

تعیین تخلخل و آب اشباع شدگی توسط نرم افزار ژئولاگ و شبکه های عصبی مصنوعی در مخزن نفتی پارسی

◀ مهدی تدینی^۱، حسین حمیدی^۲ و مجید نبی بیده‌ندی^۳

چکیده:

در صنعت نفت تعیین خواص پتروفیزیکی مخزن، یکی از مهمترین پارامترهای کلیدی در مدیریت، تولید، توسعه و تخمین مخازن هیدروکربوری به‌شمار می‌رود. تعیین اینگونه پارامترها (تخلخل، آب اشباع شدگی) معمولاً توسط روش‌هایی چون آنالیز مغزه و آزمایش چاه (Well Test) انجام می‌شود که مستلزم صرف زمان و هزینه گزافی می‌باشد و در ضمن به علت نبود مغزه‌های کافی و تغییرات سنگ‌شناسی و ناهمگنی سنگ مخزن، تعیین این پارامترها توسط روش‌های معمول از دقت چندانی برخوردار نیست. بنابراین روش بهینه برای کاهش هزینه‌ها و زمان و افزایش دقت استفاده از ارزیابی‌های نرم‌افزارهای پیشرفته (ژئولاگ) و روش‌های تخمینی (شبکه‌های عصبی مصنوعی پس انتشار خطا) است که توسط این دو روش می‌توان با داشتن اطلاعات مغزه چند چاه، این اطلاعات را به چاه‌های دیگر میدان تعمیم داد. در این مقاله از نرم‌افزار ژئولاگ و شبکه‌های عصبی مصنوعی پس انتشار خطا (BP-ANN) که برنامه آن در محیط نرم‌افزار مطلب (MATLAB) نوشته شده با استفاده از نگارهای پتروفیزیکی برای پیش‌بینی هرچه دقیق‌تر این پارامترها در میدان نفتی پارسی واقع در جنوب غربی ایران استفاده شده است. این شبکه در چاه شماره ۱۹ این میدان که دارای مغزه بود مورد آموزش، آزمایش، آزمون و تعمیم‌پذیری قرار گرفته و خروجی‌های آن با ارزیابی‌های حاصله از نرم‌افزار ژئولاگ مقایسه شده است. با توجه به نتایج، شبکه‌های عصبی پس انتشار خطا نسبت به نرم‌افزار پیشرفته ژئولاگ در تعیین خواص پتروفیزیکی صحت و دقت بیشتری دارد. در مرحله آخر تخلخل و آب اشباع شدگی در چاه‌های شماره ۴۸ و ۴۹ و ۶۴ که فاقد مغزه هستند توسط شبکه شبیه‌سازی شده است.

کلمات کلیدی: ژئولاگ، شبکه عصبی مصنوعی پس انتشار خطا، تخلخل، آب اشباع شدگی، نگار، زون، آسماری، آموزش، تعمیم‌پذیری

۱. کارشناس مدیریت برنامه‌ریزی تلفیقی

۲. کارشناس ارشد، دانشکده نفت - دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

۳. دانشیار مؤسسه ژئوفیزیک - دانشگاه تهران، ایران

۳- تعریف عدم قطعیت‌ها (اختیاری)

