Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

تعیین گروه‌های سنگی با استفاده از مفهوم واحدهای جریان هیدرولیکی

محسن ایگدر
دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی نفت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران
Mohsenigder40@gmail.com

چکیده

این مطالعه با هدف به کار گرفتن روابط تخلخل- تراوایی در چارچوب واحدهای جریانی هیدرولیکی به منظور تعیین سنگ‌های مخزنی ناهمگن صورت گرفته است. یک واحد جریان هیدرولیکی، حجمی از سنگ مخزن است که به طور عمودی و جانبی پیوسته و قابل پیش‌بینی بوده و خصوصیات زمین‌شناسی و پتروفیزیکی تاثیرگذار بر روی جریان سیال در درون آن ثابت است و به طور مشخص از سایر حجم‌های سنگ متفاوت می‌باشد. هر واحد جریان هیدرولیکی با نشانگر زون جریانی مرتبط می‌باشد. بنابراین زون‌بندی یک مخزن با استفاده از نشانگرهای زون جریانی (FZI) و شناسایی واحدهای جریانی (Flow Unit) می‌تواند برای ارزیابی کیفیت مخزنی براساس روابط تراوایی - تخلخل استفاده شود. این مقاله بر روی ۱۱۵ نمونه از مخازن نفتی انجام شد، با توجه به نتایج بدست آمده سه واحد جریان هیدرولیکی در این مخزن وجود دارد. در این مطالعه سعی شده از روش‌های متعددی مانند آنالیز هیستوگرام و آنالیز احتمال نرمال جهت تعیین تعداد گروه‌های سنگی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی:
واحدهای جریان هیدرولیکی، تخلخل، تراوایی، نشانگر زون جریانی، آنالیز هیستوگرام، آنالیز احتمال نرمال

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

۱- مقدمه

هدف از بررسی ویژگی‌های مخزنی، مشخص کردن توزیع فضایی تخلخل، تراوایی و اشباع شدگی است (Lucia 1995). تعیین گونه‌های سنگی و گروه‌های پتروفیزیکی بر اساس ویژگی‌های پتروفیزیکی و زمین‌شناسی از مهم‌ترین اهداف در مطالعه مخازن می باشد.

هدف اصلی در این مقاله، تعیین گروه‌های سنگی با بکارگیری روش واحدهای جریان هیدرولیکی و مشخص کردن گونه-های سنگی با استفاده از آنالیز هیستوگرام و آنالیز احتمال نرمال است. یکی از اهداف توصیف مخزن تقسیم کردن مخزن به زیرواحدها و تعیین پارامترهای پتروفیزیکی با مقادیر مناسب در هر واحد می‌باشد. در این مطالعه، با استفاده از داده‌های تخلخل - تراوایی مغزه ویژگی های مخزنی را مشخص نموده و سپس مخزن به واحدهای جریانی مختلف تقسیم شد.

تئوری روش واحدهای جریان هیدرولیکی ابتدا توسط آمیفول و همکاران مطرح شد و سپس توسط سایر محققین تعمیم یافت (Amaefule et al., 1993). در این کار روش تعیین و مشخص کردن واحدهای جریان هیدرولیکی بر اساس معادله‌ی کوزنی - کارمن و مفهوم شعاع‌های متوسط هیدرولیکی می‌باشد. معادله نشان می‌دهد که برای هر واحد هیدرولیکی، با ترسیم نمودار شاخص کیفیت مخزن در مقابل شاخص نرمالیز شده‌ی تخلخل باید یک خط راست با شیب واحد به دست آید. قطع‌شدن خط با شیب واحد $\phi_z = 1$، مشخص کننده‌ی شاخص منطقه‌ای جریانی می‌باشد. که این شاخص یک پارامتر منحصر به فرد برای هر واحد هیدرولیکی است. RQI, ϕ_z و FZI بر اساس داده‌های تراوایی و تخلخل اندازه‌گیری شده روی نمونه‌های مغزه حاصل می‌شوند. روش پیشنهاد شده به طور موفق در سنگ‌های آواری‌ای از شرق تگزاس، جنوب آمریکا، غرب آفریقا، جنوب شرق و خاور دور آسیا و سنگ‌های کربناتی غرب تگزاس و کانادا، مورد آزمایش قرار گرفته است (Kozeny, 1927; Carman, 1937; Amaefule et al., 1993).

