

Application of Rainbow real Options in Project Valuation

Asgar Noorbakhsh

Assistant Professor, Department of Financial Management, Faculty of Management and Accounting, Farabi Colleges, University of Tehran, Qom, Iran. (Corresponding Author)
anoorbakhsh@ut.ac.ir

Mahboube Asadi Mafi

PhD Student, Faculty of Economics, Management and Administrative Sciences, Semnan University, Semnan, Iran
mahboube.asadi.m@ut.ac.ir

Ramin Soltani

PhD Student, Department of Financial Management, Faculty of Management and Accounting, Farabi Colleges, University of Tehran, Qom, Iran
mohammad.bani1376@ut.ac.ir

In order to evaluate projects and investment plans, various criteria are used. In the meantime, the use of real options, especially rainbow real option, for valuating investments and projects owned by companies is one of the methods that, considering uncertainties, can play a dynamic role in decision-making in the field of capital budgeting and lead to optimal decisions in dealing with uncertainties. In this research, by using financial transaction option valuation modeling and its generalization in the field of real options, the valuation of the investment process has been examined based on net present value and Monte Carlo simulation. The results of this research show that the fluctuations in the present value of the project's cash flow are among the determining factors in the value of the project. In order to apply the probability of fluctuations of these factors, unlike the valuation of ordinary real options, this study has tried to apply real option valuation to two-color rainbow options (which is an appropriate method in dealing with a variety of uncertainties). Effectively, it was found that the value of options is affected by fluctuations in the present value of cash flows, which, by changing uncertainty factors, provides significant insights into the optimal timing of investment and clarifies the dominant factor for a type of option. The result of the study shows that investors should prioritize cash outflows when investing in sustainable development projects.

JEL Classification: O21, H43, G31.

Keywords: Real options, Valuation, Rainbow option, Optimal stop point, Monte Carlo simulation.

کاربرد اختیارات واقعی رنگین کمان در ارزش گذاری پروژه‌ها

عسگر نوربخش

استادیار، گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکده فازی دانشگاه تهران، قم، ایران (نویسنده مسئول)

anoorbakhsh@ut.ac.ir

محبوبه اسدی مافی

دانشجوی دکتری، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

mahboube.asadi.m@ut.ac.ir

رامین سلطانی

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکده فازی دانشگاه تهران، قم، ایران

mohammad.bani1376@ut.ac.ir

به منظور ارزیابی پروژه‌ها و طرح‌های سرمایه‌گذاری از معیارهای مختلفی استفاده می‌شود. در این میان، استفاده از اختیارات واقعی و به ویژه اختیارات واقعی رنگین کمان برای ارزش گذاری سرمایه‌گذاری‌ها و پروژه‌های تحت مالکیت شرکت‌ها یکی از روش‌هایی است که با لحاظ عدم قطعیت و نااطمینانی‌ها، می‌تواند نقش پویایی در تصمیم‌گیری حوزه بودجه‌بندی سرمایه‌ای ایفا کرده و به تصمیمات بهینه در مواجهه با نااطمینانی‌ها منجر شود. در این تحقیق، با استفاده از مدل‌سازی ارزش گذاری اختیار معاملات مالی و تعمیم آن در حوزه اختیارات واقعی، براساس خالص ارزش فعلی و شبیه‌سازی مونت کارلو به بررسی ارزش گذاری فرآیند سرمایه‌گذاری پرداخته شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد نوسانات ارزش فعلی جریان نقدی پروژه از عوامل تعیین‌کننده در ارزش پروژه هستند. برای اعمال احتمال نوسانات این عوامل، برخلاف ارزش گذاری اختیارات واقعی معمولی، سعی شده ارزش گذاری اختیارات واقعی برای اختیارات رنگین کمان دو رنگ (که روش مناسبی در مواجهه با طیف گوناگونی از عدم اطمینانی‌ها است) اعمال شود. به طور مؤثر، این نتیجه یافت شد که ارزش اختیارات تحت تأثیر نوسانات ارزش فعلی جریان‌های نقدی است که با تغییر عوامل عدم قطعیت، بینش‌های قابل توجهی را برای زمان‌بندی بهینه سرمایه‌گذاری ارائه می‌دهد و عامل غالب برای یک نوع اختیار را روشن می‌کند. نتیجه بررسی نشان می‌دهد سرمایه‌گذاران هنگام سرمایه‌گذاری در پروژه‌های توسعه پایدار، باید جریان نقدی خروجی را اولویت‌بندی کنند.

طبقه‌بندی JEL: O21, H43, G31.

واژگان کلیدی: اختیارات واقعی، ارزش گذاری، اختیار رنگین کمان، نقاط توقف بهینه، شبیه‌سازی مونت کارلو.

۱. مقدمه

در جهت یک سرمایه‌گذاری بهینه همواره برنامه‌ریزی مالی بخش مهمی از روند شروع تصمیم‌گیری در پروژه‌های مختلف مالی و صنایع را به خود اختصاص می‌دهد. در نظر گرفتن شرایط و تلاش در جهت بهینه کردن تخصیص منابع برای تحقق اهداف پیش‌بینی شده موجب می‌شود تا عوامل مختلفی در دوره‌های زمانی بر سرمایه‌گذاری‌های بخش تولید نقش داشته باشند.

امروزه شاخص‌های مختلفی از قبیل «تامین منابع اولیه»، «تغییر قدرت‌های اقتصادی»، «کاهش آلودگی تولیدات صنعتی»، «تغییر نرخ خوراک و مواد اولیه در صنایع مختلف»، «مسائل مرتبط با انرژی و ذخایر جهانی» آینده صنعت جهان و در نتیجه سرمایه‌گذاری در صنایع را شکل می‌دهند. بنابراین این موضوع اهمیت انعطاف‌پذیری تصمیمات شرکت‌ها را در بخش سرمایه‌گذاری و در نتیجه استراتژی‌های تأمین مالی بیش از پیش نشان می‌دهد. تصمیم‌گیرندگان اصلی شرکت‌ها برای فراهم آوردن امکان دستیابی به بهترین فرصت‌های رشد و توسعه در صنعت، کسب سود و نزدیکترین تضمین در جهت بازگشت سرمایه مطلوب، می‌بایست قبل از اقدام به اجرای طرح‌های تولیدی و تخصیص منابع مالی خود، به ارزیابی دقیقی از طول مدت سرمایه‌گذاری، ریسک‌های موجود در این دوره و نقاط توقف بهینه جهت جلوگیری از روند خروج سرمایه نهایی اقدام نمایند. بنابراین برای ارزیابی شرایط و موقعیت‌های سرمایه‌گذاری نمی‌توانند از روش‌های کلاسیک

ارزش گذاری همچون ارزش فعلی خالص^۱ و نرخ بازده داخلی^۲ به تنهایی استفاده نمایند. به دلیل اینکه این روش ها ارزش پروژه را در ابتدای فرآیند، ارزیابی می کنند و برای تغییرات، نوسانات و ریسک های موجود در مسیر، انعطافی را در نظر نمی گیرند و برای آنها محاسبه ای را انجام نمی دهند و این را می توان نقطه ضعف این روش ها دانست، زیرا تغییرات عمده ای که هر روزه در جهان در حال شکل گیری است، می تواند مبنای محاسبه ارزشمند بودن یک فرصت سرمایه گذاری در آینده و استراتژی های نهفته آن باشد.

بنابراین می توان مرحله بندی کردن سرمایه گذاری را یکی از دلایل اصلی پیشگیری از ریسک های این حوزه عنوان نمود، که ما از آن به عنوان بودجه بندی سرمایه ای تحت شرایط عدم اطمینان یاد می کنیم. تکنیک ارزش فعلی خالص که تا به حال فرض می شد باعث به حداکثر رساندن ثروت سهامداران می شود برای استفاده در تصمیمات سرمایه گذاری چند دوره ای در شرایط عدم قطعیت فاقد اعتبار می باشد، از این رو برای ارزش گذاری این دست از پروژه ها به ارزیابی از طریق اختیارات واقعی روی می آوریم.

در این تحقیق یک مدل اختیار را برای یک دارایی با فرصت های سرمایه گذاری در پروژه و ارزیابی نتایج حاصل از سرمایه گذاری و جریانات نقد ورودی و خروجی ناشی از سرمایه گذاری ایجاد می کنیم که هر دو با فرآیندهای تصادفی همبسته و شبیه سازی مونت کارلو و با در نظر گرفتن هزینه های عملیاتی مدل سازی شده اند. در طول فرایند تحقیق، یک کارخانه ای فعال در صنعت محصولات فولادی را مورد بررسی و آزمون قرار خواهیم داد. اما قبل از این که به مبانی نظری تحقیق بپردازیم لازم است تعریفی از سه

1. Net present value (NPV)

2. Internal Rate of Return (IRR)

اصطلاح تخصصی را مد نظر قرار دهیم. اختیارات واقعی^۱ نوعی از اختیار معاملات می‌باشد که بر روی دارایی‌های ثابت اعمال شده و در مواجهه با شرایط عدم اطمینان انعطاف لازم برای تصمیم‌گیری‌های آتی را به همراه دارد. اختیار معامله آمریکایی^۲ به آن دسته از اختیارات اشاره دارد که در هر تاریخی قبل از زمان سررسید قابل اعمال هستند و در نهایت، اختیار معامله اروپایی^۳ به اختیاراتی اطلاق می‌شود که تا تاریخ سررسید نمی‌توان آن را اعمال کرد. مؤلفه‌ها مربوط به فرآیند تصمیم‌گیری در اختیارات واقعی را می‌توان به شرح عوامل زیر بیان کرد.