۴- مرحله آنالیز توسط نرم‌افزار

۵- رسم پلات‌ها و گزارش نهایی

مراحل بالا به منظور تعیین تخلخل و آب اشباع شدگی در چاه‌های شماره ۱۹، ۴۸، ۴۹ و ۶۴ میدان پاریسی انجام شده است. پلات آب اشباع شدگی حاصل از ژئولاگ در مقابل آب اشباع شدگی حاصل از توصیف مغزه‌ها و همچنین تخلخل حاصل از ژئولاگ در مقابل تخلخل حاصل از توصیف مغزه‌ها مربوط به چاه ۱۹ را به ترتیب در شکل‌های شماره ۱ و ۲ مشاهده می‌کنید. البته به دلیل پاره‌ای مسائل امکان تطابق کامل تخلخل مغزه با ژئولاگ وجود ندارد زیرا انجام آزمایشات تخلخل مغزه در شرایط محیطی و همچنین وجود میکرو درزه‌ها در پلاگ‌های تهیه شده می‌تواند باعث افزایش تخلخل مغزه شود. نحوه تهیه پلاگ از مغزه در آزمایشگاه، امکان تخریب کانی‌های شیلی در حین تهیه و آماده‌سازی پلاگ و خطاهای اندازه‌گیری، می‌تواند عامل افزایش یا کاهش تخلخل مغزه نسبت به ژئولاگ باشد.

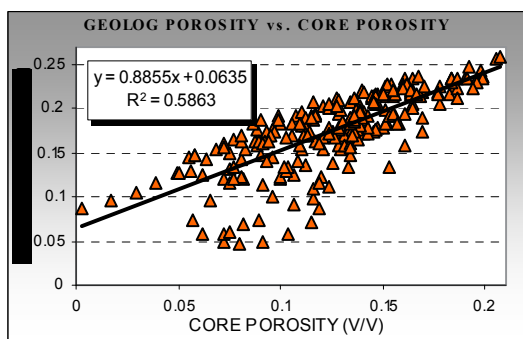
شبکه‌های عصبی مصنوعی پس انتشار خطا (BP-ANN)

این شبکه به عنوان مجموعه‌ای از ابزارآلاتی است که دارای توانایی تعیین پارامترهای پتروفیزیکی مخزن با استفاده از نگارهای پتروفیزیکی در کوتاه‌ترین زمان ممکن را دارد. شبکه عصبی مصنوعی یک سیستم پردازش اطلاعات است که در انجام وظایف خود مانند شبکه عصبی بدن عمل می‌کند و توان بسیار زیادی در فرآیندهای یادگیری و آموزش و سازگار کردن ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب دارد (Al-Qahatani ۲۰۰۰).

این شبکه‌ها شامل چندین عنصر ساده (از قبیل نرون‌ها، دندریت‌ها...) هستند. هر نرون مشخص دارای ورودی (I_i) است که در وزن (W_i) مختص به خود ضرب می‌شود و هر نرون مصنوعی می‌تواند دارای ورودی‌های فراوان باشد، در حالی که تنها دارای یک خروجی باشد. این ورودی‌ها با هم جمع می‌شوند و سپس به تابع فعال شبکه منتقل شده و در نهایت خروجی به دست می‌آید.

شبکه‌های پس انتشار خطا (BP-ANN) شبکه‌هایی هستند که دارای سه لایه ورودی، میانی و خروجی هستند. در این شبکه‌ها از دو تابع sigmoid و purelin برای آموزش شبکه استفاده شده است. فرآیند آموزش شبکه طوری است که ابتدا ورودی‌ها (اطلاعات لاگ‌ها) به نرون‌های لایه ورودی داده شده و پس از محاسبه اختلاف بین خروجی شبکه و خروجی مطلوب، خطای مربوطه دوباره به شبکه برمی‌گردد و مجدداً وزن‌ها در

شکل-۲: تخلخل ژئولاگ در مقابل تخلخل مغزه در چاه شماره ۱۹



تخلخل و آب اشباع شدگی از خواص مهم مخزن به‌شمار می‌روند که تعیین دقیق، کم‌هزینه و سریع آنها در صنعت نفت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجایی که میدان پاریسی از لحاظ سنگ‌شناسی و رسوب‌گذاری ناهمگن و پیچیدگی‌های خاص خود را دارد، برای تعیین هرچه دقیق‌تر این خصوصیات باید از اکثر چاه‌ها مغزه تهیه کرد که باتوجه به وسعت میدان و تعدد چاه‌ها (۶۶ حلقه چاه) مستلزم صرف هزینه و زمان فراوانی خواهد بود. همچنین تعیین این پارامتر به کمک روش آزمایش چاه به علت صرف هزینه‌های بسیار و توقف تولید حین انجام این آزمایش، چندان مقرون‌به‌صرفه نیست. بنابراین روش بهینه برای کاهش هزینه‌ها، زمان و افزایش دقت، استفاده از ارزیابی‌های نرم‌افزاری (ژئولاگ) و شبکه‌های عصبی مصنوعی پس انتشار خطا است که توسط این دو روش می‌توان با داشتن اطلاعات مغزه چند چاه، این اطلاعات را برای چاه‌های دیگر میدان تعمیم داد.

