

استفاده از روش الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی توزیع گاز به گروهی از چاه‌های نفتی جهت فراز آوری با گاز

شاهین کرد^۱، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیهمحمود پورعلامی^{۲*}، شرکت نفت فلات قاره ایران
اسدالله ملک زاده^۳، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خبازان

چکیده

وقتی که انرژی مخزن کمتر از انرژی لازم برای تولید مطلوب است، لازم است که یکی از روش‌های فراز آوری مصنوعی به کار رود تا انرژی لازم جهت بالا آوردن سیال به سطح را فراهم کند. فراز آوری با گاز به صورت پیوسته به عنوان رایج‌ترین روش فراز آوری مصنوعی است که در صنعت نفت استفاده می‌شود. در فراز آوری با گاز به صورت پیوسته گاز در فشار بالا در عمق مناسب در لوله مغزی تزریق می‌شود تا با مخلوط شدن گاز با نفت، زمینه تولید بیشتر آن را فراهم کند. هر چاهی یک نقطه بهینه در عملکرد فراز آوری با گاز دارد که در آن شرایط، بیشترین مقدار سیال را تولید می‌کند. به طور ایده آل، اگر چه محدودیتی در مقدار گاز در دسترس نباشد، گاز، به مقدار کافی می‌تواند به هر چاه تزریق شود تا بیشترین مقدار تولید از یک مخزن حاصل گردد، اگر چه معمولاً مقدار گاز موجود محدود است. لذا جهت حداکثر کردن تولید، باید مقدار گاز تزریقی بهینه هر چاه مشخص گردد. در این مطالعه، اختصاص گاز به ۱۷ حلقه چاه مربوط به یکی از میدان جنوب ایران مورد بررسی قرار گرفته و هدف آن، تعیین میزان گاز مورد نیاز برای تزریق به هر چاه برای بهینه کردن هر دو بازده تولیدی و اقتصادی میدان است. با توجه به پیچیدگی‌های مسئله و توجه روزافزون به سیستم‌های هوشمند، در حل این مسئله از یکی از الگوریتم‌های تکاملی به نام الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده افزایش قابل توجه نرخ تولید میدان تنها با تزریق گاز تولیدی از خود مخزن است.

واژگان کلیدی: فراز آوری با گاز، تخصیص گاز، بهینه‌سازی، الگوریتم ژنتیک

مقدمه

فراز آوری با گاز، فرایندی از تزریق پیوسته گاز با فشار بالا به ستون چاه و یا به وسیله تزریق تناوبی گاز در پایین اسلاگ مایع جمع شده در پایین لوله مغزی با هدف بالا کشیدن آن به سطح می‌باشد. گاز تزریقی با کاهش فشار هیدرواستاتیکی سیال به دلیل کاهش چگالی آن و همچنین انبساط خود، سبب فراز آوری سیال چاه می‌شود. با کاهش چگالی سیال ستون چاه، فشار کمتری از طرف مخزن برای ارسال نفت به سطح لازم است. با ادامه تولید از مخزن، فشار آن کاهش می‌یابد به طوری که فشار جدید، قادر به انتقال سیال به سطح نیست. تغییر بعدی، افزایش درصد آبدهی چاه است. با افزایش آبدهی، فشار بیشتری برای ارسال سیال از چاه به سطح لازم است (به دلیل چگالی بیشتری که نسبت به نفت دارد). همچنین آب تولیدی از مخزن، فاقد گاز محلول (عامل کاهش چگالی)، است. در مجموع با فراز آوری با گاز هم می‌توان دبی چاه‌های در سرویس را افزایش داد و هم می‌توان چاه‌های مرده را مجدداً به جریان انداخت. [۱]

فراز آوری با گاز به دو صورت پیوسته و تناوبی انجام می‌شود. در روش فراز آوری پیوسته، گاز، به طور پیوسته از طریق شیرهای مخصوص به قسمت‌های پایین لوله مغزی چاه تزریق می‌گردد. گاز تزریقی با سیال داخل ستون چاه مخلوط می‌شود که سبب کاهش گرادیان فشار ستون سیال و در نتیجه کاهش فشار جریانی ته چاه و نهایتاً افزایش تولید از چاه می‌گردد. نتیجه این عمل افزایش نسبت گاز به مایع سیال چاه است. روش پیوسته،

با رشد روزافزون اقتصاد و جمعیت، نیاز به انرژی در سال ۲۰۳۰ تقریباً ۳۵ درصد بیشتر از نیاز کنونی است. برخلاف افزایش نیاز به انرژی، تولید در بسیاری از میدان‌ها در سراسر دنیا و اکتشاف‌های جدید نفتی در حال کاهش است. بنابراین، در حال حاضر، تلاش‌های گسترده‌ای در جهت توسعه تکنولوژی‌های مدیریت موثر مخزن برای بهینه کردن تولید نفت و گاز وجود دارد. بهینه‌سازی تولید نقش بسیار مهمی در مدیریت موثر مخزن دارد که در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود معطوف کرده است. لذا، نیاز به بهینه‌سازی تولید مخازن نفتی به عنوان نتیجه‌ای از افزایش جهانی تقاضای نفت و گاز مطرح شده است. کاربردهای متعددی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی به وجود آمده‌اند و نشان داده شده است که این تکنیک‌های بهینه‌سازی در مسائل مختلفی مانند مخازن، چاه آزمایی، توزیع منابع گازی، طراحی شرایط عملیاتی تولید، تدوین طرح‌های تولید و تزریق، حل مسائل مربوط به فراز آوری با گاز و مسائل دیگر، بسیار موثر بوده است.