۲. مبانی نظری

بروز خطا و اشتباه در تصمیمات سرمایه‌گذاری امروز، می‌تواند منجر به شرایطی در آینده شوند که ناپایدار بوده و نهایتاً منجر به ورشکستگی شرکت‌ها شوند. بنابراین مدیریت خوب مالی همراه با تصمیم‌گیری در سرمایه‌گذاری بهینه برای بقا و موفقیت بلندمدت شرکت‌ها حیاتی است، به طور سنتی روش‌های خالص ارزش فعلی و جریانات نقد تنزیل شده برای ارزیابی سرمایه‌گذاری‌ها در پروژه استفاده می‌شوند (گراهام و هاروی، ۲۰۰۲). در طول ۲۵ سال گذشته، محققان علم مدیریت منطق اختیارات واقعی را برای تصمیمات بیشماری از جمله سرمایه‌گذاری در فناوری جدید، بازارهای بین‌المللی جدید و سرمایه‌گذاری در حوزه کارآفرینی به کار برده‌اند. اصطلاح «اختیار واقعی» توسط استوارت مایرز^۴ ابداع شد، طبق نظر مایرز شرکت‌ها را می‌توان ترکیبی از دو نوع دارایی دانست، دارایی‌های واقعی و

-
1. Real options
 2. American Options
 3. European option
 4. Stewart Myers

اختیارات واقعی، که مایرز^۱ (۱۹۷۷) آن‌ها را به عنوان «فرصت‌هایی» برای خرید دارایی‌های واقعی با شرایط احتمالی مطلوب قلمداد می‌کند. برخلاف اختیارات مالی که سرمایه‌گذاری در ابزارهای مالی را شامل می‌شود، اختیارات واقعی به سرمایه‌گذاری در اموال غیرمنقول اشاره دارد. اختیارات مالی (حق خرید یا فروش برخی از اوراق بهادار مالی در آینده) با سرمایه‌گذاری کوچک در زمانی که عدم اطمینان زیاد است حاصل می‌شود. این سرمایه‌گذاری کوچک، تعهدات منابع فعلی را کاهش می‌دهد، اما به سرمایه‌گذار این امکان را می‌دهد که در آینده، اوراق بهادار را با قیمتی خاص خریداری کرده و یا اقدام به فروش نماید. منطق اختیار واقعی به روشی مشابه کار می‌کند (مون، ۲۰۰۲)، (جان و دس، ۲۰۰۴). اساساً، منطق اختیار واقعی نشان می‌دهد که هنگام تصمیم‌گیری در شرایط نامطمئن، شرکت‌ها می‌توانند سرمایه‌گذاری را به تعویق بیندازند یا سرمایه‌گذاری اندکی انجام دهند. به این ترتیب، آن‌ها می‌توانند اختیاری برای بهره‌مندی از فرصت‌های بالقوه آینده و در عین حال کاهش تعهدات مالی جاری، در نتیجه کاهش ریسک کاهنده به دست آورند.

بررسی تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که حوزه اختیارات واقعی شامل استفاده از یک روش نظام‌مند مهم است زیرا به این ترتیب می‌توان یک روش مبتنی بر شواهد برای شناسایی و سنتز ادبیات ارائه کرد. روش‌های سیستماتیک، مبنایی برای ارزیابی کیفیت و ارتباط یافته‌های تحقیق ارائه می‌دهند. این موضوع به ما این امکان را می‌دهد که تمام زمینه‌های تحقیقاتی که در حوزه اختیار واقعی تجربی مورد بررسی قرار گرفته‌اند را در نظر بگیریم تا بتوانیم موضوعاتی که هنوز مورد بررسی‌های تجربی قرار نگرفته‌اند را بهتر شناسایی کنیم.

۲-۱. عدم قطعیت

پیشینه تحقیقات اختیارات واقعی نشان می‌دهد که عدم قطعیت^۱ مهم‌ترین دلیل برای استفاده از تصمیمات اختیارات واقعی است. ابهام می‌تواند درونی یا بیرونی باشد (دیکسیت، پیندیک، ۱۹۹۴). عدم قطعیت‌های درون‌زا، از فقدان دانش ناشی می‌شود و می‌توان با طرح‌ریزی مناسب سرمایه‌گذاری شرکت با آن‌ها مقابله کرد. عدم قطعیت‌های برون‌زا در محیط خارجی قرار دارند و عمدتاً تحت تأثیر اقدامات شرکت قرار نمی‌گیرند، اما با گذشت زمان واضح‌تر می‌شوند. اکثر تحقیقات تجربی مربوط به اختیارات واقعی نشان می‌دهد که از اختیار واقعی برای تصمیم‌گیری‌هایی که شامل عدم قطعیت‌های برون‌زا و تا حدی کمتر، عدم قطعیت‌های درون‌زا هستند استفاده می‌شود. یکی از دلایل این امر ممکن است این باشد که تئوری‌های دیگر، مانند هزینه معاملات (ویلیامسون، ۱۹۸۵)، مدیران را در مواجهه با عدم قطعیت‌های درون‌زا راهنمایی می‌کنند. از آنجایی که شرکت‌ها اغلب با عدم قطعیت‌های برون‌زا و درون‌زا در هنگام تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری مواجه می‌شوند، این دو نوع عدم قطعیت فشارهای متضادی را بر شرکت‌ها برمی‌انگیزد. طبق نظر استینسما و کورلی^۲ (۲۰۰۱)، در تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر فناوری یا تحقیق و توسعه، عدم قطعیت‌های فنی برون‌زا، از دغدغه‌های اصلی است؛ در حالی که برای تصمیم‌گیری‌های متمرکز بر گسترش بازار، عدم قطعیت تقاضای برون‌زا بسیار مهم است.

1. Uncertainty

2. Steensma & Corley

۲-۲. رقابت

دومین عامل تاثیر گذار در حوزه مباحث اختیارات واقعی، رقابت است. منطق اختیار واقعی نشان می دهد که شرکت هایی که با رقابت روبرو هستند باید سرمایه گذاری های کوچکی انجام دهند تا جایگاه خود را به دست آورند و از رقبایی که ممکن است سرمایه گذاری کنند عقب نمانند (مون، ۲۰۰۲). این سرمایه گذاری های کوچک می توانند سیگنالی به رقا ارائه دهند یا به شرکت اجازه دهند تا به منابع یا دانش بازار یا دانش فنی دسترسی اختصاصی داشته باشد (تریگنورگیس، ۱۹۹۶).

اکثر مطالعاتی که به حوزه اختیارات واقعی علاقمند هستند تعداد رقبای یک شرکت یا تمرکز صنعت رقا را بدون در نظر گرفتن تهدید بالقوه این رقا مورد بررسی قرار می دهند. با این حال، صرف این دلیل که یک شرکت رقبای بیشتری (کمتری) دارد، به این معنی نیست که این رقا نخواهد توانست به فعالیت ادامه دهد و یا مشکلی در فرایند فعالیت های عملیاتی خود نخواهد داشت. اگر این رقا سرمایه گذاری های مشابه یا مرتبطی انجام دهند (یا انجام داده باشند) می توانند بر تصمیمات واقعی تأثیر گذارند.

۲-۳. فرصت های رشد

یکی از عوامل مهمی که سرمایه گذاری در آینده را نامطمئن می سازد، پتانسیل ایجاد جریان های درآمدی جدید از طریق ایجاد محصولات یا فناوری های جدید است که باعث تغییر تقاضای مصرف کننده نسبت به بازارها و فناوری های موجود می شود. از این رو، اتخاذ تصمیمات مربوط به اختیارات واقعی با تکیه بر روندهای گذشته با ایده های نهفته در پس اختیارات واقعی مغایرت دارد (مک گرث، ۱۹۹۹). در حقیقت، با توسعه معیارها و روش ها

برای تخمین دقیق‌تر سطح فرصت‌های رشد، مدیران می‌توانند با استفاده از برنامه‌ریزی مبتنی بر سناریو یا توسعه معیارهای ادراکی، تصمیمات بهینه‌ای را اتخاذ نمایند (اسکوامیکر، ۱۹۹۵).

