Archive of SID

پیش بینی بلادرنگ نرخ نفوذ پذیری در حین حفاری در یکی از مخازن نفتی جنوب غرب ایران با استفاده از شبکه های عصبی

مهدی نظیری
دانشگاه ازاد اسلامی امیدیه
mahdinaziri@gmail.com

چکیده

بهینه سازی نرخ نفوذ حفاری، یکی از مهم ترین پارامترهای موثر در کاهش هزینه های حفاری می باشد. به طور معمول، عملیات بهینه سازی، با توجه به عملکرد چاه های مشابه صورت می گیرد و نتایج آن در چاه فعلی مورد استفاده قرار می گیرد. از آنجا که توانایی شبکه عصبی هوشمند در ایجاد رابطه بین متغییر های زیاد اثبات شده است ، لذا به نظر می رسد شبکه هوشمند نتیجه مفیدی را در پیش بینی نرخ نفوذ داشته باشد. در این پروژه با استفاده از نرم افزار Matlab و داده های گروه گل نگاری مستقر در محل حفاری که به صورت لحظه ای در دسترس است، مدلی ساخته می شود که بتواند نرخ نفوذ را پیش بینی بکند. در این مدل، با استفاده از پارامترهای حفاری از قبیل وزن روی مته، سرعت چرخش مته، مقدار پمپاژ سیال حفاری و فشار آن، وزن گل موجود و مدت زمان کارکرد مته و در اندازه ثابت حفره چاه ، نرخ نفوذ را پیش بینی می کنیم. با استفاده از داده های موجود، ابتدا مدل ساخته و آموزش داده می شود و آنگاه با استفاده از پارامترهای پیش بینی شده در پروپوزال حفاری و داده های حین حفاری، اقدام به پیش بینی نرخ نفوذ چاه فعلی می کنیم. ضریب همبستگی ANN برای طرح کلی آموزش و خروجی پیش بینی شده ۰,۹۶ است.

واژه‌های کلیدی: نرخ نفوذ پذیری، بهینه سازی حفاری، پیش بینی نرخ نفوذ پذیری، کاهش زمان حفاری، کاهش هزینه های حفاری

www.SID.ir

Archive of SID

۱ – مقدمه

کاهش هزینه های حفاری همواره از دغدغه های شرکت های حفاری و کارشناسان شاغل در این صنعت می باشد. کاهش هزینه ها می تواند با ترکیب دو روش استفاده بهینه از ابزار و همچنین کاهش روزهای حفاری میسر شود به گونه ای که با کاهش هر روز از زمان حفاری ده ها هزار دلار صرفه جویی در هزینه های دکل حفاری و سرویس های مربوطه و همچنین تولید سریعتر از منابع هیدروکربنی و درنتیجه ایجاد درآمد زودتر برای کشور میگردد. این مسأله خصوصاً در مورد میادین مشترک دارای اهمیت ویژ ه ای است.از سوی دیگر کاهش روزهای حفاری مستلزم استفاده از روش ها و ابزارهای جدید بوده که می تواند برای حفاری ایجاد هزینه کند.دو روش عمده برای کاهش زمان حفاری یک چاه وجود دارند که روش اول از افزایش سرعت حفاری با کار بر روی عواملی مانند طراحی بخش انتهایی رشته حفاری ، انتخاب مته مناسب، سرعت مناسب چرخش مته، وزن مناسب بر روی مته، هیدرولیک مناسب گل حفاری حاصل میشود. روش دیگر کاهش زمان های غیر فعال (هر فعالیتی به جز حفاری) مانند تعمیرات دکل، نمودارگیری، بالا آوردن لوله ها و راندن آ نها به داخل چاه برای مواردی مانند تعویض مته، راندن لوله های جداری، سیمانکاری و ... است

www.Reservoir.ir

www.SID.ir

Archive of SID

در این میان هدف ما پیش بینی نرخ نفوذ مته بوده تا بتوان با پیش بینی آن، عملکردهای لازم را جهت افزایش آن یا جلوگیری از کاهش آن انجام داد و همچنین با پیش بینی نرخ نفوذ مته، در صورت تفاوت زیاد بین میزان واقعی و میزان پیش بینی شده، می توان به بررسی علت انحراف نرخ نفوذ از مقدار پیش بینی شده پرداخت و در صورت امکان به اصلاح آن پرداخت و به این وسیله هزینه های حفاری را کاهش داد.[1]