تولید از مخزن به انرژی مخزن بستگی دارد. با گذشت زمان، انرژی طبیعی مخزن کاهش می‌یابد. وقتی که انرژی مخزن کمتر از انرژی لازم برای تولید مطلوب است یا نرخ تولید مطلوب بیشتر از نرخ تولیدی است که مخزن در شرایط فوران طبیعی می‌تواند فراهم کند، لازم است یکی از روش‌های فراز آوری مصنوعی استفاده شود تا انرژی لازم جهت آوردن سیال به سطح

* نویسنده‌دار مکاتبات (Mahmoudp667@gmail.com)

■ سیستم اندازه‌گیری و کنترل [۳]

در فراز‌آوری با گاز، در هر زمان فقط از یک شیر، گاز به چاه تزریق می‌شود. بنابراین در طراحی برای محقق شدن این موضوع باید مشخصه عملکرد شیر به حساب آید. پس زمانی که شیر پایین تر باز باشد، شیر بالاتر نمی‌تواند باز بماند و بسته می‌شود. به منظور حصول اطمینان از بسته شدن شیر بالایی در زمان باز شدن شیر پایینی، فشار فضای حلقوی باید افت نماید. نتیجه نهایی یک طراحی موفق، نیازمند انتخاب نوع شیر، فاصله آنها از یکدیگر و تنظیم فشار شیرهاست. [۵ و ۴] فراز‌آوری با گاز به‌عنوان رایج‌ترین و اقتصادی‌ترین روش فراز‌آوری مصنوعی است که در صنعت نفت استفاده می‌شود. در شکل ۱- سیستم فراز‌آوری با گاز به‌صورت شماتیک نشان داده شده است. همانطور که در شکل دیده می‌شود، گاز با فشار بالا از طریق فضای حلقوی وارد چاه شده و در عمق مناسب به لوله مغزی تزریق و باعث افزایش تولید می‌شود. گاز جدا شده از نفت تولیدی در تفکیک‌گر، برای افزایش فشار به یک واحد کمپرسور هدایت شده و از طریق یک منیفولد یا چندراه به چاهها تزریق می‌شود. [۶]

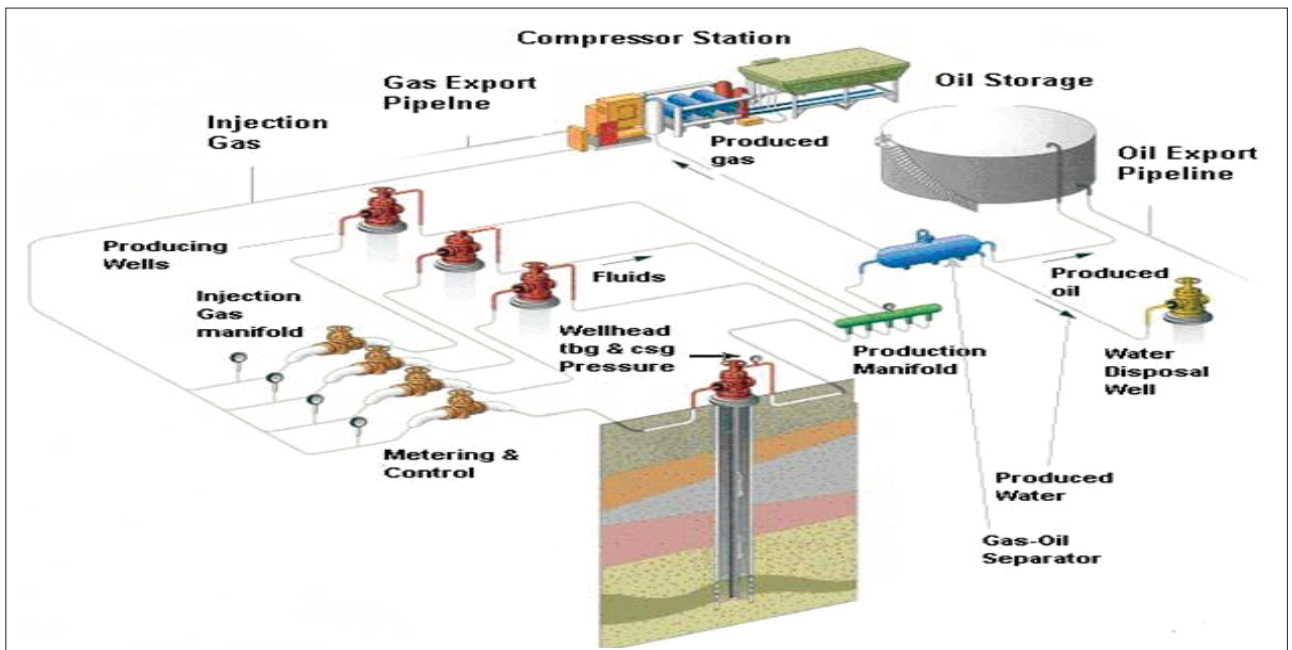
در این تحقیق الگوریتم ژنتیک ایجاد شده از نرم‌افزار مطلب MATLAB برای بهینه‌سازی تخصیص گاز استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک، یک روش جستجوی احتمالی است که از شبیه‌سازی تکامل زیستی و طبیعی استفاده می‌کند. الگوریتم‌های ژنتیک با به کارگیری اصل بقای بهترین‌ها، برای تولید تخمین‌های هر چه بهتر یک جواب، روی جمعیتی از جواب‌های بالقوه عمل می‌کنند. در هر نسل، مجموعه‌ای از تخمین‌ها توسط فرایند انتخاب افراد مطابق با سطح برازندگی شان در دامنه مسأله، و پرورش آنها با هم با استفاده از عملگرهای گرفته شده از ژنتیک طبیعی ایجاد می‌گردد. این