۲-۴. انعطاف‌پذیری استراتژیک

تغییر مسیر اختیارات، که انعطاف‌پذیری استراتژیک^۱ نیز نامیده می‌شود، چهارمین عامل تعدیل‌کننده‌ای است که در تصمیم‌گیری مبتنی بر اختیارات واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (سانچز، ۱۹۹۳). استفاده از اختیارات واقعی، انعطاف‌پذیری استراتژیک را برای شرکت‌ها فراهم می‌کند، که به معنای «توانایی سریع در تخصیص مجدد منابع در پاسخ به تغییرات» است (باکلی، کاسون، ۱۹۹۸). سرمایه‌گذاری‌های گذشته می‌تواند به انعطاف‌پذیری بیشتر در سرمایه‌گذاری‌های آتی منجر شده و تأثیرات بالقوه ریسک را کاهش دهد (تانگ، رثور، ۲۰۰۷). با بهره‌گیری از انعطاف‌پذیری و سوئیچ بین پروژه‌ها می‌توان از اثرات نامطلوب پروژه‌ها اجتناب کرد. انعطاف‌پذیری استراتژیک نقش مهمی در مفهوم اختیارات واقعی ایفا می‌کند و ابزار تصمیم‌گیری در زمینه‌های کسب‌وکار و سرمایه‌گذاری است. اختیارات واقعی به توانایی اتخاذ تصمیمات استراتژیکی اشاره دارد که انعطاف لازم برای سازگاری با شرایط متغیر بازار، عدم قطعیت‌ها و فرصت‌ها را فراهم می‌کنند.

۲-۵. زمان‌بندی سرمایه‌گذاری

براساس عدم قطعیت‌ها، علاوه بر تأثیر چهار عامل تعدیل‌کننده فوق، شرکت‌ها باید در مورد زمان‌بندی سرمایه‌گذاری و انتخاب اختیارات واقعی، شامل اختیار تعویق یا رشد و رهاسازی، تصمیم بگیرند. از آنجایی که پیش‌آیندها و تعدیل‌کنندگان اصلی تصمیمات

1. Strategic flexibility

اختیار واقعی را نمی توان به طور دقیق اندازه گیری کرد، فضایی برای دستکاری، چه به عمد و چه به دلیل تعصبات مدیریتی وجود دارد (کریچوفسکی و کولین، ۲۰۱۰). سوگیری های مدیریتی ممکن است در تصمیم گیری های اختیارات واقعی نقش داشته باشند.

۲-۶. شرایط اعمال اختیارات واقعی

مؤلفه بعدی فرآیند تصمیم گیری اختیار واقعی مربوط به نحوه اعمال اختیارات واقعی است. تئوری اختیارات واقعی عنوان می کند که تا زمانی که عدم قطعیت های برونزا بالا باشد، شرکت ها از این اختیار استفاده نخواهند کرد، زیرا حفظ اختیار به شرکت اجازه می دهد تا از فرصت های آتی در صورت توسعه آنها استفاده کند و در صورتی که عدم قطعیت نامطلوب برطرف شود، ریسک به حداقل می رسد (واسولو و همکاران، ۲۰۰۴). با کاهش عدم قطعیت های برونزا، شرکت ها می توانند در مورد جهت تصمیم گیری های آتی تصمیم گیری کنند.

۳. پیشینه تحقیق

تحقیقات در حوزه اختیارات واقعی از دهه ۱۹۷۰ و با کارهای مایرون شولز و فیشر بلک آغاز شد و بعدها توسط استوارت مایرز توسعه یافت. این حوزه به بررسی ارزش تصمیمات انعطاف پذیر در شرایط عدم قطعیت، مشابه اختیارات مالی، می پردازد. مطالعات اولیه بر کاربرد اختیارات واقعی در سرمایه گذاری های صنعتی و پروژه های بزرگ متمرکز بود، اما به مرور به حوزه هایی مانند انرژی، فناوری و مدیریت استراتژیک نیز گسترش یافت. امروزه، اختیارات واقعی به عنوان یک چارچوب تحلیلی قدرتمند برای ارزیابی پروژه های پیچیده در محیط های پویا شناخته می شود. تئوری اختیارات واقعی چارچوب اکتشافی

مناسب توانایی حل مسئله را ارائه می‌دهد. برای ایجاد یک رویکرد اختیار واقعی، تئوری اختیارات مالی با ایده‌های اساسی در استراتژی مالی، تئوری سازمانی و سیستم‌های پیچیده با هم ترکیب می‌شوند. در این رویکرد چند عاملی و مفهوم مدنظر قرار می‌گیرند. عوامل کمیاب، دارایی‌های پایه در نظریه اختیارات، برگشت‌ناپذیری و ریسک در شرایط عدم اطمینان هستند. ما از این مفاهیم برای ارزیابی به کارگیری توانایی مدیریت در ایجاد یک مدل جهت ارزیابی شرایط سرمایه‌گذاری استفاده می‌کنیم. این ارزیابی‌ها از قابلیت‌های بازار در استفاده از منابع استراتژیک برای ایجاد یک فرصت تولیدی استفاده می‌نمایند.

در حقیقت مدیران نمی‌توانند بلافاصله مجموعه‌ای از اطلاعات را در جهت توانمند کردن سازمان خود برای استفاده از پتانسیل‌های سرمایه‌گذاری در بازار به کار گیرند، با این وجود شرکت‌هایی که در توانایی‌های مناسب برای استفاده از این فرصت‌ها برنامه‌ریزی کرده‌اند می‌توانند پاسخ بهتری را در این زمینه داشته باشند.

زمانی که یک مدیر استراتژی را تدوین می‌نماید، آنها برای ایجاد مسیری که اکنون هستند تا نتیجه‌ای که در آینده در نظر می‌گیرند برنامه‌ریزی می‌نمایند. علاوه بر این پارمترهایی از جمله چه مدت طول می‌کشد تا سازمان به آن برسد، چند دوره به طول می‌انجامد و چه میزان سرمایه‌گذاری باید انجام شود را در نظر می‌گیرند.

اگر بتوان از اختیارات واقعی به خوبی استفاده کرد، به احتمال زیاد سرمایه‌گذاری‌ها تا حدی می‌توانند یکپارچه شوند. اگر ارزش سرمایه‌گذاری‌ها از هم تفکیک شوند، سرمایه‌گذاران خواهند توانست گزینه‌های سرمایه‌گذاری مطلوب را شناسایی و اعمال کنند و اختیاری را که از مطلوبیت کمتر برخوردار است، به طور معمول با تحمیل هزینه سوئیچینگ، به محصول مطلوب‌تر تغییر خواهند داد. در این موارد، یک مسئله‌ی ارزیابی

دو عاملی را می توان به یک مسئله با یک عامل تصادفی تبدیل کرد. این بازارهای مشترک یکپارچه به ویژه زمانی پیدا می شوند که کالاها کاربردهای مشابهی داشته باشند و می توانند به راحتی جایگزین یکدیگر شوند یا زمانی که هزینه تولید یک کالا به شدت تحت تأثیر کالای دیگر قرار می گیرد. نمونه هایی از این موارد عبارتند از بازارهای خشک (عمده) و مرطوب (نفت) در صنعت حمل و نقل، کاربردهای تجاری و مسکونی اموال غیرمنقول، کارخانه های صنعتی با انعطاف پذیری در مخلوط محصول، پالایش و سایر فرآیندهای تبدیل شیمیایی، مانند تولید پلی اتیلن که توسط پلیمریزاسیون اتیلن تولید می شود. هم اتیلن و هم پلی اتیلن محصولات تجاری هستند، به طوری که تبدیل می تواند به عنوان یک اختیار رنگین کمان واقعی در نظر گرفته شود. ارزیابی این اختیار رنگین کمان براساس اسپرد تبدیل موضوع کاربرد تجربی خواهد بود (سودال و همکاران، ۲۰۰۷).

کولاتیلاکا و تریگنورگیس^۱ (۲۰۰۴) در مورد رویکرد کلی ارزش گذاری اختیارات واقعی از نوع سوئیچینگ، شامل اختیارات جمع پذیری و هزینه های سوئیچینگ نامتقارن بحث کردند. برخی محققین این مدل را در قالب یک اختیار اروپایی در حداکثر یا حداقل دو یا چند دارایی توسعه دادند و عده ای یک راه حل شبه تحلیلی برای یک مسئله دو عاملی، که در آن تابع از درجه ی یک در متغیرهای تصادفی همگن نیست، ارائه دادند. تمام مدل های فوق براساس عدم قطعیت نشان داده شده توسط حرکت براونی هندسی هستند. دیکسیت و پیندیک^۲ (۱۹۹۴) یک راه حل برای مسئله ی سرمایه گذاری در یک دارایی ارائه کردند که از یک فرآیند تصادفی میانگین هندسی تبعیت می کند، یعنی جایی که متغیر،

1. Kulatilaka, & Trigeorgis
2. Dixit, A. K., & Pindyck

یک مانع جاذب در صفر دارد. ارزیابی اختیاری بر دارایی‌های بازگشت میانگین توسط پیتو و همکاران^۱ (۲۰۰۷) برای صنعت قند برزیل با تخمین قیمت شکر و اتانول به عنوان فرآیندهای گسسته بازگشت میانگین دو جمله‌ای و تعیین ارزش سوئیچ بین دو کالای موجود در یک چارچوب دو متغیره انجام شد. ناساکالا و فلتن^۲ (۲۰۰۵) یک نیروگاه برق گازی انعطاف‌پذیر را براساس اسپرد جرقه با تغییرات بازگشت میانگین در کوتاه‌مدت و قیمت تعادلی حرکت هندسی براونی در بلندمدت، اما با نادیده گرفتن هزینه‌های سوئیچینگ ارزش گذاری کردند.

