فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال سیزدهم / شماره ۵۴/ پاییز ۱۳۹۶/ صفحات ۶۲-۳۳

ارزیابی اقتصادی پروژه‌های بالادستی نفت و گاز با رویکرد اختیارات حقیقی (به همراه مطالعه موردی)

میثم جنتی پور [۱]
کارشناس ارشد مدیریت پروژه نفت و گاز، دانشگاه تهران، Jannati.aut@gmail.com

تورج دهقانی
دکتری اقتصاد، عضو هیأت علمی مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی وزارت نفت، dehghani576@yahoo.com

سیامک حاجی یخچالی
دکتری مهندسی صنایع، عضو هیأت علمی دانشکده صنایع دانشگاه تهران، yakhchali@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۰۱

چکیده

در جهان رقابتی امروز و با وجود عوامل فراوان عدم قطعیت، انعطاف‌پذیری عملیاتی و قابلیت سازگاری استراتژیک یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت پروژه‌های بلند مدت می‌باشد. وجود عدم قطعیت در صنعت نفت و گاز و خطرپذیری ناشی از آن، مدیریت این حوزه را در ارزش‌گذاری پروژه‌ها با چالشی جدی مواجه ساخته است. روش جریان نقدینگی تنزیل شده، مدت زیادی است که به‌عنوان روش رایج در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها به‌کار می‌رود. با توجه به این‌که در این روش، قطعی بودن اطلاعات جزء فرض‌های اولیه است، که این امر با عدم قطعیت موجود در پروژه‌های نفت و گاز در تعارض است. رویکرد اختیارات حقیقی، رویکردی است که در ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها، علاوه بر متغیرهای مؤثر بر ارزش پروژه‌ها تأثیرگذار هستند، رفتار واقعی مدیریت در برخورد با شرایط حاکم بر پروژه نیز در نظر می‌گیرد. در این تحقیق در بررسی پروژه میدان گازی آغار اختیارات تعطیلی پروژه، کوچک‌سازی و واگذاری بخشی از پروژه، توسعه پروژه و همچنین اختیار مرکب برای پروژه در نظرگرفته شده و تأثیر آن‌ها بر ارزش پروژه با استفاده از روش درخت دو جمله‌ای بررسی گردیده است. براساس تابع این بررسی می‌توان گفت از میان اختیارات تعطیلی، گسترش و کوچک‌سازی، با ارزش‌ترین اختیار، اختیار گسترش می‌باشد. این بدین معنا است که در شرایط کنونی می‌بایست توسعه میدان گازی آغار مورد توجه ویژه قرار گیرد.

طبقه‌بندی JEL: M19, L10, C2

کلید واژه‌ها: اختیارات حقیقی، عدم قطعیت، درخت دو جمله‌ای، ارزیابی اقتصادی، میدان گازی

---

۱. نویسنده مسئول

۱- مقدمه

صنعت جهانی نفت و گاز به‌عنوان یکی از مهم‌ترین، سرمایه‌برترین و پرریسک‌ترین صنایع جهان به شمار می‌رود. حاشیه سود این صنعت به دلایل متعددی مانند هزینه بالا برای توسعه ذخایر جدید، نفت کمتر به ازای هر متر حفاری، تورم هزینه‌ها برای انجام تجارت، عرضه مازاد نفت‌خام، تغییر قیمت نفت، رقابت برای سرمایه‌گذاری شرکت‌های نفتی، رقابت برای منابع مالی و عدم قطعیت‌ها و ریسک، زیر فشار است. بنابراین هر سرمایه‌گذار باید ارزیابی‌های دقیق اقتصادی انجام دهد. (ثابت[1]، ۲۰۱۷)

موفقیت یا شکست سازمان‌ها قبل از هر چیز به ارزیابی صحیح فرصت‌های سرمایه‌گذاری و نتایج حاصل از تصمیم‌گیری‌ها بستگی دارد. همچنین ارزیابی سرمایه‌گذاری‌ها می‌تواند به‌عنوان ابزار مناسبی برای ایجاد ارتباط میان کارکنان فنی و مدیریت یک سازمان باشد. در هر موقعیتی، برای سرمایه‌گذاری در یک پروژه، بر حسب معیارهای مالی و آثار بالقوه آن تصمیم‌گیری می‌شود. در نظر مدیران، نتایج مالی به دست آمده از یک موقعیت تصمیم‌گیری بسیار مهم‌تر از ملاحظات فنی آن است. (تنگ[2]، ۲۰۱۷)

همان‌گونه که ذکر شد یکی از عوامل تأثیرگذار در زمینه سرمایه‌گذاری در صنعت نفت، وجود عدم قطعیت و ریسک می‌باشد. عوامل متعددی در عدم قطعیت در پروژه‌های نفت و گاز دخیل هستند که عبارتند از:

قیمت نفت، تکنولوژی، هزینه‌ها و تورم، میزان ذخایر نفت و گاز قابل برداشت.

تغییر نگرش ناشی از تحولات اقتصادی و افزایش پیچیدگی فعالیت‌های مربوطه، موجب ایجاد رویکرد جدیدی در تصمیم‌گیری‌های مالی و اقتصادی با نام اختیارات حقیقی شده است. این رویکرد مبتنی بر تصمیم‌گیری در شرایط نامطمئن و پیچیده می‌باشد که در آن تعیین انتظارات از تغییرات آتی با در نظر گرفتن نااطمینانی‌های موجود نقش اساسی ایفا می‌نماید. بیشترین کاربرد اختیارات حقیقی در زمینه تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری و یا ارزش‌گذاری در زمینه فعالیت‌هایی است که خطرپذیری بالایی دارند. (باومن[3]، ۲۰۰۱)

---

1. Sabet
2. Tang
3. Bowman

نقش اختیارات حقیقی در موارد زیر بسیار حیاتی است:

- تصمیم‌گیری در خصوص سرمایه‌گذاری در فعالیت‌ها و طرح‌هایی که از عدم اطمینان بالایی برخوردارند.
- ارزش‌گذاری تصمیمات استراتژیک که در قالب تحلیل توجیه‌پذیری مالی ارائه می‌شوند.
- دسته‌بندی و اولویت‌بندی هر یک از تصمیمات مزبور براساس معیارهای کمی و کیفی
- بهینه‌سازی تصمیمات استراتژیک سرمایه‌گذاری با توجه به مسیرهای مختلف تصمیم‌گیری
- تعیین زمان مناسب جهت ورود و یا خروج از سرمایه‌گذاری
- مدیریت فرصت‌ها و موقعیت فعلی و توسعه فرصت‌های تصمیم‌گیری استراتژیک آتی

سؤال اصلی تحقیق

سؤال اصلی پژوهش این است که ارزیابی اقتصادی میدان گازی آغار براساس کدام یک از روش‌های DCF[1] و ROV[2] به‌صورت واقعی‌تر و دقیق‌تر صورت می‌پذیرد؟

فرضیه: براساس عوامل مؤثر در ارزیابی اقتصادی پروژه‌های بالادستی نفت و گاز از یک سو و ویژگی‌های روش‌های NPV و ROV از سوی دیگر، فرضیه تحقیق آن است که در این پروژه روش ROV ارزیابی دقیق‌تری ارائه می‌دهد.

ضرورت انجام تحقیق

با توجه به حجم بالای منابع مالی مورد نیاز جهت سرمایه‌گذاری در پروژه‌های نفتی ایران تا افق ۱۴۰۴ و همچنین محدودیت در بودجه، زمان (خصوصاً در مورد میادین مشترک) و ...، استفاده از روشی نیاز است که بتواند ارزش واقعی پروژه‌ها را تعیین و با توجه به شرایط سیاسی و اقتصادی کشور عدم قطعیت‌ها را نیز مد نظر قرار دهد، به‌منظور افزایش انعطاف‌پذیری تصمیمات، ضروری به نظر می‌رسد. لذا استفاده از

1. Discounted Cash Flow
2. Real Option Valuation

رویکرد اختیارات حقیقی می‌تواند گزینه مناسبی باشد. لازم به ذکر است با توجه به بررسی‌های انجام‌شده از مرکز پژوهش و توسعه صنعت نفت، تاکنون ارزیابی پروژه‌های نفتی در ایران از طریق روش سنتی جریان نقدی تنزیل شده بوده و استفاده از این تکنیک در صنعت نفت ایران مورد توجه قرار نگرفته است.

نوآوری تحقیق

نوآوری این تحقیق استفاده از دو روش درخت دوجمله‌ای به منظور ارزش‌گذاری اختیارات حقیقی تعطیلی پروژه، توسعه پروژه، کوچک‌سازی پروژه، تأخیر و اختیار ترکیبی (در نظر گرفتن اختیارات تعطیلی، توسعه و کوچک‌سازی به‌صورت همزمان) در پروژه توسعه میدان گازی آغار واقع در استان فارس می‌باشد.

