



اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته



اسفند ۱۳۸۸

پیش بینی پارامترهای نگاره NMR از روی داده های چاه نگاری با استفاده از سیستم های هوشمند
محمد مهدی لینی^۱، دکتر کریم سلحشور^۲، دکتر علی کدخدایی ایلخچی^۳، علی صنعتی^۴، مجتبی الهیاری^۵

۱. دپارتمان مهندسی نفت - دانشکده تحصیلات تکمیلی دانشگاه صنعت نفت - تهران
۲. دپارتمان ایهاماسیون و ابزار دقیق - دانشکده تحصیلات تکمیلی دانشگاه صنعت نفت - تهران
۳. دپارتمان زمین شناسی - دانشکده علوم دانشگاه تهران - تهران
۴. علوم حیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی طبس
۵. علوم حیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی طبس

چکیده

نگاره تشدید مغناطیسی هسته ای (NMR) اطلاعات مفیدی را برای مطالعه پتروفیزیکی مخازن هیدروکربوری مهیا می کند. مقدار تخلخل مؤثر (FFP)، تراوایی سنگ مخزن (k) و میزان سیال چسبیده به سنگ (BFV) سه پارامتر عمده ای هستند که با پردازش و تفسیر داده های نگاره NMR به دست می آیند. در این مقاله منطق فازی و ترو فازی به عنوان ابزارهایی هوشمند برای تخمین پارامترهای نگاره NMR به کار گرفته شده اند. داده های چاه نگاری 2 چاه میدان گازی پارس جنوبی برای ساختن مدل های هوشمند ذکر شده استفاده می شوند و درستی مدل های هوشمند توسعه یافته به کمک داده های چاه سومی واقع در همان میدان ارزیابی می شود. نتایج بررسی نشان می دهد که منطق فازی و ترو فازی با دقت نسبتاً خوبی قادر به پیش بینی پارامترهای نگاره NMR هستند. در نتیجه ترکیب نتایج حاصله از این دو روش در یک ماشین مرکب (Committee Machine) به طریق میانگین گیری ساده دقت تخمین پارامترهای نگاره NMR نسبت به دو روش قبل بهبود می یابد.

Abstract

NMR (Nuclear Magnetic Resonance) provides valuable information for petrophysical investigation of hydrocarbon reservoirs. The amount of effective porosity, reservoir rock permeability and fluid content of the reservoir rock are three main parameters which can be obtained with processing and interpretation of NMR data. In this article Fuzzy logic and Neuro-Fuzzy methods have been used as intelligent tools to estimate these parameters. Logging data from two gas wells from South-Pars field are used to build the mentioned intelligent model. Then this model is evaluated with the third well data to help find if the model work properly. We concluded that both Neuro-Fuzzy and Fuzzy Logic methods will fairly well predict the NMR parameters and also combining these two methods using a committee machine with simple averaging process will result in more accurate parameters than applying individual methods separately.

کلمات کلیدی:

پارامترهای نگاره NMR، سیستم های هوشمند، منطق فازی، ترو فازی، ماشین مرکب

1. مقدمه

نگاره NMR قادر است اندازه گیریهای در جایی از خصوصیات مخزنی از قبیل: تراوایی، تخلخل مؤثر و میزان سیال چسبیده به سنگ ارائه دهد. در این مطالعه تنها دو پارامتر تخلخل مؤثر و تراوایی سنگ مخزن پیش بینی خواهند شد و سیستم های هوشمند قادر به پیش بینی میزان سیال چسبیده به سنگ نمی باشند. سیستم های هوشمند می توانند نگاره NMR را راحت تر و ارزاتر از روش های معمول نمودار گیری تهیه نمایند؛ با این وجود مطالعات بسیار محدودی در مورد استفاده از این روش ها برای تهیه نگاره NMR وجود دارد. مطالعات موجود موارد زیر را بررسی خواهد کرد:

1. کاربرد سیستم های هوشمند شامل منطق فازی و تروفازی برای تهیه نگاره NMR به روش مصنوعی
2. ارزیابی و مقایسه نتایج حاصله از این روش ها با مقادیر واقعی نگاره NMR
3. ترکیب تخمین های منطق فازی و ترو فازی در یک ماشین مرکب به کمک میانگین گیری ساده و ارزیابی دقت نتایج حاصله از آن.

