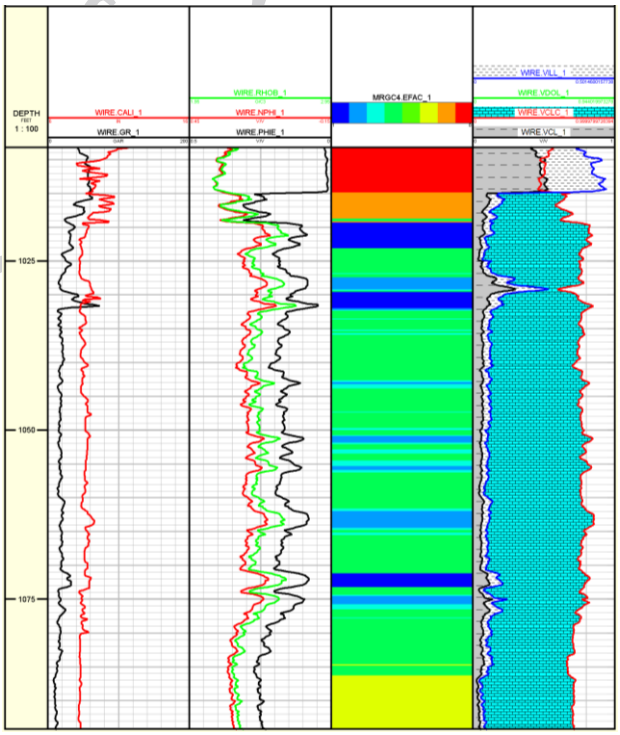
شکل ۹: نمودار توزیع تخلخل- تراوایی برای هر یک از واحدهای جریان مربوط به مخزن مورد مطالعه در چاه W-2.

Archive of SID
www.SID.ir

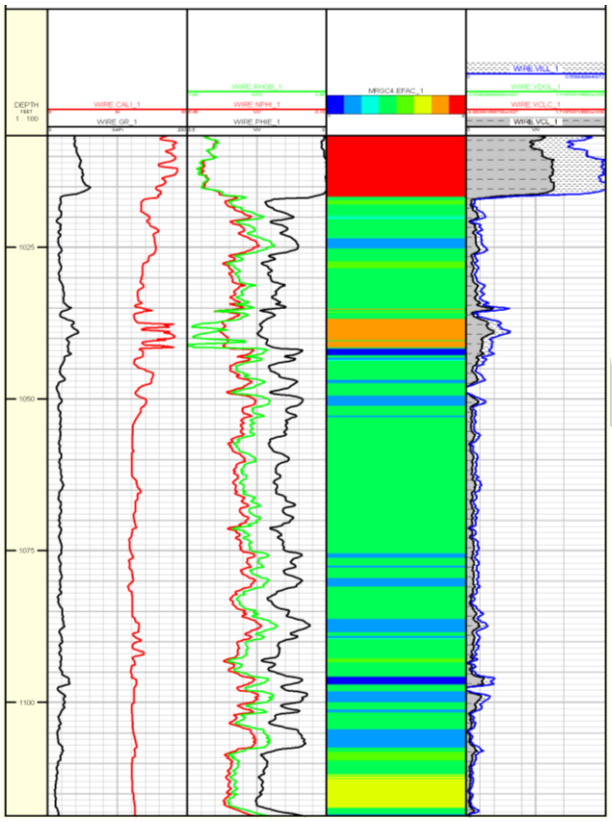


شکل ۱۰: نمودار توزیع تخلخل- تراوایی برای هر یک از واحدهای جریان مربوط به مخزن مورد مطالعه در چاه W-3.