این میدان در حدود ۱۳۰ کیلومتری جنوب شرقی اهواز قرار گرفته است. سنگ آهک آسماری مخزن اصلی این میدان را تشکیل می‌دهد که از نظر سنگ‌شناسی عمدتاً از آهک، دولومیت و افق‌هایی از ماسه‌سنگ، مارن، شیل و لایه‌هایی از انیدریت تشکیل شده است. در این مقاله چاه‌های شماره ۱۹، ۴۸، ۴۹ و ۶۴ میدان پاریسی مورد مطالعه قرار می‌گیرند. از چاه شماره ۱۹ به دلیل دارا بودن سری کامل اطلاعات پتروفیزیکی به عنوان چاه کلیدی استفاده می‌شود.

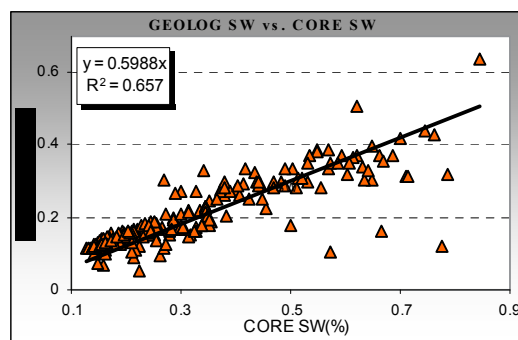
نرم‌افزار ژئولاگ

نرم‌افزار ژئولاگ در نوع خود بهترین و کامل‌ترین نرم‌افزار ارزیابی پتروفیزیکی است که از دو روش عمده در بررسی پتروفیزیکی سازند استفاده می‌کند. روش نخست روش سنتی قدم به قدم محاسبه پارامترهای پتروفیزیکی است که تحت عنوان روش دترمینیستیک (Deterministic) شناخته می‌شود. روش دوم بیشتر مبتنی بر روش‌های نوین و احتمالات آماری است و روش احتمالات (probabilistic) (مولتی مین) نام دارد و بدین صورت به پاسخ‌های پتروفیزیکی نزدیک می‌شود. در این مطالعه از روش احتمالات استفاده شده است. برای ارائه یک آنالیز موفق یک‌سری مراحل مشخص باید طی گردند. فهرست زیر نشان‌دهنده مراحل مختلف انجام روش مولتی مین می‌باشد (Geolog ۲۰۰۶):

