



پیش‌بینی گیر لوله‌های حفاری با استفاده از شبکه عصبی در چاه‌های یکی از میادین نفت فلات‌قاره ایران

دکتر تقی الهی‌زراقی^۱، دانشجوی کارشناسی مهندسی حفاری و استخراج نفت، دانشگاه صنعتی شریف

پیمان عزت‌پور^۲، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی حفاری و استخراج نفت، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران
سعید جمشیدی^۳، استادیار، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی گیر لوله‌های حفاری در ایران سابقه چندانی ندارد و تاکنون در راستای ارزیابی علل گیر لوله‌ها و پیش‌بینی آن در ایران به‌طور کاربردی مطالعه جامع و یکپارچه‌ای نشده که با توجه به اهمیت قضیه، جای کار بسیاری در زمینه تحقیقات برای آن فراهم است. داده‌های مقاله حاضر از گزارش‌های روزانه حفاری چاه‌های یکی از میادین شرکت نفت فلات‌قاره اخذ شده که در آن، این داده‌ها به دو دسته وقوع گیر و عدم وقوع گیر تقسیم شده‌اند. هدف اصلی این پروژه ساخت مدلی است که در آن احتمال وقوع گیر لوله حفاری پیش‌بینی شود. در این مطالعه ۱۷۱ داده براساس گزارش‌های روزانه حفاری، جمع‌آوری و به سیستم شبکه عصبی وارد شده که در آن ۳۷ داده، به منزله داده‌های اعتبارسنجی استفاده شده‌اند. شبکه عصبی ساخته شده براساس الگوریتم پس‌انتشار، اجرا و در آن بایاس‌ها و وزن‌ها، بهینه‌سازی و آموزش داده شده‌اند. چهار نمونه شبکه عصبی بررسی و مطالعه شده‌اند و میزان دقت و درصد خطای هر یک از آنان برای انتخاب بهترین روش برای پیش‌بینی گیر لوله‌ها با استفاده از شبکه عصبی، محاسبه و در نهایت روش Feedforward distributed timedelay با درصد خطای نزدیک صفر، به منزله بهترین روش برای پیش‌بینی گیر لوله‌های حفاری در میدان مورد مطالعه انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های عصبی مصنوعی، پس‌انتشار خطا، گیر لوله، آموزش شبکه، آنالیزهای حساسیت‌سنجی

مقدمه

فیلتر شدن سیال حفاری و نفوذ سیال داخل ماتریکس سنگ باشد [۲].
۵- ضخامت گل حفاری: می‌تواند به شکل یک سازند تراوا عمل کند که در نتیجه اختلاف فشار موجود بین سازند و فشار هیدرواستاتیک گل حفاری، فاز مایع به درون سازند تراوا رسوب می‌کند و در حالت سکون ضخامت آن در طول مدت زمان افزایش می‌یابد که این عامل می‌تواند باعث گیر لوله‌های حفاری شود [۳ و ۴].

شبکه‌های عصبی مصنوعی، یک سیستم پردازش اطلاعات هستند که با ساده‌سازی و شبیه‌سازی شبکه‌های عصبی بدن انسان بوجود آمده‌اند و با شبکه‌های عصبی مغز انسان رفتاری مشابه دارند. مغز انسان مانند دیگر بخش‌های بدن موجودات زنده از سلول تشکیل شده است که این سلول‌های عصبی نرون نامیده می‌شوند. اساس کار شبکه‌های عصبی بر پایه این نرون‌هاست به این ترتیب که خروجی هر نرون، بسته به اهمیت آن، در وزن‌های متفاوتی ضرب می‌شود و به منزله ورودی به نرون جدید می‌رسند که این ورودی‌ها نیز پس از جمع شدن و گذشتن از تابعی به نام تابع انتقال از آن خارج می‌شوند؛ بنابراین هر نرون مقدار زیادی ورودی و فقط یک خروجی خواهد داشت. اتصال تعداد زیادی از این نرون‌ها به یکدیگر، می‌تواند یک شبکه عصبی مصنوعی را تشکیل دهد.

به‌طور کلی گیر لوله‌های حفاری هنگامی اتفاق می‌افتد که یک قسمت از لوله‌های حفاری یا ابزار نمودارگیری در درون گل جامد احاطه شود؛ در نتیجه اختلاف فشاری زیادی ایجاد نمی‌کند یا اینکه به دلیل وجود خرده‌های حفاری یا وجود لجن، رشته درون چاهی گیر کند و نتواند دوران داشته باشد [۱]. پارامترهای کلی زیر بر گیر کردن لوله‌های حفاری تأثیر گذارند:

۱- نوع گل حفاری: بررسی‌های انجام شده بر گل‌های حفاری نشان داده است، گل‌های پایه روغنی مقدار چسبندگی کمتری، در مقایسه با گل‌های پایه آبی و زلی دارند.

۲- روان‌کننده‌ها: که افزودن آن به گل‌های حفاری، در کاهش گیر لوله‌های حفاری می‌تواند مؤثر باشد.

۳- ذرات جامد: نوع و مقدار ذرات جامد در تشکیل دیواره گل نقش مهمی ایفا می‌کند و افزایش سطح آن باعث افزایش نیروی لازم برای آزاد کردن لوله‌ها می‌شود.