در ادامه رخساره‌های الکتریکی به دست آمده از روش MRGC به همراه برخی از نگارهای هر یک از سه چاه، در شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ نمایش داده شده است. در این شکل‌ها ستون اول از سمت چپ نشان-دهنده عمق هر چاه، ستون دوم شامل نگارهای کالیبراسیون و اشعه گاما، ستون سوم شامل رخساره‌های الکتریکی و ستون آخر شامل نگارهای حجم رس و حجم ایلیت است. همان‌طور که شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ نشان می‌دهند، به طور کلی در هر سه چاه مورد مطالعه، مقادیر نگارهای پتروفیزیکی اشعه گاما، حجم رس و حجم ایلیت در مقابل رخساره‌های ۴، ۵ و ۶ نسبت به سایر رخساره‌های الکتریکی پایین‌تر بوده و درنتیجه، رخساره‌های مذکور دارای تخلخل و تراوایی بیشتر هستند و از کیفیت مخزنی بهتری نسبت به سایر رخساره‌ها برخوردارند. برعکس، رخساره الکتریکی ۸ نسبت به سایر رخساره‌ها در سه چاه مورد نظر دارای بالاترین مقادیر نگارهای پتروفیزیکی اشعه گاما، حجم رس و حجم ایلیت بوده و بنابراین دارای کیفیت مخزنی پایین‌تری نسبت به سایر رخساره‌ها است. علاوه بر این، شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ نشان می‌دهند که نگارهای پتروفیزیکی مزبور در تمامی رخساره‌های الکتریکی مختلف هر سه چاه مخزن مورد مطالعه همخوانی و مطابقت خوبی باهم دارند.

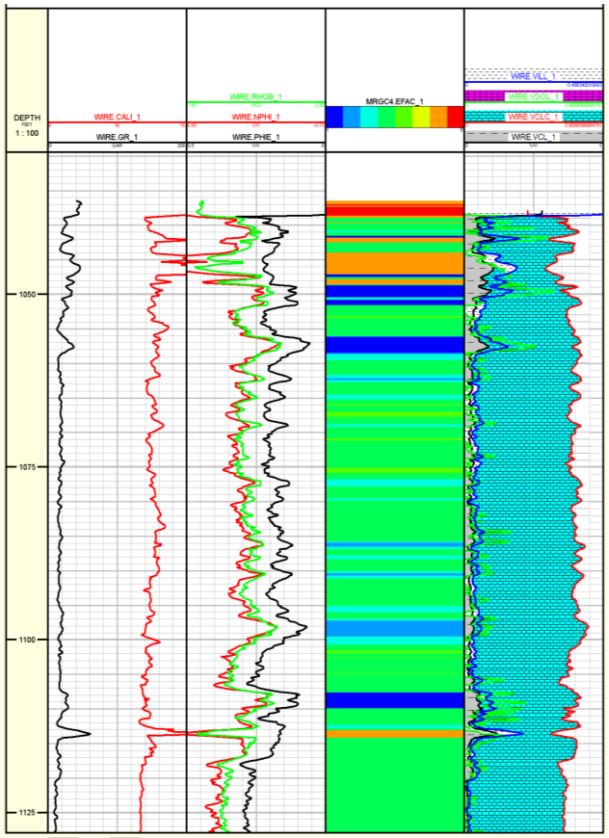


شکل ۱۱: نمایش رخساره‌های الکتریکی حاصل از روش MRGC در چاه W-1.



شکل ۱۲: نمایش رخساره‌های الکتریکی حاصل از روش MRGC در چاه W-2.

www.SID.ir



شکل ۱۳: نمایش رخساره‌های الکتریکی حاصل از روش MRGC در چاه W-3.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، واحدهای جریان هیدرولیکی در یک میدان هیدروکربنی در جنوب ایران، با استفاده از روش‌های رخساره‌های الکتریکی و شاخص زون جریان تعیین شده و سپس رابطه تخلخل- تراوایی در این میدان مورد بررسی قرار گرفته است. واحدهای جریانی به دست آمده از روش رخساره‌های الکتریکی بیانگر این موضوع است که در هر واحد جریان رابطه مشخصی بین تراوایی و تخلخل وجود دارد. برای واحدهای جریانی به دست آمده از روش شاخص زون جریانی نیز این قضیه صادق است. تفاوت این دو روش در تعداد واحدهای تخمین زده شده است؛ که ناشی از تفاوت در اساس و نحوه تعیین واحدهای جریانی در دو روش مورد نظر است.