میدان گازی پارس جنوبی در خلیج فارس بین کشورهای ایران و قطر، و در حدود 100 کیلومتری از خط ساحلی ایران واقع شده است. لایه های کنگان ودالان متعلق به تریاسیک زیرین تا پرمین، دو مخزن عمده گازی و مبعانات گازی این میدان هستند. این دو لایه عمدتاً از سنگ آهک، انیدریت و دولومیت تشکیل شده اند. در این مطالعه از داده های چاه نگاری 3 چاه از



چاه های میدان گازی پارس جنوبی استفاده شده است؛ داده های 2 چاه برای ساختن مدل های هوشمند استفاده می شوند و داده های چاه سوم درستی مدل های ساخته شده را بررسی می کند.

2. تنوری و روش ها

2.1. منطق فازی

مفهوم پایه ای منطق فازی یا تنوری مجموعه های فازی در سال 1965 نخستین بار توسط پروفیسور لطفی زاده بنا نهاده شد. منطق فازی نگرشی چند ارزشی به وقایع و رویدادها دارد که این برخلاف منطق صریح یا دوارزشی است که در آن همه چیز یا درست است یا درست نیست. در واقع منطق فازی بر اساس تنوری مجموعه های فازی بنا نهاده شد که در آن مجموعه فازی به عنوان مجموعه ای در نظر گرفته می شود که دارای مرز غیر قطعی و نامشخص است که هر عضو دارای درجه عضویت نسبی است. منطق فازی خ صوصاً برای مدل سازی زمین شناسی بسیار پرکاربرد است زیرا مسائل مرتبط با زمین شناسی عموماً یا خطای تخمین و ابهام رو برویند. روش های آماری معمول مانند رگرسیون خطی در تلاش برای کم کردن یا حذف این خطا هستند در حالی که منطق فازی اطلاعات سودمندی از این ناصریح بودن داده ها استخراج می کند که نقش مهمی در بالا بردن دقت پیش بینی ها دارد.^[1]

دو روش عمده برای مدلسازی فازی وجود دارد که عبارتند از:

- روش ممدانی
- روش تاکاگی- سوگنو

روش سوگنو مشابه روش ممدانی برای مدلسازی فازی است. توابع عضویت داده های خروجی تنها تفاوت این دو روش است. در روش سوگنو بر خلاف ممدانی، توابع عضویت داده های خروجی خطی بوده یا یک مقدار ثابت هستند و به روش خوشه سازی (Clustering) تعریف می شوند.^[2] بسته به نوع داده های موجود یکی از روش های فوق برای مدلسازی استفاده می شود. در این مطالعه از روش سوگنو برای پیش بینی پارامترهای نگاره NMR استفاده شده است.

2.2. نروفازی

مدلسازی نروفازی عبارتست از تکنیکی برای توصیف رفتار یک سیستم توسط قوانین منطق فازی در چارچوب شبکه ی عصبی. این مدل یک خصوصیت منحصر به فرد دارد که آن را از شبکه عصبی متمایز می کند و آن اینکه قادر است هم اند مدل فازی خصوصیات یک سیستم پیچیده غیر خطی را به زبان قابل درک برای کاربر بیان کند. علاوه بر آن در مدلسازی به کمک روش نروفازی سیستم قادر به یادگیری از داده های آموزش می باشد در صورتی که در مدلسازی به روش منطق فازی سیستم قادر به یادگیری از داده ها نیست.^[3] در این مطالعه سیستم نروفازی ANFIS که در محیط برنامه نویسی Matlab تعبیه شده است مورد استفاده قرار می گیرد. در شکل 1 طرح کلی از جریان اطلاعات در سیستم نروفازی نشان داده شده است.

3. آماده سازی داده ها و انتخاب ورودی مناسب برای مدلسازی

همانطور که در مقدمه گفته شد، مجموعه داده های استفاده شده در این مطالعه برای مدلسازی و ارزیابی صحت مدل های هوشمند ساخته شده از سه چاه میدان گازی پارس جنوبی حاصل شده است. برای آماده سازی داده ها، داده های چاه نگاری ابتدائاً مورد بررسی قرار می گیرند و بازه هایی که در آنها اختلاف بین رکورد کالیبر و قطر چاه بیشتر از 1.5 اینچ است حذف می شوند. در این بازه ها مقدار خوانده شده توسط ابزار چاه پیمایی ارتباطی به خصوصیات سازند ندارد و بیشتر تحت تأثیر خصوصیات گل حفاری می باشد. شمال سازی داده ها کار دیگری است که قبل از مدلسازی برای پیش بینی بهتر بر روی داده ها صورت می گیرد. شمال سازی خصوصاً برای پیش بینی نفوذپذیری که دارای دامنه تغییرات گسترده ای می باشد (بین 0 تا حدود 370 میلی داری در داده های آموزش) بسیار حائز اهمیت است. در این مطالعه دو روش برای انتخاب ورودی مناسب به کار گرفته شده است:

۱. بررسی ضریب همبستگی بین ورودی های موجود و خروجی مورد نظر



اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

اسفند ۱۳۸۸



ii. استفاده از شبکه عصبی؛ بدین منظور چندین ترکیب مختلف از داده های چاه نگاری به ورودی شبکه 3 لایه ای ساده ای که در محیط برنامه نویسی MATLAB ساخته شده، داده می شود و آنگاه عملکرد شبکه در پیش بینی خروجی مورد بررسی قرار می گیرد. ورودیهای با عملکرد بهتر (خطای کمتر) به عنوان ورودی مناسب انتخاب می شوند. معمولاً ورودی هایی که رابطه قویتری با خروجی دارند می توانند مدل های دقیق تری برای پیش بینی خروجی مورد نظر ارائه دهند تا ورودی هایی که رابطه ضعیفی با خروجی دارند. **جداول 1 و 2** به ترتیب نتایج حاصل از آنالیز ضریب همبستگی و شبکه عصبی را نشان می دهند. نتایج حاصل از این دو روش نشان می دهد که نگاره های PHIE-HILT و DT، RHOZ، NPHI و بهترین ورودی ها برای پیش بینی پارامترهای نفوذپذیری و تخلخل مؤثر حاصله از نگاره NMR هستند. ورودی های انتخاب شده برای پیش بینی نفوذ پذیری و تخلخل مؤثر مشابه یکدیگرند که این موضوع نشان از رابطه قوی بین این دو پارامتر نگاره NMR دارد؛ با افزایش تخلخل مؤثر نفوذپذیری نیز افزایش می یابد.

4. مطالعه موردی

4.1 مدل سازی فازی به روش تاکاگی- سوگنو (TS-FIS)

در این مطالعه، روش تاکاگی- سوگنو برای ایجاد پارامترهای نگاره NMR به طریق مدلسازی فازی استفاده می شود. توابع عضویت ورودی ها و خروجی ها و پارامترهای مرتبط با آنها با روش خوشه سازی تفریقی (Subtractive Clustering) استخراج می شوند. پس از آن مجموعه ای از قوانین فازی 'اگر-آنگاه' برای محاسبه پارامترهای نگاره NMR از روی نگاره های ورودی انتخاب شده تدوین می شوند. شعاع خوشه سازی پارامتری است که تعداد دسته ها و قوانین فازی را تعیین می کند. یک شعاع خوشه سازی کوچک، تعداد زیادی دسته های کوچک در داده ها ایجاد می کند که نهایتاً منجر به قوانین فازی بیشتری خواهد شد. در حالی که یک شعاع خوشه سازی بزرگ تعداد کمتری دسته های بزرگتر در داده ها ایجاد می کند که تعداد کمتری قوانین فازی 'اگر-آنگاه' را برای مدلسازی به دنبال خواهد داشت¹⁴.

در این مطالعه تعداد مناسب قوانین و توابع عضویت با نسبت دادن یک مجموعه ارقام بین 0 و 1 به شعاع خوشه سازی (جدول 3) و سپس مقایسه عملکرد مدل های حاصل شده روی داده های تست در هر مرحله به دست می آید. مدل هایی با بهترین عملکرد (کمترین خطا) به عنوان مدل فازی بهینه انتخاب می شوند. توابع عضویت و قوانین فازی 'اگر-آنگاه' ایجاد شده برای پیش بینی پارامترهای نگاره NMR مطابق ذیل هستند:

تخلخل مؤثر: با تعیین 0.8 برای شعاع خوشه سازی؛ 2 تابع عضویت گاوسی که تحت عنوان کم و زیاد طبقه بندی می شوند برای ورودی ها استخراج می شوند. قوانین فازی برای محاسبه تخلخل مؤثر از روی داده های پتروفیزیکی انتخاب شده عبارتند از: (شکل 2):

1. اگر PHIE-HILT کم باشد) و NPHI کم باشد) و (RHOZ زیاد باشد) و (DT کم باشد) آنگاه (تخلخل مؤثر کم خواهد بود).
2. اگر PHIE-HILT زیاد باشد) و NPHI زیاد باشد) و (RHOZ کم باشد) و (DT زیاد باشد) آنگاه (تخلخل مؤثر زیاد خواهد بود).
- نفوذپذیری: با تعیین 0.1 برای شعاع خوشه سازی، 8 تابع عضویت گاوسی برای ورودی ها استخراج می شوند. قوانین ایجاد شده عبارتند از:
 1. اگر PHIE-HILT متعلق به mf1 باشد) و NPHI متعلق به mf1 باشد) و RHOZ متعلق به mf1 باشد) و (DT متعلق به mf1 باشد) آنگاه (نفوذپذیری متعلق به mf1 خواهد بود).
 2. اگر PHIE-HILT متعلق به mf2 باشد) و NPHI متعلق به mf2 باشد) و RHOZ متعلق به mf2 باشد) و (DT متعلق به mf2 باشد) آنگاه (نفوذپذیری متعلق به mf2 خواهد بود).
 3. اگر PHIE-HILT متعلق به mf3 باشد) و NPHI متعلق به mf3 باشد) و RHOZ متعلق به mf3 باشد) و (DT متعلق به mf3 باشد) آنگاه (نفوذپذیری متعلق به mf3 خواهد بود).



