

# ارائه پروکسی مدل جهت پیش بینی و بهینه سازی دبی تولیدی نفت در فرایند فرازآوری با گاز

رحیم عباسی پور آتشگاه، مدیریت برنامه ریزی تلفیقی شرکت ملی نفت ایران<sup>1</sup>

## چکیده

فرازآوری با گاز به صورت پیوسته یکی از پرکاربردترین روش های فرازآوری مصنوعی در دنیا می باشد که تاکنون چالش هایی در خصوص بهینه سازی عملکرد آن وجود داشته است.

در این مطالعه ابتدا مشخصات ۶۰ چاه حفاری شده در ایران که با توجه به افت فشار مخزن، کاندیدای تولید به کمک فرازآوری با گاز هستند، جمع آوری شد. سپس سیستم فرازآوری با گاز در این چاه ها در نرم افزار PROSPER شبیه سازی گردید. با استفاده از آنالیز حساسیت در این نرم افزار روی ۴ پارامتر قطر لوله مغزی، دبی تزریق گاز، عمق تزریق گاز و وزن مخصوص گاز تزریقی مقادیر بهینه این پارامترها برای هر یک از چاه ها تعیین شد. در پایان مدلی با استفاده از طراحی شبکه عصبی مناسب در نرم افزار MATLAB برای پیش بینی دبی تولیدی نفت با پارامترهای بهینه طراحی می گردد. پس از آموزش و تست شبکه عصبی طراحی شده این شبکه قادر خواهد بود که با وارد کردن اطلاعات سیستم فرازآوری با گاز در یک چاه، دبی تولیدی نفت برای آن چاه را با خطایی ناچیز پیش بینی نماید.

**کلمات کلیدی:** بهینه سازی فرازآوری با گاز، شبکه عصبی مصنوعی، عمق و دبی بهینه تزریق گاز، دبی تولیدی نفت

## ۱ - مقدمه

نیروی که باعث راندن نفت از مخازن زیرزمینی نفت به سطح زمین می شود، به وسیله انبساط گاز و فشار آبی که معمولاً همراه نفت در مخازن می باشد، تامین می گردد. وقتی انرژی طبیعی که همراه نفت در مخازن می باشد، برای بالا آوردن آن به سطح زمین کافی نباشد و یا نتواند حجم کافی نفت را به سطح زمین بیاورد، باید این انرژی توسط یکی از روش های مصنوعی، تقویت شود. این روش های مصنوعی تقویت انرژی را فرازآوری مصنوعی گویند. معمولاً وقتی از فرازآوری مصنوعی استفاده می شود که انرژی موجود در سیال

<sup>1</sup> abbasspour@aut.ac.ir

مخازن نفتی به اندازه ای باشد که فقط بتواند خود را به دهانه چاه برساند و در صورتی که انرژی فوق بقدری کم باشد که سیال نتواند خود را به دهانه چاه برساند، باید از یکی از روش های بازیافت ثانویه استفاده نمود. فرازآوری مصنوعی با گاز به صورت پیوسته یکی از پرکاربردترین روش های فرازآوری مصنوعی در دنیا می باشد که تا کنون چالش هایی در خصوص بهینه سازی عملکرد آن وجود داشته است [۱].

یک مهندس معدن آلمانی بنام کار امانوئل لوچر اولین کسی بود که از هوای فشرده شده جهت راندن و بلند کردن ستون مایع در آزمایشگاه استفاده نمود. تاکنون روش های مختلفی برای بهینه سازی عملکرد فرازآوری با گاز که در آن ها آنالیز نودال نقش اساسی دارد، ارائه شده است [۲]. در سال ۱۹۳۲ شرکت نفتی آمارادا، اثر تغییرات قطر لوله را در سیستم های فرازآوری با گاز مورد بررسی قرار داد [۳]. در دهه ۱۹۶۰ میلادی هایگدرن با داشتن خصوصیات چاه مورد مطالعه و استفاده از ضریب بهره دهی با روش ترسیمی بهترین نقطه تزریق را به دست آورد [۴]. گمز در سال ۱۹۷۴ روشی برای بدست آوردن نمودار عملکرد فرازآوری با گاز ارائه داد [۵]. در سال ۱۹۹۵ بومر از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی دبی تولیدی نفت در طی عمر تولیدی چاه استفاده نمود [۶]. در سال ۲۰۰۱ الفتاح و همکارانش از شبکه عصبی برای پیش بینی دبی تولیدی گاز در آمریکا استفاده کردند [۷].