سودال^۳ و همکاران (۲۰۰۸) اختیار سوئیچینگ را برای حامل‌های ترکیبی بین بازارهای عمده کالاهای خشک و مرطوب با مدل‌سازی اسپرد قیمت به عنوان بازگشت میانگین، ارزش‌گذاری کردند. این روش براساس معادله‌ی بلمن^۴ است که برای حل مسئله از حداکثرسازی یک نرخ p برای تقلیل مقادیر اختیار آتی استفاده می‌کند. با این حال، چنین نرخ تقلیلی نمی‌تواند به دلیل ویژگی‌های ریسک اختیارات خاص به طور منطقی تخمین زده شود. کاربرد تجربی سودال تأیید می‌کند که ارزش اختیار به این نرخ تقلیل p بسیار حساس است.

در دنیایی که به طور فزاینده با بحران جهانی و کاهش تدریجی منابع طبیعی روبروست، تصمیم‌گیری اولیه در رابطه با مدیریت منابع در اختیار سرمایه‌گذاری‌های پیرامون و ایجاد بسترهای تولیدی جدید با چالش‌های گوناگون روبرو است. عوامل موثر بر این فرآیند

1. Pinto, Brandão & Hahn

2. Näsäkkälä & Fleten

3. Sodal

4. Bellman

عبارتند از عدم قطعیت برجسته و حکمرانی شرکت ها در مقیاس های متفاوت با دیدگاه های مختلف و یا حتی با منافع متضاد.

ارزیابی پروژه یک کار مهم در برنامه ریزی بلندمدت برای تعیین شیوه های تأمین مالی، تخصیص بهینه منابع در پروژه و تعیین دوام اقتصادی یک پروژه می باشد. آنچه که صورت گرفته، طی سال های گذشته برای محاسبه عدم قطعیت در برنامه ریزی و تصمیم گیری سرمایه گذاری تلاش های اساسی توسط محققین انجام شده است. رایج ترین رویکرد اتخاذ شده برای حل این موضوع شبیه سازی تصادفی است. بعد از رویکرد شبیه سازی، ارزش گذاری اختیار واقعی^۱ روش دیگری است که برای محاسبه عدم قطعیت رایج می باشد. کاربرد مفاهیم ارزیابی اختیارات واقعی در ارزش گذاری دارایی واقعی در نظریات مالی و اقتصادی به طور پیوسته در حال رشد می باشد؛ در چند سال گذشته بسیاری از مطالعات روش ارزش گذاری اختیارات واقعی را به عنوان یک تکنیک امیدوارکننده برای ارزش گذاری سرمایه گذاری ها به ویژه در منابع طبیعی تحت شرایط عدم قطعیت ارائه کرده اند.

۴. روش های ارزش گذاری اختیارات واقعی

برای معرفی برخی مدل های ارزش گذاری، انتخاب و توصیف متغیرهای اصلی که بر ارزش اختیارات واقعی تأثیر می گذارد مهم است. رویکرد اختیارات واقعی توسعه تئوری اختیارات مالی به حوزه اختیارات دارایی های واقعی / غیرمالی است. اختیارات تصمیمات احتمالی هستند که فرصت تصمیم گیری را پس از آشکار شدن عدم اطمینان فراهم می کنند. عدم قطعیت و توانایی عامل در پاسخ به آن (انعطاف پذیری) منبع ارزش یک

اختیار است. در صورت امکان، ارزش‌گذاری اختیارات واقعی با ارزش‌داری‌های بازار مالی همسو می‌شود.

بیشتر سرمایه‌گذاری‌ها شامل ارزش‌گذاری اختیارات هستند. برخلاف رویکرد سنتی که از جریان‌های نقدی مورد انتظار برای ارزش‌گذاری پروژه‌های سرمایه‌گذاری استفاده می‌کند، رویکرد اختیارات واقعی کل توزیع جریان‌های نقدی را در نظر می‌گیرد و به شرکت اجازه می‌دهد در طول سرمایه‌گذاری واکنش نشان دهد و تصمیم بگیرد.

بنابراین، انعطاف‌پذیری می‌تواند جزء مهمی از ارزش برای بسیاری از پروژه‌های سرمایه‌گذاری باشد و چارچوب قیمت‌گذاری اختیار ابزار قدرتمندی برای تجزیه و تحلیل چنین انعطاف‌پذیری فراهم می‌کند.

سه روش اصلی برای حل مسائل ارزش‌گذاری اختیار وجود دارد: رویکرد برنامه نویسی پویا، معادلات دیفرانسیل جزئی و رویکرد شبیه‌سازی.

روش اول: رویکرد اول از تکنیک‌های برنامه‌نویسی پویا^۱ برای طرح‌بندی نتایج احتمالی آینده استفاده می‌کند و ارزش استراتژی آینده بهینه را با استفاده از توزیع‌های ریسک خنثی کاهش می‌دهد. روش دو جمله‌ای یک رویکرد برنامه نویسی پویا است که به طور گسترده برای ارزش‌گذاری اختیارات ساده استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از آن برای قیمت‌گذاری اختیارات نوع آمریکایی استفاده کرد. با این حال، این روش راه حل، زمانی ناکافی می‌شود که عوامل متعددی بر ارزش اختیار تأثیر می‌گذارد یا زمانی که وابستگی‌های مسیر افزایش می‌یابد.

روش دوم: معادلات دیفرانسیل جزئی^۱ که اکثر مشکلات قیمت گذاری اختیارت در روش اول را، حل می کند. این رویکرد در موارد بسیار کمی منجر به راه حل های بسته می شود، مانند معادله بلک-شولز برای اختیار خرید اروپایی. در اکثر مسائل ارزش گذاری اختیار، معادلات دیفرانسیل جزئی باید به صورت عددی حل شود. این یک روش بسیار منعطف است و برای ارزش گذاری اختیارات آمریکایی مناسب است. اما یافتن راه حل زمانی که بیش از سه متغیر حالت وجود داشته باشد بسیار پیچیده می شود. بنابراین، معادلات دیفرانسیل جزئی یک روش ناکافی برای حل مسائل پیچیده تر اختیار واقعی است. علاوه بر این، این روش از نظر فنی پیچیده است زیرا به شرایط مرزی نیاز دارد.

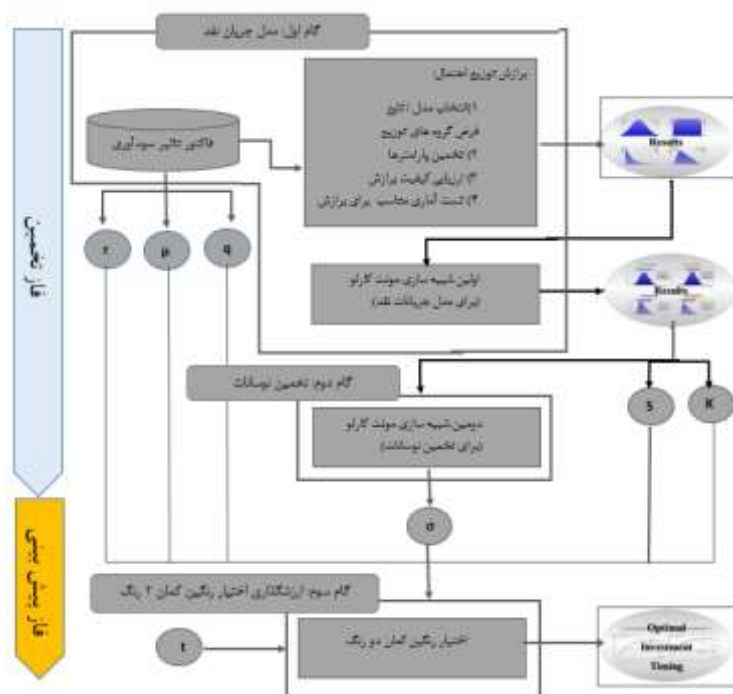
روش سوم: یک روش دیگر برای حل مسائل قیمت گذاری اختیارات واقعی، شبیه سازی^۲ است. رویکرد شبیه سازی بسیار قدرتمند است. با این حال، آینده نگر نیز است در حالی که اعمال بهینه یک اختیار آمریکایی دارای ویژگی های برنامه نویسی پویا است. لانگستاف و شوارتز^۳ (۲۰۰۱) یک رویکرد شبیه سازی برای ارزش گذاری اختیارات آمریکایی ایجاد کردند. یک اختیار آمریکایی به دارنده خود این حق را می دهد که در چندین نقطه از زمان (تعداد محدود) قبل از تاریخ سررسید آن را اعمال کند. در هر نقطه اعمال، دارنده به طور بهینه مقدار اعمال فوری را با مقدار ادامه مقایسه می کند. همان طور که تئوری استاندارد نشان می دهد که ارزش ادامه می تواند به عنوان ارزش مورد انتظار مشروط جریان های نقدی آتی تنزیل شده بیان شود، ایده اصلی پشت رویکرد شبیه سازی

-
1. PDE
 2. Simulation
 3. Longstaff, F. A., & Schwartz

این است که ارزش مورد انتظار مشروط ادامه را می‌توان از اطلاعات مقطعی شبیه‌سازی تخمین زد. در بین هر سه روش حل، مفیدترین ابزار برای حل مسائل ارزش‌گذاری اختیارات واقعی، رویکرد شبیه‌سازی است. که به راحتی برای مدل‌های چند عاملی اعمال می‌شود و به طور مستقیم برای مسائل وابسته به مسیر قابل اعمال است. علاوه بر این، به متغیرهای حالت، این فرصت را می‌دهد تا فرآیندهای تصادفی کلی را دنبال کنند.

