

## کاربرد اختیارات حقیقی در ارزشگذاری پروژه توسعه میدان گازی پارس جنوبی

منصور خلیلی عراقی\*، اکبر کمیجانی\*\* و زینب کسرائی\*\*\*

تاریخ دریافت: ۲۷ بهمن ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: ۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۳

### چکیده

در این مقاله با معرفی اختیارات حقیقی، به ارزشگذاری پروژه های سرمایه گذاری می پردازیم. با توجه به اینکه یکی از کاربردهای اختیارات حقیقی، ارزشگذاری پروژه های توسعه نفت و گاز با درجه عدم اطمینان بالا و هزینه های سرمایه گذاری قابل ملاحظه می باشد، در این پژوهش توسعه فازهای منتخب میدان گازی "پارس جنوبی" به عنوان بزرگترین منبع مستقل گازی جهان که حدود نیمی از ذخایر گازی ایران را تشکیل می دهد و بین ایران و قطر مشترک است ارزشگذاری می گردد. بر اساس نتایج حاصل از مدل، ارزش پروژه با استفاده از رویکرد اختیارات حقیقی در مقایسه با روش های سنتی از جمله روش جریان نقدی تنزیل شده بیشتر است. ضمن اینکه در این رویکرد، امکان تعیین زمان بهینه انجام توسعه وجود دارد.

**کلمات کلیدی:** اختیارات حقیقی، ارزشگذاری، عدم اطمینان، میدان گازی پارس جنوبی

طبقه بندی JEL: C6, D81, G13, Q40

### ۱. مقدمه

ارزشگذاری شرکت ها و پروژه های سرمایه گذاری در شرایط عدم اطمینان باید به گونه ای انجام شود که توانایی واکنش به تغییرات آتی وجود داشته باشد. بکارگیری اختیارات حقیقی (RO)<sup>۱</sup>

khalili@ut.ac.ir

\* استاد دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران

komijani@ut.ac.ir

\*\* استاد دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران

kasraei.z@gmail.com

\*\*\* دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه مفید

بر مبنای شباهت بین فرصت‌های سرمایه‌گذاری و اختیارهای مالی، اجازه در نظر گرفتن اختیارهای ممکن موجود در ارزشگذاری را می‌دهد. در این رویکرد با وجود اختیارهای حقیقی، توانایی تصمیم‌گیران در واکنش به شرایط بازار افزایش یافته و منجر به توسعه ارزش پروژه‌های سرمایه‌گذاری با حفظ یا ارتقای سود و یا محدود کردن ضرر می‌شود.

اختیار حقیقی یک حق و نه یک تعهد برای انجام فعالیت‌هایی بمانند به تعویق انداختن، گسترش یا واگذاری در دوره‌ای معین و با هزینه‌ای از پیش تعیین شده است. دو کاربرد اصلی رویکرد اختیارهای حقیقی در ارزشگذاری شرکت‌ها و نیز ارزشگذاری پروژه‌های سرمایه‌گذاری است. در ارزشگذاری پروژه‌های سرمایه‌گذاری، روش اختیارهای حقیقی نوع تکامل یافته و پویای روش جریان نقدی تنزیل شده (DCF)<sup>۱</sup> است که کاربردهای فراوانی در اقتصاد دارد.

روش جریان نقدی تنزیل شده فرض می‌کند که سرمایه‌گذار باید تمامی عایدی‌های ممکن یک پروژه را بدلیل تصمیم به سرمایه‌گذاری در پروژه بپذیرد؛ بنابراین این روش سرمایه‌گذاری به عنوان یک فرصت "حال یا هرگز" در نظر گرفته می‌شود؛ تصمیمات سرمایه‌گذاری غیر قابل تغییر بوده و امکان واکنش سریع و متناسب نسبت به تغییر شرایط آتی وجود ندارد. درحالی‌که روش‌های سنتی ارزش انعطاف‌پذیری را نادیده می‌گیرند، در رویکرد اختیارهای حقیقی فرصت سرمایه‌گذاری در یک پروژه به عنوان یک اختیار خرید بر روی ارزش حال جریان نقدینگی انتظاری سرمایه‌گذاری دیده می‌شود. امروزه تئوری اختیارهای حقیقی به عنوان یک ابزار نوآورانه در برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری و ارزشگذاری‌های پذیرفته شده است و مدیریت کارآمد از اختیارهای خود به گونه‌ای استفاده می‌کند که ارزش پروژه با وجود ریسک کاهش نیابد.

با توجه به ویژگی‌های رویکرد اختیارهای حقیقی، می‌توان آن را در ارزشگذاری پروژه‌های سرمایه‌گذاری بخصوص پروژه‌های نفت و گاز که با عدم اطمینان مواجه بوده و نیازمند انجام هزینه‌های سرمایه‌گذاری زیاد است مورد استفاده قرار داد. این روش، علاوه بر تعیین ارزش پروژه با در نظر گرفتن اختیارهای ممکن برای سرمایه‌گذار، زمان بهینه اعمال اختیار را نیز مشخص می‌کند.

بر مبنای آخرین گزارش ارائه شده توسط BP در سال ۲۰۱۳، ایران دومین تولیدکننده نفت اوپک و اولین دارنده ذخایر گازی جهان است (بی‌بی‌سی، ۲۰۱۳) و به عنوان یکی از قطب‌های نفت و گاز جهان به حساب می‌آید. در این شرایط ایران به دلیل موقعیت ژئوپلیتیکی و شرایط اقتصادی

1. Discounted Cash Flow

خود برای استفاده مطلوب از ذخایر موجود، نیازمند توسعه و استخراج بهینه ذخایر نفت و گاز بخصوص میادین مشترک می‌باشد. از جمله مهم‌ترین منابع ذخایر عظیم گازی در کشور، میدان گازی پارس جنوبی است که به‌عنوان بزرگ‌ترین منبع مستقل گازی جهان بین ایران و قطر مشترک است و ۷/۳ درصد از کل ذخایر دنیا را تشکیل می‌دهد. به‌دلیل مشترک بودن این میدان، با تولید بیش‌تر توسط یک طرف، جریان گاز و میعانات گازی موجود در مخزن به آن سمت انتقال خواهد یافت. بنابراین دو کشور ایران و قطر همواره در تلاش‌اند تا با اجرای طرح‌های مختلف، سهم بیشتری از تولید گاز را به خود اختصاص دهند.

نظر به اهمیت میدان گازی پارس جنوبی، در این مقاله با کاربرد اختیارات حقیقی در پی ارزشگذاری پروژه مورد مطالعه و با توجه به اهمیت زمان در میادین مشترک، تعیین زمان بهینه توسعه هستیم. در بخش دوم مقاله به رویکرد اختیارات حقیقی، مبانی نظری و روش‌های ارزشگذاری اختیارها پرداخته و انواع و کاربردهای اختیارات حقیقی را مورد ملاحظه قرار می‌دهیم. در بخش سوم پیشینه تحقیق و مطالعات انجام شده در این زمینه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش چهارم ارزشگذاری توسعه میدان گازی پارس جنوبی با استفاده از روش DCF انجام گرفته و پس از آن پروژه مورد مطالعه با استفاده از رویکرد اختیارات حقیقی ارزشگذاری شده و زمان بهینه اعمال اختیار مشخص می‌گردد. بخش پنجم نیز به نتیجه‌گیری اختصاص خواهد یافت.

## ۲. رویکرد اختیارات حقیقی، مروری بر مبانی نظری و ادبیات موضوع

در یک قرارداد اختیار، دارنده اختیار دارای حق و نه تعهد برای خرید یا فروش دارایی معین در یک قیمت خاص (قیمت توافقی)<sup>۱</sup> در و یا قبل از زمان سررسید در ازای پرداخت ارزش معینی می‌باشد. در صورتی که حق اعمال اختیار پیش از سررسید وجود داشته باشد اختیار امریکایی و در صورتی که اعمال اختیار تنها در زمان سررسید امکان پذیر باشد اختیار را اروپایی می‌نامند. اختیار حقیقی یک حق و نه یک تعهد برای انجام فعالیت‌هایی بمانند به تعویق انداختن، گسترش یا واگذاری در دوره‌ای معین و با هزینه‌ای از پیش تعیین شده است.

ارزشگذاری اختیارها معمولاً با استفاده از روش‌های عددی<sup>۱</sup> انجام می‌پذیرد که از جمله مهمترین این روش‌ها می‌توان به فرآیندهای شبیه‌سازی، روش‌های شبکه‌ای و حل معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی اشاره نمود.

