

مدل بهینه جهت سرمایه گذاری توسعه میادین نفتی بر پایه آنالیز محیطی داده ها

چکیده

مشکل سرمایه گذاری توسعه میادین نفتی شامل بررسی و مقایسه سرمایه گذاری تحقیقاتی و نیز سرمایه گذاری توسعه می باشد. با بازگشت اندک سرمایه حاصل شده از بکارگیری روش موجود برای حل این مساله، ما مدلی بهینه برای بهبود بر پایه روش آنالیز پوششی داده و ارتباطات درباره سرمایه گذاری و ذخیره های ثابت شده، سرمایه گذاری و خروجی همانند هزینه تولید ارائه نموده ایم. روش آنالیز پوششی داده ها برای ارائه یک روش برای اندازه گیری ابعاد بهینه سرمایه گذاری ساخت تولید در واحد تولید استفاده شده است. ارتباط میان ذخیره های ثابت شده ی تجمع یافته مجموع و سرمایه گذاری اکتشافی تجمع یافته توسط مدل نمایی توضیح داده شده است. ارتباط میان تولیدات و ذخیره های قابل بازگشت نگهداری شده همانند هزینه تولید می تواند به عنوان هزینه عملکردی نمایی توضیح داده شود. بر پایه دو مدل ارتباطی فوق و ضرایب تاثیر گذاری سرمایه گذاری هر بلوک ما مدلی بهینه برای تابع موضوع ارائه داده ایم که مقدار حال حاضر خالص با رقم حداکثری است که شرایط محدود کننده شامل سرمایه گذاری، نسبت ذخیره به تولید، محدودیت های برابر و نیز تولید تحت توسعه پایدار می باشند. این مساله می تواند با الگوریتم ژنتیک حل شود. نتایج مطالعات موردی نشان دادند که این سرمایه گذاری بهینه در توسعه میدان نفتی ساختار سرمایه گذاری چند لایه دارد که تحت شرایط داده شده اعمال می گردد. مدل می تواند تئوری پایه علمی را برای شرکت های نفتی برای ساخت برنامه استراتژی طولانی مدت را فراهم نموده و پلن سرمایه گذاری در اکتشاف و توسعه نفتی می تواند گره در سرمایه گذاری را بر طرف کرده و برای منابع نفتی اکتشاف و توسعه منطقی و بر طبق روالی را فراهم آورد.

کلمات کلیدی: آنالیز پوشش داده ها، توسعه میدان نفتی، بهینه سازی سرمایه گذاری، ذخایر و محصولات

1. مقدمه

آنالیز سرمایه گذاری برای برای تصمیم گیرندگان در توسعه میدان نفتی بسیار مهم است چرا که هزینه های هنگفتی در ارتباط با حوزه های تولید، تسهیلات فرایندی، ایستگاه های کمپرسور کردن، لوله ها و دیگر زیر ساخت ها می باشد. محققان بسیاری بر روی مشکل بهینه سازی توسعه میادین گازی و سرمایه گذاری مطالعه کرده اند. برای مثال Kjetil Trovik Midthun مدل بهینه سازی شده برای آنالیز سیستم بهبود دهنده برای میادین گازی طبیعی، فرایند پذیری و زیر ساخت های نقل و انتقال ارائه داده است. Zhang Daoyong دو مدل در ارتباط با مدل گومپرتز و مدل نمایی درباره طول سوراخ و رزروهای ثابت شده ارائه داده است. Patrick R H و Chermak J M و تئوری اقتصادی موجود برای تولید منابع تمام شدنی را بوجود آورده و نوعی از تست برای تئوری بسط داده شده ی هالورسن و اسمیت را با استفاده از یک نمونه موفقیت آمیز منابع گاز طبیعی را ساختند لیورنویز جی آنالیز شاهد تجربی درباره توابع هزینه برای استخراج نفت مرسوم را انجام داده و سه نتیجه مربوط و با کارایی را ارائه دادند. تحت عدم قطعیت های تکنیکی و جغرافیایی آلمدیا ال اف و همکارانش بر روی سیستم بهینه سازی کنترل مقدار در مقادیر مطلوب هوشمند بر پایه سیستم تقویت کننده تصمیم گیری، مدل های حداکثر کننده ساختار بهینه مقدار حال حاضر خالص (NPV)، یک الگوریتم متحول کننده را برای حل مسائل موجود ارائه دادند و استراتژی های کنترلی مطلوب فعال را همانند شماتیک های عملکردی بهینه شده برای میدان نفتی را شکل دادند.

اگرچه مردم تجربیاتی برای سرمایه گذاری بهینه شده جهت توسعه میدان نفتی دارند، بازگشت سرمایه بعضی اوقات بسیار اندک است؛ علی الخصوص این که شرکت های نفتی چینی بسیار کمتر هستند. دلیل آن نه تنها تغییرات حوزه اکتشاف میدان نفتی است اما همچنین بعضی سرمایه گذاری های بدون دلیل برای کاهش مفید بودن توسعه میدان نفتی وجود دارد. در این مقاله ما به دنبال استفاده از روش آنالیز پوششی داده (DEA) برای مطالعه روی مشکل بازگشت سرمایه با مورد توجه قرار دادن تولید مصنوعی و ذخیره ها همانند سرمایه گذاری هستیم. و همچنین مدل ارتباطی ساختار بازدهی سرمایه و مدل بهینه موضوعی چندگانه را در حوزه سود حداکثری و بازگشت روی سرمایه همانند ارتباط ساختاری بازده و سرمایه گذاری مذکور در فوق برای افزایش بازگشت سرمایه گذاری توسعه میدان نفتی هستیم.

