



پیش‌بینی گیر رشته‌های حفاری در میدان مارون با استفاده از شبکه‌های عصبی

عباس روحی^۱ ■ اداره مهندسی ملی حفاریسیاوش عاشوری^۲ ■ دانشگاه صنعت نفتمصطفی مرادی نژاد^۳ ■ دانشگاه آزاد اسلامی امیدیه

چکیده

عملیات حفاری چاه‌های نفت و گاز مشکلات زیادی را به همراه دارد؛ رفع این مشکلات نقش مهمی در ادامه حفر چاه‌ها و پیش‌برد این صنعت عظیم داراست. با رعایت پاره‌ای از نکات و ارایه عکس‌العمل‌های به‌موقع می‌توان از وقوع بعضی از این مشکلات جلوگیری نمود یا حداقل احتمال وقوع آن‌ها را کاهش داد. یکی از مهم‌ترین مشکلات حفاری، گیر لوله‌ها در چاه می‌باشد. عوامل بسیار زیادی باعث بروز این پدیده می‌شوند. در حال حاضر مهندسين حفاری فقط از روش‌های قدیمی و تجربی قادرند تا حدودی شرایط گیر لوله‌ها را تشخیص داده و آن‌ها را رفع کنند. در سال‌های اخیر بحث استفاده از شبکه‌های عصبی یا هوش مصنوعی^۴ رواج زیادی پیدا کرده است. کارکردهای مفید اثبات شده این روش‌ها موجب گردید تا از این ابزار در جهت پیش‌بینی گیر رشته‌های حفاری در حین عملیات حفاری چاه‌های نفتی استفاده شود. در این تحقیق از شبکه‌های عصبی نوع Feed Forward و آموزش شبکه بر اساس توزیع معکوس خطا^۵ برای پیش‌بینی گیر رشته‌های حفاری ناشی از عواملی چون اختلاف فشاری، تنگی چاه (سازندهای شیلی و متحرک)، هیدرولیک ضعیف گل حفاری، رئولوژی ضعیف گل حفاری، آرایش نامناسب رشته حفاری، کیک نامناسب گل حفاری به همراه تأثیرات عوامل زمین‌شناسی در حین عملیات حفاری استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که شبکه‌های عصبی می‌توانند با دقت بسیار خوبی گیر رشته حفاری را در شرایط گوناگون پیش‌بینی کرده و همچنین راه کار مناسبی برای حل هر چه بهتر این مشکل صنعت حفاری باشند.

واژه‌های کلیدی ■ شبکه‌های عصبی، گیر اختلاف فشاری

مقدمه

تحقیقات در مورد گیر لوله‌ها از سال ۱۹۵۰ شروع شد. در سال ۱۹۸۵، Kingsborough و Hemp king به تحلیل استاتیکی گیر لوله‌ها بر مبنای پارامترهای حفاری پرداختند [۳]. این کار با مقایسه چاه‌هایی که در آن‌ها گیر لوله‌ها اتفاق افتاده بود و چاه‌های بدون گیر انجام شد. بدین صورت که پارامترهای هر یک از دو چاه مورد مقایسه قرار گرفتند سپس با توجه به چاه‌های بدون گیر، برای حفر چاه‌های دیگر برنامه‌ریزی گردید. این دو نفر ۲۲۱ پارامتر را در ۱۳۱ مورد گیر در چاه‌های مکزیک مورد مطالعه قرار دادند و احتمال گیر لوله‌های حفاری را در چاه‌های اطراف پیش‌بینی نمودند. در سال ۱۹۹۴، Biegler و Kuhn با ایجاد یک بانک اطلاعاتی برای ۲۲ پارامتر حفاری در ۷۳ چاه بدون گیر خلیج مکزیک و ۵۴ چاه با مشکل گیر لوله‌ها، به تحلیل این موضوع پرداختند [۴]. این دو مطالعه مبنای تحلیل‌های اولیه مقایسه‌ای بودند. این تحلیل‌ها با تلفیق متغیرهای حفاری انجام گردید. آن‌ها نه تنها احتمال گیر لوله‌ها را پیش‌بینی کردند، بلکه توانستند مکانیسم آن را نیز شناسایی کنند. در سال ۱۹۹۴، Howard و Glover با استفاده از تکنیک‌های آماری توانستند مدل‌های پیش‌بینی گیر لوله‌ها را ترقی بخشند [۵]. این کار را با آزمایش در ۱۰۰ چاه خلیج مکزیک انجام شد. این مدل‌ها برای جلوگیری از گیر لوله‌ها یا انجام عملیات آزادسازی استفاده می‌شد. اخیراً نیز توسط شرکت هالیبرتون، کاربردی از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی گیر لوله‌ها به‌صورت دیفرانسیلی در خلیج مکزیک، به چاپ رسیده است [۶].