برای دستیابی به مدل قیمت‌گذاری اختیار بلک-شولز-مرتین (BSM)<sup>۲</sup>، ابتدا معادلات و مفاهیمی را بیان می‌کنیم؛ مدلی را در نظر می‌گیریم که در آن  $S$  یک دارایی ریسکی،  $\mu$  نرخ بازده انتظاری و  $\sigma$  تلاطم قیمت دارایی و  $W(t)$  یک متغیر تصادفی نرمال استاندارد می‌باشد. فرآیند تغییر قیمت دارایی پایه بصورت زیر است:

$$dS(t) = \mu S dt + \sigma S dW(t) \quad (1)$$

رابطه (۱) یک معادله دیفرانسیل تصادفی است که در آن  $dW(t) = z_t \sqrt{dt}$  تغییر در یک فرآیند واینری<sup>۳</sup> است که بصورت نرمال توزیع شده است؛ اساساً یک مدل تصادفی، از فرآیند واینری یا حرکت براونی هندسی (GBM)<sup>۴</sup> مشتق می‌گردد که ارزش در زمان  $t$  با  $W(t)$  نشان داده می‌شود:

$$W(t_{k+1}) = W(t_k) + z(t_k) \sqrt{\Delta t} \quad (2)$$

حرکت براونی عدم اطمینان در ارزش‌های آتی را نشان می‌دهد که در آن  $Z(t_k)$  متغیر تصادفی نرمال استاندارد بوده و تفاضل  $W(t)$ ها متغیر تصادفی با میانگین صفر و واریانس  $\Delta t$  و دارای توزیع نرمال است. حرکت براونی هندسی دارای ویژگی‌هایی است که از جمله می‌توان به مستقل بودن تفاضل‌ها و مشتق‌پذیر نبودن مسیرهای این فرآیند اشاره کرد. در رابطه (۱) اگر  $W(t)$  وجود نداشت این رابطه یک معادله دیفرانسیل معمولی بود اما با وجود آن، معادلات دیفرانسیل حاصل بدلیل تصادفی بودن با روش‌های معمولی حل نمی‌گردند. بنابراین با استفاده از لم ایتو<sup>۵</sup> برای حل انتگرال‌های تصادفی به فرمول ضمنی قیمت  $S$  می‌رسیم:

$$S(t) = S(\cdot) \exp \left\{ \sigma W(t) + \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 t \right) \right\} \quad (3)$$

- 
1. Numerical Methods
  2. Black-Scholes-Merton
  3. Wiener Process
  4. Geometric Brownian Motion
  5. Ito's Lemma

فرمول BSM را می توان با استفاده از حد مدل دو جمله ای، ارزش انتظاری و نیز با استفاده از معادله دیفرانسیل جزئی بدست آورد. بر اساس رویکرد معادله دیفرانسیل جزئی (PDE)<sup>۱</sup> در معادله BSM با در نظر گرفتن اختیاری با عایدی  $g(C(t))$ ، قیمت اختیار در زمان  $t$  بوسیله  $C(t, S(t))$  تعیین می گردد که تابع  $C$  به عنوان راه حلی برای معادله دیفرانسیل جزئی بلک- شولز- مرتن و شرایط مرزی خواهد بود. با استفاده از لم ایتو برای فرآیند  $C(t, S(t))$  داریم:

$$dC(t, S(t)) = \left[ C_t + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 C_{SS} + \mu S C_S \right] dt + \sigma S C_S dW \quad (4)$$

با در نظر گرفتن ارزش سبدی متشکل از دارایی پایه و قیمت مشتقه آن، نهایتاً به رابطه زیر می رسیم (زاپاترو و سویتانی، ۲۰۰۴: ۲۴۶).

$$C_t + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 C_{SS} + r(S C_S - C) = 0, \quad C(t, S) = g(S) \quad (5)$$

رابطه (۵) معادله دیفرانسیل BSM است و به ازای هر مشتقه ای که دارایی پایه آن  $S$  باشد می توان این معادله را حل کرد و در حل آن باید شرایط مرزی را در نظر گرفت. در صورتی که  $S$  قیمت دارایی،  $K$  قیمت توافقی،  $T$  زمان باقی مانده تا سررسید و  $\sigma$  تلاطم قیمت دارایی و  $r$  نرخ بدون ریسک<sup>۲</sup> باشد بر اساس معادله BSM ارزش اختیار اروپایی برابر است با:

$$C(t, S) = SN(d_1) - Ke^{-r(T-t)}N(d_2) \quad (6)$$

که در آن  $N(d)$  احتمال تجمعی تابع توزیع نرمال استاندارد است.

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} \quad (7)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} \quad (8)$$

این مدل بر مبنای برخی فروض بنا نهاده شده است از جمله اینکه واریانس بازده در طول زمان ثابت است. (بلک و شولز، ۱۹۷۳: ۶۴۳)

فرمول BSM را می توان به عنوان ارزش انتظاری و مستقیماً با استفاده از توابع توزیع نرمال استاندارد بدست آورد. برای یک اختیار خرید اروپایی با قرار دادن زمان حال برابر صفر و با استفاده از رابطه  $E[e^{-rT}\{S(t) - K\}^+]$  به BMS دست می یابیم. از آنجا که تحت

1. Partial Differential Equation  
2. Risk-free Rate

احتمال ریسک خنثی متوسط بازده  $S$  برابر با نرخ بدون ریسک  $r$  خواهد بود، مقدار  $\mu$  در معادله فوق را با  $r$  جایگزین کرده و با انجام محاسباتی به فرمول بلک-شولز - مرتن (رابطه ۶) می‌رسیم. بدلیل طولانی بودن روابط توجه خوانندگان را به منبع مورد نظر جلب می‌کنیم (زاپاترو و سویتانی، ۲۰۰۴: ۲۶۸-۲۶۶؛ درخشان، ۱۳۸۳: ۴۷۹-۴۷۵؛ هال، ۲۰۰۹: ۳۰۸-۳۰۷)

مدل درخت دو جمله‌ای کاکس، راس و رایبشتاین (CRR)<sup>۱</sup> که زیرمجموعه و مهمترین نوع از روش‌های شبکه‌ای در ارزشگذاری اختیارها می‌باشد، در سال ۱۹۷۹ ارائه گردید. این روش که دارای روش حل استقرای پس نگر<sup>۲</sup> است، برای حل دو مدل اختیار اروپایی و امریکایی کاربرد دارد. در این مدل که زمان تا سررسید به تعدادی بازه گسسته تقسیم می‌گردد، ارزش‌های اختیار در هر مرحله برای کاربر قابل مشاهده است. فرمول بلک - شولز - مرتن را می‌توان با استفاده از حد مدل دو جمله‌ای نیز بدست آورد؛ مزیت مدل ارزشگذاری اختیار دو جمله‌ای آنست که دارای انعطاف بوده و دامنه وسیعی از کاربردهای اختیارهای حقیقی را که دارای پیچیدگی بیشتر است نیز در بر می‌گیرد. در مدل درخت دو جمله‌ای که در این مقاله با استفاده از آن ارزشگذاری صورت می‌پذیرد، طول دوره زمانی بین دو گام،  $\Delta t$  در نظر گرفته شده و پارامترها بصورت  $u > e^{r\Delta t}$  و نیز  $d < 1$  در هر دوره زمانی می‌باشند. قیمت دارایی با افزایش به  $uS(t)$  و با کاهش به  $dS(t)$  می‌رسد به ترتیب با احتمالات  $p$  و  $q=1-p$ .

برای قیمت گذاری اختیار از احتمال ریسک خنثی استفاده می‌شود که با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه می‌گردند و در آن  $r$  نرخ بدون ریسک است (زاپاترو و سویتانی، ۲۰۰۴: ۲۱۷).

$$p^* = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \quad (۹)$$

$$q^* = \frac{u - e^{r\Delta t}}{u - d} \quad (۱۰)$$

بعلاوه داریم:

$$u = \frac{1}{d} \quad (۱۱)$$

در صورتی که عایدی بوسیله  $C = g(S(t))$  برای تابع غیر منفی  $g$  در سررسید داده شود تحت احتمال ریسک خنثی در زمان  $T$  ارزش اختیار برابر است با:

$$C(t) = e^{-r\Delta t} [p^* g(S(t))u + q^* g(S(t))d] \quad (۱۲)$$

1. Cox, Ross & Rubinstein  
2. Backward Induction

بنابراین داریم:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (۱۳)$$

در اختیار امریکایی برخلاف اختیار اروپایی در هر زمانی پیش از سررسید قابلیت اعمال وجود دارد که این حق باعث افزایش ارزش اختیار امریکایی نسبت به اروپایی بدلیل افزایش فرصت اعمال اختیارها می‌گردد. از جنبه نظری، ارزشگذاری یک اختیار امریکایی مستلزم حل یک مساله بهینه سازی تصادفی پویاست. با در اختیار داشتن یک اختیار امریکایی در هر لحظه باید درباره بهینه بودن اعمال یا عدم اعمال اختیار تصمیم‌گیری صورت گیرد. بر این اساس باید مقایسه‌ای بین دو مقدار صورت گیرد:

- ارزش ذاتی اختیار – عایدی که با اعمال فوری اختیار نصیب دارنده می‌شود.
- ارزش ادامه – ارزش انتظاری تحت شرایط ریسک خنثای ارزش تنزیل شده اختیار در فرصت اعمال بعدی که با انتظار برای فرصت‌های بهتر حاصل می‌گردد.