۴- هرزروی سیال حفاری: هر چه میزان هرزروی سیال حفاری کمتر باشد، احتمال گیر لوله‌های حفاری نیز کمتر خواهد بود. هرزروی سیال حفاری ممکن است، به دلایل متفاوتی از جمله وجود سازندهایی با تراوایی بالا،

یک وزن به صورت تصادفی، انتخاب و سپس اولین مجموعه داده‌های ورودی و خروجی به شبکه وارد می‌شود.

بعد از مراحل تست، اطلاعات در شبکه، استفاده و کارآیی شبکه، ارزیابی و اطلاعات خروجی واقعی با اطلاعات خروجی محاسبه شده مقایسه می‌شوند [۶].

طراحی شبکه عصبی

در این شبکه، تعداد پارامترهای ورودی و خروجی به ترتیب ۷ و ۱ است. در هر دو مدل استاتیک و دینامیک از یک لایه پنهان^{۱۱} استفاده شده که قادر است هر کدام از توابع را مدل‌سازی کند. از ۱۰ نرون مخفی برای ساختن شبکه استفاده شده که به صورت تجربی، به منزله تعداد بهینه نرون‌های مخفی بدست آمده است. برای بهینه‌سازی شبکه، ساختارهای گسترده‌ای با استفاده از مراحل آماده‌سازی و آزمایش در شبکه اعمال شده که شماتیک آنها در شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ قابل مشاهده است.

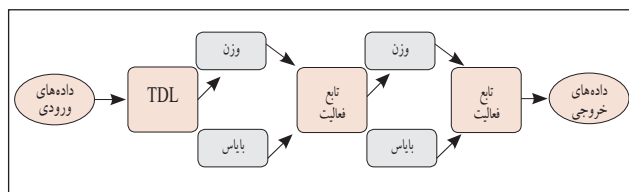
الگوریتم‌های پس‌انتشار معمولاً در آموزش اطلاعات بکار رفته در شبکه عصبی کاربرد دارند که الگوریتم‌های مزبور مراحل زیر را شامل می‌شوند:

۱- تعیین و اختصاص یک متغیر اولیه برای همه بایاس‌ها و وزن‌های شبکه عصبی.

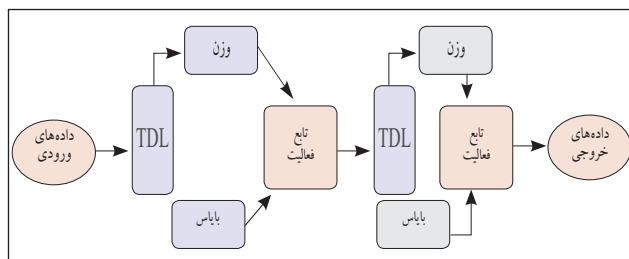
۲- ارائه همه ورودی‌ها به همراه خروجی‌های مرتبط که هفت داده ورودی و یک خروجی دارد.

۳- محاسبه مقادیر خروجی (در این پروژه یک مقدار خروجی) براساس معادله زیر:

$$y_i = f \left(\sum_{j=1}^{N-1} w_{ij}^{M-1} x_j^{M-1} + b_i^{M-1} \right), i = 1, \dots, N$$



شکل ۳ شمایی از ساختار شبکه انتشار FTD¹³



شکل ۴ شمایی از ساختار شبکه انتشار FDTD¹⁴

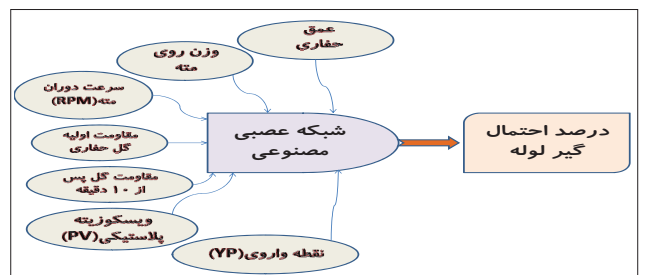
در این مقاله، برای بهره‌بردن از روش‌های متفاوت شبکه عصبی برای پیش‌بینی گیر لوله‌های حفاری هنگام عملیات حفاری مطالعه‌ای انجام شده است که در آن، شبکه عصبی از سیستم MISO^۴ (چند ورودی و یک خروجی)، تشکیل و با آن احتمال وقوع گیر در لوله‌های حفاری میدان، با توجه به شرایط میدان محاسبه شده است. اطلاعات ورودی به سیستم شبکه عصبی پارامترهای حفاری عمق حفاری (MD)^۵، ویسکوزیته پلاستیکی (PV)^۶، مقاومت اولیه گل، مقاومت گل بعد از ۱۰ دقیقه، وزن روی مته، سرعت دوران حفاری و نقطه واروی (YYP)^۷ را شامل می‌شود که براساس تجربیات حاصل از حفاری در میدان، در وقوع گیر لوله‌های حفاری در این میدان مؤثرتر ارزیابی شده و خروجی حاصل از آن احتمال وقوع گیر لوله‌های حفاری است.

