

ارزش گذاری طرح فولاد میانه به روش اختیارات حقیقی

میترا بور^۱؛ محمد حسین بصیری^۲؛ علی اصغر خدایاری^۳

۱- کارشناس ارشد، مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس؛ mitra.boor@modares.ac.ir

۲- استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس؛ mhbasiri@modares.ac.ir

۳- استادیار دانشگاه فنی پردیس، دانشگاه تهران؛ khodaiari@ut.ac.ir

(دریافت ۲۵ آذر ۱۳۹۳، پذیرش ۱۲ دی ۱۳۹۵)

چکیده

در اکثر پروژه‌های معدنی وجود عدم قطعیت، که به معنای تحمیل ریسک بر عملیات می‌باشد، به گونه‌ای است که تحلیل یک پروژه معدنی بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود غیر قابل اعتماد است. عدم قطعیت حاکم بر محیط صنعت معدن کاری و خطرپذیری‌های ناشی از آن، مدیریت این حوزه را در ارزش گذاری پروژه‌ها با چالشی جدی مواجه می‌کند. تصمیم‌گیرندگان اغلب به دنبال ابزاری هستند که به آن‌ها در گرفتن تصمیم درست کمک کند. شرکت‌های معدنی، ارزش گذاری اقتصادی پروژه‌های خود را با استفاده از رویکردهای سنتی و به خصوص تحلیل جریان‌ات نقدینگی تنزیل شده استاندارد انجام می‌دهند، در حالی که قطعی بودن اطلاعات از فروض اولیه این روش است و این موضوع با عدم قطعیت موجود در اطلاعات پروژه‌های معدنی در تعارض است. تحلیل اختیارات حقیقی روشی مبتنی بر نظریه‌ی قیمت گذاری اختیارات مالی است و راه‌های جدیدی برای مقابله با محدودیت‌های روش‌های سنتی ارائه می‌کند. رویکرد اختیارات حقیقی و دیدگاهی که این رویکرد به ارزیابان مالی می‌دهد، موجب می‌شود که در تحلیل مالی پروژه‌ها، علاوه بر متغیرهایی که بر ارزش پروژه‌ها تاثیرگذارند، رفتار واقعی مدیریت در برخورد با شرایط حاکم بر پروژه نیز در نظر گرفته شود. این تحقیق نقش اختیارات حقیقی را در تحلیل یک صنایع معدنی (طرح فولاد میانه) بررسی می‌کند. در روش جریان نقدینگی تنزیل یافته، ارزش خالص فعلی پروژه‌های منفی برآورد شده است. در روش اختیارات با در نظر گرفتن اختیار تعطیلی و گسترش، ارزش انتظاری برای پروژه با ارزش تخمینی روش جریان نقدینگی متفاوت است و در هر سال از عمر طرح، بهترین و سودآورترین تصمیم گرفته شده است. نتیجه نشان می‌دهد که علیرغم پیچیدگی رویکرد اختیارات حقیقی، این تکنیک برای بررسی پروژه‌های معدنی نسبت به روش‌های سنتی ارجحیت دارد.

کلمات کلیدی

عدم قطعیت، ارزش گذاری، اختیارات حقیقی، ارزیابی، ریسک

۱- مقدمه

می‌کند. رویکرد ROA و دیدگاهی که این رویکرد به ارزیابان مالی می‌دهد، موجب می‌شود که در تحلیل مالی پروژه‌ها، علاوه بر متغیرهایی که بر ارزش پروژه‌ها تاثیرگذارند، رفتار واقعی مدیریت در برخورد با شرایط حاکم بر پروژه نیز در نظر گرفته شود. مدیریت پروژه، بسته به نوع پروژه، دارای اختیاراتی است که می‌تواند در برخورد با شرایط جدید، پروژه را به سمت نتایج اقتصادی بهتر هدایت کند.

امروزه پروژه‌های معدنی به دنبال نسخه‌های جدیدی از ارزش‌گذاری هستند که بر انعطاف‌پذیری در پروژه‌ها مبتنی باشد. ارزش‌گذاری به وسیله‌ی اختیارات حقیقی یکی از روش‌های ارزش‌گذاری نوین است که ابزاری را برای انطباق و تجدید نظر در پروژه‌های معدنی تحت عدم قطعیت و تغییر آینده فراهم می‌آورد.

۲- تاریخچه اختیارات حقیقی

اختیارات حقیقی در سال‌های اخیر و به دنبال پیشرفت‌ها در حوزه‌ی مالی و تحلیل تصمیم وارد صحنه شده است. شفیع و همکاران در سال ۲۰۰۹، از روش اختیارات حقیقی برای حداکثر کردن ارزش معدن سنتزی^۴ استفاده کردند [۱]. دیکسیت و پندیک^۵ در سال ۱۹۹۵ نشان دادند که شرکت‌ها باید تصمیمی را انتخاب کنند که به آن‌ها می‌گوید، چگونه در زمان خاص سرمایه‌گذاری کنند [۲]. سمیس و پولین^۶ به ارزیابی معادن طلا و مس با استفاده از این روش پرداختند [۳]. مارتینز و مکین^۷ در سال ۲۰۱۰ اهمیت عدم قطعیت و انعطاف‌پذیری در ارزیابی پروژه معدنی بحث کردند [۴]. میکائیل کولان^۸ (۲۰۱۱) از چهار روش برای ارزش‌گذاری اختیارات حقیقی استفاده کرده است [۵]. لوئیز مارتینز^۹ و همکاران در سال ۲۰۱۲، راه‌کاری را برای برآورد عدم قطعیت و انعطاف پروژه‌ها ارائه کردند [۶]. پاکدل در سال ۱۳۸۹ در پروژه‌ی خود مزیت‌های این دیدگاه و نظریه را نسبت به روش DCF بررسی کرد [۷]. در سال ۱۳۹۱ سعیدی با این روش به تحلیل کارخانه تیتان کهنوج با روش اختیارات حقیقی و روش سنتی پرداخت [۸]. در سال ۱۳۹۱ دهقان با کمک این روش تغییرات آتی هزینه‌های عملیاتی پروژه‌های معدنی پیش بینی کرد [۹].

