



جمع بندی مسأله بهینه سازی تخصیص در تزریق گاز به پنج حلقه چاه و بررسی جواب ها با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک

محمد علی قیم^۱، محمد کیهانی^۲، میلاد بهجومنش^۳، رئوف توکلی^۴
استاد دانشگاه صنعت نفت اهواز^۱، دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی دانشگاه رازی^۲، دانشجوی
کارشناسی مهندسی شیمی دانشگاه صنعت نفت اهواز^۳

چکیده

تزریق گاز برای استحصال نفت کاری معمول است، اما بدست آوردن حداکثر بهره وری از یک مجموعه چاه چندان کار ساده ای نیست، زیرا قیمت بالای گاز تزریقی و پیچیدگی بهینه سازی همزمان چند چاه کار را مشکل می کند. بنابراین استفاده از روش های داده پردازی بر مبنای محاسبات و مدلسازی کامپیوتری مورد استقبال قرار گرفته است به طوری که با مدلسازی چاهها بتوان به بیشترین نرخ تولید در مقابل کمترین مقدار مصرف گاز دست یافت. در مقاله ی حاضر این رویکرد نوین با استفاده از توابع عصبی و الگوریتم ژنتیک استفاده شده و جنبه های مختلف حل مساله ی بهینه سازی تخصیص گاز در پنج چاه مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان دادند که بهینه سازی تخصیص تزریق گاز کاری کاملا حساس و مستلزم محاسبات مهندسی است.

واژه های کلیدی: الگوریتم ژنتیک ، شبکه های عصبی مصنوعی ، فراز آوری با گاز (Gas Lift)



اولین کنفرانس ملی فناوری های نوین
در شیمی و مهندسی شیمی

اولین کنفرانس ملی فناوری های نوین در شیمی و مهندسی شیمی

مرکز همایش های بین المللی آبگینه تهران، ۲۶ اردیبهشت ۹۲

THE FIRST NATIONAL CONFERENCE OF NEW TECHNOLOGIES IN CHEMICAL AND CHEMICAL ENGINEERING
INTERNATIONAL CONFERENCE CENTER OF ABGINEH TEHRAN, 16 MAY 2013

۱- مقدمه

تولید طبیعی یک چاه نفت با افزایش روزافزون برداشت، جوابگوی نیاز های صنعت نفت نیست. به همین جهت استفاده از روش های ازدیاد برداشت اجتناب ناپذیر است. استفاده از پمپ و تزریق گاز (Gas lift) یا بخار از شایع ترین روش های ازدیاد برداشت نفت هستند که به علت انرژی بری برای همه ی چاه ها و با ماکزیمم توان قابل اجرا نیستند. به عبارتی تزریق گاز در یک مجموعه چاه مساله ای با یک نقطه ی بهینه ی اقتصادی-عملکردی است. [۱]

مطالعه ی تزریق گاز اغلب با استفاده از منحنی های کارآمدی تزریق گاز (Gas Lift Performance Curve) صورت می گیرد. نخستین بار روی و کاتاپورام [۲] از روش تحلیل گره برای ایجاد منحنی های کارآمدی تزریق یک حلقه چاه بهره بردند. این منحنی ها با استفاده از رسم داده های مقدار برداشت نفت در مقابل مقدار تزریق گاز بدست می آیند. [۳]

روش های مختلفی برای برازش منحنی کارآمدی تزریق موجود است که از آن جمله روش های برازش خط با استفاده از رگرسیون و بدست آوردن ضرایب معادله است. روش رگرسیون با محاسبه ی ضرایب معادله، روش نسبتا ساده ای برای مدل کردن عملکرد تزریق گار در چاه های نفت است در مقابل از انعطاف پذیری چندانی برخوردار نیست و به طبیعت داده ها و منطق بین آنها توجه نمی کند از همین رو در استفاده برای چاه های متفاوت مستعد خطاست. به عبارتی نمی توان از یک مدل یکسان برای همه ی چاه ها استفاده کرد.

مدلسازی بر مبنای شبکه های عصبی مصنوعی راهکاری است که به علت توجه به منطق داده ها و اجتناب از قرار دادن داده ها در یک قالب کلیشه ای قابل طرح است، شبکه عصبی مصنوعی که اغلب فقط شبکه عصبی نامیده می شود، یک مدل ریاضی است که با الهام از شبکه های عصبی انسان عمل می کند. [۴]

یک شبکه عصبی شامل یک یا چند گروه از سلول های عصبی مصنوعی به هم پیوسته است که پردازش اطلاعات را با استفاده از روشهای پیوندگرا و تعاملی انجام می دهند. در اغلب موارد، شبکه های عصبی، سیستمی انطباقی دارند یعنی تغییرات ساختار آنها در طی مرحله یادگیری (learning phase) رخ می دهد و آنها خود را برای مدل سازی بهبود می دهند. شبکه های عصبی مصنوعی در مدل سازی روابط پیچیده میان ورودیها و خروجیها و یا برای پیدا کردن الگوهای موجود در داده ها به کار رفته اند. در مورد مساله ی بهینه سازی تزریق نیز از این توابع به خصوص در مواقعی که به دست آوردن توابع ریاضی مشکل بوده استفاده شده است. [۵]

الگوریتم ژنتیک (GA)، روش جستجویی اکتشافی است که روند تکامل طبیعی را تقلید می کند. روش این الگوریتم بر تکرار استوار است با استفاده از تکرار و تصادف الگوریتم ژنتیک راه حل مفیدی برای بهینه سازی تولید و جست و جوی میزان تولید حداکثری پیدا می کند. به عبارت دیگر الگوریتم ژنتیک متعلق به کلاس بزرگتری موسوم به الگوریتم های تکاملی (evolutionary algorithms) است که راه حلی برای مسائل بهینه سازی با استفاده از تکنیک های الهام گرفته از تکامل طبیعی، مانند ارث (inheritance)، جهش و بلوغ (mutation)، انتخاب (selection) و ... هستند. [۶]