۱-۱ عوامل موثر بر نرخ نفوذ

نرخ نفوذ یا همان ROP،(Rate Of Penetration) سرعت حفاری را نشان می دهد و بهینه سازی حفاری برای افزایش نرخ نفوذ صورت می پذیرد. بطور کلی می توان عوامل زیر را در مقدار نرخ نفوذ موثر دانست[4],[3],[2]

1- نوع سرمته

۲- خصوصیات سازند

۳- خواص سیال حفاری

۴- شرایط عملیاتی

۵- ساییدگی دندانه سرمته

۶-هیدرولیک سرمته

نرخ نفوذ، رابطه مستقیم با هزینه هر متر حفاری دارد. تعداد زیادی آزمایش انجام شده تا رابطه ی هر یک از این عوامل با نرخ نفوذ مشخص شود.

۱-۲ شبکه های عصبی مصنوعی

شبکه های عصبی زیستی مجموعه ای بسیار عظیم از پردازشگرهای موازی به نام نرون اند که به صورت هماهنگ برای حل مسئله عمل می کنند و توسط سیناپس ها (ارتباط های الکترومغناطیسی) اطلاعات را منتقل می کنند. یک شبکه عصبی شامل اجزای سازنده لایه ها و وزن ها می باشد. رفتار شبکه نیز وابسته به ارتباط بین اعضا است. در حالت کلی در شبکه های عصبی سه نوع لایه نرونی وجود دارد:

www.SID.ir

Archive of SID

۱- لایه ورودی: دریافت اطلاعات خامی که به شبکه تغذیه شده است.

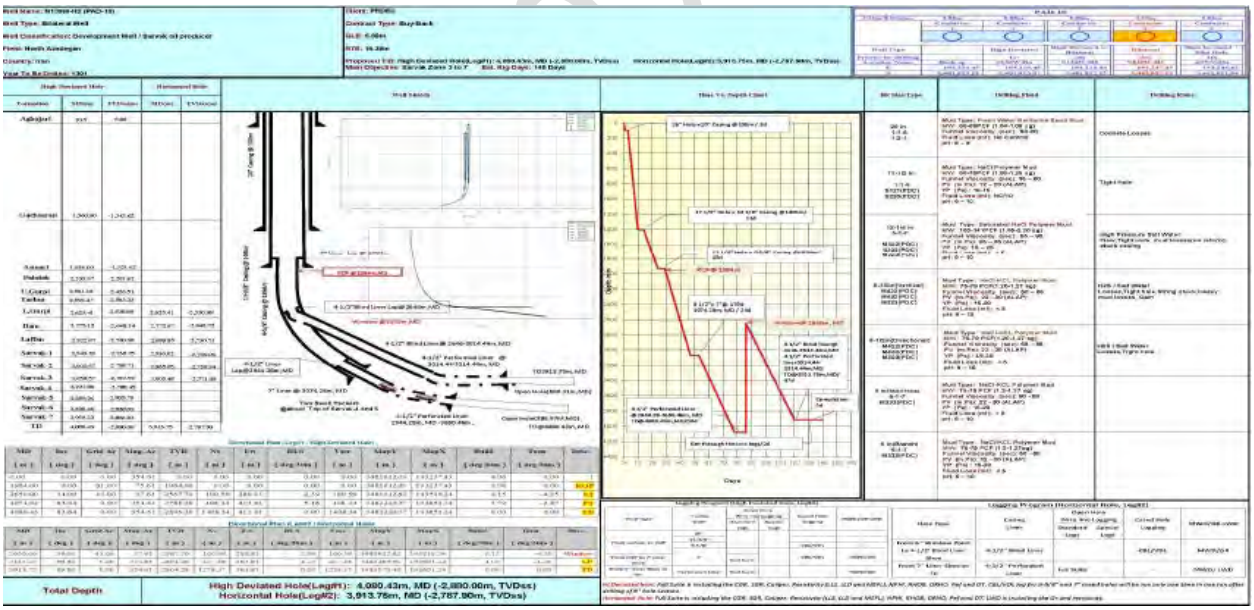
۲- لایه های پنهان: عملکرد این لایه ها به وسیله ورودی ها و وزن ارتباط بین آنها و لایه های پنهان تعیین می شود. وزن های بین واحدهای ورودی و پنهان تعیین می کند که چه وقت یک واحد پنهان باید فعال شود.

