مهندسی صنایع و مدیریت شریف
دوره‌ی ۱-۲۸، شماره‌ی ۱، ص. ۱۲۹-۱۳۸، (یادداشت فنی)

Research Note

روشی برای تخمین پارامترهای ورودی تحلیل اختیارهای واقعی در صنعت نفت ایران (مطالعه‌ی موردی پروژه‌های پارس جنوبی)

مریم اکبری نصیری * **(کارشناس)**
گروه مدیریت سیستم و بهره‌وری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
علی‌محمد کیمیاگری (دانشیار)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع و سیستم‌های مدیریت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

برای ارزیابی پروژه‌های مربوط به «صنعت نفت و گاز با رویکرد اختیارات واقعی» به تخمین پارامترهایی نیاز داریم که مهم‌ترین و کلیدی‌ترین آن‌ها پارامتر نوسان‌پذیری است. اما تخمین این پارامتر بسیار پیچیده است، زیرا به داده‌های تاریخی برای دارایی پایه ــ که در اینجا منظور ارزش پروژه است ــ دسترسی نداریم. علت آن است که در چنین موقعیت‌هایی معمولاً پروژه برای اولین‌بار اجرا می‌شود و غیرقابل بازگشت است. بنابراین قصد داریم ضمن بررسی روش‌های مختلف تخمین پارامترهای ورودی این رویکرد ــ شامل نرخ تنزیل، نرخ بهره‌ی بدون ریسک و علی‌الخصوص پارامتر کلیدی نوسان‌پذیری ــ بهترین روش را برای این منظور معرفی کنیم. در این نوشتار برای تخمین نوسان‌پذیری از روش توسعه‌یافته‌ی مبتنی بر شاخص مالی معتبری به‌نام شاخص سودآوری استفاده شده و برهمین اساس شبیه‌سازی مونت‌کارلو انجام شده است. مقایسه‌ی نتایج حاصل از این روش با روش متداول «لگاریتم بازده ارزش فعلی» نشان‌گر صحت روش مورد بررسی است. در همین نوشتار ضمن برشمردن دلایل ارجحیت روش پیشنهادی، روشی برای تعیین نرخ بهره‌ی بدون ریسک و نرخ تنزیل ارائه شده و سپس درستی و صحت روش‌های پیشنهادی برای پارامترهای ذکرشده توسط ارزش‌گذاری اختیار به تعویق انداختن، روی مطالعه‌ی موردی که مربوط به یکی از پروژه‌های طرح‌های توسعه میادین گازی پارس جنوبی است، بررسی شده است.

واژگان کلیدی: رویکرد اختیارات واقعی، نوسان‌پذیری، شاخص سودآوری، اختیار به تعویق انداختن، میدان گازی پارس جنوبی.

makbari@pogc.ir
kimiagar@aut.ac.ir

۱. مقدمه

ماهیت پروژه‌های نفتی به‌گونه‌یی است که با عدم قطعیت‌های فراوانی روبه‌رو است. اکتشاف، تولید و توسعه‌ی میادین هیدروکربنی عموماً طی چندین مرحله انجام می‌گیرد و هر مرحله نیز با برنامه‌ریزی برای تأمین سرمایه‌ی مورد نیاز و بررسی احتمال موفقیت و شکست مواجه است. در صنعت نفت نمونه‌های فراوانی از ضرورت اتخاذ تصمیم‌های استراتژیک با عدم قطعیت بالا توسط مدیران ــ مانند تصمیم‌گیری برای اکتشاف نفت، توسعه میادین، پیش‌بینی تولید، مدیریت پورتفولیو، ارزش‌گذاری پروژه‌ها و... ــ می‌توان برشمرد. براین اساس، پیشرفت‌های چشم‌گیری برای توسعه‌ی روش‌هایی برای تحلیل ریسک در پروژه‌های نفتی طی چند دهه‌ی گذشته صورت گرفته است. با توجه به ماهیت پروژه‌های نفتی، استفاده از روش اختیارات واقعی نسبت به رویکرد سنتی در اولویت قرار دارد. علت آن است که: ۱. بسیاری از سرمایه‌گذاری‌های در صنعت نفت غیر قابل جبران است، به‌طوری که درصورت عدم موفقیت پروژه نمی‌توان با فروش دارایی‌های فیزیکی خسارت وارده را جبران کرد؛ ۲. عدم قطعیت در ارزش آتی عناصر تشکیل‌دهنده‌ی جریان نقدی ممکن است ارزش پروژه را بیشتر کند در حالی که در رویکرد سنتی عدم قطعیت‌های آینده باعث کاهش NPV [۱] (ارزش فعلی خالص) می‌شود، زیرا نرخ ریسک بالاتر باعث افزایش نرخ تنزیل می‌شود؛ ۳. احتمال عدم قطعیت در آینده، زمانی باعث افزایش ارزش پروژه می‌شود که مدیران در استفاده از حرکت‌های مطلوب قیمت، تولید، تقاضا و هزینه‌ها و... در جهت مثبت، انعطاف‌پذیری و اختیارات مدیریتی داشته باشند.[۱]

در سال ۱۹۹۷ فردی به‌نام مه‌یر در نوشتاری معتبر واژه‌ی Real options «اختیارات واقعی» را در بررسی فرصت‌های سرمایه‌گذاری در دارایی‌های واقعی معرفی کرد. در سال ۱۹۸۴ نیز کِستر جزو اولین افرادی بود که به اهمیت استفاده از

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۸۸/۱۱/۲۷، اصلاحیه ۱۳۸۹/۹/۳۰، پذیرش ۱۳۹۰/۱/۲۲.

این تکنیک پی برد. پس از وی در سال‌های ۱۹۸۵ و ۱۹۸۷ محققین از این روش برای ارزیابی تصمیم‌گیری‌های مرتبط با فرصت‌های سرمایه‌گذاری استفاده کردند. با استفاده از این تکنیک، در سال ۱۹۷۹ برای اولین بار مخازن نفتی ارزیابی شد و در سال ۱۹۸۵ منابع طبیعی پایان‌پذیر بررسی شد و برای نشان دادن روش کار، معادن مس شیلی مورد مطالعه قرار گرفت. پس از این که کاربرد این نظریه به‌طور گسترده در بازارهای مالی مورد توجه قرار گرفت، کاربرد آن در صنعت نفت به‌سرعت افزایش یافت. در اواسط دهه‌ی ۱۹۹۰ چندین کتاب در این زمینه منتشر شد. در سال ۱۹۸۷ از این روش برای ارزیابی اجاره‌ی تجهیزات نفتی در خشکی استفاده شد و در این زمینه یک مدل کلاسیک ارائه شد.

در سال ۱۹۸۸، از روش اختیارات واقعی (real option) برای ارزیابی چندین پروژه استفاده شد و در ادامه (در سال ۱۹۹۰) در مراحل اولیه‌ی پروژه‌های توسعه‌ی میادین، محققین از اختیارات توقف و به تعویق انداختن برای بررسی‌های اقتصادی خود استفاده کردند. در همین سال، در یک مطالعه‌ی موردی برای افزایش تولید نفت از این رویکرد استفاده شد.

در سال ۱۹۹۳، برای توسعه منطقه‌یی جدید برای اجاره تجهیزات در شرکت شِل که مجبور به حفر چاه‌های جدید مازاد بود از روش اختیارات زمان‌بندی[۲] استفاده شد و برای ساده‌کردن مسئله فرض شد که چاه‌های جدید به اطلاعات اضافی نیاز ندارند. در سال ۱۹۹۷ به‌منظور بررسی زمان بهینه‌ی حفاری چاه‌های اکتشافی از ترکیب «اختیارات واقعی» و نظریه‌ی بازی‌ها به‌طور هم‌زمان استفاده شد.

در سال ۱۹۹۴ چندین کاربرد از این روشِ مرتبط با صنعت نفت ارائه شد که در آن‌ها از روش‌های تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی برای دست‌یابی به میادین نفتی، ساخت، توقف، یا اوراق‌کردن تانکرهای نفت نیز استفاده شده بود. محققین در مطالعه‌ی دو میدان نفتی نروژی در سال ۱۹۹۷ نشان دادند که استفاده از اختیارات توقف یا به تعویق انداختن ــ زمانی که میزان سود ناچیز است ــ و استفاده از اختیار توسعه در مواقعی که پیش‌بینی‌ها سود آور است مناسب‌ترین روش است. در سال ۱۹۹۸ از شبیه‌سازی مونت‌کارلو در رویکرد اختیارات واقعی برای توسعه‌ی یک میدان نفتی استفاده شد. همچنین در سال ۱۹۹۹ از درخت تصمیم و شبیه‌سازی مونت کارلو و رویکرد «اختیارات واقعی» در پروژه‌های نفتی بهره‌گیری شد.