الگوریتم ژنتیک در بیوانفورماتیک، علوم محاسباتی، مهندسی، اقتصاد، ریاضیات، فیزیک و زمینه های دیگر کاربرد دارد. استفاده از الگوریتم ژنتیک در حوزه ی بهینه سازی تخصیص گاز در مورد تک چاه و یا مجموعه چند چاه دارای سابقه است. نخستین بار مارتینز در مورد مساله ی بهینه سازی برداشت تحت تزریق گاز از این الگوریتم استفاده کرد. [۷]

ترکیب شبکه ی عصبی به عنوان مدل و الگوریتم ژنتیک به عنوان بهینه ساز، می تواند در حل مسائل بهینه سازی به کار رود. در سال ۱۹۹۹ استویسیتس و همکاران از مدلسازی یک مجموعه چاه با شبکه ی عصبی و بهینه سازی آن با الگوریتم ژنتیک بهره بردند. نگرش آنها به این سیستم بهینه سازی بیشتر در جهت پارامتر های عملیاتی همچون فشار چاه بوده است و نگرش آنها فاقد جنبه های پرنرنگ اقتصادی بوده است. [۸]



در مقاله ی حاضر با اتصال پنج مدل عصبی به یک الگوریتم ژنتیک با قیود مناسب در مورد بهینه سازی تولید توام پنج چاه تحت شرایط مختلف عملیاتی بحث شده است و اقتصاد فرآیند مورد جمع بندی قرار گرفته است.

۲- ایجاد منحنی کارآمدی تزریق به وسیله ی مدل سازی با شبکه ی عصبی

مدل های فراوانی برای مدل سازی مقدار برداشت نفت در مقابل مقدار تزریق گاز پیشنهاد شده اند ، به طور مثال مدل درجه ی ۲ یکی از این مدل هاست که به علت متقارن نبودن منحنی کارآمدی تزریق، برازش چندانی مناسبی ایجاد نمی کند. [۹] به همین دلیل مدل های دیگری توسط محققان این حوزه پیشنهاد شده است. آلاکون و همکاران [۱۰] در سال ۲۰۰۲ و خامه چی [۹] در سال ۲۰۱۱ تلاش هایی در جهت تعیین مدل مناسب انجام داده اند. مدل آلاکون (معادله ۱) و خامه چی (معادله ۲) به ترتیب در زیر آمده اند:

$$Q_{oil} = a_0 + a_1 Q_{gas} + a_2 Q_{gas}^2 + a_3 \ln(Q_{gas} + 1) \quad (1)$$

$$Q_{oil} = a_0 + a_1 \sqrt{Q_{gas}} + a_2 Q_{gas} \quad (2)$$

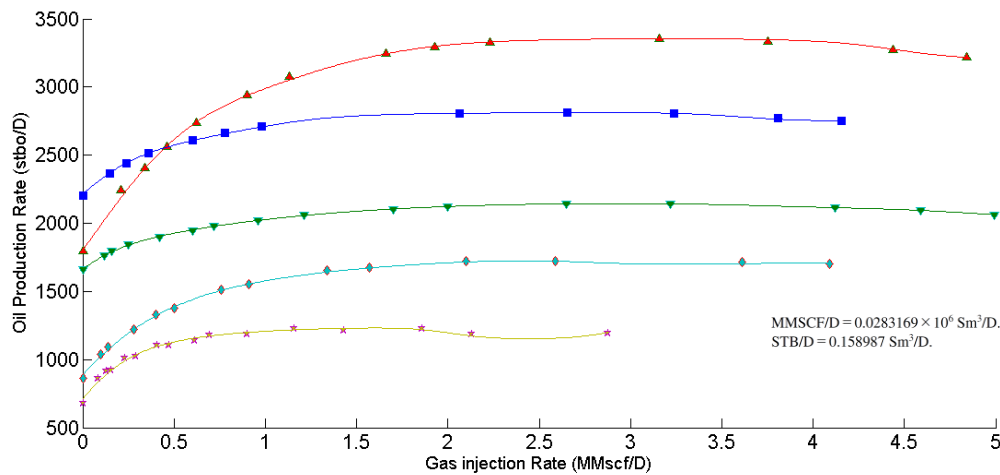
برای مدل سازی با شبکه ی عصبی داده ها توسط جعبه ابزار برازش با شبکه عصبی ۲۰۰۸ Matlab تحت شرایط پیش فرض و تعداد لایه های نهان ۴ عدد به کار گرفته شدند و نتایج مدل سازی توسط ناظر انسانی مورد بررسی قرار گرفت. سپس از نتایج برازش دو مدل یاد شده (معادله ۱ و ۲) توسط جعبه ابزار برازش منحنی ۲۰۰۸ Matlab جهت مقایسه ی عملکرد مدل شبکه ی عصبی در مقابل روش های کلاسیک مذکور استفاده شده است. نتایج در جدول ۱ فهرست شده اند.