گیر رشته حفاری را معمولاً به دو دسته تقسیم می‌کنند؛ یکی گیرهای مکانیکی و دیگری گیرهای اختلاف فشاری است. تشخیص گیر لوله‌ها

در یک جمله می‌توان گیر لوله‌ها را چنین تعریف کرد: نیروی‌های درون چاه‌هایی که مانع چرخش یا خروج لوله‌ها از چاه می‌شوند. یکی از عمده‌ترین مشکلات در حفر چاه‌های نفتی، گیر لوله‌ها است. پس از گیر کردن یک رشته در عملیات حفاری، تلاش‌های زیادی برای بیرون آوردن آن صورت می‌گیرد. از جمله روش‌های مرسوم و شناخته شده آزادسازی رشته‌های حفاری، روش افزایش کشش رو به بالا و افزایش وزن رو به پایین می‌باشند که تا حدودی وقت‌گیر و هزینه‌بر هستند؛ ولی در بیشتر مواقع منجر به آزادسازی رشته حفاری از چاه می‌شوند. مشکل گیر رشته حفاری زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که به دلایلی نتوان رشته حفاری را از چاه بیرون آورد. در این صورت تنها راه، بریدن رشته حفاری در چاه و انجام عملیات مانده‌یابی و در بدترین حالت، مسدود کردن قسمت گیر و حفاری چاه انحرافی برای انجام ادامه عملیات حفاری می‌باشد. این امر باعث تغییر برنامه حفاری، افزایش زمان و هزینه خواهد شد. در عملیات دریایی، گیر لوله‌ها به تنهایی می‌تواند هزینه توسعه یک چاه را به اندازه ۳۰ درصد افزایش دهد [۲]. بنابراین باید برای پیش‌گیری از این مشکل و کاهش هزینه‌های حفاری به دنبال راه حلی اساسی بود.

1 mostafa.moradinejad@yahoo.com

2 ashouri.hasan@gmail.com

3 aroohi@nidc.ir

4 Artificial neural networks

5 Back propagation

۳. مکانیزم کار شبکه‌های عصبی

در یک شبکه عصبی، بر روی داده‌ها سه فرآیند آموزش، اعتبار و تست انجام می‌گردد. در طول فرآیند یادگیری، هر نورون مصنوعی (واحد پردازشگر) چندین عمل اصلی را انجام می‌دهد. ابتدا داده‌های ورودی (I) را ارزیابی کرده و با ضرب کردن در وزن مربوطه (W) به تابع جمع محول می‌کند. حاصل ضرب داده‌های ورودی در وزن‌های مربوطه ($W.I$)، با حد آستانه تعریف شده برای آن مقایسه می‌شوند؛ بدین ترتیب مشخص می‌گردد که خروجی چه باید باشد. انتقال داده‌های ورودی به خروجی از طریق اعمال یک تابع فعال‌ساز انجام می‌شود.

در شبکه با الگوریتم back propagation، در ابتدا برای تمامی ارتباطات درون شبکه یک وزن به صورت تصادفی انتخاب می‌شود، سپس اولین مجموعه داده ورودی و خروجی به شبکه وارد می‌گردد. ورودی در شبکه به سمت جلو پیش می‌رود و وزن‌ها و توابع مربوطه روی آن اثر می‌کنند تا خروجی حاصل شود. سپس این خروجی با خروجی مطلوب مقایسه می‌گردد و خطای حاصل بر عکس حرکت ورودی در شبکه منتشر شده و وزن‌های شبکه را اصلاح می‌کند.