کمبود منابع طبیعی تجدیدناپذیر و مواد اولیه خام، از بزرگترین مشکلاتی است که دنیای حال و آینده با آن مواجه است. مصرف این منابع، برای ارتقای رفاه و ایجاد رشد اقتصادی در جوامع بشری به بهترین روش ممکن، از ضروریات است. از طرف دیگر رشد اقتصادی سریع برخی کشورها و به وجود آمدن بازارهای رقابتی شدید، دیگر مجالی برای اشتباه و استفاده غیر بهینه از منابع اقتصادی را برای سازمان‌ها و بنگاه‌های اقتصادی باقی نمی‌گذارد، در واقع این‌گونه بنگاه‌های اقتصادی که از منابع خود به صورت بهینه استفاده نکنند، محکوم به نابودی هستند. انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه و یا به طور کلی، گرفتن اقتصادی‌ترین تصمیم یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت مدیریت یک فعالیت اقتصادی است.

شرکت‌های معدنی، ارزش‌گذاری اقتصادی پروژه‌های خود را با استفاده از رویکردهای سنتی و به خصوص تحلیل جریانان نقدینگی تنزیل شده (DCF^۱) استاندارد انجام می‌دهند، در حالی که قطعی بودن اطلاعات از فرض‌های اولیه این روش است و این موضوع با عدم قطعیت موجود در اطلاعات پروژه‌های معدنی در تعارض است.

در روش DCF فرض می‌شود که پارامترهایی مانند قیمت، نرخ تنزیل، هزینه‌ها و دیگر متغیرهای نامطمئن، مسیری ثابت را در طول عمر پروژه طی می‌کنند. فرض ثابت بودن این پارامترها باعث ایجاد خطا در تخمین ارزش خالص فعلی پروژه (NPV^۲) می‌شود. با وجود استفاده‌ی جهانی از DCF، این روش دارای محدودیت‌های خاص خود است. علاوه بر این، رویکرد DCF تصمیمات مشروط و انعطاف‌پذیری مدیریتی را در عمل به این تصمیمات در نظر نمی‌گیرد.

به‌عنوان مثال، تعیین ارزش انعطاف‌پذیری برای گسترش یا ترک پروژه با روش DCF عملی نیست. این ویژگی ذاتی باعث رد پروژه‌های امیدوارکننده به دلیل عدم قطعیت آن‌ها می‌شود. تحلیل اختیارات حقیقی (ROA^۳) روشی مبتنی بر نظریه‌ی قیمت‌گذاری اختیارات مالی است و راه‌های جدیدی برای مقابله با محدودیت‌های DCF ارائه

۳- روش های سنتی برای ارزیابی پروژه‌های

معدنی

از مهم‌ترین روش های سنتی ارزیابی پروژه های معدنی روش جریان نقدینگی تنزیل یافته و آنالیز DCF است. این روش زیربنای روش‌های دیگر می‌باشد در صورتی که NPV پروژه مثبت باشد پروژه می‌تواند پذیرفته شود و توجیه اقتصادی دارد [۱۰]. با وجود درک آسان، روش DCF ضعف‌هایی را هم دارد که عبارتند از:

- این روش یک شیوه جبری است که تابع مجموعه واحدی از متغیرهای ورودی می‌باشد. اما در دنیای واقعی جریان‌های نقدینگی همراه با عدم قطعیت می‌باشند و بنابراین این جریان‌های نقدینگی اغلب احتمالی می‌باشند [۱۱].

- این روش در محاسبه‌ی خطرپذیری مرتبط با بازدهی پروژه است، همچنین، جریان نقدینگی با نرخ تنزیل تعدیل شده با خطرپذیری که از نرخ تنزیل واقعی بالاتر است، تنزیل می‌شود. این بدان معنی است که این حرکت نزولی ممکن است به خاطر عدم قطعیت‌های بسیار بالای پروژه منجر به رد پروژه‌هایی با پتانسیل‌های بالا شود [۱۲].

۴- اختیارات

۴-۱- اختیارات مالی

اختیار فرصتی را برای انجام اقدامی خاص برای دارنده‌ی خود فراهم می‌آورد، بدون این که او را مجبور به انجام آن کار کند یا برای او تعهدی ایجاد کند. اختیار نسبت به یک سهم، قراردادی است که برای دارنده‌ی اختیار شرایطی را فراهم می‌کند که بتواند آن سهم را تا قبل از یک تاریخ خاص یا در سررسید آن تاریخ، مستقیم بخرد یا بفروشد. از مهم‌ترین و ابتدایی‌ترین اختیارات مالی، اختیارهای فروش^{۱۰} و خرید^{۱۱} هستند که بسته به زمان اعمال آن‌ها، به دو نوع امریکایی و اروپایی تقسیم می‌شوند [۴].

یک اختیار فروش عبارت از قراردادی است که به دارنده‌ی اختیار این حق را می‌دهد که در آینده سهام

موضوع قرارداد را در زمانی معین، به قیمتی که در قرارداد ذکر شده، به فروش برساند [۱۳].

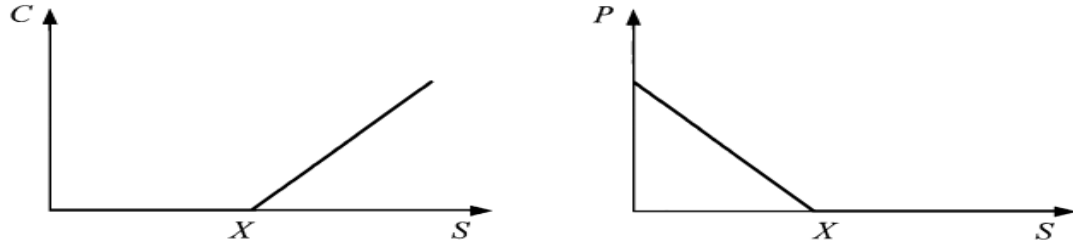
یک اختیار خرید عبارت از قراردادی است که به دارنده‌ی اختیار خریدار آن این حق را می‌دهد که سهام مشخصی را در آینده، در زمانی معین، به قیمتی که در قرارداد ذکر شده است، خریداری کند. اختیار به لحاظ زمان اعمال به دو دسته تقسیم می‌شود [۴]:

• اختیار (خرید و فروش) امریکایی قراردادی است که دارنده‌ی آن، خریدار یا فروشنده، در هر زمانی بعد بستن قرارداد تا زمان سررسید آن می‌تواند اختیار خود را اعمال کند.