لازم به ذکر است، در این پروژه بر ۱۶ پارامتر مؤثر حفاری، آنالیز حساسیت‌سنجی شده است که نتایج بدست آمده از پارامترهای مؤثر ورودی در شبکه عصبی را تأیید می‌کنند.

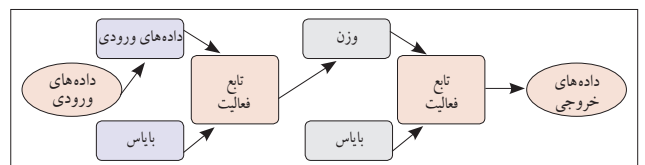
به‌طور کلی در یک شبکه عصبی مصنوعی بر داده‌ها سه فرایند آموزش^۸، اعتبارسنجی^۹ و تست^{۱۰} انجام شده است و در طول فرایند یادگیری، هر نرون مصنوعی چندین عمل اصلی را انجام می‌دهد [۵].

داده‌های ورودی (I) ارزیابی شده در وزن مربوطه (W)، ضرب و به تابع جمع ارسال می‌شود. حاصل ضرب داده‌های ورودی در وزن‌های مربوطه (W.I) با حد آستانه تعریف شده برای آن مقایسه می‌شوند؛ بدین ترتیب مشخص می‌شود، خروجی چه باید باشد. انتقال داده‌های ورودی به خروجی با اعمال یک تابع فعال‌ساز انجام می‌شود.

در شبکه با الگوریتم پس‌انتشار در ابتدا برای همه ارتباطات درون شبکه



شکل ۱ | اطلاعات ورودی داده‌شده به شبکه عصبی و خروجی آن در میدان نفتی مطالعه‌شده



شکل ۲ شمایی از ساختار شبکه انتشار FBP¹²



بعد از جمع آوری و ورود داده‌ها، براساس فرایند توضیح داده‌شده، شبکه عصبی مورد نظر طراحی شده است. سپس از الگوریتم پس انتشار خطا برای ساخت شبکه عصبی مورد نظر استفاده می‌شود. عملکرد هر یک از شبکه‌های بکار رفته در شکل‌های ۶، ۷، ۸ و ۹ نمایش داده شده است.

مرحله بعدی، ارزیابی روش پیشنهادی است. در این مرحله داده‌های آزمایش، برای ارزیابی شبکه عصبی استفاده می‌شوند. برای این شبکه عصبی پارامترهای عمق حفاری، ویسکوزیته پلاستیکی، مقاومت گل اولیه، مقاومت گل پس از ۱۰ دقیقه، وزن روی مته، سرعت دوران حفاری و نقطه واروی، به منزله داده‌های ورودی به شبکه وارد می‌شود و خروجی آن، احتمال گیر لوله‌های حفاری بوده که در بازه عددی [۰ و ۱] تعریف شده است. برای بررسی عملکرد این روش، داده‌های تست برای آموزش شبکه استفاده می‌شود که در آن از بیش از ۱۰۰ گزارش روزانه حفاری از چاه‌های ۱۲۸ و ۱۲۹، برای پیش‌بینی احتمال گیر لوله‌های حفاری استفاده شده است. در صورتی که این احتمال بزرگ‌تر از ۰/۵ باشد، نشان‌دهنده وقوع گیر در لوله‌های حفاری و در غیر این صورت گیر در لوله‌های حفاری رخ نداده که نتایج حاصل شده از خطا در شبکه‌های مختلف در جدول ۱ نمایش داده شده است. همان‌گونه که

۴- مطابقت دادن وزن‌ها و بایاس‌ها براساس معادلات زیر است:

$$X_j^{(k)} \text{ مکان } j \text{ در دفعات تکرار } k$$

۱ معرف لایه‌ها

$$\Delta \omega_{ij}^l(k) = \mu x_j(k) \delta_i^l(k)$$

$$\Delta b_i^l(k) = \mu \delta_i^l(k)$$

$$\delta_i^l(k) = \begin{cases} \phi'(net_i^l)[d_i - y_i(k)] & l = M \\ \phi'(net_i^l) \sum_p \omega_{pi} \delta_p^{l+1}(k) & 1 \leq l \leq M - 1 \end{cases}$$

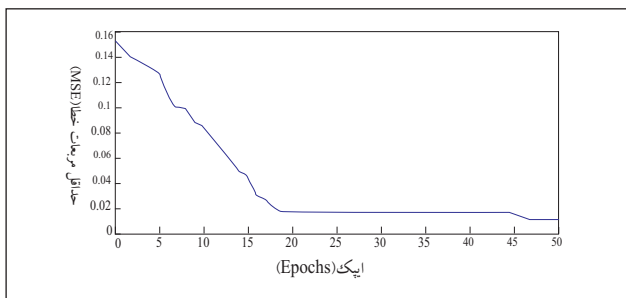
p نمایانگر تعداد خروجی‌ها در شبکه عصبی

M نمایانگر لایه‌های خروجی

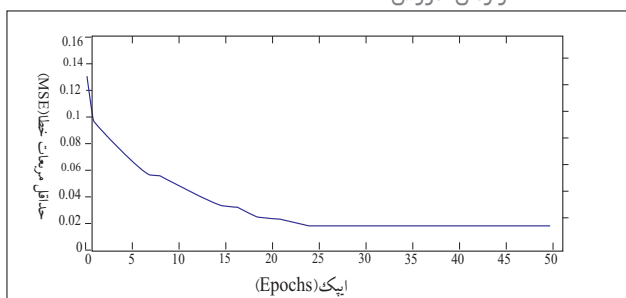
ϕ تابع فعالیت

μ سرعت یادگیری^{۱۶} شبکه عصبی که در این پروژه برابر ۱ در نظر گرفته

شده است.