روش‌های نمودار گرافیکی احتمال، رگرسیون غیرخطی، و الگوریتم تحلیلی وارد برای انجام دسته بندی داده های مغزه و تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی مربوطه در هر سازند، به کار گرفته شد. سپس به منظور تعیین واحدهای جریانی و توزیع‌های احتمالی در چاه‌های دارای لاگ، روش احتمالی بایسین مورد بررسی قرار گرفت. به منظور تشخیص توزیع‌های واحدهای جریان هیدرولیکی در چاه‌های حاوی لاگ موردنظر، اطلاعات حاصل از پایگاه داده‌ها به صورت آماری ترسیم شد. مقایسه بین تراوایی‌های محاسبه شده به وسیله روش واحدهای جریان هیدرولیکی را نشان داد (Abbaszadeh et al., 1996).

فهد و همکاران با استفاده از روش واحدهای جریان هیدرولیکی، تراوایی را از داده‌های نگارهای چاه پیمایی در یک مخزن ماسه‌سنگی عربستان تخمین زدند (Fahad et al., 2000). شدید و ریاض یک تکنیک جدید برای توصیف مخازن کربناته با تعریف عدد مشخصه ارائه نمودند، آنها با بکارگیری عدد مشخصه حاصل از اطلاعات مربوط به خواص سنگ و سیال و شرایط دینامیکی جریان، نسبت به واحدهای جریان هیدرولیکی توصیف بهتری از مخزن ارائه نمودند (Shedid & Reyadh, 2002). همچنین تحقیقات انجام شده توسط پراسد بیانگر بهبود ارتباط بین سرعت امواج و تراوایی درون واحدهای جریان هیدرولیکی می-باشد (Prasad, 2003).

۲- روش تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۱ روش استفاده از شاخص منطقه جریانی[1]

متداول‌ترین روشی که اخیراً برای تعیین گروه‌های سنگی در نظر گرفته شده است روش شاخص منطقه جریانی می‌باشد. در این روش برخلاف بقیه روش‌ها کاربر نقشی در تعیین نتایج ندارد و همه مراحل براساس مدل‌های ریاضی انجام می‌شود.

تئوری مربوط به دسته‌بندی واحدهای جریان هیدرولیکی بر این فرض است که محیط متخلخل را می‌توان به وسیله دسته-ای از لوله‌های موئین درنظر گرفت. کوزنی و کارمن با ترکیب قانون دارسی برای حرکت سیال در محیط متخلخل و قانون پوزیل برای حرکت سیال در لوله‌ها، رابطه جدیدی بین تخلخل و تراوایی ارائه نمودند که این رابطه به صورت زیر می‌باشد:

$$K = \left(\frac{1}{F_s \tau^2 S_{vgr}^2}\right)\frac{\phi^3}{(1-\phi)^2} \qquad (۱)$$

مسئله متغیر بودن ثابت کوزنی که در بالا به آن اشاره شد را می‌توان به طریق زیر حل کرد.

با تقسیم کردن دو طرف رابطه بر تخلخل مفید و با گرفتن جذر از دو طرف رابطه، خواهیم داشت:

$$\sqrt{\frac{K}{\phi_e}} = \left(\frac{\phi_e}{1-\phi_e}\right)\frac{1}{\sqrt{F_s}\tau S_{v_{gr}}} \qquad (۲)$$

که K بر حسب μm^2 است.