برای چاههایی که میزان نسبت گاز به مایع پایینی دارند، مناسب است که فشار مخزن برای راندن به سطح کافی نیست. به عبارت دیگر، فشار برگشتی هیدروستاتیک کاهش می‌یابد و فشار مخزن می‌تواند بر آن غلبه کرده، چاه به جریان افتد. معمولاً در این روش فقط پایین‌ترین شیر تزریق باز است و سایر شیرهای بالایی طبق طراحی فقط در زمان راه‌اندازی اولیه چاه باز و نهایتاً بسته می‌شوند. برای موثر بودن این روش، باید گاز در عمق پایین‌تری تزریق گردد.

در روش فراز‌آوری با گاز تناوبی، همان‌طور که از اسم این روش پیداست، گاز متناوباً در یک بازه زمانی خاص به چاه تزریق و سپس متوقف می‌شود. بعد از زمان توقف، مجدداً گاز با همان بازه زمانی، تزریق می‌گردد و این چرخه مرتباً تکرار می‌شود. به محض اینکه گاز به میزان کافی وارد لوله مغزی شود، شیر کنترلی سطحی بسته، تزریق متوقف و شیر تزریق درون‌چاهی نیز بسته می‌شود؛ در این زمان، مجدداً تجمع سیال از مخزن به چاه شروع می‌شود. پس از آنکه سطح مایع به نقطه مورد نظر رسید، چرخه بالا دوباره تکرار می‌شود. [۷]

کارایی و موثر بودن فراز‌آوری با گاز تا حد زیادی به طراحی مناسب و صحیح آن بستگی دارد؛ گرچه انتخاب نوع شیر، فاصله بین شیرها و تعیین فشار تنظیم شیرها همگی بستگی به طراحی دقیق دارند. مهمترین عناصر طراحی رشته فراز‌آوری با گاز به قرار زیر است:

- محاسبه نمودار تعادل
- انتخاب نوع شیر
- فاصله غلافها (محل قرار گرفتن شیرها در چاه) از یکدیگر
- طراحی شیرها و فشار تنظیم آنها
- تعیین اندازه اوریفیس



شکل ۱ | نمایی از سیستم فراز‌آوری مصنوعی با گاز در چند چاه تولید نفت

فرایند، ما را به سمت تکامل جمعیت‌هایی از افراد که با محیط مربوطه بهتر از والدین شان وفق داده شده‌اند، هدایت می‌کند [۷].

بهینه‌سازی تخصیص گاز با استفاده از این الگوریتم در چندین میدان با تعداد چاه‌های متفاوت انجام شده است. نرخ تولید کل بدست آمده با الگوریتم معرفی شده در میدان مورد مطالعه بیشتر از نرخ تولید کل حاصل از سایر روش‌ها برای این میدان است. بنابراین، الگوریتم معرفی شده دارای کارایی بیشتری از نظر تخصیص گاز است. برای بررسی الگوریتم ژنتیک معرفی شده، سه مورد مطالعه متفاوت انتخاب شده است: مورد مطالعه اول، میدانی با ۶ حلقه چاه، مورد مطالعه دوم، میدانی با ۵۶ حلقه چاه و مورد مطالعه سوم که مربوط به یکی از میدان جنوب ایران است میدانی با ۱۷ حلقه چاه است. در دو مورد مطالعه اول و دوم، قبلاً بهینه‌سازی تخصیص گاز توسط افراد مختلف و با سایر روش‌ها (روش EX-IN، روش شیب مساوی و روش الگوریتم ژنتیک) انجام شده است که امکان ارزیابی و مقایسه نتایج الگوریتم بهینه‌ساز معرفی شده را فراهم می‌آورد. در مورد مطالعه سوم (میدانی با ۱۷ حلقه چاه در جنوب ایران)، حجم معینی از گاز به عنوان گاز در دسترس در نظر گرفته شده و بهینه‌سازی تخصیص نرخ گاز با روش الگوریتم ژنتیک پیشنهادی انجام شده است.