این عمل تا زمانی ادامه می‌یابد که میانگین خطای شبکه از خطای مجاز تعیین شده کم‌تر شود. در این صورت شبکه به اصطلاح آموزش دیده و می‌توان آن را تثبیت کرد و از آن به عنوان یک مدل برای پیش‌بینی نمونه‌های بعدی استفاده نمود.

۴. استفاده عملی از شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی گیر رشته‌های حفاری در میدان مارون

برای استفاده از شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی گیر رشته‌های حفاری مراحل مهمی وجود دارد که عدم رعایت هر کدام، می‌تواند منجر به کسب نتایج غلط گردد. این مراحل عبارت‌اند از:

۱. جمع آوری داده‌ها
۲. پردازش داده‌ها
۳. تقسیم بندی داده‌ها
۴. کار با شبکه‌های عصبی و نتیجه گیری

۴-۱ جمع آوری داده‌ها

در این تحقیق مبنای داده‌ها، اطلاعات حاصل از گزارش‌های روزانه دکل‌های حفاری میدان مارون در سال‌های ۸۴، ۸۵ و ۸۶ می‌باشند. این میدان از هشت بخش تشکیل شده است. از یک گزارش روزانه دکل حفاری می‌توان بیش از ۷۰ پارامتر که مربوط به شش زیر سیستم حفاری هستند، استخراج کرد. با توجه به هدف اصلی تحقیق، فقط از پارامترهای که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در گیر رشته‌های حفاری مؤثر می‌باشند، استفاده شده است.

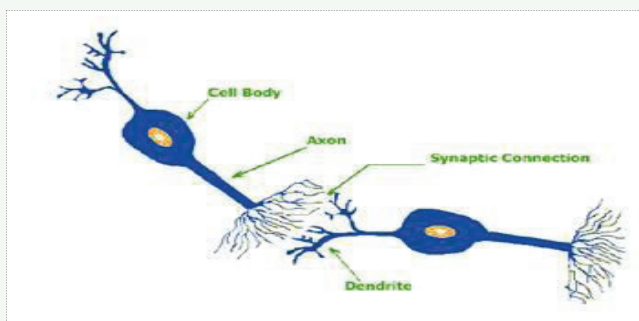
به صورت دیفرانسیلی به این صورت است که چرخش لوله و حرکت آن به سمت بالا و پایین امکان‌پذیر نیست، اما هنوز گردش گل حفاری امکان‌پذیر است. این امر با گیر لوله‌ها به صورت مکانیکی در تناقض است [۲]. پارامترهای بسیار زیادی در گیر رشته‌های حفاری دخیل هستند که از آن جمله می‌توان به خصوصیات گل حفاری، آرایش تجهیزات درون چاهی، خصوصیات سازند و... اشاره کرد. به‌دست آوردن ارتباط مناسب بین این پارامترها بسیار مشکل است. روش‌های شبکه عصبی مصنوعی توانایی تفسیر موقعیت‌های پیچیده گیر لوله‌ها را که شامل چندین متغیر می‌شوند، دارا هستند [۷].

۱. شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی زیر شاخه‌ای از هوش مصنوعی هستند که بر اساس الگوی مغز انسان کار می‌کنند. این شبکه‌ها در چند دهه گذشته بسط و توسعه داده شده‌اند. هوش مصنوعی مجموعه‌ای از ابزارهای تحلیلی است که سعی دارد رفتار آدمی را تقلید کند. در دهه گذشته از هوش مصنوعی به‌عنوان یک ابزار تحلیلی برای سهولت‌بخشی به حل مسائلی که قبل از آن به سختی حل می‌شدند یا راه‌حلی برای آن پیدا نشده بود، استفاده شده است.

۲. ساختار شبکه‌های عصبی

چگونگی کار مغز انسان یک راز است و تنها بخشی از کار این پردازشگر پیچیده آشکار شده است. مغز نیز مانند دیگر بخش‌های بدن یک موجود زنده از سلول تشکیل شده است. این سلول‌های عصبی را نرون می‌نامند. هر نرون از ۴ بخش اصلی تشکیل شده است. یک نرون، شامل بدنه سلول که هسته در آن واقع شده است، دندریت‌ها^۱ و یک آکسون^۲ می‌باشد. آکسون کار دریافت پیام از سلول‌های دیگر را بر عهده دارد. اطلاعات از طریق دندریت‌ها به صورت یک پالس الکتروشیمیایی (سیگنال) وارد پردازشگر مرکزی نرون می‌شوند. نرون بر اساس شرایط ورودی، یک خروجی بازدارنده یا تقویتی را از طریق آکسون ارسال می‌کند. این پیام خروجی از طریق Synapses به چندین نرون دیگر فرستاده می‌شود [۱].