	چاه ۱	چاه ۲	چاه ۳	چاه ۴	چاه ۵
شبکه عصبی مصنوعی					
R^۲	۰.۹۹۹۸	۰.۹۹۹۵	۰.۹۹۹۲	۰.۹۹۹۸	۰.۹۹۴۵
Sum of Squared Error	۲۸۴.۵۶۳۹	۳۶۵۵.۹	۱۸۰۰.۵	۱۰۲.۵	۴۳۶۲.۵
مدل آلاکون					
R^۲	۰.۹۹۵۱	۰.۹۹۹	۰.۹۹۷۲	۰.۹۹۳۵	۰.۹۷۴۵
Sum of Squared Error	۲۱۷۴	۳۰۴۰	۳۰۵۶	۲۲۴۸	۹۷۲۲
مدل خامه چی					
R^۲	۰.۹۸۲۹	۰.۹۷۲۱	۰.۹۸۳۵	۰.۹۷۹۹	۰.۹۸۶۳
Sum of Squared Error	۷۵۴۶	۸۸۰۱۰	۱۸۰۹۰	۶۹۷۱	۵۲۱۲

جدول ۱. ضریب همبستگی و مجموع مربعات خطا برای مدل سازی با شبکه ی عصبی مصنوعی ، مدل آلاکون و مدل خامه چی

نتایج جدول ۱ نشان می دهد که به ترتیب مدل شبکه ی عصبی مصنوعی ، مدل آلاکون و مدل خامه چی از مطلوبیت برازش برخوردار هستند و همین طور که در جدول ۱ آمده است بالاترین ضریب همبستگی و پایین ترین مقدار مجموع مربعات خطا در مدل سازی اغلب چاه ها از مدل سازی با شبکه ی عصبی مصنوعی بدست آمده است. مدل خامه چی نیز در مقایسه با مدل آلاکون در مورد چاه های مورد بحث ما اغلب نتایج ضعیف تری داشته است.

شایان ذکر است دوباره تاکید شود نتایج فوق با استفاده از معمول ترین شبکه های عصبی و بدون دستکاری پارامتر های هندسه ی شبکه بدست آمده اند ، بنابراین به احتمال فراوان با طراحی شبکه و استفاده از داده های بیشتر این نتایج قابل بهبود مضاعف هستند. در ادامه نتایج حاصل از رسم منحنی های کارآمدی تزریق با استفاده از شبکه ی عصبی مصنوعی برای پنج چاه آورده شده است (شکل ۱).



شکل ۱. منحنی های کارآمدی تزریق رسم شده با استفاده از شبکه عصبی
(چاه ۱) (■)، (چاه ۲) (▲)، (چاه ۳) (◆)، (چاه ۴) (▼)، (چاه ۵) (☆)

در شکل ۱ گره های علامت گذاری شده نشان دهنده ی مقادیر تجربی و خط متناظر هر مجموعه گره نشان دهنده ی مدل شبکه ی عصبی هر چاه است. چنانچه مشهود است و در جدول ۱ نیز مشاهده شد توافق مناسب مقادیر تجربی و مدل شبکه ی عصبی مصنوعی مشاهده می گردد. از طرف دیگر با استفاده از مدل هر یک از چاه ها می توان کمیت هایی از قبیل مینیمم برداشت هر چاه، ماکزیمم برداشت هر چاه و استعداد افزایش برداشت هر چاه را بدست آورد. این اطلاعات برای هر پنج چاه بدست آمده است و در جدول ۲ گزارش شده است:

	چاه ۵	چاه ۴	چاه ۳	چاه ۲	چاه ۱
ماکزیمم (stbo/D)	۱۲۳۰	۲۱۴۵	۱۷۲۰	۳۳۵۷	۲۸۱۳
مینیمم (stbo/D)	۶۸۰	۱۶۵۹	۸۶۵	۱۸۰۰	۲۲۰۰
استعداد (stbo/D)	۵۵۰	۴۸۶	۸۵۵	۱۵۵۷	۶۱۳

جدول ۲. مقدار مینیمم، ماکزیمم و استعداد برداشت نفت تحت تزریق گاز در هر چاه

مقدار استعداد افزایش برداشت در طی فرآیند تزریق گاز به صورت تفاضل ماکزیمم برداشت با تزریق گاز و برداشت در شرایط بدون تزریق بدست آمده است. این پارامتر مستقل از بهره دهی بدون تزریق گاز یعنی شرایط اولیه ی چاه ها است. محاسبه ی این پارامتر به دلیل بررسی جواب های بهینه جالب توجه است به طوری که بتوان دریافت نحوه ی تخصیص گاز بین چاه ها در یک حالت بهینه تا چه حد با استعداد چاه های درگیر در بهینه سازی رابطه دارد.

۳- بهینه سازی بی قید و مقید تخصیص گاز در چاه ها و اثر آن بر برداشت کلی

رویکرد های متفاوتی در بهینه سازی یک مجموعه چاه قابل اعمال است. [۱۱] این رویکرد ها می توانند انواع قید های ضمنی را بر مساله ی بهینه سازی تحمیل کنند. در هر صورت، قید هایی همچون محدوده ی اعمال گاز برای هر چاه، ضروری و غیر قابل اجتناب هستند در حالیکه، قید هایی مثل مجموع گاز ورودی از ضرورت های اقتصادی نشات می گیرند و بررسی آنها از اولویت کمتری نسبت به شرایط عملیاتی تزریق به هر چاه ها برخوردار است. در این مطالعه ما از تابع عصبی آموزش داده شده و اتصال آن به جعبه ابزار الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی مقدار تولید نفت یک مجموعه چاه و بررسی عوامل استفاده



کرده ایم. ما از روش ایجاد تابع تولید کل بهره برده ایم و تابع هدف مساله ی ما در ساده ترین حالت ماکزیمم تولید کلی بوده است. این تابع هدف را می توان به صورت مقید و یا بدون قید حل کرد. مثلاً می توان الگوریتم ژنتیک را وا داشت که مقدار بیشینه ی تولید کلی را در هنگامی که مجموع گاز تزریقی کمتر از مجموع گاز در دسترس است بدست آورد. در ادامه تشکیل و حل چند تابع هدف مناسب را با استفاده از مفاهیم متداول در ادبیات این حوزه و همچنین پیشنهادات جدید دنبال می کنیم.