۳- لایه خروجی: عملکرد واحد خروجی بسته به فعالیت واحد پنهان و وزن ارتباط بین واحد پنهان و خروجی می باشد.

شبکه های عصبی با توانایی قابل توجه خود در استنتاج نتایج از داده های پیچیده، می توانند در استخراج الگو ها و شناسایی گرایش های مختلفی که برای انسان ها و کامپیوتر شناسایی آنها بسیار دشوار است استفاده شوند.[5]

۲- روش تحقیق

برای این تحقیق، ما از داده های جمع آوری شده توسط گروه گل نگاری مستقر در سرچاه استفاده شده است. این داده ها به صورت لحظه ای موجود می باشند و غالبا داده هایی هستند که برای هر متر حفاری موجود هستند. بنابراین با توجه به این داده ها، ابتدا آن ها را جهت استفاده در شبکه عصبی، بهینه سازی می کنیم. در اولین مرحله، داده های موجود در پروپوزال را جهت پیدا کردن نقاط پایان حفاری در نقاط جداره گذاری یا نقطه پایانی حفاری بررسی می کنیم و با توجه به حفره در حال حفاری فعلی، محدوده مجاز پارامتر های حفاری و همچنین متراژ انتهایی این بخش را استخراج می کنیم (شکل ۱-۲).[1]



شکل (۱-۲) پروپوزال حفاری

با توجه به اینکه هدف ما در این مقاله، پیش بینی نرخ نفوذ در حفره ۶ اینچ بود، ما از داده های حفره های۶اینچ ۶ چاه این میدان جهت تشکیل شبکه عصبی استفاده نمودیم. در کل این چاه ها از مته های ۶ اینچ از نوع PDC و با خروجی نازل OPEN استفاده شده بود و به

www.SID.ir

Archive of SID

دلیل حفاری کج، عملیات حفاری در این حفره ها تا نقطه پایان حفاری، به طور متوسط ۱۰۰۰ متر بوده و حداقل در هر کدام از این حفره ها از ۲ مته استفاده شده است. داده ها توسط سنسورهای گروه گل نگاری و بر پایه عمق حفاری شده جمع آوری شده اند. (جدول (۱-۲)

جدول (۱-۲) داده های حفره ۶ اینچ جمع آوری شده توسط گروه گل نگاری

DEPTH	ROP	WOB	BIT RPM	TORQUE	SPP	FLOWIN	PUMPSUM	MTI	MTO	CONDIN	CONDOUT	MWI	MWO	ECD	Dxc	ACTPVT	TDS_RPM	DownHole_RPM	CSIP	BITRUNTIME
m	min/m	klb	rpm	klbft	psi	gal/min	spm	DegC	DegC	s/m	s/m	pcf	pcf	pcf	*	bbl	rpm	rpm	PSI	Hr
2960	59.8	3.2	182	3.3	2341	211	49	57.4	59.4	10.3	9.6	73.3	74.4	74.9	0.80	556	30	152	0	0.3
2961	16.7	3.4	183	3.5	2307	211	50	57.4	59.4	10.2	11.2	73.3	74.4	74.9	0.92	560	30	152	0	0.6
2962	9.4	3.8	181	3.7	2343	211	49	57.4	59.4	10.3	11.1	73.3	74.4	74.9	0.78	558	30	152	0	0.7
2963	25.6	3.1	183	3.8	2303	211	50	57.4	59.4	10.2	11.1	73.3	74.4	74.9	0.73	557	30	152	0	0.9
2964	17.4	4.8	153	0.0	2179	211	50	57.4	59.4	10.2	11.1	73.3	74.4	74.9	0.82	557	0	152	0	1.0
2965	16.9	6.8	153	0.0	2163	211	50	57.4	59.4	10.3	11.0	73.3	74.4	74.9	0.80	543	0	152	0	1.6
2966	25.1	6.5	153	0.0	2147	211	50	57.4	59.4	10.3	10.9	73.3	74.4	74.9	0.84	543	0	152	0	2.0
2967	28.8	6.6	153	0.0	2139	211	50	57.4	59.4	10.3	10.8	73.3	74.4	74.9	0.89	541	0	152	0	2.5
2968	29.1	6.8	152	0.0	2130	211	49	57.4	59.4	10.3	10.7	73.3	74.4	74.9	0.91	537	0	152	0	3.0
2969	10.7	2.4	152	0.0	2104	210	50	57.4	59.4	10.3	10.8	73.3	74.4	74.9	0.91	561	0	152	0	3.1
2970	7.2	2.8	190	4.1	2268	211	50	57.4	59.4	10.2	10.8	73.3	74.4	74.9	0.66	554	37	152	0	3.3
2971	6.9	2.7	189	4.2	2269	211	49	57.4	59.4	10.3	10.8	73.3	74.4	74.9	0.63	554	37	152	0	3.4
2972	6.1	2.2	189	4.3	2292	211	49	57.4	59.4	10.3	10.7	73.3	74.3	74.9	0.63	556	37	152	0	3.5
2973	27.1	3.3	152	0.0	2149	211	49	57.4	59.4	10.3	10.7	73.3	74.4	74.9	0.63	551	0	152	0	3.9
2974	17.9	4.7	153	0.0	2165	211	50	57.4	59.4	10.2	10.7	73.3	74.4	74.9	0.81	548	0	152	0	4.2