۵. روش شناسی پژوهش

تحقیق حاضر از نظر هدف، کاربردی است. جامعه آماری پژوهش، شرکت صبا فولاد خلیج فارس است و مورد بررسی قابل تعمیم به سایر صنایع تولیدی می‌باشد. برای ارزش‌گذاری اختیارات واقعی در جهت بهینه نمودن سرمایه‌گذاری، ابتدا یک مدل جریان نقدی با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو برای برآورد کردن فرآیند مارکوف در پروژه پیشنهاد می‌شود. شکل شماره (۱) چارچوب ارزش‌گذاری اختیارات واقعی را نشان می‌دهد و می‌توان آن را به دو مرحله تقسیم کرد، یک فاز تخمین و یک فاز پیش‌بینی، فاز تخمین توزیع قیمت دارایی زیربنایی را از طریق داده‌های تاریخی درآمد و بهای تمام شده تعیین می‌کند. توزیع بدست آمده از فاز تخمین به عنوان پارامتر مهم ورودی در بخش ۲ مورد استفاده قرار می‌گیرد. فاز پیش‌بینی ارزش پروژه را از طریق تغییر زمان به بلوغ از یک سال به ۲۰ سال بعد پیش‌بینی می‌کند. ارزش پیش‌بینی می‌تواند برای تعیین زمان بهینه سرمایه‌گذاری استفاده شود زیرا نشان‌دهنده ارزش پروژه در آن زمان است.



انحراف معیار قیمت دارایی پایه = σ قیمت اعمال (قیمت توافقی) = K قیمت پایه (دارایی پایه) = S
 زمان تا سررسید (سال) = t بازده مورد انتظار = μ سود نقدی پرداختی = q

شکل ۱. نمایش چارچوب ارزش گذاری اختیارات واقعی

۵-۱. مدل جریان نقد

برای ساخت مدل جریان نقدینگی، گام اول تعریف عوامل موثر بر ارزش پروژه است. در این تحقیق دو عامل اصلی درآمد و بهای تمام شده از مؤلفه‌های یک صورت پیش‌فرم درآمد ارائه شده است. برآزش توزیع احتمال با استفاده از نرم‌افزار excel محاسبه می‌شود (بخش اول جدول ۱).

جدول ۱. خلاصه‌ای از شبیه‌سازی مونت کارلو

سازي مونت کارلو شبیه	های ورودی داده	های خروجی داده	فرآیند
اولین مونت کارلو	توزیع احتمال عوامل موثر بر سودآوری	توزیع احتمال ارزش فعلی جریان نقد ورودی و خروجی	مدل جریان نقد (اجرای فرآیند مارکوف)



دومین مونت کارلو	توزیع احتمال ارزش فعلی جریان نقد ورودی و خروجی	توزیع احتمال ورودی و خروجی نقدینگی استاندارد شده با توزیع نرمال	تخمین نوسان
------------------	--	---	-------------

مأخذ: یافته‌های پژوهش

۲-۵. تخمین نوسان

هدف از دومین مرحله شبیه‌سازی، شبیه‌سازی نوسانات نرخ بازده در دارایی‌های اساسی است (بخش دوم جدول ۱). این موضوع با تبدیل اولین خروجی‌های شبیه‌سازی به ارزش فعلی و استفاده از آنها به عنوان ورودی برای شبیه‌سازی دوم به دست می‌آید. با استفاده از توزیع احتمال دارایی پایه از اولین شبیه‌سازی، امکان تبدیل توزیع نرخ بازده برای دارایی پایه استاندارد شده به توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس ۱ برای اجرای فرآیند وینر^۱ وجود دارد. فرمول بدست آوردن ارزش فعلی تبدیل شده به شرح زیر است:

$$PV_n = Std \times rand(x_n) + Mean \quad (1)$$

که در آن، PV_n برابر ارزش فعلی، Std برابر مقدار انحراف استاندارد از توزیع احتمال دارایی پایه، $Mean$ برابر مقدار میانگین از توزیع احتمال دارایی پایه، $rand(x_n)$ مولد متغیر تصادفی است که به وسیله توزیع نرمال استاندارد سازی شده است و n تعداد آزمایشات از شبیه سازی دوم است.

نرخ بازده مورد انتظار نیز با استفاده از فرمول زیر به دست می آید.

$$k_n = \ln \left(\frac{PV_n + 1}{PV_n} \right) \quad (2)$$

که در آن k_n ، نرخ بازده مورد انتظار است.

نتیجه انحراف معیار نرخ بازده مورد انتظار برای نوسانات اختیارات واقعی استفاده می شود.

۳-۵. ارزش گذاری اختیار رنگین کمان دو رنگ:

فرضیه اساسی این است که ارزش دارایی های اساسی باید بیشتر از صفر باشد. در این مطالعه از اختیارات رنگین کمان با ۲ رنگ استفاده می شود که به آن ارزش گذاری اختیارات رنگین کمان دو رنگ^۱ می گویند.

طبق نظر مارک روبینشتاین^۲ اختیارات رنگین کمان دو رنگ، اختیاراتی برای نوسان دو دارایی هستند که نمی توانند به عنوان اختیاراتی تنها برای یک دارایی اساسی تفسیر شود. او در کتاب خود اختیارات رنگین کمان را به ده نوع دسته بندی می کند (مارک روبینشتاین، ۱۹۹۸). در بین ده نوع اختیار، این مطالعه از یک نوع اختیار خرید/فروش دوگانه مناسب کارخانه تولید محصولات فولادی استفاده می کند. بنابراین معادله در سررسید عبارت است از:

1. Two-color rainbow
2. Mark Rubinstein

$$\max [(S_{in} - K_{in}) \cdot (K_{out} - S_{out}) \cdot 0] \quad (۳)$$

که در آن S_{in} و S_{out} به ترتیب برای جریان نقدی ورودی و خروجی دارایی‌های پایه و K_{in} و K_{out} جریان‌ات نقد ورودی و خروجی برای قیمت‌های اعمال (توافقی) هستند. همچنین:

$$K_{in} \neq K_{out} \text{ و } S_{in} \neq S_{out} \quad (۴)$$

$\max[(S_{in} - K_{in}), 0]$ به معنی اختیار خرید در سررسید است و $\max[(K_{out} - S_{out}), 0]$ به معنی اختیار فروش در سررسید است.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد اختیارات اروپایی آن دسته از اختیاراتی هستند که فقط در زمان سررسید قابل اعمال هستند در صورتی که اختیارات آمریکایی را می‌توان در هر زمان تا سررسید اعمال کرد. برای اعمال نقاط بهینه در ارزش گذاری اختیارات واقعی، لازم است که امکان اعمال حق تعویق قبل از سررسید در نظر گرفته شود. بنابراین، ارزش گذاری اختیارات واقعی احتمالات اختیاری آمریکایی است. این روش قیمت‌های C_t و C_T اختیارات اروپایی با سررسید T و t ($t < T$) را با استفاده از نقاط بهینه محاسبه می‌کند که این قیمت شرایط حداکثری (C_T, C_t) را در تعیین قیمت اختیارات آمریکایی تعیین می‌کند.

$$V_{op} = \left[\begin{array}{c} (S_{in,t} e^{-qt} N(d_{in,1}) - K_{in,t} e^{-rt} N(d_{in,2})) , \\ (K_{out,t} e^{-rt} N(d_{out,2}) - S_{out,t} e^{-qt} N(d_{out,1})) , \\ 0 \end{array} \right] \quad (۵)$$

که در آن،

$$d_{in.1} = \frac{\ln\left(\frac{S_{in.t}}{K_{in.t}}\right) + (r - q + \frac{1}{2}\sigma_{in}^2)t}{\sigma_{in}\sqrt{t}} \quad (۶)$$

$$d_{in.2} = \frac{\ln\left(\frac{S_{in.t}}{K_{in.t}}\right) + (r - q - \frac{1}{2}\sigma_{in}^2)t}{\sigma_{in}\sqrt{t}} = d_{in.1} - \sigma\sqrt{t} \quad (۷)$$

$$d_{out.1} = \frac{\ln\left(\frac{S_{out.t}}{K_{out.t}}\right) + (r - q + \frac{1}{2}\sigma_{out}^2)t}{\sigma_{out}\sqrt{t}} \quad (۸)$$

$$d_{out.2} = \frac{\ln\left(\frac{S_{out.t}}{K_{out.t}}\right) + (r - q - \frac{1}{2}\sigma_{out}^2)t}{\sigma_{out}\sqrt{t}} \quad (۹)$$

$$= d_{out.1} - \sigma\sqrt{t}$$

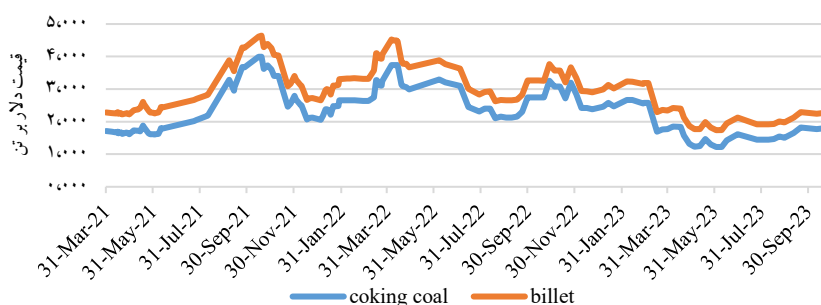
(۱=۲,...,T) که t سررسید اختیار می باشد).

