



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
سال پنجم / شماره هفدهم / بهار ۱۳۹۵

ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری با رویکرد تحلیل اختیار واقعی: مطالعه موردی بررسی امکان‌سنجی یک طرح نیروگاهی ۵۰۰ مگاواتی

مرتضی بکی حسکوئی

استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی
m.baky@atu.ac.ir

روژین داودی

کارشناسی ارشد مهندسی مالی، دانشگاه غیرانتفاعی رجا قزوین (نویسنده مسئول)
davoodi90@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۶

چکیده

افزایش پویایی شرایط حاکم بر فعالیت‌های اقتصادی و مالی و افزایش ریسک تصمیم‌گیری در زمینه سرمایه‌گذاری و یا تامین مالی طرح‌های سرمایه‌گذاری و پروژه‌های اقتصادی، نیازمند وجود یک روش تحلیلی مناسب و کارآمد است، که نقایص روش‌های متعارف تنزیل جریان‌های نقدی از جمله ایستایی را نداشته باشد. براین اساس و در پاسخ به نیازهای جدید، تحلیل اختیار واقعی بوجود آمده و تفکر جدیدی را در ارتباط با تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری و ارزش‌گذاری طرح‌های اقتصادی ارائه می‌نماید. در این مقاله چارچوبی فراهم می‌گردد که در قالب آن مزیت استفاده از تئوری اختیارهای واقعی در ارزیابی پروژه‌های نیروگاهی در مقایسه با روش‌های متعارف به‌طور سیستماتیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور از اختیار واگذاری برای تصمیم‌گیری استفاده شده و روش‌های مختلف قیمت‌گذاری اختیار واقعی، برای ارزش‌گذاری اختیار واگذاری مورد استفاده قرار گرفته، سپس به مقایسه این روش‌ها پرداخته شده و در نهایت براساس شبیه‌سازی مونت کارلو، روش‌های متعارف و روش اختیار واقعی مقایسه شده است. نتایج حاکی از آن است که تفاوت معناداری بین روش‌های مختلف قیمت‌گذاری اختیار واقعی وجود ندارد، زیرا با افزایش تعداد گام‌های زمانی، علاوه بر اینکه ارزش ارائه شده برای اختیار در این روش‌ها افزایش می‌یابد، همه روش‌ها به سمت یک عدد مشخص همگرا می‌شوند، همچنین نتایج حاصل از شبیه‌سازی، کاهش ریسک و افزایش بازدهی، در روش اختیار واقعی نسبت به روش‌های متعارف را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی سرمایه‌گذاری، اختیار واقعی، معیارهای متعارف ارزیابی سرمایه‌گذاری، شبیه‌سازی مونت کارلو.

۱- مقدمه

روش‌های متعارف ارزیابی سرمایه‌گذاری که هم‌اکنون مورد استفاده قرار می‌گیرند، مبتنی بر ایجاد تصویر ثابتی از انتظارات وقایع آینده است، البته این روش‌ها تا زمانی که اتفاقات آتی، تفاوت زیادی با انتظارات نداشته باشد، با اغماض و تقریب قابل قبولی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، لیکن مشکل زمانی پیش می‌آید که محیط فعالیت دارای عدم قطعیت بالا و به همین دلیل از پیچیدگی زیادی برخوردار باشد، لذا در این حالت‌ها نیاز به رویکرد جدیدی است که براساس آن بتوان بر مشکلات مزبور فائق آمد. نتایج تحقیقات و مطالعات نشان می‌دهد پروژه‌هایی که بوسیله روش‌های متعارف تنزیل جریان‌های نقدی^۱ (DCF)، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد قابل اتکا نمی‌باشند، زیرا روش‌های تنزیل جریان‌های نقدی انعطاف‌پذیری را که ناشی از تغییرات در تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری است، نادیده می‌گیرند که این امر منجر به ارزش‌گذاری کمتر از واقعیت سرمایه‌گذاری می‌گردد (مارتینز و میوتال^۲، ۲۰۱۱). تغییرات ناشی از تحولات اقتصادی و افزایش پیچیدگی فعالیت‌های مربوطه، موجب رویکرد جدیدی در تصمیم‌گیری‌های مالی و اقتصادی به نام اختیار واقعی^۳ 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 را ایفا می‌نماید. بیشترین کاربرد این رویکرد در زمینه پروژه‌های سرمایه‌گذاری با ریسک و انعطاف‌پذیری بالا می‌باشد، زیرا ارزیابی فرصت‌های سرمایه‌گذاری نیازمند وجود روشی است که، در بردارنده بحث‌های مربوط به نااطمینانی و ریسک بوده و بتواند فرآیند تصادفی^۴ جریان نقدی آتی پروژه را مدلسازی کند (مون^۵، ۲۰۰۲). درحقیقت پروژه‌های سرمایه‌گذاری در شرایط نامطمئن دارای یک‌سری ویژگی‌هایی هستند که ماهیتا نوعی اختیار هستند و تصمیم‌گیری در خصوص این پروژه‌ها را می‌توان در چارچوب رویکرد اختیار واقعی تحلیل نمود.

برخلاف روش‌های متعارف ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری، در رویکرد اختیار واقعی مسیرهای مختلفی برای تصمیم‌گیری در نظر گرفته می‌شود، که انعطاف‌پذیری کافی را برای تصمیم‌گیری‌های مدیریت در محیط‌های نامطمئن فراهم می‌آورد، به‌طور کلی مزیت رویکرد اختیار واقعی نسبت به سایر روش‌های بودجه‌بندی سرمایه‌ای از قبیل تنزیل جریان‌های نقدی به هنگام تحلیل تصمیمات استراتژیک سرمایه‌گذاری در شرایط عدم اطمینان خود را نشان می‌دهد. مطالعات زیادی ثابت کرده‌اند که، رویکرد اختیار واقعی به‌علت در نظر گرفتن انعطاف‌پذیری برای ارزیابی پروژه‌های مربوط به تولید برق مناسب‌ترند و ارزش انعطاف‌پذیری در نظر گرفته شده توسط این رویکرد باعث بالا بردن ارزش پروژه می‌شود (دیویس و اون^۶، ۲۰۰۳؛ مایرز^۷، ۱۹۷۷).

سوال‌های اساسی مطرح شده در این مقاله این است که آیا روش اختیار واقعی می‌تواند روش مناسبی برای تصمیم‌گیری باشد؟ آیا تکنیک اختیار واقعی می‌تواند به عنوان یک معیار مکمل برای مدل تنزیل جریان‌های نقدی معرفی گردد؟ و به‌طور کلی هدف اصلی این مقاله نقد و بررسی روش‌های متعارف ارزیابی و معرفی روش بهینه برای تصمیم‌گیری در پروژه‌های سرمایه‌گذاری با رویکرد جدیدی تحت عنوان تئوری اختیارهای واقعی می‌باشد. در این تحقیق روش متعارف ارزش فعلی خالص با روش اختیار واقعی مورد مقایسه قرار گرفته است.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

۲-۱- مبانی نظری

• روش‌های متعارف ارزیابی

در روش‌های متعارف ارزیابی فرض می‌شود که همه ریسک‌ها به صورت کامل بوسیله نرخ تنزیل محاسبه می‌شوند، درحالی‌که ریسک‌های مربوط به پروژه در طول دوره عمر پروژه تغییر می‌کنند، هم‌چنین در این روش - ها در زمان شروع، همه پروژه‌ها بدون تغییر مدیریت می‌شوند، درحالی‌که پروژه‌ها معمولاً از طریق چرخه دوره عمر پروژه، اختیارات مربوط به تصمیم‌گیری، محدودیت‌های بودجه و مواردی از این قبیل به صورت فعال مدیریت می‌شوند (مون، ۲۰۰۲). فرض اصلی در روش‌های متعارف ارزیابی این است که همه عواملی که می‌توانند، نتیجه و ارزش پروژه را تحت تاثیر قرار دهند، در مدل تنزیل جریان‌های نقدی منعکس می‌شوند، اما واقعیت این است که به علت پیچیدگی پروژه که اثرات خارجی نامیده می‌شود، تعیین همه عواملی که باعث تغییر ارزش پروژه می‌شوند دشوار و غیرممکن است.

