

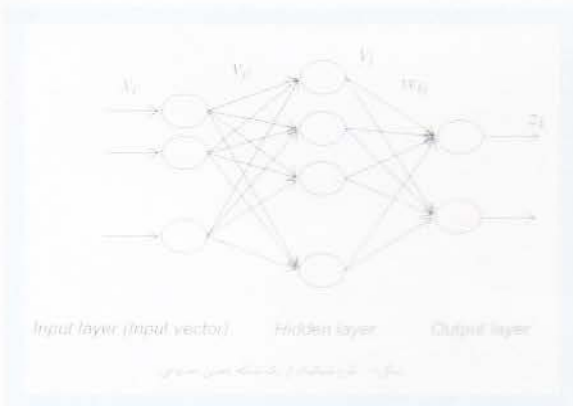
ارزیابی پتروفیزیکی مخزن هیدروکربوری با استفاده از داده‌های چاه‌نگاری و تکنیک شبکه عصبی مصنوعی

محمود نیکجو

شرکت مهندسی و توسعه نفت

مقدمه:

شبکه عصبی مصنوعی مناسب برای تخریب تابع، از یک لایه یا بردار ورودی، حداقل یک لایه مخفی و یک لایه خروجی تشکیل می‌شود. هر سه لایه، از تعدادی نرون تشکیل می‌شوند. تعداد نرون‌های لایه ورودی برابر با تعداد پارامترهای ورودی شبکه و تعداد نرون‌های لایه خروجی برابر با تعداد پارامترهای مطلوب جهت پیش‌بینی است. تعداد نرون‌های لایه مخفی در حین آموزش شبکه و با حدس و خطا برای دستیابی به بهترین جواب، مشخص می‌گردد و رابطه خاصی برای تعیین تعداد آن وجود ندارد. بین نرون‌های لایه ورودی و لایه مخفی و بین نرون‌های لایه مخفی و لایه خروجی، خطوطی ارتباطی وجود دارد که وزن دار می‌شوند. مجموع حاصل ضرب مقادیر وزن دار شده ورودی به هر نرون به عنوان متغیر تابع محرک آن نرون عمل کرده و تابع محرک، یک خروجی تولید می‌کند. خروجی لایه خروجی همان خروجی شبکه است. ثابت شده است که یک شبکه با یک لایه مخفی قادر است هر تابعی را تقریب بزند. طرحی شماتیک از یک شبکه عصبی مصنوعی در شکل ۱ نمایش داده شده است.



در این مطالعه از الگوریتم پس از انتشار خطا به عنوان یکی از قوی‌ترین الگوریتم‌های مورد استفاده در شبکه عصبی مصنوعی خصوصاً جهت تقریب تابع، استفاده شده است. در این الگوریتم، مقادیر ورودی به شبکه به سمت جلو و از میان شبکه گذر می‌کند و سپس خروجی شبکه محاسبه می‌شود، آنگاه اختلاف بین خروجی مطلوب (مقادیری که مطلوب است شبکه عصبی مصنوعی به مقادیری با همان دقت یا دقتی نزدیک به آنها دست باید) و خروجی شبکه به عنوان خطا محاسبه می‌گردد. سپس این خطا به سمت عقب بازگردانده

ارزیابی خواص پتروفیزیکی مخزن هیدروکربوری نقش بسیار مهم در صنعت بالادستی نفت (بویژه در موفقیت اقتصادی توسعه مخزن) ایفا می‌کند. این ارزیابی، به وسیله روش آنالیز مغزه یا روش تفسیر نمودارهای چاه‌نگاری انجام می‌شود.

عملیات مغزه‌گیری و آنالیز مغزه بسیار پرهزینه و زمان‌بر است ضمن آنکه روش تفسیر نمودارهای چاه‌نگاری تنها با استفاده از داده‌های چاه‌نگاری انجام نمی‌پذیرد و به داده‌ها و اطلاعات تکمیلی درباره سنگ و سیالات مخزن و حتی گاهی سیالات حفاری نیازمند است که ممکن است برای بعضی چاه‌ها یا لایه‌ها موجود نباشد.

