ارزیابی الگو و چگالی شکستگی‌ها در یکی از میادین نفتی جنوب غرب ایران با استفاده از الگوریتم فازی

لقمان صادقی[۱]، محمد حسنپور صدقی[۲]، علی کدخدائی[۲]
[۱] کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه تبریز، looghman.com@gmail.com
[۲] استادیار، دانشگاه تبریز، hassanpour_mhd@tabrizu.ac.ir
[۳] دانشیار، دانشگاه تبریز، kadkhodaie_ali@tabrizu.ac.ir

چکیده

نمودارهای پتروفیزیکی یکی از ابزارهای مهم جهت ارزیابی مخازن هیدروکربنی هستند. در بسیاری از موارد مجموعه کاملی از نمودارها ممکن است در دسترس نباشد. شرایط چاه، نقص ابزار نمودارگیری، از دست دادن داده‌ها بنا به علت نگهداری نامناسب و نمودارگیری ناقص برخی از این دلایل هستند. در این پژوهش، از یک سیستم فازی برای تخمین اندازه بازشدگی و چگالی شکستگی‌ها از داده‌های چاه نگاری، معرفی و استفاده شده‌است. در این روش، با ادغام داده‌های ورودی و یک داده خروجی به دست آمده در مرحله قبل‌تر (با استفاده از۸ .GEOLOG)، یک سیستم فازی با استفاده از نرم فزار MATLAB ایجاد شده، و با محاسبه مجدد داده خروجی (بازشدگی، چگالی) این بار با استفاده از روشی متفاوت، نتایج با یکدیگر مقایسه می‌شوند. مجموعه داده‌های این مطالعه مربوط به سازند سروک با سن آلبین-سنومانین در دو چاه از یکی از میادین نفتی جنوب غرب می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: نمودار پتروفیزیکی، سیستم فازی، چاه نگاری، سازند سروک

Evaluation of fracture pattern and density in one of the southwestern Iran oil fields, using fuzzy algorithm

Looghman Sadeghi[1], Mohammad HassanpurSedghi [2], Ali Kadkhodaie[3]

[1]M.Sc. University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2]Assistant professor, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[3]Assosiate professor, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract

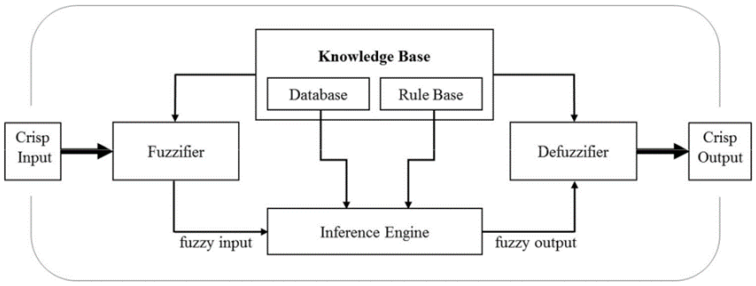
Petrophysical data are one of the important tools for evaluating hydrocarbon reservoirs. In many cases a complete set of logs may not be available. Well conditions, defective logging tools, data loss due to unsuitable maintenance and incomplete logging are some of these reasons. In this research, a fuzzy system has been introduced and used to estimate the size of openings and fracture densities from wellbore data. In this method, by merging the input data and an output data obtained in the previous step, (using 8 .GEOLOG), a fuzzy system is created using the MATLAB software, and then by recalculating the output data (openness, density), using a different method and the results are compared with each other. The data set of this study is related to Sarvak Formation with Albin-Cenomanian age in two wells from one of the southwest oil fields.

Keywords: Petrophysical data, logging, fracture densities, fuzzy system, Sarvak Formation

۱ مقدمه

در سالهای اخیر سیستم‌های هوشمند به عنوان ابزارهای قدرتمندی برای مدلسازی و تخمین در صنعت نفت استفاده شده اند. برای مثال رجبی و همکاران (۲۰۱۰)، قاسمی و همکاران (۲۰۱۵)، کدخدائی و همکاران (۲۰۱۰و ۱۳۸۸)، کلیمزاک و همکاران (۲۰۱۰) و دیگر محققان از سیستم‌های هوشمند جهت تخمین پارامترهای مخزنی مختلف از پاسخ