• اختیار (خرید و فروش) اروپایی قراردادی است که دارنده‌ی آن، خریدار یا فروشنده، فقط مجاز به اعمال اختیار در راس سررسید اختیار می‌باشد. در شکل ۱، ارزش اختیار خرید را با C و اختیار فروش را با P و قیمت اعمال اختیار را با X و ارزش دارایی اساسی را با S نشان داده شده و با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شوند [۱۴].

$$C = \text{Max} [S - X, 0] \quad (۱)$$

$$P = \text{Max} [X - S, 0] \quad (۲)$$



شکل ۱: خروجی‌های اختیارات خرید و فروش [۱۴]

می‌شود که در تحلیل مالی پروژه‌ها، علاوه بر متغیرهایی که بر ارزش پروژه‌ها تاثیرگذارند، رفتار واقعی مدیریت در برخورد با شرایط حاکم بر پروژه نیز در نظر گرفته شود. مدیریت پروژه‌ها، بسته به نوع پروژه‌ها، دارای اختیاراتی هستند و می‌توانند در برخورد با شرایط جدید، پروژه‌ها را به سمت درآمد بیشتر هدایت کنند. در بخش معدن و صنایع وابسته تنوعی از اختیارات حقیقی، مانند اختیار برای تعطیلی، تغییر ظرفیت تولید، انتظار و گسترش و غیره را می‌توان شاهد بود [۱۶].

۳-۴- اختیارات حقیقی در برابر اختیارات مالی

ارزش‌گذاری اختیارات حقیقی اغلب مشابه ارزش‌گذاری اختیارات مالی ارائه شده است. در جدول ۱ برخی از تفاوت‌های بین اختیارات مالی و اختیارات حقیقی مورد بحث قرار گرفته است [۱۷]. در هر حال، تفاوت‌های بین دو روش به‌طور کامل مورد بحث قرار نمی‌گیرند.

در این نمودار X مقدار ثابتی است که در قرارداد اختیار مشخص می‌شود و S ارزش دارایی متعلق به اختیار می‌باشد که در طول زمان متغیر است. در مورد قرارداد خرید اگر در زمان اعمال اختیار مقدار S بزرگ‌تر از مقدار X باشد، دارنده‌ی اختیار، از اختیار خود استفاده می‌کند و با خرید هر سهم به ارزش X و فروش آن به مبلغ S به میزان $S-X$ سود خواهد برد که این ارزش افزوده‌های ارزش اختیار است، ولی اگر در زمان اعمال اختیار S کوچک‌تر از X باشد، دارنده‌ی اختیار از حق خود استفاده نمی‌کند و اختیار منقضی و قرارداد فسخ می‌شود. در مورد اختیار فروش موضوع برعکس است.

۴-۲- اختیارات حقیقی

نظریه‌ی اختیارات حقیقی برگرفته از نظریه اختیارات مالی با همان دیدگاه، اما نسبت به دارایی‌های فیزیکی، اقدام به تحلیل مالی پروژه‌های سرمایه‌گذاری می‌کند. ارزیابی با استفاده از ROA بیش از دو دهه است که مورد توجه قرار گرفته است. در میان اقتصاددانان و محققان این روش به‌عنوان یک روش بهتر برای ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری تحت شرایط عدم قطعیت در نظر گرفته شده است [۱۵]. در واقع این روش پاسخی به امکان وجود انعطاف‌پذیری در مدیریت پروژه است و به نوعی ارزش این انعطاف‌پذیری را منعکس می‌کند. این روش در کنار ارزش‌گذاری پروژه، طرحی استراتژیک نیز برای بهبود ارزش پروژه ارائه می‌دهد که برای مدیریت پروژه بسیار مفید است. رویکرد ROA و دیدگاهی که این رویکرد به ارزیابان مالی می‌دهد، موجب

جدول ۱: تفاوت بین اختیارات مالی و اختیارات حقیقی [۱۷]

اختیارات مالی	اختیارات حقیقی
سررسید کوتاه (اغلب ماهانه)	سررسید طولانی تر (اغلب چند ساله)
اغلب اختیار ساده اند	اغلب اختیارات ترکیبی اند
تقریباً بیش از ۳۰ سال است که وجود دارد	استفاده‌ی عملی آن برای تقریباً دو دهه است
تنها به نرخ بهره بدون ریسک وابسته است	هم به نرخ بهره بدون ریسک و هم به نرخ تنزیلی وابسته است
تابع خروجی آن ساده است	تابع خروجی آن متفاوت و گاهی پیچیده است
افزایش ناپایداری همیشه مفید است	افزایش ناپایداری بعد از سرمایه‌گذاری ممکن است تاثیر منفی داشته باشد
زمان اعمال اختیار شناخته شده است	زمان اعمال اختیار به تعویق افتاده است و دقیقاً شناخته شده نیست
قیمت توافقی شناخته شده است	قیمت توافقی ممکن است احتمالی باشد
می‌تواند ارزش یکسانی داشته باشد	نمی‌تواند ارزش یکسانی داشته باشند
پارامترها دقیق است	ممکن است پارامترها دارای ابهام و فازی باشند

بررسی رفتار تغییرات قیمت سهام به صورت ناپیوسته است. مدل ارزش گذاری اختیارات توزیع دوجمله‌ای مزایای متعددی نسبت به سایر مدل‌های ارزش گذاری اختیارات حقیقی دارد [۲۰].

انعطاف پذیری، صحت و سرعت در محاسبه از جمله مزایای این روش است. درخت دو جمله‌ای از شاخه‌ها و گره‌های مختلف ساخته می‌شود. این ساختار تمامی مسیرهای ممکن را برای بررسی تغییرات مجاز قیمت سهام در طول عمر پروژه مدل می‌کند. هر گره بیانگر قیمت سهام در زمان مخصوص است. شکل ۲ نمایی از درخت دوجمله‌ای را نشان می‌دهد، که در آن لایه‌ها و یا دوره‌های زمانی و گره‌ها (قیمت‌های ممکن) در دوره‌های زمانی نشان داده شده‌است. در هر لایه تعداد گره‌ها برابر با شماره لایه به اضافه یک است. هر شاخه یا مسیر در درخت ارزش گذاری دو جمله‌ای بیانگر مسیری ممکن از یک گره به گره‌ی واقع در لایه بعدی است و هر یک از شاخه‌ها دارای احتمال و نرخ افزایش و کاهش گره‌های مرتبط به خود است. احتمال تحقق شاخه‌های بالا رونده P_r و تحقق شاخه‌های پایین رونده $1-P_r$ است [۹].