بعدها کاربرد این روش در زمینه‌های دیگری همچون صنایع داروسازی و زیست‌فنّاوری (بیوتکنولوژی)، زیرساخت‌های فنّاوری اطلاعات، بانک‌داری الکترونیک، صنایع هواپیمایی و... نیز مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۱۹۹۷ بر ارزش کاهش عدم قطعیت‌ها در مخازن توسط این رویکرد تأکید شد. پس از آن در سال ۲۰۰۰، ارزش اطلاعات از میادین نفتی بررسی شد و در سال ۲۰۰۱ با ترکیب روش‌های شبیه‌سازی مخازن نفتی و رویکرد «اختیارات واقعی»، گزینه‌های توسعه‌ی میادین ارزیابی شد. در سال ۲۰۰۱، با استفاده از این روش قراردادهای اجاره‌ی تجهیزات استحصال نفت در خشکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در سال ۲۰۰۲ نیز اثر زمان بر پروژه‌های اکتشاف و تولید (E&P) مورد مطالعه قرار گرفت و به‌طور خاص ارزش یادگیری مدل‌سازی شد.[۲-۴]

در حال حاضر روش اختیارات واقعی یکی از روش‌های پیشرفته در ارزیابی پروژه‌هاست، اگرچه کاربرد این روش در عمل با مشکلات و محدودیت‌هایی همراه است که موفقیت این روش را تحت تأثیر قرار داده است. در این نوشتار قصد داریم ضمن بررسی روش‌های مختلف تخمین پارامترهای ورودی مورد نیاز، به معرفی روشی بپردازیم که استفاده از این رویکرد را در صنایع داخلی کشور تسهیل می‌کند.

۲. تعریف اختیارات واقعی

به‌طورساده می‌توان «اختیارات واقعی» را چنین تعریف کرد: «رویکردی سیستماتیک و راه‌حلی جامع که با استفاده از نظریه‌های مالی، تحلیل‌های اقتصادی، علم مدیریت، تصمیم‌گیری، آمار و مدل‌سازی اقتصادی، نظریه‌ی اختیارات را برای ارزش‌گذاری دارایی‌های فیزیکی، و نه دارایی‌های مالی، در محیط کسب و کار دینامیک که با عدم قطعیت همراه است به کار می‌گیرد.» این محیط کسب‌وکار با ویژگی‌هایی مانند انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری، ارزش‌گذاری فرصت‌های سرمایه‌گذاری و هزینه‌های پروژه همراه است. رویکرد اختیارات واقعی نه‌تنها در ارزش‌گذاری اختیارات تجاری استراتژیک یک بنگاه کاربرد دارد بلکه یک ابزار استراتژیکِ تجاری در تصمیمات سرمایه‌گذاری است. در روش اختیارات واقعی از نظریه‌ی اختیارهای معامله برای ارزش‌گذاری دارایی‌های واقعی ــ و نه دارایی‌های مالی ــ استفاده می‌شود.[۵] در روش ارزش‌گذاری اختیارهای واقعی، علاوه بر تنزیل جریان‌های نقدی[۳] پروژه، ارزش همه‌ی اختیارهای مستتر در پروژه نیز محاسبه می‌شود و بنابراین انعطاف‌پذیری‌های مدیریتی که متناسب با تغییرات محیط اقتصادی، مالی، بنگاهی و استراتژیک در طول زمان اعمال می‌شوند در نظر گرفته می‌شود. البته این روش جایگزین روش‌های استاتیک نیست بلکه مکمل روش‌های مبتنی بر تنزیل جریانات نقدی است.

ارزش واقعی یک پروژه = ارزش اختیارهای واقعی + ارزش تنزیل جریان‌های نقدی

منظور از روش‌های استاتیک (کلاسیک، سنتی، یا نقطه‌یی) روش‌هایی است که به جریان‌های نقدی یک پروژه دید استاتیک داشته و انعطاف‌پذیری‌های موجود در آن پروژه و عدم قطعیت‌ها را در نظر نمی‌گیرد. روش‌های NPV، IRR[۴] (نرخ بازده داخلی) و Payback[۵] (دوره بازگشت سرمایه) ازجمله‌ی این روش‌ها هستند. در مقابل این روش‌ها، روش‌های دینامیک قرار دارند که انعطاف‌پذیری‌های موجود در پروژه‌ها و عدم قطعیت‌ها را در نظر می‌گیرند، مانند روش‌های اختیارات واقعی، آنالیز درخت تصمیم‌گیری و شبیه‌سازی. «اختیارات واقعی» انواع مختلفی دارد که از مجموعه‌ی آن‌ها می‌توان به اختیار تعطیلی یا توقف موقتی، اختیار مقیاس بهره‌برداری، اختیار توسعه دادن، اختیار محدودکردن پروژه، اختیار تغییر وضعیت، اختیار شروع یا تعویق، اختیار رشد اشاره کرد.[۶]

۳. مروری بر اختیارات مالی

از آنجا که نظریه‌ی اختیارات واقعی برگرفته از نظریه‌ی اختیارات مالی است، لازم است در اینجا مقدمه‌یی درمورد اختیارات مالی ذکر شود.

قرارداد اختیار خرید: [۶] این قرارداد به دارنده‌ی آن حق خریداریِ دارایی پایه را در تاریخی معین و با قیمتی مشخص می‌دهد.

قرارداد اختیار فروش: [۷] این قرارداد به دارنده‌ی آن حق فروش یک دارایی در تاریخ معین و با قیمت مشخص را می‌دهد. تاریخی را که قرارداد معین می‌کند، به «تاریخ انقضاء[۸]»، «تاریخ اعمال»، «تاریخ توافقی» یا «سررسید» معروف است. قیمت تعیین شده در قرارداد، «قیمت اعمال» یا «قیمت توافقی[۹]» نامیده می‌شود.

اختیار معامله ممکن است آمریکایی یا اروپایی باشد. تفاوت این دو نوع اختیار معامله ربطی به منطقه‌ی جغرافیایی ندارد. اختیار معامله‌ی آمریکایی در هر زمان از دوره‌ی قرارداد تا تاریخ انقضاء یا در تاریخ سررسید قابل اعمال است. بیشتر اختیار

معامله‌هایی که در بازار بورس مبادله می‌شود از نوع آمریکایی‌اند، ولی تجزیه‌وتحلیل اختیار معامله‌های اروپایی عموماً آسان‌تر از اختیار معامله‌های نوع آمریکایی است؛ برخی خواص و فرمول‌های اختیار معامله‌های آمریکایی از اختیار معامله‌های اروپاییِ نظیر آن‌ها استنتاج می‌شود. با توجه به تصادفی بودن قیمت دارایی پایه در تاریخ سررسید، بازده یا ارزش نهایی سرمایه‌گذار در اختیار معامله‌های اروپایی را در حالت کلی بیان می‌کنیم. هزینه‌ی اولیه‌ی سرمایه‌گذاری در اینجا دخیل نیست؛ اگر K را قیمت اعمال و S_T را قیمت دارایی پایه در زمان سررسید بدانیم، بازده حاصل از موقعیت خرید اروپایی عبارت است از:

$$\max(S_T - K, ۰) \quad (۱)$$

رابطه‌ی ۱ نشان‌گر این واقعیت است که اگر و فقط اگر $k < S_T$ آنگاه اختیار معامله اعمال خواهد شد. بازده سرمایه‌گذاری که موقعیت فروش در قرارداد اختیار خرید اروپایی اتخاذ کرده است عبارت خواهد بود از:

$$-\max(S_T - K, ۰) = \min(k - S_T, ۰) \quad (۲)$$

و به‌همین منوال بازده سرمایه‌گذاری که موقعیت خرید در قرارداد اختیار فروش اروپایی اتخاذ کرده چنین است:

$$\max(k - S_T, ۰) \quad (۳)$$

همچنین بازده دارنده‌ی موقعیت فروش اختیار فروش اروپایی عبارت است از:[۷]

$$-\max(K - S_T, ۰) = \min(S_T - K, ۰) \quad (۴)$$

۴. انواع روش‌های قیمت‌گذاری اختیارات

متدولوژی‌های مختلفی برای تحلیل اختیارات مالی و ارزش اختیارات مورد استفاده قرار می‌گیرد. این متدولوژی‌ها شامل معادلات فرم بسته مانند بلک‌شولز و اصلاحات آن، مونت‌کارلو، شبکه‌یی (مانند دوجمله‌یی، سه‌جمله‌یی و چندجمله‌یی)، روش‌های کاهش واریانس و دیگر شیوه‌های کاهش واریانس عددی مانند معادلات دیفرانسیل جزئی[۱۰] است. روش‌های دوجمله‌یی و بلک‌شولز مهم‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌ها هستند که در ادامه به معرفی آن‌ها خواهیم پرداخت.