شکل ۱ | نمایی از دو نرون دو قطبی

- 1 Dendrites
- 2 Axon



۱ | پارامترهای مورد نظر در این تحقیق که در گیر رشته حفاری مد نظر قرار گرفتند

Mud Properties	bit	Stabilizer	Drill collar	Drill.Pipe	Surface Equipment	Other Parameter	Geology
Max.wt	Bit Size	Stab.Size	Coller.Size	D.P.Size	Pump.Press	Pres.Depth	*Formation
Min.wt	Nozzle. Size	Stab.Nomber	Coller.Lenght		Pump.Out	Prev.Depth	- Aghajari
Report.wt	Bit.Metrag					Drill.Metrag	- Mishan
Vis.M.F	W.O.B					Drill.Time	- GS:7,6,5,4,3,2,1
W.L	*Jet.Velocity					Casing Shoe	- Asmari
PH						*Open.Hole Interval	*Sector
Salt						*Ann.Velocity	- Sec.1(North)
Calcium						*ROP	- Set.5
% Solids						*Loss	- Sec.7
Temp.F.L						RPM	- Sec.8(North)
PV						Pore Pressure	- Sec.8(South)
YP							- Sec.6
Initial Gel							- Sec.4
Min Gel 10							*Easting
							*Northing

در این بخش، مهم‌ترین مسأله چگونگی انتخاب مجموعه داده‌های مربوط به سه بخش یاد شده است. در بیش تر شبکه‌های عصبی معمولاً از ۸۵ درصد داده‌ها برای قسمت آموزش شبکه، ۱۰ درصد برای اعتبار شبکه و ۵ درصد برای تست شبکه استفاده می‌شود. به‌طور کلی روش تقسیم این داده‌ها به یک دید خوب تحلیلی از چگونگی عملکرد شبکه و توزیع مناسب داده‌های هر چاه در هر کدام از مجموعه داده‌ها نیاز دارد. یکی از نکته‌های کلیدی و بسیار مهم در تقسیم‌بندی داده‌ها این است که مقادیر ماکزیمم و مینیمم هر پارامتر حتماً در مجموعه داده‌های آموزش قرار گیرند. در نهایت برای آموزش شبکه از ۲۰ حلقه چاه، برای اعتبار شبکه از ۲ حلقه چاه و برای تست شبکه از ۱ حلقه چاه استفاده شد. جدول ۲ داده‌ها را در سه بخش تقسیم می‌کند.

با تقسیم‌بندی داده‌ها به سه گروه اصلی، کار با برنامه آغاز می‌گردد. دو تابع فعال‌سازی TANSIG و PURELIN برای انتقال در لایه‌های مخفی و خروجی شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شدند. برای آموزش شبکه از یک مقدار پیش فرض ۱۰۰۰ اپیک^۵ استفاده گردید. با شروع آموزش شبکه، نرم‌افزار به کارگرفته شده، مقادیر تصادفی اولیه برای وزن‌های شبکه‌ها را در نظر می‌گیرد و خطای بین خروجی‌های پیش‌بینی شده و مقدار واقعی خروجی را محاسبه می‌کند. MSE، متوسط مجذور خطا^۶ بین خروجی شبکه‌ها و خروجی مطلوب می‌باشد.

۲ | چگونگی تقسیم داده‌ها برای ورود به شبکه

تعداد داده‌های گیر لوله‌ها	تعداد داده‌های غیر گیر	تعداد کل داده‌ها	
۹	۶۳۹	۶۴۸	داده‌های آموزش شبکه
۱	۷۹	۸۰	داده‌های اعتبارسنجی
۱	۲۹	۳۰	داده‌های تست

5 Epoch

6 Mean square error

در جدول ۱، تمامی پارامترهای مورد نظر در این تحقیق که در گیر رشته حفاری مد نظر قرار گرفته‌اند، آورده شده است.