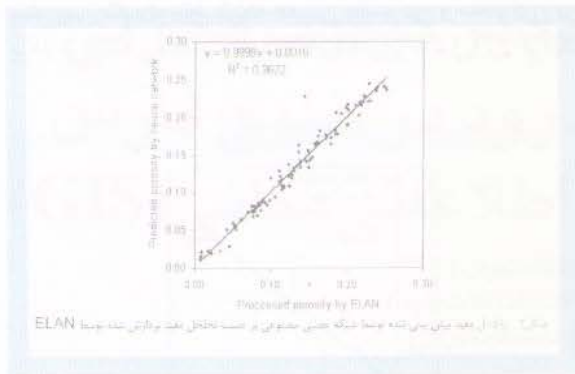
تکنیک "شبکه عصبی مصنوعی" یکی از جدیدترین تکنیکهای شبیه‌سازی و مدل‌سازی است که می‌تواند بدون صرف هزینه و زمان و بدون نیاز به داده‌ها و اطلاعات تکمیلی فوق‌الذکر در ارزیابی خواص پتروفیزیکی مورد استفاده قرار گیرد. در این مطالعه، از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی و تنها از روی داده‌های خام نمودارهای چاه‌نگاری برای پیش‌بینی سه خاصیت پتروفیزیکی شامل تخلخل مفید، اشباع آب و محتوای رس استفاده شده است.

شبکه عصبی مصنوعی:

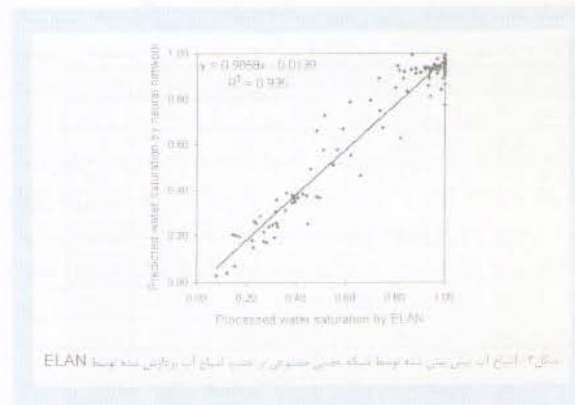
شبکه عصبی مصنوعی سیستمی است که از سیستم شبکه عصبی انسان الگوبرداری شده است. این سیستم از اجزایی به نام نرون تشکیل شده که وظیفه‌اش پردازش اطلاعات است و توسط ارتباط با نرون‌های دیگر، نسبت به اطلاعات ورودی از محیط، عکس‌العمل نشان داده و پس از آموزش در برابر شرایط و وضعیت‌های گوناگون و متفاوت می‌تواند با محیط منطبق گردد و در شرایط و وضعیت‌های جدید پاسخ مناسب تولید کند.

شبکه عصبی مصنوعی کاربردهای گوناگونی دارد که از مهمترین آنها، تقریب تابع و عبارت از فهم و استخراج نگاهت بین پارامترهایی خاص ($y: X \rightarrow I$) است؛ این نگاهت یا نامعلوم است و یا تلاش می‌شود تا به این نگاهت از طریق روشی متفاوت با روش‌های معمول دست یافت. تقریب تابع، در واقع نوعی درون‌یابی غیرخطی است که عمدتاً برای پیش‌بینی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

برای تقریب تابع ابتدا باید شبکه با الگوهای آموزشی (مثالهای آموزشی) آموزش داده شود و بعد از آزمایش کیفیت شبکه آموزش یافته، روی داده‌های جدید تعمیم داده شود.



