

آنالیز غربالگری روش‌های مختلف از دیاد برداشت نفت با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای تعدادی از مخازن جنوب غرب ایران

محمد صنیعی^۱، دانشگاه صنعتی شریفشهرام مہیاری^۲، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان

چکیده

یادگیری به‌عنوان یکی از اجزاء اصلی رفتار هوشمندانه، توجه بسیاری از محققان هوش مصنوعی را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است و توجه به کاربرد تکنیک‌های یادگیری ماشین در صنعت نفت نیز به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش است. از طرفی، امروزه اکثر مخازن بزرگ نفتی کشور در نیمه دوم عمر تولیدی خود قرار دارند و بهره‌دهی این مخازن به تدریج رو به کاهش است؛ بنابراین، توجه به روش‌های از دیاد برداشت نفت به منظور حفظ توان تولید این مخازن ضروری است. در این تحقیق، سهم تولیدی حاصل از اعمال روش‌های از دیاد برداشت که معرف مقدار اضافه تولید نفت در صورت استفاده از این روش‌هاست، پیش‌بینی شده است. به این منظور، به‌ازای سه فرآیند از دیاد برداشت با استفاده از تزریق گاز دی‌اکسید کربن، تزریق گازهای هیدروکربوری و روش حرارتی، سه شبکه عصبی مصنوعی طراحی شده است که با استفاده از هفت پارامتر شامل خواص سنگ و سیال مخزن (تخلخل، تراوایی، گراویتی و ویسکوزیته) و نیز دما، عمق و اشباع نفت قبل از تزریق به‌عنوان ورودی، می‌تواند با دقت خوبی، سهم تولیدی حاصل از اعمال سه فرآیند مذکور را پیش‌بینی نماید. در نتیجه این بررسی، ضرایب همبستگی ۰/۷۸، ۰/۹۳ و ۰/۸۹ بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده برای سه فرآیند ذکر شده به‌دست آمد. در انتها، جهت اعتبارسنجی و استفاده از شبکه طراحی شده، سهم مربوط به از دیاد برداشت ۲۷ مخزن به تفکیک روش (تزریق دی‌اکسید کربن، تزریق گازهای هیدروکربوری و روش‌های حرارتی) محاسبه شده و بر همین مبنا، بهترین روش برای هر مخزن شناسایی شد.

واژگان کلیدی: شبکه‌های عصبی مصنوعی^۱، فرآیند از دیاد برداشت نفت^۲، غربالگری فرآیندهای از دیاد برداشت

مقدمه

از خود نشان می‌دهند. شبکه عصبی مصنوعی، محاسبات تکاملی^۴ و منطقی فازی^۵ نمونه‌های کاملاً شناخته شده‌ای از این ابزارها هستند. در ادامه، شرح مختصری از ابزارهای هوش مصنوعی مورد استفاده در تحقیق حاضر ارائه شده است [۳]. شبکه عصبی مصنوعی از عناصر ساده‌ای به نام عصب^۶ که در موازات هم عمل می‌کنند، ساخته شده است. این عناصر از شبکه‌های عصبی زیستی الهام گرفته‌اند. همانند آنچه که در طبیعت رخ می‌دهد، عملکرد شبکه به‌طور عمده از طریق ارتباط وزنی عصب‌ها تعیین می‌گردد. در صورتی که بتوانیم مقادیر مناسب وزن‌ها را بیابیم، قادر خواهیم بود که شبکه عصبی را به‌منظور خاصی آموزش دهیم. فرآیند تنظیم و آموزش شبکه عصبی به‌منظور تبدیل ورودی به خروجی مورد نظر، آموزش نظارت‌شده^۷ نام دارد. در این حالت، با مقایسه پیوسته تعداد زیادی از ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب، وزن‌ها تنظیم و شبکه، آموزش داده می‌شود [۳].

شبکه عصبی پیش‌خور پس‌انتشار^۸، شناخته‌شده‌ترین و کاربردی‌ترین نوع شبکه در کاربردهای مهندسی است. این شبکه به‌سادگی ساخته می‌شود، نسبت به اکثر شبکه‌ها سریع‌تر آموزش می‌یابد و دقت خوبی دارد. شبکه در دو بخش عمل می‌کند؛ ابتدا ورودی‌ها به آن عرضه می‌شوند و پاسخ شبکه از طریق گذر از وزن‌های مرتبط سازنده عصب‌ها، توابع انتقال و لایه‌های عصبی در لایه خروجی تولید می‌شود. سپس، خروجی واقعی با پاسخ شبکه، مقایسه و مقدار خطای آن محاسبه می‌گردد. بر اساس این خطا، وزن‌های شبکه اصلاح می‌گردد. این فرآیند