## ۲-۱. انواع و کاربردهای اختیارات حقیقی

از آنجا که رویکر اختیارات حقیقی از نظریه اختیارات مالی مشتق گردیده است، ارزشگذاری در این رویکرد بر مبنای شباهت آن با اختیارات مالی صورت می‌پذیرد.

جدول ۱. شباهت بین اختیارات مالی و حقیقی

اختیارات مالی	متغیر	اختیارات حقیقی
ارزش جاری دارایی پایه	S	ارزش حال جریان‌های نقدی آتی
قیمت توافقی	K	هزینه سرمایه‌گذاری
سود تقسیم شده	D	جریان نقدی به عنوان سهمی از ارزش حال دارایی
نرخ بدون ریسک	$r_f$	نرخ بدون ریسک
تلاطم قیمت	$\sigma$	تلاطم ارزش دارایی
زمان تا سررسید	T	زمان سررسید فرصت سرمایه‌گذاری

منبع: دیکسیت و پندیک، ۱۹۹۴

برای اختیارات حقیقی، کاربردهای متفاوتی متصور است و مهمترین زمینه‌های کاربردی آن ارزشگذاری سرمایه‌گذاری در منابع طبیعی، انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه املاک و مستغلات،

استراتژی شرکت ها، تحقیق و توسعه، ارزشگذاری بنگاه و سرمایه گذاری در فناوری اطلاعات می باشد. (لوند، ۲۰۰۸) اختیارات حقیقی را می توان به چند نوع عمده طبقه بندی نمود:

▪ اختیار به تعویق انداختن / اختیار زمانبندی<sup>۱</sup>: که یک اختیار خرید امریکایی بر ارزش پروژه است.

▪ اختیار واگذاری<sup>۲</sup>: اختیاری برای فروش یا اتمام عملیات پروژه سرمایه گذاری است که یک اختیار فروش امریکایی بر روی ارزش پروژه می باشد.

▪ اختیار گسترش<sup>۳</sup>: اختیاری برای سرمایه گذاری های بعدی و افزایش درآمد است در صورتی که شرایط مطلوب باشد؛ یک اختیار خرید امریکایی بر ارزش ظرفیت اضافی پروژه است.

▪ اختیار انقباض<sup>۴</sup>: اختیاری برای کاهش مقیاس عملیات پروژه و یک اختیار فروش امریکایی بر روی ارزش ظرفیت از دست رفته می باشد.

▪ اختیار تعویض / تغییر عملیات<sup>۵</sup>: اختیار تعویض ممکن است شامل طیف گسترده ای از انعطاف ها باشد که اجازه می دهد صاحب دارایی در انجام هزینه، بین دو عملیات ممکن قابلیت تعویض را داشته باشد. اختیار تغییر عملیات در شرایط تغییر شرایط کسب و کار مثل تغییر فناوری یا ظهور تکنولوژی جدید بوجود می آید.

### ۳. پیشینه مطالعات صورت گرفته

در زمینه کاربرد اختیارات حقیقی مایرز در سال ۱۹۷۷ برای اولین بار مفهوم اختیارات حقیقی را مطرح و شباهت های بین اختیارات مالی و حقیقی را مورد ملاحظه قرار داد. او نشان داد زمانی که یک پروژه سرمایه گذاری دارای ویژگی های نامطمئن است، ارزش پروژه باید برابر با ارزش حال خالص (NPV) پروژه بعلاوه ارزش اختیار آتی آن باشد. وی در مقاله خود در سال ۱۹۸۴ محدودیت های روش DCF را در منعکس نمودن انعطاف مدیریتی بیان کرده و اهمیت استراتژی شرکت ها را در فرآیند بودجه ریزی سرمایه مورد تحلیل قرار داد و پیشنهاد کرد که تصمیمات سرمایه گذاری بوسیله رویکرد ارزشگذاری اختیارات انجام شود.

- 
1. The Option to Defer / Timing Option
  2. The Option to Abandon
  3. Expansion Options
  4. Contraction Options
  5. The Option to Switch/ Change Operations
  6. Net Present Value



## کاربرد اختیارات حقیقی در ارزشگذاری پروژه ... ۷۵

پس از معرفی این رویکرد توسط مایرز، پژوهش‌های متعددی در این زمینه طی سالهای دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ میلادی در تکامل این رویکرد و بکارگیری آن در زمینه ارزشگذاری و استراتژی شرکت‌ها و نیز پروژه‌های سرمایه‌گذاری بکار گرفته شد.

مک دانلد و سیگل (۱۹۸۴)، یک مدل ارزشگذاری اختیارات حقیقی را ارائه نمودند که در آن فرض نمودند ارزش پروژه و سرمایه‌گذاری از فرآیند حرکت براونی هندسی تبعیت می‌نماید و ارزش انتظار برای سرمایه‌گذاری را بدست آوردند.

دیکست و پندیک (۱۹۹۴)، در کتاب خود تحت عنوان سرمایه‌گذاری در شرایط عدم اطمینان با رویکرد جدیدی به چگونگی تصمیمات سرمایه‌گذاری بنگاه‌ها در شرایط عدم قطعیت محیط اقتصادی پرداخته و با معرفی ارزش اختیارات در دستیابی به اطلاعات بیشتر با انتظار، چارچوب پویایی را نسبت به روش‌های سنتی در بررسی فرصت‌های سرمایه‌گذاری ارائه می‌دهند. آنها همچنین نشان دادند که روش‌های سنتی، ارزش بوجود آمده بوسیله تعویق سرمایه‌گذاری را نادیده می‌گیرند که این سبب خطا در سنجش ارزش پروژه خواهد شد. بنابراین، کل سرمایه‌گذاری یک تصمیم توأم با خطا خواهد بود. پروژه سرمایه‌گذاری می‌تواند تا بدست آوردن اطلاعات بیشتر منتظر مانده و سپس تصمیم سرمایه‌گذاری انجام گیرد که این همان اختیاری است که ارزش آن را نباید نادیده گرفت (دیکست و پندیک، ۱۹۹۴: ۲۴).

امرام و کولاتیلاکا (۱۹۹۹)، روش ارزشگذاری اختیارات حقیقی را به عنوان یک راه جدید برای مدیریت سرمایه‌گذاری موثر ارائه می‌دهند که منعکس‌کننده ریسک بالا و انعطاف‌پذیری زیاد در تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری توسط مدیران است. آنها تئوری قیمت‌گذاری اختیار و قوانین بازار مالی را در ارزیابی دارایی‌های غیر قابل مبادله بکار گرفته و بر استفاده مدیران از اختیار خود در اتخاذ تصمیمات مدیریتی در زمینه اختیاراتی بمانند سرمایه‌گذاری استراتژیک، انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری در منابع طبیعی و غیره تأکید می‌کنند (امرام و کولاتیلاکا، ۱۹۹۹).

آسوات دامورادان به عنوان یکی از پیشگامان در زمینه اختیارات حقیقی در سال ۲۰۰۲ در اثری تحت عنوان "ارزیابی سرمایه‌گذاری: ابزارها و تکنیک‌ها برای تعیین ارزش دارایی"، تمام روش‌های مورد استفاده برای ارزشگذاری پروژه‌های سرمایه‌گذاری را با توجه ویژه به مفهوم اختیارات حقیقی توصیف می‌کند.

ماریان برج (۲۰۰۳)، در تالیف خود با نام "اختیارهای حقیقی در عمل"، کاربرد تئوری را در عمل نشان داده و امکانات و روش‌های کاربرد مفهوم اختیارهای حقیقی در رشته‌های مختلف مانند داروسازی، سوخت، انرژی، فناوری‌های پیشرفته و شرکت‌های فعال در تجارت الکترونیک، بیوتکنولوژی و غیره را مورد توصیف قرار داده است.