۱- مروری بر کارهای انجام شده

می‌توان از پیشگامان در زمینه بهینه‌سازی توزیع گاز نام برد. می‌توان رابطه بین نرخ تزریق گاز و نرخ تولید نفت را به دست آورد و منحنی به دست آمده را نمودار عملکرد چاه نامید. [۹و۸]

ردن و همکارانش از لحاظ اقتصادی یک فرایند فزاینده‌آوری با گاز را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که هزینه‌های مترام کردن گاز، محدود بودن مقدار گاز در دسترس و هزینه‌های تعمیر کمپرسورها باید مورد توجه قرار گیرد. آنها روشی را برای به دست آوردن نمودار عملکرد چاه بر اساس اندازه‌گیری‌های دو فازیه ارائه کردند. آنها همچنین روشی را برای توزیع بهتر گاز در فزاینده‌آوری با گاز ارائه کردند که بر اساس تغییر بازگشتی توزیع بدست آمده بود. برخلاف بهبودی که در فزاینده‌آوری با گاز حاصل شده بود، روش به کار رفته منتهی به جواب‌های غیربهینه شد و همچنین قابلیت اعمال قیود مسأله (محدودیت‌ها) مثل میزان بیشینه و کمینه تزریق گاز در هر چاه را نداشت. [۱۰] کانو و همکارانش از روش شیب مساوی جهت توزیع تزریق مناسب نرخ گاز بین چاه‌ها استفاده کردند. این روش، قابلیت توزیع مناسب نرخ گاز بین چاه‌های مختلف با بهره‌گیری از نمودار عملکرد چاه‌ها را داشت. در واقع، آنها در این روش از دوگانگی لاگرانژی برای حذف قیود تراکم گاز استفاده کردند. این روش محدودیت‌هایی داشت؛ از جمله اینکه برای چاه‌هایی که فوراً به نرخ تزریق گاز عکس‌العمل نشان نمی‌دادند، قابل استفاده نبود. همچنین، در نظر گرفتن سایر قیود (محدودیت‌ها) مشکل بود. [۱۱]

بیتراگو و همکارانش را می‌توان از پیشگامانی دانست که توانستند تخصیص نرخ گاز را برای چاه‌هایی که فوراً به نرخ تزریق پاسخ نمی‌دهند، محاسبه نمایند. روش آنها EX-IN نامیده شد و در آن، جستجوی تصادفی

با مسیر نزول اکتشافی با هم ترکیب می‌شد. به عبارت دیگر، این روش شبیه الگوریتم ژنتیک است که در آن مجموعه‌ای از جواب‌ها با گذشت زمان به وجود می‌آیند ولی از جهت دیگر، از یک روش تصادفی برای پیدا کردن کاندیداهای جواب استفاده می‌کند. جستجو بعد از اینکه مجموعه جواب‌ها نسبت به تابع هدف مثل هم شدند یا بیشینه تعداد تکرارها انجام شده است، پایان می‌یابد. روش EX-IN برای میدان‌هایی با ۶ و ۵۶ حلقه چاه مورد استفاده قرار گرفت و نتایج بهتری نسبت به نتایج روش‌های قبلی بدست آمد. اگرچه روش EX-IN به طور تصادفی در فضای محتمل جستجو می‌کند، ولی یافتن شرایط بهینه کلی را تضمین نمی‌کند. [۱۲]

ری و سارکر را می‌توان از پیشگامانی نام برد که سعی کردند الگوریتم‌های تکاملی در حل مسأله بهینه‌سازی تخصیص گاز به گروهی از چاه‌ها در فزاینده‌آوری با گاز را به کار گیرند. آنها با استفاده از روش خطی‌سازی تکه‌ای، الگوریتم ژنتیک را برای بهینه‌سازی نرخ تخصیص گاز به خدمت گرفتند. در نهایت، برای میدان‌هایی که قبلاً توسط بیتراگو و همکارانش بهینه‌سازی انجام شده بود (یک میدان با ۶ حلقه چاه و میدانی دیگر با ۵۶ حلقه چاه) با استفاده از الگوریتم ژنتیک نرخ گاز را توزیع کردند. [۱۳]

پس از بیان مفاهیم پایه‌ای الگوریتم ژنتیک، اکنون می‌توان مراحل مختلف را در استفاده از آن مورد بررسی قرار داد. برای این مراحل، ابتدا با توجه به صورت مسأله، متغیرهایی که باید تعیین گردند مشخص می‌شود، سپس آنها را به نحو مناسبی کدگذاری و به شکل کروموزوم نمایش می‌دهیم. بر اساس تابع هدف، یک تابع برازندگی برای کروموزوم‌ها تعریف می‌گردد و یک جمعیت اولیه دلخواه نیز به طور تصادفی انتخاب می‌گردد. به دنبال آن، میزان تابع برازندگی برای هر کروموزوم جمعیت اولیه محاسبه می‌شود. سپس مراحلی که در شکل ۲- نمایش داده شده است، به ترتیب انجام می‌گیرد. شکل ۲- فلوچارت یک الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد.

از مهمترین داده‌های مورد استفاده در الگوریتم ژنتیک، منحنی عملکرد چاه است که به صورت تجربی توسط شرکت بهره‌بردار به دست می‌آید. این نمودار میزان نفت تولیدی از چاه را به ازای نرخ گاز تزریقی به چاه در عملیات فزاینده‌آوری با گاز نشان می‌دهد. برای به دست آوردن این نمودارها که به صورت تجربی برای هر چاه بدست می‌آید، چاه را به سمت تفکیک‌گر آزمایشی هدایت نموده و مقدار نفت تولیدی از چاه را برای نرخ‌های متفاوت گاز تزریقی به چاه اندازه‌گیری می‌کنند. نمونه‌ای از یک نمودار عملکرد چاه در شکل ۳- نشان داده شده است.