پس از بررسی داده های جمع آوری شده و بررسی کیفیت داده ها و همچنین جهت جلوگیری از همپوشانی داده ها، ۶ داده اصلی با توجه به عوامل موثر بر نرخ نفوذ، انتخاب شد:

وزن روی مته و دوران مته نماینده شرایط عملیاتی حفاری، وزن گل به عنوان نماینده شرایط سیال حفاری، اختلاف فشار و میزان گل پمپاژ شده به چاه به عنوان نماینده هیدرولیک سر مته و در نهایت زمان کارکرد مته به عنوان نماینده فرسودگی سرمته انتخاب شدند.(جدول ۲-۲)

جدول (۲-۲) بازه داده های انتخاب شده

	□ □ □	□ □ □	□□□ □ □ □	□ □ □	□□□ □ □□	□ □ □	□□□□ □ □ □ □ □□ □
	□ /□	□□□	□ □ □	□ □□	□□□/□ □□	□□□	□□
□ □□	۲.۱۲	۱.۲	۳۰	۱۵۰۰	۲۰۰	۷۰	۰.۰۰۵
□ □□	۱۰.۲۸	۱۸.۱۸	۲۰۵	۲۹۵۰	۲۹۴	۱۴۰	۱۷۵

جهت استفاده از داده ها و به دلیل نوسان بسیار زیاد داده ها، اصلاحاتی در داده های انتخابی صورت گرفت و به جای اصل داده ها، از داده های تجمیعی آن استفاده گردید، بدین صورت که داده اصلاحی با داده های قبل از خود جمع و پس از آن بر تعداد آن ها تقسیم گردد. با این روش توانستیم نوسان موجود را حذف و کیفیت و وضوح داده ها را بالا ببریم. همچنین جهت بهتر شدن وضوح داده ها، داده های فوق را با ضریب ۱۰۰ وارد محاسبات نمودیم (به جز وزن روی مته که با ضریب ۱۰۰۰ تبدیل شد).جدول ۳-۲ نتیجه حاصل را نشان می دهد.

جدول (۳-۲) داده های اصلاح شده

www.SID.ir

Archive of SID

ROP*100 commolative	WOB	BIT RPM	SPP	FLOWIN	MWI	TRUNTIM
cm/h	lb	RPM*100	PSI*100	100*gal/min	PCF*100	hr*100
۳۲۲.۵۸۰۶۴۵۲	۳۱۸۹.۲	۱۸۲۰۲	۲۳۴۰۶۵	۲۱۱۳۳.۶	۷۳۳۰.۸۷۶۸	۳۱
۳۴۴.۸۲۷۵۸۶۲	۳۲۸۴.۲	۱۸۲۲۶	۲۳۲۳۸۰	۲۱۱۳۳.۶	۷۳۳۱.۲۲	۵۸
۴۰۵.۴۰۵۴۰۵۴	۳۴۶۸.۴	۱۸۱۹۶.۶۶۶۷	۲۳۳۰۲۶.۶۶۶۷	۲۱۱۳۳.۶	۷۳۳۱.۲۰۹۶	۷۴
۴۵۹.۷۷۰۱۱۴۹	۳۳۶۹.۱	۱۸۲۱۸.۲۵	۲۳۲۳۳۵	۲۱۱۳۳.۶	۷۳۳۱.۱۴۲	۸۷
۵۰۰	۳۶۵۵.۲۸	۱۷۶۳۶.۶	۲۲۹۴۵۵	۲۱۱۳۳.۶	۷۳۳۱.۱۰۱۴	۱۰۰