۴-۴- روش‌های ارزش گذاری اختیارات

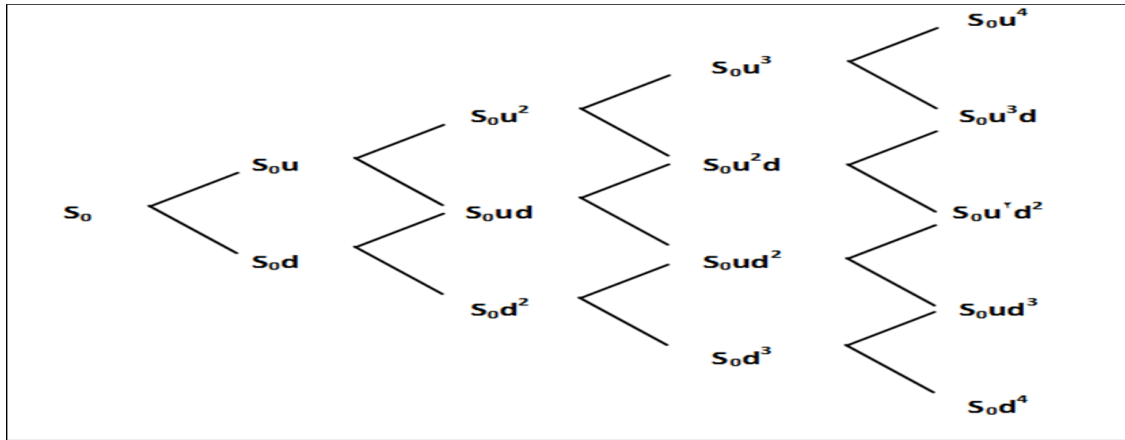
نظریه‌ی اختیارات مالی سعی در ارزش گذاری اختیارات مالی را دارد. در این رابطه در ابتدا رابطه‌ی ریاضی همزمان توسط بلک و شولز و مرتون ارائه شد که قادر بود اختیاراتی از نوع اروپایی را ارزش گذاری کند. این رابطه به فرمول بلک - شولز^{۱۳} معروف است و به این نوع روش‌ها در ارزش گذاری و یا حل مسائل اختیارات، روش‌های تحلیلی و می‌گویند [۱۸].

به‌طور کلی روش‌های عددی را که تا کنون برای تخمین ارزش اختیارات ارائه شده است می‌توان در سه گروه زیر تقسیم‌بندی کرد [۱۹]:

- حل معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی^{۱۳}
- روش درخت دو جمله‌ای^{۱۴}
- روش مبتنی بر شبیه سازی مونت کارلو^{۱۵}

۴-۴-۱- روش درخت دو جمله‌ای

مدل درخت دو جمله‌ای برای اولین بار توسط کاکس^{۱۶} و همکارانش برای تخمین عدم قطعیت قیمت سهام ارائه شد. این روش یکی از مشهورترین روش‌ها برای



شکل ۲: مراحل تشکیل یک درخت دوجمله‌ای برای اختیار با عمر چهار سال

۵- طرح فولاد میانه

در این تحقیق به منظور استفاده از روش اختیارات حقیقی و بررسی کارایی آن در فرایند ارزش‌گذاری پروژه‌های معدنی، از داده‌های مربوط به طرح فولاد آذربایجان استفاده شده است. مدت زمان اجرای پروژه شامل مهندسی، خرید، ساخت، حمل، اجرای کارهای ساختمانی، نصب و راه‌اندازی و تست عملکرد ۳۶ ماه از زمان نافذ شدن قرارداد در نظر گرفته شده است و همچنین طول مدت بهره‌برداری برای پروژه ۲۰ سال برآورد شده است. در این تحقیق، اختیارهای تعطیلی و گسترش پروژه با روش درخت دوجمله‌ای ارزش‌گذاری شده است. پارامترهای ورودی پایه در روش دوجمله‌ای برای ارزش‌گذاری انواع اختیارات شامل ارزش‌گذاری‌های اساسی، قیمت اختیار، عمر اختیار، فاکتور تغییرپذیری، نرخ بهره بدون ریسک و تعداد بازه‌های زمانی در درخت دوجمله‌ای استفاده شده است.

ارزش فعلی جریان نقدینگی انتظاری با روش DCF و اعمال نرخ تنزیل ۲۴ درصد، به عنوان ارزش‌گذاری اساسی لحاظ می‌شود. در پروژه طرح فولاد آذربایجان ارزش‌گذاری ۳۴۵.۴۰۵.۹۲۹ دلار محاسبه شده است [۲۱].

برای تخمین تغییرپذیری قیمت سنگ آهن از روش لگاریتمی بر روی نسبت قیمت‌ها استفاده شده است. با توجه به این محاسبات، فاکتور تغییرپذیری برای طرح فولاد میانه ۲۵ درصد در نظر گرفته شده است. در این پروژه عمر اختیارات ۶ سال در نظر گرفته شده است. در این پروژه برای

ارزش هر گره نیز در صورتی که متصل به شاخه بالا رونده باشد از حاصل ضرب ارزش گرهی لایه‌ی قبل در u به دست می‌آید. به طور مشابه ارزش گره‌های متصل به شاخه‌های پایین رونده از حاصل ضرب ارزش گره قبل در d به دست می‌آید. به عنوان مثال اگر ارزش گره در لایه صفر شکل بالا S_0 باشد، ارزش گرهی متصل به شاخه‌ی بالا رونده S_0u و احتمال آن P_r است و ارزش گره متصل به شاخه‌ی پایین رونده S_0d و احتمال وقوع آن $1-P_r$ است. مقادیر u و d احتمال P_r با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود [۹].

$$u = \exp(\sigma\sqrt{\delta_t}) \quad (۳)$$

$$d = \frac{1}{u} = \exp(-\sigma\sqrt{\delta_t}) \quad (۴)$$

همچنین احتمال خطرپذیری وقوع رخداد بازده دست بالا از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_r = \frac{e^{(r*\delta_t)} - d}{u - d} \quad (۵)$$

σ : تغییرپذیری^{۱۷}

r : نرخ تنزیل بدون ریسک

u : نرخ افزایش ارزش هر گره

d : نرخ کاهش ارزش هر گره

T : عمر پروژه بر حسب دوره‌های زمانی

پارامترهای اختیارات واسطه‌ای برای محاسبه‌ی ارزش اختیارات مالی و محاسبه‌ی متغیرهای ورودی هستند. آن‌ها شامل فاکتورهای بالا رونده (u) و پایین رونده (d) و احتمال ریسک خنثی (P) برای حل دوجمله‌ای مورد نیاز می‌باشند. با اعمال پارامترهای ورودی از جدول ۲ در فرمول های ۳، ۴ و ۵ مقادیر u، d و P محاسبه می‌شوند (جدول ۳).