در رابطه های فوق، $N(x)$ یک تابع توزیع احتمال تجمعی x برای یک توزیع نرمال استاندارد، S_{in} ارزش فعلی جریان نقدی به عنوان دارایی پایه، K_{in} ارزش فعلی جریان نقدی خروجی به عنوان قیمت اعمال، σ_{in} نوسان نرخ بازده مورد انتظار جریان نقد است، S_{out} ، t ارزش فعلی جریان نقد خروجی دارایی پایه، K_{out} ، t ارزش فعلی جریان نقد ورودی به عنوان قیمت اعمال، σ_{out} نوسانات نرخ بازده جریان خروجی نقدی، r نرخ بهره بدون ریسک، و q هزینه فرصت برای تاخیر پروژه (پرداخت سود سهام) است.

فرض می شود مقدار اختیار با ارزش پروژه همبستگی دارد. بنابراین سرمایه گذاران می توانند زمان t را از بالاترین ارزش اختیار به عنوان زمان سرمایه گذاری بهینه انتخاب کنند.

۶. یافته‌ها

قیمت محصولات فولادی با قیمت مواد اولیه مثل زغال سنگ همبستگی مثبت نزدیک به یک دارد (شکل ۲). برای غلبه بر نوسانات صنعت و سایر مسائل و اتخاذ تصمیمات سرمایه‌گذاری قابل‌اعتماد، سرمایه‌گذاران باید اختیاراتی را برای تعویق پروژه کارخانه فولاد و پیشنهاد زمان‌بندی بهینه سرمایه‌گذاری ارزیابی کنند.



شکل ۲. روند قیمتی فولاد و مواد اولیه آن

۶-۱. گردآوری داده‌ها و پارامترهای پروژه

این مطالعه به بررسی یک مورد جریان نقدی برای پروژه کارخانه فولاد در ایران می‌پردازد که شامل عوامل تأثیرگذار بر سودآوری بر اساس داده‌های پروژه در آن زمان فرض شده است. در ابتدا درآمد که از عامل موثر بر سودآوری می‌باشد، از حاصل ضرب قیمت در مقدار مورد محاسبه قرار می‌گیرد. توزیع ضریب تأثیر سودآوری از طریق نوسانات سالانه قیمت واحد محصول حاصل می‌شود.

در ادامه، توزیع جریان نقد خروجی که ناشی از بهای تمام شده می‌باشد و از عوامل تأثیرگذار بر سودآوری و خروج وجه نقد هست و نشان‌دهنده رشد هزینه در توزیع می‌باشد

محاسبه می شود. براساس شرکت مورد بررسی، پروژه طراحی مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد و توزیع ضریب تأثیر سودآوری با انعکاس نوسانات تغییرات نرخ بازدهی جریانات نقدی به دست می آید.

برای محاسبه مدل جریان نقدینگی نیاز به متغیرهای دیگری است. این متغیرها شامل میانگین موزون هزینه سرمایه (WACC)^۱، هزینه حقوق صاحبان سهام (CoE)^۲، هزینه بدهی قبل از مالیات (CoD)^۳، نسبت بدهی به سرمایه^۴ و نرخ مالیات شرکت ها (t) است که نحوه محاسبه آنها در رابطه های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است. برای محاسبه هزینه سهام از مدل قیمت گذاری دارایی های سرمایه ای استفاده شده است. این مدل همچنین شامل نرخ بدون ریسک r_f ، حق بیمه ریسک بازار r_m و بتا β است. هزینه بدهی به نرخ بهره استقراض در تأمین مالی پروژه اشاره دارد.

$$CoE = r + \beta \times (R_m - r) \quad (10)$$

$$WACC = (1 - DC_{ratio}) \times CoE + DC_{ratio} \times CoD \times (1 - tax) \quad (11)$$

برای محاسبه سودآوری پروژه، به دست آوردن نرخ تنزیل (μ) ضروری است. این معیار یک شاخص برای ریسک های پروژه است:

$$\mu = WACC + \text{Country risk premium} \quad (12)$$

-
1. Weighted average cost of equity (WACC)
 2. Cost of Equity (COE)
 3. Cost of Debt (COD)
 4. DC ratio

۲-۶. مثال عددی

ایران با بیش از ۵۳ میلیارد تن ذخایر معادنی (بدون در نظر گرفتن نفت و گاز طبیعی) دوازدهمین کشور بزرگ معدنی جهان می‌باشد و عملیات اکتشافی انجام شده وجود ۶۰ نوع ماده معدنی مختلف را در سطح کشور به اثبات رسانده و ۱۴ نوع ماده معدنی دیگر نیاز در حال اکتشاف می‌باشد که از این جهات در کمتر کشوری چنین تنوع مواد معدنی وجود دارد. بر اساس بررسی‌های انجام شده، ایران روی یکی از کمربندهای مهم معدنی قرار گرفته که حداقل در ۱۰ نوع ماده معدنی به عنوان یکی از غنی‌ترین کشورها شناخته شده است. صنایع فولاد طی ساله‌ای گذشته در ایران رشد چشم‌گیری داشته و در بین برنامه‌ریزان اقتصادی و صنعتی نیز از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. تلاش برای خصوصی‌سازی این بخش نیز نشان‌دهنده اهمیت دولت به تداوم رشد فعالیت این بخش در اقتصاد کشور است. یکی از معضلات اصلی صنایع فولاد در ایران تأمین مواد اولیه این صنعت بوده که احداث کارخانه تولید بریکت می‌تواند در راستای تأمین مواد اولیه صنعت فولاد و به ویژه اهدافی همچون کمک به افزایش سهم ایران از تولیدات جهانی، مرتفع نمودن بخشی از نیازهای داخلی و تحقق هدف استفاده حداکثر از مواد داخلی مؤثر باشد. جریانانات نقدی ورودی ناشی از انجام افزایش سرمایه و همچنین خالص جریانانات نقدی ورودی (خروجی) به شرح جدول (۲) می‌باشد.

جدول ۲. جریانانات نقدی ورودی ناشی از انجام افزایش سرمایه
و همچنین خالص جریانانات نقدی ورودی (خروجی)

ارقام به میلیون ریال

سال	۱۴۰۵	۱۴۰۶	۱۴۰۷	۱۴۲۳	۱۴۲۴	۱۴۲۵
ارزش فعلی جریان نقد ورودی	۶۱,۳۳۰,۴۵۳	۲۴۰,۱۲۷,۵۷۸	۲۵۰,۲۵۵,۰۶۰	۲,۵۶۲,۷۵۶	۱,۹۲۷,۲۴۴	۱,۴۳۲,۷۹۱
ارزش فعلی جریان نقد خروجی	۵۵,۶۱۴,۸۴۶	۱۹۳,۰۰۱,۲۳۱	۱۹۵,۶۷۹,۸۷۹	۲,۱۳۸,۶۵۰	۱,۶۴۷,۳۵۰	۱,۲۴۵,۸۲۴

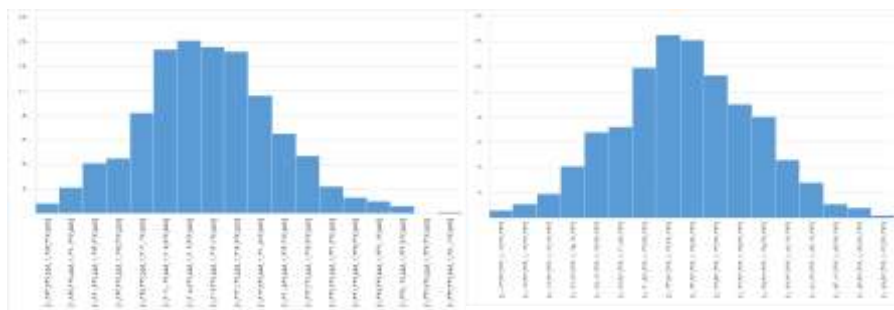
مأخذ: یافته‌های پژوهش

ارزش فعلی خالص (NPV) عبارت است از ارزش فعلی جریان وجوه نقد آتی تنزیل شده منهای ارزش فعلی خالص سرمایه گذاری. بر اساس صورت جریان وجوه نقد آتی تنزیل شده و با لحاظ نرخ تنزیل ۴۳ درصدی، خالص ارزش فعلی طرح با استفاده از فرمول ۱۲، بالغ بر ۱۴۴,۶۴۴,۸۹۶ میلیون ریال تعیین می گردد.