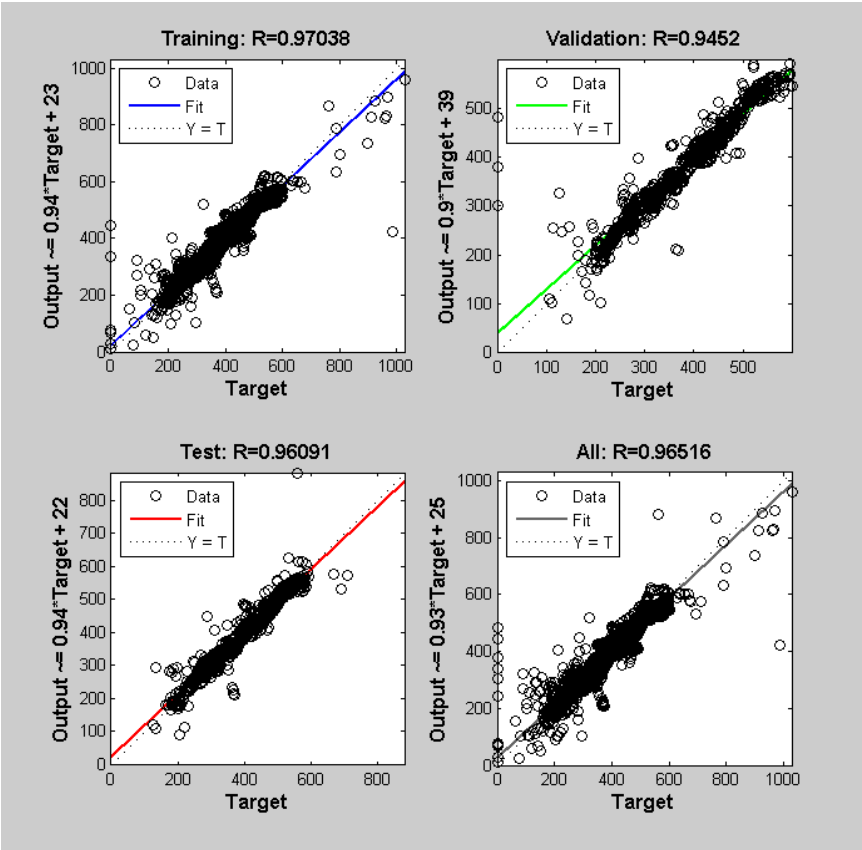
داده های حفره ۶ اینچ ۶ چاه توسط این روش جمع آوری و اصلاح شد که مجموعا بانک اطلاعاتی شامل بیش از ۴۰۰۰۰ داده تشکیل شد.

توسعه مدل

در این تحقیق، یک شبکه سه لایه ای تغذیه رو به جلو توسعه داده می شود. که شامل لایه های ورودی، نهفته و خروجی می باشد . (مدل شبکه عصبی انتخاب شده مدل ۳ لایه ای همراه با ۱۶ نورون در ۲ لایه اول و یک نورون در لایه آخر است.) در ساختن یک مدل اولین مرحله فرایند سازی و آماده کردن داده میدان است. پس از آن جهت بررسی تمام شرایط موجود و حالت های ممکن، داده ها در شش گروه قرار داده شدند.. داده های گروه یک، داده های شامل یک چاه، گروه دو متشکل از داده های دو چاه، الی گروه ۶ که شامل داده های ۶ چاه می باشد. برای هر گروه، از ۷۵٪ داده ها جهت آموزش، ۱۵٪ جهت فرآیند تایید و ۱۵٪ جهت تست استفاده شد. خروجی کلیه شبکه ها، ضریب انطباق [1]بالای ۰،۹۵ را نشان می داد. شکل شماره (۲-۲) عملکرد شبکه ۶ چاهی را نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره(۲-۲) عملکرد شبکه حاصل از داده های ۶ چاه