در مجموع در این مطالعه از ۷۵۰ داده با اثرات ۳۱ پارامتر که مربوط به ۲۵ حلقه چاه در هفت بخش مشخص میدان مارون هستند، استفاده شده است. در این پایگاه داده، ۱۱ مجموعه بیان‌کننده پیشامدهای گیر رشته حفاری و ۷۳۹ مجموعه بیان‌کننده پیشامدهای غیر گیر رشته حفاری وجود دارند. هر یک از این مجموعه‌ها به دو صورت گیر و غیر گیر طبقه‌بندی شده‌اند. باید توجه شود که بعضی از چاه‌ها بیش از یک مورد گیر رشته حفاری داشته‌اند. عدد ۱۰۰ و صفر به ترتیب برای مشخصه‌های گیر و غیر گیر پارامترهای خروجی شبکه عصبی مصنوعی انتخاب شده‌اند.

۲-۴ پردازش داده‌ها

در این مرحله، داده‌های جمع‌آوری شده از میدان، مورد بررسی و آنالیز قرار گرفته و آماده ورود به برنامه می‌شوند. این مرحله از اهمیت به‌سزایی برخوردار است؛ زیرا نتایج حاصل از ورود این اطلاعات در برنامه بسیار اثرگذار می‌باشند. بر این اساس دو عمل مهم باید انجام گردد:

۱. آنالیز داده‌ها و تأیید صحت و دقت آن‌ها^۱
۲. نرم‌الایز کردن داده‌ها

۳-۴ تقسیم‌بندی داده‌ها، کار با شبکه‌های عصبی و نتیجه‌گیری

بعد از جمع‌آوری و پردازش کامل داده‌ها، نوبت به کار با شبکه عصبی می‌رسد. به‌طور کلی داده‌های ورودی به شبکه‌های عصبی به سه بخش ذیل تقسیم می‌گردند:

۱. مجموعه داده‌های آموزش شبکه^۲
۲. مجموعه داده‌های اعتبارسنجی شبکه^۳
۳. مجموعه داده‌های تست شبکه^۴

1 Data mining

2 Training

3 Cross validation

4 Testing



۳ | خروجی شبکه عصبی برای داده‌های مجموعه تست

درصد گیر لوله‌ها خروجی واقعی	درصد گیر لوله‌ها پیش بینی شبکه عصبی
.	۰/۱۲۸۸۹۰۶۶۵
.	۰/۷۴۳۷۸۶۵۹۲
.	-۱/۷۹۱۰۴۳۷
.	-۰/۵۹۸۰۷۸۲۲۲
.	۲/۶۳۴۹۷۸۱۴۸
.	۵/۶۱۲۸۶۱۶۳
.	-۰/۳۳۲۸۰۱۴۸۵
.	۲/۳۶۷۴۹۸۳۱۶
.	-۳/۹۵۱۸۹۹۷۸۹
.	۳/۸۵۹۵۹۸۱۱۴
.	۱/۸۲۶۳۹۷۶۹۸
.	۵/۱۴۵۲۷۲۳
.	۳۶/۲۶۳۸۸۱۲۷
.	-۳/۱۱۴۳۲۷۱۹۵
.	-۲/۴۸۲۴۷۵۵۹۱
.	-۳/۷۵۴۲۶۱۲۱۵
.	-۰/۰۹۹۰۱۷۷۳
.	۱/۳۸۸۵۷۸۲۱۸
.	۲/۳۴۷۷۶۰۴۲۹
.	۱/۳۲۳۷۹۳۴۳۷
.	-۰/۵۵۶۵۴۹۴۷۲
.	۱/۲۰۹۴۰۸۵۹
.	۱/۷۴۳۳۵۵۷۸۱
.	-۴/۰۳۲۲۶۹۰۹۱
.	۱/۱۲۸۹۷۹۷۰۹
.	۲/۶۶۳۱۷۴۷۲
.	۳/۰۷۴۸۰۳۸۰۳
۱۰۰	۶۱/۸۰۹۳۴۹۷۷