2. مشکل سرمایه گذاری توسعه میدان نفتی و آنالیز پوششی داده

2.1. مشکل سرمایه گذاری توسعه میدان نفتی

اکتشاف و توسعه نفتی دو قسم از یکدیگر در صنعت نفت هستند چرا که اکتشاف نفت می تواند ذخیره های پشتیبان برای بیرون کشیدن نفت موجود در زیر زمین را در پی داشته باشد. با این وجود مشکل سرمایه گذاری توسعه میدان نفتی رابطه جایگزینی بین اکتشاف نفت و توسعه نفتی باشد. به دلیل این که مقدار سرمایه گذاری اکتشاف نفتی و توسعه نفتی برای یک شرکت میدان نفتی محدود می باشد، اگر سرمایه گذاری در اکتشاف نفت خیلی زیاد باشد بنابراین سرمایه گذاری در نفت قطعاً خیلی کم خواهد بود و دست آوردها و در قالب ذخیره ها خواهد بود. به عبارت مشابه اگر سرمایه گذاری در توسعه خیلی بالا باشد، سرمایه گذاری در اکتشاف نفت قطعاً خیلی پایین خواهد بود و میدان نفتی می تواند حالت استعماری به خود بگیرد. خواه سرمایه گذاری مضاعف برای میدان نفتی یا در صورت نبود سرمایه در اکتشاف نفت همگی می توانند منجر به کاهش ذخایر نفت کشف شده گردد که شرکت میدان نفتی نمی تواند بصورت مستمر و مفید اقدام به توسعه طولانی مدت و با ثبات میدان نفتی نماید. بنابراین ما باید اطمینان حاصل کنیم که ابعاد معقول سرمایه گذاری برای اکتشاف و توسعه نفت و گاز بصورت درست و صحیح بین اکتشاف و توسعه نفت و گاز توزیع می گردد. تنها در این صورت ما می توانیم بصورت کامل بر روی تمامی توابع سیستم مانور داده و بهترین تاثیر اقتصادی را بدست آوریم. سپس شرکت میدان نفتی می تواند یک توسعه واقعی و ادامه دار و مفید را داشته باشد.

2.2. آنالیز پوششی داده ها

آنالیز پوششی داده ها (DEA) یک روش بدون پارامتر در تحقیقات کاربردی و اقتصاد برای تخمین زدن حدود و ثغور تولید می باشد. این ابزار برای سنجش بازدهی تولید اندازه گیری شده بصورت تجربی واحدهای ساخت می باشد. وقتی که فرایند تولید یک ساختار ورودی و خروجی چندگانه ارائه می دهد و ضروریست که متدولوژی برنامه ریزی خطی برای اندازه گیری بازده DMUS به عنوان مدل دنیال شونده باشد.

اجازه دهید تعداد DMUS شامل n که متغیرهای ورودی u و $x_{ij}, i = 1, 2, \dots, v, j = 1, 2, \dots, n$ و s متغیرهای خروجی $y_{rj} (r = 1, 2, \dots, s)$ هستند. اگر بیشترین نسبت ترکیب خطی متغیرهای ورودی و ترکیب خطی متغیرهای ورودی در $DMU j_0$ به عنوان هدف انتخاب شده است و همچنین نسبت ترکیب خطی متغیرهای خروجی و متغیرهای ورودی باری تمامی $DMUS$ ها کمتر از مقدار برابر با 1 برای شرایط ثابت می باشد، ما یک مدل DEA از ارزیابی موثر بازدهی نسبی به هم پیوسته برای $DMU j_0$ را خواهیم داشت. با تبدیل چارنز کوپر شکل مخصوص آن تحت معادله 1-1 ارائه می شود.

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta - \epsilon \left(\sum_{i=1}^v s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{ij_0}, & i = 1, 2, \dots, v \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{rj_0}, & r = 1, 2, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0, s_i^- \geq 0, s_r^+ \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (1-1)$$

فرض کنید که ما مدل 1-1 را حل نموده ایم و حل بهینه آن $\theta^*, \lambda_j^*, s_i^{*-}, s_r^{*+}, j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, v; r = 1, 2, \dots, s$ باشد. اگر $\theta^* = 1$ بنابراین $DMU j_0$ یک تاثیر ضعیف بر روی DEA دارد و اگر $\theta^* = 1$ و $s_i^{*-} = s_r^{*+} = 0$ بنابراین $DMU j_0$ بر روی DEA موثر است. اگر $\theta^* < 1$ باشد یعنی $DMU j_0$ بر روی DEA موثر نیست.