اگر تراوایی را بر حسب میلی‌دارسی نشان دهیم، می توان پارامتر زیر را معرفی کرد:

$$RQI\,(\mu m) = 0.0314\sqrt{\frac{K}{\phi}} \qquad (۳)$$

که RQI[2] به عنوان شاخص کیفیت مخزنی شناخته می‌شود. این شاخص تقریبی از میانگین شعاع هیدرولیکی در سنگ مخزن می-باشد و کلیدی برای واحدهای هیدرولیکی بوده که تخلخل، تراوایی و فشار مویینگی را به هم مرتبط می‌سازد.

ϕ_z به صورت نسبت حجم حفره به حجم دانه تعریف می‌شود:

$$\phi_z = \frac{\phi_e}{1-\phi_e} \qquad (۴)$$

FZI به عنوان شاخص منطقه جریانی در نظر گرفته می‌شود:

$$FZI(\mu m) = \frac{1}{\sqrt{F_s \tau^2 S_{gv}^2}} = \frac{RQI}{\phi_z} \qquad (۵)$$

1. Flow Zone Indicator (FZI)
2. Reservoir Qualiy Index

www.SID.ir

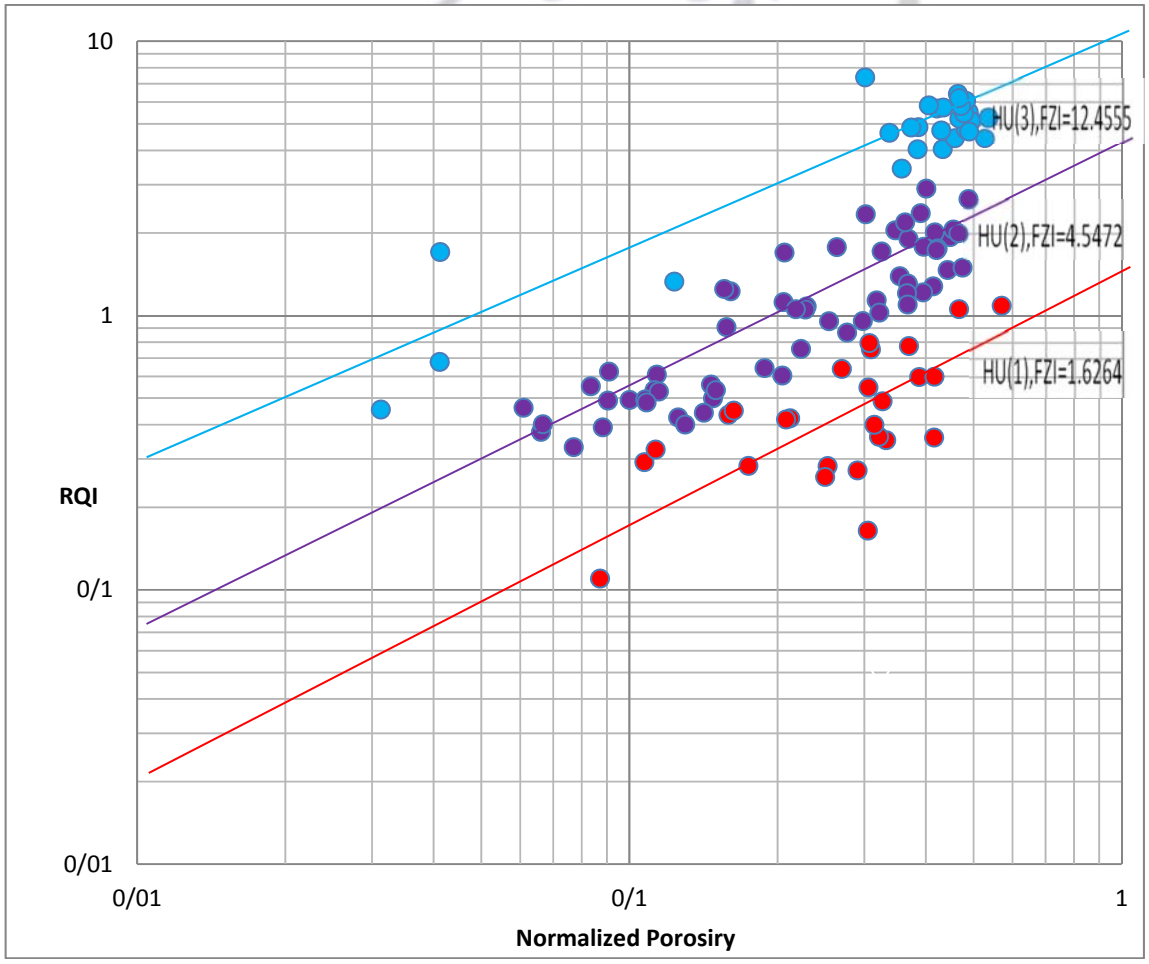
Archive of SID

با لگاریتم‌گیری از دو طرف خواهیم داشت:

$$LogRQI = Log\,\phi_z + LogFZI \quad (۶)$$

شاخص منطقه جریانی ارتباط بین گلوگاه حفره، پیچ و خم و سطح ویژه موثر بر طبق خصوصیات واحدهای جریانی سیال می‌تواند بر پایه مقادیر شاخص منطقه جریانی شناسایی شوند.

واحدهای جریانی سیال می‌تواند بر پایه مقادیر شاخص منطقه جریان شناسایی شوند. فرض شده است که مقادیر مشابه شاخص منطقه جریانی در واحدهای جریان هیدرولیکی مشابهی قرار گیرند. در شرایط ایده‌آل، نمودار لگاریتمی RQI بر حسب ϕ_z یک نمودار خطی خواهد بود که مقادیر مختلف FZI گلوگاه‌های منافذ یکسانی داشته و یک واحد جریانی هیدرولیکی خاصی را تعریف می‌کنند. هر خط راست یک واحد جریان هیدرولیکی است و محل تلاقی این خط راست با خط $\phi_z = 1$، مقدار متوسط FZI برای این واحد جریان هیدرولیکی می‌باشد (شکل ۱). پایه دسته‌بندی واحدهای جریان هیدرولیکی، مشخص کردن گروه های داده از خطوط راست با شیب یک روی نمودار لگاریتمی RQI بر حسب ϕ_z است. نمونه‌هایی که دارای مقادیر مختلف شاخص منطقه‌ای جریان هستند خطوط موازی دیگر می‌سازند.