۲- مشخصات میدان و مدل ریاضی

توسعه میدان مورد مطالعه در جنوب ایران، در سال ۱۹۹۹ به پیمانکار خارجی سپرده شد که بر اساس طرح توسعه، ۲۰ حلقه چاه جدید شامل ۱۷ حلقه تولیدی و ۳ حلقه چاه مشاهده‌ای در آن حفاری گردید. هدف از حفاری این چاه‌ها بالا بردن تولید میدان و کاهش تولید آب چاه‌های قدیمی بود.

مساوی و n تعداد متغیرهای مسأله است. با توجه به محدود بودن مقدار گاز در مسأله بهینه‌سازی تخصیص گاز، فرمولاسیون کلی بالا را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\text{Min} f(x) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n q_{oi}} \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

به طوری که

$$\sum_{i=1}^n q_{gi} \leq \text{Totalavailablegasi} = 1, \dots, n$$

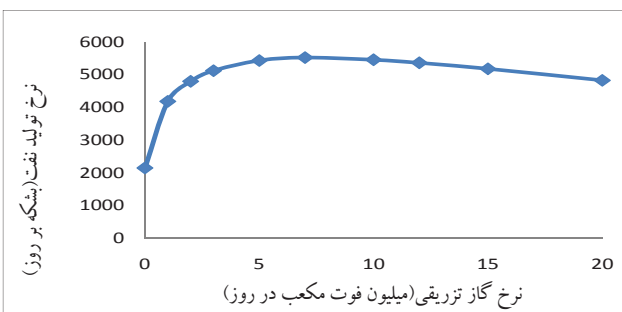
$$q_{gi} \geq q_{gi \min} \quad i = 1, \dots, n$$

$$q_{gi} \leq q_{gi \max} \quad i = 1, \dots, n$$

در این مسأله، n تعداد چاه‌های میدان، q_{gi} مقدار گاز تزریقی به هر چاه و q_{oi} مقدار نفت تولیدی از هر چاه است. $q_{gi \min}$ کمترین مقدار گاز مورد نیاز است که باید به چاه تزریق شود تا چاه شروع به تولید کند. $q_{gi \max}$ مقدار گازی است که باید به چاه تزریق شود تا بیشترین مقدار تولید نفت را داشته باشد. هدف از انجام این پروژه، توزیع گاز محدود روی شبکه‌ای از چاه‌ها در عملیات فراز آوری با گاز، به نحوی است که مقدار تولید، بیشینه شود.

۳- بحث و بررسی

در این تحقیق مقدار گاز محدود و موجود در میدان (۱۰۰ میلیون فوت مکعب استاندارد در روز)، بین ۱۷ حلقه‌چاه تولیدی موجود طوری توزیع شده است که میزان نفت تولیدی از همه چاه‌ها ماکزیمم و بیشینه باشد. بهینه‌سازی توزیع گاز با الگوریتم ژنتیک و با استفاده از نرم افزار مطلب MATLAB انجام شده است. برای بررسی الگوریتم ژنتیک معرفی شده و اطمینان از عملکرد صحیح آن، سه مورد مطالعه متفاوت انتخاب شده است: مورد اول، میدانی با ۶ حلقه‌چاه (مقدار کل گاز در دسترس برای توزیع بین چاه‌ها ۴/۶۰ میلیون فوت مکعب استاندارد در روز است) [۱۱]، مورد دوم، میدانی با ۵۶ حلقه‌چاه (مقدار کل گاز در دسترس برای توزیع بین چاه‌ها ۲۲/۵۰ میلیون فوت مکعب استاندارد در روز است) [۱۲ و ۱۳] و مورد سوم که مربوط به یکی از میدانی جنوب ایران با ۱۷ حلقه‌چاه است (مقدار کل گاز در دسترس برای توزیع بین چاه‌ها ۱۰۰ میلیون فوت مکعب استاندارد



شکل ۳ نمونه ای از یک نمودار عملکرد چاه

توسعه میدان ابتدا با یک مطالعه جامع بر روی میدان آغاز شد؛ بدین ترتیب که یک مدل سه بعدی پویا با استفاده از داده‌های سیالات مخزن و نیز داده‌های پتروفیزیکی برای میدان طراحی شد. سپس ۱۷ حلقه‌چاه تولیدی در مدل جایگذاری شده و آینده تولید میدان پیش‌بینی گردید. نتایج مدل نشان داد که پس از پنج سال، تولید آب با نفت شروع شده و با گذشت زمان، شدت میزان آب تولیدی افزایش می‌یابد. تولید بیش از اندازه آب باعث سنگین شدن سیال تولیدی، بالارفتن فشارته چاه و بالاخره کاهش تولید خواهد شد. بنابراین، استفاده از یک سیستم فراز آوری مصنوعی در کنار افزایش ظرفیت تولیدی میدان کاملاً ضروری است. به طور کلی هر مسأله بهینه‌سازی مقید را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$\text{Min} f(x) \quad (1)$$