امروزه حجم عمده‌ای از تولید روزانه نفت دنیا به میدین بالغی که در نیمه دوم عمر خود به سر می‌برند، مربوط است. این در حالی است که جایگزینی این ذخایر هیدروکربوری با اکتشافات جدید به‌کندی صورت گرفته و پاسخگوی نیاز فزاینده دنیا به انرژی نیست. متوسط ضریب باز یافت مخازن هیدروکربوری دنیا از محدوده ۳۰ تا ۴۰ درصد تجاوز نمی‌کند [۱]. ادامه روند تولید از این مخازن بالغ، شرکت‌های نفتی را وادار کرده است که به فکر افزایش میزان ضریب باز یافت مخازن خود باشند. در چنین شرایطی، فناوری‌های مربوط به روش‌های باز یافت ثانویه و از دیاد برداشت ظهور یافته و قابلیت خود را برای ایجاد توازن در عرضه و تقاضای بازار انرژی به اثبات رسانده‌اند. در سال ۲۰۱۲ حدود ۳/۵ درصد از ۸۵ میلیون بشکه تولید روزانه نفت دنیا (در حدود ۳ میلیون بشکه در روز) با اعمال روش‌های از دیاد برداشت استخراج شده و به نظر می‌رسد که این نسبت رو به رشد باشد [۲].

روش‌های محاسباتی مبتنی بر هوش مصنوعی^۳ به‌سرعت جای خود را در محاسبات مهندسی باز کرده‌اند. منطق هوشمند و قدرتمند مسلط بر این روش‌ها همان چیزی است که آن‌ها را از روش‌های متداول محاسباتی و مدل‌سازی متمایز می‌سازد. هوش مصنوعی را می‌توان به‌عنوان مجموعه‌ای از ابزارهای جدید آنالیز تعریف نمود که در تلاش برای شبیه‌سازی زندگی واقعی هستند. به‌همین دلیل، این روش‌ها توانایی کسب تجربه و در نتیجه، عمل کردن در موقعیت‌های جدید را

*نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (Mahyari.s@gmail.com)

تازمانی ادامه می‌یابد که خطای شبکه از حد مورد نظر کم تر شود [۴].

۱- روش تحقیق

در این تحقیق، ۲۴۹ نمونه از مخازن دنیا که یکی از روش‌های تزریق دی‌اکسید کربن (۹۶ مخزن)، تزریق گازهای هیدروکربوری (۳۵ مخزن) و یا روش‌های حرارتی (۱۱۸ مخزن) در آن با موفقیت انجام گردیده، تهیه شدند. سپس، هفت پارامتر شامل تخلخل، تراوایی، گراویتی، ویسکوزیته، دما، عمق و اشباع نفت قبل از تزریق، به عنوان ورودی ملاک قرار داده شد و سهم تولید حاصل از اعمال روش‌های مختلف از دید برداشت برای این مخازن محاسبه شد. در واقع، سهم تولید مربوط به ازدیاد برداشت، حاصل تقسیم حجمی از نفت است که تحت تأثیر مستقیم فرآیند ازدیاد برداشت تولید می‌شود، به حجم کل تولید نفت (تولید طبیعی و افزایش تولید حاصل از ازدیاد برداشت). این نسبت به صورت درصد بیان شده و مؤید مقدار تأثیر گذاری فرآیند ازدیاد برداشت در تولید نفت است. نمونه‌ای از اطلاعات مخازن مورد مطالعه در جدول ۱- خلاصه شده است.

در ابتدا باید برای هر روش ازدیاد برداشت مدلی ساخته می‌شد که قادر به درک تأثیر گذاری پارامترهای مخزن بر میزان تولید نفت حاصل از اعمال روش‌های ازدیاد برداشت باشد. برای این منظور، شبکه عصبی مصنوعی انتخاب شد. هفت پارامتر به عنوان ورودی شبکه و نیز سهم تولید حاصل از اعمال روش‌های ازدیاد برداشت به عنوان خروجی شبکه انتخاب شدند. ساختار شبکه به صورت پیش خور^۱ و با الگوریتم آموزش پس انتشار^۱ تعیین شد. بهترین شبکه طراحی شده برای فرآیند تزریق گاز دی‌اکسید کربن با استفاده از دو لایه پنهان (به ترتیب با ۱۵ و ۱۰ عصب در هر کدام) به دست آمد (جدول ۲-).