3. روش های و مدل های در مورد سرمایه گذاری توسعه میدان گازی

3.1. روش برای اندازه گیری ابعاد بهینه سرمایه گذاری ساختار تولید بر پایه DEA

در ابتدا برای اندازه گیری ابعاد سرمایه گذاری ساخت مهندسی توسعه در واحد تولید در پلن سرمایه گذاری توسعه میدان نفتی حل شده است که همواره با روش آنالیز تجربی و روش معدل گیری مورد مطالعه قرار گرفته است. این موضوع شامل معدل ابعاد سرمایه گذاری برای سرمایه گذاری ساخت واحد تولید در منطقه مورد مطالعه بر طبق داده های موجود می باشد. وقتی که این دو روش استفاده می شود فرض منطقی آن است که تمامی سرمایه گذاری های اتفاق افتاده منطقی و موثر بوده و فاکتور وابستگی مستثنی نبوده و آنالیزی بر روی نتایج ورودی/خروجی برای سرمایه

گذاری پیشین را نمی سازد. بنابراین ابعاد سرمایه گذاری برای تولیدی واحد با روش های فوق بدست آمده و همیشه ابعاد سرمایه گذاری بهینه نمی باشد. با این نقه ضعف ما روش DEA را برای اندازه گیری ابعاد سرمایه گذاری بهینه جهت ساخت مهندسی توسعه با در نظر داشتن کارکردهای میدان نفتی در این مقاله استفاده کرده ایم.

ابعاد بهینه سرمایه گذاری ساخت تولیدی در واحد تولید با استفاده از روش DEA بصورت زیر اندازه گیری می شود:

(1) جمع آوری تاریخچه داده سرمایه گذاری توسعه در یک سال قبل از سال برنامه ریزی آغازین و دسته بندی داده های انواع مختلف از ذخیره کننده های توسعه یافته با روش آنالیز خوشه ای. برای اندازه گیری دقت ابعاد بهینه سرمایه گذاری ساخت تولید در واحد تولید ما در ابتدا نیازمند کلاسه بندی انواع داده های متفاوت ذخیره سازها برای ساخت واحدهای تصمیم گیری (DMUS) از بازدهی تولید ارزیابی در یک سال قبل از شروع سال برنامه ریزی می باشد.

عدد نمونه های ذخیره سازها l هر نمونه نشان گر یک گروه ذخیره ساز می باشد. در این معادلات μ اندیس های ورودی X_{ht} مقدار h از 1 الی l و τ الی μ می باشد (مانند ذخیره ها، سرمایه گذاری حفاری، سرمایه گذاری ساخت مهندسی سطح، فاکتور بازگشت پذیری و...). سپس ماتریکس نمونه به طریق زیر نوشته می شود:

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_h \\ \vdots \\ X_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1\tau} & \dots & X_{1\mu} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ X_{h1} & \dots & X_{h\tau} & \dots & X_{h\mu} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ X_{l1} & \dots & X_{l\tau} & \dots & X_{l\mu} \end{bmatrix} \quad (2-1)$$

در ابتدا فاصله ماتریکس D_0 بین دو نمونه بر طبق معادله (2-3) داده می شود:

$$D_0 = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1h} & \dots & d_{1l} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_{h1} & \dots & d_{hh} & \dots & d_{hl} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ d_{l1} & \dots & d_{lh} & \dots & d_{ll} \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

$$d_{hk}^2 = \sum_{\tau=1}^{\mu} (X_{h\tau} - X_{k\tau})^2 \quad h, k = 1, 2, \dots, l \quad (2-3)$$

سپس کمترین فاصله d_{ij}^2 را یافته و ترکیب تطبیقی X_i و X_j به عنوان یک گروه جدید تحت عنوان X_{i+1} نوشته می شود:

$$X_{n+1} = \begin{bmatrix} X_{i1} & X_{j2} & \dots & X_{i\mu} \\ X_{j1} & X_{j2} & \dots & X_{j\mu} \end{bmatrix} \quad (2-4)$$

محاسبه مجدد فاصله بین گروه جدید X_{i+1} و دیگر گروه ها بر طبق معادله 4-2، در ابتدا گروه دسته بندی ماتریکس D_1 را بدست آورده و نزدیک ترین گروه ها در گروه جدید را ترکیب کرده و تحت عنوان X_{i+2} با تکرار محاسبات بالا تا حصول تعداد معقولی از گروه ها (ω) مورد قبول بوده که نمونه های ذخیره کننده در نهایت در گروه های ω دسته بندی می شوند که تحت عنوان مدل $DMUS_{\omega}$ یا DEA_{ω} عملیات می شوند.

(2) عملیات کردن وابستگی تاثیر پذیری سرمایه گذاری برای هر گروه از ذخیره کننده ها.

برای یک گروه از داده ها بر روی هر گروه از ذخیره کننده ها با استفاده از مدل (1-1) اجازه می دهیم داده سرمایه گذاری (متغیر ورودی) برای G_{ij} برابر با 1، 2، برای j برابر 1، 2 تا ω ، داده خروجی (متغیر خروجی) برای تولید q_{ij} مقدار r برابر با 1 باشد، فاکتور قضاوت تاثیر گذاری سرمایه گذاری محاسبه شده θ^* برای هر یک از گروه های داده بر طبق مدل DEA در مسیر مشابه انجام گردیده و در هر حال مکان های سرمایه گذاری در تنظیمات تاثیر اندازه گیری می شوند.

$$\min \theta^* = \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^2 s_i^- + s_r^+ \right)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1}^{\omega} \lambda_j g_{ij} + s_i^- = \theta g_{ij} & i = 1, 2 \\ \sum_{j=1}^{\omega} \lambda_j q_{rj} - s_r^+ = q_{rj} & r = 1, j = 1, 2, \dots, \omega \\ \lambda_j \geq 0, s_i^- \geq 0, s_r^+ \geq 0 \end{cases} \quad (2-5)$$