## ۲- روش و مراحل تحقیق

هدف این مقاله در مرحله اول یافتن پارامترهای بهینه سیستم فرازآوری با گاز می باشد که براساس آن دبی تولیدی چاه بیشینه گردد. سپس در مرحله دوم مدلی برای پیش بینی دبی تولیدی نفت با استفاده از مشخصات چاه و مخزن با خطایی ناچیز ارائه می شود.

در مطالعه پیش رو اطلاعات ۶۰ چاه از جنوب ایران که کاندیدای تولید به کمک فرازآوری با گاز هستند، جمع آوری و طبقه بندی گردیده است. سپس تولید این چاه ها به وسیله فرازآوری با گاز در نرم افزار بهره برداری PROSPER شبیه سازی شده است. با استفاده از آنالیز حساسیت در این نرم افزار روی ۴ پارامتر قطر لوله مغزی، دبی تزریق گاز، عمق تزریق گاز و وزن مخصوص گاز تزریقی، مقادیر بهینه برای این پارامترها در هر یک از چاه ها تعیین شد. یافتن مقادیر بهینه برای این پارامترها برای دستیابی به بیشینه دبی تولیدی نفت و در نتیجه سود بیشتر امری ضروری می باشد. بنابراین با بهینه سازی سیستم فرازآوری با گاز می توان بیشترین بهره برداری را از یک چاه داشت. براساس بررسی های انجام شده روی تحقیقات ارائه شده ۱۲ مورد از اطلاعات چاه و مخزن به عنوان اطلاعات ورودی برای شبکه عصبی مصنوعی تعیین شد. خروجی شبکه نیز

دبی نفت بهینه تعریف گردید. این ۱۲ ورودی طوری انتخاب شدند که تمام پارامترهایی که روی خروجی تاثیر می گذاشتند، پوشش داده شوند. جدول ۱ نشان دهنده این ۱۲ پارامتر و گستره تغییرات آن ها می باشد.

جدول ۱: بازه تغییرات پارامترهای مورد مطالعه

کمینه	بیشینه	پارامتر	
۲۰	۲۵	چگالی نفت (در دمای ۶۰ درجه فارنهایت و فشار اتمسفر) <sup>۲</sup>	ورودی های شبکه عصبی
۲	۳	شاخص بهره دهی <sup>۳</sup> (Stb/Psi.Day)	
۴۰۰۰	۴۸۹۰	فشار استاتیک ته چاه <sup>۴</sup> (Psi)	
۳۰	۴۰	برش آب <sup>۵</sup> (%)	
۲/۹۹	۳/۹۵	قطر داخلی لوله مغزی <sup>۶</sup> (Inch)	
۱۰۵۶۰	۱۲۰۰۰	عمق محل مشبک کاری چاه <sup>۷</sup> (ft)	
۴۲۰	۶۰۰	فشار جریانی سرچاه <sup>۸</sup> (Psi)	
۷۱۰۵	۹۸۷۰	عمق تزریق گاز <sup>۹</sup> (ft)	
۰/۷	۰/۹	چگالی مخصوص گاز تزریقی <sup>۱۰</sup>	
۲۵۱۲	۳۷۲۶	فشار جریانی ته چاه <sup>۱۱</sup> (Psi)	
۴/۱۲	۶/۲۷	قطر داخلی چاه <sup>۱۲</sup> (Inch)	خروجی شبکه عصبی
۱	۵/۲	دبی تزریقی گاز <sup>۱۳</sup> (MMscf/Day)	
۱۶۱۶	۳۷۲۶	دبی تولیدی نفت <sup>۱۴</sup> (Stb/Day)	

