

انتخاب بهترین روش فراآوری مصنوعی برای یکی از میادین نفتی ایران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

احسان فتاحی^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت گرایش حفاری و بهره‌برداری دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر حسین جلالی فرد^۲ دکترای مکانیک سنگ^۳ عضو هیئت علمی دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر پیمان پور افشاری^۴ (دکترای نفت)^۵ انستیتو مهندسی نفت دانشگاه تهران
مهندس بابک مرادی^۶ (کارشناس ارشد مهندسی مخازن)^۷ شرکت نفت مرکزی
مهندس آفتاب جنت رستمی^۸ (کارشناس ارشد مهندسی مخازن)^۹ شرکت نفت مرکزی

چکیده

نرخ تولید از میادین نفتی با گذشت زمان، در اثر عوامل مختلف کاهش پیدا می‌کند. لذا نیاز است از روش‌هایی استفاده شود که تا حدی کاهش نرخ تولید نفت و گاز را جبران کند. فراآوری مصنوعی جزء روش‌های افزایش میزان تولید از طریق کاهش فشار ته چاهی است. فراآوری مصنوعی شامل پنج روش بوده و انتخاب بهترین روش برای هر میدان با توجه به شرایط حائز اهمیت است. در این مقاله ابتدا با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، روش مناسب برای میدان مورد نظر انتخاب می‌شود که مدل مطالعه شده TOPSIS می‌باشد. (کد نویسی این روش چند معیاره توسط نرم افزار Matlab نوشته شده است) در این تحقیق از ۲۵ پارامتر موثر در انتخاب روش فراآوری برای یکی از میادین نفتی ایران استفاده شده که با مقایسه نتایج بدست آمده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بهترین روش فراآوری در این میدان انتخاب گردید. سپس با استفاده از برنامه شبیه‌ساز لوله تاثیر روش منتخب در افزایش میزان تولید مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی فراآوری مصنوعی، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، فراآوری با گاز، پمپ‌های درون‌چاهی

مقدمه

۱- انواع روش‌های فراآوری مصنوعی

- * فراآوری با گاز
- * پمپ‌های میله‌ای
- * پمپ‌های هیدرولیکی
- * پمپ‌های الکتریکی شناور
- * پمپ‌های خلاء پیشرونده [۱]

فراآوری مصنوعی روشی برای افزایش طول عمر تولیدی چاه می‌باشد. فراآوری مصنوعی به‌عنوان یکی از روش‌های بهبود کیفیت تولید حداقل فشار ته چاه لازم جهت تولید را کاهش می‌دهد و بدین وسیله موجب افزایش میزان برداشت از مخزن می‌گردد. انتخاب صحیح روش فراآوری مصنوعی برای سود دهی بلند مدت اغلب چاه‌های تولیدی خیلی مهم می‌باشد. در واقع نامناسب ضعیف می‌تواند باعث کاهش تولید و افزایش هزینه‌های عملیاتی شود. امروزه روش‌های فراآوری مکمل روش‌های ازدیاد برداشت می‌باشند که در جهت افزایش تولید استفاده می‌شوند.

۲- انتخاب روش فراآوری مصنوعی مناسب برای هر میدان

انتخاب روش مناسب فراآوری مصنوعی برای هر میدان از اهمیت فراوانی برخوردار است لذا در انتخاب روش مناسب باید در کنار تولید بیشتر باید میزان بهره‌وری بیشتر نیز ملاک باشد. انتخاب روش مناسب با توجه به پارامترهای مخزن انجام می‌گیرد. انتخاب صحیح نیازمند درک کامل انواع روش‌های فراآوری و شرایط چاه و مخزن مورد نظر می‌باشد که بطور کلی این شرایط عبارتند از:

- * مشخصات فرایند تولید، چاه و مخزن هیدروکربوری
- * مشخصات سیال تولیدی
- * مشخصات تاسیسات سر چاه

آنچه مهم است این است که در انتخاب روش مناسب برای به‌کارگیری فراآوری مصنوعی فقط میزان افزایش تولید ملاک نیست بلکه باید مناسب‌ترین روش با توجه به شرایط هر میدان گزینش شود، به طوری که بالاترین بهره‌وری را داشته باشد یعنی افزایش میزان تولید با استفاده از روش‌هایی که بیشترین میزان سازگاری را با شرایط مخزن دارند.