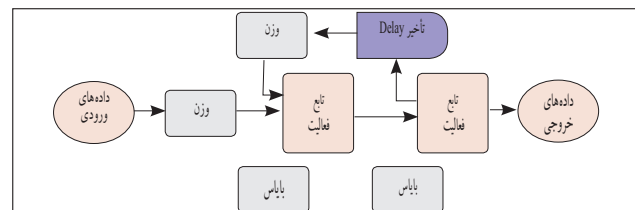


شکل ۸ | عملکرد شبکه عصبی Feedforward distributed timedelay در زمان آموزش

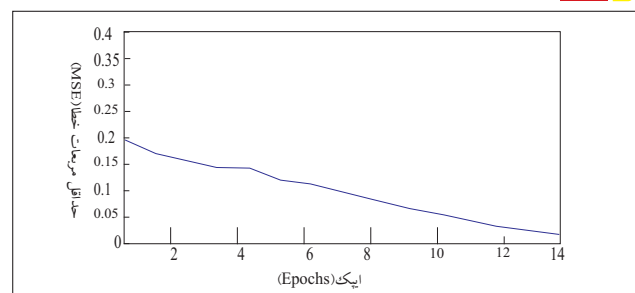


شکل ۹ | عملکرد شبکه عصبی LRN در زمان آموزش

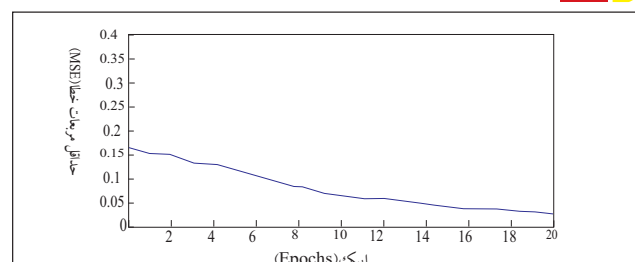
درصد خطا در هر یک از شبکه‌های عصبی				جدول
Feed forward back propagation	Feed forward distributed time delay	Feed forward time delay	Layer recurrent	شبکه عصبی
۹	۵	۱۶	۱۳	درصد خطا



شکل ۵ | شمایی از ساختار شبکه انتشار LRN^{۱۵}



شکل ۶ | عملکرد شبکه عصبی Feedforward در زمان آموزش



شکل ۷ | عملکرد شبکه عصبی Feedforward timedelay در زمان آموزش

فراوانی هر یک از آنها در بازه‌های مختلف (بسته به نوع پارامتر) و ضریب انحراف معیار آنها در شرایط وقوع گیر و عدم وقوع گیر، محاسبه و سپس

۳ | نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر مقاومت گل پس از ۱۰ دقیقه

مقاومت اولیه گل lb/100ft ²	فراوانی داده‌های گیر لوله‌های حفاری	احتمال وقوع گیر لوله‌های حفاری	فراوانی داده‌های عدم‌گیر لوله‌های حفاری	احتمال عدم‌وقوع گیر لوله‌های حفاری
۵	۰	۰	۱۹	۰/۱۵۸۳۳۳
۱۰	۳	۰/۰۶۹۷۶۷	۴۲	۰/۳۵
۱۵	۱۱	۰/۲۵۵۸۱۴	۲۸	۰/۲۳۳۳۳۳
۲۰	۴	۰/۰۹۳۰۲۳	۱۵	۰/۱۲۵
۲۵	۹	۰/۲۰۹۳۰۲	۱۱	۰/۰۹۱۶۶۶
۳۰	۶	۰/۱۳۹۵۳۵	۵	۰/۰۴۱۶۶۶
۳۵	۵	۰/۱۱۶۲۷۹	۰	۰
۴۰	۳	۰/۰۶۹۷۶۷	۰	۰
۴۵	۱	۰/۰۲۳۲۵۶	۰	۰
۵۰	۰	۰	۰	۰
۵۵	۱	۰/۰۲۳۲۵۶	۰	۰
مجموع	۴۳	۱	۱۲۰	۱

۴ | نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر سرعت دوران مته (RPM)