پیش از آموزش شبکه، مجموعه اطلاعات به دو دسته مجزا تقسیم شدند: دسته اول که شامل ۷۶ داده (۷۵ درصد از کل داده‌ها) بود، جهت آموزش شبکه و دسته دوم شامل ۲۰ داده (۲۵ درصد از کل داده‌ها) برای ارزیابی شبکه در برابر داده‌های جدید مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از مقایسه داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده و مقادیر ضریب همبستگی (R) در شکل ۱- و جدول ۳- ارائه شده‌اند.

در ادامه، بهترین عملکرد شبکه برای فرآیند تزریق گازهای هیدروکربوری با استفاده از دو لایه پنهان (به ترتیب با ۱۵ و ۱۵ عصب در هر کدام) حاصل

شد (جدول ۴-).

در اینجا نیز، ۲۱ داده (۷۰ درصد از کل داده‌ها) جهت آموزش شبکه و ۱۴ داده (۳۰ درصد از کل داده‌ها) برای ارزیابی شبکه در برابر داده‌های جدید مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه حاصل از داده‌های واقعی و پیش‌بینی شده و نیز مقادیر ضریب همبستگی (R) در شکل ۲- و در جدول ۵- نشان داده شده است. در پایان، برای فرآیندهای حرارتی، شبکه‌ای با دو لایه پنهان (به ترتیب با ۱۵ و ۱۰ عصب در هر کدام) طراحی شد (جدول ۶-).

برای شبکه و فرآیندهای حرارتی، ۸۲ داده (۷۰ درصد از کل داده‌ها) جهت آموزش شبکه و ۳۶ داده (۳۰ درصد از کل داده‌ها) نیز برای ارزیابی شبکه استفاده شد. شبکه با استفاده از داده‌های آموزش تعلیم دید، داده‌های آزمون جهت ارزیابی آن مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۳- و جدول ۷-).

نتیجه حاصل از پیش‌بینی‌های هر سه شبکه عصبی مصنوعی، دقت مناسب شبکه‌های عصبی تعلیم داده شده را در پیش‌بینی سهم تولید حاصل از اعمال روش‌های ازدیاد برداشت برای داده‌های آموزش و آزمون به اثبات رساند. در برنامه‌ای که برای اجرای فرآیند در محیط Matlab R2009a نوشته شد، تابع خطای الگوریتم شبکه عصبی به صورت میانگین مربعات خطا تعریف شد. بدین ترتیب، الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی برای هر کدام از سه فرآیند ازدیاد برداشت مذکور، سهم تولیدی حاصل از اعمال روش ازدیاد برداشت را با دقت خوبی پیش‌بینی نمود.

پس از طراحی شبکه‌ها، اطلاعات مربوط به ۲۷ مخزن از میدین نفتی جنوب غرب ایران، به عنوان ورودی به شبکه‌ها ارائه و سهم احتمالی ازدیاد برداشت حاصل از هر یک تخمین زده شد (جدول ۸-).



۱ | مقایسه تعدادی از مقادیر واقعی سهم تولید مربوط به ازدیاد برداشت از مخازن دنیا با مقادیر پیش‌بینی شده در شبکه عصبی برای تزریق گاز دی‌اکسید کربن

۱ | اصلاحات مخزنی تعدادی از مخازن دنیا که فرایند ازدیاد برداشت موفق داشته اند.

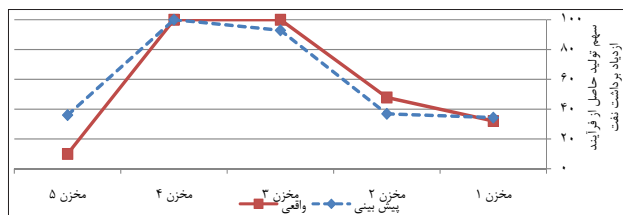
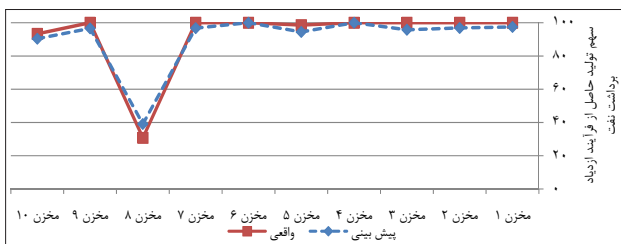
نوع فرآیند	مخزن مفروض	تراوایی (md)	تخلخل (%)	گراویتی (API)	ویسکوزیته (cp)	عمق (ft)	دما (F)	اشباع نفت قبل از تزریق (%)	سهم تولید حاصل از فرآیند (%)
تزریق دی اکسید کربن	مخزن ۱	۶	۱۲/۵	۳۲	۱	۴۹۰۰	۱۱۰	۰	۹۶/۶۷
تزریق گازهای هیدروکربوری	مخزن ۲	۱۰۰۰	۲۶	۳۸	۱	۱۱۰۰۰	۱۶۵	۰	۱۰۰
حرارتی	مخزن ۳	۳۰۰۰	۳۸	۱۲	۳۰۰۰	۱۲۵۰	۱۰۴	۸۵	۷۶/۶۹