بهترین پاسخ شبکه عصبی مصنوعی برای ارزیابی اشباع آب با داده های ورودی شامل نمودارهای صوتی، چگالی، اشعه گاما، مقاومت عمیق (LLD)، مقاومت سطحی (LLS) و مقاومت در ناحیه اشغالی (MSFL) و با یک لایه مخفی شامل ۱۰ نرون حاصل شد. نمودار خط برازش شده از مقادیر اشباع آب پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی برحسب مقادیر اشباع آب پردازش شده توسط نرم افزار ELAN در شکل ۳ نمایش داده شده است. همچنین خطای متوسط محاسبه شده بین اشباع آب پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و اشباع آب پردازش شده توسط نرم افزار ELAN برابر با ۰/۰۶۵ گردید.



بهترین پاسخ شبکه عصبی مصنوعی برای ارزیابی محتوای رس با داده های ورودی شامل نمودارهای صوتی، چگالی، تخلخل نوترون، اشعه گاما، مقاومت عمیق (LLD) و مقاومت سطحی (LLS) و با یک لایه مخفی شامل هشت نرون حاصل شد. نمودار خط برازش شده از مقادیر محتوای رس پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی برحسب مقادیر محتوای رس پردازش شده توسط نرم افزار ELAN در شکل ۴ نمایش داده شده است. همچنین خطای متوسط محاسبه شده بین محتوای رس

می شود و وزنها تصحیح می گردد سپس این خطا به سمت عقب بازگردانده می شود و وزنها تصحیح می گردد. این عمل متوالیا روی همه الگوها انجام می شود تا در نهایت این وزنها در بهترین حالت تنظیم گردد.

متمدولوژی :

" سازند سروک " مربوط به یکی از میادین هیدروکربوری حوزه زاگرس، به عنوان مخزن مورد مطالعه انتخاب شد. از دو چاه موجود در این مخزن، چاه شماره ۱ به علت کیفیت پایین نمودارهای چاه نگاری مورد مطالعه واقع نگردید. داده های چاه نگاری شامل نمودارهای صوتی، چگالی، تخلخل نوترون، اشعه گاما و سه نمودار مقاومت الکتریکی به عنوان داده هایی که می تواند در مجموعه بردار ورودی مورد استفاده قرار گیرد، در نظر گرفته شد و مقادیر تخلخل مفید، اشباع آب و محتوای رس پردازش شده توسط نرم افزار تخصصی ELAN به عنوان خروجی مطلوب مدنظر قرار گرفت. سپس، داده های مربوط به لایه هایی که به علت شرایط badhole قابل اطمینان نیستند شناسایی و از مجموعه داده ها حذف شدند. آنگاه، داده های نمودارهای چاه نگاری و نتایج نرم افزار ELAN، براساس عمق تطبیق داده شد و سه مجموعه الگو برای هر یک از سه خاصیت پتروفیزیکی فوق الذکر (هر یک شامل ۵۵۰ الگو) ساخته شد که این الگوها عبارتند از زوج های مرتب (X,t) که X بردار ورودی شامل داده های نمودارهای چاه نگاری و t مقادیر هر یک از سه خاصیت پتروفیزیکی در نقاط مختلف عمق چاه است که مسلما این الگوها از نظر مقادیر بردار ورودی و خواص پتروفیزیکی با هم متفاوت هستند. سپس، داده های هر یک از ورودی ها و خروجی ها به صورت مجزا به محدوده بین صفر تا یک نرمالیزه شد. در مرحله بعد این ۵۵۰ الگو به صورت تصادفی به سه مجموعه کاملاً مجزا شامل مجموعه آموزشی، مجموعه سنجش اعتبار و مجموعه آزمایشی تقسیم گردید. سپس با ارائه همزمان الگوهای مجموعه آموزشی و مجموعه سنجش اعتبار، شبکه تا حد بهینه آموزش داده شد و مقادیر وزنها تنظیم گردید و شبکه آموزش داده شده روی الگوهای آزمایشی آزمایش گردید.