برای گروه ω ام از ذخیره کننده ها اگر $r\omega$ داده های ورودی- خروجی متعلق به فاکتور تاثیر گذاری سرمایه گذاری

θ^* با 1 باشد، مجموع سرمایه گذاری حفاری در تولید مطابق معادله $\sum_{l=1}^{r\omega} g'_{1l}$ داده شده، مجموع سرمایه گذاری

ساخت مهندسی سطح بر طبق معادله $\sum_{l=1}^{r\omega} g'_{2l}$ داده شده و مجموع تولید نفت با معادله $\sum_{l=1}^{r\omega} q'_{1l}$

حاصل می گردد. با این وجود سرمایه گذاری حفاری موثر α برای هر واحد تولید در هر گروه از ذخیره کننده ها بر

طبق معادله ذیل محاسبه می گردد:

$$\alpha = \frac{\sum_{l=1}^{r\omega} g'_{1l}}{\sum_{l=1}^{r\omega} q'_{1l}} \quad (2-6)$$

سرمایه گذاری ساخت مهندسی سطح موثر β برای هر واحد تولید برای هر گروه از ذخیره کننده ها بر طبق معادله ذیل محاسبه می شود.

$$\beta = \frac{\sum_{l=1}^{r_w} g'_{2l}}{\sum_{l=1}^{r_w} q'_{1l}} \quad (2-7)$$

3.2. مدل سرمایه گذاری و خروجی توسعه میدان نفتی

3.2.1. مدل سرمایه گذاری اکتشاف و رشد ثابت شده ی ذخیره ها

رشد مجموع ذخیره های ثابت شده ی شرکت های نفتی معمولا تجربیاتی از فرایند پایین- بالا - آهسته است که برای حصول مدل های تخمین متعدد با استفاده از روش اکتشاف توسط محققان بسیاری صورت پذیرفته است. وانگ یوتا او و همکارانش بر روی نقش تغییر ذخیره های ثابت شده و مزایای اکتشاف در میدان نفتی زینجیانگ آنالیز انجام داده که رشد سرمایه گذاری اکتشاف یک مدل ریاضی برای تخمین زدن تولید یا بازیابی ذخیره شامل مدل لوجیستیک، مدل هربرت و مدل گومپرترز می باشد.

این مدل ها ارتباط قطعی برای تخمین زدن رشد ذخیره های شرکت نفتی می باشند و در هر صورت همانطور که مدل ها آشکار می سازند، نقش رشد ذخیره های ثابت شده تجمع یافته با زمان تنها یک پدیده صوری است. فی نفسه نتایج اکتشاف بر پایه حجم کاری اکتشاف در یک دوره به خصوص بوده است در حالیکه تکمیل و اجرای حجم کاری اکتشاف بر طبق فرض اثبات شده ی سرمایه گذاری اکتشاف قطعی می باشد. بنابراین منطقی تر است که یک مدل ارتباطی بین ذخیره های ثابت شده و حجم کاری اکتشاف فراهم گردد که معمولا این ارتباط از نوع منحنی نمایی اکسپوننشالی می باشد. البته که مدل ارتباطی مذکور می تواند همچنین توضیحی بین ذخیره های ثابت شده N و سرمایه گذاری اکتشاف بر طبق معادله 2-8 باشد.

$$N = b - a \exp(-kf) \quad (2-8)$$

این مدل نشان دهنده این است که نقش رشد ذخیره های ثابت شده برای واحدهای جغرافیایی با شرایط جغرافیایی ساده و ذخیره کننده هایاز نوع با اهمیت کمتر تخمین زده می شوند که این ذخیره کننده های نفتی با ابعاد بزرگتر بوده و در دوره های زمانی سرمایه گذاری اولیه کشف شده اند و نیز ذخیره های ثابت شده رشد سریعتری در دوره های ابتدایی اکتشاف دارند؛ با این وجود همانطور که ذخیره کننده های اصلی و لایه های اصلی با موفقیت کشف شده اند، سختی اکتشاف به تدریج افزایش یافته و ذخیره ها به کندی در دوره های میانی و انتهایی خود رشد می کنند. معادله 2-8 ارتباط بین ذخیره های ثابت شده ی تجمع یافته و سرمایه گذاری اکتشاف را نشان می دهد که ضرایب $a > 0, b > 0, k > 0$ می توانند با فیت کردن تاریخچه داده های ذخیره های ثابت شده ی تجمع یافته و سرمایه گذاری اکتشاف تجمع یافته در دوره های گوناگون اکتشاف با استفاده از روش حداقل مربعات پردازش گردند.

3.2.2. مدل ارتباطی میان خروجی و سرمایه گذاری

خروجی میدان نفتی بستگی به بلوک های توسعه یافته و سرمایه گذاری اکتشاف بعد از تولید می باشد. بنابراین مدل ارتباطی میان خروجی و سرمایه گذاری اکتشاف بر طبق معادلات ذیل توضیح داده می شود.

$$q_t = \sum_{k=1}^t \lambda_{t-k+1} w_k + w_t \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (2-9)$$

$$w_t = \frac{1}{\alpha + \beta} I_t^D \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (2-10)$$

3.2.3. مدل هزینه تولید

بر طبق سیستم شمارش چینی سرمایه گذاری توسعه شرکت نفتی به دو قسمت تقسیم می گردد: یک بخش سرمایه گذاری ساخت تولیدات جدید که بنام سرمایه گذاری ساخت مهندسی توسعه میدان نفتی می باشد که شامل سرمایه گذاری حفاری و سرمایه گذاری ساخت مهندسی سطح می باشد و بخش دیگر ظرفیت تولید نگهداری سرمایه گذاری که به بنام هزینه عملیاتی میدان نفتی می باشد.