شکل ۱: FZI هر واحد جریانی

www.SID.ir

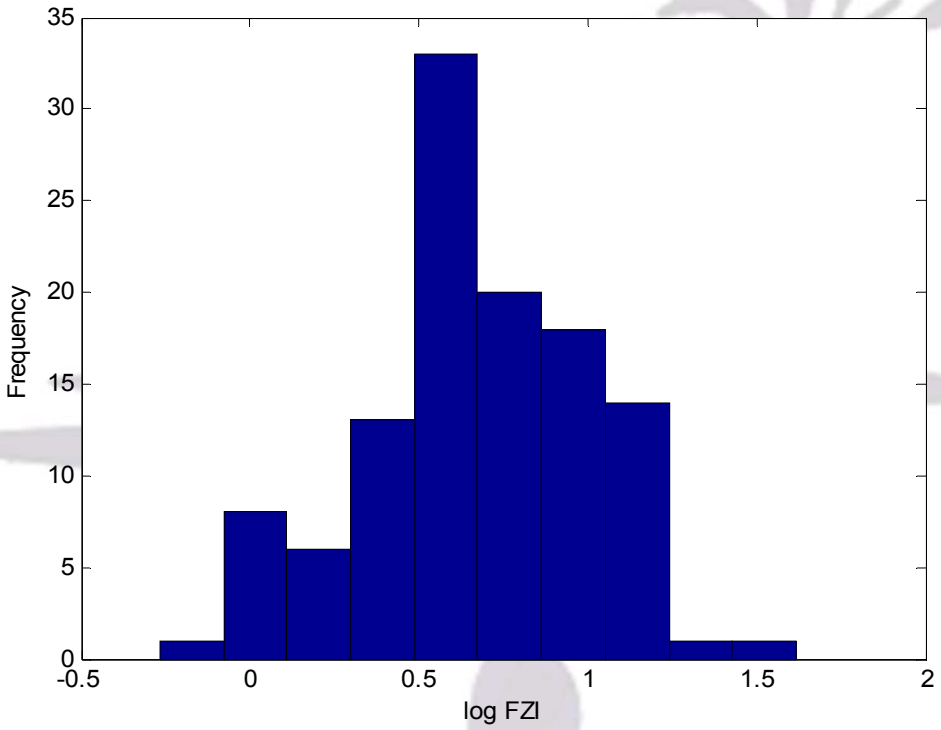
Archive of SID

۲-۲ تعیین تعداد واحدهای جریان هیدرولیکی

در حال حاضر روش‌های تعیین تعداد واحدهای جریان هیدرولیکی شامل آنالیز هیستوگرام[1]، نمودار (پلات) احتمال نرمال[2] است. در زیر این دو روش بر روی داده‌های مخزن مورد مطالعه اعمال شده است.

۲-۲-۱ آنالیز هیستوگرام

بعد از بدست آوردن FZI هر نمونه نوبت به تعیین تعداد واحدهای جریان هیدرولیکی می‌شود، که از آنالیز هیستوگرام استفاده می‌کنیم. طبق اصول واحدهای جریان هیدرولیکی، توزیع هیستوگرام لگاریتم شاخص منطقه جریانی در هر واحد جریان هیدرولیکی را تعیین می‌کند. روش کار بدین صورت است که در این بخش با استفاده از نرم