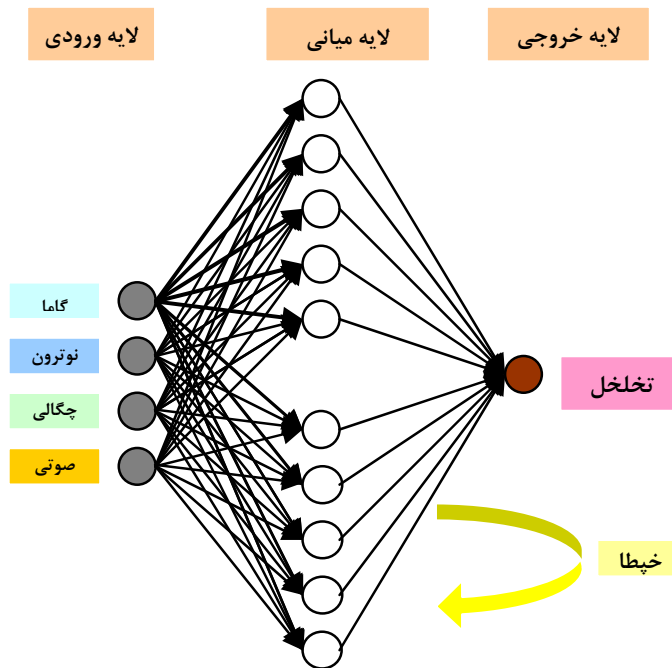
۱- محاسبات اولیه

۲- بسط‌دادن مدل اولیه

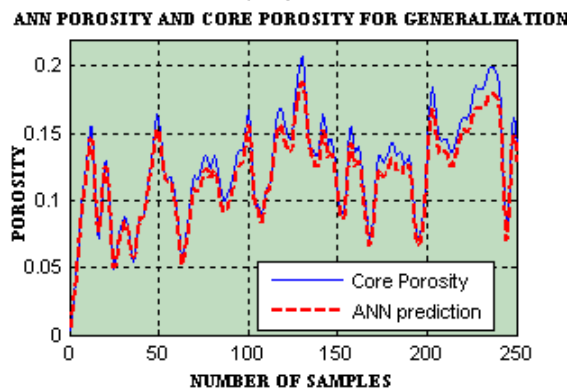
شکل-۱: آب اشباع شدگی ژئولاگ در مقابل آب اشباع شدگی مغزه در چاه شماره ۱۹



شکل-۳: ساختار شبکه BP ۴ نرون در لایه ورودی، ۱۰ نرون در لایه میانی و ۱ نرون در لایه خروجی

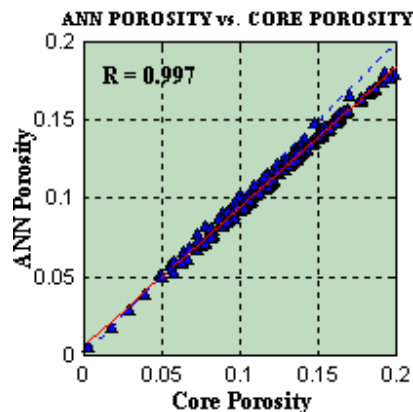


شکل-۴: مقایسه تخلخل شبیه‌سازی شده توسط شبکه و تخلخل مغزه در چاه شماره ۱۹



جهت کاهش خطا، خود را با شرایط جدید سازگار می‌کنند. برای کاهش خطا و رسیدن به خروجی مطلوب فرآیند آموزش چندین بار تکرار می‌شود تا جایی که هدف نهایی به دست آید (۱۹۹۴ Mohaghegh et al). برای تعیین تعداد نرون‌ها و لایه‌های میانی رابطه یا قانون خاصی وجود ندارد ولی افزایش و یا کاهش هر کدام در فرآیند آموزش شبکه سهم بسزایی دارد لذا برای تعیین آنها باید در فرآیند آموزش شبکه در هر تکرار تعداد آنها را تغییر داد تا بهترین نتیجه به دست آید (Callen ۱۹۹۹).

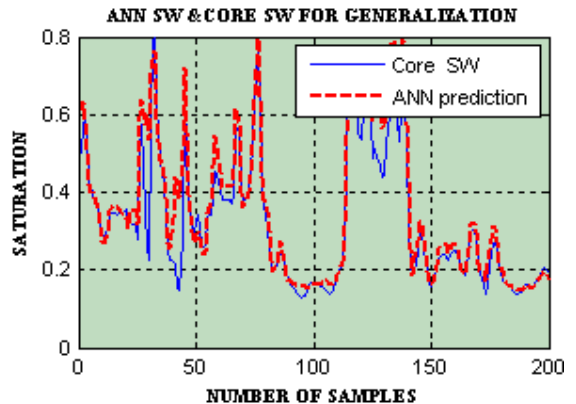
شکل-۵: تخلخل شبیه‌سازی شده توسط شبکه در مقابل تخلخل مغزه در چاه شماره ۱۹