شوارتز و تریجئورجیس (۲۰۰۲)، در زمینه اختیارهای حقیقی و سرمایه‌گذاری در شرایط عدم اطمینان عنوان می‌کنند که تا پیش از آنکه نوآوری‌ها در حوزه اختیارهای حقیقی ابزاری برای تجزیه و تحلیل ارائه بدهد سرمایه‌گذاری تحت شرایط عدم اطمینان برای چند دهه پیشرفتی نداشته است. نویسندگان انواع خاصی از اختیارها، مدل‌های ارزیابی و امکان استفاده از آنها را در ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری تحت عدم قطعیت در نمونه‌ای از صنایع انتخاب شده شرح دادند. اسمیت و تریجئورجیس در همان سال رویکردی را معرفی نمودند که در آن اختیارهای حقیقی و تئوری بازیها را برای تصمیمات استراتژیک ادغام نموده و ابعاد رقابتی و اثرات متقابل درونزای تصمیمات استراتژیک را بین بنگاه و رقیبانش مورد ملاحظه قرار دهند (زی‌هانگ، ۲۰۱۱: ۴۵).

طی دهه گذشته کاربرد اختیارهای حقیقی در ارزشگذاری شرکت‌ها و پروژه‌های سرمایه‌گذاری مرتبط با زمینه‌های مختلف کاربردی از جمله منابع طبیعی، انرژی‌های تجدیدپذیر، تحقیق و توسعه و همچنین استراتژی‌ها و سرمایه‌گذاری‌های استراتژیک شرکت‌ها در سراسر جهان افزایش یافته است. با توجه به ماهیت نامطمئن پروژه‌های بخش انرژی و اینکه سرمایه‌گذاری در منابع طبیعی دارای درجه بالایی از نوسانات تصادفی است ارزشگذاری در این حوزه نیازمند توانایی و قابلیت‌های مدیریت بنگاه در استفاده از اختیارهای ممکن است و بنابراین یکی از مهمترین کاربردهای اختیارهای حقیقی در این زمینه می‌باشد. در این بخش خلاصه‌ای از مطالعات صورت گرفته ارائه می‌گردد که اهم آن درباره ذخایر نفتی و معدنی است.

تورینهو (۱۹۷۹)، برای اولین بار با کاربرد مدل اختیارهای حقیقی در منابع طبیعی، ذخایر نفتی را با استفاده از تکنیک قیمت‌گذاری اختیارها مورد ارزیابی قرار داد. وی با فرض اینکه قیمت منابع نامطمئن است ارزش ذخایر نفتی را با استفاده از اختیارها بدست آورده و در پی یافتن زمان بهینه استخراج ذخایر بوده است.

برنان و شوارتز (۱۹۸۵)، چگونگی تخمین ارزش یک پروژه معدن مس را با جریان نقدی پریسک مورد مطالعه قرار دادند (برنان و شوارتز، ۱۹۸۵: ۱۳۷).

## کاربرد اختیارات حقیقی در ارزشگذاری پروژه ... ۷۷

در زمینه بکارگیری اختیارات حقیقی در حوزه نفت، اولین بار پادوک، سیگل و اسمیت در سال ۱۹۸۸ به توسعه نظریه اختیارات مالی به ارزشگذاری یک میدان نفتی فراساحلی پرداختند و ضرورت ترکیب تکنیک‌های قیمت‌گذاری اختیار با مدل تعادلی بازار برای ذخایر نفتی را نشان دادند و مزیت این رویکرد نسبت به روش جریان نقدی تنزیل شده را مورد تأکید قرار دادند (پادوک و دیگران، ۱۹۸۹: ۴۸۰).

تریجورجیس (۱۹۹۰)، بررسی یک پروژه منابع طبیعی چند ملیتی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و با استفاده از اختیارات موجود و بوسیله روش قیمت‌گذاری اختیارات ارزش پروژه را تعیین کرد.

دیاس (۱۹۹۷)، تئوری بازیها و اختیارات حقیقی را در ارزیابی زمان بهینه حفاری‌های اکتشافی ترکیب نمود. وی در سال ۲۰۰۴ مجموعه‌ای از اختیارات حقیقی را برای ارزیابی سرمایه‌گذاری در اکتشاف و تولید نفت با وجود عدم اطمینان بازاری و فنی معرفی نموده و پس از ارائه مدل سنتی پادوک و همکاران در ارزشگذاری عملی میدان نفتی، عدم اطمینان در قیمت نفت را با استفاده از فرآیندهای تصادفی مدل‌سازی کرد. انتخاب بین پروژه‌های دوبدو ناسازگار در اکتشاف و تولید نفت، ارزیابی تصمیمات سرمایه‌گذاری، یافتن ارزش اختیار حقیقی و قاعده تصمیم‌بینه که همان نقطه بهینه اعمال اختیار است و بهینه‌سازی تحت شرایط عدم اطمینان از دیگر موضوعات مطرح شده در این مقاله است (دیاس، ۲۰۰۴: ۹۸).

کورتازار و شوارتز (۲۰۰۳)، شبیه‌سازی مونت کارلو را برای ارزیابی اختیار حقیقی توسعه یک میدان نفتی بکار گرفتند (کورتازار و دیگران، ۲۰۰۳: ۱۴۹).

آرمسترانگ مطالعه‌ای را در سال ۲۰۰۴ درباره توسعه میدان نفتی انجام داد که هدف آن، ارزیابی اختیارات برای دستیابی به اطلاعات بیشتر در ارزشگذاری دقیق پروژه بود.

فان و زو (۲۰۱۰)، نوعی مدل اختیارات حقیقی را توسعه داده‌اند که به فرآیند تصمیم‌گیری در سرمایه‌گذاری فراساحلی نفت کمک می‌کند (فرناندس و دیگران، ۲۰۱۱: ۴۴۹۱).

مطالعات داخلی نیز علاوه بر تعداد محدود، بیشتر به استراتژی و ارزشگذاری شرکت‌ها می‌پردازد:

ثقفی و تالانه (۱۳۸۵)، به بررسی ارزشیابی مبتنی بر اختیار پرداخته و نشان دادند متغیر ارزش دفتری می‌تواند نقش اختیار و‌گذاری را داشته باشد.

تهرانی و سروش (۱۳۸۹)، با استفاده از اختیاراتهای حقیقی و روش دوجمله‌ای به ارزشیابی تحقیق و توسعه در شرکت‌های نوپا پرداختند (تهرانی و سروش، ۱۳۸۹: ۵).

پاکدل و همکاران (۱۳۹۱)، به ارزشیابی پروژه آماده سازی معدن با استفاده از رویکرد اختیاراتهای حقیقی پرداخته و نشان می‌دهند استفاده از روش سنتی DCF نسبت به کاربرد اختیاراتهای حقیقی ارزش پروژه را کمتر از حد تخمین می‌زند (پاکدل و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۵).

با مروری بر پیشینه تحقیق و کارهای انجام گرفته در مورد موضوع مطالعه، مشاهده می‌گردد که تا بحال در زمینه منابع گازی، با استفاده از رویکرد اختیاراتهای حقیقی ارزشگذاری صورت نگرفته است بنابراین در این پژوهش بر آن شده‌ایم تا با استفاده از این رویکرد توسعه‌فازهایی از میدان گازی پارس جنوبی را مورد ارزشگذاری و زمانبندی بهینه قرار دهیم.

#### ۴. ارزشگذاری پروژه توسعه میدان گازی پارس جنوبی

بر اساس آمار منتشر شده در سال ۲۰۱۳، ایران با ۳۳/۶ تریلیون مترمکعب ذخیره گاز طبیعی معادل ۱۸ درصد کل ذخایر جهان، بالاتر از کشورهای روسیه و قطر مقام اول جهان را از لحاظ ذخایر اثبات شده گاز طبیعی در اختیار دارد. این میزان تقریباً معادل نیمی از ذخایر گاز طبیعی خاورمیانه است (بی‌پی، ۲۰۱۳). میدان گازی پارس جنوبی به عنوان بزرگترین منبع مستقل گازی جهان در خلیج فارس و در آبهای سرزمینی ایران و قطر واقع شده است. مساحت این میدان گازی ۹۷۰۰ کیلومتر مربع است که سهم متعلق به ایران ۳۷۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. ذخیره گاز این بخش از میدان، ۱۰ تریلیون متر مکعب گاز قابل استحصال به همراه ۱۸ میلیارد بشکه میعانات گازی است که حدود ۶ درصد از کل ذخایر گاز جهان و نزدیک به نیمی از ذخایر گاز کشور را شامل می‌شود. در ایران برای توسعه این میدان گازی، ۲۴ فاز مجزا در نظر گرفته شده که ۱۱ فاز آن به بهره برداری رسیده و سایر فازها در مراحل مختلف توسعه قرار دارند.