دیکست و پیندیک^۸ (۱۹۹۵) بیان نمودند که هنگام استفاده از روش‌های متعارف، تصمیم‌گیرندگان در هنگام اتخاذ تصمیمات استراتژیک، تصمیم خود را نمی‌توانند به تعویق بیندازند، یعنی اگر سرمایه‌گذار هم‌اکنون سرمایه‌گذاری نکند، برای همیشه فرصت سرمایه‌گذاری را از دست خواهد داد. درواقع سرمایه‌گذار باید تصمیم بگیرد که آیا سرمایه‌گذاری در یک زمان خاص بدون تغییر در تصمیم‌گیری انجام خواهد شد یا خیر؟ درحالی‌که برخلاف روش تنزیل جریان‌های نقدی آنچه که واضح است، این است که درمورد پروژه سرمایه‌گذاری می‌توان تا آشکار شدن اطلاعات بیشتر منتظر ماند، سپس تصمیم مناسب را اتخاذ نمود.

• تئوری اختیار واقعی

مطالعاتی که توسط فیشر بلک، رابرت مerton و مایرون شولز به عمل آمد، مدل استاندارد قیمت‌گذاری اختیارهای مالی را معرفی نمود. استوارت مایرز (۱۹۷۷)، به این نتیجه رسید که تئوری قیمت‌گذاری اختیار، برای دارایی‌های واقعی و سرمایه‌گذاری‌های غیرمالی نیز کاربرد دارد. برای تمییز اختیارهای روی دارایی‌های واقعی از اختیارهای مالی قابل معامله در بازار، مایرز واژه اختیارهای واقعی را معرفی نمود که هم در محافل آکادمیک و هم در بازار مورد پذیرش قرار گرفت. اختیار عبارت است از حق^۹ (نه تعهد^{۱۰}) خرید (فروش) یک دارایی به قیمت مشخص در یا تا تاریخ مشخص. در قراردادهای اختیار مالی، دارایی پایه معمولاً سهام است در حالی‌که یک اختیار واقعی حق مربوط به اتخاذ تصمیمات سرمایه‌گذاری درمورد دارایی‌های واقعی است، البته این اختیار تعهدی ایجاد نمی‌کند که این حق شامل حق به تعویق انداختن^{۱۱}، ساختن، واگذاری^{۱۲} و تغییر وضعیت^{۱۳} و مواردی از این قبیل می‌باشد (دیکست و پیندیک، ۱۹۹۴).

علی‌رغم شباهت زیاد میان اختیار مالی و اختیار واقعی، برخی هنوز هم کاربردی بودن تئوری قیمت‌گذاری اختیار را در خصوص اختیارهای واقعی که معمولاً در بازار معامله نمی‌شوند، مورد انتقاد قرار می‌دهند. با این حال مک دولاند و سیگل^{۱۴} (۱۹۸۴) پیشنهاد کردند که ادعای تبعی روی یک دارایی غیرمعامله را می‌توان با کسر

صرف ریسک مشابه سود نقدی از نرخ رشد آن قیمت‌گذاری نمود. براساس مبانی تئوریک محکم، بسیاری از محققین، ارزیابی اختیارات واقعی متعددی را در دنیای واقعی کسب و کار مورد بررسی قرار دادند. یکی از اساسی‌ترین مدل‌های ارزیابی اختیار واقعی در سال ۱۹۸۶ توسط مک دولاندو سیگل توسعه یافت (مک دولاندو سیگل، ۱۹۸۶). اختیار واقعی انواع مختلفی دارد که انواع آن عبارتند از: اختیار انتخاب، اختیار گسترش، اختیار رهاسازی و واگذاری، اختیار تغییر وضعیت، اختیار مرکب، اختیار مرکب متوالی، اختیار مرزی (کدوکولا و پاپیودسو^{۱۵}، ۲۰۰۶).

پیرو تحولی که در تئوری اختیار قیمت‌گذاری اختیار شکل گرفت، اکثر محققان به پتانسیل این تئوری در بودجه‌بندی سرمایه‌ای پی بردند. به این دلیل که روش‌های متعارف (جریان‌های نقدی تنزیل شده) دارای یکسری محدودیت‌های ذاتی در ارزیابی سرمایه‌گذاری‌ها هستند، به‌طوری‌که مدل قطعی تنزیل جریان‌های نقدی در ابتدا فرض می‌کند که همه جریان‌های نقدی آتی ثابت و قابل پیش‌بینی هستند، براساس مفروضات مدل قطعی تنزیل جریان‌های نقدی، هیچ نوسانی در مورد شرایط کسب‌وکار و پروژه وجود ندارد، بنابراین ارزش پروژه تغییر نخواهد کرد، بنابراین در این مدل هیچ‌گونه انعطاف‌پذیری در نظر گرفته نمی‌شود، ولی همان‌طور که مشخص است در دنیای واقعی که تغییرات بالاست، اگر مدیریت از انعطاف‌پذیری برخوردار باشد، می‌تواند زمانی که شرایط تغییر کرد، تغییرات مناسبی را در تصمیم‌گیری اعمال نماید، بنابراین باید ارزش انعطاف‌پذیری را نیز در نظر بگیریم، درحالی‌که در روش تنزیل جریان‌های نقدی ارزش انعطاف‌پذیری به میزان قابل ملاحظه‌ای ناچیز در نظر گرفته می‌شود و به فرآیند تصادفی جریان‌های نقدی آتی پروژه توجهی نمی‌شود (مون، ۲۰۰۲). طبق گفته مایرز، شرکت می‌تواند از حق مربوط به خرید یا فروش دارایی فیزیکی یا برنامه سرمایه‌گذاری در آینده استفاده کند. در واقع زمانی که پروژه سرمایه‌گذاری دارای عدم قطعیت بالایی است، ارزش پروژه باید برابر با ارزش فعلی خالص^{۱۶} یعنی NPV پروژه به علاوه ارزش اختیار باشد.