سرعت دوران مته RPM	فراوانی داده‌های گیر لوله‌های حفاری	احتمال وقوع گیر لوله‌های حفاری	فراوانی داده‌های عدم‌گیر لوله‌های حفاری	احتمال عدم‌وقوع گیر لوله‌های حفاری
۲۰	۰	۰	۱	۰/۰۰۷۱۴۲
۴۰	۸	۰/۱۰۵۲۶۳	۱۲	۰/۰۸۵۷۱۴
۶۰	۳۱	۰/۴۰۷۸۹۴	۲۲	۰/۱۵۷۱۴۲
۸۰	۲۱	۰/۲۷۶۳۱۵	۲۵	۰/۱۷۸۵۷۱
۱۰۰	۹	۰/۱۱۸۴۲۱	۲	۰/۰۱۴۲۸۵
۱۲۰	۱	۰/۰۱۳۱۵۷	۳	۰/۰۲۱۴۲۸
۱۴۰	۳	۰/۰۳۹۴۷۳	۱۰	۰/۰۷۱۴۲۸
۱۶۰	۲	۰/۰۲۶۳۱۵	۲۴	۰/۱۷۱۴۲۸
۱۸۰	۰	۰	۱۷	۰/۱۲۱۴۲۸
۲۰۰	۱	۰/۰۱۳۱۵۷۸	۷	۰/۰۵
۲۲۰	۰	۰	۸	۰/۰۵۷۱۴۲
۲۴۰	۰	۰	۹	۰/۰۶۴۲۸۵
مجموع	۷۶	۱	۱۴۰	۱

از جدول ۱ مشاهده می‌شود، در این میدان روش Feed forward distributed time delay به دلیل خطای کمتر بهترین روش برای پیش‌بینی گیر لوله‌های حفاری ارزیابی شده است که به منزله روشی کاربردی در راستای بررسی احتمال وقوع گیر حفاری در عملیات حفاری پیشنهاد می‌شود. قابل ذکر است که این روش، روش دینامیکی شبکه عصبی است که برای پیش‌بینی گیر لوله‌های حفاری در حین عملیات کاربرد دارد و می‌تواند به کاهش هزینه‌های عملیات حفاری کمک شایانی کند.

آنالیزهای حساسیت‌سنجی

بر اساس گزارش‌های روزانه حفاری چاه‌های این میدان نفتی و با توجه به شرایط میدان، آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر ۱۶ پارامتر حفاری در چاه‌های میدان صورت گرفته و لازم به ذکر است، داده‌های این پروژه از گزارش‌های روزانه حفاری چاه‌های این میدان نفتی اخذ شده که در آن این داده‌ها به دو دسته وقوع گیر و عدم وقوع گیر تقسیم شده‌اند که نتایج حاصل از مدل‌سازی شبکه عصبی را تأیید می‌کنند. در این پروژه آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر پارامترهای حفاری مانند: مقاومت اولیه گل، مقاومت گل پس از ۱۰ دقیقه، سرعت دوران مته حفاری، وزن روی مته، عمق حفاری، نقطه واروی، ویسکوزیته پلاستیکی، وزن گل حفاری، فشار وارد بر لوله‌های حفاری، PH گل حفاری، فیلتراسیون تشکیل شده با گل حفاری، ذرات جامد، یون Cl⁻، یون Ca⁺⁺، نرخ نفوذ مته حفاری، نرخ جریان سیال در مته حفاری انجام شده است که با مقایسه نتایج حاصل از احتمال وقوع گیر لوله‌های حفاری در مجموع، هفت پارامتر به عنوان مؤثرترین پارامترها در وقوع گیر لوله‌های حفاری ارزیابی شده‌اند. بر اساس گزارش‌های حفاری میدان، داده‌های گیر حفاری و عدم گیر حفاری در هر پارامتر، تفکیک و

۲ | نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر مقاومت اولیه گل

مقاومت اولیه گل lb/100ft ²	فراوانی داده‌های گیر لوله‌های حفاری	احتمال وقوع گیر لوله‌های حفاری	فراوانی داده‌های عدم‌گیر لوله‌های حفاری	احتمال عدم‌وقوع گیر لوله‌های حفاری
۵	۶	۰/۰۹۶۷۷۴	۷۰	۰/۴۹۲۹۵۷
۱۰	۱۲	۰/۱۹۳۵۴۸	۵۲	۰/۳۶۶۱۹۷
۱۵	۱۳	۰/۲۰۹۶۷۷	۱۲	۰/۰۸۴۵۰۷
۲۰	۱۱	۰/۱۷۷۴۱۹	۶	۰/۰۴۲۲۵۳
۲۵	۱۱	۰/۱۷۷۴۱۹	۲	۰/۰۱۴۰۸۴
۳۰	۵	۰/۰۸۰۶۴۵	۰	۰
۳۵	۴	۰/۰۶۴۵۱۶	۰	۰
مجموع	۶۲	۱	۱۴۲	۱



شکل ۱ میزان تأثیرگذاری پارامترهای حفاری بر گیر لوله‌ها، براساس اختلاف حداکثرهای احتمال

براساس فراوانی‌های موجود احتمال وقوع و عدم وقوع گیر لوله در بازه‌های مختلف بررسی شده است.

بدیهی است هر چقدر منحنی‌های احتمال بدست آمده در شرایط گیر لوله و عدم گیر، تفاوت و اختلاف بیشتری داشته باشند (مخصوصاً در نقطه اوج منحنی) نشان‌دهنده مؤثرتر بودن آن پارامتر در وقوع گیر لوله‌هاست.