<sup>2</sup> API

<sup>3</sup> productivity index

<sup>4</sup> Bottom hole static pressure

<sup>5</sup> Water cut

<sup>6</sup> Tubing inside diameter

<sup>7</sup> Mid perforation depth

<sup>8</sup> Flowing wellhead pressure

<sup>9</sup> Gas injection depth

<sup>10</sup> Gas specific gravity

<sup>11</sup> Flowing bottom hole pressure

<sup>12</sup> Wellbore size

<sup>13</sup> Gas injection rate

<sup>14</sup> Oil production rate

## ۲-۱- معماری شبکه عصبی طراحی شده

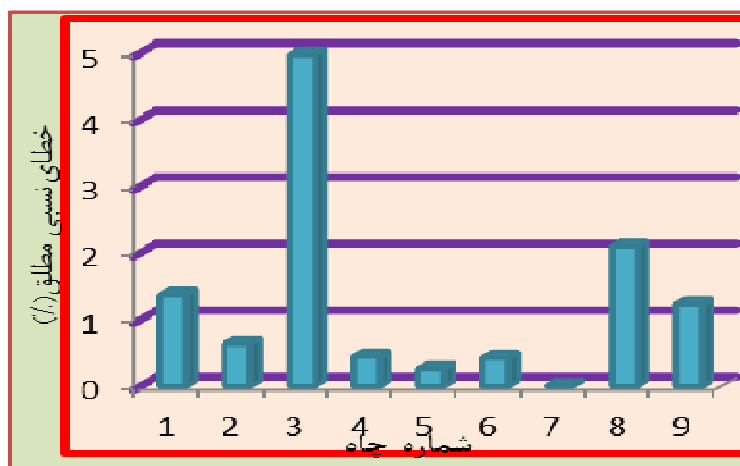
ابتدا ۷۰٪ از داده‌ها (۴۲ چاه) برای آموزش (Train)، ۱۵٪ از داده‌ها (۹ چاه) برای تست (Test) و ۱۵٪ از داده‌ها (۹ چاه) برای اعتبارسنجی (Validation) شبکه عصبی مصنوعی اختصاص داده شد. اعتبارسنجی شبکه عصبی مصنوعی علاوه بر تست، به منظور سنجش حساسیت شبکه عصبی نسبت به روند تغییرات تک تک داده‌ها صورت می‌پذیرد [۸]. پس از آنالیزهای نرم افزاری و سعی و خطا، بهترین شبکه که دارای حداقل خطای ممکن بود، برگزیده شد. لازم به ذکر است که باید تعداد بهینه نرون ها را در لایه مخفی یافت. زیرا اگر تعداد نرون ها در لایه مخفی بیش تر از حد باشند، از عمومیت شبکه عصبی مصنوعی کاسته می شود. همچنین اگر کمتر از حد بهینه باشند، خطای شبکه افزایش می یابد [۸]. بهترین مدل شبکه عصبی با یک لایه مخفی با ۱۲ نرون بدست آمد. بنابراین شبکه عصبی مصنوعی که در نهایت طراحی گردید، دارای ۱۲ نرون در لایه اول (ورودی‌ها)، یک لایه مخفی با ۱۲ نرون و لایه خروجی که شامل ۱ نرون بود. افزون بر این، توابع انتقال برای لایه مخفی، تانژانت سیگموئید و برای لایه خروجی، خطی انتخاب شد. جدول ۲ مقایسه خطاهای آماری مدل شبکه عصبی بهینه را نمایش می‌دهد.

همانطور که در جدول دیده می‌شود، مدل موجود در هر سه گام آموزش، اعتبارسنجی و تست دارای دقت بسیار خوبی می‌باشد.