۳- روش های تصمیم گیری چند معیاره

مدل های تصمیم گیری به دو دسته عمده تقسیم می شوند مدل های چند هدفه^۲ و مدل های چند شاخصه^۴ به طور کلی مدل های چند هدفه به منظور طراحی به کار برده می شوند در حالی که مدل های چند شاخصه جهت انتخاب گزینه برتر استفاده می گردند.[۳]

۳-۱ مدل های چند شاخصه

مدل های چند شاخصه (MODM) انتخاب گر می باشند و به منظور انتخاب مناسب ترین گزینه از بین m گزینه موجود به کار می روند، تصمیم گیری چند شاخصه معمولاً توسط ماتریسی با n شاخص و m گزینه فرموله می گردند.[۳]

۳-۲ روش TOPSIS

ماتریس تصمیم گیری موجود به یک ماتریس بدون مقیاس با استفاده از رابطه ۱ تعیین می گردد:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}} \quad (1)$$

ابتدا ماتریس (p_{ij}) طبق رابطه ۲ محاسبه می شود:

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (2)$$

برای E_j از مجموعه P_{ij} به ازای هر مشخصه از رابطه ۳ خواهیم داشت:

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m [P_{ij} * \ln P_{ij}] \quad (3)$$

عدم اطمینان یا درجه انحراف (d_j) از اطلاعات ایجاد شده توسط رابطه ۴ تعیین می شود:

$$d_j = 1 - E_j \quad (4)$$

سرانجام برای (w_j) از شاخص های موجود از رابطه ۵ خواهیم داشت:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (5)$$

- بدین ترتیب ماتریس V از طریق رابطه $V = N_D \cdot W_{n \times n}$ تعیین می گردد

مشخص نمودن راه حل ایدآل مثبت و راه حل ایدآل منفی برای

گزینه ایدآل (A⁺) و ایدآل منفی (A⁻) تعریف کنیم.

$$A^+ = \left\{ \left((max_{v_{ij}} | j \in j), (min_{v_{ij}} | j \in j') \right) | i = 1, 2, \dots, m \right\} \\ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_m^+\}$$

$$A^- = \left\{ \left((min_{v_{ij}} | j \in j), (max_{v_{ij}} | j \in j') \right) | i = 1, 2, \dots, m \right\} \\ = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_m^-\}$$

محاسبه اندازه جدایی فاصله گزینه نام با ایدآل با استفاده از روش اقلیدسی به قرار زیر می باشد.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_j^+ - v_{ij})^2} \quad i=1, 2, \dots, m$$

فاصله گزینه نام از ایدآل منفی عبارتند از:

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_j^- - v_{ij})^2}, \quad i=1, 2, \dots, m$$

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})}; \quad 0 \leq cl_{i+} \leq 1; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

رتبه بندی گزینه ها بر اساس ترتیب نزولی cl_{i+} می باشد.[۳]

شرایط مخزن، تولید و چاهها	
۲	تعداد چاه های میدان
۱۳۴۰	نرخ تولید میدان (بشکه در روز)
۴۵۱۳	متوسط عمق چاه ها (فوت)
۷	اندازه لوله جداری (اینچ)
عمودی	نوع چاهها
۲	مقدار انحراف چاه (درجه در هر ۱۰۰ فوت)
۱۴۴	دما (فارنهایت)
۴۲۵	متوسط فشار سر چاه (پاه)
چندگانه	نوع تکمیل چاه
پایدار	پایداری
اولیه	نوع بازیابی میدان
خواص سیال	
۳۳/۵	متوسط در صد آب تولیدی
۰/۱۲۰۶	ویسکوزیته سیال (سانتی پویز)
۹	میزان تولید شن (ppm)
۵۷۶	نسبت گاز به نفت (فوت مکعب بر تانک ذخیره)
۰/۰۱	نسبت بخار به مایع
اسفالتین	نوع رسوب
اسید	ماده بر طرف کننده رسوب
اطلاعات مربوط به توانایی زیر بنایی در سطح میدان	
خشکی	محل میدان
سیم کشی	منبع قدرت الکتریکی
خیر	محدودیت مکان
واحد کششی	نوع تعمیر چاه