با توجه به این‌که به‌کارگیری روش اختیارات حقیقی در صنعت نفت و گاز کشور بسیار محدود می‌باشد، این تحقیق از این حیث بی‌نظیر است.

۲- مرور ادبیات

آنالیز اختیارات حقیقی را می‌توان مکمل و نه جایگزین روش تحلیل سنتی NPV[1] دانست، زیرا مدل اختیارات حقیقی بر پایه NPV ساخته می‌شود، اما اجازه می‌دهد تا تصمیمات مدیریتی در طول زمان برای بهبود ارزش پروژه اثرگذار باشند. پیندیک در مورد تفاوت بین این دو روش تأکید می‌کند که توانایی روش اختیارات حقیقی به میزان جای دادن انعطاف‌پذیری‌ها در تحلیل و همچنین به میزان وابستگی پروژه‌ها به مسیرهای مختلف اجرا بستگی دارد. در نتیجه، ارزش یک سرمایه‌گذاری با روش ROA[2] همیشه برابر یا بیشتر از روش سنتی NPV تحلیل می‌شود. به بیان دیگر روش NPV ارزش واقعی پروژه‌ها را کمتر تخمین می‌زند. به‌عنوان مثال در تحلیل سرمایه‌گذاری در یک پروژه معدنی که توسط مان و همکارانش[3] در سال ۲۰۰۲ انجام شده بود، آن‌ها نشان دادند که ارزشیابی پروژه با روش اختیارات حقیقی بین ۱۱ تا ۱۸ درصد ارزش پروژه را بیشتر از روش NPV تخمین می‌زند. در یک مقاله معروف که در سال ۱۹۷۷

1. Net Present Value
2. Real Option Analysis
3.Mun et al

توسط استوارت میرز[1] نوشته شد، واژه اختیارات حقیقی (Real Option) معرفی شد. وی نشان داد که فرصت سرمایه‌گذاری را می‌توان همچون یک اختیار خرید بر روی یک دارای واقعی در نظر گرفت. بسیاری از مدل‌های اختیارت حقیقی اولیه برای منابع طبیعی به کار برده شد که احتمالاً دلیل آن در دسترس بودن داده‌های مربوط به قیمت کالاهای مربوط به پروژه‌ها بوده است. یکی از مهم‌ترین پروژه‌های مربوط به منابع طبیعی که توسط مدل اختیارات حقیقی مورد بررسی قرار گرفته، توسط تورینو[2] در سال ۱۹۷۹ بود که برای اولین بار برای ارزیابی مخازن نفتی از تکنیک‌های قیمت‌گذاری اختیارات استفاده کرد. پس از وی میسون و مرتون[3] درسال ۱۹۸۵ و میرز در سال ۱۹۸۷ از این روش برای ارزیابی تصمیم‌گیری‌هایی که مرتبط با فرصت‌های سرمایه‌گذاری بود، استفاده کردند. برنان و شوارتز[4] در سال ۱۹۸۵ اثر متقابل اختیارات عملیات در یک معدن مس را مورد تحلیل قرار دادند. جرکساند و اکرن[5](۱۹۹۰) در مراحل اولیه پروژه‌های توسعه‌ای یک میدان نفتی از اختیارات توقف و به تعویق انداختن برای بررسی‌های اقتصادی خود استفاده کردند. پس از اینکه کاربرد این تئوری به‌صورت گسترده در بازارهای مالی مورد توجه قرار گرفت، کاربرد آن در صنعت نفت به سرعت افزایش یافت و در اواسط دهه ۱۹۹۰ چندین کتاب در این زمینه منتشر شده که از نویسندگان آن‌ها می‌توان (لون برگر[6]، ۱۹۹۷)، (تری جرجیس[7]، ۱۹۹۳)، (دیکسی و پیندیک[8]، ۱۹۹۴) را نام برد. سیتو و همکاران[9] (۲۰۰۱) گزینه‌های موجود برای توسعه را توسط ترکیب روش‌های شبیه‌سازی مخزن و روش اختیارات حقیقی مورد ارزیابی قرار دادند. کنیون و تومپایدیس[10] (۲۰۰۱) قراردادهای اجاره سکوهای صفاری تأسیسات دریایی را توسط این رویکرد تحلیل نمودند. کورمک و سیک[11] (۲۰۰۱) ارزیابی مخازن

1. Stewart Myers
2. Tourinho
3. Mason&Morton
4. Bernan&Schwartz
5. BjerksundandEkren
6. Luenberger
7. Trigeorgis
8. Dixit and Pyndyck
9. Saito et al
10. KenyonandTompaidis
11. CormackMcandSick

توسعه نیافته را به بحث گذاشتند. در اوایل دهه ۱۹۸۰، پدوک و همکاران[1] (۱۹۸۸)، تحقیقی را در MIT شروع نمودند که در آن از تئوری اختیارات حقیقی استفاده نمودند تا ارزش اجاره تأسیسات دریایی و زمان سرمایه‌گذاری برای توسعه را مورد مطالعه قرار دهند. آن‌ها یک سری مقاله نوشتند که دو تا از آن‌ها در سال‌های ۱۹۸۷ و ۱۹۸۸ منتشر شد. رویکرد معرفی شده توسط این محقق که PSS[2] نام گرفت، که معروف‌ترین مدل اختیارات حقیقی برای کاربرد در بخش بالادستی صنعت نفت می‌باشد. این مدل کلاسیک می‌تواند به‌عنوان تخمین اولیه سرمایه لازم جهت توسعه میادین نفتی مفید باشد و در مقایسه با سایر مدل‌های معرفی شده برای اختیارات واقعی، مزیت‌هایی دارد که سهولت محاسبه و تعداد کمتر پارامتر مورد نیاز نسبت به سایر مدل‌ها از اهم آن می‌باشند. نکته جالب در این مدل تناسب ساده‌ای است که بین اختیار بر روی اوراق بهادار که توسط بلک، شولز و مرتون[3] معرفی شده و مدل اختیارات حقیقی بر روی یک میدان نفتی توسعه نیافته، وجود دارد که در جدول زیر مشاهده می‌شود.

جدول ۱. تناسب بین اختیارات مالی و اختیارات حقیقی

بلک، شولز و مرتون	**پدوک، سیگل و اسمیت**
اختیارات مالی	**اختیارات حقیقی**
ارزش اختیار روی اوراق	ارزش اختیارات روی یک مخزن توسعه نیافته (F)
قیمت کنونی سهام	قیمت کنونی مخازن توسعه نیافته (V)
قیمت اعمال برای اختیار	هزینه سرمایه‌گذاری برای توسعه مخزن (D)
نرخ سود نقدی سهام	جریان نقدی خالص برای کاهش به‌عنوان بخشی از قیمت کنونی مخزن (δ)
نرخ بهره آزاد	نرخ بهره آزاد (r)
نوسانات سهم	نوسانات ارزش مخزن توسعه یافته (σ)
زمان سررسید اختیار	زمان سررسید حق سرمایه‌گذاری (T)

1. Paddock et al
2. Paddock, Siegel and Smith
3. BlackandSholes and Merton

دهقانی (۱۳۹۱)، نقش عدم قطعیت هزینه عملیاتی را به‌صورت جامع مورد مطالعه قرار داده و برای تخمین تغییرات آتی هزینه‌های عملیاتی پروژه‌های معدنی، از مدل درخت دوجمله‌ای استفاده کرده است.

المنصور[1] (۲۰۱۱)، در ارزش‌گذاری اختیارات حقیقی یک پروژه نفتی در آلبرتا، هزینه استخراج نفت را ثابت فرض نموده و قیمت نفت را تنها منبع عدم قطعیت در پروژه در نظر گرفته است.

کالوته[2] (۲۰۱۳)، بیشینه کردن ارزش پورتفوی در پروژه‌های حفاری چاه‌های نفت را بررسی نموده است. او اختیارات حقیقی پروژه‌های حفاری را در نظر گرفته و با استفاده از الگوریتم ژنتیک، یک مدل کلی برای بهینه‌سازی پورتفوی ارائه داده است.

کابرالس[3] (۲۰۱۳)، با مطالعه موردی یک چاه نفت، هزینه‌های داخلی چاه نفت را به‌عنوان متغیر و منبع عدم قطعیت در اختیارات حقیقی در نظر گرفته و به بررسی تأثیر قیمت نفت بر هزینه‌های داخلی چاه نفت پرداخته است

ژینگ هوا و همکاران[4] (۲۰۱۵) انعطاف‌پذیری مدیریتی و اختیارات حقیقی یک پروژه حفاری نفت و گاز در آب‌های عمیق را بررسی نموده‌اند. ایشان چندین منبع عدم قطعیت‌های قیمت نفت، زمین‌شناسی و مهندسی را در نظر گرفته و مدلی جدید برای ارزشیابی پروژه‌های حفاری در آب‌های عمیق را پیشنهاد داده‌اند.