۱.۴. روش دوجمله‌یی

«درخت دوجمله‌یی» شیوه‌یی مفید و متداول برای قیمت‌گذاری اختیار معامله است. این مدل به‌صورت نموداری است که نشان‌دهنده‌ی مسیرهای مختلفی است که احتمال دارد سهام در طی عمر اختیار معامله طی کند. رویکرد دوجمله‌یی به دو سری محاسبات نیاز دارد که اولین آن محاسبه‌ی فاکتورهای بالایی (u) و پایینی (d) و دیگری مقیاس اندازه‌گیری احتمال ریسک خنثی (p) است. در واقع فاکتور بالایی پتانسیل افزایش ارزش دارایی پایه و فاکتور پایینی پتانسیل کاهش ارزش دارایی پایه است. در ادامه معادلات مربوط به این روش مشاهده می‌شود. این مجموعه معادلات برای همه‌ی مدل‌های دوجمله‌یی بدون توجه به پیچیدگی آن کاربرد دارد.

$$u = e^{\sigma\sqrt{\partial t}} \quad (۵)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\partial t}} \quad (۶)$$

$$p = \frac{e^{(rf-b)\partial t} - d}{u - d} \quad (۷)$$

در معادلات فوق σ نوسان‌پذیری و ∂t گام زمانی در شاخه‌هاست. احتمال ریسک خنثی نیز از معادله‌ی ۷ به دست می‌آید که در آن rf درصد نرخ ریسک خنثی و b سود تقسیمی پرداختی پیوسته است.

در ارزش‌گذاری اختیارات به روش دوجمله‌یی معمولاً از روش عقب‌گرد استفاده می‌کنند. قیمت‌گذاری اختیار معامله با شروع کار از انتهای درخت ــ زمان (T) ــ و با حرکت به سمت عقب ادامه پیدا می‌کند که به این روش حرکت عقب‌گرد می‌گویند. ارزش اختیار معامله در زمان T برای ما معلوم است. برای مثال قیمت یک اختیار فروش برابر با $\max(k - S_T, ۰)$ و قیمت یک اختیار خرید برابر با $\max(S_T - K, ۰)$ است. با این فرض که در یک محیط بی‌تفاوت نسبت به ریسک قرار داریم، قیمت اختیار معامله در هرگره را در زمان $T - \partial t$ برابر با ارزش مورد انتظار در زمان T که با نرخ r و برای یک دوره‌ی زمانی تنزیل شده است، قرار می‌دهند. به‌طریق مشابه می‌توان قیمت اختیار معامله در هرگره را در زمان $T - ۲\partial t$ محاسبه کرد. این قیمت برابر با ارزش مورد انتظار تنزیل‌شده در زمان $T - \partial t$ با نرخ r و برای یک دوره‌ی زمانی ∂t خواهد شد. این عملیات را می‌توان به‌همین ترتیب تا گره ابتدایی ادامه داد. در صورتی که اختیار معامله مورد نظر از نوع آمریکایی باشد، ضروری است در هرگره بررسی شود که آیا اعمال زودتر از موعد اختیار معامله بر نگه‌داری آن طی مدت زمان بیشتر ∂t ارجح است یا خیر؟ به این ترتیب با حرکت به سمت عقب و طی همه‌ی گره‌ها قادر خواهیم بود تا قیمت اختیار معامله را در زمان صفر به دست آوریم.[۷و۸]

۲.۴. روش بلک‌شولز

فرمول‌های بلک‌شولز برای قیمت‌های اختیار معامله از نوع اروپایی که سود سهامی پرداخت نمی‌کنند عبارت‌اند از:

$$c = S.N(d_۱) - Ke^{-rT}N(d_۲) \quad (۸)$$

$$d_۱ = \frac{\ln(\frac{S_۰}{K}) + (r + \frac{\sigma^۲}{۲})T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (۹)$$

$$p = Ke^{-rT}N(-d_۲) - S.N(-d_۱) \quad (۱۰)$$

$$d_۲ = \frac{\ln(\frac{S_۰}{K}) + (r - \frac{\sigma^۲}{۲})T}{\sigma\sqrt{T}} = d_۱ - \sigma\sqrt{T} \quad (۱۱)$$

در معاملات بالا $N(x)$ تابع توزیع احتمال تجمعی یک متغیر با توزیع نرمال استانداردشده است، به عبارت دیگر احتمالِ کم‌تر بودنِ متغیرِ با توزیع نرمال استاندارد $\phi(۰, ۱)$ از x است. متغیرهای c و p به‌ترتیب قیمت‌های اختیار خرید و اختیارفروش اروپایی‌اند. S. قیمت جاری سهام، K قیمت اعمال، r نرخ بهره‌ی بدون ریسک (به‌صورت مرکب و پیوسته)، T مدت زمان باقی‌مانده تا زمان انقضا، و σ نوسان‌پذیری قیمت سهام را نشان می‌دهد.[۷]

۵. روش‌های تخمین پارامترهای ورودی اختیارات واقعی

روش‌های مختلف برای تخمین نوسان‌پذیری را به سه دسته‌ی کلی تقسیم می‌کنیم: روش‌های مبتنی بر جریانات نقدی[۱۱]؛ روش‌های مبتنی بر دارایی‌های مالی قابل قیاس[۱۲]؛ روش‌های مبتنی بر نظرات خبرگان[۱۳]. در ادامه به تشریح این روش‌ها می‌پردازیم.

۱.۵. رویکردهای مرتبط با روش‌های مبتنی بر جریانات نقدی

این رویکردها به تفکیک عبارت‌اند از:

الف) **رویکرد لگاریتم بازده جریانات نقدی یا رویکرد لگاریتم بازده‌قیمت سهم**[۱۴]. از یک سری از جریانات نقدی آینده یا قیمت‌های تاریخی استفاده می‌کنیم و آن‌ها را به بازده نسبی تبدیل می‌کنیم و سپس لگاریتم طبیعی این بازده نسبی را محاسبه می‌کنیم. انحراف استاندارد این بازده‌های لگاریتمی طبیعی همان نوسان‌پذیری دوره‌یی سری جریانات نقدی است. بدون توجه به نوع روش مورد استفاده، باید نوسان‌پذیری دوره‌یی تخمین زده‌شده را به‌منظور استفاده در اختیارات واقعی یا اختیارات مالی به نوسان‌پذیری سالیانه تبدیل کرد. برای این منظور باید از فرمول $\sigma\sqrt{p}$ استفاده کرد که در آن p تعداد دوره در یک سال و σ همان نوسان‌پذیری دوره‌یی است. سپس میزان نوسان‌پذیری را با استفاده از رابطه‌ی ۱۲ محاسبه می‌کنند.[۵]

$$volatility = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2} \qquad (۱۲)$$

ب) **رویکرد لگاریتم بازده ارزش فعلی**[۱۵]. در این روش برای محاسبه‌ی نوسان‌پذیری، تمام جریانات نقدی آتی تخمین‌زده شده را به دو مجموع ارزش فعلی، یکی برای اولین دوره‌ی زمانی و دیگری برای زمان فعلی، تقسیم می‌کنیم. این محاسبات سبب می‌شود یک نرخ تنزیل ثابت در نظر گرفته شود؛ جریانات نقدی به زمان صفر و ۱، تنزیل شده‌اند. سپس مجموع این مقادیر را محاسبه کرده و لگاریتم حاصل تقسیم را محاسبه می‌کنیم.

$$X = \ln\left[\frac{\sum_{i=1}^{n} PVCF_i}{\sum_{i=0}^{n} PVCF_i}\right] \qquad (۱۳)$$

در حالی که PVCF ارزش حال جریانات نقدی آتی در دوره‌های زمانی مختلف است. این رویکرد بیشتر برای استفاده از اختیارات واقعی هنگامی که دارایی واقعی و جریانات نقدی پروژه‌ها محاسبه شده و نوسان‌پذیری متناظر نیز تخمین زده شده باشد، به‌کاربرد می‌رود. این روش به‌طور عمده برای محاسبه نوسان‌پذیری دارایی‌هایی که دارای جریانات نقدی‌اند به کار برده می‌شود و کاربرد معمول آن در روش اختیارات واقعی است.[۵]