با توجه به اینکه کشور قطر با مشارکت شرکت‌های بین‌المللی فعال در زمینه نفت و گاز، از لحاظ توسعه و بهره برداری از این میدان گازی مشترک نسبت به ایران در وضعیت بهتری قرار دارد، لزوم نگاه علمی به این مقوله در شناخت وضع موجود با در نظر گرفتن شرایط عدم اطمینان موثر بر ارزش این پروژه، ضروری به نظر می‌رسد. در این بخش با استفاده از روش جریان نقدی تنزیل شده و پس از آن با استفاده از رویکرد اختیاراتهای حقیقی، به ارزشگذاری توسعه فازهای ۲۲

تا ۲۴ میدان گازی پارس جنوبی پرداخته و با بکارگیری اختیارات حقیقی، زمان بهینه توسعه این فازها را مورد بررسی قرار می دهیم.

#### ۴-۱. مدل DCF

در روش ارزش حال خالص پروژه داریم:

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (14)$$

در این معیار، پروژه در صورتی قابلیت اجرا دارد که ارزش حال خالص آن بزرگتر از صفر باشد. در روش نرخ بازدهی داخلی (IRR)<sup>۱</sup> به دنبال نرخ هستیم که اگر درآمدهای آینده را با آن نرخ به زمان شروع پروژه (که سرمایه گذاری صورت می گیرد) تنزیل کنیم، درآمد تنزیل شده با میزان سرمایه گذاری برابر شود. در حقیقت نرخ بازده داخلی یک پروژه از تعادل ارزش فعلی درآمدها و هزینه‌ها حاصل می شود و ارزش خالص فعلی پروژه را صفر می کند.

در روش دوره بازگشت سرمایه<sup>۲</sup>، طرحی که در مدت زمان کوتاه تری اصل سرمایه را بازگرداند جذابیت بیش تری خواهد داشت. در این روش، دوره یا مدت زمانی مورد توجه است که سرمایه اولیه توسط درآمدهای سالیانه جبران می شود و به عبارتی مجموع درآمدهای سالیانه در آن دوره برابر هزینه های سرمایه گذاری گردد. در صورتی که طرحی اصل سرمایه را در مدت زمانی مساوی یا کم تر از زمان مورد نظر سرمایه گذار بازگشت کند قابل قبول خواهد بود (خلیلی عراقی و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۳)

#### عوامل موثر بر مدل

##### ■ C. - هزینه سرمایه گذاری:

سرمایه گذاری که باید برای توسعه میدان گازی جهت بهره برداری و تولید گاز و سایر محصولات انجام گیرد. اندازه و زمان این سرمایه گذاری به مقیاس و ساختار پروژه بستگی دارد. توسعه میدان گازی شامل پیچیدگی های زیاد، افق بلندمدت و فازهای متعدد است. هزینه های مهندسی، ساخت و اجرا، تجهیزات تولید، تاسیسات دریایی و ساحلی و همچنین زیرساختهای انتقال بمانند خطوط لوله نیز از دیگر ملزومات است.

1. Internal Rate of Return  
2. Payback Period

تاسیسات دریایی شامل سکوهای اصلی و اقماری دریایی، خطوط لوله اصلی و فرعی و تاسیسات ساحلی شامل واحدهای دریافت و جداسازی گاز و میعانات، واحدهای تصفیه گاز شامل واحدهای شیرین سازی و نم زدایی، واحد فشرده سازی و تراکم گاز جهت صادرات، واحد استحصال و بازیافت گوگرد، سرویس های جانبی، سیستم تصفیه آب و مخازن جهت ذخیره سازی میعانات گازی و گاز مایع می باشد. بر اساس برآوردهای صورت گرفته، هزینه سرمایه گذاری مورد نیاز برای توسعه فازهای ۲۲ تا ۲۴ میدان گازی پارس جنوبی ۶/۱ میلیارد دلار می باشد.<sup>۱</sup>

### ■ C<sub>1</sub> - جریان نقدی:

برای محاسبه ارزش حال خالص انتظاری، جریان های نقدی انتظاری باید پیش بینی گردند. جریان های نقدی حاصل از توسعه میدان گازی شامل عوامل مختلفی است که می تواند به دو بخش عمده تقسیم شود: هزینه ها و درآمدها.

درآمدها شامل مقدار گاز تولیدی و سایر محصولات حاصل از هر فاز است که باید با توجه به قیمت های آنها محاسبات صورت گیرد. برای تخمین جریان های نقدی خالص هزینه ها باید از درآمدها کسر گردند. هزینه های عملیاتی و نگهداری دو جزء اصلی هزینه هاست.

هزینه های عملیاتی شامل هزینه نیروی انسانی، هزینه الکتروسیته و انرژی، بیمه، هزینه های اداری، بازاریابی هزینه تجهیزات تولید و سایر هزینه های مرتبط با خط لوله و زیرساخت می باشد. هزینه های نگهداری نیز هزینه های انتظاری و غیر قابل انتظار تعمیر و نگهداری تجهیزات و سایر امکانات مرتبط با میدان گازی را شامل می گردد. در محاسبات صورت گرفته در این پژوهش، هزینه های عملیاتی سالانه، ۳ درصد هزینه های سرمایه گذاری در نظر گرفته می شود.<sup>۲</sup>

### ■ I - نرخ تنزیل:

هدف نرخ تنزیل یافتن ارزش حال جریان های نقدی آتی است. با شرایط یکسان، پروژه های ریسکی دارای ارزش کمتری نسبت به پروژه های بی خطر هستند. در نتیجه سرمایه گذاران نرخ های بازده بالاتری را از پروژه های ریسکی انتظار دارند. وقتی پروژه هایی را در نظر می گیریم که در آن جریان های نقدی شناخته شده است، نرخ بازده مرتبط با دیگر سرمایه گذاری های بدون ریسک، مانند سپرده های بانکی، مبنایی برای نرخ تنزیل در محاسبات NPV قرار می گیرد. هنگامی

۱. اطلاعات دریافتی از کارشناسان شرکت ملی نفت و شرکت ملی گاز ایران

۲. اطلاعات ارائه شده توسط کارشناسان شرکت ملی نفت و شرکت ملی گاز ایران

## کاربرد اختیارات حقیقی در ارزشگذاری پروژه ... ۸۱

که جریان‌های نقدی نامطمئن است، مانند توسعه بخش نفت و گاز، معمولاً نرخ تنزیل بر مبنای نرخ بازده مورد انتظار محاسبه می‌گردد. انتخاب نرخ تنزیل مناسب برای استفاده در تنزیل منافع و هزینه‌های آینده، مهم‌ترین مرحله ارزشگذاری است.

### ■ سطح قیمت گاز و سایر محصولات

قیمت گاز طبیعی نقش مهمی در ارزشگذاری پروژه‌های بخش گاز از جمله پروژه مورد مطالعه دارد. قیمت جهانی گاز تابع عوامل متعددی است که علاوه بر عوامل اقتصادی از جمله میزان عرضه و تقاضا، عوامل منطقه‌ای و سیاسی نیز بر آن موثر است. طی دهه‌های اخیر، سهم گاز طبیعی در تامین انرژی‌های اولیه افزایش یافته و بر اساس پیش‌بینی‌ها و با توجه به نرخ رشد تقاضا برای گاز طبیعی، این حامل انرژی از سال ۲۰۳۰ به بعد، به انرژی نخست مصرفی جهان تبدیل خواهد شد (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۲). در ایران با وجود منابع عظیم گازی، بخش قابل توجهی از این ذخایر به مصرف داخلی اختصاص یافته است که منطقی شدن قیمت‌ها به منظور مصرف بهینه ضروری به نظر می‌رسد. با تصویب مجلس شورای اسلامی و با اجرای فاز دوم هدفمندی یارانه‌ها، از سال ۱۳۹۳ قیمت گاز طبیعی متناسب با قیمت جهانی گاز در نظر گرفته می‌شود.

از آنجا که فازهای در حال بهره‌برداری پارس جنوبی می‌تواند نیاز داخلی را تامین کند، گاز تولیدی از فازهای در حال توسعه می‌تواند برای استفاده به عنوان خوراک پتروشیمی به منظور تولید محصولات با ارزش افزوده بالاتر، صادرات و یا استفاده در سایر تبدیلات گازی بکار گرفته شود که در این صورت نیز قیمت گاز باید بر مبنای قیمت‌های واقعی در نظر گرفته شود. بر این اساس از سال ۱۳۹۳ قیمت گاز تحویلی به پتروشیمی‌ها حداقل ۱۳ سنت به ازای هر متر مکعب خواهد بود و از این رو این رقم در محاسبات این تحقیق نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.