حال شبکه را با داده های حقیقی از یک چاه واقعی در این میدان تست می کنیم که در حال حفاری حفره ۶ اینچ می باشد، جهت این کار، ما داده های حقیقی را تا ۵۰۰ متر اول حفاری را انتخاب و جهت ۵۰۰متر باقیمانده از میانگین پارامترهای حفاری که در پروپوزال پیش بینی شده است استفاده کردیم و توسط برنامه Excel به این اعداد به صورت تصادفی به میزان درصد انحراف که در شکل (۳-۲) موجود است اضافه یا کم کردیم به گونه ای که از میزان حداقل و حداکثر میزان مجاز منحرف نشوند. البته اگر پروپوزال موجود بوده یا عملکرد دکل حفاری در چاه های قبلی و در همین عمق موجود باشد، میتوان از آنها به جای داده های تصادفی استفاده کرد. سپس این داده ها را در ۶ شبکه موجود تست کردیم. نتیجه را در جدول (۴-۲) مشاهده می کنید.

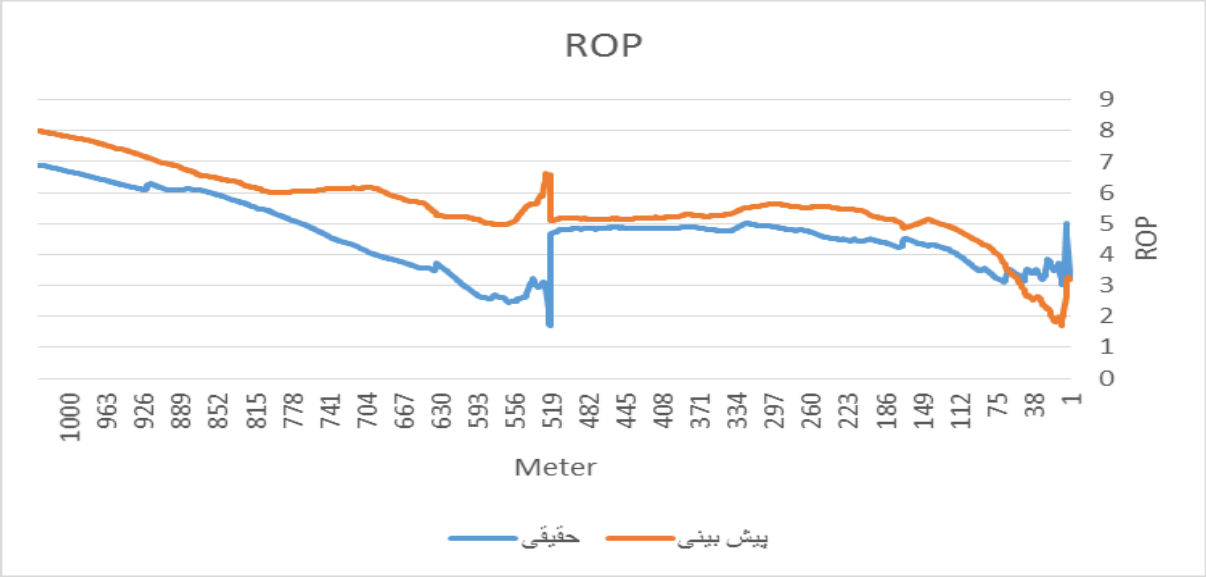
www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره(۴-۲) نتیجه تست چاه حقیقی با شبکه های عصبی تشکیل شده

□ □□□ □ □□□ □□□	□ (□□□□)	□ □□ (□□□□)	□ □□□□ □□□
۱	۳۸.۸	۶۱۹۹۰	۰.۹۸
۲	۶۴	۵۹۷۷۱	۰.۹۸
۳	۶۱.۳۹	۲۰۱۸۶	۰.۹۸
۴	۷۳	۲۳۲۸۳	۰.۹۵
۵	۵۶	۱۸۲۵۲	۰.۹۶
۶	۷۱.۶	۱۶۰۵۵	۰.۹۶

بهترین همگرایی و کمترین میزان انحراف متعلق به شبکه تشکیل شده از ۶ چاه است که نمودار نرخ نفود حقیقی و نمودار نرخ نفوذ به دست آمده توسط شبکه عصبی ۶ چاهی در شکل (۳-۲) با هم مقایسه شده اند.



شکل(۷۳-۲) مقایسه نمودار نرخ نفوذ حقیقی با نرخ نفوذ به دست آمده از شبکه عصبی ۶ چاهی

با توجه به نمودار مشخص است که حتی با داشتن محدوده پارامتر های حفاری، به خوبی می توان نرخ نفوذ و روند آن را مشخص کرد.