ج) **استفاده از انحراف معیار تابع توزیع شاخص سوددهی (روش پیشنهادی).** به‌عنوان توسعه‌ی روش فوق به جای استفاده از مجموع ارزش‌های فعلی در زمان صفر و زمان فعلی از شاخص سوددهی استفاده می‌کنیم. شاخص سوددهی رابطه‌ی بین میزان سرمایه‌گذاری و درآمد حاصل از یک پروژه را نشان می‌دهد. تعریف این نرخ عبارت است از:

$$PI = \frac{NPV + Outlay}{Outlay} \Rightarrow PI = 1 + \frac{NPV}{outlay} \qquad (۱۴)$$

$$Volatility = STD\,(PI) \qquad (۱۵)$$

چنان که مشاهده می‌شود نوسان‌پذیری را به‌صورت انحراف استاندارد تابع توزیع شبیه‌سازی‌شده در نظر می‌گیریم. مزیت این روش آن است که مبتنی بر شاخص مالی معتبری است که به داده‌های خارج از پروژه نیازی ندارد و توضیح آن برای مدیران راحت‌تر است.

۲.۵. رویکرد مبتنی بر دارایی‌های مالی

روش‌های مرتبط با این دسته عبارت‌اند از:

الف) **رویکرد استفاده از شاخص‌های بازار و یا مقایسه با نمایه‌های بازار**[۱۶]. این روش که از آن برای تخمین نوسان‌پذیری استفاده می‌شود، به‌طور عمده برای مقایسه‌ی دارایی‌های نقدشونده و غیر نقدشونده ــ تا زمانی که داده‌های مخصوص صنعت، بخش‌ها و بازارهای قابل مقایسه در دسترس باشند ــ کاربرد دارد. ایراد این روش این است که گاهی یافتن بنگاه‌های قابل مقایسه و مناسب سخت است و نتایج نیز ممکن است که با استفاده یا عدم استفاده از یک سری بنگاه‌های خاص تغییر کند، در حالی که مزیت آن سادگی در عمل است. برای پروژه‌های تحت بررسی، مجموعه‌یی از قیمت‌های سهام قابل دادوستد در بازار که قابل مقایسه‌اند مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سازمان‌ها باید وظایف، بازارها، ریسک‌ها و موقعیت جغرافیایی یکسانی داشته باشند. سپس با استفاده از این قیمت‌های سهام، انحراف معیار لگاریتم طبیعی بازده‌های نسبی را محاسبه می‌کنیم. این متدولوژی به رویکرد لگاریتمی بازده جریانات نقدی بسیار شبیه است ولی مشکل این روش این است که فرض کردیم که ریسک‌های ذاتی در بازارهای قابل مقایسه با ریسک‌های ذاتی در پروژه‌های تحت بررسی یکسان است. در واقع ارزیابی بازار از بنگاه‌های بزرگ به اثرات متقابل و گوناگونیِ پروژه‌ها بستگی دارد. برای این که بتوانیم از این نوسان‌پذیری در رویکرد اختیارات واقعی استفاده کنیم باید آن را با استفاده از نرخ بدهی به حقوق صاحبان سهام[۱۷] (D/E) اهرمی[۱۸] کنیم.[۵]

$$\sigma_{RO} = \frac{\sigma_{Equity}}{1 + D/E} \qquad (۱۶)$$

ب) **رویکرد مبتنی بر دارایی پایه**[۱۹]. چنانچه بازارها قابل مقایسه باشند، و شاخص‌های داخلی یا شاخص‌های صنعتی وجود داشته باشند می‌توان از روش الف استفاده کرد. اما یکسان فرض‌کردنِ ریسک پروژه ــ که براساس نوسان‌پذیری اندازه‌گیری شده ــ با ریسک صنعت و بخش‌ها صحیح نیست. باید در انتخاب موارد قابل مقایسه دقت زیادی کرد و گاهی نیز انتخاب بنگاه‌های مناسب امکان‌پذیر نیست و ممکن است باعث بروز خطا شود. بعضی از اختیارات نیاز به سرمایه‌گذاری مجدد دارند که در این حالت باید نوسان‌پذیری به دست آمده برای کسب و کار مربوطه را اهرمی کنیم.

$$\sigma_{Business} = \frac{\sigma_{Equity}}{1 + D_{Market}/E_{Market}} \qquad (۱۷)$$

$$\sigma_{RO} = \sigma_{Business} \cdot (1 + \frac{D_{Company}}{E_{Company}}) \qquad (۱۸)$$

چنانچه در پروژه سرمایه‌گذاری مجدد وجود نداشته باشد، یا کل سرمایه‌گذاری از منابع داخلی شرکت تأمین شود آنگاه $D_{company} = 0$ و $\sigma_{RO} = \sigma_{Business}$. این ایده برگرفته از روش میانگین وزنی هزینه‌ی سرمایه‌یی[۲۰] است.

۳.۵. روش‌های مبتنی بر نظرات خبرگان

مهم‌ترین روش در این دسته روش‌ها، رویکرد استفاده از فرضیه‌های مدیریتی[۲۱] است. این رویکرد، که آموزش آن به مدیران و توضیح چگونگی عملکرد آن بسیار ساده است، مدیران را مجاز می‌سازد که بدون اجرای تحلیل‌های ممتد تخمینی تقریبی از نوسان‌پذیری انجام دهند. به‌کمک روش‌های ریاضی و آماری، میزان ریسک متغیرها را می‌توان با پارامترهایی چون دامنه، انحراف معیار، واریانس، همبستگی، صدک و... نشان داد، اگرچه میزان خطای این روش بالاست.[۵]

۶. معرفی مورد مطالعه و پیاده‌سازی مدل اختیارات واقعی

شرکت نفت‌وگاز پارس عهده‌دار مسئولیت توسعه‌ی کلیه‌ی فازهای میدان گازی پارس جنوبی و توسعه‌ی میدان گازی پارس شمالی است. میدان گازی پارس جنوبی با مساحت ۳۷۰۰ کیلومتر مربع بالغ بر ۱۴ تریلیون متر مکعب گاز به‌همراه ۱۸ میلیارد بشکه میعانات گازی در لایه‌های مختلف، یکی از بزرگ‌ترین منابع گازی مستقل جهان است و بر روی خط مرزی مشترک ایران و قطر و به‌فاصله‌ی ۱۰۵ کیلومتری جنوب غربی بندر عسلویه در آب‌های خلیج فارس قرار دارد که ادامه‌ی میدان گازی گنبد شمالی کشور قطر است. میزان ذخیره در بخش مربوط به ایران بالغ بر ۸٪ کل ذخایر جهان و حدود ۵۰٪ ذخایر گازی کشور است.[۹]

درکشور قطر، تولید گاز از میدان پارس جنوبی از سال ۱۹۹۰ میلادی آغاز شده است، در حالی که نخستین فاز گازی ایران برای برداشت گاز از این میدان مشترک در سال ۲۰۰۱ میلادی شروع شد و این نشان از عقب‌ماندگی یازده‌ساله در برداشت گاز از این میدان مشترک دارد. به‌تازگی این کشور عربی در حال تکمیل دو پروژه‌ی جدید تولید گاز از پارس جنوبی است که با اجرای آن میزان برداشت گاز این کشور از پارس جنوبی بیشتر هم خواهد شد. با توجه به موارد یادشده، اهمیت اجرای هرچه سریع‌تر پروژه‌های پارس جنوبی بیش از پیش مشخص می‌شود و نشان می‌دهد که در این پروژه هیچ‌گونه انعطاف‌پذیری برای تأخیر در شروع وجود ندارد و ارزش اختیار به تعویق انداختن باید به صفر میل کند. لذا به‌منظور بررسی نتیجه‌ی کار، نوع اختیار در نظر گرفته شده برای پروژه‌ی مذکور را از نوع به تعویق انداختن در نظر می‌گیریم. اختیار به تعویق انداختن پروژه، نوع متداولی از تحلیل اختیارات واقعی است که در آن می‌توانیم این سؤال را مطرح کنیم که آیا شروع پروژه در حال حاضر ضروری است یا می‌توان شروع آن را برای مدتی به تعویق انداخت. با توجه به ادبیات اختیارات مالی، فرصت سرمایه‌گذاری در این پروژه را می‌توان به‌صورت «اختیار خرید» در نظر گرفت. اختیار خرید به دارنده‌ی آن این حق ــ و نه اجبار ــ را می‌دهد که یک دارایی را بخرد یا یک سرمایه‌گذاری را با قیمت اعمال مشخصی اجرا کند. هنگامی که ارزش فرصت سرمایه‌گذاری از قیمت اعمال بیشتر می‌شود، آنگاه اعمال اختیار خرید منطقی می‌شود. این اختیار را می‌توان برای پروژه‌های نفتی نیز به کاربرد. به تعویق انداختن تصمیم سرمایه‌گذاری زمانی اقتصادی است که ارزش اختیار به تعویق انداختن پروژه مقداری مثبت داشته باشد. این مقدار با ارزیابی پارامترهای غیرقطعی آینده درمورد متغیرهای پایه و هزینه‌ها و تقاضا تعیین می‌شود. شرط کلیدی برای کاربرد اختیارات واقعی، عدم قطعیت‌های مرتبط با فرصت‌های سرمایه‌گذاری و مقدار انعطاف‌پذیری در برنامه‌های سرمایه‌گذاری است.[۱۰]