۴- انتخاب روش

ابتدا با استفاده از جدول مربوط به امتیازبندی هر یک از روش‌ها (محصول شرکت شلمیرژر) [۲] با توجه به هر پارامتر ماتریس مربوطه را تشکیل داده و سپس با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره روش مناسب را انتخاب می‌کنیم جدول ۱ پارامترهای موثر میدان مورد نظر را برای انتخاب روش فراآوری نشان می‌دهد. در این روش ابتدا با توجه به شرایط مخزن و میدان مورد مطالعه شاخص‌های ذکر شده در جدول ۱ مشخص می‌گردد سپس با استفاده از جدول امتیازبندی که محصول شرکت شلمیرژر می‌باشد، امتیاز مربوط به هر کدام از روش‌ها مشخص می‌گردد و سپس با استفاده از روش یاد شده مناسب‌ترین روش با توجه به شرایط میدان انتخاب می‌گردد.

سپس با استفاده از برنامه طراحی شده، روش مناسب انتخاب می‌گردد که نتایج بدست آمده برای میدان مورد نظر عبارتند از:

نتایج بدست آمده از مدل TOPSIS

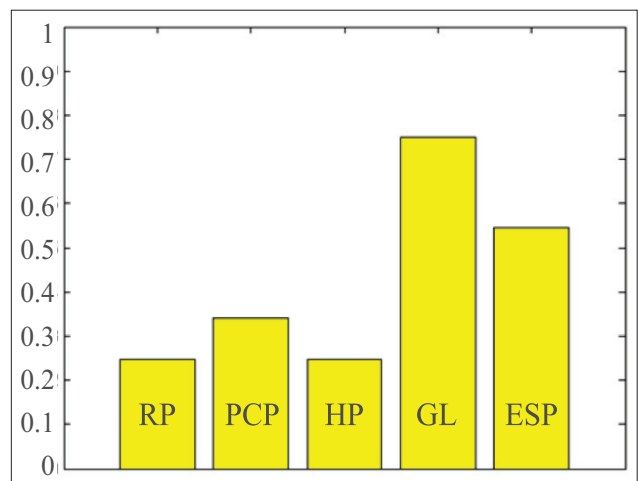
جدول ۲ نتایج بدست آمده برای انتخاب روش فراآوری مصنوعی در میدان نفتی به وسیله مدل TOPSIS را نشان می‌دهد. شکل ۲ نیز نتایج بدست آمده از مدل TOPSIS را نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده از مدل TOPSIS نشان می‌دهد که بهترین گزینه برای میدان مورد نظر فراآوری با گاز می‌باشد.

۵- اعمال فراآوری با گاز

جدول ۳ و ۴ اطلاعات چاه‌های ۱ و ۲ را نشان می‌دهند. از این اطلاعات در نرم افزار شبیه‌ساز لوله اسفاده می‌شود که با استفاده از آن می‌توان میزان تولید نفت را در نرخ‌های مختلف تزریق گاز بدست آورد. با تزریق نرخ‌های مختلف تزریق گاز ابتدا تولید بیشتر می‌شود

جدول ۲ | نتایج بدست آمده از مدل TOPSIS

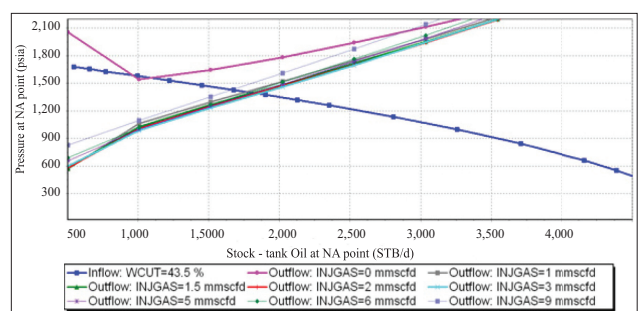
روش‌های فراآوری مصنوعی					
روش	RP	PCP	HP	GL	ESP
CL ₊₊	۰/۰۶۵۸	۰/۲۵۸۹	۰/۰۵۹۲	۰/۹۲۵۵	۰/۵۰۶۵



جدول ۳ | مربوط به چاه ۱ می‌باشد

مقدار	شاخص
1688.2(psi)	فشار مخزن (psi)
144(F)	دمای مخزن
8.3	شاخص تولید
4632(ft)	عمق چاه
43.5	درصد آب تولیدی
875	نسبت گاز به نفت
0.68	وزن مخصوص گاز
1.01	وزن مخصوص آب
41	API
1602(psi)	فشار نقطه حباب
0.1206(cp)	ویسکوزیته نفت
440(psi)	فشار سر چاه
605(bbl/d)	تولید
1615.5(psi)	فشار ته چاه
144(F)	دمای نقطه حباب
2.375(in)	قطر لوله مغزی