۴ | خروجی شبکه عصبی نسبت به داده‌های گیر برای

داده‌های آموزش، اعتبار و تست

درصد گیر لوله‌ها (خروجی واقعی)	درصد گیر لوله‌ها (پیش بینی شبکه عصبی)	داده‌های گیر لوله
۱۰۰	۸۹/۱۶۰۵۳۱۸۳	آموزش شبکه
۱۰۰	۵۱/۹۲۹۳۸۱۷۶	آموزش شبکه
۱۰۰	۹۸/۷۲۱۲۹۴۹	آموزش شبکه
۱۰۰	۵۷/۴۰۱۸۸۶۵۳	آموزش شبکه
۱۰۰	۸۱/۲۰۵۶۷۰۶۶	آموزش شبکه
۱۰۰	۹۱/۴۵۸۷۳۴۵۱	آموزش شبکه
۱۰۰	۹۹/۶۱۸۶۱۴۹۳	آموزش شبکه
۱۰۰	۵۱/۷۴۲۳۰۱۴۲	آموزش شبکه
۱۰۰	۸۸/۸۶۴۵۵۸۰۷	آموزش شبکه
۱۰۰	۷۲/۹۹۹۲۷۹۱۴	اعتبارسنجی شبکه
۱۰۰	۶۱/۸۰۹۳۴۹۷۷	تست شبکه

شبکه به بهترین حالت قابلیت تعمیم دست یافته است. قابلیت تعمیم شبکه به این معنا است که شبکه بتواند خروجی‌های درستی برای مجموعه داده تست که در آموزش شبکه استفاده نشده‌اند، تولید کند.

توسط نرم‌افزار، چندین اجرا به عنوان پیش‌پردازش انجام شد که خوشبختانه در ابتدا نتایج امیدوارکننده‌ای به دست آمد. در این اجرا به دلیل حجم بالای داده‌ها و وقت‌گیر بودن پردازش آن‌ها از تمامی پارامترهای ورودی استفاده نگردید. هدف از این پیش‌اجراها تشخیص بهترین توپولوژی برای شبکه بود. با استفاده از این تکنیک می‌توان تعداد نورون‌های مطلوب برای شبکه و توابع انتقال لازم را پیدا کرد. نرم‌افزار نشان داد که توپولوژی با تعداد نورون‌های بین ۳۰ تا ۴۰ و دو تابع فعال‌سازی TANSIG و PURELIN برای انتقال در لایه‌های مخفی و خروجی شبکه‌های عصبی مصنوعی، بهترین نتایج را به دنبال دارند. در مرحله بعدی از تمامی پارامترهای ورودی به شبکه استفاده شد. در این مرحله که آخرین بخش کار با شبکه‌های عصبی است و بسیار هم وقت‌گیر می‌باشد، باید برای به دست آوردن بهترین جواب‌ها، تعداد نورون‌های بهینه مشخص گردند. بهترین توپولوژی، آن است که با داشتن کم‌ترین خطا برای داده‌های مرحله آموزش بتوان بهترین خروجی‌ها را با کم‌ترین اختلاف برای داده‌های مرحله اعتبارسنجی و تست ارائه نمود. در جداول ۳ و ۴ نتایج به دست آمده از شبکه برای سه مجموعه داده‌های آموزش، اعتبار و تست با بهترین آرایش نورون‌ها (۳۴ نورون) نشان داده شده است.

با توجه به شکل‌ها و جداول و همچنین نتایج به دست آمده می‌توان به این نتیجه رسید که بهترین توپولوژی را شبکه‌ای با ۳۴ نورون و با حداقل خطای 0.000887304 ، مربوط به قسمت آموزش شبکه و وزن‌ها و بایوس‌های مربوطه داراست؛ زیرا توانسته است بهترین و نزدیک‌ترین جواب را برای داده‌های اعتبار و تست به دست آورد. چنانچه مشاهده می‌شود، در تست پایداری شبکه عصبی آموزش دیده با توپولوژی یاد شده، به منظور پیش‌بینی گیر رشته حفاری از مجموعه داده‌های تست (۲۸ ورودی) استفاده شد. از این مجموعه داده، ۲۷ مجموعه بیانگر غیرگیر و فقط یک