۱.۶. محاسبه‌ی نرخ تنزیل

به‌منظور محاسبه‌ی نرخ تنزیل در هر دوره، از مدل قیمت بازاری ریسک[۲۲] استفاده می‌کنیم، و آن عبارت است از مقدار بازدهی مورد انتظار بیش از نرخ بهره‌ی بدون ریسک به‌ازای یک واحد ریسک:

$$\lambda = \frac{R_D - R_F}{\sigma_{IRR}} \qquad (۱۹)$$

در این معادله λ قیمت بازاری ریسک، R_D نرخ بازده مورد انتظار (که می‌توان آن را معادل نرخ تنزیل در نظر گرفت)، σ_{IRR} انحراف معیار نرخ بازده داخلی پروژه و R_F نرخ بهره‌ی بدون ریسک است. بنابراین نرخ تنزیل در هر دوره را می‌توان طبق معادله‌ی ۲۰ به دست آورد:

$$R_{(D,t)} = R_{(F,t)} + \sigma_{IRR} \times \lambda \qquad (۲۰)$$

که در آن $R_{(D,t)}$ نرخ تنزیل ریسک تنظیم‌شده در هر دوره‌ی t از طول عمر پروژه است، $R_{(F,t)}$ نرخ بهره‌ی بدون ریسک در هر دوره‌ی t از طول عمر پروژه است که از طریق نرخ بهره‌ی محاسبه‌شده برای آینده به دست می‌آیند، σ_{IRR} انحراف معیار نرخ بازده داخلی است که معادلِ ریسک بازدهی پروژه است و λ هزینه‌ی هر واحد ریسک است.[۷] با توجه به ضریب β در مدل قیمت‌گذاری سرمایه‌ی ثابت (CAPM)[۲۳] و مدل ضریب تکِ شارپ[۲۴] و تجربیات بازار، میزان قیمت بازاری ریسک برای انسانِ عاقلِ اقتصادی نرمال را برابر ۲ در نظر می‌گیریم. بنابراین معادله‌ی ۲۰ را می‌توان چنین تصحیح کرد.

$$R_{(D,t)} = R_{(F,t)} + \sigma_{IRR} \times ۲ \qquad (۲۱)$$

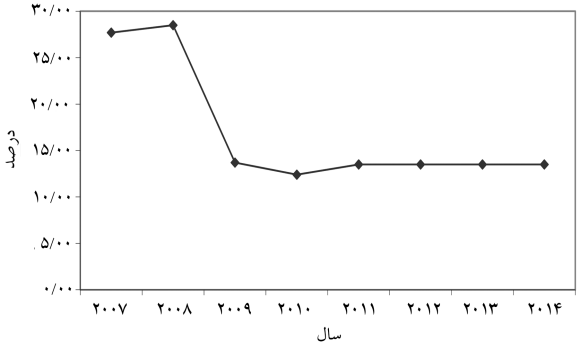
چنانچه محاسبه‌ی نرخ بازده داخلی پروژه امکان‌پذیر نباشد و به‌اصطلاح مشکل محاسباتی نرخ بازده داخلی داشته باشیم، می‌توان از انحراف معیار نرخ بازدهی داخلی تعدیل‌شده (MIRR)[۲۵] به‌جای نرخ بازده داخلی استفاده کرد. این شاخص میزان ریسک پروژه را کم‌تر از مقدار واقعی تخمین می‌زند، اما بهترین و تنها جایگزین ممکن برای ریسک واقعی پروژه است. در ادامه محاسبه‌ی R_F و σ_{MIRR} ضرورت می‌یابد.

۱.۱.۶. محاسبه‌ی نرخ بهره‌ی بدون ریسک

یکی دیگر از پارامترهای ورودی در ارزش‌گذاری به‌روش اختیارات واقعی، نرخ بهره‌ی بدون ریسک کشور است. طبق نظریه‌ی مدرن مالی در ارزش‌گذاری دارایی‌های با درآمد ثابت[۲۶] برای کشورهایی که بازار اوراق قرضه در آن‌ها پیشرفته نیست ــ به‌ویژه هنگامی که ارزش‌گذاری اوراق قرضه به‌کمک نظریه‌ی قیمت‌گذاری آربیتراژ[۲۷] امکان‌پذیر نباشد ــ بهترین شیوه‌ی محاسبه‌ی نرخ بهره‌ی بدون ریسک[۲۸] عبارت است از:

$$R_F = (۱ + I) \times (۱ + g) - ۱ \qquad (۲۲)$$

که در آن R_F نرخ بهره‌ی بدون ریسک، I نرخ تورم و g نرخ رشد تولید ناخالص داخلی است.[۱۱] با توجه به ماهیت اقتصاد ایران که وابستگی زیادی به صنعت انحصاری نفت دارد، می‌توان از رابطه‌ی ۲۲ برای محاسبه‌ی نرخ بهره‌ی بدون ریسک استفاده کرد. با توجه به گزارش اکتبر ۲۰۰۹ صندوق بین‌المللی پول[۲۹]، نرخ تورم و نرخ رشد تولید ناخالص داخلی[۳۰] برای ایران براساس میانگین قیمت‌ها تا سال ۲۰۱۴ میلادی پیش‌بینی شده است و نرخ بهره‌ی بدون ریسک آتی[۳۱] آن به‌صورت شکل ۱ به دست می‌آید.



شکل ۱. نرخ بهره‌ی بدون ریسک آتی برای کشور ایران.

۲.۶. مدل‌سازی پروژه

مدل استفاده‌شده در تحلیل مهندسی مالی این پروژه، تحلیل مونت‌کارلو، لگاریتم شاخص سوددهی و لگاریتم بازده ارزش فعلی برای تعیین بهترین روش برای تخمین نوسان‌پذیری به‌عنوان ورودی مدل اختیارات واقعی است که مدل‌سازی آن در نرم‌افزار Excel و شبیه‌سازی آن با نرم‌افزار Lumenaut [۱۲] انجام شده است (جدول ۱). در جدول ۱ ستون مربوط به درآمدها (cash in) به‌صورت حاصل‌جمع قیمتِ حجم تولید هریک از محصولات گاز طبیعی و LNG، LPG حاصل شده است. در ادبیات مالی از فرایند تصادفی حرکت براونی هندسی برای مدل‌سازی قیمت کالاها استفاده می‌شود که در تعدادی از مقالات مشاهده می‌شود. همچنین در برخی از مقالات برای مدل‌سازی قیمت نفت از حرکت براونی هندسی استفاده شده است.[۷و۱۳-۱۵] از آنجاکه قیمت گاز نیز تابع قیمت نفت است فرض می‌کنیم قیمت گاز از فرایند تصادفی براونی هندسی تبعیت می‌کند. یک حرکت براونی هندسی در معادله‌ی دیفرانسیل تصادفی زیر صدق می‌کند:

$$\frac{ds}{s} = \mu.dt + \sigma.dz \qquad (۲۳)$$

جدول ۱. جریانات نقدی پروژه‌ی مورد نظر.