۳-۱- تشکیل تابع هدف تولید کلی بدون قید اقتصادی

در این حالت بهینه سازی مجموع تولید چاه ها با شرط استفاده از مقدار گاز تزریقی در محدوده ی اطلاعات مدل ، انجام خواهد پذیرفت تابع هدف پیشنهادی و شرط آن به صورت ریاضی توسط معادله های ۳ و ۴ توصیف شده اند.

$$\text{Objective function: } Q_{\text{total oil}} = \sum_{i=1}^n (Q_{oil})_i = f(Q_{gas})_1 + f(Q_{gas})_2 + \dots + f(Q_{gas})_n \quad (۳)$$

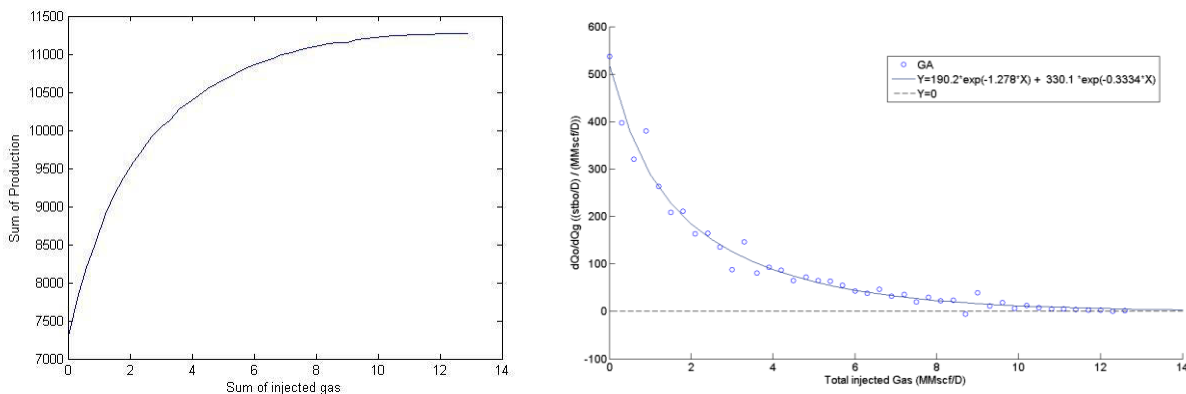
$$0 \leq (Q_{gas})_i \leq (Q_{available\ gas})_i \quad (۴)$$

۳-۲- تشکیل تابع هدف تولید کلی با قید اقتصادی و بررسی اثر قید اقتصادی بر بهره وری

این حالت ، همانند حالت قبلی است. با این تفاوت که مجموع گاز ورودی باید کمتر یا برابر مقدار ثابتی باشد. در عمل ، مجموع گاز تزریقی باید کمتر از مقدار گاز در دسترس باشد ، همچنین هزینه ی بالای گاز ، باعث می شود که این مقدار در حد امکان پایین باشد.

$$\sum_{i=1}^n (Q_{gas})_i \leq \sum_{i=1}^n (Q_{available\ gas})_i \quad (۵)$$

مقدار گاز در دسترس می تواند با توجه به شرایط عملیاتی متفاوت باشد. به همین دلیل جالب توجه است که اثر مقدار محدودیت گاز بر شرایط ماکزیمم برداشت بررسی شود. از الگوریتم ژنتیک برای بررسی این مساله استفاده شد. شکل ۲ نتیجه ی (۴۴ نقطه ی) محاسبات را نشان می دهد:



شکل ۲. منحنی مقدار برداشت نفت در مقابل محدودیت گاز تزریقی و مشتق آن

چنانچه در نمودار شکل ۲ مشاهده می گردد ، تغییرات تولید کل نسبت به محدودیت مجموع گاز تزریق شده در ابتدا از تابعیت قوی برخوردار بوده و با افزایش گاز از مقدار تغییر و تابعیت آن نسبت به مقدار محدودیت تزریق کاسته می شود، به طوری که نمودار مشتق مقدار تولید بر اساس محدودیت تزریق دارای حد صفر در بینهایت است که به خوبی در شکل ۲ قابل مشاهده است.

این مساله بدین معناست که با افزایش گاز تا حد بهینه ی بدون قید (آخرین نقطه در منحنی) مقدار افزایش تولید در مقابل گاز مصرفی آنقدر ناچیز خواهد شد که به صرفه نخواهد بود. هاتون و همکارانش نیز در مطالعه ی یک میدان با صد چاه به نتایج مشابهی دست یافته اند. [۱۲] در بسیاری از مقالات حد ۳ میلیون فوت مکعب استاندارد (MMscf/D) برای مجموع گاز



ورودی در دسترس تعریف شده است که رعایت این شرایط در مورد مطالعه ی ما افزایشی در حدود ۲۷٪ در تولید نفت را باعث خواهد شد.

به علت اهمیت استفاده از کمترین مقدار گاز و بدست آوردن بیشترین راندمان ، تعیین مقدار مناسب محدودیت تزریق اهمیت دارد. در ادامه دو تابع هدف برای بهینه سازی اقتصادی پیشنهاد شده که نتایج ناشی از آنها با هم مقایسه شده اند.

۳-۳- پیشنهاد توابع هدف تولید ویژه برای رسیدن به بهینه های اقتصادی

میزان افزایش تولید نفت به ازای واحد مصرف گاز را می توان شاخص بسیار مهمی در طی عملیات تزریق به شمار آورد که بزرگ بودن آن به بهره وری اقتصادی میدان نفتی می انجامد. از همین رو می توان این شاخص را به عنوان تابع هدف در نظر گرفت و با الگوریتم ژنتیک به ماکزیمم کردن آن پرداخت. برای انجام این منظور ، دو تابع هدف پیشنهاد می گردد: تابع مجموع تولید ویژه ی چاه ها و تابع تولید ویژه ی کلی چاه ها که تفاوت آنها در نحوه ی مدل سازی نسبت تولید نفت به تزریق گاز است.