در حالی که شبکه‌ها آموزش می‌بینند، تابع خطا با افزایش اپیک‌ها کاهش می‌یابد؛ اما این همیشه به معنای آموزش خوب شبکه‌ها نیست و ممکن است به دلیل آموزش بیش از حد شبکه‌ها باشد. وقتی شبکه‌ای بیش از حد آموزش می‌بیند، ممکن است الگوهای آموزش را به خاطر بسپارد و به خوبی تعمیم نیابد. اعتبارسنجی داده‌ها یکی از روش‌های مؤثر برای توقف آموزش شبکه‌ها است. وقتی خطای اعتبارسنجی داده‌ها افزایش می‌یابد، آموزش شبکه باید متوقف گردد. در این نقطه،



پیش بینی شبکه عصبی برای داده‌های تست

مجموعه داده‌های ورودی تست	داده‌های غیر گیر	داده‌های گیر
۲۸	۲۷	۱
پیش بینی شبکه عصبی برای ۲۸ داده مجموعه تست	خروجی واقعی	
داده‌های غیر گیر	۲۶ < ۶٪	۰٪
	۱ > ۳۶٪	
داده‌های گیر	۱ > ۶۱٪	۱۰۰٪

مجموعه بیانگر گیر رشته حفاری بودند. در جدول ۵ عملکرد شبکه عصبی به ازای داده‌های ورودی مرحله تست مشاهده می‌شود.

با توجه به جدول ۵ می‌توان دریافت که پیش‌بینی برنامه برای داده‌های تست در تنها مورد گیر، بیش از ۶۱٪ می‌باشد. با توجه به این که از مجموع کل ۷۵۰ داده ورودی فقط ۱۱ مورد بیانگر گیر رشته حفاری بودند، می‌توان پذیرفت که خروجی برنامه بسیار جالب توجه است و برنامه توانسته است با این تعداد کم ورودی گیر، احتمال گیر رشته حفاری را برای تنها ورودی گیر مربوط به داده‌های تست، بیش از ۶۱ درصد پیش‌بینی کند. این دقت خوب برنامه به دو علت است؛ یکی مقدار زیاد داده‌های ورودی به برنامه و دیگری درجه بالای دقت و صحت داده‌هاست. آنچه بیش از کار شبکه مهم است، صحت و دقت داده‌هاست که در هم‌گرایی جواب‌ها بسیار مؤثر می‌باشد. همچنین پیش‌بینی شبکه‌های عصبی برای داده‌های تست بیانگر غیرگیر به جز یک مورد برای بقیه موارد زیر ۶ درصد و حتی در پاره‌ای موارد نیز منفی است. شبکه عصبی فقط تنها در یک مورد از داده‌های تست بیانگر غیرگیر، مقدار ۳۶ درصد را پیش‌بینی کرده است؛ در صورتی که مقدار خروجی واقعی باید صفر باشد. پس لازم است برای خروجی داده‌های شبکه عصبی مقادیر بهینه‌ای تعریف شوند که دقیقاً معرف شرایط گیر، غیر گیر و شرایط بحرانی و مستعد برای گیر لوله‌ها باشند. جدول ۶ نتایج بهینه‌سازی را براساس خروجی‌های توپولوژی مناسب این تحقیق (۳۴ نورون) نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

۱- با توجه به کاربرد شبکه‌های عصبی و بررسی نتایج به‌دست آمده از آن، می‌توان گفت که شبکه‌های عصبی راه‌کاری مناسب برای پیش‌بینی گیر رشته حفاری بوده و می‌توانند در زمینه جلوگیری و پیشگیری مشکلات حفاری از جمله گیر لوله‌ها و کاهش هزینه‌های حفاری بسیار مفید و مؤثر باشند.

بهینه کردن خروجی‌های شبکه عصبی

احتمال گیر رشته حفاری ۱۰۰٪	احتمال گیر رشته حفاری ۰٪	شرایط مستعد، برای گیر رشته حفاری	خروجی شبکه عصبی
≥ 51	$\leq 6\%$	≥ 6 خروجی ≥ 51	

۲- با توجه به نتایج رضایت‌بخش به‌دست آمده در این تحقیق می‌توان نقاط مستعد گیر لوله‌ها را شناسایی کرد. در این مطالعه از اثرات بیش از ۳۱ پارامتر بر گیر لوله‌های حفاری استفاده شده است که در نوع خود استفاده از این تعداد پارامتر بر گیر لوله‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی بی‌سابقه است.