نتیجه گیری

در این تحقیق، پایگاه داده‌ای متشکل از ۲۴۹ نمونه از اطلاعات مخزنی پروژه‌های ازدیاد برداشت دنیا، از مجله دوسالانه نفت و گاز جمع آوری شده و بر مبنای این اطلاعات و بهره گیری از تکنیک شبکه‌های عصبی مصنوعی، برای

سه فرآیند ازدیاد برداشت نفت (تزریق گاز دی اکسید کربن، تزریق گازهای هیدروکربوری و روش‌های حرارتی) مدل‌های جداگانه طراحی و مورد استفاده قرار گرفتند. لازم به ذکر است، به علت کمبود داده‌ها، فقط سه فرآیند ازدیاد برداشت مذکور بررسی شده است لذا پیشنهاد می‌گردد در صورت دسترسی،



۲ مقایسه تعدادی از مقادیر واقعی سهم تولید مربوط به ازدیاد برداشت از مخازن دنیا با مقادیر پیش‌بینی شده در شبکه عصبی برای تزریق گازهای هیدروکربوری

۳ مقایسه تعدادی از مقادیر واقعی سهم تولید مربوط به ازدیاد برداشت از مخازن دنیا با مقادیر پیش‌بینی شده از شبکه عصبی برای روش حرارتی

۵ نتایج ضریب همبستگی و خطای میانگین مربعات روش تزریق گازهای هیدروکربوری

مدل	داده‌های آموزش	داده‌های اعتبارسنجی	داده‌های آزمون
R	۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۹۳
MSE	۰/۶۸	۱۲۹/۸۰	۱۷۰/۶۱

۲ مشخصات شبکه عصبی ساخته شده جهت پیش‌بینی سهم تولید حاصل از اعمال تزریق CO₂

نوع شبکه	تابع آموزش	تعداد لایه‌ها	تعداد عصب‌ها لایه دوم	تعداد عصب‌ها لایه اول
FFBP	TRAINBR ^{۱۱}	۳	۱۰	۱۵
تابع عملکرد	Epochs			
MSE ^{۱۲}	۱۰۰			

۶ مشخصات شبکه عصبی ساخته شده جهت پیش‌بینی سهم تولید حاصل از اعمال روش‌های حرارتی

نوع شبکه	تابع آموزش	تعداد لایه‌ها	تعداد عصب‌ها لایه دوم	تعداد عصب‌ها لایه اول
FFBP	TRAINBR	۳	۱۰	۱۵
تابع عملکرد	Epochs			
MSE	۱۵۰			

۳ نتایج ضریب همبستگی و خطای میانگین مربعات روش تزریق گاز دی‌اکسید کربن

مدل	داده‌های آموزش	داده‌های اعتبارسنجی	داده‌های آزمون
R	۰/۸۵	۰/۷۹	۰/۷۸
MSE	۱۶۰/۰۸	۱۲۱/۶۷	۲۳/۳۵

۷ نتایج ضریب همبستگی و خطای میانگین مربعات روش حرارتی

مدل	داده‌های آموزش	داده‌های اعتبارسنجی	داده‌های آزمون
R	۰/۹۱	۰/۸۵	۰/۸۹
MSE	۶۵/۲۳	۱۲۶/۶۷	۷۷/۳۵

۴ مشخصات شبکه عصبی ساخته شده جهت پیش‌بینی سهم تولید حاصل از اعمال روش تزریق گازهای هیدروکربوری

نوع شبکه	تابع آموزش	تعداد لایه‌ها	تعداد عصب‌ها لایه دوم	تعداد عصب‌ها لایه اول
FFBP	TRAINBR	۳	۱۵	۱۵
تابع عملکرد	Epochs			
MSE	۱۵۰			

مذکور، سهم تولیدی حاصل از اعمال روش ازدیاد برداشت را با دقت خوبی پیش‌بینی نمود.

۴. شبکه طراحی شده، برای تعدادی از مخازن جنوب غرب ایران مورد استفاده قرار گرفت و نتایج خوبی حاصل شد.