تابع مجموع تولید ویژه ی چاه ها را به صورت زیر تعریف می کنیم:

$$\sum_{i=1}^n \frac{(Q_{oil})_i}{(Q_{gas})_{i+1}} = \frac{f(Q_{oil})_1}{(Q_{gas})_1+1} + \frac{f(Q_{oil})_2}{(Q_{gas})_2+1} + \dots + \frac{f(Q_{oil})_n}{(Q_{gas})_n+1} \quad (6)$$

همچنین تابع تولید ویژه ی کلی را به صورت زیر قرارداد می کنیم:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{oil})_i}{\sum_{i=1}^n (Q_{gas})_{i+1}} = \frac{f(Q_{oil})_1 + f(Q_{oil})_2 + \dots + f(Q_{oil})_n}{f(Q_{gas})_1 + f(Q_{gas})_2 + \dots + f(Q_{gas})_n + 1} \quad (7)$$

ماکزیمم این توابع (معادله ۶ و ۷) ، بیشینه ی برداشت در کمینه ی تزریق گاز را نشان می دهد. دلیل اینکه مخرج هر دو تابع یاد شده به علاوه ی ۱ شده است نیز ، پیوسته نگهداشتن تابع و جلوگیری از وقوع جواب های بینهایت مقدار بوده است. در جدول ۳ نتایج حاصل از بهینه سازی این دو تابع هدف و همچنین بهینه سازی بی قید مساله آمده است:

تابع هدف مولد	$(Q_{gas})_5$ (stbo/D)	$(Q_{gas})_4$ (stbo/D)	$(Q_{gas})_3$ (stbo/D)	$(Q_{gas})_2$ (stbo/D)	$(Q_{gas})_1$ (stbo/D)	مقدار تابع هدف	برداشت کل (MMSCF/D)	مجموع گاز تزریقی (stbo/D)	% درصد افزایش تولید
معادله ۳	۱.۵۹۱۷	۲.۹۶۸۳	۲.۴۲۰۲	۳.۱۹۴۸	۲.۷۶۳۷	۱۱۲۶۹.۴۲۳۵	۱۱۲۶۹.۴۲۳۵	۱۲.۹۴۲۴	۳۵.۵۵۰۴
معادله ۶	۰.۲۴۳۲	۰.۰	۰.۲۳۱۹	۰.۲۳۰۶	۰.۰۰۸۵	۷۴۲۵.۰۰۱۷	۸۲۷۶.۸۱۹۳	۰.۷۱۴۱	۱۲.۲۴۷۷
معادله ۷	۰.۰	۰.۰	۰.۰۲۵۱	۰.۰۱۴۴۸	۰.۰۰۱	۷۰۳۸.۲۴۵۵	۷۳۲۸.۲۷۶۹	۰.۰۴۱۲	۰.۸۸۹۴

جدول ۳. نحوه ی تخصیص گاز تزریقی و عملکرد توابع هدف مطرح شده

مطلوبیت اقتصادی-عملکردی شرایط بدست آمده از هر یک از توابع هدف را می توان با توجه به مقدار درصد افزایش تولید تقسیم بر مجموع گاز تزریقی در حالت بهینه تعریف کرد واحد این عبارت میلیون فوت مکعب استاندارد به توان منهای یک $(\frac{1}{stbo/D})$ خواهد بود. در اینصورت مطلوبیت بهینه سازی بی قید چاه ها برابر ۲.۷۵ (درصد بهبود برداشت/مقدار گاز تزریقی) ، مطلوبیت حاصل از بهینه سازی تابع مجموع تولید ویژه ی چاه ها (معادله ی ۶) برابر ۱۷.۱۵ و مطلوبیت حاصل از بهینه سازی تابع تولید ویژه ی کلی (معادله ی ۷) برابر ۲۱.۵۹ خواهد بود. درحالیکه در بسیاری از مقالات، بهینه سازی مقید با حداکثر گاز



در دسترس ، مورد توجه بوده که در مورد مطالعه ی ما با قید محدودیت تزریق مجموعاً ۳ میلیون فوت مکعب استاندارد گاز در روز این نگره به مطلوبیت ۹ خواهد انجامید که کمتر از مطلوبیت توابع هدف پیشنهادی است .

بنابراین می توان ادعا کرد استفاده از همه ی گاز در دسترس یک پروژه ی تزریق گاز از نظر اقتصادی درست نیست و بهینه سازی مقدار تزریق گاز از ظرافت های خاصی برخوردار است که مدلسازی با شبکه ی عصبی و بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک می تواند در این زمینه راهگشا باشد.

نکته ی قابل توجه دیگر نحوه ی تخصیص گاز توسط الگوریتم ژنتیک است. ترتیب بزرگی استعداد چاه های مورد مطالعه به این صورت است: چاه ۲، چاه ۳، چاه ۱، چاه ۵، چاه ۴. در مورد بهینه سازی با تابع هدف معادله ۶ و ۷ چنانچه در جدول ۳ مشاهده می شود چاه های ۴، ۵ و ۱ مورد تزریق قرار نگرفته اند از آنجا که این توابع (معادله ۶ و ۷) نقطه ی مطلوب اقتصادی را نشان می دهند. به نظر می رسد الگوریتم ژنتیک برای حداکثر کردن سود اقتصادی از بهینه سازی چاه های مذکور صرف نظر کرده است.

بسیار جالب توجه است که چاه های مذکور جزء ضعیف ترین چاه های مساله از نظر پارامتر استعداد بوده اند و این نکته می تواند بیانگر اهمیت پارامتر استعداد در فرآیند بهینه سازی تزریق گاز باشد ، زیرا چنانچه فقط چاه های با استعداد بالا به عنوان چاه های تحت تزریق انتخاب شوند ، به احتمال قوی این موضوع باعث کاهش بار محاسبات بهینه سازی و افزایش راندمان تزریق خواهد بود.