تنگ و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی اختیارات حقیقی در فاز توسعه و تولید در پروژه‌های نفت و گاز پرداخته‌اند، عامل تغییرپذیری رابراساس قیمت نفت و شرایط سیاسی محاسبه نموده‌اند. آنان با تجزیه و تحلیل سناریو به این نتیجه رسیده‌اند که هرچه ریسک سرمایه‌گذاری بالاتر باشد، بهتر است که سرمایه‌گذاری زودتر انجام پذیرد.

ثابت در تحقیقاتش ارتباط بین قیمت سهام یک شرکت نفتی با قیمت نفت‌خام و تغییرپذیری را طی فاز حفاری پروژه‌های شرکت بررسی نموده و به همین منظور اختیارات حقیقی پروژه را ارزش‌گذاری کرده است.

کاربرد این روش را در صنعت نفت در جهان را با مراجعه به مقالات درج شده در جدول ۲ می‌توان مورد توجه قرار داد.

---

1. Almansour
2. Calvette
3. Cabrales
4. Qiu, X.-H et al

جدول ۲. دسته‌بندی مقالات مرور شده

دسته	توصیف	صنایع کاربردی	مراجع
اختیار شروع یا تعویق[1]	اختیار انتخاب زمان شروع پروژه، اختیار شروع یا تعویق نامیده می‌شود. مدیریت می‌تواند سال‌ها صبر کند تا قیمت تولیدات، هزینه‌های تولید یا توسعه را بپوشاند.	صنایع استخراج منابع طبیعی، توسعه بخش مسکن و مستغلات، کشاورزی و تولید	McDonald and Siegel 1986 Paddock et al. 1988 Tourinho 1979 Titman 1985 Ingersoll and Ross 1992 Siegel Smith and paddock 1987 Miletersen 1997 Cherian Patel and Khipko 2000
اختیار زمان‌بندی (سرمایه گذاری مرحله‌ای)[2]	سرمایه‌گذاری مرحله‌ای به‌عنوان سری هزینه‌ها اختیاری را ایجاد می‌کند که کسب و کار طی مراحل اجرایی پروژه رها شود اگر اطلاعات جدید نامساعد باشد.	تمام صنایع متمرکز بر تحقیق و توسعه، به ویژه صنایع داروسازی، پروژه‌های سرمایه‌گذاری طولانی مدت (به‌عنوان مثال تأسیسات بزرگ یا ماشین‌آلات تولید انرژی)	Maid and Pindyc 1987 Carr 1988 Trigeoris 1993 Damodaran 2001 Koekebakker and Sodal 2002 Hlouskova et al. 2002 Rocha, Moreira and David 2002
اختیار تغییر وضعیت[3]	اگر قیمت یا تقاضا تغییر کند، مدیریت می‌تواند محصول را تغییر دهد. به همین صورت محصولات می‌توانند با مواد اولیه متفاوت تولید شوند.	تغییر محصول: هرکالایی که به‌صورت دسته‌های کوچک تولید می‌شود یا تقاضای آن نوسان دارد (همانند کالاهای مصرفی الکترونیکی)، اسباب بازی‌ها، مقالات تخصصی، قسمت‌های ماشین‌آلات صنایع اتومبیل. تغییر مواد اولیه: تمام تأسیسات وابسته به مواد اولیه، انرژی برق، مواد شیمیایی، محصولات کشاورزی، مواد مصرفی صنایع استخراج منابع طبیعی	Margabe 1978 Kensinger 1987 Kulatilaka 1988 Kulatilaka and Trigeoris 1994 Amram and Kulatilaka 1999 Dias 2002
اختیار توسعه[4]	این اختیار امکان توسعه و افزایش کل سرمایه‌گذاری را مدنظر قرار می‌دهد.	تمام صنایع زیربنایی پایه‌ای و استراتژیک به ویژه صنایع مبتنی بر تحقیق و توسعه، فناوری پیشرفته و صنایع که محصولات چندگانه و یا محصولات با کاربرد مختلف تولید می‌کنند، تولیدات استراتژیک	Myers 1977 Brealey and Myers 1991 Pindyck 1993 Kester 1984 Trigeoris 1988 Pindyck 1988 Chung and Charoenwong 1991 Goldberg and Read 2000

1. Initiation or Determent Option
2. Time to Build Option (Staged Investment)
3. Switching Option
4. Expanding Option

۳- روش تحقیق

روش تنزیل جریان وجوه نقدی (DCF)

در این روش آن‌چه معیار تصمیم‌گیری در سرمایه‌گذاری است، مقدارNPV است که مقدار مثبت آن به معنای مناسب بودن پروژه برای انجام سرمایه‌گذاری است. در این روش ارزش خالص فعلی جریان‌های نقدی آتی مورد انتظار پروژه محاسبه می‌شود. تبدیل کردن ارزش‌های آتی به ارزش فعلی با نرخ تنزیل[1] مناسب صورت می‌گیرد که این نرخ تنزیل به نرخ ریسک تعدیل شده[2] موسوم است. این نرخ به نحوی در نظر گرفته می‌شود که در آن ریسک ناشی از ذات پروژه سرمایه‌گذاری انعکاس یابد و در نهایت در تحلیل‌ها اعمال شود. هرچه ریسک سرمایه‌گذاری پروژه، از نگاه سرمایه‌گذاران بیشتر باشد، نرخ ریسک تعدیل شده که در تنزیل مقادیر آتی و تبدیل آن‌ها به ارزش حال استفاده می‌شود، بزرگ‌تر است.

مدل درخت دوجمله‌ای ارزش‌گذاری اختیارات

مدل درخت دوجمله‌ای برای اولین بار توسط کاکس و همکاران[3] (۱۹۷۹) به منظور تخمین عدم قطعیت قیمت سهام ارائه شد. این روش یکی از مشهورترین روش‌ها برای بررسی رفتار تغییرات قیمت سهام به‌صورت ناپیوسته می‌باشد. مدل ارزش‌گذاری اختیارات با روش درخت دوجمله‌ای دارای مزایای متعددی نسبت به سایر مدل‌های ارزش‌گذاری اختیارات حقیقی است. این روش می‌تواند برآیند فرآیندهای تصمیم‌گیری بین حال و زمان انقضاء اختیار را نشان دهد و چگونگی تصمیم در هر زمان را برای تصمیم‌گیران تسهیل کند. ارزش‌گذاری اختیارات با روش درخت دوجمله‌ای براساس استدلال خنثی به ریسک بنا شده است. به همین جهت این مدل نیاز به نرخ‌های تعدیل شده با ریسک ندارد. انعطاف‌پذیری، صحت و سرعت در محاسبه از سایر مزایای این روش می‌باشند. (دی ریک[4]، ۲۰۰۸)

---

1. Discount Rate
2. Risk Adjusted
3. Cox et al
4. De Reyck

در این روش فرض می‌شود که متغیر دارای عدم قطعیت دارای دو مقدار ممکن حداکثر و حداقل است و برای هر مقدار ممکن است دو احتمال ممکن دیگر در آینده وجود داشته باشد. چنین فرضی سبب می‌شود که مدل‌سازی عدم قطعیت به‌صورت درختی دوجمله‌ای درآید که با افزایش تعداد دوره‌های زمانی، تعداد شاخه‌های آن معادل عدد دوره نهایی به‌علاوه ۱، خواهد بود. (برندو[1]، ۲۰۰۵)

متغیرهای ورودی و نحوه تخمین آن‌ها در ارزش‌گذاری اختیارات حقیقی

یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در ارزش‌گذاری اختیارات حقیقی، محاسبه پارامترهای ورودی می‌باشد. در این بخش به معرفی پارامترهای ورودی و نحوه مقداردهی به آن‌ها می‌پردازیم.

ارزش دارایی (S0)

ارزش دارایی از جریانات نقدینگی که پیش‌بینی می‌شود پروژه در طول عمر خود به‌دست آورد، محاسبه می‌شود. ارزش فعلی جریانات نقدینگی مورد انتظار براساس روش DCF به‌عنوان ارزش دارایی لحاظ می‌شود. (مان، ۲۰۰۲)

نوسان‌پذیری

نوسان‌پذیری نشان دهنده عدم قطعیت مرتبط با جریان‌های نقدینگی تشکیل‌دهنده ارزش کلی دارایی مورد بررسی می‌باشد. نوسان‌پذیری اختیارات مالی به سبب اطلاعات تاریخی موجود در مورد ارزش سهام قابل تخمین است. (لیما[2]، ۲۰۰۶)

روش لگاریتم جریان نقدینگی

این روش مبتنی بر تغییرات جریان‌های نقدینگی در گذشته می‌باشد که از ارزش‌های واقعی دارایی در گذشته برای محاسبه ضریب نوسان‌پذیری استفاده می‌کند. بنابراین ضریب به‌دست آمده از این روش می‌تواند نشان‌دهنده یک تخمین مناسب از نوسان‌پذیری ارزش دارایی باشد. (رودریگز[3]، ۲۰۰۸)

---

1. Brando
2. Lima
3. Rodríguez

در این تحقیق با توجه به این‌که قیمت گاز طبیعی طی سالیان گذشته در دسترس بوده، از روش لگاریتم جریان نقدینگی به منظور تخمین نوسان‌پذیری استفاده شده است.