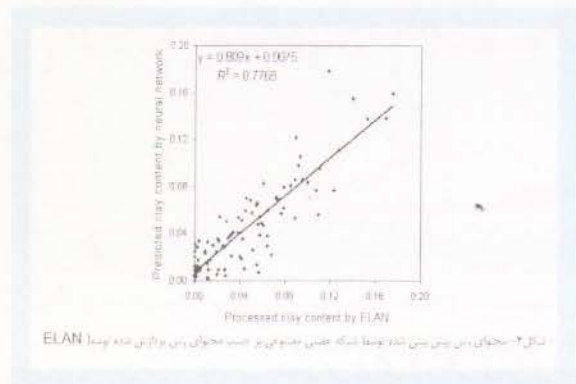
جهت انجام این مطالعه و دستیابی به نتایج، از نرم افزارهای MATLAB، MINITAB و EXCEL استفاده شده است.

نتایج :

بهترین پاسخ شبکه عصبی مصنوعی برای ارزیابی تخلخل مفید با داده های ورودی شامل نمودارهای صوتی، چگالی، تخلخل نوترون، اشعه گاما و مقاومت عمیق (LLD) و با یک لایه مخفی شامل هشت نرون حاصل شد. نمودار خط برازش شده از مقادیر تخلخل مفید پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی برحسب مقادیر تخلخل مفید پردازش شده توسط نرم افزار ELAN در شکل ۲ نمایش داده شده است. همچنین خطای متوسط محاسبه شده بین تخلخل مفید پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و تخلخل مفید پردازش شده توسط نرم افزار ELAN برابر با ۰/۰۰۸ گردید.

پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و محتوای رس : مراجع : پردازش شده توسط نرم افزار ELAN برابر با ۰/۰۱۵ گردید.

A1-Qahtani, F.A., 2000, Porosity Distribution Using Artificial Networks, Thesis Submitted to the College of Engineering and Mineral Resources at West Virginia University.
Hearst, J.R., Nelson, P.H. and Paillett, F.L., 1999, Well Logging for Properties, Wiley, Chichester.
Patterson, d.w., 1996, Artificial Neural Networks, Prentice Hall, Singapore.
Serra, O., 1988, Fundamentals of Well-Log Interpretation, Elsevier, Amsterdam.



نتیجه گیری :

ضریب همبستگی بین تخلخل مفید پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و تخلخل مفید ارزیابی شده توسط نرم افزار تخصصی ELAN برابر با ۰/۹۸۹ و شیب خط حاصله برابر با ۰/۹۹۹ به دست آمد. همچنین خطای متوسط بین تخلخل مفید پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و تخلخل مفید ارزیابی شده توسط نرم افزار ELAN برابر ۰/۰۰۸ شد که توانایی بالای تکنیک شبکه عصبی مصنوعی را در ارزیابی تخلخل مفید تنها با استفاده از داده های خام چاه نگاری نشان می دهد.

ضریب همبستگی بین اشباع آب پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و اشباع آب ارزیابی شده توسط نرم افزار تخصصی ELAN برابر با ۰/۹۶۷ و شیب خط حاصله برابر با ۰/۹۸۶ به دست آمد. همچنین خطای متوسط بین اشباع آب پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و اشباع آب ارزیابی شده توسط نرم افزار ELAN برابر با ۰/۰۶۵ شد که توانایی نسبتاً بالای تکنیک شبکه عصبی مصنوعی را در ارزیابی اشباع آب تنها با استفاده از داده های خام چاه نگاری به اثبات می رساند.

ضریب همبستگی بین محتوای رس پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و محتوای رس ارزیابی شده توسط نرم افزار تخصصی ELAN برابر با ۰/۸۸۱ و شیب خط حاصله برابر با ۰/۸۰۹ به دست آمد. همچنین خطای متوسط بین محتوای رس پیش بینی شده توسط شبکه عصبی مصنوعی و محتوای رس ارزیابی شده توسط نرم افزار ELAN برابر با ۰/۰۱۵ شد که توانایی نسبتاً بالای تکنیک شبکه عصبی مصنوعی را در ارزیابی محتوای رس تنها با استفاده از داده های خام چاه نگاری ثابت می کند.