در روش رخساره‌های الکتریکی، تعیین رخساره‌ها بر اساس شناسایی گروه داده‌هایی با خصوصیات یکسان در داده‌های حاصل از نگارهای پتروفیزیکی به دست آمده از یک مخزن با ویژگی‌های متفاوت و گاهاً پیچیده صورت می‌گیرد. در این تحقیق، تعداد واحدهای جریان هیدرولیکی در مخزن مورد مطالعه با استفاده از روش رخساره‌های الکتریکی، ۸ واحد به دست آمده است. به منظور بررسی رابطه تخلخل- تراوایی و بررسی کیفیت هر یک از واحدهای جریانی، نمودار تخلخل- تراوایی برای هر یک از این واحدهای جریانی در هر سه چاه مورد مطالعه رسم گردید، با وجود این که برای هر سه چاه مورد مطالعه تعداد ۸ رخساره الکتریکی یا به عبارت دیگر ۸ واحد جریانی بر اساس خوشه‌بندی داده‌های پتروفیزیکی با خصوصیات یکسان تعیین شده است، با بررسی داده‌های ورودی مشخص شد؛ که در برخی از این واحدها، نگار تخلخل، دارای مقدار نبوده و به عبارت دیگر مقدار تخلخل در برخی از این واحدها مشخص نبوده است؛ ولی با توجه به این که در این روش علاوه بر نگار تخلخل، نگارهای دیگری هم چون نگارهای صوتی، اشعه گاما، تخلخل نوترونی و چگالی نیز در این خوشه‌بندی تأثیرگذار بوده‌اند، در نتیجه تعداد رخساره‌های الکتریکی در این روش تحت تأثیر زیاد نبود نگار تخلخل در برخی بخش‌ها یا واحدها قرار نخواهد گرفت. با این حال، نبود نگار یا مقدار تخلخل در برخی بخش‌ها یا واحدها بر روی نمودارهای تخلخل- تراوایی و تعداد واحدهای جریانی استخراج شده از این نمودارها به طور کاملاً بارزی تأثیر خواهد گذاشت. به همین دلیل، تفاوت یا عدم تطابق بین تعداد رخساره‌های الکتریکی و تعداد واحدهای جریانی در نمودارهای تخلخل- تراوایی برخی چاه‌ها در این مطالعه آشکار می‌گردد. با توجه به نمودارهای تخلخل- تراوایی (شکل‌های ۸ تا ۱۰) در چاه W-1، واحد ۵ جریان هیدرولیکی یا HFU و در چاه W-3، واحد ۶ جریان هیدرولیکی، به دلیل عدم وجود داده‌های تخلخل حذف شده‌اند؛ اما در چاه W-2، به دلیل کامل بودن داده‌های تخلخل و تراوایی در بخش مخزنی مورد مطالعه، تعداد واحد جریانی حاصل از روش رخساره‌های الکتریکی با تعداد واحدهای مشاهده شده در نمودار تخلخل- تراوایی برابر است. بر اساس نمودارهای تخلخل- تراوایی به دست آمده برای هر یک از سه چاه مورد مطالعه (شکل‌های ۸ تا ۱۰)، میزان همبستگی بالایی بین تراوایی و تخلخل در اکثر واحدهای جریان چاه‌های مورد نظر به جز در موارد معدودی مشاهده نمی‌شود.