مراحل محاسبه این ضریب به‌صورت زیر می‌باشد:

- محاسبه جریانات نقدینگی در طول تولید در گذشته با بازه‌های زمانی منظم
- محاسبه بازده مربوط به هر بازه زمانی، با شروع از دومین بازه زمانی و تقسیم جریان نقدینگی جاری به مقدار آن در سال قبل
- به‌دست آوردن لگاریتم همه بازده‌ها
- محاسبه انحراف استاندارد لگاریتم بازده‌های مربوط به مرحله قبل، که همان نوسان‌پذیری ارزش دارایی مورد نظر می‌باشد. این ضریب به‌صورت درصد بیان می‌شود.

عمر اختیار

برخلاف اختیارات مالی، عمر قطعی اختیارات حقیقی مشخص نیست. در برخی موارد روشن نیست که دقیقاً چقدر فرصت وجود خواهد داشت تا بتوان اختیار را اعمال نمود و معمولاً سررسیدی که بتوان به کمک آن تصمیم‌گیری کرد، وجود ندارد. برای مثال، زمان مورد نیاز برای ایجاد یک پروژه قبل از این‌که به‌صورت تجاری به اجرا درآید، مشکل است. عمر اختیار برای شفاف شدن عدم قطعیت باید به قدر کافی طولانی باشد اما نه آن‌قدر که ارزش اختیار به خاطر ورود رقبا بی‌معنا شود. (مان، ۲۰۰۲)

تعداد بازه‌های زمانی

مدل بلک و شولز یک راه حل تحلیلی با شکل بسته ارائه می‌کند و نیاز نیست عمر اختیار به بازه‌های زمانی تقسیم شود. زمانی که بازه زمانی کوچک و تعداد بازه‌ها طی عمر اختیار افزایش می‌یابد، پاسخ روش درخت دوجمله‌ای به سمت مدل بلک و شولز میل خواهد کرد. با توجه به پیشینه تحقیق، تعداد بازه‌های زمانی پنج یا شش مناسب بوده و ارزش نهایی اختیار تفاوت قابل توجهی با پاسخ راه حل بلک و شولز نخواهد داشت. در مقایسه با خطاهای موجود در تخمین بسیاری از پارامترهای ورودی، تأثیر تعداد بازه‌های زمانی بر ارزش اختیار ممکن است بسیار ناچیز باشد.

مطالعه موردی: میدان گازی آغار

میدان آغار از میدان‌های گازی ایران است که در فاصله ۱۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شیراز و ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی فیروز آباد، در مجاورت شهر قیر و در استان فارس قرار گرفته است. این میدان از میادین تحت مدیریت شرکت نفت مناطق مرکزی ایران به‌شمار می‌آید.

میدان آغار در سال ۱۳۵۱ کشف گردید و هم‌اکنون در میدان گازی آغار ۱۶ حلقه چاه وجود دارد، که ۱۳ حلقه از آن‌ها، تولیدی است. تولید از این میدان از اواخر سال ۱۳۷۷ آغاز گردیده که گاز طبیعی و میعانات گازی میدان، پس از تفکیک، جهت فرآورش توسط دو خط لوله جداگانه، به طول ۹۰ کیلومتر، به پالایشگاه گاز فراشبند، ارسال می‌گردد.

این میدان گازی، دارای تسهیلات سرچاهی، چهار مرکز جمع آوری گاز، خطوط لوله جریانی که گاز چاه‌ها را به تسهیلات مرکزی و نهایتاً به پالایشگاه فراشبند انتقال می‌دهند، همچنین یک مرکز جمع‌آوری و تفکیک که شامل لخته‌گیر، تفکیک گره‌های دو فازی و سه فازی، اتاق کنترل، ایستگاه پمپاژ، سیستم‌های دریافت و ارسال توپک می‌باشد. توان تولیدی میدان گازی آغار، معادل ۲۲ میلیون متر مکعب گاز طبیعی در روز می‌باشد. از این میدان همچنین به‌طور روزانه ۴۳۰۰ بشکه میعانات گازی تولید می‌شود (گزارش شرکت ملی نفت ۱۳۹۴).

هدف از اجرای پروژه

هدف از اجرای این پروژه، توسعه میدان گازی آغار به منظور افزایش دبی تولیدی میدان از ۲۲ میلیون متر مکعب در روز به ۴۲ میلیون متر مکعب در روز می‌باشد. براساس بررسی‌های انجام شده، سناریو حداقل فشار سرچاهی ۱۹۰ بار، با ضریب بازیافت ۴۵.۶۲ درصد، و حفر ۱۵ حلقه چاه (سه حلقه در بخش میانی) به‌عنوان سناریو برتر جهت تولید ۴۲ میلیون متر مکعب در روز از میدان در مدت زمان ۱۰۲ ماه در نظر گرفته شده است.

موقعیت جغرافیایی پروژه

تاقدیس آغار به طول ۷۵ کیلومتر و عرض ۵ تا ۸ کیلومتر در ۱۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شیراز و ۳۵ کیلومتری فیروزآباد در استان فارس قرار دارد.

خلاصه نتایج به‌دست آمده ارزیابی اقتصادی پروژه میدان گازی آغار از روش DCF

جدول ۳. نتایج به‌دست آمده ارزیابی اقتصادی پروژه میدان گازی آغار از روش DCF

۱۰۴۸/۵میلیون دلار	سرمایه‌گذاری اولیه
۱۹۶۸/۷ میلیون دلار	ارزش خالص فعلی(NPV)
٪۴۷	IRR
۴۰۹ میلیون دلار	هزینه عملیاتی
٪۱۵	نرخ تنزیل

منبع: یافته های تحقیق

متغیرهای ورودی اختیارات حقیقی

- S_0=1968736677 ارزش دارایی
- Volatility=25% نوسان‌پذیری (برای تعیین نوسان‌پذیری از روش لگاریتمی برروی قیمت تاریخی محصولات تولیدی استفاده شده است.)
- T=6 عمر اختیار
- δ_t=1 بازه‌های زمانی عمر اختیار در هر سال
- $r_f = \ln(1 + r_d) = \ln(1 + 0.15) = 0.14$ نرخ بهره بدون ریسک

محاسبه پارامترهای درخت دوجمله‌ای

$$u = \exp\left(\sigma\sqrt{\delta_t}\right) = 1.2840$$

$$d = \frac{1}{u} = 0.7787$$

$$P_u = \frac{\exp((r - l) * \delta_t) - d}{u - d} = 0.7353$$

$$P_d = 1 - P_u = 0.2647$$

تشکیل درخت دوجمله‌ای و محاسبه ارزش انتظاری در هر گره از درخت

تشکیل درخت دوجمله‌ای با استفاده از دوره‌های یک ساله برای ۶ سال و ارزش دارایی در طول عمر اختیار صورت گرفته است. با شروع از نقطه S_0 و ضرب آن در احتمالات up و down به ترتیب مقادیر S_0u و S_0d برای سال اول به‌دست می‌آید. همین روال محاسباتی تا پایان سال ششم برای تمام گره‌های درخت انجام می‌پذیرد.