نتایج آنالیزهای پارامترهای حفاری

۱- مقاومت اولیه گل

نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر مقاومت اولیه گل در جدول ۲ نمایش داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود اختلاف حداکثرهای

جدول ۷ نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر عمق حفاری

عمق حفاری (متر)	فراوانی داده‌های گیر لوله‌های حفاری	احتمال وقوع گیر لوله‌های حفاری	فراوانی داده‌های عدم‌گیر لوله‌های حفاری	احتمال عدم‌وقوع گیر لوله‌های حفاری
۵۰۰	۱	۰/۰۰۸۷	۲۱	۰/۰۸۶۴
۱۰۰۰	۱	۰/۰۰۸۷	۳۴	۰/۱۳۹۹
۱۵۰۰	۵	۰/۰۴۳۸	۳۶	۰/۱۴۸۱
۲۰۰۰	۱۳	۰/۱۱۴۰	۳۴	۰/۱۳۹۹
۲۵۰۰	۱۳	۰/۱۱۴۰	۱۹	۰/۰۷۸۱
۳۰۰۰	۷	۰/۰۶۱۴	۱۶	۰/۰۶۵۸
۳۵۰۰	۲۱	۰/۱۸۴۲	۴۲	۰/۱۷۲۸
۴۰۰۰	۳۶	۰/۳۱۵۷	۲۷	۰/۱۱۱۱
۴۵۰۰	۱۳	۰/۱۱۴۰	۱۲	۰/۰۴۹۳
۵۰۰۰	۴	۰/۰۳۵۰	۲	۰/۰۰۸۲
مجموع	۱۱۴	۱	۲۴۳	۱

جدول ۸ نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر گرانی (YP)

YP ۱۰۰ ft ^۲ /lb	فراوانی داده‌های گیر لوله‌های حفاری	احتمال وقوع گیر لوله‌های حفاری	فراوانی داده‌های عدم‌گیر لوله‌های حفاری	احتمال عدم‌وقوع گیر لوله‌های حفاری
۵	۰	۰	۵	۰/۰۳۸۷
۱۰	۱	۰/۰۱۴۹	۲۱	۰/۱۶۲۷
۱۵	۲	۰/۰۲۹۸	۲۱	۰/۱۶۲۷
۲۰	۲۰	۰/۲۹۸۵	۴۰	۰/۳۱۰۰
۲۵	۲۹	۰/۴۳۲۸	۱۹	۰/۱۴۷۲
۳۰	۹	۰/۱۳۴۳	۱۸	۰/۱۳۹۵
۳۵	۶	۰/۰۸۹۵	۵	۰/۰۳۸۷
مجموع	۶۷	۱	۱۲۹	۱

جدول ۵ نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر ویسکوزیته پلاستیکی

ویسکوزیته پلاستیکی لوله‌های حفاری	فراوانی داده‌های گیر لوله‌های حفاری	احتمال وقوع گیر لوله‌های حفاری	فراوانی داده‌های عدم‌گیر لوله‌های حفاری	احتمال عدم‌وقوع گیر لوله‌های حفاری
۵	۰	۰	۰	۰
۱۰	۲	۰/۰۳۵۰۸۷	۲۰	۰/۱۴۲۸۵۷
۱۵	۷	۰/۱۲۲۸۰۷	۷۷	۰/۵۵
۲۰	۱۹	۰/۳۳۳۳۳۳	۴۰	۰/۲۸۵۷۱۴
۲۵	۱۲	۰/۲۱۰۵۲۶	۳	۰/۰۲۱۴۲۸
۳۰	۱۲	۰/۲۱۰۵۲۶	۰	۰
۳۵	۵	۰/۰۸۷۷۱۹	۰	۰
مجموع	۵۷	۱	۱۴۰	۱

جدول ۶ نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر وزن روی مته (WOB)

WOB Tonn	فراوانی داده‌های گیر لوله‌های حفاری	احتمال وقوع گیر لوله‌های حفاری	فراوانی داده‌های عدم‌گیر لوله‌های حفاری	احتمال عدم‌وقوع گیر لوله‌های حفاری
۵	۴	۰/۰۶۰۶	۳۰	۰/۲۱۴۲
۱۰	۱۸	۰/۲۷۲۷	۶۷	۰/۴۷۸۵
۱۵	۹	۰/۱۳۶۳	۱۹	۰/۱۳۵۷
۲۰	۱۳	۰/۱۹۶۹	۲۴	۰/۱۷۱۴
۲۵	۱۰	۰/۱۵۱۵	۰	۰
۳۰	۸	۰/۱۲۱۲	۰	۰
۳۵	۴	۰/۰۶۰۶	۰	۰
مجموع	۶۶	۱	۱۴۰	۱

۹ | نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی در میدان نفتی اختلاف ماکزیم‌های