مطالعات متعددی بر روی هزینه تولید منابع با قابلیت تجدید پذیری مجدد انجام گرفته و هزینه تولید گام می رود که درباره موارد مطلوب، محتوی آب، قیمت نفت و ... یا تابعی از خروجی تجمع یافته و ذخیره های قابل بازیابی نگهداری شده باشند. از طریق مطالعات بر روی مدل های رگرسیونی مختلف دریافت شد که یک فرم لگاریتمی برای مدل هزینه تولید نفت وجود دارد که بهترین درجه فیت شدن را دارا می باد.

$$C_t = \exp(a_1 + b_1 \ln N_{pt} + b_2 \ln R_t + b_3 \ln \tau_t) \quad (2-11)$$

4. مدل بهینه سرمایه گذاری بر روی اکتشاف و توسعه پتروشیمی

4.1. متغیرهای تصمیم ساز

هدف اصلی برای بهینه سازی سرمایه گذاری اکتشاف و توسعه، یافتن ارتباط نسبی میان سرمایه گذاری اکتشاف و سرمایه گذاری توسعه در یک دوره طولانی مدت زمانی می باشد؛ بنابراین یک شرکت نفتی می تواند بیشترین سود را کسب نماید. دو متغیر تصمیم ساز I_t^E و I_t^D می باشند که به معنای سرمایه گذاری اکتشاف در سال T ام و I_t^D به معنای سرمایه گذاری توسعه در سال T ام می باشد.

4.2. تابع واقعی

برای شرکت نفتی با m حوضچه تحمل کننده، تابع حقیقی n سال توسعه یافتگی برای این m حوضچه تحمل کننده بیشترین مقدار حال حاضر خالص است که می تواند توسط معادله زیر توضیح داده شود (معادله 1-3).

$$\max NPV = \sum_{t=1}^n \left[\sum_{j=1}^m (P_t q_{tj} - I_j^E - I_j^D - C_{tj}) (1 + r_t)^{-t} \right] \quad (3-1)$$

4.3. شرایط محدود کننده

(1) شرایط مرزی

مجموع I_t^E و I_t^D بیش از I_t نباید باشد و یست، در جاییکه I_t به معنای محدودیت های سرمایه گذاری مجموع در سال t است که عبارت می باشد از:

$$I_t^E + I_t^D \leq I_t \quad (3-2)$$

(2) محدودیت نسبت ذخیره/تولید

به منظور اندازه گیری ذخیره ما نیازمند به در نظر گرفتن کیفیت ذخیره ها، نرخ کاهش و رطوبت محتوی در مرحله اکتشاف و توسعه میدان نفتی می باشیم. بر طبق میدان نفتی حقیقی برای اندازه گیری ذخیره ها که می تواند با ثبات بوده و بهبود نتیجه را در پی داشته باشد، تحت معادله ذیل توضیح داده می شود:

$$\phi_t \leq \frac{\sum_{j=1}^m N_{t,j}}{\sum_{t=1}^n q_{t,j}} \quad (3-3)$$

(3) محدودیت تولید

به منظور تامین ادامه دار بودن فعالیت های توسعه ای میدان نفتی، بر حذر بودن از توسعه بیش از اندازه و مخرب در هر سال، باید اطمینان حاصل کرد که فعالیت های اکتشاف و توسعه با محدودیت بازده حداکثری ادامه پیدا می کنند. فرض کنید برای ماکزیموم (q_t) تولید سالانه شامل محدودیت های زیر می باشد:

$$q_t \leq \max(q_t) \quad (3-4)$$

(4) محدودیت سرمایه گذاری توسعه

سرمایه گذاری اکتشاف آماده سازی برای توسعه می باشد و بنابراین قبل از سرمایه گذاری برای حفاری، سرمایه گذاری اکتشاف کمتر از یک ضریب تنظیم ρ برای سرمایه گذاری توسعه نبوده است

$$\sum_{k=1}^t I_k^E \leq \rho \sum_{k=1}^t I_k^D \quad (3-5)$$

4.4. محدودیت مدل بهینه سازی

$$\max NPV = \sum_{t=1}^n \left[\sum_{j=1}^m (P_t q_{t,j} - I_j^E - I_j^D - C_{t,j}) (1 + r_t)^{-t} \right]$$
$$\text{s.t.} \begin{cases} I_t^E + I_t^D \leq I_t \\ \phi_t \leq \frac{\sum_{j=1}^m N_{t,j}}{\sum_{t=1}^n q_{t,j}} \\ q_t \leq \max(q_t) \\ (1/\rho) \sum_{k=1}^t I_k^E \leq \sum_{k=1}^t I_k^D \end{cases} \quad (3-6)$$

این مدل یک مدل برنامه نویسی غیر خطی در ارتباط با متغیرهای پیچیده می باشد. این مدل بهینه سازی نمی تواند با روش های مرسوم حل نمی شود. اما می تواند با الگوریتم ژنتیک حل شود. در الگوریتم ژنتیک تابع هدف مورد نیاز می باشد بیش از ممتد بودن یا متفاوت بودن قابل محاسبه می باشد. همچنین الگوریتم های ژنتیک یک مطالعه بهینه سازی در تمامی جنبه ها می باشد که علی الخصوص برای مسائل غیر خطی پیچیده مناسب می باشد، بنابراین برای حل مسائل فوق بروز رسانی شده است.