به‌طور کلی استفاده از اختیار واقعی وقتی سرمایه‌گذاری بازگشت‌ناپذیر^{۱۷} است و وقتی در مورد وضعیت آینده عدم اطمینان وجود دارد، مناسب می‌باشد. استفاده از تکنیک اختیار واقعی زمانی مناسب است که ارزش دارایی پایه از عدم قطعیت بالایی برخوردار باشد و مدیریت از انعطاف‌پذیری بالایی برای تغییر دوره عمر اختیار برخوردار باشد و این که بتواند اختیار را هر زمانی که مناسب بود، اعمال نماید (کدوکولا و پاپیودسو، ۲۰۰۶). زمانی که میزان عدم قطعیت پایین است فضای زیادی برای انعطاف‌پذیری مدیریتی وجود ندارد، در این حالت در صورت استفاده از روش اختیار واقعی، ارزش ارائه شده توسط اختیار پایین خواهد بود. ارزش ارائه شده توسط اختیار واقعی در تصمیمات سرمایه‌گذاری که NPV بالایی دارند، بالا نخواهد بود، چون این پروژه‌ها برای سرمایه‌گذاری جذاب هستند و ارزش اضافی که ممکن است فراهم شود باعث تغییر تصمیم نخواهد شد. همین‌طور در پروژه‌های با NPV بسیار پایین، ارزش اضافی که ممکن است، بوسیله اختیار واقعی فراهم شود، احتمالاً بی‌اهمیت خواهد بود و باعث تغییر تصمیم نخواهد شد. بالاترین ارزش مربوط به پروژه‌هایی است که NPV آن‌ها به صفر نزدیک است و عدم قطعیت بالایی دارند (کدوکولا و پاپیودسو، ۲۰۰۶).

• مدل‌های قیمت‌گذاری اختیار واقعی

تا اواخر دهه ۱۹۶۰، روش استاندارد برای قیمت‌گذاری اختیار ارائه نشده بود. براساس ریاضیات ایتو^{۱۸} و مفهوم هجینگ دینامیک پرتفولیو^{۱۹}، بلک شولز و مerton^{۲۰} (۱۹۷۳) به صورت موفقیت‌آمیزی به معادله دیفرانسیلی جزئی‌ای^{۲۱} رسیدند که ارزش اختیار را نشان می‌داد و تحت عنوان فرمول بلک شولز شناخته شد. پیرو مطالعات اولیه بلک شولز مطالعات دیگری هم انجام گرفت که به رویکردهای جدیدی در قیمت‌گذاری اختیار منجر شد. کاکس راس و رابینستون^{۲۲} (۱۹۷۹) رویکرد ساده شده‌ای از قیمت‌گذاری اختیار معرفی کردند که مبتنی بر فرآیند دوجمله‌ای چند مرحله‌ای بود که در محدوده زمانی پیوسته تخمینی از حرکت برآونی هندسی^{۲۳} بشمار می‌رفت.

مدل بلک شولز

یکی از مدل‌های مطرح در بحث قیمت‌گذاری اختیار معامله‌ها مدل بلک شولز می‌باشد. معادله بلک شولز برای تحلیل‌های مربوط به اختیار واقعی ممکن است، روش درستی به نظر برسد، زیرا این روش در ارزش‌گذاری اختیارات مالی بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد و کاربرد آن آسان است. اما به چند دلیل کاربرد آن برای اختیار واقعی محدود است. یک فرض مهم در مورد مدل‌های قیمت‌گذاری اختیارها نبود فرصت‌های آربیتراژی است به این معنی که در بازارهای کارا شما نمی‌توانید یک دارایی را به یک قیمت بخرید و همزمان آن را به قیمت بالاتر بفروشید، سرمایه‌گذاران حرفه‌ای به طور فرضی دارایی را می‌خرند و به سرعت آن را می‌فروشند و باعث بسته شدن شکاف‌های قیمتی می‌شوند. بنابراین ایجاد فرصت‌های آربیتراژی نادر است. استدلال منتقدان این است که نبود فرصت‌های آربیتراژی در مورد دارایی‌های واقعی غیرممکن است به این علت که آن‌ها به اندازه دارایی‌های مالی نقدشونده نیستند، بنابراین مدل‌های قیمت‌گذاری اختیار برای ارزش‌گذاری اختیارهای واقعی نامناسبند. اما یک انکار قاطع در مورد اعتبار مدل‌ها برای حل مسائل مربوط به اختیارهای واقعی ناپجا است و این که شرط نبود فرصت آربیتراژی فقط یک محدودیت مدل است که می‌توان به آسانی بوسیله تعدیلات مناسب بر آن غلبه کرد. سه نوع مختلف از تعدیلات را می‌توان مورد استفاده قرار داد، اولاً استفاده از یک نرخ بهره در مدل قیمت‌گذاری اختیار که کمی بالاتر از نرخ بهره بدون ریسک باشد، ثانیاً از نرخ تنزیل بالاتر برای محاسبه تنزیل جریان‌های نقدی مربوط به ارزش دارایی پایه استفاده شود، همچنین از یک عامل تنزیل عدم نقدشوندگی برای محاسبه ارزش پایانی اختیار استفاده شود. اساساً هدف این تعدیلات این است که بر شرایط مربوط به نبود فرصت‌های آربیتراژی غلبه شود، در هر سه روش بالا ارزش اختیار کاهش پیدا می‌کند، ولی ارزش بدست آمده محافظه‌کارتر است (کدوکولا و پاپیودسو، ۲۰۰۶).

فرمول بلک شولز برای اختیار خرید به صورت زیر است:

$$C = SN(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2)$$

و فرمول بلک شولز برای اختیار فروش عبارت است از:

$$P = Ke^{-r_f T} N(d_2) - SN(d_1)$$

و برای محاسبه d_1 و d_2 از فرمول‌های زیر استفاده می‌شود:

$$d_1 = \frac{[\ln(\frac{S}{K}) + (r_f + 0.5\sigma^2)T]}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

مدل درخت دو جمله‌ای کاکس راس

در درخت دو جمله‌ای کاکس-راس هر نقطه تصمیم‌گیری که در برگرفته‌ی یک وضعیت مشخص است با یک گره^{۲۴} نشان داده می‌شود و مسیرهایی که این گره‌ها را به هم متصل می‌نمایند، نشان دهنده‌ی حالات ممکن است که وضعیت می‌تواند به وقوع بپیوندد (سکولمریچ^{۲۵}، ۲۰۱۰). لیکن با توجه به این که مدل دو جمله‌ای مبتنی بر دو حالت کلی است، لذا فرض می‌شود که وضعیت فعالیت‌های اقتصادی، بالقوه می‌تواند بهتر یا بدتر شود. براین اساس احتمال بهتر شدن وضعیت و یا به عبارت دیگر افزایش ارزش مورد نظر را برای یک دوره آتی P و احتمال بدتر شدن آن یا کاهش ارزش مزبور را $1-P$ در نظر می‌گیریم. بنابراین در این روش قیمت دارایی در هر گره ممکن با احتمال P به میزان u افزایش یا با احتمال $1-P$ به میزان d کاهش یابد (مون، ۲۰۰۲).