۴- اثر تعداد چاه دخیل در مساله بهینه سازی تخصیص گاز

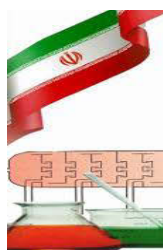
مدیریت منابع در یک پروژه ی تزریق گاز می تواند به صورت های مختلفی انجام شود. از مسائلی که در این میان بسیار حائز اهمیت است ، مساله ی تعداد چاه های درگیر در بهینه سازی است. به طور مثال در مورد یک شبکه ی تزریق با پنج چاه -مورد مطالعه ی حاضر- می توان به یکی از روش های زیر با مساله برخورد کرد:

- بهینه سازی هر ۵ چاه با استفاده از محدودیت مجموع گاز ورودی
- بهینه سازی تعدادی از چاه ها بدون محدودیت و عدم بهینه سازی بقیه ی چاه ها
- بهینه سازی تعدادی از چاه ها با محدودیت مجموع گاز ورودی و عدم بهینه سازی بقیه ی چاه ها

سناریوی اول تاکنون مورد استقبال ترین روش بوده است ، اما سناریو های ۲ و ۳ چندان مورد توجه نبوده و البته مطالعه ی مقایسه ای مناسبی نیز در بین این روش ها انجام پذیرفته است. منطق سناریوی اول را می توان توجه به همه ی چاه ها به اندازه ی استعداد آنها و توانایی اقتصادی دانست. همچنین سناریو های دوم و سوم سناریوی های نخبه پروری و حمایت از چاه های با استعداد بالا در تولید با تحریک گاز و عدم صرف هزینه برای چاه های بی استعداد است. هر کدام از این سناریو ها با توجه به شرایط استعداد تولید تحت تزریق چاه ها مستحق بررسی هستند.

در اینجا ما قصد داریم اثر تعداد چاه مورد بررسی در یک مساله ی بهینه سازی را بدون محدودیت گاز ورودی بررسی کنیم. بدین منظور از یک ماتریس طراحی آزمایش فاکتوریل کامل ۵ عامله استفاده شد. مسائل بهینه سازی با ۰ تا ۵ چاه درگیر در مساله ی بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک طبق ماتریس طراحی حل گردید و مقادیر تولید و همین طور مقدار کل گاز مصرفی محاسبه شد که در جدول زیر آمده است:

ردیف	تعداد چاه بهینه	چاه ۱	چاه ۲	چاه ۳	چاه ۴	چاه ۵	مجموع تولید (stbo/D)	درصد افزایش تولید	مقدار مصرف گاز (MMscf/D)
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷۲۶۳,۰۷۹	۰	۰
۲	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۷۸۴۶,۱۵۳	۷,۴۳۱۳۳۹	۱,۵۹۴۵۴۸
۳	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۸۸۱۶,۱۵۷	۱۷,۶۱۶۲۷	۳,۲۱۹۷۹
۴	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۸۱۰۴,۵۵۳	۱۰,۳۸۲۷۴	۲,۴۲۱۵۸۹
۵	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۷۷۴۹,۰۴۴	۶,۲۷۱۲۹۲	۲,۷۶۲۹۹۶



اولین کنفرانس ملی فناوری های نوین در شیمی و مهندسی شیمی

مرکز همایش های بین المللی آبگینه تهران، ۲۶ اردیبهشت ۹۲



اولین کنفرانس ملی فناوری های نوین در شیمی و مهندسی شیمی

THE FIRST NATIONAL CONFERENCE OF NEW TECHNOLOGIES IN CHEMICAL AND CHEMICAL ENGINEERING
INTERNATIONAL CONFERENCE CENTER OF ABGINEH TEHRAN, 16 MAY 2013