4. اگر PHIE-HILT متعلق به mf4 باشد) و NPHI متعلق به mf4 باشد) و RHOZ متعلق به mf4 باشد) و DT متعلق به mf4 باشد) آنگاه (نفوذپذیری متعلق به mf4 خواهد بود).
5. اگر PHIE-HILT متعلق به mf5 باشد) و NPHI متعلق به mf5 باشد) و RHOZ متعلق به mf5 باشد) و DT متعلق به mf5 باشد) آنگاه (نفوذپذیری متعلق به mf5 خواهد بود).
6. اگر PHIE-HILT متعلق به mf6 باشد) و NPHI متعلق به mf6 باشد) و RHOZ متعلق به mf6 باشد) و DT متعلق به mf6 باشد) آنگاه (نفوذپذیری متعلق به mf6 خواهد بود).
7. اگر PHIE-HILT متعلق به mf7 باشد) و NPHI متعلق به mf7 باشد) و RHOZ متعلق به mf7 باشد) و DT متعلق به mf7 باشد) آنگاه (نفوذپذیری متعلق به mf7 خواهد بود).
8. اگر PHIE-HILT متعلق به mf8 باشد) و NPHI متعلق به mf8 باشد) و RHOZ متعلق به mf8 باشد) و DT متعلق به mf8 باشد) آنگاه (نفوذپذیری متعلق به mf8 خواهد بود).

بعد از ساختن مدل های فازی توسط داده های مدل حال نوبت داده های تست است که صحت این مدل ها را ارزیابی کنند . مقدار میانگین مربعات خطا برای پارامتر تخلخل مؤثر و نفوذپذیری، پیش بینی شده به وسیله منطق فازی، در داده های تست به ترتیب عبارتند از: 0.000139 و 0.0197. همچنین میزان ضریب همبستگی بین داده های واقعی و نتایج پیش بینی شده به وسیله منطق فازی به ترتیب برای تخلخل مؤثر و نفوذپذیری عبارتند از 0.881 و 0.862. مقایسه بین داده های واقعی و پیش بینی شده در برابر عمق برای داده های تست در شکل 3 نشان داده شده است.

4.2. مدل نروفازی

مدل نروفازی کاملاً شبیه مدل فازی است، همه توابع عضویت ورودی ها و خروجی ها به روش خوشه سازی تفریحی استخراج می شوند، اما همانطور که قبلاً ذکر شد این مدل به کمک شبکه های عصبی پرسوی خطا قادر به یادگیری از داده های آموزش می باشد در حالی که مدل فازی این قابلیت را ندارد. برای تعیین شعاع خوشه سازی بهینه مشابه سیستم فازی عمل می شود. با تعیین شعاع 0.8 و 0.4 به ترتیب برای پارامترهای تخلخل مؤثر و نفوذپذیری، خطای مدل نروفازی ایجاد شده به کمترین مقدار خود می رسد.

برای پیش بینی تخلخل مؤثر و نفوذپذیری دو سیستم نروفازی جداگانه ایجاد می شود. سیستم های ایجاد شده با 100 بار تکرار و با دامنه تغییرات خطای (Error Tolerance) صفر آموزش می بینند. بعد از آموزش سیستم های ایجاد شده، این مدل ها بر روی داده های تست اعمال می شوند. مقدار خطای اندازه گیری شده (میانگین مربعات خطا) در داده های تست به ترتیب عبارتند از: 0.000143 و 0.0152 برای تخلخل مؤثر و نفوذپذیری. همچنین میزان ضریب همبستگی بین داده های واقعی و نتایج پیش بینی شده به وسیله نروفازی عبارتند از: 0.879 برای تخلخل مؤثر و 0.914 برای نفوذپذیری. مقایسه بین داده های واقعی و پیش بینی شده به وسیله نروفازی در برابر عمق برای داده های تست در شکل 4 نشان داده شده است.