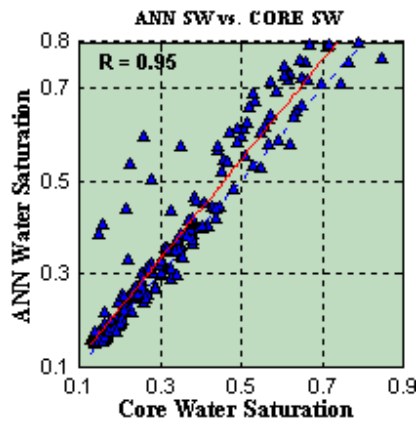
شبیه‌سازی توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی پس انتشار خطا
در فرآیند پردازش داده‌ها در شبکه از روش EARLY STOPPING استفاده شده است. در این روش تمام داده‌های چاه شماره ۱۹ به چهار قسمت تبدیل و در چهار فرآیند آموزش، آزمایش، آزمون و تعمیم‌پذیری به کار می‌روند. انتخاب داده‌ها در شبیه‌سازی بسیار مهم است. در این مقاله، برای چاه شماره ۱۹ داده‌های خام مربوط به قرائت‌های نگارهای صوتی، چگالی، گاما و نوترون در سازند مخزنی آسماری و الگو خروجی مطلوب یعنی تخلخل مغزه به عنوان چهار مجموعه آموزشی، آزمایشی، آزمون و تعمیم‌پذیری وارد شبکه‌ای با ۴ نرون در لایه ورودی، ۱۰ نرون در لایه میانی و ۱ نرون در لایه خروجی شده‌اند (شکل ۳).
و در مرحله آخر یا تعمیم‌پذیری (Generalization) نتیجه زیر حاصل شده است:

- ضریب همبستگی بین تخلخل حاصل از مغزه و تخلخل شبیه‌سازی شده توسط شبکه در چاه شماره ۱۹ برابر با ۰/۹۹۷ به دست آمده است. (اشکال ۴ و ۵)
تنها وجه تمایز شبیه‌سازی آب اشباع شدگی توسط شبکه

شکل-۶: مقایسه آب اشباع شدگی شبیه‌سازی شده توسط شبکه و آب اشباع شدگی مغزه در چاه شماره ۱۹



شکل-۷: آب اشباع شدگی شبیه‌سازی شده توسط شبکه در مقابل آب اشباع شدگی مغزه در چاه ۱۹



نسبت به شبیه‌سازی تخلخل در چاه شماره ۱۹، آن است که از نگار مقاومت مخصوص و الگوی خروجی مطلوب آب اشباع شدگی به ترتیب جای نگار گاماری و خروجی مطلوب تخلخل استفاده می‌شود و در مرحله آخر یا تعمیم‌پذیری (Generalization) نتایج زیر حاصل شده است:

- ضریب همبستگی بین آب اشباع شدگی حاصل از مغزه و آب اشباع شدگی شبیه‌سازی شده توسط شبکه برای چاه‌های شماره ۱۹ برابر با ۰/۹۵ به دست آمده است (اشکال ۶ و ۷).
- در نهایت تخلخل و آب اشباع شدگی در چاه‌های شماره ۴۸، ۴۹ و ۶۴ که فاقد داده مغزه هستند توسط شبکه شبیه‌سازی و در مرحله آخر یا تعمیم‌پذیری (Generalization) نتایج زیر حاصل شده است:

- ضریب همبستگی بین تخلخل حاصل از ژئولاگ و تخلخل شبیه‌سازی توسط شبکه برای چاه‌های شماره ۴۸، ۴۹ و ۶۴ به ترتیب برابر با ۰/۶۵۱، ۰/۸۳۰، ۰/۸۱۶ نتیجه شده است.