افزار MATLAB، بر روی داده‌های لگاریتم شاخص منطقه جریانی آنالیز هیستوگرام انجام شده که حاصل آن ۳ توزیع نرمال می‌باشد که نشان دهنده ۳ واحد جریان هیدرولیکی است (شکل ۲).



شکل ۲: آنالیز هیستوگرام روی داده‌های لگاریتمی شاخص منطقه‌ای جریان

۲-۲-۲ آنالیز احتمال نرمال

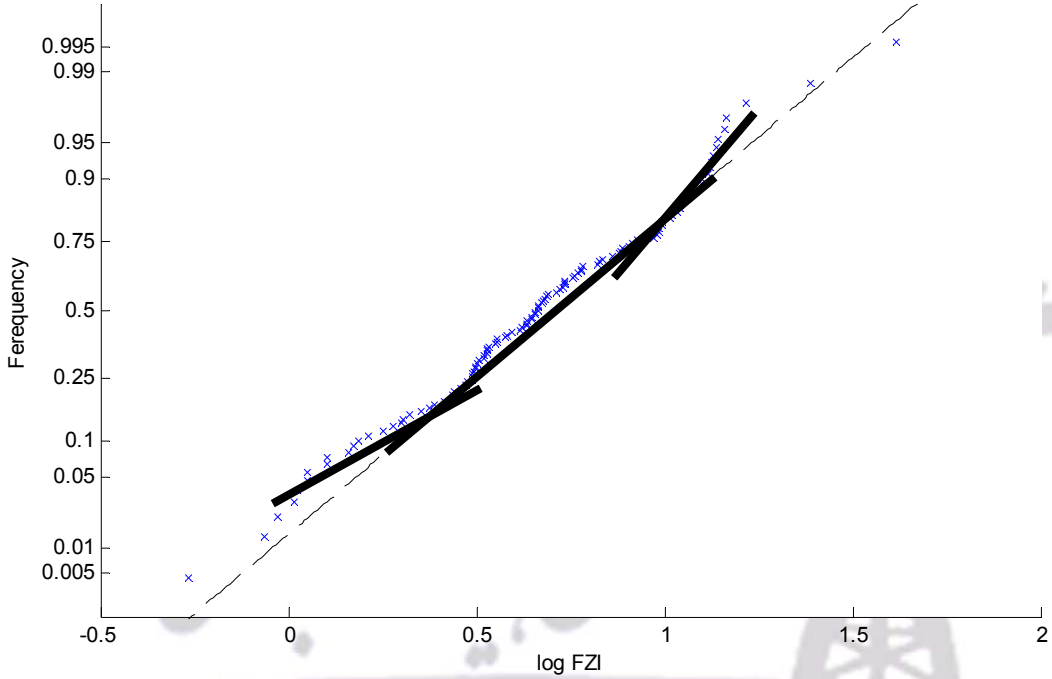
طبق اصول واحدهای جریان هیدرولیکی، آنالیز احتمال نرمال لگاریتم شاخص منطقه جریانی در هر واحد جریانی هیدرولیکی به صورت توزیع خطی است. این روش از این اصل استفاده کرده و تعداد واحد جریان هیدرولیکی را تعیین می‌کند. در این روش آنالیز احتمال نرمال بر روی داده‌های لگاریتم شاخص منطقه جریانی انجام شده و ۳ توزیع خطی بدست می‌آید که نشان‌دهنده ۳ واحد