4.3. پیش بینی پارامترهای نگاره NMR به وسیله ترکیب سیستم های هوشمند

به منظور ساختن ماشین مرکب نیاز است که نتایج پیش بینی پارامترهای نگاره NMR حاصله از روش های منطق فازی و نروفازی با یکدیگر ترکیب شوند. بدین منظور محاسبات ساده ای مطابق ذیل برای ترکیب نتایج این دو روش به طریق میانگین گیری انجام می شود:

$$FFP_{CMIS} = 0.5 \times (FFP_{NF} + FFP_{FL}) \quad (1)$$

$$k_{CMIS} = 0.5 \times (k_{NF} + k_{FL}) \quad (2)$$

همانطور که از معادلات این روش مشخص است، در این شیوه ترکیب، هر کدام از روش ها اعم از منطق فازی و نروفازی وزن یکسانی را برای پیش بینی پارامتر مورد نظر دریافت می کنند. میانگین مربعات خطای حاصل شده از این روش برای تخلخل مؤثر 0.000137 و برای نفوذپذیری 0.0145 هستند. اشکال 5 و 6 نتایج حاصل از این روش را نشان می دهد.

5. بحث



سیستم های هوشمند ارائه شده در این مطالعه دو پارامتر تخلخل مؤثر و نفوذپذیری را با دقت خوبی پیش بینی می کنند اما استفاده از آنها برای پیش بینی پارامتر سوم یعنی BFV موفقیت آمیز نمی باشد. توضیحات ذیل درصد ارائه پاسخی برای این رفتار سیستم های هوشمند است.

پارامتر سیال چسبیده به سنگ یا BFV برای سنگ های کربناته که عموماً نفت دوست هستند [15], [17] مقدار نفت چسبیده به سطح سنگ را نشان می دهد. در مخازن گازی کربناته مانند میدان گازی پارس جنوبی در نتیجه کم بودن مقدار نفت موجود در مخزن؛ میزان سیال چسبیده به سطح سنگ کم می باشد. این مقدار کم سیال چسبیده به سنگ تأثیرگذاری زیادی روی مقادیر ثبت شده حاصل از ابزارهای مختلف چاه نگاری ندارد. در نتیجه رابطه محکمی بین انواع نگاره های موجود و پارامتر BFV وجود ندارد (شکل 7). همانطور که پیش از این ذکر شد سیستم های هوشمند در شرا یطی قادرند بهترین پیش بینی را از پارامتری ارائه دهند که رابطه منطقی و محکمی بین ورودی های سیستم و خروجی مورد نظر وجود داشته باشد. بنابراین این رابطه ضعیف بین ورودی ها و BFV مانع از پیش بینی دقیق این پارامتر همانند دو پارامتر قبلی یعنی تخلخل مؤثر و نفوذپذیری می گردد.

6. نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان می دهد که هم منطق فازی و هم نروفازی قادرند پارامترهای نگاره NMR را با دقت خوبی پیش بینی کنند. از سوی دیگر ترکیب این دو روش به کمک میانگین گیری بهبود نسبی در میزان خطا را نتیجه می دهد. جدول 4 نتایج حاصل از این سه روش را با یکدیگر مقایسه می کند. روش های به کار گرفته شده در این مطالعه از مفاهیم متفاوتی برای پیش بینی پارامترهای نگاره NMR استفاده می کنند با این وجود نتایج نسبتاً مشابه آنها نشان می دهد که آنها روش هایی قابل اعتماد و در عین حال منطبق با یکدیگر هستند. از سوی دیگر با توجه به نتایج مندرج در جدول 4 می توان گفت وقتی رابطه محکمی بین ورودی ها و خروجی وجود دارد مانند تخلخل مؤثر و نفوذپذیری سیستم های هوشمند قادرند با دقت خوبی خروجی را پیش بینی کنند ولی وقتی این رابطه ضعیف باشد مانند BFV سیستم های هوشمند قادر به تشخیص الگوی موجود بین ورودی ها و خروجی نخواهند بود.

به دلیل هزینه نسبتاً بالای نمودارگیری NMR؛ چاه های محدودی این نگاره را دارند. روش های هوشمند ذکر شده در این مقاله قادرند پارامترهای نگاره NMR را با دقت خوبی، در زمان کمتر و با هزینه کمتری نسبت به روش های مع مول نمودارگیری تهیه کنند.