						8823265647
					6871566195	
				5351581134		5351581134
			4167815578		4167815578	
				3245898036		3245898036
		2527907932		2527907932		2527907932
1968736677			1968736677		1968736677	
		1533253666		1533253666		1533253666
			1194099155		1194099155	
				929965357		929965357
					724257749	
						564052502
						439284530

شکل ۱. ارزش انتظاری پروژه در درخت دوجمله‌ای

منبع: یافته های تحقیق

ارزش‌گذاری اختیار گسترش پروژه

به منظور توسعه پروژه میدان گازی آغار، براساس براساس شرایط پروژه و نظر خبرگان صنعت نفت، اختیار گسترش با فاکتور ۲، یعنی دو برابر کردن حجم عملیات و میزان تولید در نظر گرفته شده است. برای شروع در گره S_0U^6 ارزش انتظاری پروژه ۸۸۲۳۲۶۵۶۴۷ دلار می‌باشد. با اختیار دو برابر کردن حجم عملیات، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و ارزش انتظاری پروژه دچار تغییر می‌شوند. برای تخمین هزینه

سرمایه‌گذاری از قانون ۰.۶ استفاده شده است. این مفهوم اولین بار در سال ۱۹۴۷ توسط راجر ویلیام[1] ارائه شده است. این رابطه به شکل زیر بیان می‌شود:

$$C_2 = C_1(\frac{S_2}{S_1})^{0.6}$$

C_1: هزینه شناخته شده برای اندازه اولیه پروژه

C_2: هزینه تقریبی برای اندازه پروژه در حالت گسترش داده شده

$\frac{S_2}{S_1}$ نسبت فاکتور اندازه (این فاکتور بی بعد است)

هزینه گسترش پروژه میدان گازی آغار با فاکتور ۲ به‌صورت زیر می‌باشد:

1. Roger William

$$\text{Expansion Cost}=C_2=\left(\frac{2}{1}\right)^{0.6}*C_1=\left(\frac{2}{1}\right)^{0.6}*1048500000=1589228820$$

						8,823,265,647
						Expand
					6,871,566,195	16,057,302,475
					Continue	
				5,351,581,134	12,361,523,228	5,351,581,134
				Continue		Expand
			4,167,815,578	9,502,048,964	4,167,815,578	9,113,933,448
			Continue		Continue	
		3,245,898,036	7,291,433,413	3,245,898,036	6,954,021,993	3,245,898,036
		Continue		Continue		Expand
	2,527,907,932	5,585,122,811	2,527,907,932	5,290,682,768	2,527,907,932	4,902,567,251
	Continue		Continue		Continue	
1,968,736,677	4,270,730,016	1,968,736,677	4,016,435,154	1,968,736,677	3,674,206,701	1,968,736,677
Continue		Continue		Continue		Expand
3,260,494,309	1,533,253,666	3,044,434,686	1,533,253,666	2,757,289,906	1,533,253,666	2,348,244,534
	Continue		Continue		Continue	
	2,305,500,443	1,194,099,155	2,072,989,996	1,194,099,155	1,775,837,747	1,194,099,155
		Continue		Continue		End
		1,561,914,152	929,965,357	1,349,160,600	929,965,357	1,194,099,155
			Continue		Continue	
			1,029,081,719	724,257,749	929,965,357	724,257,749
				Continue		End
				724,257,749	564,052,502	724,257,749
					Continue	
					564,052,502	439,284,530
						End
						439,284,530

شکل ۲. درخت دوجمله‌ای اختیار گسترش (ارقام بالایی ارزش موردانتظار دارایی و ارقام پایینی ارزش دارایی با درنظر گرفتن اختیار برحسب دلار می‌باشند)

منبع: یافته های تحقیق

۴- تحلیل نتایج ارزش‌گذاری اختیار گسترش

از آن‌جایی که درخت تشکیل شده دوجمله‌ای است، مسیرهای متفاوتی برای رسیدن به یک گره وجود دارد. برای تخمین احتمال اجرای اختیار، لازم است تعداد مسیرهایی که برای رسیدن به گره‌های دوره پایانی عمر اختیار وجود دارد، تعیین شود. برای این کار از مثلث خیام پاسکل استفاده می‌شود. اگر این مثلث به‌اندازه ۹۰ درجه در خلاف عقربه‌های ساعت چرخانده شود، نشان‌دهنده یک شبکه دوجمله‌ای خواهد بود که تعداد مسیرها به هر گره را بیان می‌کند. ارزش هر گره در این مثلث برابر مجموع مقادیر دو گره قبل‌تر است که به آن منتهی می‌شود. این مثلث نشان می‌دهد که تعداد مسیرها برای تمام نقاط مرحله ششم از شبکه دوجمله‌ای برابر ۶۴ =۱+۶+۱۵+۲۰+۱۵+۶+۱ است. همان‌گونه که در درخت دوجمله‌ای تشکیل شده برای ارزش‌گذاری اختیار گسترش مشخص شده، در ۴ گره در سال ششم عمر اختیار براساس مقایسه ارزش پروژه در حالت بدون اختیار و با اختیار، تصمیم بر گسترش پروژه گرفته شده است. با استفاده از مثلث خیام پاسکال می‌توان گفت احتمال گسترش پروژه در سال ششم برابر با $\frac{۴۲}{۶۴}$ یا ۶۵ درصد می‌باشد.

			1				Row 0
		1		1			Row 1
		1		2		1	Row 2
	1		3		3		1	Row 3
	1		4		6		4		1	Row 4
1		5		10		10		5		1	Row 5
1	6		15		20		15		6		1	Row 6

شکل ۳. مثلث خیام پاسکال

همچنین با مقایسه ارزش پروژه به‌دست آمده از روش DCF بدون اختیار و ارزش پروژه با وجود اختیار گسترش، ارزش افزوده‌ای که این اختیار برای پروژه دارد، محاسبه می‌شود.

$$\text{Option Value} = 3260494308 - 1968736676 = 1291757631$$

برخی از ملاحظات عملی همراه با این اختیار به عواملی مانند فاکتور گسترش، نوسان‌پذیری ارزش دارایی، هزینه اجرای اختیار گسترش و عمر اختیار مربوط می‌شود. فاکتور گسترش به‌عنوان یکی از فاکتورهای تأثیرگذار، از نسبت بین عملیات آتی گسترش و عملیات حال حاضر محاسبه می‌شود. یکی از فرضیات مسأله ثابت بودن نوسان‌پذیری با تغییر حجم عملیات است. برای محاسبه هزینه اجرای اختیار همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، از قانون ۰/۶ استفاده شده است. در رابطه با عمر اختیار، در مطالعه موردی انجام شده، از یک چارچوب زمانی ۶ ساله استفاده شده است.

ارزش‌گذاری اختیار تعطیلی

با توجه به اینکه اختیار تعطیلی یک اختیار فروش محسوب می‌شود، هزینه اجرای این اختیار به‌عنوان یک دستاورد تلقی می‌شود. مقدار این دستاورد در واقع ارزشی است که از فروش تجهیزات پروژه قابل دست‌یابی است. در محاسبه دستاورد حاصل از تعطیلی پروژه همان‌طور که در جدول ۴ آمده، ارزش فروش تجهیزات معادل ۹۴۰۶۱۰۴۷۰ دلار برآورد شده است.

جدول ۴. تخمین ارزش فروش تجهیزات پروژه

اقلام	ارزش فروش (دلار)
اراضی تحصیل شده جهت اجرای پروژه	۸۸,۱۰۲,۰۰۰
تجهیزات سرچاهی	۵۹۲,۲۲۰,۰۰۰
تجهیزات مرکز تفکیک	۲۴,۰۲۰,۶۰۰
ترانسورماتور و ژنراتور و تجهیزات برق رسانی	۴۸,۰۵۵,۰۰۰
انشعابات	۱,۰۰۵,۷۰۰
ساختمان‌ها و تجهیزات اداری	۲,۱۰۰,۱۷۰
تجهیزات پالایشگاهی	۱۸۵,۱۰۷,۰۰۰
مجموع	۹۴۰,۶۱۰,۴۷۰

منبع: یافته های تحقیق

برای ارزش‌گذاری اختیار در هر گره از درخت دوجمله‌ای از استقرای پس‌رو استفاده می‌شود.

						8,823,265,647
						End
					6,871,566,195	8,823,265,647
					Continue	
				5,351,581,134	6,871,566,195	5,351,581,134
				Continue		End
			4,167,815,578	5,351,581,134	4,167,815,578	5,351,581,134
					Continue	
		3,245,898,036	4,167,815,578	3,245,898,036	4,167,815,578	3,245,898,036
		Continue		Continue		End
	2,527,907,932	3,245,898,036	2,527,907,932	3,245,898,036	2,527,907,932	3,245,898,036
	Continue		Continue		Continue	
1,968,736,677	2,528,047,642	1,968,736,677	2,527,907,932	1,968,736,677	2,527,907,932	1,968,736,677
Continue		Continue		Continue		End
1,969,700,930	1,533,253,666	1,969,343,715	1,533,253,666	1,968,736,677	1,533,253,666	1,968,736,677
	Continue		Continue		Continue	
	1,537,055,293	1,194,099,155	1,535,891,225	1,194,099,155	1,533,253,666	1,194,099,155
		Continue		Continue		End
			929,965,357	1,205,559,270	929,965,357	1,194,099,155
			Continue		Continue	
						724,257,749
						Abandon
					564,052,502	940,610,470
					Abandon	
					940,610,470	439,284,530
						Abandon
						940,610,470

شکل ۴. درخت دوجمله‌ای با ارزش فروش یکسان در طول عمر اختیار (ارقام بالایی ارزش مورد انتظار دارایی و ارقام پایینی ارزش دارایی با در نظر گرفتن اختیار بر حسب دلار می‌باشند)

منبع: یافته های تحقیق

تحلیل نتایج درخت دوجمله‌ای برای اختیار تعطیلی

ارزش پروژه براساس روش DCF و بدون در نظر گرفتن هیچ گونه انعطاف‌پذیری برابر ۱۹۶۸۷۳۶۶۷۶ می‌باشد. این در حالی است که ارزش پروژه با در نظر گرفتن

اختیار تعطیلی برابر ۱۹۶۹۷۰۰۹۳۰ است. به دلیل اینکه این ارزش در مقایسه با ارزش پروژه بدون اعمال اختیار تعطیلی بیشتر است، بنابراین مقدار ۱۹۶۹۷۰۰۹۳۰ دلار برای ارزش فعلی پروژه (دارایی) در نظر گرفته می‌شود. یعنی تفاوت بین ارزش پروژه با در نظر گرفتن اختیار تعطیلی در مقایسه با ارزش برآورد شده از روش DCF معادل ۹۶۴۲۵۳ دلار خواهد شد. بنابراین ارزش فعلی پروژه به خاطر اختیار تعطیلی، نتیجه مثبتی در پی داشته است. این نکته می‌تواند تفاوت به‌سزایی در تصمیم بر ادامه پروژه و یا تعطیلی آن داشته باشد.