سال	جریانات نقدی هزینه‌ها	جریانات نقدی درآمدها	جریانات نقدی خالص	جریانات نقدی خالص پس از کسر مالیات	جریانات نقدی تجمعی خالص پس از کسر مالیات
۲۰۰۷	۳۵۷٫۸۶۵۵		−۳۵۷٫۸۷	−۳۵۷٫۸۷	−۳۵۷٫۸۷
۲۰۰۸	۱۹۱۸٫۸۵۴۹		−۱۹۱۸٫۸۵	−۱۹۱۸٫۸۵	−۲۲۷۶٫۷۲
۲۰۰۹	۱۲۳۶٫۵۵۵۴		−۱۲۳۶٫۵۶	−۱۲۳۶٫۵۶	−۳۵۱۳٫۲۸
۲۰۱۰	۱۷۸٫۳۰۲۳		−۱۷۸٫۳۰	−۱۷۸٫۳۰	−۳۶۹۱٫۵۸
۲۰۱۱	۱۴۲٫۱۲۵۸	۲۲۸۴٫۳۱	۲۱۴۲٫۱۸	۲۱۴۲٫۱۸	−۱۵۴۹٫۴۰
۲۰۱۲	۱۵۶٫۳۳۸۳	۱۷۳۰٫۵۷	۱۵۷۴٫۲۳	۱۵۷۴٫۲۳	۲۴٫۸۴
۲۰۱۳	۱۷۱٫۹۷۲۲	۱۰۲۷٫۱۷	۸۵۵٫۱۹	۸۵۵٫۱۹	۸۸۰٫۰۳
۲۰۱۴	۱۸۹٫۱۶۹۴	۹۹۶٫۹۶	۸۰۷٫۷۹	۸۰۷٫۷۹	۱۶۸۷٫۸۲
۲۰۱۵	۲۰۸٫۰۸۶۳	۱۰۷۳٫۱۲	۸۶۵٫۰۳	۸۶۵٫۰۳	۲۵۵۲٫۸۵
۲۰۱۶	۲۲۸٫۸۹۵۰	۱۲۵۴٫۹۸	۱۰۲۶٫۰۸	۱۰۲۶٫۰۸	۳۵۷۸٫۹۳
۲۰۱۷	۲۵۱٫۷۸۴۴	۱۰۱۱٫۶۷	۷۵۹٫۸۹	۷۵۹٫۸۹	۴۳۳۸٫۸۲
۲۰۱۸	۲۷۶٫۹۶۲۹	۹۷۹٫۷۳	۷۰۲٫۷۷	۷۰۲٫۷۷	۵۰۴۱٫۵۹
۲۰۱۹	۳۰۴٫۶۵۹۲	۱۲۷۷٫۰۲	۹۷۲٫۳۶	۹۷۲٫۳۶	۶۰۱۳٫۹۴
۲۰۲۰	۳۳۵٫۱۲۵۱	۱۳۶۰٫۲۲	۱۰۲۵٫۰۹	۱۰۲۵٫۰۹	۷۰۳۹٫۰۴
۲۰۲۱	۳۶۸٫۶۳۷۶	۱۹۲۹٫۴۲	۱۵۶۰٫۷۸	۱۲۴۸٫۶۳	۸۲۸۷٫۶۷
۲۰۲۲	۴۰۵٫۵۰۱۴	۱۲۳۶٫۵۷	۸۳۱٫۰۷	۶۶۴٫۸۵	۸۹۵۲٫۵۲
۲۰۲۳	۴۴۶٫۰۵۱۵	۱۵۰۵٫۳۶	۱۰۵۹٫۳۱	۸۴۷٫۴۵	۹۷۹۹٫۹۶
۲۰۲۴	۴۹۰٫۶۵۶۷	۱۵۰۷٫۸۶	۱۰۱۷٫۲۱	۸۱۳٫۷۶	۱۰۶۱۳٫۷۳
۲۰۲۵	۵۳۹٫۷۲۲۳	۲۱۳۲٫۱۲	۱۵۹۲٫۴۰	۱۲۷۳٫۹۲	۱۱۸۸۷٫۶۵
۲۰۲۶	۵۹۳٫۶۹۴۶	۲۴۱۴٫۳۵	۱۸۲۰٫۶۶	۱۴۵۶٫۵۲	۱۳۳۴۴٫۱۷
۲۰۲۷	۶۵۳٫۰۶۴۰	۲۳۳۹٫۹۸	۱۶۸۶٫۹۱	۱۳۴۹٫۵۳	۱۴۶۹۳٫۷۰
۲۰۲۸	۷۱۸٫۳۷۰۴	۲۶۴۱٫۶۷	۱۹۲۳٫۲۹	۱۵۳۸٫۶۴	۱۶۲۳۲٫۳۴
۲۰۲۹	۷۹۰٫۲۰۷۴	۳۷۸۶٫۷۸	۲۹۹۶٫۵۸	۲۳۹۷٫۲۶	۱۸۶۲۹٫۶۰
۲۰۳۰	۸۶۹٫۲۲۸۲	۳۱۷۵٫۶۷	۲۳۰۶٫۴۴	۱۸۴۵٫۱۶	۲۰۴۷۴٫۷۵
۲۰۳۱	۹۵۶٫۱۵۱۰	۲۴۵۹٫۶۰	۱۵۰۳٫۴۵	۱۲۰۲٫۷۶	۲۱۶۷۷٫۵۲
۲۰۳۲	۱۰۵۱٫۷۶۶۱	۲۷۳۷٫۲۸	۱۶۸۵٫۵۱	۱۳۴۸٫۴۱	۲۳۰۲۵٫۹۳
۲۰۳۳	۱۱۵۶٫۹۴۲۷	۱۹۸۵٫۴۰	۸۲۸٫۴۶	۶۶۲٫۷۷	۲۳۶۸۸٫۶۹
۲۰۳۴	۱۲۷۲٫۶۳۷۰	۲۸۵۵٫۳۹	۱۵۸۲٫۷۵	۱۲۶۶٫۲۰	۲۴۹۵۴٫۹۰
۲۰۳۵	۱۳۹۹٫۹۰۰۷	۳۲۶۵٫۵۳	۱۸۶۵٫۶۳	۱۴۹۲٫۵۰	۲۶۴۴۷٫۴۰

شکل ۲. خروجی شبیه‌سازی برای تابع توزیع MIRR.

که در آن $dz = \varepsilon\sqrt{dt}$ جزء وینری معادله است $\varepsilon \approx N(0,1)$ و μ ضریب رانش[۳۲] و σ نوسان‌پذیری است. با استفاده از لمِ ایتو معادله‌ی دیفرانسیل ۲۳ به‌صورت گسسته‌بازنویسی می‌شود:

$$dS = S.[\exp(\mu - \frac{\sigma^2}{2})dt + \sigma.z\sqrt{dt}] \qquad (۲۴)$$

در ادامه مقدار μ و σ گاز را با توجه به داده‌های تاریخیِ برگرفته از شرکت ملی نفت ایران محاسبه کنیم. همچنین رابطه‌ی قیمت گاز طبیعی و LNG، LPG را از طریق رگرسیون خطی محاسبه می‌کنیم. سپس μ و σ به دست آمده را در معادله‌ی دیفرانسیل ۲۴ وارد کرده و قیمت گاز طبیعی را توسط نرم‌افزار شبیه‌سازی مونت‌کارلو محاسبه می‌کنیم. با توجه به رگرسیون خطی قیمت دو محصول دیگر نیز شبیه‌سازی می‌شود و سپس موارد یادشده در جدول جریانات نقدی به‌صورت جدول ۱ حاصل می‌شود. سپس تابع MIRR را باتوجه به ستون جریانات نقدی خالص پس از کسر مالیات (NCF After tax) تعریف کرده و آن را به‌عنوان خروجی نرم‌افزار در نظر می‌گیریم و نرم‌افزار را برای ۱۰۰۰۰ سناریو اجرا می‌کنیم (شکل ۲). مقدار انحراف معیار حدود ۲٪ به دست می‌آید. بنابراین طبق رابطه‌ی ۲۳ نرخ تنزیل مورد نظر ۱۷٫۵٪ محاسبه می‌شود.