۱,۶۳۰۶۲	۶,۷۱۱۰۲۹	۷۷۸۵,۵۷۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۶
۵,۹۹۰۶۲۳	۲۲,۸۸۵۵۱	۹۴۱۸,۵۶۵	۰	۰	۰	۱	۱	۲	۷
۵,۱۹۶۲۱۳	۱۶,۵۸۳۰۹	۸۷۰۶,۹۶۲	۰	۰	۱	۰	۱	۲	۸
۵,۵۵۲۴۵۹	۲۴,۷۹۳۴۹	۹۶۵۷,۵۱۴	۰	۰	۱	۱	۰	۲	۹
۵,۶۹۴۲۸۷	۱۳,۰۴۰۷۲	۸۳۵۲,۲۷۶	۰	۱	۰	۰	۱	۲	۱۰
۶,۱۳۸۳۲۴	۲۱,۹۲۶	۹۳۰۲,۸۱۳	۰	۱	۰	۱	۰	۲	۱۱
۴,۴۷۲۴۳۲	۱۵,۲۹۱۸۳	۸۵۷۴,۲۳۶	۰	۱	۱	۰	۰	۲	۱۲
۴,۳۹۸۲۶۵	۱۳,۴۰۵۸۶	۸۳۸۷,۴۹۴	۱	۰	۰	۰	۱	۲	۱۳
۴,۸۴۵۹۲۹	۲۲,۲۲۶۰۷	۹۳۳۸,۷۰۷	۱	۰	۰	۱	۰	۲	۱۴
۴,۰۱۹۷۷۹	۱۵,۸۱۱۵۹	۸۶۲۷,۱۷۲	۱	۰	۱	۰	۰	۲	۱۵
۴,۵۳۹۷۴۳	۱۲,۲۰۲۰۵	۸۲۷۲,۴۹۲	۱	۱	۰	۰	۰	۲	۱۶
۸,۴۲۸۷۲۱	۲۹,۲۱۰۰۱	۱۰۲۶۰,۰۰۴	۰	۰	۱	۱	۱	۳	۱۷
۸,۹۲۳۴۹۶	۲۶,۶۷۵۲۵	۹۹۰۵,۳۵۸	۰	۱	۰	۱	۱	۳	۱۸
۸,۱۳۵۰۳۹	۲۰,۹۹۹۸۸	۹۱۹۳,۷۵۶	۰	۱	۱	۰	۱	۳	۱۹
۸,۵۹۶۴۲۹	۲۸,۴۰۲۵۵	۱۰۱۴۴,۳۳	۰	۱	۱	۱	۰	۳	۲۰
۷,۲۹۳۹۴	۲۶,۹۳۳۸۷	۹۹۴۰,۴۱۸	۱	۰	۰	۱	۱	۳	۲۱
۶,۷۸۰۲۹۲	۲۱,۳۰۶۱۴	۹۲۲۹,۵۳۷	۱	۰	۱	۰	۱	۳	۲۲
۷,۰۶۱۱۵۳	۲۸,۶۵۱۹۶	۱۰۱۷۹,۷۹	۱	۰	۱	۱	۰	۳	۲۳
۷,۳۱۹۹۱۶	۱۸,۱۶۱۵۸	۸۸۷۴,۹۰۱	۱	۱	۰	۰	۱	۳	۲۴
۷,۷۶۹۵۳۱	۲۶,۰۷۹۸۲	۹۸۲۵,۵۶۹	۱	۱	۰	۱	۰	۳	۲۵
۶,۹۵۸۸۵۶	۲۰,۳۰۸۲۳	۹۱۱۳,۹۶۳	۱	۱	۱	۰	۰	۳	۲۶
۱۱,۳۵۸۵۱	۳۲,۴۱۶۵۸	۱۰۷۴۶,۸۳	۰	۱	۱	۱	۱	۴	۲۷
۱۰,۰۲۸۷۷	۳۲,۶۴۱۰۹	۱۰۷۸۲,۶۶	۱	۰	۱	۱	۱	۴	۲۸
۱۰,۵۳۹۴۳	۳۰,۳۵۰۰۷	۱۰۴۲۷,۹۸	۱	۱	۰	۱	۱	۴	۲۹
۹,۷۴۰۶۹۶	۲۵,۲۴۸۸۳	۹۷۱۶,۳۴۱	۱	۱	۱	۰	۱	۴	۳۰
۱۰,۱۷۳۸	۳۱,۹۱۱	۱۰۶۶۷,۰۴	۱	۱	۱	۱	۰	۴	۳۱
۱۲,۹۶۶۵۵	۳۵,۵۵۰۶۷	۱۱۲۶۹,۴۴	۱	۱	۱	۱	۱	۵	۳۲

جدول ۴. اثر تعداد چاه دخیل در مساله بهینه سازی بر روی مقدار جواب ها

با استفاده از جدول ۴ می توان مقدار تولید به ازای بهینه سازی تعداد ۰ تا ۵ چاه را حساب کرد ، خلاصه ی محاسبات به

شرح زیر است:

عدد چاه درگیر در بهینه سازی	تولید کل متوسط	% درصد افزایش تولید	تغییر درصد افزایش تولید در هر دو مرحله متوالی
۰	۷۲۶۳۰۰۷۹۰	۰	-
۱	۸۰۶۰۰۲۹۵	۹.۸۹۱	۹.۸۹۱
۲	۸۸۶۳۰۸۲۳	۱۸.۰۵۹	۸.۱۶۹
۳	۹۶۶۶۰۷۵۶	۲۴.۸۶۵	۶.۸۰۶
۴	۱۰۶۰۱۰۷۱۰	۳۱.۴۹۱	۶.۶۲۶
۵	۱۱۲۶۹۰۴۴۰	۳۵.۵۵۱	۴.۰۵۹

جدول ۵. جمع بندی اثر تعداد چاه بهینه شده بر مقدار برداشت

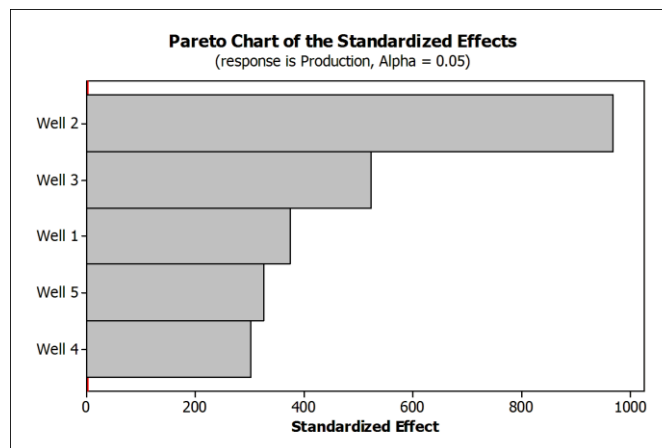
از نتایج جدول ۵ به نظر می رسد با افزایش تعداد چاه درگیر در مساله به آرامی از شیب منحنی درصد افزایش تولید کاسته

می شود به عبارتی در مورد مساله ۵ چاه حاضر پیش بینی می شود که افزایش تعداد چاه های مورد بهینه سازی به طور



نامحدود باعث افزایش راندمان بهینه سازی نشود. به عبارت دیگر در مورد مطالعه ی ما افزایش راندمان حاصل از بهینه سازی حدی است و پس از رسیدن به حالت حد، درصد افزایش تولید ثابت خواهد بود. بنابراین مشاهدات و محاسبات انجام شده توسط نگارندگان تاکید می کند بزرگ کردن بدون قاعده ی مساله ی بهینه سازی تزریق گاز باعث منفعت اقتصادی نیست. به خصوص بدان علت که جهاز تزریق گاز خود گران قیمت و نیازمند استخدام نیروی بهره بردار است و همین طور بزرگ شدن مساله بهینه سازی باعث طولانی و مشکل شدن حل آن خواهد شد.