نمودار ۱. قیمت گاز طبیعی بین سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۳ (منبع: اداره اطلاعات انرژی، ۲۰۱۴)

## ۸۲ فصلنامه اقتصاد انرژی ایران سال سوم شماره ۱۰

بر اساس آمارهای بین المللی متوسط قیمت هر تن LPG در ژانویه ۲۰۱۴ در بازار خلیج فارس  $1800 \text{ t}/\text{\$}$  و قیمت هر تن اتان مبادله شده  $250 \text{ t}/\text{\$}$  می باشد.<sup>۲</sup> بر این اساس و با توجه به پیش بینی ها قیمت هر تن LPG، ۷۰۰ دلار و هر تن اتان ۲۵۰ دلار در نظر گرفته می شود. در سال ۱۳۹۲ هر بشکه میعانات گازی در بورس کالای ایران با قیمت ۲ میلیون ریال در هر بشکه قیمت گذاری شده است<sup>۳</sup> و قیمت جهانی آن حداقل ۱۰۰ دلار به ازای هر بشکه می باشد (آژانس بین المللی انرژی، ۲۰۱۳)

قیمت هر تن گوگرد صادراتی از عسلویه (تولیدی از فازهای در حال بهره برداری) در سالهای ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ بین ۷۰ تا ۹۰ دلار در هر تن متغیر بوده است.<sup>۴</sup> این در حالیست که بر اساس اعلام CRU قیمت گوگرد خاورمیانه، ونکوور، چین، هند و اروپا در سالهای ۲۰۱۱، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ و پیش بینی آن برای سالهای ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۷ به شرح جدول ۲ است.

جدول ۲. پیشینه و پیش بینی قیمت گوگرد در بازارهای جهانی

	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷
Middle East FOB <sup>۵</sup>	۲۰۱	۱۸۳	۱۲۳	۱۰۲	۹۰	۹۸	۱۰۸
FOB Vancouver	۲۰۸	۱۸۲	۱۲۵	۱۰۵	۹۵	۱۰۵	۱۱۵
China CFR <sup>۶</sup>	۲۲۶	۱۹۹	۱۵۵	۱۲۸	۱۱۸	۱۲۶	۱۲۵
CFR India	۲۲۶	۱۹۹	۱۵۰	۱۱۸	۱۰۶	۱۱۶	۱۲۶
CFR Europe	۲۱۴	۲۱۵	۱۸۱	۱۵۰	۱۳۲	۱۳۵	۱۳۵

قیمت ها به  $\text{\$/t}$

### ■ ذخایر قابل استخراج

بر اساس تخمین های صورت گرفته از جمله اهداف توسعه فازهای ۲۲ تا ۲۴ میدان گازی پارس جنوبی تولید روزانه ۵۰ میلیون متر مکعب گاز تصفیه شده و ۷۵ هزار بشکه میعانات گازی گوگردزدایی شده و تثبیت شده جهت صادرات می باشد. از جمله سایر محصولات می توان به تولید حدود ۱/۰۵ میلیون تن در سال گاز مایع جهت صادرات، یک میلیون تن در سال اتان و ۴۰۰

1. OPIS Asia Naphtha & LPG Report, Jan 2014

2. Petroleum Argus 2013

3. www.ime.co.ir

4. sulfur.nigc.ir

5. Free on Board

6. Cost and Freight



## کاربرد اختیارات حقیقی در ارزشگذاری پروژه ... ۸۳

تن گوگرد اشاره نمود (شرکت نفت و گاز پارس، اطلاعات پروژه های در حال توسعه میدان گازی پارس جنوبی، فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴).<sup>۱</sup>

### ■ تامین مالی

با توجه به اینکه ارزش تولیدات هر فاز پارس جنوبی سالانه بیش از ۵ میلیارد دلار می باشد، بهره برداری از فازهای در حال توسعه در اسرع وقت، ضمن تضمین بازپرداخت منابع و افزایش تولید ناخالص داخلی و بهبود رشد اقتصادی می تواند جایگاه صادراتی ایران را در منطقه و جهان بهبود بخشد. راه های متفاوتی برای تامین مالی توسعه فازهای پارس جنوبی پیش بینی گردیده که از جمله مهمترین آنها عبارتند از: بودجه حاصل از درآمدهای نفتی (اختصاصی توسط وزارت نفت)، فروش اوراق مشارکت ارزی و ریالی، تأمین اعتبار از طریق صندوق های تخصصی سرمایه گذاری بخش انرژی، استفاده از منابع صندوق توسعه ملی و استفاده از منابع تامین مالی خارجی با بهبود فضای کسب و کار و کاهش ریسک سرمایه گذاری در ایران. در ارزشگذاری پروژه فرض می گردد که نیمی از سرمایه توسط منابع اختصاصی وزارت نفت و نیمی از آن با استفاده از سایر منابع اشاره شده با دوره بازپرداخت ۵ ساله و نرخ ۵ درصد انجام گیرد.

### ■ استهلاک

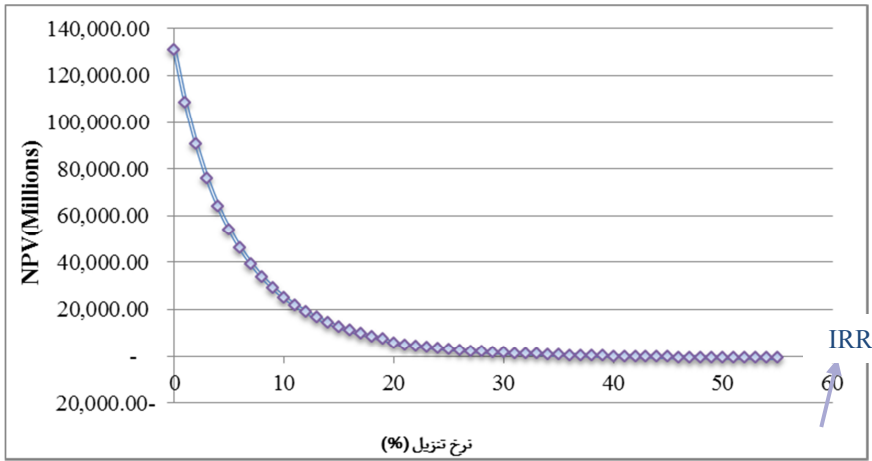
در محاسبات، استهلاک سرمایه به صورت خطی ۴٪، در طول سال های بهره برداری لحاظ می شود.

### ■ تورم

با توجه به اینکه بیشتر فناوری ها، تاسیسات و تجهیزات مورد استفاده در فازهای میدان گازی پارس جنوبی از خارج از کشور خریداری می شود در طول سال های توسعه، تورم جهانی را برای تاسیسات سرمایه ای در نظر می گیریم.

### ۴-۲. نتایج حاصل از مدل DCF

بر اساس محاسبات انجام گرفته توسط مولفین، ارزش حال خالص پروژه برابر است با ۲۱/۸۶۱ میلیارد دلار و نرخ بازدهی داخلی پروژه ۴۰/۴۴ درصد می باشد. همچنین نتایج نشان می دهد که دوره بازگشت سرمایه، سال دوم بهره برداری خواهد بود.



نمودار ۲. ارزش حال خالص پروژه در نرخ های تنزیل متفاوت (منبع: محاسبات تحقیق)

### ۳-۴. ارزشگذاری با بکارگیری رویکرد اختیارات حقیقی

یک منبع توسعه نیافته گازی مشابه یک اختیار خرید است. در صورتی که زمان بهینه توسعه مد نظر نباشد می توان با استفاده از اختیار خرید اروپایی تنها ارزش اختیار را محاسبه نمود و در صورتی که بخواهیم ارزش و زمان بهینه اعمال اختیار را بدست آوریم از اختیار خرید امریکایی استفاده می کنیم. این اختیار به دارنده حق بدست آوردن یک منبع توسعه یافته را با پرداخت هزینه توسعه می دهد. اینکه چه زمانی ذخیره را توسعه دهیم مشابه تصمیم گیری در این مورد است که چه زمانی اختیار را اعمال کنیم.

برای توسعه یک منبع توسعه نیافته اولین قدم تعیین ارزش منبع توسعه یافته است. برای یافتن ارزش منبع تحت شرایط عدم اطمینان دو جنبه اساسی در نظر گرفته می شود: اول اینکه بازاری برای فروش ذخایر استحصال شده از منبع وجود دارد. دوم اینکه عدم اطمینان در مدل با این فرض که ارزش منبع یک فرآیند تصادفی را دنبال می کند منعکس کننده عدم اطمینان در عرضه و تقاضاست.

ارزش یک منبع به حجم و قیمت منابع استخراجی از آن بستگی دارد. با فرض نوسانات تصادفی برای ارزش منبع توسعه یافته نظریه اختیار را برای ارزشگذاری ذخایر توسعه نیافته بکار می گیریم.