جدول ۳: پارامتر اختیارات

مقدار	پارامتر اختیارات
1.28	u
0.77	d
0.81	p

درخت دوجمله‌ای برای ارزش گذاری و عمر ۶ سال اختیارات در شکل ۳ آورده شده است. با شروع از نقطه S_0 در گره اول در سمت چپ درخت و حرکت به سمت راست درخت با استفاده از فاکتورهای بالا رونده و پایین رونده محاسبه شده است.

همه‌ی اختیارات بازه‌ی زمانی یک سال در نظر گرفته شده است.

در مدل درخت دوجمله‌ای از نرخ بهره پیوسته به جای نرخ گسسته استفاده می‌شود. نرخ بهره پیوسته می‌تواند به صورت زیر از نرخ بهره بدون ریسک گسسته معادل نرخ سود بانکی که در این تحقیق ۱۹ درصد می‌باشد (با توجه به نرخ بانک مرکزی در سال تحقیق) در نظر گرفته شود. با توجه به رابطه‌ی زیر [۱۰]، نرخ بهره بدون ریسک پیوسته ۱۷ درصد تخمین زده شده است. پارامترهای ورودی در مدل ارزش گذاری اختیارات حقیقی در جدول ۲ آورده شده است.

$$r_f = \ln(1+0.19) = 0.17 \quad (۶)$$

جدول ۲: پارامترهای ورودی در مدل‌های اختیارات حقیقی

مقدار	پارامترهای ورودی
۳۴۵,۴۰۵,۹۲۹ دلار	ارزش دارایی اساسی (S_0)
۲۵ درصد	فاکتور ناپایداری (σ)
۶ سال	عمر اختیار (T)
۱۷ درصد	نرخ بدون ریسک (r)
۱ سال	بازه‌های زمانی (δ_t)

				۱,۵۴۸,۰۰۱,۹۷۵
			۱,۲۰۵,۵۸۵,۱۵۰	
		۹۳۸,۹۱۰,۶۵۸		۹۳۸,۹۱۰,۶۵۹
		۷۳۱,۲۲۴,۳۵۶		۷۳۱,۲۲۴,۳۵۶
	۵۶۹,۴۷۸,۱۰۱		۵۶۹,۴۷۸,۱۰۱	۵۶۹,۴۷۵,۱۰۱
	۴۴۳,۵۰۹,۹۹۱		۴۴۳,۵۰۹,۹۹۱	۴۴۳,۵۰۹,۹۹۱
۳۴۵,۴۰۵,۹۲۹	۳۴۵,۴۰۵,۹۲۹		۳۴۵,۴۰۵,۹۲۹	۳۴۵,۴۰۵,۹۲۹
	۲۶۹,۰۰۲,۴۰۸		۲۶۹,۰۰۲,۴۰۸	۲۶۹,۰۰۲,۴۰۸
	۲۰۹,۴۹۹,۲۸۶		۲۰۹,۴۹۹,۲۸۶	۲۰۹,۴۹۹,۲۸۶
	۱۶۳,۱۵۸,۲۰۸		۱۶۳,۱۵۸,۲۰۸	۱۶۳,۱۵۸,۲۰۸
	۱۲۷,۰۶۷,۷۴۰		۱۲۷,۰۶۷,۷۴۰	۱۲۷,۰۶۷,۷۴۰
			۹۸,۹۶۰,۴۵۵	
				۷۷,۰۷۰,۴۸۰

شکل ۳: درخت دوجمله‌ای ارزش مورد انتظار دارایی

$$[P(S_{0u6}) + (1 - P)(S_{0u5d})] * exp(-r\delta_t) \\ = 1,205,585,150 \quad (7)$$

مقدار محاسبه شده با قیمتی که در صورت فروش و تعطیلی کارخانه به دست می آید، مقایسه می شود. از آن جایی که مقدار محاسبه شده از رابطه، بیش تر از قیمتی است که از تعطیلی و فروش کارخانه حاصل می شود، تصمیم در این گره بر ادامه کار پروژه خواهد بود و ارزش اختیار همان $1,205,585,150$ دلار خواهد بود.

$$\text{The value at } S_{0u^5} \text{ node} = \\ \text{Max}(1,205,585,150 \text{ and} \\ 242,852,282) = 1,205,585,150 \quad (8)$$

با استفاده از روابط بالا، این مراحل در همه ی گره های درخت تا رسیدن به زمان $t=0$ ادامه داده می شود.

خروجی پروژه بر اساس روش DCF و بدون در نظر گرفتن ارزش انعطاف پذیری $345,405,929$ دلار است در حالی که ROA ارزش $346,442,867$ دلاری را برای پروژه نشان می دهد و حدود $1,036,938$ دلار در طی اختیار تعطیلی به دست می آید.

اطلاعات اضافی از میزان احتمال ادامه به تعطیلی پروژه می تواند از لحاظ مدیریتی برای پروژه سودمند باشد. این اطلاعات می تواند به راحتی از درخت دوجمله ای که برای حل مسئله ی اختیار استفاده می شود و در شکل ۴ نشان داده شده است، به دست آید.

۵-۱- ارزش گذاری اختیار تعطیلی

اختیار تعطیلی در هر پروژه ای وجود دارد و ویژگی یک اختیار فروش را دارد. هزینه اختیار تعطیلی در واقع ارزشی است که از فروش تجهیزات قابل فروش کارخانه به دست می آید. در این تحقیق ارزش فروش تجهیزات قابل فروش طرح توسط متخصصان $242,852,282$ دلار برآورد شده است (بر مبنای تجهیزاتی که در این طرح قابل فروش بودند) [۲۱]. برای محاسبه ی ارزش اختیار در هر نقطه از درخت از روش استقرای برگشتی استفاده شده است. هر گره پیشینه ی اختیار تعطیلی پروژه را در مقابل ادامه پروژه نشان می دهد. در هر گره یک اختیار برای تعطیلی با ارزش تعطیلی $242,852,282$ دلار یا ادامه پروژه با نگره داشتن اختیار تا زمانی که آن به پایان برسد وجود دارد.