5. مطالعه موردی

محاسبات موردی بر پایه داده های بلوک های عملکردی متعدد برای یک میدان نفتی در چین می باشند. فرض می کنیم شرکت نفتی نیازمند تنظیم یک پلن سرمایه گذاری برای اکتشافات و توسعه سرمایه گذاری در ده سال آینده می باشد.

داده های مربوط به سرمایه گذاری برای سرمایه گذاری حفاری، سرمایه گذاری ساختاری مهندسی سطح و داده خروجی نفت ده بلوک مخزنی در جدول 1 در سال 2005 ارائه شده اند. به علت این که نوع این بلوک های مخزنی ساده می باشد، آن ها مستقیماً به عنوان مدل DMUS و DEA ارائه می شوند. ضرایب تاثیر گذاری سرمایه گذاری (Θ) از هر بلوک می تواند توسط روش ارائه شده در بخش 2.1 حاصل شود. همانطور که در جدول 1 نشان داده شده است سرمایه گذاری های مهندسی توسعه نفتی در بلوک های شماره 1، 5، 8 و 10 بر طبق روش DEA موثر هستند. با این وجود

ضرایب تاثیر گذاری نسبی سرمایه گذاری محصول محور توسط معادله 2-6 و 2-7 با لحاظ کردن $\alpha = 110 \text{ Yuan/t}$; $\beta = 60 \text{ Yuan/t}$ محاسبه می شوند.

جدول 1. داده های سرمایه گذاری تولید و سرمایه گذاری خروجی برای هر بلوک در سال 2005

θ	خروجی (1000 یوان)	سرمایه گذاری محدود کننده مهندسی سطح (10000 یوان)	سرمایه گذاری حفاری (10000 یوان)	شماره سریال بلوک
1.0000	15.3	778	649	1
0.9455	11.9	772	812	2
0.9310	17.3	1172	715	3
0.9250	12.2	88	752	4
1.0000	15.4	1130	760	5
0.9996	6.9	663	649	6
0.9872	18.6	921	648	7
1.0000	9.5	546	715	8
0.9265	171	1468	718	9
1.0000	8.3	342	678	10

جدول 2. داده های سرمایه گذاری اکتشاف و ذخیره های ثابت شده

نسبت خطای مرتبط (%)	ذخیره های ثابت افزایش یافته (10000 تن)	سرمایه گذاری اکتشاف (10000 یوان)	شماره سریال سال سرمایه گذاری
20.24	40.45	4396	2006
42.51	59.62	4098	2007
20.40	20.76	1000	2008
4.49	21.21	1001	2009
0.72	10.61	1771	2010
1.60	72.19	19,869	2011
11.06	91.35	10,430	2012
19.83	131.2	12,208	2013
6.72	115.94	19,159	2014
7.14	140.45	18,120	2015

جدول 3. هزینه عملیاتی کردن نفت، خروجی و نگهداری ذخیره های قابل برگشت

نسبت خطای مرتبط (%)	هزینه تخمینی (تن/یوان)	هزینه واقعی (تن/یوان)	ذخیره های قابل بازگشت نگهداری شده (10000 تن)	خروجی (10000 تن)	شماره سریال سرمایه گذاری سالانه
4.16	354.58	340.42	2674	84	2006
1.98	359.81	352.81	2617	84	2007
2.66	360.54	350.68	2557	87	2008
3.55	360.01	348.17	2490	99	2009
7.50	389.35	362.17	2413	114	2010
0.14	422.14	421.57	2327	128	2011
0.60	506.16	509.20	2242	127	2012
4.57	559.39	534.92	2158	126	2013
4.21	601.52	577.23	2069	128	2014
6.16	626.45	590.07	1982	131	2015

داده سرمایه گذاری اکتشافی و ذخیره ثابت شده ی نمودی در ده سال گذشته در جدول 2 لیست شده اند. ما روش حداقل مربعات را برای بدست آوردن مدل ارتباطی سرمایه گذاری اکتشافی تجمع یافته و رشد ذخیره ثابت شده را که با نرم افزار MATLAB R2013b برای معادله رگرسیون (8-2) مدل ذخیره ثابت شده نمایی و پارامترهای وابستگی آن شامل a ، b و k بر طبق داده های حقیقی پیشین ده سال گذشته عملیات گردیده اند را استفاده نموده ایم. بصورت همزمان ما همچنین مدل بدست آوردن را برای تخمین سرمایه گذاری اکتشافی در ده سال گذشته را استفاده نموده ایم.