## عوامل تاثیرگذار بر مدل

### ■ تنزیل کردن با استفاده از نرخ بدون ریسک

روش‌های جریان نقدی تنزیل شده و اختیارات حقیقی اصول متفاوتی را در تنزیل جریان‌های نقدی مورد استفاده قرار می‌دهند. در روش DCF نرخ تنزیل تعدیل شده با ریسک مرتبط با پروژه در نظر گرفته می‌شود در حالی که رویکرد اختیار حقیقی جریان‌های نقدی را با استفاده از نرخ بدون ریسک تنزیل می‌کند. در محاسبات این تحقیق، نرخ بدون ریسک با ملاحظه نرخ تورم، بصورت واقعی ۶٪ منظور می‌گردد.

### ■ قیمت و تلاطم قیمت گاز طبیعی

بر اساس مصوبه مجلس شورای اسلامی از سال ۱۳۹۳ قیمت گاز طبیعی بر اساس قیمت گاز تحویلی به پتروشیمی‌ها حداقل ۱۳ سنت به ازای هر متر مکعب محاسبه می‌گردد و برای این پروژه نیز قیمت پایه گاز بر مبنای این قیمت خواهد بود. تلاطم ( $\sigma$ )، عدم اطمینان در مورد قیمت گاز را اندازه می‌گیرد. با استفاده از داده‌های تاریخی، قیمت گاز را در بازه زمانی سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۳ در نظر گرفته و بر مبنای محاسبات صورت گرفته، طی این مدت نوسانات سالانه برابر با ۳۵ درصد بوده است.

در صورتی که  $n+1$  تعداد مشاهدات،  $S_i$  قیمت در پایان دوره  $i$  و  $\tau$  فاصله زمانی هر دوره بر حسب

سال باشد، می‌توان تلاطم سالانه را با استفاده از فرمول  $\frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2}}{\tau}$  بدست آورد که در آن  $u_i = \ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)$  برای  $i = 1, 2, \dots, n$  است (هال، ۲۰۰۹: ۲۸۲).

### ■ زمان تا سررسید اختیار

بر اساس برآوردهای صورت گرفته، طول دوره توسعه از مراحل نصب سکوها، ساخت تاسیسات ساحلی و دریایی و خطوط لوله و با در نظر گرفتن منابع مالی در دسترس ۶۰ ماه معادل ۵ سال می‌باشد. همچنین با توجه به حجم ذخایر منبع، طول دوره بهره برداری از فازهای ۲۲ تا ۲۴ میدان گازی پارس جنوبی ۲۵ سال تخمین زده شده است.<sup>۱</sup>

### ■ مدل جریان نقدی

جریان نقدی مورد استفاده در DCF در ارزشگذاری اختیارات حقیقی بکار گرفته می‌شود.

۱. اطلاعات دریافتی از کارشناسان شرکت ملی نفت و شرکت ملی گاز ایران

### ■ هزینه تخمینی توسعه منبع

هزینه برآورد شده توسعه منبع، قیمت توافقی اختیار است. در پروژه مورد مطالعه این هزینه ۶/۱ میلیارد دلار برآورد گردیده است.

مدل ارزشگذاری اختیاریهای حقیقی دارای دو خروجی ارزش فرصت‌های سرمایه‌گذاری (ارزش اختیاریهای حقیقی) و قاعده تصمیم‌بینه (زمان‌بینه برای اعمال اختیار) است. این رویکرد به عنوان یک مساله بینه‌سازی تحت شرایط عدم اطمینان در نظر گرفته می‌شود. با توجه به مفروضات فوق اختیار زمانبندی توسعه پروژه مورد مطالعه در این بخش انجام می‌گیرد.

با ملاحظه تصادفی بودن ارزش منابع گازی و با در نظر گرفتن نرخ تولید می‌توان ارزش اختیار انتظار را محاسبه نمود. اختیار تاخیر در بسیاری از پروژه‌های سرمایه‌گذاری پیش روی تصمیم‌گیران وجود دارد که نوعی اختیار خرید امریکایی بر ارزش پروژه است. با استفاده از مدل CRR و با تقسیم مدت زمان لازم برای توسعه پروژه به ۵ بازه یکساله ( $\Delta t = 1$ ) و با مفروض بودن مقادیر  $\sigma$ ،  $P$ ،  $u$  و  $d$  را با استفاده از روابط (۹) و (۱۳) محاسبه می‌کنیم.

همانطور که در نمودار ۳ نیز ملاحظه می‌گردد، از نقطه انتهایی درخت شروع نموده و در هر شاخه، مقدار ارزش ذاتی اختیار ( $g(t)$ ) را با ارزش ادامه ( $A$ ) مقایسه می‌کنیم. حداکثر مقدار انتخابی بین ایندو، ادامه یا توقف را مشخص می‌کند.

ارزش اختیار امریکایی به این صورت محاسبه می‌گردد:

$$A(t) = \max\{g(t), E^*[e^{-r\Delta t} A(t + \Delta t)]\} \quad (15)$$

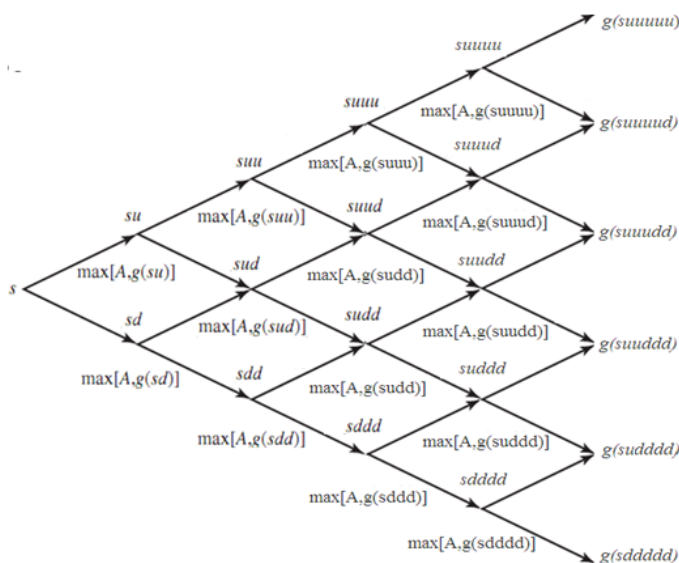
$A(t)$  ارزش زمانی اختیار امریکایی با عایدی  $g(t)$  است که با استفاده از روش استقراء پس‌نگر محاسبه می‌گردد.

$$A(t) = \max\{g(t), e^{-r\Delta t} [p^* A^u(t + \Delta t) + (1 - p^*) A^d(t + \Delta t)]\} \quad (16)$$

در پروژه مورد نظر برای تعیین ارزش اختیار حقیقی باید از نقطه‌نهایی یعنی زمان  $T=5$  حرکت نموده و به سمت نقطه ابتدایی حرکت کنیم. اختیار زمانبندی، یک اختیار خرید امریکایی بر روی ارزش پروژه است که در هر مرحله ارزش ذاتی اختیار را که برابر است با  $K, 0 - \text{Max}(S_T)$  و در آن  $S_T$  ارزش حال جریان نقدینگی و  $K$  هزینه سرمایه‌گذاری است با ارزش ادامه (ارزش انتظاری تحت شرایط ریسک‌خنثای ارزش‌تزیل شده اختیار) مقایسه نموده و در صورتی که ارزش ادامه بیشتر باشد به مرحله  $T-1$  رفته و مجدداً مقادیر رابطه (۱۶) را محاسبه و حداکثر آن را انتخاب

## کاربرد اختیارات حقیقی در ارزشگذاری پروژه ... ۸۷

می‌کنیم. در صورتی که ارزش ذاتی اختیار (ارزش اعمال اختیار و توقف) بیشتر از ارزش ادامه باشد، آن مرحله زمان بهینه اعمال اختیار را نشان می‌دهد. این مراحل را تا رسیدن به نقطه ابتدایی ادامه می‌دهیم. نهایتاً علاوه بر بدست آوردن ارزش اختیار، با روشی که ارائه شد نقطه بهینه اعمال اختیار نیز مشخص می‌گردد.