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$P = \frac{e^{r_f \Delta t} - d}{u - d}$$

مدل درخت سه جمله‌ای

درخت سه جمله‌ای اولین بار توسط بویل^{۲۶} در سال ۱۹۸۶ عنوان شد (هال^{۲۷}، ۲۰۰۶). ساختن مدل درخت سه جمله‌ای و راه‌حل آن، مشابه مدل درخت دو جمله‌ای است، فقط این روش از لحاظ ساختاری قدری نسبت به مدل دو جمله‌ای پیچیده‌تر می‌باشد و میزان انعطاف‌پذیری آن نیز به علت افزایش تعداد حالات در هر گره از دو حالت به سه حالت بیشتر است (داگلاس و وینبرگ^{۲۸}، ۲۰۰۷). بنابراین در این روش قیمت دارایی در هر گره ممکن است با احتمال P_u به میزان u افزایش یا با احتمال P_d به میزان d کاهش یابد، یا این که با احتمال P_m در ارزش اصلی باقی بماند (مون، ۲۰۰۲).

$$u = e^{\sigma\sqrt{2\Delta t}}$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{2\Delta t}}$$

$$P_u = \left(\frac{e^{\left(\frac{1}{2}r\Delta t\right)} - e^{-\sigma\sqrt{\frac{1}{2}\Delta t}}}{e^{\sigma\sqrt{\frac{1}{2}\Delta t}} - e^{-\sigma\sqrt{\frac{1}{2}\Delta t}}} \right)^2$$

$$P_d = \left(\frac{e^{\sigma\sqrt{\frac{1}{2}\Delta t}} - e^{\left(\frac{1}{2}r\Delta t\right)}}{e^{\sigma\sqrt{\frac{1}{2}\Delta t}} - e^{-\sigma\sqrt{\frac{1}{2}\Delta t}}} \right)^2$$

$$P_m = 1 - P_u - P_d$$

۲-۲- مرووری بر پژوهش‌های پیشین

بررسی کاربرد اختیار واقعی در ارزیابی پروژه چند مطالعه بوده است. از جمله مک دونالد و سیگل^{۲۹} (۱۹۸۶) زمان بهینه برای بنگاه را جهت سرمایه‌گذاری در یک پروژه خاص که ارزش آن مطابق حرکت براونی هندسی در حال افزایش است، مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که اختیار به تأخیر انداختن یک سرمایه‌گذاری ممکن است تحت برخی از شرایط بسیار باارزش باشد. اینگرسل و راس^{۳۰} (۱۹۹۲) هم رابطه میان منتظر ماندن در سرمایه‌گذاری و عدم اطمینان را مورد مطالعه قرار داده‌اند. برنان و شوارتز^{۳۱} (۱۹۸۵) تصمیمات مشترک سرمایه‌گذاری و کنارگذاری یک پروژه را بررسی کرده‌اند. کولاتیلاکا و تریگورگیز^{۳۲} (۱۹۹۴) از تئوری اختیار در ارزشگذاری انعطاف مدیریتی در تغییر داده‌ها و ستانده‌ها استفاده کرده‌اند. مطالعات مهمی در زمینه استفاده از روش اختیار واقعی و کاربرد آن در زمینه پروژه‌های مربوط به تولید برق انجام شده است. هسو^{۳۳} (۱۹۹۸) در مقاله خود به این موضوع پرداخته است که صاحبان برنامه‌های مربوط به تولید برق باید دارایی‌های خود را به صورت یک سری اختیارات خرید در نظر بگیرند، نویسنده مقاله هم‌چنین بیان نمود که نادیده گرفتن این مفاهیم، منجر به زیان‌های مالی می‌شود. ونتسانس و دیگران^{۳۴} (۲۰۰۲) از اختیار واقعی برای ارزیابی پروژه مربوط به تولید برق استفاده کردند، این محققان در ابتدا عدم قطعیتی که در رابطه با منابع تولید انرژی وجود دارد را در نظر گرفتند، سپس اختیاری متناسب با پروژه را انتخاب نموده و این پژوهشگران از مدل بلک شولز برای ارزیابی پروژه استفاده نمودند و در نهایت نتایج حاصل از مدل خود را با تکنیک متعارف تنزیل جریان نقدی مقایسه کردند. یافته اصلی آن‌ها این بود که در پروژه مورد بررسی‌شان ارزش اختیار مثبت بود، در حالی که ارزش فعلی خالص پروژه منفی بود. مادلندر و دیگران^{۳۵} (۲۰۰۵) یک مدل پویا را برای ارزیابی اختیارات

مربوط به سرمایه‌گذاری‌های برگشت‌ناپذیر در تکنولوژی‌های مربوط به تولید برق به‌کار بردند، آن‌ها محاسبات مربوط به عدم قطعیت، چرخه عمر سرمایه‌های هزینه‌های عملی مورد استفاده قرار دادند. لو و دانگ و وانگ^{۳۶} (۲۰۰۶) روش اختیار واقعی را برای چارچوب کاری مربوط به برنامه‌ریزی در زمینه گسترش و انتقال در بازار تولید برق که بازاری پویا و نامطمئن است، پیشنهاد داده و سپس روش قیمت‌گذاری اختیار واقعی را با روش متعارف مورد مقایسه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که استفاده از روش اختیار واقعی بهتر می‌باشد. کجارلند^{۳۷} (۲۰۰۷) در تحقیقی از تئوری اختیار واقعی برای ارزیابی، فرصت‌های سرمایه‌گذاری مربوط به تولید برق استفاده نمود که مطالعه‌ی موردی این تحقیق مربوط به نیروژ بود و به این نتیجه رسید که بین سطح قیمت برق و زمان‌بندی بهینه‌ی سرمایه‌گذاری در بخش برق رابطه وجود دارد، این محقق از چارچوب کاری توسعه یافته - توسط دیکست و پیندیک استفاده نمود. در سال ۲۰۰۹ مونوز و دیگران^{۳۸} مدلی را برای ارزیابی سرمایه‌گذاری در بخش تولید برق با استفاده از انرژی بادی توسعه دادند، این محققان از یک مدل تصادفی برای پارامترهای متاثر از روش تنزیل جریان نقدی و تکنیک اختیار واقعی برای ارزیابی احتمالات مربوط به سرمایه‌گذاری، انتظار یا واگذاری پروژه استفاده نمودند، آن‌ها از مدلشان برای چند مطالعه دیگر استفاده نمودند. مارتینز و موتال (۲۰۱۱) نشان دادند که در پروژه‌هایی که با روش اختیارات واقعی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، سودهای مورد انتظار حاصل از آن پروژه‌ها نسبت به زمانی که این پروژه‌ها با روش‌های دیگر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، بیشتر است. این محققین هم‌چنین یک روش اختیار واقعی پیشرفته را برای پروژه‌های مربوط به تولید انرژی تجدید شذنی توسعه دادند و روش خود را در یک مطالعه‌ی موردی مربوط به صنعت برق نشان دادند.

ادبیات مربوط به اختیار واقعی در زمینه پروژه‌های مربوط به تولید برق محدود است و این تئوری نیازمند گسترش می‌باشد تا مزایای مربوط به استفاده از روش اختیار در زمینه پروژه‌های مربوط به تولید برق نشان داده شود. پروژه‌های سرمایه‌گذاری مربوط به احداث نیروگاه نیازمند مخارج سرمایه‌گذاری بالاست و عمدتاً بازگشت-ناپذیر و دارای عدم اطمینان بالایی هستند. همه‌ی این ویژگی‌ها باعث می‌شود که تئوری اختیار واقعی رویکرد مناسبی در ارزیابی این پروژه‌ها به حساب آید.

۳- روش‌شناسی پژوهش

این مقاله پس از تبیین محدودیت‌های روش‌های متعارف ارزیابی به معرفی تئوری اختیار واقعی پرداخته، سپس به تحقیقات انجام گرفته، اشاره شده است. در ادامه یک پروژه سرمایه‌گذاری بوسیله روش‌های متعارف و روش اختیار واقعی مورد ارزیابی قرار گرفته و سپس مدل‌های مختلف قیمت‌گذاری اختیار با هم مقایسه شده است، در نهایت روش متعارف ارزش فعلی خالص با روش اختیار واقعی مورد مقایسه قرار گرفته است. لذا پژوهشی که مقاله از آن استخراج گردیده است از لحاظ هدف پژوهش توصیفی، از لحاظ فرآیند اجرای پژوهش کیفی و از لحاظ نتایج پژوهش، کاربردی می‌باشد.