ارزش گذاری از گره های پایانی که نشان دهنده ی آخرین گام زمانی است آغاز می شود. در گره ی S_{0u^6} ارزش انتظاری دارایی مورد نظر بدون اختیار $1,548,001,975$ دلار می باشد. این قیمت با قیمت $242,852,282$ دلاری فروش مقایسه می شود. از آن جایی که هدف حداکثر کردن سود پروژه می باشد، پیشینه مقدار برای این گره به عنوان ارزش دارایی در نظر گرفته شده است. بنابراین ارزش مورد انتظار برای پروژه با در نظر گرفتن اختیار برابر $1,548,001,975$ دلار می باشد. سایر گره های درخت در این سال به همین صورت محاسبه شده است.

در ادامه با حرکت به سمت نقاط داخلی، یک مرحله قبل تر از آخرین مرحله، در گره ی S_{0u^5} ارزش انتظاری دارایی برای ادامه ی پروژه و حفظ اختیار تعطیلی برای سال بعد از رابطه ی زیر محاسبه می شود [۱۹].

					۱,۵۴۸,۰۰۱,۹۷۵ ادامه ۱,۵۴۸,۰۰۱,۹۷۵
				۱,۲۰۵,۵۸۵,۱۵۰ ادامه ۱,۲۰۵,۵۸۵,۱۵۰	
			۹۳۸,۹۱۰,۶۵۸ ادامه ۹۳۸,۹۱۰,۶۵۸		۹۳۸,۹۱۰,۶۵۸ ادامه ۹۳۸,۹۱۰,۶۵۸
		۷۳۱,۲۲۴,۳۵۶ ادامه ۷۳۱,۲۲۴,۳۵۶		۷۳۱,۲۲۴,۳۵۶ ادامه ۷۳۱,۲۲۴,۳۵۶	
	۵۶۹,۴۷۸,۱۰۱ ادامه ۵۶۹,۴۹۸,۰۵۳		۵۶۹,۴۷۸,۱۰۱ ادامه ۵۶۹,۴۷۸,۱۰۱		۵۶۹,۴۷۵,۱۰۱ ادامه ۵۶۹,۴۷۵,۱۰۱
۴۴۳,۵۰۹,۹۹۱ ادامه ۴۴۳,۶۷۸,۵۰۷		۴۴۳,۵۰۹,۹۹۱ ادامه ۴۴۳,۶۳۷,۵۶۹		۴۴۳,۵۰۹,۹۹۱ ادامه ۴۴۳,۵۰۹,۹۹۱	
۳۴۵,۴۰۵,۹۲۹ ادامه ۳۴۶,۴۲۲,۸۶۷		۳۴۵,۴۰۵,۹۲۹ ادامه ۳۴۶,۳۹۶,۲۰۱		۳۴۵,۴۰۵,۹۲۹ ادامه ۳۴۶,۲۲۱,۶۸۸	۳۴۵,۴۰۵,۹۲۹ ادامه ۳۴۵,۴۰۵,۹۲۹
	۲۶۹,۰۰۲,۴۰۸ ادامه ۲۷۴,۸۹۵,۸۳۲		۲۶۹,۰۰۲,۴۰۸ ادامه ۲۷۴,۷۷۶,۴۷۵		۲۶۹,۰۰۲,۴۰۸ ادامه ۲۴۷,۲۱۸,۵۴۰
	۲۰۹,۴۹۹,۲۸۶ تعطیلی ۲۴۲,۸۵۲,۲۸۲		۲۰۹,۴۹۹,۲۸۶ تعطیلی ۲۴۲,۸۵۲,۲۸۲		۲۰۹,۴۹۹,۲۸۶ تعطیلی ۲۴۲,۸۵۲,۲۸۲
		۱۶۳,۱۵۸,۲۰۸ تعطیلی ۲۴۲,۸۵۲,۲۸۲		۱۶۳,۱۵۸,۲۰۸ تعطیلی ۲۴۲,۸۵۲,۲۸۲	
			۱۲۷,۰۶۷,۷۴۰ تعطیلی ۲۴۲,۸۵۲,۲۸۲		۱۲۷,۰۶۷,۷۴۰ تعطیلی ۲۴۲,۸۵۲,۲۸۲
				۹۸,۹۶۰,۴۵۵ تعطیلی ۲۴۲,۸۵۲,۲۸۲	
					۷۷,۰۷۰,۴۸۰ تعطیلی ۲۴۲,۸۵۲,۲۸۲

شکل ۴: درخت دوجمله ای اختیار تعطیلی با قیمت توافقی یکسان در طول عمر اختیار

۲-۵- ارزش گذاری اختیار گسترش

C_B : هزینه تقریبی بر حسب دلار برای اندازه پروژه
 S_B/S_A : نسبتی که به عنوان فاکتور اندازه شناخته می شود و
 بی بعد است.
 در این پروژه هزینه گسترش با فاکتور ۲ به صورت زیر
 محاسبه می شود.

$$C_2 = ((2/1)^{0.6}) * C_1 = ((2/1)^{0.6}) * 363,898,427 = 551,566,873 \quad (10)$$

در شکل ۵ ارزش اختیار در هر گره از درخت به صورت
 استقرای برگشتی محاسبه شده است. در هر گره بیشینه
 اختیار ادامه پروژه را در مقابل هزینه گسترش پروژه با
 فاکتور ۲ نشان می دهد. در هر گره یک اختیار برای ادامه
 پروژه با نگر داشتن اختیار برای آینده یا گسترش آن به
 اندازه دو برابر وجود دارد.