فهرست علائم و اختصارات

NMR	Nuclear Magnetic Resonance
FFP	Free Fluid Porosity
BFV	Bound Fluid Volume
ANFIS	Adaptive Neuro Fuzzy Inference System
NPHI	Neutron log
RHOZ	Density log
DT	Sonic transit time
PHIE-HILT	Effective porosity from high resolution integrated logging tool
GR	Gamma ray
PEF	Photo-electric effect
TS-FIS	Takagi-Sugeno fuzzy inference system
mf	membership function
MSE	Mean squared error
CMIS	Committee Machine with Intelligent System
FL	Fuzzy logic
NF	Neuro-fuzzy

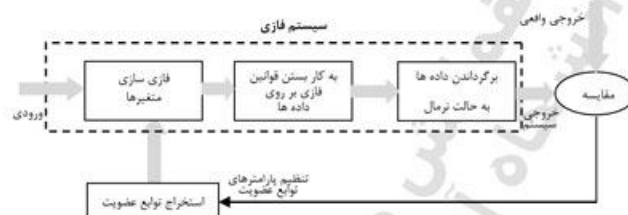
قدردانی

نویسندگان این مقاله تشکر صمیمانه خود را از شرکت نفت و گاز پارس به خاطر حمایت مالی، تهیه داده و همچنین اجازه برای چاپ نتایج این مطالعه اعلام می کنند.

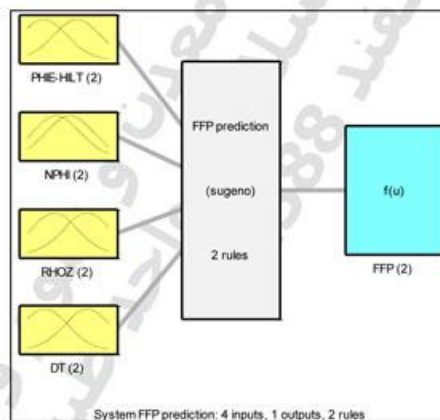
مراجع



- [1] Cuddy, S.J., 1998. *Litho-facies and permeability prediction from electrical logs using fuzzy logic*, 8th Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, SPE 49470.
- [2] Kadkhodaie Ilkhechi, A., Rezaee, M.R., Moallemi, S.A., 2006. *A fuzzy logic approach for the estimation of permeability and rock types from conventional well log data: an example from the Kangan reservoir in Iran Offshore Gas Field*, Journal of Geophysics and Engineering 3, 356-369.
- [3] Matlab user's Guide 2007. *Fuzzy logic toolbox*, Matlab CD-ROM, by the Mathworks, Inc.
- [4] Chiu, S., 1994. *Fuzzy model identification based on cluster estimation*, Journal of Intelligent and Fuzzy Systems 2, 267-278.
- [5] Esfahani, M.R., Haghighi, M., 2004. *Wettability evaluation of Iranian carbonate formations*, Journal of Petroleum Science and Engineering 42, 257-265.
- [6] Chilingar, G.V., Yen, T.F., 1992. *Some notes on wettability and relative permeability of carbonate reservoir rock*, Energy Sources 7 (1), 21-27.
- [7] Treiber, L.E., Archer, D.L., Owens, W.W., 1971. *A laboratory evaluation of the wettability of fifty oil-producing reservoirs*, Society of Petroleum Engineering Journal 12, 531-540.



شکل ۱. طرح کلی جریان اطلاعات در سیستم تروفازی.



شکل ۲. ایجاد رابطه بین ورودیهای انتخاب شده و تخیل مؤثر (FFP) با استفاده از سیستم مدلسازی فازی.

(الف)

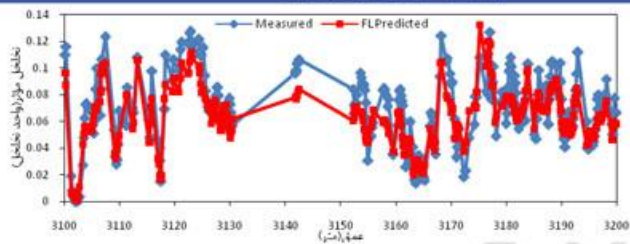


اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

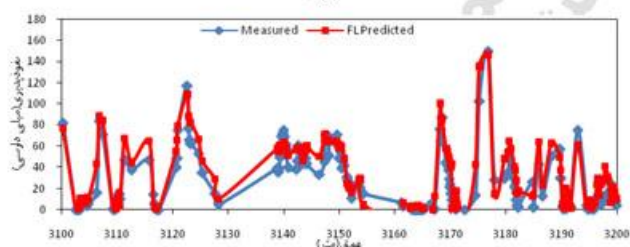
اسفند ۱۳۸۸



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد طبس



(ب)



شکل 3: نمودار مقایسه ای بین مقادیر واقعی و مقادیر (الف) تخمین مؤثر (ب) نفوذ پذیری پیش بینی شده به وسیله منطق فازی در برابر عمق برای داده های تست.