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{R_t}{(1 + \mu)^{t-1}} \quad (13)$$

که در آن، t دوره انجام پروژه، N مجموع زمان انجام پروژه، R_t جریان نقد سالانه و μ نرخ تنزیل می باشد.

در این تحقیق برای این که به یک شبیه سازی قابل اطمینان دست پیدا شود تعداد تکرارهای شبیه سازی در ۱۰۰۰ تکرار تنظیم شده است. شکل (۳) توزیع احتمال ارزش فعلی خالص و جدول (۳) مقادیر متغیرهای ورودی را نشان می دهد.



شکل ۳. توزیع آماری داده‌های مدل

جدول ۳. متغیرهای ورودی

مقدار	متغیر
۲۷٪	نرخ بدن ریسک
۱/۰۵	بتا
۳۷٪	ریسک بازار
۵۸	نرخ رشد پایدار
۴۳٪	نرخ تنزیل
۳۷٪	نرخ بازده مورد انتظار
۱۶٪	نسبت بدهی به سرمایه شرکت
۱۸٪	هزینه بدهی بعد از سرمایه
۲۳٪	مالیات
۳۳٪	میانگین موزون هزینه سرمایه
۱۰٪	نرخ ریسک کشور
۲۰	زمان — سال

مأخذ: یافته‌های پژوهش

از این توزیع ها، می توان ارزش فعلی خالص (NPV) احتمالی را با فرض اینکه مقدار میانگین، یک مقدار نماینده برای این توزیع ها است، بدست آورد. اگر سرمایه گذاران استراتژی سرمایه گذاری خاصی نداشته باشند، سرمایه گذاری را می توان با معیار تنزیل جریانات نقد مورد تأیید قرار داد زیرا ارزش فعلی خالص پروژه بزرگتر از صفر می باشد. با این حال، ارزش فعلی خالص احتمالی می تواند بسته به ارزش های فعلی ورودی و خروجی نقدی متفاوت باشد. در موارد خاص، اگر جریان نقدی ورودی کمتر از مبلغ مشخص و جریان نقدی خروجی ارزشی بالاتر از مبلغی مشخص داشته باشد، خالص ارزش فعلی پروژه منفی خواهد بود و سرمایه گذاری باید رد شود. برای مواجهه با این عدم قطعیت ها، تعیین زمان سرمایه گذاری بهینه که ارزش پروژه را به حداکثر می رساند، بسیار مهم است. دومین شبیه سازی مونت کارلو برای تخمین نوسان نرخ بازده ارزش فعلی پروژه برای خالص جریانات نقد انجام می شود. با جایگزینی مقادیر میانگین و انحراف معیار توزیع جریانات نقد ورودی و خروجی پروژه، ارزش فعلی جریانات نقد ورودی و خروجی با استفاده از معادله (۱) محاسبه و نتایج بدست آمده در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول ۴. معادله ارزش فعلی جریان نقد ورودی و خروجی

ارزش فعلی جریان نقد خروجی	$PV_{out,n} = 7,930,944 \times rand(X_{in,n}) + 1,038,903,510$
ارزش فعلی جریان نقد ورودی	$PV_{in,n} = 11,287,638 \times rand(X_{in,n}) + 1,307,222,745$

مأخذ: یافته های پژوهش

در دومین شبیه سازی مونت کارلو، تکراری معادل ۱۰۰۰ بار برای تعیین نوسانات نرخ بازده ارزش فعلی پروژه برای جریان نقدی ورودی و خروجی بعمل آمده است. برای انجام

محاسبات از رابطه (۲) استفاده شده است و نتایج بدست آمده در جدول (۵) نشان داده شده است:

جدول ۵. نوسانات تخمین زده شده برای جریان‌ات نقد ورودی و خروجی

نوسان تخمین زده شده برای جریان‌ات نقد ورودی	٪ ۰/۰۰۳۸۰
نوسان تخمین زده شده برای جریان‌ات نقد خروجی	٪ ۰/۰۰۰۳۴۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج جدول بالا به عنوان نوسانات برای ارزش گذاری اختیارات واقعی استفاده می‌شود. همه عوامل لازم برای اعمال ارزش گذاری اختیارات واقعی، به صورت خلاصه در جدول (۶) جمع‌آوری شده است:

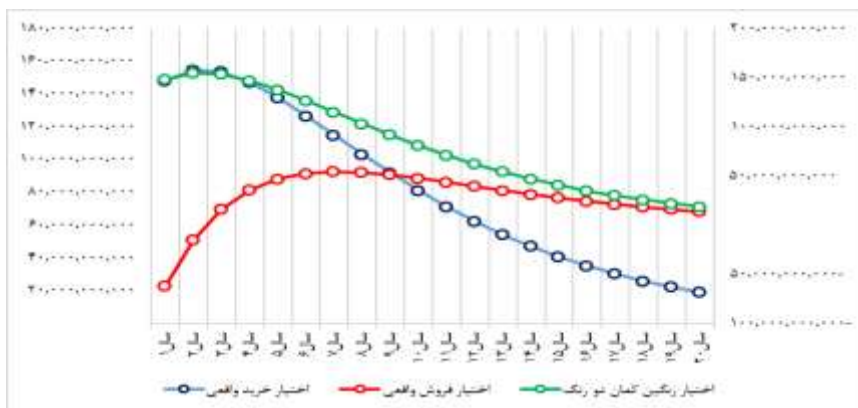
جدول ۶. معادله ارزش فعلی جریان نقد ورودی و خروجی

علامت اختصاری	توضیح	پروژه
$S_{in,t}$	ارزش فعلی جریان نقد ورودی دارایی اساسی	۱,۳۰۷,۲۲۲,۷۴۵
$K_{in,t}$	ارزش فعلی جریان نقد خروجی به عنوان قیمت اعمال	۱,۰۳۸,۹۰۳,۵۱۰
σ_{in}	نوسان نرخ بازده مورد انتظار جریان‌ات نقد ورودی	٪ ۰/۰۰۳۸
$S_{out,t}$	ارزش فعلی جریان نقد خروجی دارایی اساسی	۱,۰۳۸,۹۰۳,۵۱۰
$K_{out,t}$	ارزش فعلی جریان نقد ورودی به عنوان قیمت اعمال	۱,۳۰۷,۲۲۲,۷۴۵
σ_{out}	نوسان نرخ بازده مورد انتظار جریان‌ات نقد خروجی	٪ ۰/۰۰۳۴۰
r	نرخ بدون ریسک	٪ ۲۷
μ	نرخ تنزیل	٪ ۴۳
q	هزینه فرصت تاخیر در پروژه	٪ ۱۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

عناصر S_{in} ، K_{in} ، S_{out} ، K_{out} از اولین شبیه سازی و σ_{in} و σ_{out} از دومین شبیه سازی به دست می آیند. برای تعیین نرخ بدون ریسک، میانگینی از نرخ های اسناد خزانه کشور در نظر گرفته شده است، μ ، نرخ تنزیل می باشد که بر مبنای مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه ای به دست آمده است و q هزینه فرصت پروژه است که از قیمت بازار ریسک محاسبه شده است.

جایگزینی عناصر جدول بالا برای هر پروژه و سررسید اختیار، t از یک سال تا ۲۰ سال در معادله ۴ قرار گرفته است. در شکل (۴) برای نشان دادن زمان بهینه سرمایه گذاری، زمان بر روی محور افقی و قیمت اختیار بر روی محور عمودی قرار دارد. اختیار خرید، زمانی که دارایی پایه جریان نقد ورودی است، قیمت اختیار است و اختیار فروش، زمانی که دارایی پایه جریان نقد خروجی است، قیمت اختیار می باشد. در نهایت اختیار رنگین کمان، قیمت اختیارات رنگین کمان دو رنگ را، زمانی که دارایی پایه جریان نقد ورودی و خروجی است، نشان می دهد.