ردیف	پارامتر	واحد	گیر لوله‌های حفاری			عدم‌وقوع گیر لوله‌های حفاری			اختلاف ماکزیم‌های احتمال در حالت‌های گیر و عدم‌گیر لوله
			تعداد داده‌ها	انحراف معیار	ماکزیم احتمال	تعداد داده‌ها	انحراف معیار	ماکزیم احتمال	
۱	مقاومت اولیه گل	۱۰۰ ft ^۲ /Lb	۶۲	۷/۹۷	۰/۲۱	۱۴۲	۴/۲۶	۰/۴۹	۰/۲۸
۲	سرعت دوران مته	rpm	۷۶	۲۹/۹۲	۰/۴۱	۱۴۰	۶۲/۴۶	۰/۱۸	۰/۲۳
۳	ویسکوزیته پلاستیکی	C _p	۵۷	۶/۴	۰/۳۳	۱۴۰	۳/۴۶	۰/۵۵	۰/۲۲
۴	وزن روی مته	tonn	۶۶	۸/۲۵	۰/۲۷	۱۴۰	۵/۱	۰/۴۸	۰/۲۱
۵	عمق حفاری	m	۱۱۴	۹۸۲/۱۸	۰/۳۲	۲۴۳	۱۲۳۵/۷۳	۰/۱۷	۰/۱۵
۶	نقطه واروی (yp)	۱۰۰ ft ^۲ /Lb	۶۷	۴/۸۳	۰/۴۳	۱۲۹	۷/۲۵	۰/۳۱	۰/۱۲
۷	مقاومت گل پس از ۱۰ دقیقه	۱۰۰ ft ^۲ /Lb	۶۳	۱۰/۳۸	۰/۲۶	۱۲۰	۶/۴۳	۰/۳۵	۰/۱۱
۸	وزن مولکولی گل حفاری	SG	۱۰۸	۰/۱۹	۰/۳۰	۲۲۸	۰/۱۷	۰/۳۸	۰/۰۸
۹	فشار وارد بر لوله‌های حفاری	bars	۸۵	۵۴/۴۲	۰/۲۵	۱۴۲	۴۲/۶۲	۰/۳۲	۰/۰۷
۱۰	PH	-	۴۱	۰/۳۴	۰/۳۲	۱۴۱	۰/۳۵	۰/۲۵	۰/۰۷
۱۱	فیلتراسیون گل	۳۰ min/ml	۶۳	۶/۵	۰/۸۹	۱۴۲	۶/۶۷	۰/۸۲	۰/۰۷
۱۲	ذرات جامد	%	۷۲	۵/۳۱	۰/۳۷	۱۲۹	۵/۱۶	۰/۳۳	۰/۰۴
۱۳	یون Cl ⁻	mg/lit	۴۱	۴۶۶۷۰	۰/۳۶	۱۲۳	۲۵۶۸۱	۰/۳۲	۰/۰۴
۱۴	یون Ca ⁺⁺	Mg/lit	۶۸	۱۴۲۸	۰/۲۴	۱۳۸	۱۷۵۸	۰/۲۷	۰/۰۳
۱۵	نرخ نفوذ مته	m/hr	۶۵	۲/۶۹	۰/۳۲	۱۳۶	۳/۰۶	۰/۳۳	۰/۰۱
۱۶	نرخ جریان سیال در مته	Lit/min	۴۰	۱۱۲۰	۰/۳۰	۱۴۲	۱۰۱۰	۰/۲۹	۰/۰۱

جدول ۵ نمایش داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود اختلاف حداکثرهای احتمال بدست آمده در شرایط گیر و عدم گیر لوله در این پارامتر ۰/۲۲ محاسبه شده است که نشان‌دهنده حساسیت آن در وقوع گیر لوله‌ها می‌باشد.

۵- وزن روی مته (WOB)

نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر وزن روی مته (WOB) در جدول ۶ نمایش داده شده است. وزن روی مته یکی از پارامترهای مهم در وقوع گیر لوله‌هاست که نتایج بدست آمده از آنالیزها حساسیت منبعی نیز این موضوع را تأیید می‌کند.

۶- عمق حفاری

نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر عمق حفاری در جدول ۷ نمایش داده شده است. اختلاف بین حداکثرهای احتمال بدست آمده در شرایط گیر و عدم گیر لوله در عمق حفاری ۰/۱۵ محاسبه گردیده است که می‌تواند یکی از عوامل موثر در وقوع گیر لوله‌ها در میدان ارزیابی شود.

احتمال بدست آمده در شرایط گیر و عدم گیر لوله ۰/۲۸ محاسبه شده است که نشان‌دهنده موثر بودن آن در وقوع گیر لوله‌ها می‌باشد.

۲- مقاومت گل پس از ۱۰ دقیقه

نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر مقاومت اولیه گل در جدول ۳ نمایش داده شده است. اختلاف حداکثرهای احتمال بدست آمده در شرایط گیر و عدم گیر لوله نشان می‌دهد که این پارامتر در وقوع گیر لوله‌ها موثر می‌باشد.

۳- سرعت دوران مته

نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر سرعت دوران مته در جدول ۴ نمایش داده شده است. سرعت دوران مته یکی از پارامترهای موثر در وقوع گیر لوله‌هاست که در این بررسی به عنوان دومین عامل موثر ارزیابی شده است.

۴- ویسکوزیته پلاستیکی (PV)

نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر ویسکوزیته پلاستیکی در



۷- نقطه واروی (Yield Point)

دستیابی به رابطه‌ای منطقی میان اطلاعات کسب شده بسیار مشکل و پیچیده است. به همین منظور در این پروژه از شبکه عصبی، استفاده و تلاش شده است بین ۱۶ پارامتر مؤثر در گیر لوله‌ها که تحلیل ارتباط همه این پارامترها با هم بسیار دشوارند، ارتباط مناسبی، برقرار و با دقت مناسبی عوامل مؤثر بر گیر لوله در میدان مذکور شناسایی شوند که خوشبختانه نتایج خوبی حاصل شده است.