۳- نتیجه‌گیری

با توجه به نمودارهایی که از داده های حقیقی رسم شده اند، به وضوح چند نکته مهم و نتیجه را می توان مشاهده کرد.

۱- شبکه های عصبی میتوانند به عنوان یک ابزار قابل اعتماد جهت پیش بینی نرخ نفوذ و استفاده از آن در انتخاب بهینه مته و سایر پارامترها در حفاری چاههای جدید باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- دراین مطالعه رویکردی جدید در بررسی نرخ نفوذ بر مبنای داده های چاه قبلی و شبکه عصبی مصنوعی معرفی شد. تأیید شبکه عصبی به وسیله تست شبکه با داده هایی که در آماده سازی به کار نرفته بودند، بدست آمد. تصاویر مربوط به آماده سازی و آزمون این شبکه، کارایی آن را اثبات نمود.

۳- ضریب همبستگی مجموعه آزمایش و مجموعه تست ۰,۹۵ می باشد.این عدد نشانگر توانایی و قدرت بالای شبکه های عصبی در پیش بینی نرخ نفوذ مته است

۴- می توان با تهیه شبکه عصبی از چاه های قبلی، در سازند های یکنواخت و در اندازه ثابت حفره چاه، نرخ نفوذ را با دقت خوبی پیش بینی کرد. با توجه به جدول شکل (۶-۲) می توان دید که با افزایش تعداد چاه ها، همگرایی داده ها بهتر و انحراف داده ها کمتر می شود.

۵- با استفاده از داده های پروپوزال و بازه هایی که به طور معمول برای آن ها مشخص می شود، می توان نرخ نفوذ را فقط بدون در نظر گرفتن متراژ حفاری شده و فقط با داده های عمر مته، وزن روی مته و چرخش مته، وزن گل و فشار ته چاه و میزان پمپاژ گل پیش بینی کرد. البته با ادامه حفاری و به دست اوردن داده های حقیقی، در هر لحظه می توان این شبکه را اصلاح کرد و داده های حقیقی را با داده های پروپوزال جایگزین کرد.

۶- استفاده از روش فوق جهت پیش بینی نرخ نفوذ، می تواند با صرفه جویی زمان برای ناظر حفاری، او را جهت انتخاب زمان تعویض مته یاری کند و از اشتباهات انسانی بکاهد.

۷- با توجه به نمودار حقیقی و نمودار پیش بینی، می توان شرایط غیرعادی را در نقاطی که این دو نمودار با یکدیگر تفاوت فاحش دارند به راحتی تشخیص داد.

۵- با توجه به نرخ نفوذ و عمق هدف، می توان با توجه به فرمول (۱-۳) برآورد و پیش بینی از نرخ هزینه حفاری به ازای هر متر به دست آورد که امری مهم برای انتخاب زمان تعویض مته و همچنین برای مناقصه ها و شرکت هایی است که در صنعت نفت حضور دارند.

$$C = \frac{C_b + C_r * (t_b + t_c + t_r) + \sum Others}{\Delta D} \qquad (۳-۱)$$

C = cost $/m

Cb = bit cosSt

D= Depth

Cr= Rig cost $/hr

Tr= trip time hr

Tb= bit rotation time

Tc= none bit rotation time

تشکر و قدردانی

با تشکر از دکتر عبدالنبی هاشمی و مهندس محمد علی محمدی به خاطر راهنمایی های ارزشمندشان و شرکت CNLC به دلیل حمایت از این تحقیقات و کمک های فنی بی دریغ ایشان.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

1- مهدی نظیری، پایان نامه کارشناسی ارشد، تخمین بهترین زمان تعویض مته در حفاری جهت دار به صورت بلادرنگ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه، (۱۳۹۲)

[2]. Bourgoyne, A.T., Millheim, K.K., Chenevert, M.E. and Young, F.S.

"**Applied Drilling Engineering**", 9th ed., SPE, Richardson, TX, 2003

[3]. Lummus, J.L.:"Drilling Optimization",*JPT*, SPE-AIME 2744, Pan American Petroleum Crop,Nov. 1970, p. 1379

[4]. Simmons, E.L., "A Technique for Accurate Bit Programming and Drilling Performance Optimization", IADC/SPE 14784, IADC/SPE Drilling Conference, Dallas, TX, 10–12 Feb. 1986

[5] http://www.irmatlab.ir/

www.Reservoir.ir

www.SID.ir