داده های عملیاتی میداین نفتی و نیز خروجی نفت مانند ذخیره قابل برگشت نگهداری شده در ده سال گذشته در جدول 3 لیست شده اند. مدل تابع هزینه عملیاتی میدان نفتی (2-4) بر طبق معادله (11-2) با داده مرتبط در جدول 3 توسط نرم افزار MATLAB R2013b فیت شده است.

$$N = 1.056 - 120.4 \exp(-1.993 \times 10^{-5}f) \quad (4-1)$$

بر اساس مدل بهینه سازی (6-3) و داده های مربوط به سرمایه گذاری هر سال و نیز نرخ در جدول 4 همانند نتایج تخمین زدن فوق، ما مدل بهینه را برای ساخت پلن اکتشاف و سرمایه گذاری توسعه از سال 2006 تا 2015 را ارائه نموده ایم. علاوه بر این ما این مساله را با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل نموده و سرمایه گذاری اکتشافی سالانه و نیز

سرمایه گذاری توسعه را همانند مقدار حاضر خالص آن را که در جدول 4 نشان داده ایم را بدست آورده ام. جهت چک کردن مدل مقدار خالص حال حاضر در جدول 4 نشان داده شده است.

$$\ln c_t = 242.1625 - 16.0159 \ln N_{Pt} - 7.4598 \ln R_t + 10.8764 \ln \tau_t \quad (4-2)$$

جدول 4. داده های سرمایه گذاری

مقدار حال حاضر خالص واقعی (10000 یوآن)	مقدار حال حاضر خالص (10000 یوآن)	سرمایه گذاری توسعه سالانه (10000 یوآن)	سرمایه گذاری اکتشاف سالانه (10000 یوآن)	سرمایه گذاری ساخت در واحد تولید (تن/یوآن)	نرخ کاهش سالانه تولید جامع (/)	سرمایه گذاری مجموع (10000 یوآن)	شماره سریال سال سرمایه گذاری
107,289	112,547	59,700	25,300	110	0	85,000	2006
130,932	136,472	55,900	24,100	120	0	80,000	2007
151,900	160,287	69,300	28,700	132	2	98,000	2008
171,520	181,910	76,500	41,500	133	1	118,000	2009
208,923	227,715	78,000	42,000	159	3	120,000	2010
189,477	200,523	89,400	25,600	160	6	115,000	2011
153,645	170,347	120,800	32,200	158	10	153,000	2012
119,863	126,074	170,900	67,100	172	12	238,000	2013
99,223	119,904	205,700	72,300	183	14	278,000	2014
99,134	109,141	251,500	99,500	212	15	351,000	2015
1,431,906	1,544,920	1,177,700	458,300	1539	7.18	1,636,000	Total/average

ابعاد نسبی سرمایه گذاری اکتشافی بر روی این میدان نفتی مقداری بالغ بر 4/583 میلیارد یوآن، سرمایه گذاری توسعه 11/777 میلیارد یوآن، نسبت معدل سرمایه گذاری اکتشاف و توسعه 7/18، مقدار مجموع مقدار خالص حال حاضر تخمینی اکتشاف و سرمایه گذاری توسعه 15/4492 میلیارد یوآن و مقدار حال حاضر خالص واقعی اکتشاف و سرمایه گذاری توسعه 14/3191 میلیارد یوآن می باشد. با مقایسه مقدار حال حاضر خالص تئوری به مقدار حال حاضر خالص واقعی میدان نفتی دریافتیم که این نتایج با واقعیت بیشتر فیت شده و بازدهی اکتشاف و توسعه میدان نفتی را بهتر نشان داد که می تواند یک بستر محکم برای اقدامات سرمایه گذاری میادین نفتی با ثبات در دراز مدت را فراهم نماید.

6. نتیجه گیری

همراه با توجه به ساختار سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه شرکت های نفتی ایده های ذیل ارائه می گردند: ارتباط بین رزورهای ثابت و سرمایه گذاری تحقیقات می تواند با مدل اکسپوننتی توضیح داده شود؛ مدل ارتباطی بین ساخت مهندسی تولید نفتی و توسعه نفتی سرمایه گذاری می تواند با روش DEA تامین شود؛ حل بهینه سازی از مدل NPV جامع با ابعاد بزرگ می تواند با الگوریتم ها و برنامه نویسی ساده حاصل شود. روش های بالا می توانند زیر بنای شرکت های پتروشیمی را برای ساخت پلنینگ استراتژی تحقیقات و توسعه فراهم نمایند. علاوه بر این احتمالاً این موارد منابعی برای نقطه کوری و موضوع بودن در طی تحقیقات و سرمایه گذاری توسعه ای می باشند.

θ ضریب قضاوت تاثیر سرمایه گذاری، بدون بعد $0 \leq \theta \leq 1$

θ^* حل بهینه تاثیر سرمایه گذاری، بدون بعد $0 \leq \theta^* \leq 1$

ϵ مقدار بسیار کوچک غیر ارشمیدسی

x_{ij} مقدار سرمایه گذاری DMU i ($i = 1, 2, \dots, v, j = 1, 2, \dots, n$)

y_{rj} کمیت خروجی DMU j ($r = 1, 2, \dots, s$)

s_i^-, s_r^+ متغیرهای منقطع

λ_j متغیر تصمیم ساز برای مدل DEA

X_h ($h = 1, 2, \dots, l$) آمین نمونه ذخیره کننده

$X_{h\tau}$ اندیس ورودی h ($h = 1, 2, \dots, l; \tau = 1, 2, \dots, \mu$) the τ

$g1j$ سرمایه گذاری حفاری توسعه های مطلوب در آمین ذخیره کننده گروه، 10000 یوان

$g2j$ سرمایه گذاری ساخت مهندسی سطح توسعه های مطلوب در آمین ذخیره کننده گروه، 10000 یوان