نمودارهای چاه استفاده کرده اند. در این میان بازشدگی، که به اندازه باز شدن یک شکستگی اشاره دارد، پارامتر مهمی است که نفوذپذیری توده سنگ را کنترل می‌کند. در یک محیط گل و لای مبتنی بر آب، ابزارهای تصویربرداری چاه قادر به شناسایی محل و اندازه دهانه شکستگی‌ها هستند، در حالی که در محیط پایه نفتی، به دلیل هجوم گل مقاوم به داخل شکستگی‌ها، این روش غیر عملی است. اخیراً، برخی از تکنیک‌های هوش مصنوعی، برآوردهای قابل اعتماد پارامترهای مخزن را تسهیل کرده‌اند. در این مطالعه، یک الگوریتم سیستم استنتاج فازی اولیه برای برآورد و تخمین بازشدگی شکستگی‌های شناسایی‌شده چاه، ایجاد و استفاده شده است (شکل ۱)، سپس از همین الگوریتم برای تخمین بازشدگی شکستگی چاه بدون استفاده از نمودار تصویری و صرفاً با داده‌های پتروفیزیکی در نرم افزار MATLAB استفاده شد.

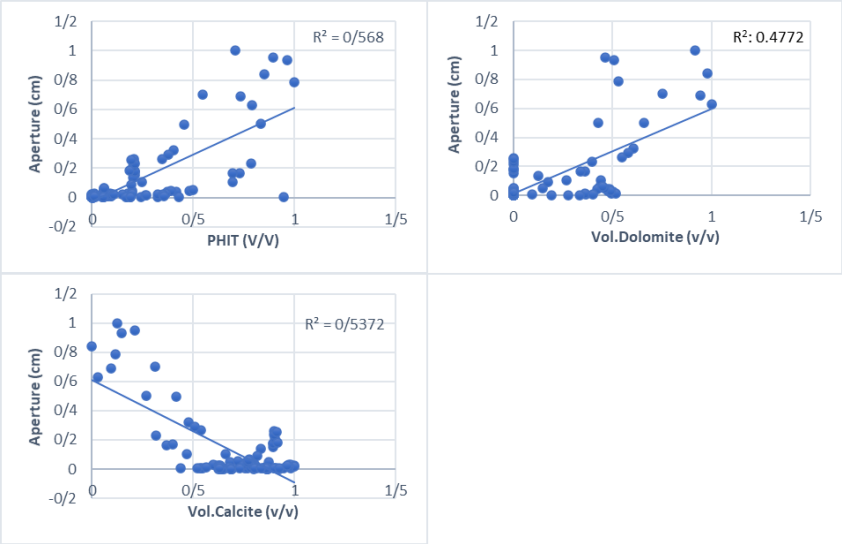


شکل ۱: ساختار پایه سیستم استنتاج فازی (Jang, 1993).

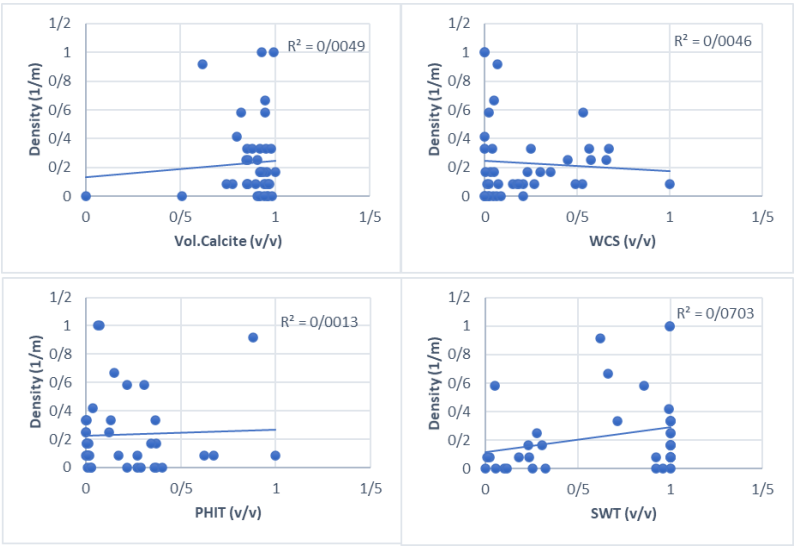
بر همین اساس با ایجاد یک الگوی فازی برای ۷۰٪ از داده‌های تخلخل کل، حجم دولومیت، حجم کلسیت و حجم شیل، بازشدگی و چگالی شکستگی‌ها (به دست آمده از GEOLOG) به عنوان داده ورودی و خوشه سازی برای آموزش، مناسب‌ترین شعاع خوشه با دقت بالاتر انتخاب و سیستم فازی مربوطه برای مرحله بعد استفاده شد. از این الگو برای ۳۰٪ باقیمانده داده‌های چاه به عنوان آزمایش، استفاده شده و بازشدگی و چگالی آنها محاسبه شد.