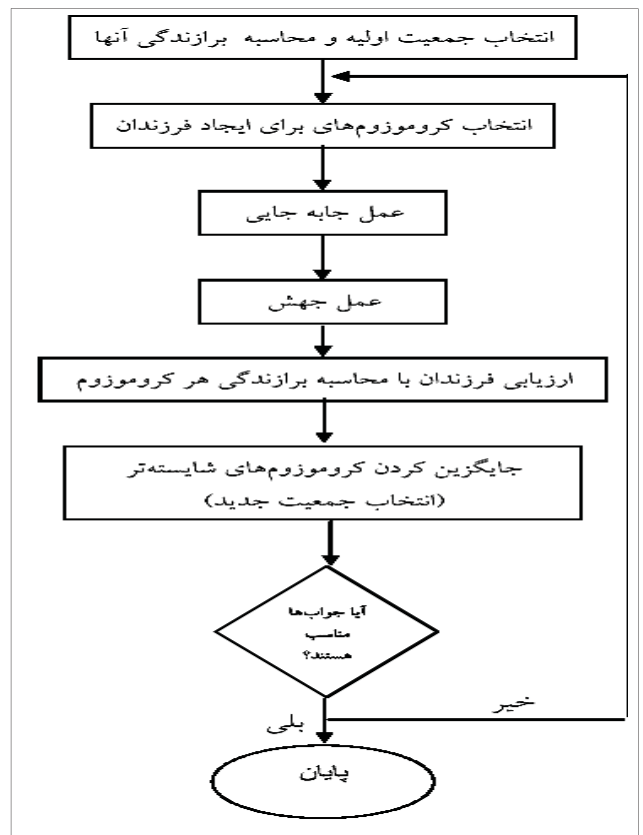
به طوری که

$$g_i(x) \leq 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$H_i(x) = 0 \quad i = 1, \dots, p$$

$$x_i \in [a_i, b_i] \quad i = 1, \dots, n$$

بنابراین، در این مسائل m تعداد قیدهای نامساوی، p تعداد قیدهای



شکل ۲ فلو چارت یک الگوریتم ژنتیک

نتایج بدست آمده از روش الگوریتم ژنتیک پیشنهادی با روش های قبلی در شکل ۴- نشان داده شده است. در این شکل، مقدار کل نفت تولید شده از ۶ حلقه چاه مورد مطالعه بر حسب بشکه در روز با استفاده از روشهای مختلف با هم مقایسه شده است. [۱۱]

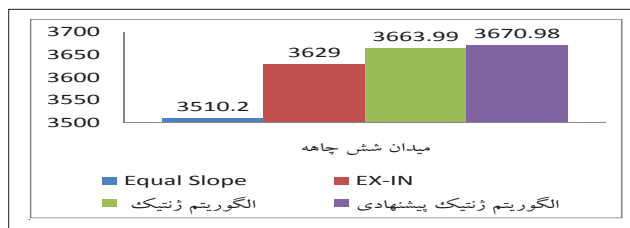
۲-۳- مطالعه موردی دوم: بهینه سازی تخصیص گاز به میدانی با ۵۶ حلقه چاه

این مطالعه اولین بار توسط بیتراگو و همکارانش معرفی و با روش EX-IN توزیع نرخ گاز انجام شد. روش های دیگری برای بهینه سازی تخصیص گاز به این چاهها توسط سایر افراد ارائه شده است. روش شیب مساوی توسط کانو و همکارانش و روش الگوریتم ژنتیک هم توسط ری و سارکر روی این میدان انجام شده است. نمودار عملکرد فراز آوری با گاز برای این ۵۶ حلقه چاه به صورت تجربی به دست آمده و مقدار کل گاز در دسترس برای توزیع بین چاهها حدود ۲۲/۵۰ میلیون استاندارد فوت مکعب در روز است. در ادامه، مانند مطالعه موردی قبل، تخصیص نرخ گاز با الگوریتم معرفی شده انجام می شود.

مقایسه نتایج بدست آمده از روش الگوریتم ژنتیک پیشنهادی با روش های قبلی نشان می دهد که این روش نسبت به بهترین نتیجه روش های قبلی، نتیجه بهتری را ارائه کرده است. بهترین نتیجه جواب های قبلی مجموع نفت تولیدی از ۵۶ چاه را حدود ۲۲۰۳۳/۴ بشکه در روز نشان می دهد که از الگوریتم ژنتیک به دست آمده است. نسبت به بهترین جواب روش های قبل، الگوریتم ژنتیک پیشنهادی ۱۱/۸۷ بشکه در روز بهبود در کل نرخ تولید نفت از این میدان را به دست آورده است. این روش نسبت به روش EX-IN حدود ۲۵۵/۳۷ بشکه در روز و نسبت به روش شیب مساوی، ۷۸۰/۲۷ بشکه در روز بهبود نشان می دهد. مقایسه نتایج به دست آمده از روش الگوریتم ژنتیک پیشنهادی با روش های قبلی در شکل ۵- نشان داده شده است. در این شکل، مقدار کل نفت تولید شده از ۵۶ حلقه چاه مورد مطالعه بر حسب بشکه در روز با استفاده از روشهای مختلف با هم مقایسه شده است. [۱۲ و ۱۳]

۳-۳- بهینه سازی تخصیص گاز به چاه های یک میدان در جنوب ایران

پس از اطمینان از توانایی و بازدهی الگوریتم ایجاد شده، این الگوریتم را بر میدان یاد شده اجرا کردیم. نرخ تزریق گاز و مقدار نفت تولیدی هر چاه در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی به دست آمد. در صورتی که این چاهها به صورت طبیعی و بدون تزریق گاز و



نمودار مقایسه کل نفت تولیدی در میدان شش چاه بر حسب بشکه در روز نسبت به روشهای مختلف

در روز است). در دو مورد مطالعه اول و دوم، قبلاً بهینه سازی تخصیص گاز توسط افراد مختلف و با سایر روش ها (روشهای EX-IN توسط بیتراگو و همکارانش، شیب مساوی توسط کانو و همکارانش و الگوریتم ژنتیک هم توسط ری و سارکر)، انجام شده است که امکان ارزیابی و مقایسه نتایج الگوریتم بهینه ساز معرفی شده را فراهم می آورد.