$q1j$ خروجی نفت توسعه های مطلوب در آمین ذخیره کننده گروه، 10000 یوان

l شماره سریال نمونه های ذخیره کننده سرمایه موثر

g'_{1t} سرمایه گذاری حفاری توسعه های مطلوب در امین ذخیره کننده سرمایه گذاری مطلوب، 1000 یوآن

g'_{2t} سرمایه گذاری ساخت مهندسی سطح توسعه های مطلوب در امین ذخیره کننده سرمایه گذاری مطلوب،

10000 یوآن

q'_{1t} خروجی نفت توسعه مطلوب در ذخیره سرمایه گذاری موثر ام

α سرمایه گذاری حفاری موثر برای واحد تولید در هر گروه از ذخیره کننده ها، یوآن/تن

β سرمایه گذاری ساخت مهندسی سطح موثر برای واحد تولید در هر گروه از ذخیره سازها، یوآن/تن

N ذخیره های ثابت شده تجمع یافته، 10000 تن

f سرمایه گذاری اکتشاف تجمع یافته، 1 میلیون یوآن

a, b, k ضرایب اندازه گیری شده

$q_{t,j}$ خروجی نفت از امین بلوک خم تحمل کننده در سال t ام، 10000 تن

λ_{t-k+1} فاکتور کاهش خروجی در $t-k+1$ امین سال، %

w_t ظرفیت جدید در سال t ام، 10000 تن

I_t^D سرمایه گذاری توسعه در سال t ام، 10000 یوآن

C_t هزینه عملیاتی کردن تولید نفت و گاز در سال t ام، 10000 یوآن

a_1, b_1, b_2, b_3 ضرایب فیت کردن

N_{pt} تجمع یافتگی تولید در سال t ام، 10000 تن

R_t ذخیره های قابل بازگشت باقی مانده در سال t ام، 10000 تن

τ_t زمان تولید نفت و گاز تجمع یافته در سال t ام

NPV تابع عملی، ارائه دهنده موارد مطلوب، 10000 یوآن

P_i قیمت نفت در سال t ام، یوآن / تن

I_t^E سرمایه گذاری اکتشاف در سال t ام، 10000 یوآن

I_t محدودیت های مجموع سرمایه گذاری در اکتشاف و توسعه در سال t ام، 10000 یوآن

ϕ_t نسبت تولید به ذخیره در سال t ام

$q_{t,j}$ خروجی بلوک تحمل کننده j ام در سال t ام، 10000 یوآن

$\max(q_t)$ حداکثر محدودیت خروجی سالانه در سال t ام، 10 تن

$0 \leq \rho \leq 1$ ضریب تنظیم کنندگی ρ

References

- [1] K.T. Midthun, M. Fodstad, L. Hellemo, Optimization model to analyse optimal development of natural gas fields and infrastructure, Energy Procedia 64 (2015) 111e119.
- [2] Zhang Daoyong, Statistic model based on drill footage proved reserves and its application, J. Daqing Pet. Inst. 30 (2) (2006) 20e22.
- [3] J.M. Chermak, R.H. Patrick, A micro econometric test of the theory of exhaustible resources, J. Environ. Econ. Manag. 42 (1) (2001) 82e103.
- [4] R. Halvorsen, T.R. Smith, A test of the theory of exhaustible resources, Q. J. Bus. Econ. 106 (1) (1992) 123e140.
- [5] J. Livernois, Empirical evidence on the characteristics of extractive technologies: the case of oil, J. Environ. Econ. Manag. 14 (1) (1991) 72e86.
- [6] Ye Jin Gen, Zhang Zai Xun, The data envelopment analysis method application in Shengli oilfield investment benefit evaluation, J. Univ. Pet. 25 (2) (2001) 119e124 (in Chinese).
- [7] Wang YuTao, Jiang ShaoBin, Li Na, et al., 10 years in xinjiang oilfield petroleum exploration investment benefit and influence factors analysis, Oil Forum 1 (2012) 12e16 (in Chinese).
- [8] Liu Guoquan, Jia Li, Liu Juanxia, et al., Prediction method of proven oil reserve growth trend and its application, China Pet. Explor. 19 (4) (2014) 70e74.
- [9] Zhu Jie, Che Chang Bo, Liu Cheng lin, et al., Contrastive analysis of reserves increasing prediction models, Xi'an Shiyou Univ. Nat. Sci. Ed. 23 (5) (2008) 21e23.
- [10] Li Feng, Zhang XiaoHui, Qu DeBin, et al., Based on the principal component regression model of water drive oilfield operation cost prediction, Oil Gas Technol. 34 (9) (2012) 136e143.
- [11] Zheng YuHua, Luo DongKun, Investment optimization in oil and gas plays, Pet. Explor. Dev. 36 (4) (2009) 535e540 (in Chinese).
- [12] B. Helmi-Oskoui, R. Narayanan, T. Glover, et al., Optimal extraction of petroleum resources: an empirical approach, Resour. Energy 14 (3) (1987) 267e285.
- [13] Bing Yi Li, Yan Bing Lin, Xiao Han Zhao, et al., Based on the dynamic model of oil field exploration and development project investment optimization, Math. Pract. Theory 45 (18) (2015) 20e27 (in Chinese).