براساس مثلث خیام پاسکال، مجموع تعداد مسیرهای مربوط به نقاطی که اختیار تعطیلی اجرا می‌شود برابر $\frac{۷}{۶۴}$ یا ۱۰/۹ درصد است. این اطلاعات در زمانی که پروژه‌هایی با NPVهای مشابه و حتی ارزش اختیارهای برابر باهم مقایسه می‌شوند، در تصمیم‌گیری در مورد پروژه بسیار اهمیت پیدا می‌کنند.

لازم به ذکر است اختیار تعطیلی یک اختیار فروش بوده و زمانی که این اختیار دارای ارزش باشد (یعنی ارزش دارایی کمتر از ارزش هزینه اجرای اختیار باشد)، ارزش اختیار با افزایش هزینه اجرای آن اختیار افزایش خواهد یافت، در بررسی پروژه توسعه میدان گازی آغار، اگر عدم قطعیت از بین برود و ارزش مورد انتظار پروژه کمتر از ۹۴۰۶۱۰۴۷۰ دلار باشد، تصمیم بهینه، تعطیلی پروژه و فروش تجهیزات می‌باشد. این در حالی است که اگر ارزش انتظاری پروژه بیشتر از این مقدار باشد، میدان می‌بایست به تولید خود ادامه دهد.

ارزش‌گذاری اختیار کوچک‌سازی پروژه[1]

اختیار کوچک‌سازی به معنای فروش وواگذاری بخشی از پروژه به یک شرکت دیگر است. برای ارزش گذاری اختیار کوچک‌سازی علاوه بر عواملی که در اختیارات دیگر تأثیرگذار هستند، فاکتور کوچک‌سازی[2] نیز مؤثر است. این فاکتور نشان‌دهنده درصد کاهش عملیات و واگذاری پروژه است. در این پژوهش براساس شرایط پروژه و نظر خبرگان صنعت نفت، فاکتور کوچک‌سازی معادل ۳۰ درصد در نظر گرفته شده است. در

1. Contraction Option
2. Contraction Factor

محاسبه ارزش اختیار کوچک‌سازی، ارزش به‌دست آمده از صرفه‌جویی‌های هزینه‌ای یا درآمد حاصل از فروش بخشی از تجهیزات پروژه به‌عنوان دستاورد اختیار لحاظ می‌شود. در نتیجه این ارزش به NPV به‌دست آمده پروژه افزوده می‌شود. پس از محاسبه مقدار NPV، این مقدار با ارزش به‌دست آمده برای ادامه کار مقایسه شده و بیشترین مقدار به‌عنوان ارزش مورد انتظار دارایی با در نظر گرفتن اختیار لحاظ شده است.

برای محاسبه صرفه‌جویی حاصل از کوچک‌سازی پروژه از قانون ۰/۶ استفاده شده است.

$$Constraction\ Saving = C_2 = \left(\frac{0.3}{1}\right)^{0.6} * C_1 =$$

$$\left(\frac{0.3}{1}\right)^{0.6} * 1048500000 = 509144653$$

Strike Price=Contraction Factor*S_0U^6+Contraction Saving=

0.3*8823265647+509144653=3156124348

در گره S_0 داریم:

Max((Up Probability*S_0U+Down Probability*S_0d)* exp(-r*δ_t),

S_0*Contraction Factor+Contraction Saving)=1969237386

در نتیجه ارزش افزوده‌ای که اختیار کوچک‌سازی برای پروژه ایجاد می‌کند برابر است با:

Option Value = 1969237386 − 1968736676 = 500709

جدول ۵. پارامترهای ورودی درخت دوجمله‌ای برای اختیار کوچک‌سازی

فرضیات	
ارزش دارایی‌های پروژه (دلار)	۱،۹۶۸،۷۳۶،۶۷۶.۹۵
درصد تغییر پذیری	۲۵٪
نرخ بدون ریسک	٪۱۴
عمر اختیار	۶
گام‌های درخت دوجمله‌ای	۶
نوع اختیار	آمریکایی
ضریب کوچک سازی	۰.۳
درآمد ناشی از کوچک‌سازی (دلار)	۵۰۹۱۴۴۶۵۳.۵

منبع: یافته های تحقیق

						End
					6,871,566,195	8,823,265,647
					Continue	
				5,351,581,134	6,871,566,195	5,351,581,134
						End
			4,167,815,578	5,351,581,134	4,167,815,578	5,351,581,134
			Continue		Continue	
		3,245,898,036	4,167,815,578	3,245,898,036	4,167,815,578	3,245,898,036
		Continue		Continue		End
	2,527,907,932	3,245,898,036	2,527,907,932	3,245,898,036	2,527,907,932	3,245,898,036
	Continue		Continue		Continue	
	2,527,909,330	1,968,736,677	2,527,907,932	1,968,736,677	2,527,907,932	1,968,736,677
Continue		Continue		Continue		End
1,968,814,958	1,533,253,666	1,968,742,749	1,533,253,666	1,968,736,677	1,533,253,666	1,968,736,677
	Continue		Continue		Continue	
	1,533,589,914	1,194,099,155	1,533,280,050	1,194,099,155	1,533,253,666	1,194,099,155
		Continue		Continue		End
		1,195,543,280	929,965,357	1,194,213,794	929,965,357	1,194,099,155
			Continue		Continue	
			936,166,755	724,257,749	930,463,457	724,257,749
				Continue		Contract
				750,884,242	564,052,502	726,421,978
					Contract	
					678,360,404	

شکل ۵. درخت دوجمله‌ای ارزش‌گذاریاختیار کوچک‌سازی پروژه (ارقام بالایی ارزش مورد انتظار دارایی و ارقام پایینی ارزش دارایی با در نظر گرفتن اختیار بر حسب دلار می‌باشند)
منبع: یافته های تحقیق

تحلیل نتایج ارزش‌گذاری اختیار کوچک‌سازی

جهت فهم ارزش اختیار کوچک‌سازی پروژه، ارزش فعلی پروژه با وجود اختیار کوچک‌سازی با ارزش فعلی دارایی به‌دست آمده از روش DCF مقایسه می‌شود.

$$\text{Option Value} = 1968814958 - 1968736676 = 78281$$

همان‌گونه که مشاهده می‌شود ارزش افزوده‌ای که اختیار کوچک‌سازی برای پروژه دارد معادل ۷۸۲۸۱ دلار می‌باشد.

اگر مدیریت برای اجرای اختیار کوچک‌سازی پروژه ۶ سال صبر کند یا به عبارت دیگر، تصمیم‌گیری در مورد اجرای اختیار کوچک‌سازی پروژه رابه سال آخر عمر اختیار

موکول کند، احتمال اجرای کوچک‌سازی پروژه براساس مثلث خیام پاسکل برابر با $\frac{۷}{۶۴}$ یا ۱۱ درصد خواهد بود. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که اختیار کوچک‌سازی با فاکتور کاهش ۳۰٪ برای پروژه میدان گازی آغار ارزش افزوده قابل توجهی نداشته و احتمال اجرای آن نیز حتی در سال آخر نسبتاً کم است.

ارزش‌گذاری اختیار ترکیبی[1]

اختیار ترکیبی، شامل اختیارات چندگانه‌ای است که از ترکیب چند اختیار منفرد حاصل می‌شود. در این اختیار، مدیریت می‌تواند ضمن حفظ اختیار، پروژه را با روال قبلی ادامه دهد و یا یکی از اختیارات مربوط را برای اجرا انتخاب کند. در اختیار ترکیبی، الزامی به لحاظ کردن تمام اختیارات وجود ندارد و با حداقل دو اختیار، می‌توان اختیار ترکیبی را بررسی نمود.