از نتایج جدول ۴ می توان برای رسم نمودار پارتو و تعیین اثر کلی هر چاه بر مقدار کل برداشت از مجموعه چاه ها استفاده کرد. شکل ۳ این نمودار را نشان می دهد:



شکل ۳. نمودار پارتو اثرات استاندارد شده برای ۵ چاه مسأله

همانطور که مشاهده می شود اثر محاسبه شده برای چاه ها با مقدار استعداد آنها هم خوانی دارد و چون اندازه گیری مقدار استعداد چاه ها به مراتب ساده تر است، فلذا با توجه به نتایج جدول ۴ پیشنهاد می شود، فضای بهینه سازی در حد امکان کوچک انتخاب شود و در انتخاب چاه های مورد بهینه سازی فاکتور استعداد مد نظر قرار گیرد.

۵- نتیجه گیری

اهم نتایج بدست آمده در پژوهش اخیر به شرح زیر است:

- شبکه های عصبی مصنوعی از عملکرد بسیار خوبی به جهت مدلسازی فرآیند تزریق گاز و تشکیل منحنی کارآمدی تزریق در مقابل روش های کلاسیک برخوردارند.
- ارتباط شبکه های عصبی مصنوعی (به عنوان تابع تقریب) و الگوریتم ژنتیک می تواند در بهینه سازی تزریق گاز به چاه های نفت به سهولت و به سادگی به کار رود.
- بهینه سازی همزمان مقدار نفت تولیدی در مقابل گاز مصرفی در یک پروژه ی تزریق گاز به روش های بدون قید و مقید قابل انجام است. استفاده از توابع هدف جدید به خصوص مجموع تولید ویژه ی چاه ها و تولید ویژه ی کلی به نسبت نگره های کلاسیک ارزش اقتصادی بیشتری را به همراه دارد.
- افزایش تعداد چاه های دخیل در مساله ی بهینه سازی، لزوماً باعث افزایش خطی بهره وری اقتصادی از مجموعه چاه ها نخواهد شد و به نظر می رسد یک مقدار حدی و مطلوب برای تعداد چاه های دخیل در مساله ی بهینه سازی وجود دارد. این مساله در کنار هزینه ی ادوات و نیروی انسانی نیاز به انتخاب چاه های اصلح برای تزریق را ایجاد می کند.



- پارامتر استعداد می تواند به عنوان یک پارامتر پیشنهادی در انتخاب چاه های مورد بهینه سازی استفاده گردد و خلاء شاخص انتخاب چاه را پر کند.

تشکر و قدردانی

از شرکت بهره برداری مناطق نفت خیز جنوب به جهت در اختیار قرار دادن اطلاعات منحنی های کارآمدی چاه ها سپاس گذاری می شود.

مراجع

- [۱] خویشاوند، مهدی و خامه چی ، احسان (شهریور ۱۳۹۰) "کاربرد روش های بهینه سازی در مهندسی نفت" ، ماهنامه ی اکتشاف و تولید ، شماره ۸۲ ، صفحه ۳۰ تا ۳۷
- [۲] Dutta-Roy ,K. and Kattapuram , J. (June 1991) , "New approach to gaslift allocation optimization" in Proceedings of 71th Annual Western Regional Meeting, pp. 786–797, Long Beach, Calif, USA
- [۳] Mayhill, T. D. "Simplified Method for Gas Lift Well Problem Identification and Diagnosis". SPE 6767, SPE 99th Annual Fall Meeting, Houston, Texas, USA, October 7–9, 1999.
- [۴] Rashid,Kashif, Bailey, William , and Couët , Benoît, (۲۰۱۲), "A Survey of Methods for Gas-Lift Optimization," Modelling and Simulation in Engineering, vol. ۲۰۱۲, Article ID ۵۱۶۸۰۷, ۱۶ pages, ۲۰۱۲. doi:۱۰.۱۱۵۵/۲۰۱۲/۵۱۶۸۰۷
- [۵] Salazar-Mendoza, R. , Jimenez de la C, G., and Jose A. Ruz-Hernandez ,(9009) "Neural Networks versus Linear and Sequential programming for Gas Lift Optimization in a two oil wells system" , Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks, Atlanta, Georgia, USA
- [۶] Zerafat , MM, Ayatollahi, S , Roosta , AA , "Genetic Algorithms and Ant Colony Approach for Gas-lift Allocation Optimization"(9009), Journal of the Japan Petroleum , Vol. 69 (9009) No. 3 p. 709-701
- [۷] Martinez, E. R., Moreno, W. J. , Moreno , J. A. , and Maggiolo, R. (April 1999), "Application of genetic algorithm on the distribution of gas lift injection," in Proceedings of the 3rd SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, pp. 877–878, Buenos Aires, Argentina, April 1999.
- [۸] Stoitsits, R.F., Crawford, K.D., MacAllister, D.J., McCormack, M.D., Lawal, A.S., (1999)," Production Optimization at the Kuparuk River Field Utilizing Neural Networks and Genetic Algorithms" Mid-Continent Operations Symposium held in Oklahoma City, Oklahoma, 98-37 March 1999
- [9] Hamed, H. , Rashidi, F. & Khamehchi, E. (9070): "A Novel Approach to the Gas-Lift Allocation Optimization Problem", Petroleum Science and Technology, 999, 978-991
- [70] Alarcon, G., Torres, C., and Gomez, L. (9009). "Global optimization of gas allocation to a group of wells in artificial lift using nonlinear constrained programming". Energ. Resour. Tech. 799979–978.
- [77] Khishvand,Mahdi and Khamehchi, Ehsan(9079) "Nonlinear Risk Optimization Approach to Gas Lift Allocation Optimization" , Eng.Chem. Res. 9079, 67, 9731–9793
- [۱۲] Hatton, N.Robert and Potter, Ken, (9077)," Optimization of Gas-Injected Oil Wells", SAS Global Forum 9077