۴- یافته‌های پژوهش

۴-۱- ارزیابی پروژه مربوط به احداث نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی براساس روش‌های متعارف و مدل‌های قیمت‌گذاری اختیار واقعی

در این قسمت برای ساخت یک نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی سیکل ترکیبی از اختیار واگذاری یا رهاسازی استفاده شده است، که در آن سرمایه‌گذار می‌تواند تا قبل از سررسید معین، نسبت به واگذاری پروژه به دیگری با قیمت معین که به آن، قیمت توافقی یا واگذاری گفته می‌شود، اقدام نماید. دوره ساخت نیروگاه سه سال، دوره بهره‌برداری ۲۵ سال و سرمایه ثابت ۴۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال می‌باشد.

۴-۲- تصمیم‌گیری براساس روش‌های متعارف ارزیابی

تجزیه و تحلیل اقتصادی یک طرح با اهمیت ترین نوع تصمیم‌گیری به منظور سرمایه‌گذاری می‌باشد. در این قسمت با ارائه شاخص‌های متعارف اقتصادی، سعی بر آن شده که وضعیت اقتصادی این طرح با استفاده از این شاخص‌ها مشخص گردد.

ارزش فعلی خالص: روش ارزش فعلی خالص بر این تفکر استوار است که طرح سرمایه‌گذاری زمانی ارزش اجرا دارد که برای مالکان خود ایجاد ارزش کند یعنی ارزش حاصل از آن بیش از هزینه سرمایه‌گذاری باشد. این روش یکی از مهمترین تکنیک‌های اقتصاد مهندسی می‌باشد، در این روش ارزش آینده کلیه پرداخت‌ها و دریافت‌ها با یک نرخ تنزیل ارزش پول به ارزش فعلی تبدیل می‌گردد، به عبارت دیگر ارزش فعلی خالص، با محاسبه ارزش فعلی جریان‌های نقدی خالص (جریان‌های نقدی ورودی منهای جریان‌های نقدی خروجی) به دست می‌آید. چنانچه ارزش فعلی خالص بزرگتر از صفر باشد پروژه اقتصادی بوده و اگر ارزش فعلی خالص کوچک از صفر باشد، پروژه غیر اقتصادی خواهد بود. برای محاسبه ارزش فعلی نیز از فرمول زیر استفاده می‌شود (جهانخانی و پارسائیان، ۱۳۹۰).

$$PV = \frac{FV}{(1+r)^n}$$

در این طرح ارزش فعلی جریان‌های نقدی ورودی ۴۵۲۳۲۶۰۸۵۲۸۲۴ می‌باشد، و ارزش فعلی جریان‌های نقدی خروجی ۴۴۵۰۰۶۲۰۵۹۰۸ می‌باشد و ارزش فعلی خالص طرح برابر ۷۳۲۰۰۶۴۶۹۱۶، است که مثبت بودن ارزش فعلی خالص این طرح، اقتصادی بودن طرح را نشان می‌دهد.

نرخ بازگشت داخلی: یکی از تکنیک‌های متعارف به منظور ارزیابی اقتصادی بودن یک پروژه، نرخ بازگشت داخلی می‌باشد. در این روش نرخ داخلی که ارزش فعلی خالص دریافت‌ها معادل ارزش فعلی خالص پرداخت‌ها باشد، نرخ بازگشت داخلی محسوب می‌گردد، نرخ بازگشت داخلی طرح مذکور ۲۰/۳۰ می‌باشد.

دوره بازگشت سرمایه: دوره برگشت سرمایه مدت زمانی است که طول می‌کشد تا سرمایه‌گذاری اولیه بازیافت شود به عبارت دیگر دوره برگشت سرمایه مدت زمان لازم جهت جبران هزینه‌های اولیه پروژه است،

درواقع مدت زمانی که طول می‌کشد تا هزینه‌های اولیه پوشش داده شود یا به عبارت دیگر جبران گردد. دوره بازگشت سرمایه بیشتر در طرح‌هایی مطرح است که نقدینگی در آنها مهم است در واقع طرح‌هایی را می‌پذیریم که وجه نقد را برای مصارف دیگر زودتر بازگردانند (جهانخانی و پارسائیان، ۱۳۹۰). در این طرح، خالص سرمایه‌گذاری اولیه ۴۱۰۱۶۸۱۹۲۰۰۰ ریال است که هزینه‌ها بین سال سوم و چهارم پوشش داده می‌شود، که در سال سوم ۳۲۲۸۷۶۱۶۹۶۳۰۰ ریال از سرمایه‌گذاری اولیه برگردانده می‌شود و ۸۷۲۹۲۰۲۲۳۷۰۰ ریال باقی می‌ماند، بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{دوره بازگشت سرمایه} = ۳ + \frac{۸۷۲۹۲۰۲۲۳۷۰۰}{۱۰۶۷۱۲۱۲۸۱۰۰} = ۳/۸۲$$

روش شاخص سودآوری (PI)

در این روش ارزش فعلی جریان‌ات ورودی را بر ارزش فعلی هزینه‌ها تقسیم می‌کنند (تهرانی، ۱۳۸۹). بنابراین در این طرح با توجه به این که ارزش فعلی جریان‌ات ورودی ۴۵۲۳۲۶۰۸۵۲۸۲۴ و ارزش فعلی هزینه‌ها ۴۴۵۰۰۶۰۲۰۵۹۰۸/۳۷ می‌باشد، پس شاخص سودآوری، برابر با ۱/۰۱۶ می‌باشد و چون بزرگتر از یک است، پس طرح توجیه اقتصادی دارد. با توجه به نتایج بدست آمده از روش‌های متعارف، طرح دارای توجیه اقتصادی است و برای سرمایه‌گذاری مناسب می‌باشد. در ادامه تصمیم‌گیری براساس اختیار واقعی تشریح می‌گردد.

۳-۴- تصمیم‌گیری براساس مدل‌های قیمت‌گذاری اختیار واقعی

۳-۳-۱- مدل دو جمله‌ای شش مرحله‌ای کاکس راس برای قیمت‌گذاری اختیار واگذاری

ورودی‌های لازم برای انجام محاسبات، ارزش دارایی پایه (S)، ۴۵۲۳۲۶۰۸۵۲۸۲۴ و قیمت اعمال (K)، ۴۴۵۰۰۶۰۲۰۵۹۰۸ و زمان تا سررسید (T)، ۳ سال و نرخ بهره بدون ریسک ۲۲٪ و نوسان (σ)، ۰/۲۳، تعداد گام‌های زمانی (n)، ۶ می‌باشد. همچنین شرکت می‌تواند، امتیاز خود را با دریافت ۴۴۵۰۰۶۰۲۰۵۹۰۸ ریال واگذار نماید. براین اساس در سه مرحله اختیار مزبور مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. مرحله اول: تغییرات ارزش سرمایه‌گذاری برای ۳ سال آتی، همانطور که در نمودار نشان داده شده است، ارزش فعلی جریان‌ات آتی پروژه موردنظر می‌تواند حداکثر ۱۶۰۶۵۴۲۸۰۰ و یا حداقل ۴۷۶۲۴۹۷۳۹۸ ریال گردد.

نشان داده شده است، تنزیل و آن را با مقدار گره متناظر در نمودار ۲ مقایسه و ماکزیمم آن‌ها را در گره متناظر در نمودار ۳ قرار می‌دهیم. پس از تعیین تمام مقادیر برای یک لایه، این روال را برای لایه ماقبل نیز تکرار می‌نماییم.