در روش شاخص زون جریان، از طریق رسم نمودار احتمال لگاریتم شاخص زون جریان، تعداد واحدهای جریانی مشخص می‌شوند. از آنجا که شاخص زون جریان، وابسته به خصوصیات زمین‌شناسی محیط متخلخل و تغییرات هندسه حفرات است، عامل بسیار مناسبی برای تعیین تعداد واحدهای جریان هیدرولیکی است. با توجه به روابط ذکر شده در بخش ۳، شاخص زون جریانی خود تابعی از تخلخل و تراوایی است؛ بنابراین در این روش به صورت خودکار بخش‌هایی از مخزن که فاقد داده‌های تخلخل و تراوایی هستند، از روند مطالعه خارج شده و واحدهای به دست آمده تنها ناشی از بخش‌هایی از مخزن که دارای داده‌های تخلخل و تراوایی هستند، است؛ بنابراین تعداد واحدهای جریانی حاصل از نمودار احتمال نرمال و واحدهای موجود در نمودارهای تخلخل- تراوایی یکسان است. تعداد واحدهای جریان هیدرولیکی، با توجه به تعداد نقاط شکستگی و یا تعداد خطوط مجزا و ناپیوسته (با شیب‌های متفاوت) در نمودار احتمال لگاریتم شاخص زون جریان برای هر یک از سه چاه در مخزن مورد مطالعه (شکل‌های ۱ تا ۳)، در چاه W-1، ۷ واحد جریان هیدرولیکی و در چاه‌های W-2 و W-3، ۸ واحد جریان هیدرولیکی به دست آمده است.

Archive of SID

www.SID.ir

لازم به ذکر است که خطای بصری که از یک شخص به شخص دیگر می‌تواند متفاوت باشد، ممکن است بر روی نتایج این روش تأثیرگذار باشد. با این حال این تأثیر ناشی از خطای بصری معمولاً چندان زیاد نیست.

با توجه به مطالب ذکر شده، بررسی واحدهای جریانی با استفاده از روش‌های مختلف به منظور توصیف مشخصات پتروفیزیکی مخزن و ارزیابی کیفیت مخزنی امری ضروری است. از آن جا که در این تحقیق، واحدهای جریان هیدرولیکی با استفاده از روش رخساره‌های الکتریکی در بخش‌هایی از مخزن نیز که فاقد داده‌های تخلخل و تراوایی بوده، با به کارگیری داده‌های نگارهای صوتی، اشعه گاما، تخلخل نوترونی و چگالی مورد بررسی قرار گرفته‌اند؛ اما در روش شاخص زون جریان، واحدهای جریان هیدرولیکی در بخش‌هایی از مخزن که فاقد داده‌های تخلخل و تراوایی می‌باشند، قابل تعیین یا بررسی نیستند؛ بنابراین با ترکیب این دو روش می‌توان ارزیابی بهتر یا دقیق‌تری از واحدهای جریان هیدرولیکی و رابطه تخلخل- تراوایی در کل مخزن و در نهایت، ساخت مدل بهبودیافته از مخزن مورد مطالعه و زون‌های تولیدی و ارزیابی اقتصادی بهتر از مخزن مورد نظر ارائه نمود.

۶- منابع

جباری، م.، ۱۳۹۰، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تحلیل ساختاری و آنالیز شکستگی مخزن در میدان نفتی بلال با تکیه بر شکستگی‌های زیرسطحی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

زحمت‌کش، ا.، سلیمانی، ب.، غبیشاوی، ع. و شیخزاده، ح.، ۱۳۹۴، شناسایی و تفسیر رخساره‌های الکتریکی و استفاده از آن جهت پیش‌بینی رخساره‌های رسوبی، در مخزن آسماری یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران، زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، ۵ (۱۶)، ۷۲-۸۱.

سلیمانی، ب.، غبیشاوی، ع. و توسلی کجانی، ا. ر.، ۱۳۹۲، رخساره‌های الکتریکی و انطباق آن‌ها با تراکم شکستگی‌ها در مخزن آسماری میدان نفتی لالی، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، ۳ (۱۰)، ۱-۹.