۵. اگر سهم ازدیاد برداشت در تولید نفت حاصل از فرآیند بالاتر از ۸۰ درصد را موفقیت‌آمیز فرض نماییم، با توجه به نتایج به‌دست آمده به‌عنوان نمونه برای مخزن ۱- انتخاب فرآیند تزریق گاز دی‌اکسید کربن و تزریق گازهای هیدروکربوری می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد. در صورتی که برای مخزن ۳-، احتمال شکست فرآیند تزریق گاز دی‌اکسید کربن و روش‌های حرارتی بسیار زیاد است.

روال مذکور برای روش‌های دیگر ازدیاد برداشت نیز انجام شود. مهم‌ترین نتایج حاصل از این تحقیق به‌صورت زیر خلاصه می‌شود:

۱. شبکه پس‌انتشار قادر است سهم ازدیاد برداشت در تولید نفت از مخازن را با دقت خوبی پیش‌بینی نماید. این نکته می‌تواند در مطالعات غربالگری فرآیندهای ازدیاد برداشت مورد استفاده قرار گیرد.

۲. ضرایب همبستگی ۰/۷۸، ۰/۹۳ و ۰/۸۹ که نشان‌دهنده دقت شبکه‌های طراحی شده است، به‌ترتیب برای فرآیندهای تزریق دی‌اکسید کربن، تزریق گازهای هیدروکربوری و حرارتی به‌دست آمد.

۳. تابع خطای الگوریتم شبکه عصبی به‌صورت میانگین مربعات خطا تعریف شد. بدین ترتیب، الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی برای هر کدام از فرآیندهای

۸ نمونه‌ای از اطلاعات مخزنی برخی مخازن جنوب غرب ایران به همراه سهم ازدیاد برداشت مربوطه

مخزن	تراوایی (md)	تخلخل (%)	گراویتی (API)	ویسکوزیته (cp)	عمق (ft)	دما (F)	اشباع نفت قبل از تزریق (%)	سهم تولید حاصل از فرآیند تزریق دی‌اکسید کربن (%)	سهم تولید حاصل از فرآیند تزریق گازهای هیدروکربوری (%)	سهم تولید حاصل از فرآیند حرارتی (%)
مخزن ۱	۱۴/۷	۱۱/۵	۳۴	۰/۶۶۶	۳۷۰۰	۱۸۱	۸۰	۱۰۰	۸۵	۴۰
مخزن ۲	۱/۴۵	۵	۳۴	۱/۳	۶۰۰۰	۱۸۱	۴۰	۶۰	۱۰۰	۱۲
مخزن ۳	۱/۶	۷/۱	۱۶/۶	۴/۱۶	۱۴۶۴۲	۲۷۸	۷۲/۵	۰	۶۳	۰
مخزن ۴	۱/۶	۷/۲	۳۳/۹۵	۳/۱۲	۲۲۸۰	۱۲۸	۷۴/۹	۱۳	۱۰۰	۴۲
مخزن ۵	۷/۴۸	۹	۳۰	۱/۳	۵۰۰	۱۷۱	۶۶	۰	۷۰	۱۰۰
مخزن ۶	۰/۶۷۲	۵	۳۰/۲	۱/۳۱	۳۹۰۰	۱۷۱	۶۰	۴۲	۸۲	۲۷
مخزن ۷	۱۹/۹۳	۱۴/۵	۲۷/۶	۱/۳	۵۵۲۸	۱۷۷	۳۹/۹	۲۱	۵۲	۱۳

پانویس‌ها

- | | | |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Artificial Neural Networks | 5. Fuzzy Logic | 9. Feed - Forward |
| 2. Enhance Oil Recovery | 6. Neuron | 10. Back propagation |
| 3. Artificial Intelligence | 7. Supervised Training | 11. Bayesian Regulation Training |
| 4. Evolutionary Computing | 8. Feed - Forward Back Propagation | |

منابع

- | | |
|---|--|
| [1] Al-Mutairi, Saad M. EOR Potential in the Middle East: Current and Future Trends, SPE paper No. 143287, Proc of the 2011 Spe Europec/EAGE Annual Conference and Exhibition. Vienna, Austria, 2011. | [3] H. Demuth, M. Beale, M. Hagel. Neural Network Toolbox 6, User's Guide, Release 2009a, The Math Works. |
| [2] Kokal Sunil, Abdulaziz al-kaabi. Enhanced oil recovery: challenges & opportunities, World Petroleum Council. Expec Advanced Research Centre. Saudi Aramco, 2010. | [4] Ramgulam, T. Ertekin, P.B. Flemings. Utilization of Artificial Neural Networks in the Optimization of History Matching, SPE paper No. 107468, Proc. of the 2007 SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, Buenos Aires, Argentina, Apr. 2007. |