	A	B	C	D	E	F	G	H
۱								
۲								۱۲,۰۰۱,۶۰۶,۵۴۲,۸۰۰
۳							۱۰,۲۰۰,۱۸۶,۰۴۳,۸۸۸	ادامه فعالیت
۴						۸,۶۶۹,۱۵۵,۶۶۳,۳۶۱	انتظار تا دوره بعد	۸,۶۶۹,۱۵۵,۶۶۳,۳۶۱
۵					۷,۳۶۷,۹۳۰,۳۰۹,۵۲۷	انتظار تا دوره بعد	۷,۳۶۷,۹۳۰,۳۰۹,۵۲۷	ادامه فعالیت
۶				۶,۲۶۴,۷۵۸,۶۳۳,۹۰۷	انتظار تا دوره بعد	۶,۲۶۲,۰۱۶,۶۴۳,۱۵۲	انتظار تا دوره بعد	۶,۲۶۲,۰۱۶,۶۴۳,۱۵۲
۷			۵,۳۴۲,۶۷۹,۹۴۸,۴۷۰	انتظار تا دوره بعد	۵,۳۳۸,۶۷۴,۳۸۵,۲۵۹	انتظار تا دوره بعد	۵,۳۳۲,۰۹۸,۷۱۵,۸۹۲	ادامه فعالیت
۸	۴,۶۳۸,۴۹۵,۵۶۹,۹۵۵	انتظار تا دوره بعد	۴,۶۳۵,۵۶۹,۸۶۰,۴۸۴	انتظار تا دوره بعد	۴,۶۳۳,۴۶۲,۸۰۰,۸۰۵	انتظار تا دوره بعد	۴,۶۲۳,۲۶۰,۸۵۲,۸۲۴	انتظار تا دوره بعد
۹	انتظار تا دوره بعد	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	انتظار تا دوره بعد	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	انتظار تا دوره بعد	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	انتظار تا دوره بعد	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸
۱۰		واگذاری	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	واگذاری	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	واگذاری	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸
۱۱			واگذاری	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	واگذاری	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	واگذاری
۱۲				واگذاری	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	واگذاری	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸
۱۳					واگذاری	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	واگذاری
۱۴						واگذاری	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸	۴,۴۵۰,۰۶۰,۲۰۵,۹۰۸
۱۵								واگذاری

نمودار ۳ محاسبه ارزش گره‌ها با روش پسرو

همانطور که در نمودار ۳ نمایان است، در گره‌های (۱,۲)، (۲,۳)، (۳,۳)، (۳,۴)، (۴,۴)، (۴,۵)، (۵,۴)، (۵,۵)، (۵,۶) و (۶,۷) سرمایه‌گذار از اختیار واگذاری استفاده می‌نماید. ارزش اختیار واگذاری مبلغ ۱۸۸۴۳۵۳۶۴۰۴۷ ریال می‌باشد و ارزش پروژه همان ارزش فعلی خالص توسعه یافته نیز ۱۸۸۴۳۵۳۶۴۰۴۷ ریال می‌باشد.

۲-۳-۴- مدل سه‌جمله‌ای شش مرحله‌ای برای قیمت‌گذاری اختیار واگذاری

ورودی‌های لازم برای انجام محاسبات همان ورودی‌های مدل دوجمله‌ای است.

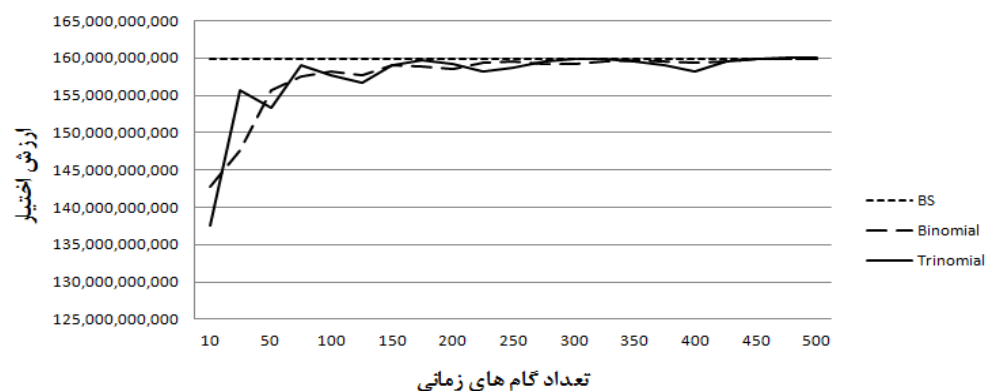
مرحله اول: تغییرات ارزش سرمایه‌گذاری برای ۳ سال آتی

همانطور که در نمودار ۴ نشان داده شده است، ارزش فعلی جریان‌ات آتی پروژه مورد نظر می‌تواند حداکثر ۱۷۹۷۹۵۱۶۹۲۵۴۷۳ ریال و یا حداقل ۱۴۳۲۳۰۷۰۳۴۹۷ ریال گردد.

محاسبه‌ی تنزیل جریان‌های نقدی مربوط به ارزش دارایی پایه یعنی به جای نرخ تنزیل ۲۰ درصد از نرخ تنزیل ۳۰ درصد برای تنزیل جریانات نقدی استفاده کردیم. ارزش اختیار براساس این روش ۴۵۴۳۵۲۴۷۲۶۰ می‌باشد.

۴-۴- مقایسه مدل‌های قیمت‌گذاری دوجمله‌ای کاکس-راس و سه‌جمله‌ای و مدل بلک شولز

در این بخش ما همگرایی قیمت یک اختیار فروش امریکایی یعنی اختیار واگذاری پروژه را که با مدل‌های دوجمله‌ای و سه‌جمله‌ای و مدل بلک شولز قیمت‌گذاری شده را مورد بررسی قرار می‌دهیم. همچنان که در بخش‌های قبل عنوان شد، قیمت دارایی پایه ۴۵۲۳۲۶۰۸۵۲۸۲۴ ریال، قیمت توافقی یا اعمال ۴۴۵۰۰۶۰۲۰۵۹۰۸ ریال، نوسان ۰/۲۳، نرخ بهره بدون ریسک ۰/۲۲ و زمان تا سررسید ۳ سال می‌باشد. تعداد گام‌های زمانی از ۱۰ تا ۵۰۰ می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبات با مدل دوجمله‌ای کاکس-راس و مدل سه‌جمله‌ای و مدل بلک شولز با افزایش تعداد گام‌های زمانی از ۱۰ گام تا ۵۰۰ گام در نمودار ۶ نشان داده شده است. ارزش اختیار در مدل بلک شولز مقدار ثابتی است و همان‌طور که نمودار نشان می‌دهد با افزایش تعداد گام‌های زمانی علاوه بر این که ارزش اختیار در مدل دوجمله‌ای و سه‌جمله‌ای افزایش می‌یابد، مقادیر ارزش اختیار در هر دو مدل به سمت یک مقدار مشخص یعنی ۱۶۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال همگرا شده‌اند و سرعت همگرایی با افزایش تعداد گام‌های زمانی یافته است.