بررسی اطلاعات اخذشده از چاه‌های میدان نفتی مورد مطالعه نشان می‌دهد، وقوع گیرهای رشته حفاری در این میدان به پارامترهایی نظیر، عمق حفاری، ویسکوزیته پلاستیکی (PV)، مقاومت اولیه گل، مقاومت گل پس از ۱۰ دقیقه، وزن روی مته، سرعت دوران حفاری و نقطه واروی (YP) وابستگی بیشتری دارد و برای اجتناب از این پدیده، موارد زیر پیشنهاد می‌شوند:

- قبل از آغاز و در حین عملیات حفاری پارامترهای ذکر شده با دقت بیشتری، پایش و کنترل شوند.
- جلوگیری از توقف‌های طولانی در حین حفاری.
- بررسی مداوم گل حفاری برای مشاهده تغییرات خواص آن.
- استفاده از گل حفاری حاوی درصد پایین مواد جامد.
- استفاده از افزودنی‌های مناسب برای پایداری چاه.
- کاهش تکان‌های رشته حفاری برای جلوگیری از ایجاد جاکلیدی.

نتایج حاصل از آنالیزهای حساسیت‌سنجی بر عمق حفاری در جدول ۸ نمایش داده شده است، با استفاده از محاسبات انجام شده، نقطه واروی (yp) براساس مقایسه حداکثرهای احتمال در شرایط گیر و عدم گیر لوله یکی از پارامترهای مؤثر در وقوع گیر لوله ارزیابی شده است. همچنین میزان تأثیرگذاری پارامترهای حفاری بر گیر لوله‌ها نیز بررسی و آنالیز شده است که نتایج آن به ترتیب در شکل ۱۰ و جدول ۹ آورده شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از این پژوهش به شناسایی پارامترهای مؤثر در وقوع گیر رشته‌های حفاری در این میدان نفتی منجر شد که با آن می‌توان احتمال وقوع این پدیده را ارزیابی و با برنامه‌ریزی‌های مناسب از صرف وقت و هزینه‌های اضافی، هنگام عملیات حفاری جلوگیری کرد. با توجه به کاربرد شبکه‌های عصبی و بررسی نتایج بدست آمده از آن، می‌توان گفت، شبکه‌های عصبی راهکاری مناسب برای پیش‌بینی گیر لوله‌های حفاری اند و می‌تواند دربارهٔ جلوگیری و پیش‌بینی مشکلات حفاری، از جمله گیر لوله‌ها و کاهش هزینه‌های حفاری مؤثر باشند. به‌طور کلی شبکه‌های عصبی بیشتر در مواقعی کاربرد دارند که مشکل، جمع‌آوری اطلاعات و همچنین

پانویس‌ها

¹ Email: ezzatyar@gmail.com

² Email: jamshidi@sharif.ir

³ Email: morteza.naraghi@yahoo.com

⁴ Multiple Input Single Output

⁵ Measured Depth

⁶ Plastic Viscosity

⁷ Yield point

⁸ Learning

⁹ Validation

¹⁰ Testing

¹¹ Hidden Layer

¹² Feedforward backpropagation

¹³ Feedforward timedelay

¹⁴ Feedforward distributed timedelay

¹⁵ Layer Recurrent Network

¹⁶ Learning Rate

منابع

[1]. Annis, M.R. and Monaghan, P.H. 1962. "Differential Pressure Sticking – Laboratory Studies of Friction Between Steel and Mud Filter Cake," SPE 151, JPT 15 (5): 537543-.

[2]. Reid, P.I., Meeten, G.H., Way, P.W., et al. 2000. "Differential –Sticking Mechanisms and a Simple Wellsite Test for Monitoring and optimizing Drilling Mud Properties." SPE 64114-PA, SPE Drilling & Completion, 15 (2): 97104-.

[3]. Bushnell-Watson, Y.M., and Panesar, S.S. 1991. "Differential Sticking Laboratory Tests Can Improve Mud Design." Paper SPE 22549-MS presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 69- October, Dallas, Texas.

[4]. Courteille, J.M. and Zurdo, C. 1985. "A New Approach to Differential Sticking." Paper SPE 14244 presented at the SPE

Annual Technical Conference and Exhibition, 2226- September, Las Vegas, Nevada.

[5]. Murillo, A., Neuman, J., Samuel, R., "Pipe Sticking Prediction and Avoidance Using Adaptive Fuzzy Logic and Neural Network Modeling" Paper SPE 120128 presented at Production and Operations Symposium held in Oklahoma City, Oklahoma, USA, 4-8 April 2009.

[6]. S. F. Crone, Training Artificial Neural Networks for Time Series Prediction using Asymmetric Cost Functions, in L. Wang, C. Rajapakse, K. Fukushima, S.-Y. Lee, X. Yao (eds.), Computational Intelligence for the E-Age – Proceedings of the 9th International Conference on Neural Information Processing ICONIP'02, Nov. 182002 22-, Singapore, 2002, III, III-1301-