در مورد مطالعه سوم، حجم معینی از گاز (۱۰۰ میلیون فوت مکعب استاندارد در روز) به عنوان گاز در دسترس در نظر گرفته شده و بهینه سازی تخصیص نرخ گاز با روش الگوریتم ژنتیک پیشنهادی انجام شده است.

۳-۱- مطالعه موردی اول: بهینه سازی تخصیص گاز به میدانی با ۶ حلقه چاه

این مطالعه اولین بار توسط کانو و همکارانش معرفی شد. روشی که آنها استفاده کردند، شیب مساوی نام گذاری شده بود. روش های دیگری برای بهینه سازی تخصیص گاز به این چاهها توسط سایر افراد ارائه شده است. روش EX-IN توسط بیتراگو و همکارانش و روش الگوریتم ژنتیک هم اولین بار توسط ری و سارکر انجام شده است. نمودار عملکرد فراز آوری با گاز برای این ۶ حلقه چاه به صورت تجربی به دست آمده است و مقدار کل گاز در دسترس برای توزیع بین چاهها ۴/۶۰ میلیون استاندارد فوت مکعب در روز است. نرخ تزریق گاز و مقدار نفت تولیدی هر چاه در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی در جدول ۱- نشان داده شده است. در این جدول، میزان تزریق گاز (Qg) و همچنین مقدار نفت تولیدی (Qo) از هر ۶ حلقه چاه با اعمال الگوریتم ژنتیک پیشنهادی بر روی میدان ذکر شده است.

مقایسه نتایج بدست آمده از روش الگوریتم ژنتیک پیشنهادی با روش های قبلی نشان می دهد که این روش نسبت به بهترین نتیجه روش های قبلی، نتیجه بهتری را ارائه کرده است. بهترین نتیجه جواب های قبلی مجموع نفت تولیدی از ۶ حلقه چاه را حدود ۳۶۶۴ بشکه در روز نشان می دهد که از الگوریتم ژنتیک به دست آمده است. نسبت به بهترین جواب روش های قبل، الگوریتم ژنتیک پیشنهادی ۶/۹۹ بشکه در روز بهبود در کل نرخ تولید از این میدان را بدست آورده است. این روش نسبت به روش EX-IN حدود ۴۱/۹۸ بشکه در روز و نسبت به روش شیب مساوی، ۱۶۰/۷۸ بشکه در روز بهبود تولید نفت از کل ۶ حلقه چاه را نشان می دهد. مقایسه

Total Available Gas = 4.60 MMSCF/day		
شماره چاه	Q _g [MSCF/D]	Q _o [STB/D]
۱	۵۷۰/۹۶۰۲	۳۷۴/۴۸۹۸
۲	۷۰۶/۱۱۰۳	۷۵۰/۵۴۶۶
۳	۱۱۹۹/۷۰۲	۱۱۳۶/۸۷۹
۴	۸۳۰/۴۸۷۵	۶۳۴/۱۷۲۱
۵	۱۲۹۲/۷۴	۷۸۴/۸۹۳
۶	.	.
مجموع	۴۶۰۰	۳۶۷۰/۹۸

نتیجه‌گیری

■ در این پروژه الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی تخصیص گاز به گروهی از چاه‌ها معرفی شد. الگوریتم ژنتیک به کار رفته، روش بهینه‌سازی کارآمدی برای بهینه‌سازی تخصیص گاز است و بهبود ۹۹/۶ بشکه در روز نسبت به بهترین نتیجه مطالعات قبلی انجام شده برای میدان با ۶ حلقه‌چاه و بهبود ۱۱/۸۷ بشکه در روز نسبت به بهترین نتیجه کارهای قبلی انجام شده برای میدانی با ۵۶ حلقه‌چاه بر این امر دلالت دارد.

■ تحقیق انجام شده و روشهای مورد استفاده به‌خوبی کارایی فراآوری با گاز را در افزایش نرخ تولید از یک میدان نشان می‌دهد. برای مثال، در میدان مورد مطالعه فقط با تزریق ۱۰۰ میلیون فوت مکعب استاندارد در روز، نرخ تولید میدان از مقدار ۴۷۶۶۱ بشکه در روز به ۱۱۴۵۱۸/۸ بشکه در روز افزایش می‌یابد.

■ برای بهینه‌سازی تخصیص گاز در میدان‌های با تعداد چاه زیاد (مانند میدان با ۵۶ حلقه‌چاه)، بهتر است از روش‌های تصادفی (مانند روش‌های به کار رفته در این مقاله)، استفاده شود؛ زیرا همان‌طور که در مورد مطالعه دوم دیده شد، سایر روش‌ها به نقاط زیر بهینه همگرا شده‌اند.