اختیار گسترش به ویژه برای پروژه های بلندمدت
 ارزش قابل توجهی را می تواند در پی داشته باشد. این اختیار
 یک اختیار خرید است. برای ارزش گذاری اختیار گسترش در
 طرح فولاد میانه، از فاکتور ۲، (یعنی دو برابر کردن حجم
 عملیات) استفاده شد. با اختیار دوبرابر کردن حجم عملیات،
 هزینه های سرمایه گذاری و ارزش انتظاری دارایی تغییر
 می کند، برای تخمین هزینه سرمایه گذاری از قانون ۰,۶
 استفاده شده است. این مفهوم اولین بار در سال ۱۹۴۷
 توسط روگر ویلیام^{۱۸} ارائه شده است [۲۲].

$$C_B = C_A (S_B/S_A)^{0.6} \quad (9)$$

C_A : هزینه شناخته شده برای اندازه A

این بدان معنی است که تصمیم بر عدم گسترش پروژه می‌باشد. در حالی که با روش ROV، که در شکل ۵ آمده است، ارزش پروژه ۴۹۰،۰۵۳،۶۶۷ دلار محاسبه می‌شود و تصمیم بر گسترش پروژه می‌باشد. در نتیجه اعمال اختیار گسترش، ارزش مازادی برای پروژه به همراه خواهد داشت. مدیریت می‌تواند اختیار گسترش را تا پایان سال ششم به تعویق بیندازد تا عدم قطعیت‌ها از بین برود و شرایط مساعد شود و در پایان سال اقدام به اجرای اختیار کند.

ابتدا ارزش اختیار گسترش محاسبه شده با روش DCF را با مقدار محاسبه شده از روش ROA مقایسه می‌شود. ارزش فعلی دارایی برای عملیات جاری بر اساس روش DCF، ۳۴۵،۴۰۵،۹۲۹ دلار است. اگر عملیات گسترش داده شود، ارزش اضافی ایجاد شده برابر:

$$(2 \times 345,405,929) - 345,405,929 = 345,405,929 \quad (11)$$

چون ۵۵۱،۵۶۶،۸۷۳ دلار سرمایه‌گذاری می‌شود،

NPV که از گسترش پروژه محاسبه می‌شود:

$$345,405,929 - 551,566,873 = -206,160,944 \quad (12)$$

					۱،۵۴۸،۰۰۱،۹۷۵ گسترش
				۱،۲۰۵،۵۸۵،۱۵۰ گسترش	۲،۳۴۴،۴۳۷،۰۷۵
			۹۳۸،۹۱۰،۶۵۸ گسترش	۱،۸۵۹،۶۰۳،۴۲۶	۹۳۸،۹۱۰،۶۵۸ گسترش
			۷۳۱،۲۲۴،۳۵۶ گسترش	۱،۴۲۸،۰۹۲،۴۲۷	۷۳۱،۲۲۴،۳۵۶ گسترش
			۵۶۹،۴۷۸،۱۰۱ گسترش	۱،۰۹۴،۷۳۳،۶۱۰	۵۶۹،۴۷۸،۱۰۱ گسترش
			۴۴۳،۵۰۹،۹۹۱ گسترش	۸۳۸،۰۹۳،۸۴۳	۴۴۳،۵۰۹،۹۹۱ گسترش
			۳۴۵،۴۰۵،۹۲۹ گسترش	۴۴۳،۵۰۹،۹۹۱ گسترش	۳۴۵،۴۰۵،۹۲۹ گسترش
			۲۶۹،۰۰۲،۴۰۸ گسترش	۵۷۱،۳۶۶،۰۰۰ گسترش	۲۶۹،۰۰۲،۴۰۸ گسترش
			۱۶۳،۱۵۸،۲۰۸ ادامه	۴۴۳،۵۰۹،۹۹۱ گسترش	۱۶۳،۱۵۸،۲۰۸ ادامه
			۱۲۷،۰۶۷،۷۴۰ ادامه	۴۴۳،۵۰۹،۹۹۱ گسترش	۱۲۷،۰۶۷،۷۴۰ ادامه
			۹۸،۹۶۰،۴۵۵ ادامه	۴۴۳،۵۰۹،۹۹۱ گسترش	۹۸،۹۶۰،۴۵۵ ادامه
			۷۷،۰۷۰،۴۸۰ ادامه	۴۴۳،۵۰۹،۹۹۱ گسترش	۷۷،۰۷۰،۴۸۰ ادامه
			۴۹۰،۰۵۳،۶۶۷ گسترش	۳۴۵،۴۰۵،۹۲۹ گسترش	۴۹۰،۰۵۳،۶۶۷ گسترش
			۳۴۵،۴۰۵،۹۲۹ گسترش	۳۴۵،۴۰۵،۹۲۹ گسترش	۳۴۵،۴۰۵،۹۲۹ گسترش
			۲۶۹،۰۰۲،۴۰۸ گسترش	۲۶۹،۰۰۲،۴۰۸ گسترش	۲۶۹،۰۰۲،۴۰۸ گسترش
			۲۰۹،۴۹۹،۲۸۶ گسترش	۲۰۹،۴۹۹،۲۸۶ گسترش	۲۰۹،۴۹۹،۲۸۶ گسترش
			۱۶۳،۱۵۸،۲۰۸ ادامه	۲۰۹،۴۹۹،۲۸۶ گسترش	۱۶۳،۱۵۸،۲۰۸ ادامه
			۱۲۷،۰۶۷،۷۴۰ ادامه	۲۰۹،۴۹۹،۲۸۶ گسترش	۱۲۷،۰۶۷،۷۴۰ ادامه
			۹۸،۹۶۰،۴۵۵ ادامه	۲۰۹،۴۹۹،۲۸۶ گسترش	۹۸،۹۶۰،۴۵۵ ادامه
			۷۷،۰۷۰،۴۸۰ ادامه	۲۰۹،۴۹۹،۲۸۶ گسترش	۷۷،۰۷۰،۴۸۰ ادامه

شکل ۵: درخت دوجمله‌ای با در نظر گرفتن اختیار گسترش

(ارقام بالایی ارزش مورد انتظار دارایی، ارقام پایینی ارزش دارایی با اختیار گسترش، ارقام بر حسب دلار)

۶- نتیجه گیری

در این مقاله درباره‌ی اهمیت عدم قطعیت و انعطاف پذیری در ارزیابی پروژه معدنی بحث شد. ارزش پروژه‌های معدنی می‌تواند به صورت قابل توجهی در صورت مدیریت ریسک و عدم قطعیت افزایش یابد. در این تحقیق نشان داده شد که اعمال عدم قطعیت در قیمت آهن، ارزش معدن را در مقایسه با روش سنتی DCF افزایش می‌دهد.