- ضریب همبستگی بین آب اشباع شدگی حاصل از ژئولاگ و آب اشباع شدگی شبیه‌سازی توسط شبکه برای چاه‌های شماره ۴۸، ۴۹ و ۶۴ به ترتیب برابر با ۰/۶۴۷، ۰/۸۰۱، ۰/۷۹۰ به دست آمده است.

نتیجه‌گیری

۱. نرم‌افزار ژئولاگ یکی از بهترین نرم‌افزارها در زمینه تفسیر پتروفیزیکی است که با استفاده از آن می‌توان پس از زون‌بندی و ارزیابی پارامترهای پتروفیزیکی، تطابق بین چاه‌ها را توسط آن نشان داد. لذا خروجی که با این نرم‌افزار پیشرفته به دست می‌آید ظاهراً باید جواب دقیقی ارائه دهد ولی هنگامی که خروجی این نرم‌افزار با خروجی شبکه مقایسه شد به این نتیجه رسیدیم که این نرم‌افزار نسبت به شبکه عصبی از دقت کمتری برخوردار است. بنابراین پیشنهاد می‌شود از شبکه خواص پتروفیزیکی (تخلخل و آب اشباع شدگی) به دست آید و به عنوان ورودی به نرم‌افزار ژئولاگ استفاده شود تا ارزیابی‌های بهتری را بتوان انجام داد.

۲. از آنجایی که تعداد نرون‌های لایه ورودی تابعی از عوامل مؤثر بر خروجی مورد نظر هستند، کاربر باید در گزینش متغیرهای

ورودی (به‌عنوان مثال نگار صوتی، چگالی و غیره) طوری عمل کند که اکثر عوامل مؤثر بر خروجی (به‌عنوان مثال تخلخل و آب‌اشباع‌شدگی) پوشش داده شوند.

۳. انتخاب تعداد نرون‌های لازم در لایه‌های ورودی کاملاً وابسته به خروجی شبکه است و تعداد بیشتر یا کمتر آنها در دقت شبکه چندان تأثیر ندارد. ولی تعیین تعداد نرون‌های موجود در لایه میانی کاملاً به تجربه و تکرار شبکه با تعداد نرون‌های مختلف بستگی دارد به طوری که در این مقاله پس از امتحان نرون‌های مختلف در لایه میانی، شبکه با ده نرون در لایه میانی بهترین نتیجه را در برداشت.

Abstract

Porosity and water saturation of oil reservoir rocks are usually determined by Core Analysis and Well Test methods. However, these methods are expensive and time consuming. Also because of lithology changes, heterogeneity of reservoir rock, and nonexistence of sufficient well cores, determination of the parameters by these usual methods are not accurate. So the best way to decrease cost, increase accuracy, and decrease time is applying advanced software such as Geolog and Back-Propagation Artificial Neural Network (BP-ANN). In this paper, a BP-ANN is designed to predict the porosity and water saturation of formations using the well log data in Parsi oil field, located in south-west of Iran. The data of one well (No. 19) that has core data is used for training, testing, validation, and generalization processes. Then the BP-ANN results are compared to the results obtained by Geolog Software. With respect to the results, it is concluded that the BP-ANN is more accurate than Geolog Software in determining porosity and water saturation. Finally, water saturation and porosity are simulated in three other wells (Nos 48, 49, and 64) that do not have core data.

Keywords : Geolog Software, Back Propagation Artificial Neural Network, Porosity, Water Saturation.

مراجع

- Al-Qahtani F. A., 2000. Porosity prediction using artificial neural network. MSc thesis, Morgantwn Virginia University.
- Callan R., 1999. The essence of neural networks. Southhampton Institute. Prentice Hall Europe.
- Geolog6.6 Software, User Guide, 2006.
- Mohaghegh S., Arefi R., Bilguse H. I., Ameri S., Rose D., 1994. Design and development of an artificial neural network for estimation of formation permeability. SPE 28237, Proceeding of SPE Petroleum Computer Conference, Dallas TX.