در بررسی پروژه میدان گازی آغار، به منظور ارزش‌گذاری اختیار ترکیبی، اختیارات تعطیلی، گسترش و کوچک‌سازی در نظر گرفته شده‌اند.

پارامترهای ورودی اختیار ترکیبی در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶. پارامترهای ورودی اختیار ترکیبی

فرضیات	
ارزش دارایی‌های پروژه (دلار)	۱۹۶۸۷۳۶۶۷۶.۹۵
درصد تغییر پذیری	۲۵٪
نرخ بدون ریسک	۱۴٪
عمر اختیار	۶
گام‌های درخت دوجمله‌ای	۶
نوع اختیار	آمریکایی
ضریب توسعه	۲
هزینه توسعه (دلار)	۱۵۸۹۲۲۸۸۲۰
ضریب کوچک سازی	۰.۳
درآمد ناشی از کوچک‌سازی (دلار)	۵۰۹۱۴۴۶۵۴
درآمد واگذاری پروژه	۹۴۰۶۱۰۴۷۰

منبع: یافته های تحقیق

1. Combination Option

براساس پارامترهای جدول فوق، درخت دوجمله‌ای جهت ارزش‌گذاری اختیار ترکیبی به‌صورت شکل ۶ تشکیل شده است.

						8,823,265,647
						Expand
					6,871,566,195	16,057,302,475
					Continue	
				5,351,581,134	12,361,523,228	5,351,581,134
				Continue		Expand
			4,167,815,578	9,502,048,964	4,167,815,578	9,113,933,448
			Continue		Continue	
		3,245,898,036	7,291,433,413	3,245,898,036	6,954,021,993	3,245,898,036
		Continue		Continue		Expand
	2,527,907,932	5,585,122,811	2,527,907,932	5,290,682,768	2,527,907,932	4,902,567,251
	Continue		Continue		Continue	
1,968,736,677	4,270,869,727	1,968,736,677	4,016,435,154	1,968,736,677	3,674,206,701	1,968,736,677
Continue		Continue		Continue		Expand
3,261,458,562	1,533,253,666	3,045,041,724	1,533,253,666	2,757,289,906	1,533,253,666	2,348,244,534
	Continue		Continue		Continue	
	2,309,302,071	1,194,099,155	2,075,627,556	1,194,099,155	1,775,837,747	1,194,099,155
		Continue		Continue		End
		1,576,746,160	929,965,357	1,360,620,714	929,965,357	1,194,099,155
			Continue		Continue	
			1,086,200,949	724,257,749	979,759,202	724,257,749
				Abandon		Abandon
				940,610,470	564,052,502	940,610,470
					Abandon	
					940,610,470	439,284,530
						Abandon
						940,610,470

شکل ۶. درخت دوجمله‌ای ارزش‌گذاری اختیار ترکیبی (ارقام بالایی ارزش مورد انتظار دارایی و ارقام پایینی ارزش دارایی با در نظر گرفتن اختیار بر حسب دلار می‌باشند)

منبع: یافته های تحقیق

در درخت دوجمله‌ای فوق، ارزش اختیار ترکیبی در هر گره به روش استقرای پس‌رو محاسبه شده است. در هر گره حداکثر ارزش اختیارات چندگانه به‌عنوان ارزش آن گره انتخاب شده است. همچنین در هر گره می‌توان ضمن باز نگه داشتن اختیار، عملیات را با شرایط موجود ادامه داد یا یکی از اختیارات زیر را اعمال نمود.

- تعطیلی پروژه با ارزش فروش ۹۴۰۶۱۰۴۷۰ دلار
- گسترش پروژه به اندازه دو برابر با هزینه سرمایه‌گذاری ۱۵۸۹۲۲۸۸۲۰ دلار
- کوچک‌سازی پروژه با کاهش ۳۰ درصد از ظرفیت موجود با صرفه‌جویی۵۰۹۱۴۴۶۵۴ دلار

این بدان معنا است که لازم است ارزش دارایی برای هر کدام از اختیارات فوق در هر گره محاسبه شود و سپس با مقایسه ارزش این اختیارات و همچنین ارزش دارایی در صورت ادامه شرایط فعلی، تصمیمی که بیشترین ارزش را تولید کند، اتخاذ گردد.

- ✓ ارزش‌گذاری از گره‌های سال آخر آغاز می‌شود. در گره S_0U^6 ارزش انتظاری پروژه برابر ۸۸۲۳۲۶۵۶۴۷ دلار است. اکنون ارزش دارایی با اعمال هر یک از اختیارات محاسبه می‌شود:
  - تعطیلی ۹۴۰۶۱۰۴۷۰ دلار
  - گسترش $(2 * 8823265647) - 1589228820 = 16057302474$
  - کوچک‌سازی $(0.3 * 8823265647) + 509144653 = 3156124348$

از آن‌جایی که هدف حداکثر کردن ارزش پروژه است، بنابراین ارزش اختیار در این گره از درخت برابر ۱۶۰۵۷۳۰۲۴۷۴ دلار می‌باشد.

$$\text{The Value at } S_0U^6$$
$$= \text{Max}(940610470, 16057302474, 3156124348, 8823265647)$$
$$= 16057302474$$

در سایر گره‌های سال ششم محاسبه ارزش اختیار به همین صورت انجام می‌شود.

- ✓ در ادامه با حرکت به سمت گره‌های داخلی در گره S_0U^5 ارزش

انتظاری پروژه برای نگه‌داشتن اختیار و ادامه عملیات پروژه طبق روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$(\text{Up Probability} * S_0U^6 + \text{Down Probability} * S_0U^5d) * \exp(-r * \delta_t) = 12361523228$$

و این‌جا ارزش دارایی با اعمال اختیارات مقایسه می‌شود.

- اختیار تعطیلی: ۹۴۰,۶۱۰,۴۷۰
- اختیار گسترش: ۱۲,۱۵۳,۹۰۳,۵۷۱ = ۱۵۸۹۲۲۸۸۲۰ − ۶۸۷۱۵۶۶۱۹۵ * ۲
- اختیار کوچک‌سازی: ۲۵۷۰,۶۱۴, ۵۱۲=۵۰۹,۱۴۴,۶۵۴+۶,۸۷۱,۵۶۶,۱۹۵*۰.۳

تحلیل نتایج اختیار ترکیبی

NPV پروژه براساس روش DCF برابر ۱۹۶۸۷۳۶۶۷۶ دلار است. این در حالی است که NPV به‌دست آمده برای پروژه با در نظر گرفتن اختیار ترکیبی در روش ROA برابر ۳۲۶۱۴۵۸۵۶۲محاسبه شده است. در نتیجه می‌توان گفت وجود اختیار ترکیبی، ارزش افزوده‌ای برابر ۱۲۹۲۷۲۱۸۸۵ دلار را برای پروژه به همراه دارد.

$$\text{Option Value} = ۳۲۶۱۴۵۸۵۶۲ - ۱۹۶۸۷۳۶۶۷۶ = ۱۲۹۲۷۲۱۸۸۵$$

با استفاده از مثلث خیام پاسکال در پایان سال ششم، می‌توان دریافت که احتمال گسترش پروژه ۶۵ درصد و احتمال تعطیلی پروژه ۱۱ درصد می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مطالعات انجام شده و همچنین نتایج عددی ارزش‌گذاری اختیارات در میادین نفت و گاز بررسی شده نشان داد که ماهیت نامطمئن و پیچیده این دست از پروژه‌ها می‌طلبد روشی برای ارزش‌گذاری این پروژه‌ها استفاده شود که بتواند این عدم قطعیت و پیچیدگی را به نمایش گذارد. وجود انعطاف‌پذیری مدیریتی و عدم قطعیت بالا در پروژه‌های نفت و گاز سبب می‌شود که ارزش واقعی پروژه‌ها از ارزش پروژه فرضی بدون عدم قطعیت که مبنای عمل روش DCF است، فاصله بگیرد.

در ادامه در این پژوهش سعی شد تا ضمن ارزیابی پروژه میدان گازی آغـار بـا روش DCF، انعطاف‌پذیری‌ها و اختیارات مـدیریتی آن تشـخیص داده شـده و ایـن اختیـارات ارزش‌گذاری شود. اختیارات تشخیص داده شده عبارتند از:

- اختیار رها کردن پروژه
- اختیار توسعه پروژه
- اختیار کوچک‌سازی پروژه
- اختیار ترکیبـی (شـامل در نظـر گـرفتن اختیـارات تعطیلـی، توسـعه و کوچک‌سازی به‌صورت هم‌زمان)

این اختیارات با استفاده از دو روش درخـت دو جملـه‌ای ارزش‌گـذاری شـدند.ارزش افزوده‌ای که هر کدام از این اختیارات برای پروژه داشتند در جدول ۷ آمده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، اگر هر کدام از اختیارات تعطیلـی، گسـترش و کوچک‌سازی به تنهایی در نظر گرفته شوند، ارزش پروژه افزایش مـی‌یابـد. امـا در حالتی که ترکیب این اختیارات به‌صورت هـم‌زمـان در نظـر گرفتـه شـود، پـروژه ارزشی بیش از بیشینه ارزش این اختیارات به‌صورت جداگانه خواهد داشت.