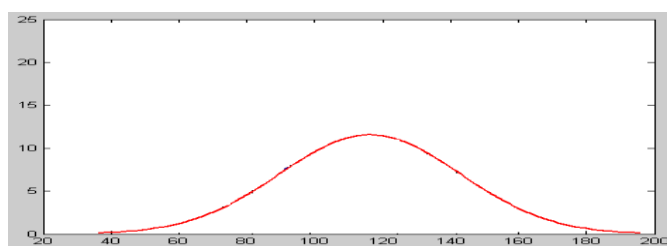


نمودار ۶ همگرایی مدل دوجمله‌ای و سه‌جمله‌ای و مدل بلک شولز

۴-۵- مقایسه روش متعارف ارزش فعلی خالص و روش اختیار واقعی

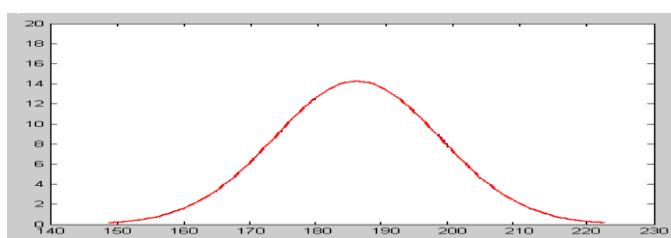
در این قسمت با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو به مقایسه دو روش ارزش فعلی خالص به عنوان معیار متعارف ارزیابی و روش اختیار واقعی به عنوان تکنیک پیشنهادی می‌پردازیم. نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در روش ارزش فعلی خالص پس از انجام شبیه‌سازی میزان میانگین به عنوان معیار بازدهی ۱۱۶ و میزان انحراف معیار ۲۷ می‌باشد در حالی که در روش اختیار واقعی پس از انجام شبیه‌سازی میزان

میانگین ۱۸۵ و انحراف معیار به عنوان معیار ریسک ۱۲/۳۳ می‌باشد. پس نتایج نشان می‌دهد که در روش اختیار واقعی نسبت به روش ارزش فعلی خالص، ریسک کاهش یافته و بازدهی افزایش می‌یابد. از آن جایی که ریسک را به عنوان عامل عدم قطعیت در درآمدها و سطح ارزش فعلی خالص تعریف می‌نماییم، بر این اساس همه ریسک‌های مربوط به کاهش ارزش پروژه در اختیارات واقعی کاهش می‌یابد، زیرا در این روش زمانی که ارزش پروژه کاهش می‌یابد، شما پروژه را اجرا نمی‌کنید یا آن را واگذار می‌کنید و یا این که به تعویق می‌اندازید. به عبارت دیگر در روش اختیار واقعی به علت داشتن حق اختیار و اعمال به موقع آن و ارزیابی پروژه براساس ارزش ذاتی آن و همچنین فرصت انجام تصحیحات لازم، زمانی که اطلاعات جدید در دسترس قرار گرفت، بازدهی افزایش می‌یابد. این بازدهی اضافی در تکنیک اختیار واقعی در واقع همان ارزش اختیار و در نظر گرفتن انعطاف پذیری در تصمیم‌گیری است. در واقع در روش اختیار واقعی ارزش پروژه به این علت که سرمایه‌گذار حق به تعویق انداختن پروژه یا انتظار برای زمانی در آینده را داراست، نسبت به روش ارزش فعلی خالص بیشتر است. زیرا زمانی که عدم قطعیت برطرف گردید، و اطلاعات جدیدی آشکار گردید سرمایه‌گذار می‌تواند تصمیم مناسب را اتخاذ نماید. نتایج در نمودارهای ۷، ۸ و ۹ خلاصه شده است.



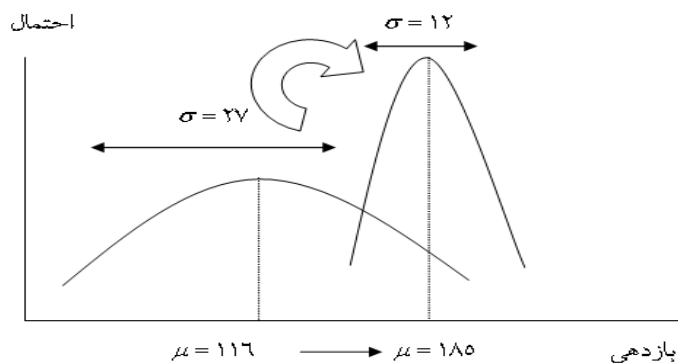
ارزش فعلی خالص

نمودار ۷ نمودار مربوط به شبیه سازی روش ارزش فعلی خالص



ارزش پروژه

نمودار ۸ نمودار مربوط به شبیه سازی روش اختیار واقعی



نمودار ۹ مقایسه نتایج شبیه‌سازی روش ارزش فعلی خالص و روش اختیار واقعی

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا پروژه مربوط به احداث نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی براساس روش‌های متعارف و مدل‌های قیمت‌گذاری اختیار واقعی مورد ارزیابی قرار گرفت، نتایج حاصل از ارزیابی براساس دو معیار نشان می‌دهد که ارزش فعلی خالص بدست آمده از رویکرد اختیار واقعی نسبت به روش‌های متعارف بیشتر می‌باشد، این یافته با نتایج پژوهش‌های رات ول^{۴۰} (۲۰۰۶) و کامباروگلو و دیگران^{۴۱} (۲۰۰۸) و لی و شین^{۴۲} (۲۰۱۰) مطابقت دارد. چون پروژه دارای اختیاری برای انتظار یا به تعویق انداختن تا زمانی در آینده می‌باشد، بنابراین ارزش فعلی خالص بدست آمده از روش‌های متعارف با استفاده از رویکرد اختیار واقعی به اندازه‌ی ارزش اختیار تعدیل می‌گردد، به عبارت دیگر در روش اختیار واقعی به علت داشتن حق اختیار و اعمال به موقع آن و ارزیابی پروژه براساس ارزش ذاتی آن و همچنین فرصت انجام تصحیحات لازم، زمانی که اطلاعات جدید در دسترس قرار گرفت، مقدار بدست آمده افزایش می‌یابد و این مقدار اضافی در تکنیک اختیار واقعی در واقع همان ارزش اختیار و در نظر گرفتن انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری است.

نتایج حاصل از مقایسه مدل‌های قیمت‌گذاری دوجمله‌ای کاکس-راس و سه‌جمله‌ای و مدل بلک شولز نشان می‌دهد که تفاوت معناداری بین روش‌های مختلف قیمت‌گذاری اختیار واقعی وجود ندارد، زیرا با افزایش تعداد گام‌های زمانی، علاوه بر اینکه ارزش ارائه شده برای اختیار در این روش‌ها افزایش می‌یابد، همه روش‌ها به سمت یک عدد مشخص همگرا می‌شوند، این یافته با نتایج پژوهش شان چانگ لی^{۴۳} (۲۰۱۱) مطابقت دارد.

نتیجه‌ای که از مقایسه دو رویکرد ارزش فعلی خالص به عنوان معیار متعارف و روش اختیار واقعی، پس از انجام شبیه‌سازی مونت کارلو بدست آمد، نشان می‌دهد که در روش اختیار واقعی، ریسک به طور معناداری کاهش می‌یابد و بازدهی افزایش می‌یابد، این یافته با نتایج پژوهش‌هایی مانند اسمیت و دیگران^{۴۴} (۲۰۰۹) و مارتینز و میوتال (۲۰۱۱) مطابقت دارد. براین اساس رویکرد اختیار واقعی مزیت‌های عمده‌ای نسبت به روش-

های متعارف ارزیابی سرمایه‌گذاری دارد که از آن جمله می‌توان به مواردی همچون پویایی، سیستمی بودن، انعطاف‌پذیری و قابلیت استفاده در محیط‌های نامطمئن اشاره نمود.