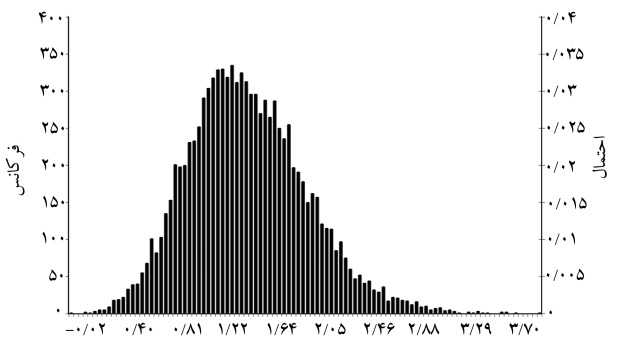
۳.۶. انجام شبیه‌سازی مرحله دوم جهت تعیین پارامتر نوسان‌پذیری

۱.۳.۶. تخمین نوسان‌پذیری توسط لگاریتم شاخص سوددهی

با توجه به ستون جریانات نقدی خالص تجمعی (CNCF) در جدول ۱، متغیر کم‌ترین بودجه‌ی مورد نیاز را به‌صورت کمینه مقدار این ستون (LRC) در نظر می‌گیریم. در مرحله‌ی بعد تابع ارزش فعلی خالص (NPV) را با توجه به ستون جریانات نقدی خالص پس از کسر مالیات (NCF After Tax) در نرخ‌های مختلف به‌عنوان خروجی نرم‌افزار تعریف کرده و سپس شاخص سوددهی (PI) را به‌صورت $\frac{NPV}{LRC} + ۱$ در نظر می‌گیریم و LN(PI)ها را به‌عنوان دیگر خروجی‌های نرم‌افزار معرفی کرده و نرم‌افزار را برای ۱۰۰۰۰ سناریو اجرا می‌کنیم.(شکل ۳) با توجه به جدول ۲ میزان نوسان‌پذیری به دست آمده با استفاده از این روش برابرِ ۵۲ ٫۰ است.

۲.۳.۶. تخمین نوسان‌پذیری با استفاده از روش بازده ارزش فعلی

چنان که پیش‌تر تشریح شد، در این روش مخرج کسر استاتیک است و صورت کسر شبیه‌سازی می‌شود. باتوجه به نتایج شبیه‌سازی در مرحله‌ی قبل، مقدار مخرج را میانگین تابع توزیع NPVهای شبیه‌سازی شده در نرخ ۱۷٫۵٪ در نظر می‌گیریم. صورت کسر نیز برابر است با میزان جریانات نقدی خالص در زمان ابتدای پروژه در نرخ ۱۷٫۵٪ سپس LN این کسر را به‌عنوان خروجی نرم‌افزار تعریف می‌کنیم و



شکل ۳. تابع توزیع نوسان‌پذیری شبیه‌سازی شده به روش لگاریتم شاخص سوددهی.

جدول ۲. مقدار شاخص‌های آماری برای متغیر تصادفی نوسان‌پذیری به روش لگاریتم شاخص سوددهی.

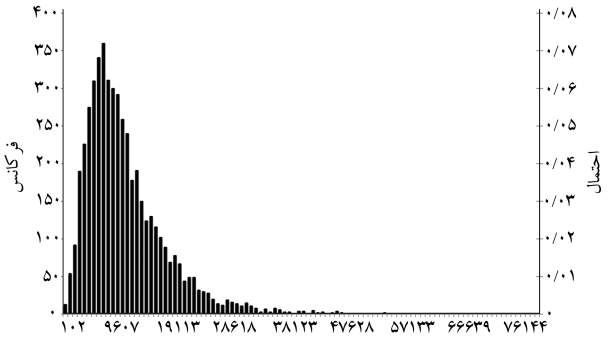
Mean	۱٫۲۹۶۵۱۲۵۱۹
Median	۱٫۲۵۵۴۷۲۱۵۴
Mode	N/A
Stand. Deviation	۰٫۵۱۷۶۸۷۲۰۹
Variance	۰٫۲۶۸۰۰۰۰۴۷
Mean Std. Error	۰٫۰۰۵۱۷۶۸۷۲
Range	۴٫۱۳۲۳۷۰۰۹۳
Range Min	−۰٫۲۶۴۶۹۰۰۸۳
Range Max	۳٫۸۶۷۶۸۰۰۱
Skewness	۰٫۴۶۲۰۶۶۷۸۱
Kurtosis	۰٫۳۹۰۰۵۹۵۵۴

شبیه‌سازی را برای ۱۰۰۰۰ سناریو اجرا می‌کنیم. میزان نوسان‌پذیری به دست آمده با استفاده از این روش در نرخ مورد نظر معادل ۰٫۵۶ است. مقدار میانگین تابع توزیع شبیه‌سازی شده برای NPV معادل ۱۳۱۴۸٫۱۰ و برای بودجه‌ی مورد نیاز که به‌صورت تابع مثلثی در نظرگرفته شده بود معادل ۴۰۹۴ میلیون دلار به دست می‌آید.

۴.۶. اختیار به تعویق انداختن

چنان که گفته شد، نوع اختیار واقعی در این پروژه را از نوع اختیار به تعویق انداختن در نظرگرفته‌ایم تا درستی روش پیشنهادی را مورد بررسی قرار دهیم. با این فرض که پروژه به‌مدت یک سال به تعویق بیفتد، و با توجه به مشترک بودن میدان گازی پارس جنوبی با کشور قطر، هرگونه اهمال و تأخیر در راه‌اندازی پروژه به ضرر کشور ایران بوده و باعث می‌شود کشور رقیب برداشت بیشتری از میدان داشته باشد. بنابراین یک سال تأخیر در اجرای پروژه را به‌منزله‌ی از دست دادن درآمد حاصل از استحصال محصولات تولیدی در یک سال نظر می‌گیریم. همچنین در هرسال نرخ تورم را در هزینه‌های مرتبط اعمال می‌کنیم. سپس برای جدول جریانات نقدی حاصله شبیه‌سازی را اجرا می‌کنیم (شکل ۴).

باتوجه به نتیجه‌ی شبیه‌سازی، میانگین NPV ایجاد شده معادل ۹۴۶۱٫۲۰۳۴



شکل ۴. خروجی شبیه‌سازی برای تابع توزیع NPV در حالت تعویق پروژه به اندازه یک سال.

است. از تقسیم این مقدار بر مقدار NPV مربوط به اجرای طرح بدون تعویق، ضریب مورد نیاز برای محاسبه‌ی ارزش اختیار به تعویق افتادن محاسبه می‌شود؛ این مقدار برابر با ۰٫۷۴ است.

۵.۶. محاسبه‌ی ارزش اختیار

در ادامه‌ی کار به‌منظور محاسبه‌ی ارزش اختیار در نظر گرفته‌شده از نرم‌افزار[۱۶] Super Lattice Solver (SLS) استفاده کرده‌ایم. در این نرم‌افزار روش محاسبه اختیار، مانند آنچه در بخش ۴ گفته شد انجام می‌گیرد. با توجه به مقدار پارامترهای ورودی مقدار فاکتور بالایی و پایینی محاسبه شده و از روش عقبگرد ارزش اختیار به دست می‌آید. مرحله‌ی ورودی نرم‌افزار و همچنین خروجی آن در پیوست ۱ و ۲ مشاهده می‌شود. در قسمت PV Underlying Asset (ارزش فعلی پایه) حاصل جمع میانگین تابع توزیع NPV و میانگین تابع توزیع بودجه مورد نیاز را قرار می‌دهیم. همچنین در قسمت هزینه‌ی اجرایی، مقدار میانگین تابع توزیع یعنی ۴۰۹۴ را قرار داده و مقدار volatility (نوسان‌پذیری) را نیز مطابق جدول ۲ و شکل ۳ باتوجه به روش لگاریتم شاخص سوددهی ۵۲٪ در نظر می‌گیریم. با توجه به پیش‌فرض تعویق یک‌ساله‌ی پروژه، سال سررسید را ۱ قرار می‌دهیم. همچنین با رجوع به نتایج محاسبات در بخش ۱.۱.۶. مقدار نرخ ریسک خنثی را نیز معادل ۱۳٫۵٪ در نظر گرفته و محاسبات را برای ۱۰۰۰ گام زمانی انجام می‌دهیم. همین فرایند را یک‌بار دیگر با در نظرگرفتن نوسان‌پذیری حاصل از روش بازده ارزش فعلی انجام می‌دهیم. نتایج ارزش‌گذاری اختیارات توسط روش دوجمله‌یی با در نظرگرفتن پارامترهای تخمین زده شده و با استفاده از هر دو روش تخمین پارامتر نوسان‌پذیری برابر با ۱۷۲۴۲٫۵ مشاهده می‌شود. در پیوست‌های ۱ تا ۳ خروجی نرم‌افزار برای روش لگاریتم شاخص سوددهی آورده شده است.