۲ داده‌ها و روش کار

در این مطالعه، نتایج بدست آمده از نمودارهای تصویرِی FMI همراه با نمودارهای پتروفیزیکی چاه از فواصل مشابه، داده‌های مورد استفاده برای آغاز مدل فازی بودند. این داده‌ها از دو چاه حفاری‌شده در میدان نفتی مورد مطالعه به دست آمده‌است. در مرحله بعد، نمودارهای تصویری در برابر نمودارهای پتروفیزیکی چاه منطبق شدند و پاسخ‌ها در عمق دقیق هر شکستگی مشخص شدند. مقادیر بازشدگی اندازه‌گیری شده در برابر PHIT (تخلخل کل)، PHIE(تخلخل موثر)، SWT (اشباع آب کل)، SWE (اشباع آب موثر)، Vol WCS (حجم شیل)، Vol Calcite (حجم کلسیت) و Vol Dolomite (حجم دولومیت) مقایسه شدند. در میان نمودارهای موجود، PHIT، Vol Calcite و Vol Dolomite بیشترین همبستگی را با اندازه بازشدگی (شکل ۲) و با چگالی هم همین پارامترها همراه با Vol WCS بیشترین همبستگی را نشان دادند (شکل ۳)، بنابراین به عنوان ورودی مدل فازی انتخاب شدند. مجموعه داده‌های نهایی، متشکل از پارامترهای اندازه‌گیری شده و لگاریتم چاه، با هم ادغام شدند و به دو گروه تقسیم شدند: یک گروه شامل ۷۰٪ مجموعه برای آموزش و گروه دیگر با ۳۰٪ مجموعه برای آزمایش. به منظور حذف ابعاد مقدار اثر و دستیابی به یک برآورد بهتر، تمام داده‌های ورودی بین ۰ و ۱ نرمال شدند.



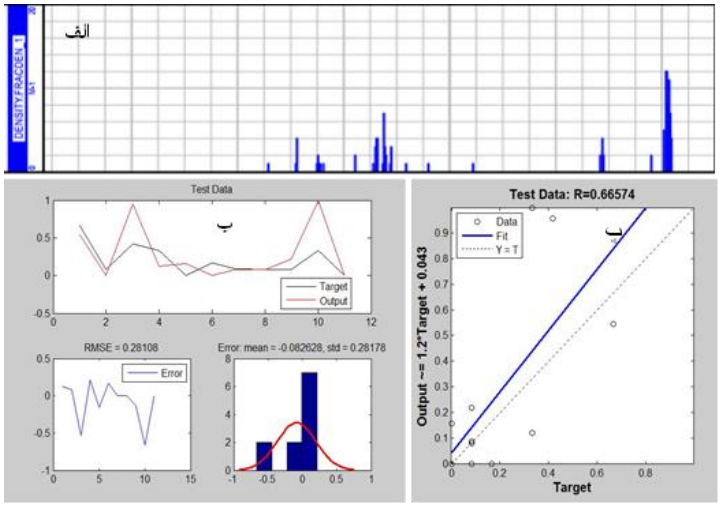
شکل ۲. نمودارهای متقاطع پاسخ‌های نمودارهای چاه در مقابل بازشدگی شکستگی اندازه‌گیری شده. R2 نشان‌دهنده ضریب همبستگی است. بیشترین همبستگی را به ترتیب PHIT (تخلخل کل)، Vol Calcite (حجم کلسیت) و Vol Dolomite (حجم دولومیت) نسبت به بازشدگی دهانه شکستگی نشان دادند.