شکل ۱ | نتایج بدست آمده از مدل TOPSIS



شکل ۲ | عملکرد چاه ۱ در نرخ‌های مختلف تزریق گاز



اما با ادامه افزایش نرخ تزریق، نرخ تولید کاهش پیدا می کند. شکل ۲ عملکرد چاه ۱ را در نرخ های مختلف تزریق گاز نشان می دهد. همچنان که شکل شماره ۲ نشان می دهد بیشترین تولید روزانه ۱۴۰۰ بشکه در روز نفت مربوط به تزریق روزانه حدود ۳ میلیون فوت مکعب تزریق گاز می باشد.

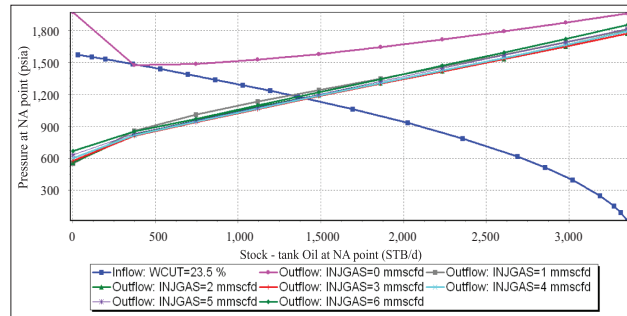
اثر تزریق نرخ های مختلف تزریق گاز در چاه شماره ۲ نیز بررسی شد که شکل ۳ عملکرد چاه را در شرایط مختلف نشان می دهد. میزان تزریق گاز بهینه توسط فلش نشان داده شده است. در تزریق حدود ۳ میلیون فوت مکعب میزان تولید نفت به بیشترین میزان خود می رسد.

نتیجه گیری

* استفاده از فراز آوری با گاز بهترین روش فراز آوری مصنوعی برای میدان مورد مطالعه می باشد.
* همیشه روشی که باعث افزایش تولید بیشتر نسبت به سایر روش ها می شود لزوماً بهترین روش نیست.
* با توجه به قابلیت های بیشتر فراز آوری با گاز (نسبت به سایر روش ها) احتمال انتخاب شدن فراز آوری با گاز بیشتر است.

پیشنهاد

۱- روش های دیگر تصمیم گیری چند معیاره جهت انتخاب روش مناسب مانند AHP یا مقایسه زوجی که از طریق مقایسه دو به دو میان شاخص ها و گزینه ها انجام می شود، مورد استفاده قرار گیرد.
۲- استفاده از الگوریتم ژنتیک جهت بهینه کردن میزان تزریق گاز به چاه مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۳ | عملکرد چاه برای نرخ های مختلف تزریق چاه

۴ | اطلاعات چاه شماره ۱

مقدار	شاخص
1581(psi)	فشار مخزن
144(F)	دمای مخزن
5	شاخص تولید
4393.5(ft)	عمق چاه
23.5	درصد آب تولیدی
510	نسبت گاز به نفت
0.688	وزن مخصوص گاز
1.117	وزن مخصوص آب
41	API
1602	فشار نقطه حباب
0.1206(cp)	ویسکوزیته نفت
411(psi)	فشار سر چاه
409(bbl/d)	تولید
1500(psi)	فشار ته چاه
144(F)	دمای نقطه حباب
2.375(in)	قطر لوله مغزی

پی نوشتها

¹.ehsan_fatahi133@yahoo.com

². Improved oil recovery

³. Multiple objective decision

making

⁴. multiple attribute decision

making

⁵. Technique for order preference by similarity to ideal solution

منابع

[1] -Guo,B," Petroleum Production Engineering(A Computer-Assisted Approach)" Elsevier Science&Technology Books,ISBN:0750682701.Feb-ruary 2007

[2] Taheri,A, Hooshmandkoochi,SPE,Hamrah Poushesh Oil& Gas Com; Optimum Selection of artificial

lift system for Iranian Heavy Oil Fields.Alaska U.S.A.SPE#99912,2006

[۳]. اصغر پور محمد رضا "تصمیم گیری های چند معیاره" انتشارت دانشگاه تهران، خرداد ۸۸- (۱۹۰-۳۱۶)