جدول ۷. مقایسه ارزش اختیارات به‌دست آمده از درخت دوجمله‌ای

اختیار	ارزش افزوده برای پروژه (دلار)
تعطیلی	۹۶۴،۲۵۳
گسترش	۱،۲۹۱،۷۵۷،۶۳۲
کوچک‌سازی	۷۸،۲۸۱
ترکیبی	۱،۲۹۲،۷۲۱،۸۸۵

بر این اساس می‌توان گفت از بین اختیارات تعطیلی، گسـترش و کوچـک‌سـازی، بـا ارزش‌ترین اختیار، اختیار گسترش می‌باشد. این بدین معناست که می‌بایست در شرایط کنونی به توسعه میدان گازی آغار توجه ویژه‌ای شود.

برای پژوهش‌های آتی در این حوزه پیشنهاد می‌شود تـا بـا اسـتفاده از شـبیه‌سـازی مونت‌کارلو، اختیارات مطرح شده در این تحقیق برای میدان گـازی آغـار، ارزش‌گـذاری

شوند. همچنین می‌توان حجم گاز باقی‌مانده در مخزن و هزینه‌های پروژه را در کنار قیمت گاز به‌عنوان متغیرهای دیگر در نظر گرفت. از آن‌جایی که در این تحقیق متغیرهای به‌صورت قطعی در نظر گرفته شده‌اند؛ لذا می‌توان متغیرهای مسأله را فازی فرض کرده و اختیارات را ارزش‌گذاری نمود.

فهرست منابع

اسکو نژاد، محمد مهدی (۱۳۸۰)، اقتصاد مهندسی، ارزیابی اقتصادی پروژه‌های صنعتی، تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ بیست و هفتم

دهقانی. ح (۱۳۹۱)، ارزیابی پروژه‌های معدنی تحت شرایط عدم قطعیت هزینه عملیاتی با استفاده از روش اختیارات حقیقی، تز دکتری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

سرحدی، احسان و محسن طاهری مقدر (۱۳۹۴)، ارزیابی اقتصادی معدن مس چشمه رضایی در شرایط عدم قطعیت قیمت با استفاده از اختیارات حقیقی، سومین کنفرانس معادن روباز ایران، کرمان، بخش مهندسی معدن دانشگاه شهید باهنر کرمان

فرجی, سپیده و مهدی روانشادنیا (۱۳۹۴)، ارائه مدلی مبتنی بر روش درخت دو جمله‌ای برای ارزشیابی مالی و اقتصادی پروژه‌های مشارکتی BOT آزادراهی کشور با رویکرد تئوری اختیارات حقیقی، چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، تهران، معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک

کاشانی، صادق (۱۳۸۸)، توسعه میادین نفت و گاز: ساختارها و رویکردهای اجرای پروژه، تهران: مجلس شورای اسلامی، مرکز پژوهش‌ها، چاپ اول

گزارش ارزیابی فنی اقتصادی میدان گازی آغار، شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۴

اله مراد سیف، رضا آقا موسی تهرانی (۱۳۹۳)، اقتصاد نفت و گاز، تهران: دانشگاه عالی دفاع ملی، چاپ اول

هال، جان (۱۳۹۰)، مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک، ترجمه: سجاد سیاح و علی صالح آبادی، تهران: شرکت کارگزاری مفید، چاپ دوم

Almansour, A. and M. Insley, *The impact of stochastic extraction cost on the value of an exhaustible resource: the case of the Alberta oil sands.* Real Options 15th Annual International Conference, Turku, Finland, 2011.

Bjerksund, P. and S. Ekern, *Managing investment opportunities under price uncertainty: From" last chance" to" wait and see" strategies.* Financial Management, 1990: p. 65-83.

Bowman, E.H. and G.T. Moskowitz, *Real options analysis and strategic decision making.* Organization Science, 2001. **12**(6): p. 772-777.

Brandão, L.E., J.S. Dyer, and W.J. Hahn, *Using binomial decision trees to solve real-option valuation problems.* Decision Analysis, 2005. **2**(2): p. 69-88.

Brennan, M.J. and E.S. Schwartz, *Evaluating natural resource investments.* Journal of business, 1985: p. 135-157.

Cabrales, S. and R. Bautista, *The Valuation for Nonrenewable Resources with Endogenous Costs: A Mature Oil Well.2013*

Calvette, L.D.M.D. and M.A.C. Pachego, *Genetic Algorithms and Real Options on The Wildcat Drilling Optimal Choice.* Decision Analysis, 2013

Cox,J.C., S.A. Ross, and M. Rubinstein, *Option pricing: A simplified approach.* Journal of financial Economics, 1979. 7(3): p. 229-263.

De Reyck, B., Z. Degraeve, and R. Vandenborre, Project options valuation with net present value and decision tree analysis. European Journal of Operational Research, 2008. 184(1): p. 341-355.

Dias, M.A.G., Investment in Information for Oil Field Development Using Evolutionary Approach with Monte Carlo Simulation. 5th Annual International Conference on Real Options–Theory Meets Practice, UCLA, Los Angeles, USA, 2001.

Fernandes, B., J. Cunha, and P. Ferreira, The use of real options approach in energy sector investments. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011. 15(9): p. 4491-4497.

Kenyon, C. and S. Tompaidis, Real options in leasing: The effect of idle time. Operations Research, 2001. 49(5): p. 675-689.

Lima, G.A.C. and S.B. Suslick, Estimation of volatility of selected oil production projects. Journal of petroleum science and engineering, 2006. 54(3): p. 129-139.

Mc Cormack, J. and G. Sick, *Valuing PUD reserves: A practical application of real option techniqu*es. Journal of Applied Corporate Finance, 2001. 13(4): p. 110-115.

Mun, J., Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions. Vol. 137. 2002: John Wiley & Sons.

Myers, S.C., Determinants of corporate borrowing. Journal of financial economics, 1977. 5(2): p. 147-175.

Paddock, J.L., D.R. Siegel, and J.L. Smith, Option valuation of claims on real assets: The case of offshore petroleum leases. The Quarterly Journal of Economics, 1988: p. 479-508.

Qiu, X.-H., Z. Wang, and Q. Xue, Investment in deepwater oil and gas exploration projects: a multi-factor analysis with a real options model. Petroleum Science, 2015. 12(3): p. 525-533.

Rodríguez, R.Y., Real option valuation of free destination in long-term liquefied natural gas supplies. Energy Economics, 2008. 30(4): p. 1909-1932.

Sabet, A.H. and R. Heaney, Real options and the value of oil and gas firms: An empirical analysis. Journal of Commodity Markets, 2017.

Saito, R., et al., Value assessment for reservoir recovery optimization. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2001. 32(2): p. 151-158.

Tang, B.-J., et al., Investment opportunity in China's overseas oil project: An empirical analysis based on real option approach. Energy Policy, 2017. 105: p. 17-26.

Tourinho, O.A., The valuation of reserves of natural resources: an option pricing approach. 1979.

Economic Evaluation of Oil and Gas Upstream Projects Using the Real Options Approach (A Case Study)

Meysam Jannatipour[1]
MA Oil and Gas Project Management, University of Tehran, Jannati.aut@gmail.com

Tooraj Dehghani
Faculty of Institue for Internatioal Energy Studies, dehghani576@yahoo.com

Siamak Haji Yakhchali
Faculty of Industrial Engineering, University of Tehran, yakhchali@yahoo.com
Received: 2016/05/12 Accepted: 2017/06/22

Abstract

In a competitive market with uncertainty, operational flexibility and strategic adaptability is one of the most important success factors for long-term projects. Oil industry managers face a challenge in the economic evaluation of projects given massive investments undertaken in the oil industry under uncertain conditions. Discounted cash flow (DCF) is a method that has been used for economic evaluation of projects for many years. This method is not applicable to the oil industry as it assumes certainty regarding inputs while the oil industry is inherently uncertain. In this study we uase real option analysis to evaluate investments in the Aghar fas field in Iran. We apply this model because it allows for managerial flexibility in project management. We consider the following options: abandon option, expansion option, contraction option and combination of abandon, expansion and contraction options. We evaluate these options using a binomial tree, with specified values for the above noted options. We find the expansion option to be the preferred option.

JEL Classification: M19, L10, C02

Keywords: real option, uncertainty, binomial tree, monte carlo simulation, economic evaluation, gas field

1. Corresponding Author