۷. نتیجه‌گیری

چنان که گفته شد، ارزش واقعی پروژه برابر است با مجموع ارزش اعمال اختیار به تعویق انداختن و ارزش فعلی جریانات نقدی. بنابراین:

$$۱۷۲۴۲٫۱۵ + ۰ = ۱۷۲۴۲٫۱۵$$

با توجه به یکسان‌شدنِ ارزش واقعی پروژه با ارزش تنزیل جریان‌های نقدی، نتیجه می‌گیریم که ارزش اختیار تعریف شده صفر است؛ یعنی هیچ انعطاف‌پذیری در تأخیر پروژه وجود ندارد و برای ایجاد ارزش بیشتر باید پروژه هرچه سریع‌تر آغاز شود. با توجه به ماهیت استراتژیک مورد مطالعه و عقب‌ماندگی یازده‌ساله‌ی ایران در برداشت گاز از این میدان مشترک ــ نسبت به قطر ــ منطقی است که ارزش اختیار به تعویق انداختن پروژه حدود صفر باشد. با توجه به یکسان بودن ارزش اختیار در نظرگرفته شده در ارزش‌گذاری توسط هر دو روش تخمین نوسان‌پذیری اثبات شده و پیشنهادی، صحت روش پیشنهادی مشخص می‌شود. ازجمله مزیت‌های روش پیشنهادی عبارت است از: این روش مبتنی‌بر یک شاخص مالی معتبر است؛ به داده‌های تاریخی زیادی نیاز ندارد؛ داده‌ها ازجنس خود پروژه‌اند و فرضیات مدیریتی نقش پررنگی ندارد، لذا احتمال بروز خطا کم‌تر می‌شود؛ توضیح و فهم آن برای مدیران راحت و لذا تصمیم‌گیری با دقت بیشتری صورت می‌گیرد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این نوشتار بدینوسیله از شرکت نفت و گاز پارس به دلیل حمایت‌های مالی تقدیر و تشکر می نمایند.

پانوشت

1. net peresen value
2. timing options
3. discounted cash flows
4. internal rate of return
5. internal rate of return pay back period
6. call option
7. put option
8. expiration date
9. exercise price
10. Partial differential equation
11. cash flow base approach
12. financial asset base approach
13. expert assumption approach
14. logarithmic cash flow returns approach or logarithmic stock price
15. logarithmic present value returns approach
16. market proxy
۱۷. بااستفاده از این نسبت مقدار منابع مالی شرکت که به‌وسیله‌ی بستانکاران تامین شده است محاسبه می‌شود. شیوه محاسبه بدین‌ترتیب است که کل بدهی‌های بلندمدت را به حقوق صاحبان سهام تقسیم می‌کنند. این نسبت قدرت اعتبار و وام‌گیری را نیز بیان می‌کند که از سویی بیشتر بودن آن بیانگر قدرت وام‌گیری و از سوی دیگر بالا بودن مقدار بدهی‌ها چندان مناسب نیست.
18. leverage
19. underlying asset base approach
20. weighted average cost of capital (WACC)

21. management assumption and guesses
22. market price of risk
23. capital asset pricing model
24. Sharpe's single factor model
25. modified internal rate of return (MIRR)
26. fixed income asset
27. Arbitrage pricing theory (APT)
28. risk-free interest rates
29. www.imf.org
30. gross domestic product
31. forward risk-free interest rates
32. drift

منابع (References)

1. Gabriel, C. and Saul Suslick, L. "Estimation of volatility of selected oil production projects", *Journal of Petroleum Science and Engineering,* **54**, p.1 (2006).
2. Armstronga, M.; Galli, A.; Bailey, W. and Coue, B. "Incorporating technical uncertainty in real option valuation of oil projects", *Journal of Petroleum & Science Engineering,* pp.(1-3) (2004).
3. Yeo, K.T. and Fasheng, Q. "The value of management flexibility: A real option approach to investment evaluation", *International Journal of Project Management,* **21**, pp. 243-250 (2003).
4. Yepes Rodríguez, R. "Real option valuation of free destination in long-term liquefied natural gas supplies", *Energy Economics,* pp.(4-6) (2008).
5. Mun, J., *Real Option Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investment and Decisions,* United State, 2nd Edition, John Wiley & sons Inc. (2005).
6. Campbell, R.H., *Identifying Real Options, National Bureau of Economic Research,* Cambridge (December 30 1999).
7. Hull, J., *Fundamentals of Futures and Options Markets,* 5th ed, united state, Prentice Hall Finance (2004).
8. Simon, B., *Financial Modeling,* Second ed, England, MIT press (2000).
9. Monthly progression report of developing south Pars Gas field projects, Pars oil & gas company (Sep. 2009).
10. Fathi, A. and Bilel, K. "A methodology to evaluate an option to defer an oilfield development", *Journal of Petroleum Science and Engineering,* pp.(1-2) (2009).
11. Richard, A., Defusco CFA/Dennis W. Mc. Leavy, CFA/Jerald E. pinto. CFA/David E. Runkle,CFA. Quantitative investment Analysis, 2nd ed (2004).
12. www.Lumenault.com
13. Black, M.S. "The pricing of options and corporate liabilities", *J. Political Economy,* **81**, pp. 637-659 (1973).
14. Merton, R.C. "Theory of rational option pricing", *Bell Journal of Economics and Management Science,* **4**, pp. 141-183 (1973).
15. Fernando, A.S.; Postali, P.P. "Geometric brownian motion and structural breaks in oil prices: A quantitative analysis", *Energy Economics,* pp.(2-5)(2006).
16. www. RealOptionsValuation. com

پیوست

Option Valuation Audit Sheet

	Intermediate Computations		***Assumptions***
0.0010	*Stepping Time (dt)*	$17,242.15	*PV Asset Value ($)*
1.0179	*Up Step Size (up)*	$4,094.00	*Implementation Cost ($)*
0.9824	*Down Step Size (down)*	1.00	*Maturity (Years)*
0.4994	*Risk-neutral Probability*	13.50%	*Risk-free Rate (%)*
		0.00%	*Dividends (%)*
	Results	56.00%	*Volatility (%)*
17242.15	*Auditing Lattice Result (10 steps)*	1000	*Lattice Steps*
17242.15	*Super Lattice Results*	Custom	*Option Type*
		Max(Asset, Asset*Defer-Cost)	*Terminal Equation*
		Max(Asset*Defer-Cost,OptionOpen)	*Intermediate Equation*
			Intermediate Equation (Blackouts)

									Defer	***Custom Variables***
									0.74	*Name*
									0	*Value*
										Starting Step

پیوست ۱. خروجی نرم‌افزار SLS (محاسبه نوسان‌پذیری توسط روش لگاریتم شاخص سوددهی).

Underlying Asset Lattice

20582.57										
	20221.28									
19866.34		19866.34								
	19517.63		19517.63							
19175.04		19175.04		19175.04						
	18838.46		18838.46		18838.46					
18507.79		18507.79		18507.79		18507.79				
	18182.93		18182.93		18182.93		18182.93			
17863.77		17863.77		17863.77		17863.77		17863.77		
	17550.21		17550.21		17550.21		17550.21		17550.21	
17242.15		17242.15		17242.15		17242.15		17242.15		17242.15
	16939.50		16939.50		16939.50		16939.50		16939.50	
16642.16		16642.16		16642.16		16642.16		16642.16		
	16350.05		16350.05		16350.05		16350.05			
16063.06		16063.06		16063.06		16063.06				
	15781.10		15781.10		15781.10					
15504.10		15504.10		15504.10						
	15231.96		15231.96							
14964.59		14964.59								
	14701.92									
14443.86										

پیوست ۲. مدل شبکه‌یی دوجمله‌یی (محاسبه نوسان‌پذیری توسط روش لگاریتم شاخص سوددهی).

Underlying Asset Lattice

20582.57										
	20221.28									
19866.34		19866.34								
	19517.63		19517.63							
19175.04		19175.04		19175.04						
	18838.46		18838.46		18838.46					
18507.79		18507.79		18507.79		18507.79				
	18182.93		18182.93		18182.93		18182.93			
17863.77		17863.77		17863.77		17863.77		17863.77		
	17550.21		17550.21		17550.21		17550.21		17550.21	
17242.15		17242.15		17242.15		17242.15		17242.15		17242.15
	16939.50		16939.50		16939.50		16939.50		16939.50	
16642.16		16642.16		16642.16		16642.16		16642.16		
	16350.05		16350.05		16350.05		16350.05			
16063.06		16063.06		16063.06		16063.06				
	15781.10		15781.10		15781.10					
15504.10		15504.10		15504.10						
	15231.96		15231.96							
14964.59		14964.59								
	14701.92									
14443.86										

پیوست ۳. ارزش واقعی پروژه (محاسبه نوسان‌پذیری توسط روش لگاریتم شاخص سوددهی).