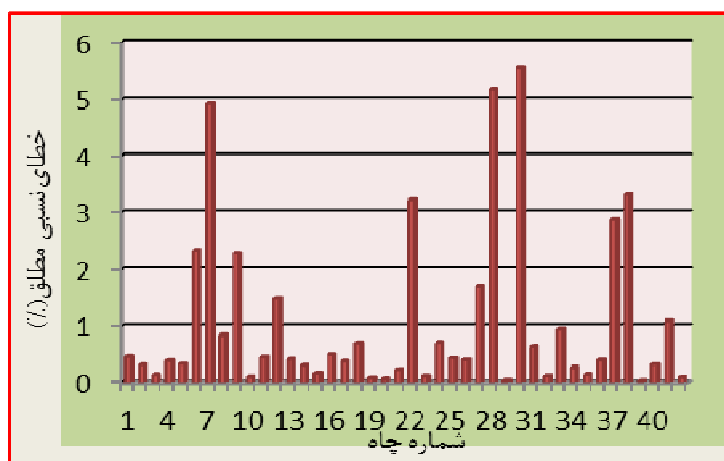
جدول ۲: خطاهای آماری شبکه عصبی بهینه

خطای نسبی مطلق میانگین (%)	خطای مطلق	ثابت $R^2$	میانگین مجذور	گام
۱/۰۶	۲۵/۰۸	۰/۹۹۹	۱۹۰۱/۵۹	آموزش
۱/۲۷	۲۹/۱۹	۰/۹۸۸	۱۸۹۰/۳۲	اعتبارسنجی
۱/۹۶	۴۸/۷۰	۰/۹۸۴	۵۲۰۶/۳۷	تست

در این مطالعه علاوه بر بررسی پارامترهای آماری مدل، دقت مدل به صورت گرافیکی نیز بررسی شد. شکل‌های ۱ و ۲ خطای نسبی مطلق خروجی‌های شبکه را در گام آموزش و اعتبارسنجی نمایش می‌دهند. همانطور که دیده می‌شود خطاها دارای روند خاصی نیستند و به صورت تقریباً یکنواختی توزیع شده‌اند. همچنین خطاها در سه گام آموزش، اعتبارسنجی و تست در حد قابل قبولی هستند و مدل دقت خوبی را در کل ارائه می‌کند.