1. Histogram Analysis
2. Normal Probability Plot

www.SID.ir

Archive of SID

جریان هیدرولیکی است و لذا این روش نیز تعداد واحدهای جریان هیدرولیکی که از مرحله قبل بدست آمد را تایید می‌کند (شکل ۳).



شکل ۳: آنالیز احتمال نرمال روی داده‌های لگاریتمی شاخص منطقه‌ای جریان

۳- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱. واحدهای جریانی هیدرولیکی به عنوان ابزاری قدرتمند برای تعیین گروه‌های سنگی و نیز جدا کردن بخش‌های مخزنی از غیر مخزنی در فواصل عمقی مختلف استفاده می‌شود، به طوری که با استفاده از این تکنیک، مخزن مورد مطالعه به ۳ واحد جریانی هیدرولیکی بر اساس داده‌های تخلخل - تراوایی تقسیم‌بندی شد.

۲. شاخص منطقه جریانی عامل بسیار مناسبی جهت تعیین واحدهای جریان هیدرولیکی است، زیرا این عامل به شدت وابسته به خصوصیات زمین شناسی محیط متخلخل و تغییرات هندسه حفرات است.

۳. در این مقاله از دو روش آنالیز هیستوگرام و آنالیز احتمال نرمال جهت تعیین تعداد گروه‌های سنگی استفاده شد. با استفاده از نرم افزار MATLAB، بر روی داده‌های لگاریتم شاخص منطقه جریانی آنالیز هیستوگرام و آنالیز احتمال نرمال انجام شد که حاصل آن، نشان دهنده ۳ واحد جریان هیدرولیکی می باشد.

مراجع

[1] Kozeny J. 1927: Uber kapillare leitung des wassers im boden, stiuzurgsberichte, Royal Academy od Science, Vienna, Proc. Class1,136: 271-306.
[2] Carmen, P.C.: “Fluid Flow through Granular Beds.” Trans. AIChE (1937) V. 15, 150166.
[2] Amaefule J.O., Altunbay M., Tiab D., Kersey D.G., Kedan D.K. 1993: Enhanced reservoir description: Using core and log data to identify hydraulic (flow) unites and predict permeability in uncored intervals / wells, SPE 26436, Presented at 68th Ann. Tech. Conf , and Exhibit. Houston, Tx.

www.SID.ir

Archive of SID

[3] Archie, G.E.: "The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics", Petroleum Transactions, AIME, (1942) v.146, pp 54-62
[4] Prasad M. 2003: Velocity – Permeability relation within hydraulic units. Geophisics. 68: 108-117
[5] Shedid A.S., Reyadh A.A. 2002: A new approach of reservoir description of carbonate reservoirs. SPE. 74344: 1-10

همایش مهندسی مخازن هیدروکربوری

www.SID.ir