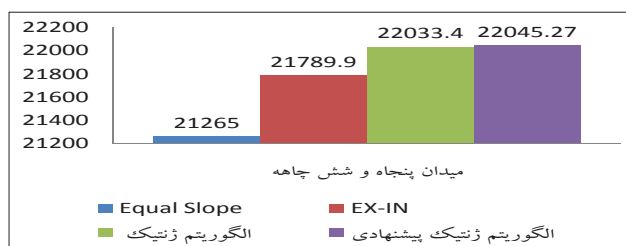
■ پیشنهاد می‌شود اثر چاه‌های مختلف بر هم در بهینه‌سازی تخصیص گاز بررسی شود (در این پروژه از اثر تأثیر چاه‌ها بر هم صرف نظر شده است).

■ همچنین پیشنهاد می‌شود اثر هیبریدسازی الگوریتم ژنتیک با سایر روش‌ها بررسی شود زیرا استفاده از دو یا چند روش بهینه‌سازی (الگوریتم ژنتیک، مورچگان، زنبور عسل و ...) به صورت ترکیبی ممکن است نتایج بهتری را به همراه داشته باشد.

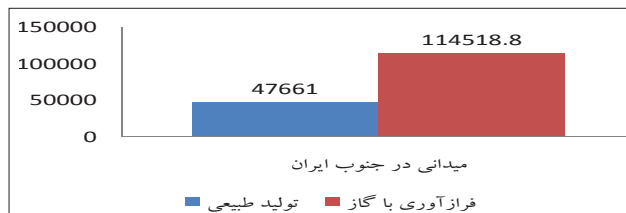
■ در تخصیص نرخ گاز لازم است سایر قيود و محدودیت‌ها مثل ظرفیت کمپرسورهای موجود در میدان در نظر گرفته شود.

■ انجام بررسی اقتصادی در هر پروژه تخصیص گاز به گروهی از چاه‌ها کاملاً ضروری است. ■

عملیات فراآوری با گاز به تولید خود ادامه دهند، میزان تولید نفت آنها برابر با ۴۷۶۶۱ بشکه در روز خواهد بود. نتایج نشان داد در صورت استفاده از فراآوری با گاز و تخصیص میزان بهینه گاز محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک پیشنهادی مابین چاه‌ها، میزان تولید برابر با ۱۱۴۵۱۸/۸ بشکه در روز خواهد شد. لذا استفاده از این روش برای این میدان، امری ضروری و بسیار مفید خواهد بود. مقایسه کل نفت تولیدی در میدان مورد مطالعه بر حسب بشکه در روز در حالت تولید طبیعی و بدون اعمال فراآوری با گاز و در حالت تولید با اعمال فراآوری با گاز و توزیع گاز مابین چاه‌ها با استفاده از الگوریتم ژنتیک پیشنهادی در شکل ۶- نشان داده شده است.



شکل ۵ | نمودار مقایسه کل نفت تولیدی در میدان پنجاه و شش چاه بر حسب بشکه در روز نسبت به روشهای مختلف



شکل ۶ | مقایسه نرخ تولید نفت در میدان مورد مطالعه بر حسب بشکه در روز در حالت طبیعی و در حالت اعمال فراآوری با گاز

منابع

- [1] "Gas Lift 3," Department of Petroleum Engineering, Heriot Watt University
- [2] "Gas Lift Design and Technology," Schlumberger, 1999
- [3] "Gas Lift Design Guide," Shell, December, 1993
- [4] Ayatollahi, s, narimani, M, moshfeghian, .m. "Intermittent GasLift Aghajari Oil 488 Field a Mathematical Study.j.et see Eng. vol 42 pp. 255-245," 2004
- [5] Forero.G, K.McFadyen, R.Turner, B.Waring and E.Steenken, "Artificial Lift Manual Part 2A, Gas Lift Design Guide," Shell, December, 1993
- [6] Larry W. Lake, "Petroleum Engineering Handbook, Volume IV, Production Operation Engineering," Society of Petroleum engineers, USA, 2007
- [7] Martinez.E.R and Morento.W.J "Application of Genetic Algorithm on the Distribution of Gas Lift Injection," SPE Latin America Caribbean Petroleum Engineering Conference 29-27 April 1994 Buenos Aires Argentina SPE Paper 26199
- [8] Mayhill.T.D. "Simplified Method for Gas Lift Well Problem Identification and Diagnosis," Paper SPE 5151 SPE 49th Annual Fall Meeting Houston, 1974.
- [9] Mayhill.T.D, "Simplified Method For Gas Lift Well Problem Identification and Diagnosis," In Proc. SPE Annual Fall Meeting. Houston Texas. 1974 paper SPE 5151.
- [10] Redden.J.D, Sherman.T.A.G and Blann.J.R, "Optimizing Gas Lift Systems," An Proceedings of the 49th Annual Fall Meeting of the Society of Petroleum Engineers of Aimerd Houston Texas 1974 Paper SPE 5150
- [11] Kanu.E.P, Mach.J.M and Brown.K.E, "Economic Approach to Oil Production and Gas Allocation in Continuous Gas Lift," Journal Of Petroleum Technology pp. 1887- 1892 October, 1981
- [12] Buitrago S. Rodriguez .E and S D. Espin Global Optimization Techniques in Gas Conference Calgary. Canada. 1996. Pp. 379-375 Paper SPE 35616
- [13] Ray.T, Sarker Bh. A. R, "Genetic Algorithm for Solving a Gas Lift Optimization Problem," Journal of Petroleum Science and Engineering Vol 59. pp. 96-84, 2007