جدول 1: نتایج آنالیز ضریب همبستگی (R^2) برای تخمین مؤثر و نفوذ پذیری

ورودی	خروجی	تخمین مؤثر	نفوذ پذیری
	PHIE-HILT	0.858	0.679
	NPHI	0.814	0.466
	PEF	0.389	0.034
	RHOZ	0.761	0.626
	GR	0.082	0.001
	DT	0.594	0.739

جدول 2: عملکرد شبکه عصبی برای پیش بینی (الف) تخمین مؤثر و (ب) نفوذ پذیری در داده های تست با استفاده از ترکیب های مختلف از داده های چاه نگاری.

ورودی	MSE ($\times 10^{-4}$)
PHIE-HILT	1.882
PHIE-HILT,RHOZ	1.844
PHIE-HILT, RHOZ, NPHI	1.604
PHIE-HILT, RHOZ, NPHI,PEF	2.023
PHIE-HILT, RHOZ, NPHI,GR	1.952
PHIE-HILT, RHOZ, NPHI,DT	1.351
PHIE-HILT, RHOZ, NPHI,DT,PEF,GR	2.240
(ب)	
ورودی	MSE
DT	0.0206
DT, PHIE-HILT	0.0197
DT, PHIE-HILT, NPHI	0.0195
DT, PHIE-HILT, NPHI,PEF	0.0183
DT, PHIE-HILT, NPHI,GR	0.0224
DT, PHIE-HILT, NPHI,RHOZ	0.0156
DT, PHIE-HILT, NPHI,RHOZ,PEF,GR	0.0393

استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش
 تلفن: ۰۳۲-۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
 وب سایت همایش: www.hamayesh-tabas.ir



اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

اسفند ۱۳۸۸

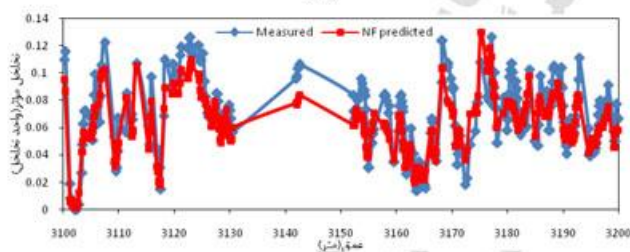


جدول 3: میانگین مربعات خطا و تعداد قوانین فازی اگر-آنگاه برای 10 سیستم متفاوت فازی ایجاد شده با شعاع های خوشه سازی متغیر در بازه [0.1

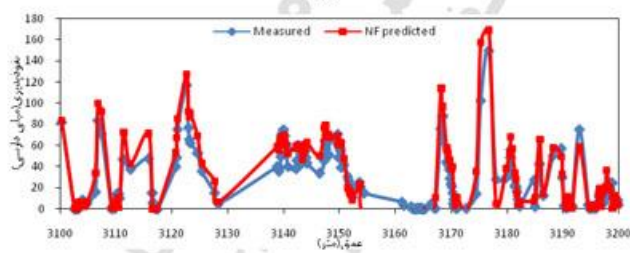
].

شماره سیستم فازی	شعاع خوشه سازی	تعداد قوانین فازی "اگر-آنگاه"		میانگین مربعات خطای مدل	
		تخلخل مؤثر	نفوذپذیری	تخلخل مؤثر	نفوذپذیری
1	0.1	16	8	0.000376	0.0196
2	0.2	7	4	0.000156	0.0228
3	0.3	7	2	0.000139	0.0210
4	0.4	4	2	0.000155	0.0203
5	0.5	4	1	0.000155	0.0235
6	0.6	4	1	0.000151	0.0235
7	0.7	3	1	0.000151	0.0235
8	0.8	2	1	0.000139	0.0235
9	0.9	2	1	0.000141	0.0235
10	1	2	1	0.000144	0.0235

(الف)

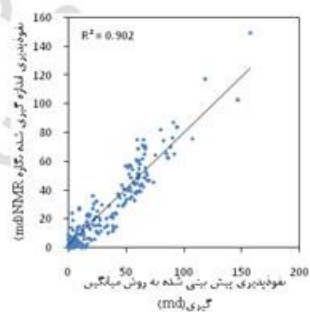


(ب)

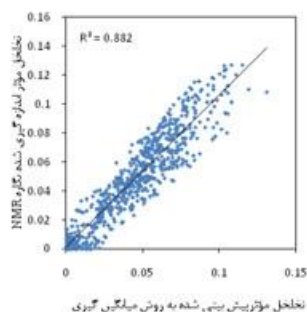


شکل 4: نمودار مقایسه ای بین مقادیر واقعی و مقادیر (الف) تخلخل مؤثر و (ب) نفوذپذیری پیش بینی شده به وسیله تروفازی در برابر عمق برای داده های تست.