شکل ۱: خطای نسبی مطلق شبکه در گام اعتبارسنجی

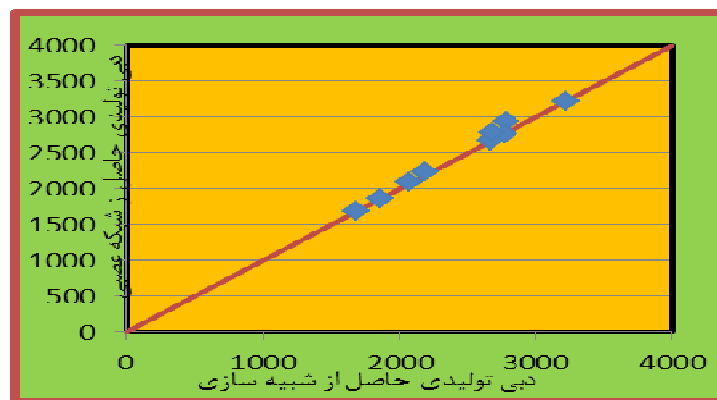


شکل ۲: خطای نسبی مطلق شبکه در گام آموزش

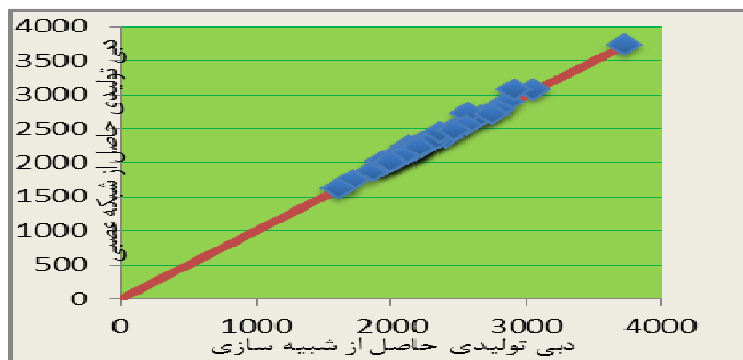
شکل ۳ و ۴ نمودارهای دبی بهینه تولید پیش بینی شده توسط شبکه عصبی را نسبت به دبی بهینه تولید واقعی بدست آمده از شبیه‌سازی، برای گام‌های آموزش و تست نمایش می‌دهند. نمودار مشابهی برای اعتبارسنجی شبکه نیز موجود می‌باشد. داده‌هایی که روی خط با شیب واحد قرار گرفته‌اند یعنی به طور کاملاً دقیق پیش‌بینی شده‌اند. همانطور که دیده می‌شود داده‌ها تقریباً روی خط با شیب واحد قرار می‌گیرند که قابلیت بسیار خوب مدل توسعه داده شده در این مطالعه را نشان می‌دهد.

### ۳- نتیجه گیری

در این مقاله شبیه سازی و بهینه سازی پارامترهای فراآوری با گاز در نرم افزار PROSPER انجام پذیرفت. ۴ پارامتر مهم سیستم فراآوری با گاز بهینه شدند. در نهایت مساله با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی مدلسازی گردید. مزیت این روش نسبت به روش‌های قبلی این است که یافتن دبی تولیدی برای مجموعه چاه‌ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، روشی سریع می‌باشد. در حالی که روش‌های مختلف که پیشتر به آن‌ها اشاره شد، روش‌های زمان‌بر و نیازمند نرم‌افزارهای پیشرفته و بعضاً پرهزینه می‌باشند. همچنین خطای ناچیز شبکه عصبی ارائه شده در این مساله، نشانگر دقت بالای این روش می‌باشد. با توجه به خطای ناچیز تست و اعتبارسنجی شبکه مذکور می‌توان ادعا کرد که شبکه از عمومیت قابل قبول برخوردار بوده و قابلیت استفاده در پیش‌بینی دبی تولید سایر میادین و چاه‌ها را نیز دارد. در پایان پیشنهاد می‌شود پارامترهای اقتصادی نیز به مساله اضافه شده و بررسی گردند و از مدل ارائه شده برای بهینه سازی سیستم فراآوری با گاز در دیگر میادین استفاده شده و نتایج با دیگر روش‌ها مقایسه گردد.



شکل ۳: نمودار خروجی شبکه عصبی بهینه در گام تست



شکل ۴: نمودار خروجی شبکه عصبی بهینه در گام آموزش

- [1] Takacs, G., "Gaslift Manual", First Edition, Penwell Corporation, 2005.
- [2] Khamsehchi, E., Rashidi, F., Karimi, B., Pourafshary, P., Amiry, M., " Continuous Gas Lift Optimization Using Genetic Algorithm ", Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Volume.3, No.4, pp.3919-3929, 2009.
- [3] Donoghue, F.P., "Classification of Flowing Wells with Respect to Velocity", Petroleum Development and Technology, PP.226, 1949.
- [4] Hagedorn, A.R., Brown, K.E., "Experimental Study of Pressure Gradient Occurring During Continuous Two Phase Flow in Small Diameter Vertical Conduits", Journal of Petroleum Technology, Volume.475, pp. 234, 1965.
- [5] Gomez, V. , " Optimization of Continuous Flow Gas Lift Systems ", M.S. Thesis, University Of Tulsa, 1974.
- [6] Robert, J.B., "Predicting Production Using a Neural Network", Petroleum Computer Conference, Houston, Texas, 1995.
- [7] Al-Fattah, S.M., Startzman, R.A., " Predicting Natural Gas Production Using Artificial Neural Network", SPE Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium, Texas, 2001.
- [8] Krose, B., van der Smagt, P., " Introduction To Neural Network ", Eighth Edition, University Of Amsterdam, German Aerospace Research Establishment, 1996.