نمودار ۳. نمایی از چگونگی تصمیم‌گیری اختیار امریکایی با استفاده از درخت دوجمله‌ای در مراحل مختلف پروژه مورد مطالعه

### ۴-۴. نتایج حاصل از رویکرد اختیارات حقیقی

در اختیار زمانبندی از نقطه انتهایی ( $T=5$ ) شروع نموده و با استفاده از استقرای پس‌نگر، ارزش ادامه و اعمال اختیار را در هر مرحله محاسبه می‌کنیم. برای پروژه مورد نظر پس از محاسبه  $A$  و  $g$  در هر ۵ سال مقایسه آنها و انتخاب حداکثر آنها در هر شاخه، ملاحظه می‌گردد که در تمامی شاخه‌ها ارزش ادامه در هر ۵ مرحله از ارزش اعمال اختیار و توقف بیشتر بوده و با بکارگیری روش استقرای پس‌نگر در درخت دو جمله‌ای به نقطه ابتدایی می‌رسیم:

(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
				۵۷۱۷۰۷۹۳۶۹۰
			۴۳۵۵۴۴۰۸۹۳۳	
		۳۳۹۵۹۱۰۴۷۶۹		۳۳۹۵۹۱۰۴۷۶۹
	۲۷۱۹۷۴۰۸۲۰۸		۲۷۱۹۷۴۰۸۲۰۸	
۲۲۴۳۲۵۲۱۱۷۵		۲۲۴۳۲۵۲۱۱۷۵		۲۲۴۳۲۵۲۱۱۷۵
	۱۹۰۷۴۷۶۲۰۳۴		۱۹۰۷۴۷۶۲۰۳۴	
		۱۶۷۰۸۵۸۹۱۵۹		۱۶۷۰۸۵۸۹۱۵۹
			۱۵۰۴۱۱۷۵۳۱۶	
				۱۳۸۶۶۱۶۸۶۴۰

نمودار ۴. محاسبه ارزش اختیار امریکایی (بر حسب دلار) و تعیین زمان بهینه اعمال اختیار برای پروژه مورد مطالعه

منبع: محاسبات تحقیق

با توجه به اینکه در تمامی شاخه ها مقدار محاسباتی ادامه از ارزش اعمال اختیار بیشتر است، نهایتاً به سال اول می‌رسیم؛ در نتیجه زمان بهینه اعمال اختیار سال ابتدایی خواهد بود. بدین معنی که بدلیل سودآور بودن پروژه و با در نظر گرفتن عواملی چون نوسانات قیمت گاز، ذخیره منبع و هزینه تاخیر نباید توسعه را به سالهای بعد موکول نمود. ارزش اختیار برابر است با ۲۲/۴۳۲ میلیارد دلار که نسبت به ارزش حال خالص روش جریان نقدی تنزیل شده مقدار بیشتری را نشان می‌دهد.

### ۵. نتیجه گیری

در این مقاله رویکرد اختیارهای حقیقی به عنوان نوع تکامل یافته و پویای ساختار تصمیم گیری سنتی بمانند روش جریان نقدی تنزیل شده در ارزیابی پروژه‌های سرمایه گذاری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برخلاف روش سنتی که تصمیم گیری حال یا هرگز را مد نظر قرار می‌دهد که با تغییر شرایط بازاری و سایر عوامل ایجاد عدم قطعیت، امکان یا اختیاری برای تغییر جهت پروژه وجود ندارد، مزیت اصلی رویکرد اختیارهای حقیقی، انعطاف پذیری استراتژیک مدیران در توانایی و امکان تغییر جهت یک پروژه است که به وضوح دارای ارزش است.

نظر به ماهیت ریسکی پروژه های بخش نفت و گاز، در این پژوهش ارزشگذاری توسعه فازهای منتخبی از میدان گازی پارس جنوبی با استفاده از روش جریان نقدی تنزیل شده و نیز

## کاربرد اختیارات حقیقی در ارزشگذاری پروژه ... ۸۹

رویکرد اختیارات حقیقی انجام پذیرفت و بر اساس نتایج حاصل از مدل، اختیار زمانبندی توسعه پروژه نسبت به روش سنتی دارای ارزش بیشتری است و نظر به سودآور بودن توسعه این میدان مشترک، به تعویق انداختن توسعه آن به صرفه نیست.

با توجه به کاربردهای وسیع اختیارات حقیقی در ارزشگذاری شرکت‌ها و پروژه‌های سرمایه‌گذاری و نظر به گسترش جهانی بکارگیری آن در دهه اخیر به عنوان جایگزینی برای روش‌های تجزیه و تحلیل سنتی، پیشنهاد می‌گردد که این رویکرد در ارزیابی اقتصادی پروژه‌های سرمایه‌گذاری در ایران با کاربردهای مختلف تحت شرایط عدم اطمینان بکار گرفته شود.

### منابع

#### الف - فارسی

- پاکدل، محمود رضا، بصیری، محمدحسین، صیادی، احمدرضا و حامد قدوسی (۱۳۹۱)، «ارزشیابی پروژه آماده سازی معدن با استفاده از رویکرد اختیارات حقیقی»، نشریه علمی-پژوهشی مهندسی معدن، دوره هفتم، شماره چهاردهم، سال ۱۳۹۱، صفحات ۳۰-۱۵.
- تهرانی، رضا و ابوذر سروش (۱۳۸۹)، «ارزشیابی تحقیق و توسعه در شرکت‌های نوپا با استفاده از اختیارات حقیقی». فصلنامه بورس و اوراق بهادار، شماره ۱۰، سال سوم، صفحات ۲۲-۵.
- خلیلی عراقی، منصور، وطنی، علی، کسرائی، زینب و آمنه حاجی حیدری (۱۳۸۷)، «ارزشیابی اقتصادی تولید فرآورده‌های حاصل از فناوری تبدیل گاز به مایع (GTL) در ایران». نشریه علمی-پژوهشی مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۱۸، صفحات ۳۴-۱.
- درخشان، مسعود (۱۳۸۳)، مشتقات و مدیریت ریسک در بازارهای نفت، چاپ اول، تهران: مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، ۷۴۴ صفحه.

#### ب - انگلیسی

Amram, Martha and Kulatilaka, Nalin (1999), *Real Options Managing Strategic Investment in an Uncertain World*, Harvard Business School Press, 246 pages.

Black, Fisher and Scholes, Myron (1973), "The pricing of options and corporate liabilities", *Journal of Political Economy*, pp.637-654.

- BP Statistical Review of World Energy, June 2013.
- Brennan, Michael and Schwartz, Eduardo (1985), "Evaluating natural resource investments", *Journal of Business*, 58 (2), pp. 135-157.
- Cortazar, Gonzalo; Schwartz, Eduardo ;Casassus, Jaime (2003), "Optimal exploration investments under price and geological-technical uncertainty: a real options model", *Real R & D Options*, pp. 149-165 .
- Cox, J.C.; Ross, S.A.; Rubinstein, M. (1979), "Option pricing: A simplified approach", *Journal of Financial Economics*, pp. 229-263.
- Dias, Guimaraes (2004), "Valuation of Exploration and production assets: an overview of real options models", *Journal of Petroleum Science & Engineering*, pp. 93-114.
- Dixit, Avinash and Pindyck, Robert (1994), *Investment under Uncertainty*, Princeton University press, 476 pages.
- Energy Information Administration (2013), International Energy Outlook.
- Fernandes, Bartolomeu; Cunha, Jorge; Ferreira, Paula (2011), "The use of real options approach in energy sector investment", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 4491-4497.
- Henriques, Irene and Sadorsky, Perry (2011), "The effect of oil price volatility on strategic investment". *Energy Economics*, pp.79-87.
- Hull, John (2009), *Options, Futures & Other Derivatives*, Seventh Edition, Prentice Hall, 864 pages.
- International Energy Agency (2012), Natural Gas Market Review.
- International Energy Agency (2013), World Energy Outlook .[www.iea.org](http://www.iea.org).
- Lund, Morten (2008), "Real Options in Offshore Oil Field Development Projects". Statoil, Norway
- Mun, Johnathan (2002), *Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*". John Wiley & Sons. 704 pages.
- OPIS Asia Naphtha & LPG Report, Jan 2014 .
- Paddock, James; Siegel, Daniel; Smith, James (1989), "Option Valuation of Claims on Real Asset". *The Quarterly Journal of Economics*, pp.479-508.
- Petroleum Argus (2013), Product spot prices: [www.argusmediagroup.com](http://www.argusmediagroup.com)



Smit, Han and Trigeorgis, Lenos. (2004), *Strategic Investment: Real Options and Games*. Princeton University Press, 504 pages.

Trigeorgis, Lenos (1996), *Real Options – Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, The MIT Press, Cambridge, 427 pages.

[www.ime.co.ir](http://www.ime.co.ir)

[www.pogc.ir](http://www.pogc.ir)

Zapatero, Fernando and Cvitanic, Jaks. (2004), *Introduction to the Economics and Mathematics of Financial Markets*, The MIT Press, 517 pages.

Zeng, Shihong and Zhang, Shuai (2011), “Real Options Literature Review”. *Scientific Research*, pp.43-48.

Archive of SID