(ب)



(الف)



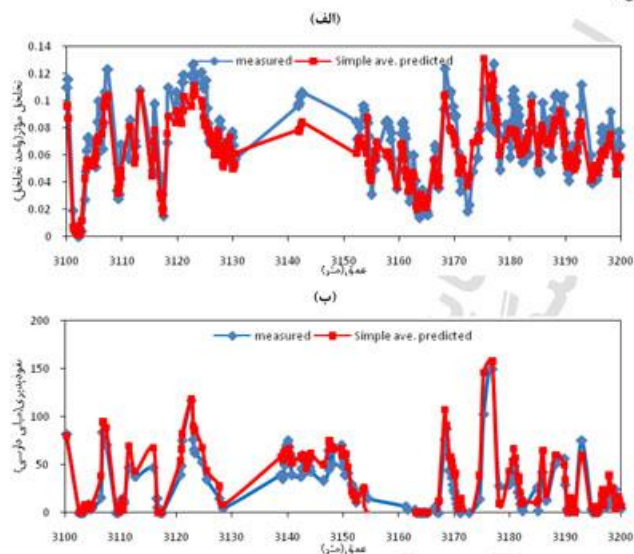


اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته

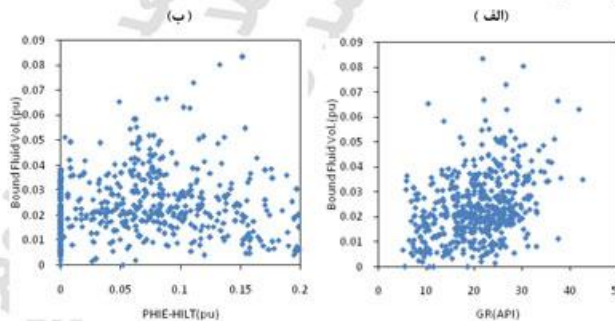
اسفند ۱۳۸۸



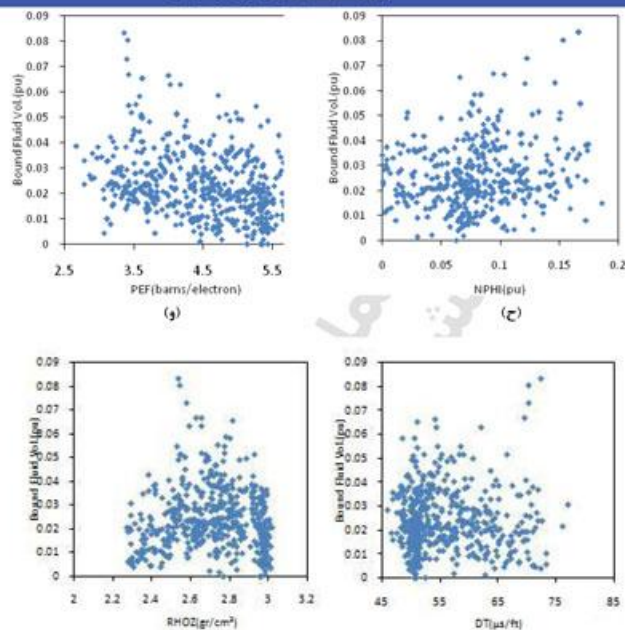
شکل 5: کراس پلات های مربوط به (الف) نفوذپذیری و (ب) تخلخل مؤثر که ضریب همبستگی بین داده های واقعی و پیش بینی شده به وسیله میانگین گیری را نشان می دهد.



شکل 6: نمودار مقایسه ای بین مقادیر واقعی و مقادیر (الف) تخلخل مؤثر و (ب) نفوذپذیری پیش بینی شده به وسیله میانگین گیری ساده در برابر عمق برای داده های تست.



شکل 7: کراس پلاتهای مربوط به رابطه بین انواع نگاره های موجود شامل (الف) PHIE+HILT, (ب) GR, (ج) PEF, (د) NPFI, (ه) DT, (و) RHO (ج) (د)



شکل ۴: ادامه).

جدول ۴: مقایسه خطا برای (الف) تخلخل مؤثر و (ب) نفوذپذیری در داده های تست برای سیستم های مختلف.

(الف)		
سیستم هوشمند	میانگین مربعات خطا	رتبه
منطق فازی	0.000139	2
نروفازی	0.000143	3
میانگین گیری ساده	0.000137	1
(ب)		
سیستم هوشمند	میانگین مربعات خطا	رتبه
منطق فازی	0.0197	3
نروفازی	0.0152	2
میانگین گیری ساده	0.0145	1