صالحی، م. ع.، کاظم شیرودی، س.، موسوی حرمی، س. ر.، غفوری، م. و لشکری‌پور، غ.، ۱۳۹۴، تلفیق روش‌های مختلف در تعیین گونه‌های سنگی پتروفیزیکی برای بخش بالایی سازند سورمه در یکی از میادین نفتی بخش مرکزی خلیج فارس، مجله پژوهش نفت، ۲۵ (۸۴)، ۷۲-۸۷.

فرازانی، ن.، خوشبخت، ف. و توکلی، و.، ۱۳۹۳، بهبود تعیین نوع رخساره‌های الکتریکی با تلفیق لاگ‌های چاه‌پیمایی و تصویرگر در سازند آسماری با استفاده از روش خوشه‌بندی گرافیکی MRGC، مجله پژوهش نفت، ۸۳، ۱۸۶-۱۹۴.

کدخدائی ایلخچی، ع.، ۱۳۹۳، بررسی رخساره‌های الکتریکی مخزنی در قالب واحدهای جریان هیدرولیکی در میدان ویچررنج مربوط به حوضه پرت واقع در استرالیای غربی، مجله پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب‌شناسی، ۳۰ (۱)، ۱-۲۲.

نوریان، ی.، موسوی حرمی، س. ر.، محبوبی، ا.، کدخدایی، ع. و عبدالهی موسوی، س. ع. ا.، ۱۳۹۳، تفکیک گروه‌های سنگی با استفاده از واحدهای جریان و روش خوشه‌بندی: مطالعه موردی، مخزن بنگستان در میدان منصوری، مجله چینه‌شناسی و رسوب شناسی، ۹۵ (۲۴)، ۱۹۹-۲۰۸.

Abbaszadeh, M., Fujii, H. and Fujimoto, F., 1996, Permeability prediction by hydrolic flow units theory and applications, SPE Formation Evaluate 11, 263-271.

Abed, A.A., 2014, Hydraulic flow units and permeability prediction in a carbonate reservoir, Southern Iraq from well log data using non-parametric correlation, International Journal of Enhanced Research in S science Technology & Engineering, 3 (1), 480-486.

Al-Ajami, F.A. and Holditch, S.A., 2000, Permeability Estimation Using Hydraulic Flow Units in a Central Arabia Reservoir, SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Dallas, Texas, pp. 1-4.

Amaefule, J.O., Altunbay, M., Tiab, D., Kersey, D.G. and Kedan, D.K., 1993, Enhanced Reservoir Description: Using Core and Log Data to Identify Hydraulic (Flow) Units and Predict Permeability in Uncored Intervals/Wells", SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas, 16 P.

Hosseini Bidgoli, S.H., Zargar, G.H. and Riahi, M.A., 2013, Identifying Flow Units Using an Artificial Neural Network Approach Optimized by the Imperialist Competitive Algorithm, Iranian Journal of Oil & Gas Science and Technology, 3 (3), 11-25.

Khoshbakht, F. and Mohammadnia, M., 2012, Assessment of Clustering Methods for Predicting Permeability in a Heterogeneous Carbonate Reservoir, Journal of Petroleum Science and Technology, 2 (2), 50-57.

Li, Y. and Anderson, A.S., 2006, Facies identification from well logs: A comparison of discriminant analysis and naïve Bayes classifier, Journal of Petroleum Science and Engineering, 53, 149-157.

Ohen, H.A., 1995, A Hydraulic (Flow) Unit besed model for the determination of petrophysical peroperties from NMR relaxation measurments, SCA Conference.

Archive of SID

www.SID.ir

Tiab, D. and Donaldson, E.C., 2012, Petrophysics, Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties, Third edition, pp. 107-121.

Verbiest, N., Cornelis, C. and Jensen, R., 2012, Fuzzy Rough Positive Region based Nearest Neighbour Classification, IEEE World Congress on Computational Intelligence, Australia.