در پایان با توجه به تحلیل‌های ارائه شده و مزیت‌های متعدد اختیار واقعی پیشنهاد می‌گردد که از آن در بررسی پروژه‌های سرمایه‌گذاری که در شرایط نااطمینانی بسیار بالایی انجام می‌گیرند، استفاده شود. این امر می‌تواند به بررسی دقیق‌تر پروژه‌های سرمایه‌گذاری و ارزش‌گذاری آن‌ها کمک نماید، زیرا روش‌های متعارف دارای محدودیت‌هایی می‌باشند که از جمله این محدودیت‌ها در نظر نگرفتن انعطاف‌پذیری و قطعی در نظر گرفتن جریان نقدی و عدم توجه به ریسک می‌باشد، درحالی‌که مدل قیمت‌گذاری اختیار واقعی بر محدودیت‌های روش‌های متعارف غلبه پیدا کرده و ریسک به عنوان یک عامل مهم در مدل قیمت‌گذاری اختیار واقعی وارد می‌شود و به انعطاف‌پذیری توجه می‌شود. شایان ذکر است که زمانی اهمیت این روش تحلیلی نمایان می‌شود که امکان اختیارات مختلف در انجام طرح در نظر گرفته شود. البته پروژه‌های سرمایه‌گذاری تنها محل استفاده از روش تحلیل اختیار واقعی نیست، بلکه بسیاری از تصمیمات استراتژیک سازمان را نیز می‌توان با این روش مورد تجزیه و تحلیل قرار داد، به طور کلی نتایج نشان می‌دهد از رویکرد اختیار واقعی به عنوان یک رویکرد مکمل در کنار روش‌های متعارف ارزیابی سرمایه‌گذاری می‌توان استفاده نمود.

برای تحلیل اختیار واقعی معمولاً از روش درخت دوجمله‌ای کاکس-راس و روش سه‌جمله‌ای استفاده می‌شود که با افزایش تعداد گام‌های زمانی علاوه بر این که ارزش ارائه شده برای اختیار در این روش‌ها افزایش می‌یابد، سرعت همگرایی نیز به سمت یک عدد مشخص افزایش می‌یابد، ولی ما در این تحقیق تعدیلاتی را نیز برای روش بلک شولز عنوان نمودیم که با انجام این تعدیلات می‌توان از این روش نیز برای قیمت‌گذاری اختیارات واقعی استفاده نمود.

فهرست منابع

- * تهرانی، رضا. (۱۳۸۹). مدیریت مالی، چاپ هفتم، تهران: انتشارات نگاه دانش
- * جهانخانی، علی، پارسائیان، علی. (۱۳۹۰). مدیریت مالی، جلد اول، چاپ هفدهم، تهران: انتشارات سمت
- * Black, F. and M. Scholes. (1973). "The Pricing of Options and Corporate Liabilities." *Journal of Political Economics*, pp.637-659.
- * Brennan, M. and E. Schwartz (1985). "Evaluating Natural Resource Investments," *Journal of Business*, 58, 135-57.
- * Cox, J., Ross, S. and M. Rubinstein. (1979). "Option Pricing: A Simplified Approach." *Journal of Financial Economics*, 7(3), pp.229-63.
- * Davis, GA., and B. Owens. (2003). "Optimizing the Level of Renewable Electric R&D Expenditures Using Real Options Analysis." *Journal of Energy Policy*, pp.589-608.
- * Dixit, AK., and RS. Pindyck. (1994). *Investment under uncertainty*. Princeton University Press.
- * -Dixit, AK., and RS. Pindyck. (1995). "The Options Approach to Capital Investment." *Journal of Harvard Business Review*, Vol. 77, No. 3, pp. 105-115.
- * Douglas Rouah, F., and G. Vainberg. (2007). *Option Pricing Models and Volatility Using Excell_VBA*. Published by John Wiley & sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

- * Hsu, M. (1998). "Spark Spread Options are Hot!" *The Electricity Journal*, pp.28-39.
- * Hull, J. (2006). *Option, Futures and Other Derivatives*. Seventh Edition. New Delhi: PHI Learning Private Limited.
- * Ingersoll, J. and S. Ross. (1992). "Waiting to Invest: Investment and Uncertainty," *Journal of Business*, 65(1), 1, pp. 1-29.
- * Kjaerland, F. (2007). "A Real Option Analysis of Investments in Hydropower the Case of Norway." *Journal of Energy Policy*
- * Kodukula, P., and PMP. CH. Papudesu. (2006). *Project Valuation Using Real Options*, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, J.Ross publisher.
- * Kulatilaka, N. and L. Trigeorgis (1994). "The General Flexibility to Switch: Real Options Revisited," *International Journal of Finance*, 6(2), 778-98.
- * Kumbaroglu, G. Madlender, R. Demirel A, (2008). A real options evaluations model for the diffusion prospects of new renewable power generation technologies, *Energie Econ*; 30(4)
- * Lu, Z., M. Lu, Z. Y. Dong, and K. P. Wong. (2006) "A Real Options Approach for Long Term Transmission Expansions Planning."
- * Lee SC, Shin SH. (2010). Renewable energy policy evaluation using real option model, the case of Tiwan, *Energie Econ*; 32(1):S67-78
- * Madlender, R., G. Kumbaroglu, and VS. Ediger. (2005). "Modeling Technology Adoption as an Irreversible Investment Under Uncertainty: the Case of the Turkish Electricity Supply Industry." *Journal of Energy Economics*, PP.39-63.
- * Martinez, E.A., and J. Mutale. (2011). "Application of an Advanced Real Options Approach for Renewable Energy Generation Projects Planning." *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- * McDonald, R. and D. Siegel .(1984). "Option Pricing When the Underlying Asset Earns a Below-equilibrium Rate of Return: A Note," *Journal of Finance*, 39(1), 261-65.
- * McDonald, R. and D. Siegel. (1986). "The Value of Waiting to Invest," *Quarterly Journal of Economics*, 101(4), 707-27.
- * Mun, j. (2002). *Real Option Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investment and Decision*. John Wiley and sons.
- * Munoz, JI., J. Contreras, J. Caamano, and PF. Correia. (2009). "Risk Assessment of Wind Power Generation Project Investments Based on Real Options." In: IEEE Bucharest power tech.conference.
- * Myers, S. C. (1977). "Determinants of Corporate Borrowing." *Journal of Financial Economics*, Vol. 5. No. 2., pp. 147-175.
- * Rothwell, G. (2006). A real options approach to evaluating new unclear power plants *Energie*; 27(1); 37-53
- * Schmit M, Jianchuan Luo, Loren W. (2009). Ethanol plant investment using net present value and real options analysis, *Journal of Department Applied Economics and Management*
- * Schulmerich, M. (2010). *Real Option Valuation: The Importance of Interest Rate Modelling in Theory and Practice*, Second Edition, Springer
- * Shun-Chung Lee. (2010). Using real option analysis for highly uncertain technology investments: The case of wind energy technology, *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- * Venetsanos, K., P. Angelopoulou, and T. Tsoutsos. (2002). "Renewable Energy Sources Project Appraisal Under Uncertainty, the Case of Wind Energy Exploitation Within a Changing Energy Market Environment." *Journal of Energy Policy*, pp.293-307.