۳- در این مطالعه تلاش‌های زیادی به عمل آمد تا تأثیرات عوامل زمین‌شناسی میدان نیز بر گیر لوله‌های حفاری در نظر گرفته شود؛ این عوامل که شامل گسل‌ها، شیب لایه‌ها، نقاط چین خوردگی و ... می‌شوند، در اکثر پروژه‌ها اهمیت خود را به‌دلایل نداشتن داده‌های کافی از دست داده‌اند. خوشبختانه در این تحقیق با یک تکنیک تحلیلی مناسب از اثرات عوامل زمین‌شناسی در شبکه عصبی استفاده شد.

۴- کاربرد شبکه‌های عصبی بیش‌تر در مواقعی است که یا مشکل جمع‌آوری داده‌ها وجود دارد (که یا ناشی از فقدان داده‌هاست یا هزینه‌بر بودن به‌دست آوردن آن‌ها) یا به‌دست آوردن رابطه مناسب بین داده‌ها بسیار مشکل است. در این‌جا از این کاربرد شبکه‌های عصبی استفاده شده است و این توانایی نیز فراهم آمده است که بین ۳۱ پارامتر مؤثر بر گیر لوله‌ها که تحلیل ارتباط همه این پارامترها با هم بسیار دشوار بود، ارتباط مناسبی برقرار گردد (با توجه به عملکرد شبکه) و با دقت خوبی گیر لوله‌های حفاری پیش‌بینی شود.

۵- از عوامل تأثیرگذار بر نتایج خروجی شبکه‌های عصبی، انتخاب مناسب داده‌های مربوط به مجموعه‌های اعتبار، آموزش و تست شبکه می‌باشد. در صورت توزیع مناسب داده‌ها در این سه مجموعه می‌توان هم سریع‌تر و هم با دقت بالاتری به جواب رسید.

منابع

- [۱] شورا، حسین؛ مانده یابی؛ گزارش شماره پ ۴۶۱۵، انتشارات اداره کل حفاری، ۱۳۷۴
- [2] R.miri , Iranian Offshore Oil Company ; J.Sampaio Curtin University Of Technology; M.Afshar, Petroleum University Of Technology ; and A.Lourence, CSIRO "Development Of Artificial Neural Networks To Predict Differential Pipe Sticking in Iranian Offshore Oil Fields " paper SPE 108500 presented at the 2007 international Oil conference and Exhibition in Mexico held in Veracruz , Mexico ,27-30 June 2007
- [3] Hemphkins, W.B., Kingsborough, R.H., Lohec, W.E., Nini, C.J.: "Multivariate Statistical Analysis of Stuck drill Pipe Situations", SPE DRILLING ENGINEERING, September 1987.
- [4] Biegler, M.W. and Kuhn, G.R.: "Advances in Prediction of Stuck Pipe Using Multivariate Statistical Analysis", Presented at the SPE/ IADC Conference in Dallas. Tx. 15-18 February 1994
- [5] J.A. Howard, Enertech Engineering & Research Co., and S.S. Glover, Enertech Europe "Tracking Stuck Pipe Probability While Drilling" paper SPE 27528 presented for Presentation at the 1994 IADC/SPE Drilling conference held in Dallas , Texas 15-16 February 1994
- [6] C. Siruvuri, Halliburton Digital and Consulting Solutions; S. Nagarakanti, Nabors Industries; and R. Samuel, Halliburton Digital and Consulting Solutions "Stuck Pipe Prediction and Avoidance: A Convolutional Neural Network Approach" paper SPE 98378 presented at the IADC/SPE Drilling
- [7] Conference held in Miami, Florida, U.S.A., 21-23 February 2006
- [8] Siruvuri, C., Nagarakanti, S., Samuel, R.: "Stuck Pipe Prediction and Avoidance: A Convolutional Neural Network Approach," paper SPE 98378 presented at the 2006 IADC/SPE Drilling Conference, Miami, Florida, Feb. 21-23.