Rastegarnia, M, Sanati, A. and Javani, D., 2016, A Comparative Study of 3D FZI and Electrofacies Modeling Using seismic attribute analysis and neural network technique: A case study of Cheshmeh-Khosh Oil field in Iran, Petroleum, 2 (3), 225-235.

Svirsky, D., Ryazanov, A., Pankov, M., Corbett, P. and Posysoev, A., 2004, Hydrolic flow units resolve reservoir description challenges in a Siberian oil field, SPE 87056.

Archive of SID

www.SID.ir

Shahrood University of Technology

JOURNAL OF RESEARCH ON APPLIED GEOPHYSICS

(JRAG)
2019, VOL 5, NO 1
(DOI): 10.22044/JRAG.2017.5270.1095

Comparison of the results of various methods to determine hydraulic flow units and investigation of permeability- porosity relationship in one of hydrocarbon fields in south of Iran

Somayeh Zamanpour[1*], Abolghasem Kamkar-Rouhani1[2], Seyed Reza Ghavami-Riabi[2] and Amin Roshandel Kahoo[2]

1- M.Sc. Student, School of Mining, Petroleum and Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
2- Associate Professor, School of Mining, Petroleum and Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Received: 8 January 2017; Accepted: 7 September 2017

Corresponding author: somayeh_zamanpour@yahoo.com

Keywords
Petrophysical Parameters
Permeability
Hydraulic Flow Units
Flow Zone Index
Electrofacies

Extended Abstract

Summary

The spatial distribution of petrophysical parameters in reservoirs is one of the most important factors for reservoir characterization. A Flow unit is a continuous part of a specific volume of the reservoir in which its geological and petrophysical properties are alike. Therefore, accurate prediction of the flow units in a reservoir is a great task to reliably achieve petrophysical description of the reservoir. Normally, there is no simple relationship between porosity and permeability in reservoirs, thus, a proper method to evaluate the permeability - porosity relationship in hydrocarbon reservoirs is to determine hydraulic flow units. To present the permeability - porosity relationship in this paper, first, the hydraulic flow units in three wells of the hydrocarbon field under study were determined using the methods of flow zone indicator (FZI) and electrofacies, and then, the permeability - porosity relationship in each of the hydraulic flow units was investigated. The results indicate the same number of hydraulic flow units obtained by both methods. However, higher correlation coefficient is obtained for the permeability - porosity plot using FZI method compared to electrofacies method. Moreover, hydraulic flow units can be determined using electrofacies method from well logs even if porosity and permeability data are not available.

Introduction

Due to the heterogeneity of some reservoirs in macroscopic and microscopic dimensions, providing a detailed description of petrophysical properties of the reservoirs requires sufficient information about heterogeneity of the reservoirs. Determination of petrophysical properties is significant for exploration, production and management of hydrocarbon reservoirs

A flow unit, is a specific volume of a reservoir that contains one or more lithological properties of reservoir, and may be in contact with other flow units. It is necessary to have the accurate prediction of flow units for modeling the reliable petrophysical reservoirs.

In this research, conducted in three wells of a hydrocarbon field in south of Iran, hydraulic flow units are obtained using different methods, and then, permeability - porosity relationship in each of the hydraulic flow units is investigated.

Methodology and Approaches

In this research, to present permeability - porosity relationship, we, first, determine hydraulic flow units using FZI and electrofacies methods in three wells of the study field, and then, obtain and analyze permeability - porosity relationship in each of the hydraulic flow units.

Results and Conclusions

The results of this study have showed that equal number of hydraulic flow units is obtained from both FZI and electrofacies methods. However, the number of hydraulic flow units in one of wells is determined to be different from the other two wells. Furthermore, the obtained permeability - porosity relationship using the aforementioned methods in the hydrocarbon field, indicates that the FZI method establishes this relationship with higher correlation coefficient in comparison with the electrofacies method. However, even if the porosity and permeability date are not available, determination of hydraulic flow units from well logging data using the electrofacies method is possible.

Archive of SID

www.SID.ir