در حالی که جریان نقدینگی نتزیل یافته یک مدل قطعی است و یک مسیر ثابت را برای تصمیمات سرمایه‌گذاری ارائه می‌کند، اختیارات حقیقی تغییر در ارزش دارایی را که از عدم قطعیت طی عمر پروژه ناشی می‌شود در نظر می‌گیرد و یک نقشه راهبردی را که تصمیمات مرتبط با عدم قطعیت بازار، بر روی آن مشخص شده است، پیشنهاد می‌کند. با استفاده از روش DCF برای پروژه طبق گزارشات امکان سنجی، ارزش خالص فعلی ۱۱,۰۸۴,۴۷۰- دلار برآورد شده است. در حالی که با استفاده از روش اختیارات حقیقی و در نظر گرفتن اختیاراتی که قابل اعمال در پروژه هستند، ارزش پروژه محاسبه می‌شود. نتایج روش DCF با نتایج ROA متفاوت است.

با در نظر گرفتن اختیار گسترش، ۱۴۴,۶۴۷,۷۳۹ دلار به ارزش دارایی افزوده می‌شود. این ارزش اگر به ارزش خالص فعلی اضافه شود، پروژه بازدهی بالایی خواهد داشت. اجرای اختیار تعطیلی پروژه، ارزش ۲۴۲,۸۵۲,۲۸۲ دلار برای پروژه به دنبال دارد که در مقایسه با روش DCF بیش‌تر است. این ارزش، ۱۰,۳۶,۹۳۹ دلار است. در نتیجه با اعمال اختیارات در این طرح می‌توان ارزش پروژه را افزون کرد.

منابع

- CIM Bulletin, 90:69-74. Queensland, Brisbane Qld 4072, Australia.
- [۴]Martínez, L; Mckibben, J; 2010, "Understanding Real Options in Mine Project Valuation: A Simple Perspective. Xstract Mining Consultants", Australia.
- [۵]Shu-xing, L; Peter, K; 2009; "Integration of real options into short-term mine planning and production scheduling", CRC Mining, University.
- [۶]Masunaga, S; 2007; "A comparative study of real option valuation methods: Economics- based approach vs", engineering- based approach. Bachelor of Laws university of Tokyo.
- [۷].فانی پاکدل، مر.، بصیری، م. ح.، صیادی، ا.، قدوسی، ح.، ۱۳۹۰، ارزشیابی پروژه‌های آماده‌سازی معدنی از دیدگاه نظریه اختیارات حقیقی. نشریه‌ی علمی-پژوهشی، دوره هفتم، شماره چهاردهم، صفحه ۱۵-۳۰
- [۸]. سعیدی، آ.، ۱۳۹۱، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تحلیل فنی- اقتصادی تولید کارخانه تیتان کهنوج با روش اختیارات حقیقی. دانشگاه تربیت مدرس.
- [۹].دهقانی، ح.، عطایی پور، م.، اصفهانی پور، ا.، ۱۳۹۰، نقش عدم قطعیت در تعیین ارزش اقتصادی بلوک با استفاده از درخت دوتایی. هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، دانشگاه امیرکبیر، تهران.
- [۱۰]Koukula, Dr.P; Papudesu, C; 2006; "Project Valuation Using Real Options", J. Ross Publishing, Inc, Florida.
- [۱۱] Gentry, D. W; O'Neil, T. J; 1984; "Mine investment analysis", p.510, Society for Mining, Metallurgy and Exploration.
- [۱۲]Mirakovski, D; Krstev, B; Krstev, A; Petrovski, F; 2005; "Mine Project Evaluation Techniques", University "GoceDelcev" Stip, Faculty of Natural & Technical Sciences - Stip, Macedonia.
- [۱۳]Vangelista, P.N; 2011; "Project Valuation Using Real Options Analysis", Department of Information Engineering, University of Padova.
- [۱۴]Bengtsson, J; 2001; "Manufacturing flexibility and real option: A review", Department of Production Economics, IMIE, Linkoping Institute of Technology, S-581-583, Linkoping, Sweden.
- [۱۵]V.N. Kazakidis; "Planning for flexibility in underground mine production systems", SME 2003.
- [۱۶] Rogers, J; 2002; "Strategy, value and risk: the real options approach: reconciling innovation,

[۱]Shafiee, S; Topal, E; Nehring, M; 2009; "Adjusted Real Option Valuation to Maximise Mining Project Value_ A Case Study Using Century Mine", Project Evaluation Conference.

[۲]Dixit, A. K; Pindyck, R; 1995; "The Options Approach to Capital Investment", Harvard Business Review, Vol. 77, No. 3, pp. 105-115.

[۳]Samis, M. R; Poulin, R; 1998; "Valuing management flexibility: A basis to compare the standard DCF and MAP valuation frameworks", The

[۲۰] Kelly, S; 1998; “A binomial lattice approach for valuing a mining property IPO”, Quart. Rev. Econom, Finance 38, 693–709.] .

[۲۱]. گزارش مطالعات امکان‌سنجی احداث واحد احیا مستقیم و

واحد ذوب و ریخته‌گری شرکت فولاد آذربایجان، شهر یور

.۱۳۸۵

[۲۲] Remer, D.,S.,Yu; Hsim, K; 2008; “An update on cost and scale up factors”, International inflation indexes and location factors, Int .j. Production Economics, pp.

strategy and value management”, p.141, Palgrave (New York).

[۱۷]Haahtela, T; 2012; “Differences between financial options and real options”, Aalto University, BIT Research Centre, Helsinki, Finland.

[۱۸]Mun, J; 2002; “Real Option Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions”, p.cm. (Wiley finance series) ISBN 0-471-25696-X.

[۱۹]Phelim, P; Boyle, L; 1977; “Options: A Monte Carlo Approach”, Journal of Financial Economics 4,4, 323-338.

پی‌نوشت

- ^۱ Discounted Cash Flow
- ^۲ Net Present Value
- ^۳ Real Option Analysis
- ^۴ Century Mine
- ^۵ Dixit and Pindyck
- ^۶ Samis and Poulin
- ^۷ Martínez and McKibben
- ^۸ Mikael Collan
- ^۹ Luis Martinez
- ^{۱۰} Put Option
- ^{۱۱} Call Option
- ^{۱۲} Black- Scholes
- ^{۱۳} Partial differential equations (PDE)
- ^{۱۴} Binomial tree
- ^{۱۵} Monte Carlo Simulation
- ^{۱۶} Cox
- ^{۱۷} Volatility
- ^{۱۸} Roger Williams