شکل ۳. نمودارهای متقاطع پاسخ‌های نمودارهای چاه در مقابل چگالی شکستگی اندازه‌گیری شده SWT(اشباع آب کل)، Vol Calcite (حجم کلسیت)، Vol WCS (حجم شیل) وPHIT (تخلخل کل) به ترتیب بیشترین همبستگی را با چگالی شکستگی‌ها نشان دادند.

۳ نتایج

تجزیه و تحلیل داده‌های آماری، همبستگی خوبی را بین چگالی شکستگی و داده‌های چاه نگاری شامل تخلخل کل، اشباع آب، حجم شیل و حجم کلسیت نشان می‌دهد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که توافق خوبی بین چگالی شکستگی تخمینی و اندازه‌گیری شده وجود دارد. ضریب همبستگی بالای ۰/۶۸ و خطای جذر میانگین ۰/۰۷۶ بین چگالی شکستگی برآورد شده واقعی و فازی نشان‌دهنده عملکرد بالای مدل فازی در برآورد داده‌های چگالی شکستگی است (شکل ۴).



ت

شکل ۴: نتیجه چگالی شکستگی محاسبه شده در کل بازه مورد بررسی چاه A-4، ب) مقایسه چگالی به¬دست آمده و تخمینی چاه A-4 (مقادیر واقعی با خط ممتد قرمز و مقادیر تخمینی با خط ممتد سیاه نشان داده شده است)، پ) نمایش ضریب همبستگی نتایج سیستم فازی و مقادیر اندازه¬گیری شده.

۴ بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه مقایسه نتایج با اندازه‌گیری‌های واقعی نشان داد که این مدل می‌تواند تخمین‌های قابل اطمینانی را در محیط گل رسانا، در هر کجا که اندازه بازشدگی نامعلوم باشد، ارائه دهد. با استفاده از یک مدل فازی بین نتایج بازشدگی و چگالی از نمودارهای تصویری با داده‌های پتروفیزیکی چاه A-4 رابطه فازی برقرار شد و با توجه به ضریب همبستگی بالا، از همین مدل برای تخمین بازشدگی و چگالی شکستگی چاه A-8 صرفاً با استفاده از داده‌های پتروفیزیکی استفاده شده که نتایج نشان می‌دهند بازشدگی در چاه A-4، از ۰.۰۰۰۱ تا ۰.۱۷۵ سانتیمتر و در چاه A-8 از ۰.۰۰۰۰۱ تا ۰.۲ سانتیمتر متغییر می‌باشد (کدخدائی و همکاران ۲۰۱۰). چگالی یا تراکم شکستگی‌ها نیز در هر دو چاه در سازند سروک پایینی بیشتر از سایر سازندها بوده اما در چاه A-8 پراکندگی و تراکم بیشتری وجود دارد. شکستگی‌های باز موازی با حداکثر تنش افقی، دارای بیشترین بازشدگی دهانه و در نتیجه معمولاً بهره وری بالاتری دارند. این نتایج نشان می‌دهند که هوش مصنوعی می‌تواند در راستای کاهش هزینه‌های نمودارگیری چاه و با دقت مناسبی در جهت تحلیل زون‌های شکسته و ویژگی‌های آنها کاربردی باشد.

منابع

کدخدایی، ع.، (۱۳۸۸)، تخمین پارامترهای ژئوشیمیایی و پتروفیزیکی از نمودارهای چاه‌پیمایی و نشانگرهای لرزه‌ای با استفاده از سیستم‌های هوشمند در میادین هیدروکربنی جنوب ایران، رساله دکتری، دانشگاه تهران.

Rajabi, M., Sherkati, S., Bohloli, B., & Tingay, M. (2010). Subsurface fracture analysis and determination of in-situ stress direction using FMI logs: An example from the Santonian.

Ghassemi, M. R., & Nayeb, S. (2015). Active surface cracking in Aghajari Formation of the Azar oil field, Zagros, western Iran. Marine and Petroleum Geology, 68, 498–508

Kadkhodaie-Ilkhchi, A, Takahashi Monteiro, S, Ramos, F and Hatherly, P, 2010., Rock recognition from MWD data: a comparative study of boosting, neural networks and fuzzy logic IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. Lett. 7 680–4

Klimczak C, Schultz RA, Parashar R, Reeves DM (2010) Cubic law with aperture-length correlation: implications for network scale fluid flow. Hydrogeol J 18:851–862.

Help of GEOLOG Software.

Help of MATLAB Software.