شکل ۴. مقادیر اختیارات برای تعیین زمان بندی بهینه سرمایه گذاری پروژه

مطالعه موردی بالا که مربوط به پروژه کارخانه فولاد است به طور موثر تفاوت بین روش مرسوم (ارزیابی اختیارات واقعی) و روش پیشنهادی (اختیارات رنگین کمان دو رنگ) را نشان می‌دهد. نتیجه اختیار رنگین کمان دو رنگ با نتایج مربوط به اختیار واقعی، که مطالعات قبلی برای سنجش زمان سرمایه‌گذاری بهینه استفاده می‌کردند، متفاوت است. مطالعه موردی پروژه کارخانه فولاد تحت تسلط اختیار فروش از طریق خروج نقدی و همچنین اختیار خرید با استفاده از جریان نقدی هنگام تعیین زمان‌بندی بهینه است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که سرمایه‌گذاران باید نوسانات ورودی و خروجی نقدی را در تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری بر اساس ارزش اختیار ضمنی و خالص ارزش فعلی در نظر بگیرند. حتی اگر سرمایه‌گذاران تنها با استفاده از روش تنزیل جریان‌ات نقد اقدام به اتخاذ تصمیمات سرمایه‌گذاری کنند، سرمایه‌گذاری را می‌توان بدون به تعویق انداختن پروژه تأیید کرد زیرا ارزش فعلی خالص بزرگتر از صفر است. با این حال، سرمایه‌گذارانی که می‌خواهند سود را به حداکثر برسانند، می‌توانند از طریق تصمیم‌گیری بر اساس روش پیشنهادی در این مطالعه سود بیشتری ببرند. در علم اقتصاد، سرمایه‌گذاران منطقی در ازای پذیرش ریسک، بازده متناسب با آن ریسک را تقاضا می‌کنند، بنابراین قیمت یک دارایی لزوماً نشان‌دهنده بزرگی ریسکی است که دارایی دارد. سرمایه‌گذاران منطقی بر اساس نتایج این مقاله، در صورتی که ریسک‌های پروژه به طور کامل نمایان شود، بهترین بازده را انتخاب می‌کنند.

این مقاله همچنین شرایطی را تأیید می‌کند که تحت آن اختیارات رنگین کمان دو رنگ پیشنهادی و ارزش‌گذاری اختیارات واقعی موجود نتایج یکسانی را به همراه دارند. پارامترهای σ_{in} و σ_{out} بر ارزش اختیار تأثیر می‌گذارند، که در آن σ_{in} نشان‌دهنده نوسان

نرخ بازده در جریان نقدی ورودی و σ_{out} نشان دهنده نوسانات مذکور برای جریان نقدی خروجی است.

شکل (۴) نشان می دهد که ارزش اختیار معامله دارای رابطه نامتقارن هم با جریان نقدی خروجی و هم با جریان نقدی ورودی است. اختیارات رنگین کمان دو رنگ از دو مقدار اختیار تشکیل شده است: اختیار خرید (نوسانات جریان نقدی) و اختیار فروش (نوسانات جریان نقدی خروجی). اساساً، هرچه نوسانات ورودی و خروجی نقدی بیشتر باشد، ارزش اختیار بیشتر است. از آنجایی که نوسانات متناسب با ریسک است، به این معنی است که ارزش ریسک ها افزایش می یابد. با افزایش نوسانات، زمان بندی بهینه سرمایه گذاری افزایش می یابد و اختیار فروش، زمان بندی سرمایه گذاری بهینه بیشتری نسبت به اختیار خرید دارد. در ابتدا اختیار خرید دارای شرایطی است که بر ارزش اختیار رنگین کمان حاکم است؛ بنابراین نوسانات جریان نقدی باید بیشتر از جریان نقدی خروجی باشد. در فضای مالی، اختیار خرید معمولاً شرایط معاملاتی مطلوبی در مقایسه با اختیار فروش دارد. در نتیجه، ارزش گذاری اختیارات واقعی با عدم تقارن اثر نوسانات نشان داده می شود. تحلیل شهودی، نه تحلیل فنی، این مطالب به این مطلب است که این روش مساله ای است که در آن باید ترتیب علت و معلول را در نظر گرفت، که در آن، علت برابر نوسانات قیمت سنگ آهن و زغال سنگ و معلول (اثر) تغییرات قیمت فولاد است. بنابراین، می توان دریافت که اختیارات فروش به عنوان عامل مهم تری نسبت به اختیار خرید رخ می دهد، زیرا اختیارات فروش به عنوان یک علت رهبری در پروژه کارخانه فولاد رخ می دهد. در مطالعه موردی پروژه کارخانه فولاد، مدل ارزیابی اختیارات رنگین کمان دو رنگ ارائه شده در این مقاله می تواند نتایج موثرتری را برای سرمایه گذاران ارائه دهد که تفاوت بین نوسانات جریان

نقدی درونی و نوسانات جریان نقدی بیرونی زیاد نباشد. این بدان معنی است که مدل ارزیابی اختیارات رنگین کمان دو رنگ می‌تواند به سرمایه‌گذاران کمک کند تا با تصمیم‌گیری منطقی به کارآفرینی پایدار دست یابند. بنابراین، این مطالعه لزوم در نظر گرفتن نوسانات جریان نقدی خروجی در مرحله برنامه ریزی پروژه را از طریق تحلیل حساسیت تأیید می‌کند.

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

برای پایداری اقتصادی، تصمیمات سرمایه‌گذاری مستلزم در نظر گرفتن ویژگی‌های پروژه‌های کارخانه تولیدکننده است که برگشت‌ناپذیر هستند. اگرچه روش‌های سنتی جریان نقدی تنزیل شده به راحتی با استفاده از داده‌ها اجرا می‌شوند، اما نمی‌توانند نوسان عوامل خطری را که بر ارزش پروژه‌ها تأثیر می‌گذارند، توضیح دهند. بنابراین، رویکردی برای حمایت از تصمیم‌گیری که بتواند به راحتی در روش جریان نقدی تنزیل شده ادغام شود و این ریسک‌های پروژه‌ها را منعکس کند، مورد نیاز است. این مطالعه یک پروژه کارخانه فولاد را تجزیه و تحلیل کرد و نشان داد که نوسانات در ارزش فعلی جریان نقدی پروژه، برخلاف مدل‌های ارائه شده در مطالعات قبلی، عوامل تعیین‌کننده در ارزش پروژه هستند. برای اعمال این عوامل، برخلاف ارزش‌گذاری اختیارات واقعی معمولی، این مطالعه ارزش‌گذاری اختیارات واقعی را برای اختیارات رنگین کمان دو رنگ اعمال کرد. به طور مؤثر، این مطالعه تأیید کرد که ارزش اختیارات تحت تأثیر نوسانات در ارزش فعلی جریان‌های نقدی است که با تغییر دو عامل عدم قطعیت، تحلیل حساسیت بینش‌های قابل توجهی را برای زمان‌بندی بهینه سرمایه‌گذاری ارائه می‌دهد و عامل غالب برای یک نوع

اختیار را روشن می کند. این مطالعه به یافته ای کمک می کند که نشان می دهد سرمایه گذاران هنگام سرمایه گذاری در پروژه های توسعه پایدار، جریان نقدی خروجی را اولویت بندی می کنند. اگر قرار است پروژه هایی از تصمیم گیری در مورد ارزش گذاری اختیارات واقعی پشتیبانی کنند، مانند یک پالایشگاه، نیروگاه، صنعت هوانوردی، صنعت خودرو و صنعت نیمه رسانا، که در آن پروژه هم موقعیت فروشنده و هم خریدار در نظر گرفته می شود، پیشنهاد می شود که از مدل آپشن های رنگین کمان دو رنگ استفاده شود. با این حال، این مطالعه دارای دو محدودیت است. اول، در مدل بلک شولز فقط نوسانات دارایی پایه در نظر گرفته و نوسان قیمت اعمال را در نظر نمی گیرد. برای غلبه بر این موضوع، این مطالعه ترکیب نوسانات جریان نقدی ورودی و خروجی نقدی را به عنوان انواع مختلف اختیارات بر اساس ارزش گذاری اختیارات جدید پیشنهاد کرد. دوم، این مطالعه چندین عامل تأثیر سودآوری را در مدل جریان نقدی در نظر گرفت، اما فرض کرد که مدل جریان نقدی به طور مستقل در هر ضریب تأثیر سودآوری ساخته شده است، زیرا این مطالعه اولین شبیه سازی مونت کارلو را بر اساس هر ضریب تأثیر سودآوری بدون رابطه بین سودآوری انجام داد. عوامل تأثیر پیشنهادات آتی می توانند با استفاده از تئوری های آماری یا روش های داده کاوی، تخمین های دقیق تر و معقول تری از جریان نقدی ارائه دهند تا همبستگی بین هر فاکتور تأثیر سودآوری را تعیین کنند. پیشرفت های اخیر در فناوری هوش مصنوعی می تواند به سرمایه گذاران در تصمیم گیری از طریق ارزیابی پایداری اقتصادی با استفاده از دقیق تر کمک کند.

منابع

- Buckley P.J. & M.C. Casson** (2017). *Models of the multinational enterprise*. In International Business (pp. 445-468). Routledge.
<https://www.jstor.org/stable/155586>
- Dixit A. K. & R. Pindyck** (1994). *Investment under uncertainty* princeton univ. Press, Princeton, New Jersey. <https://doi.org/10.2307/j.ctt7snvc>
- Graham J. & C. Harvey** (2002). "How do CFOs make capital budgeting and capital structure decisions". *Journal of applied corporate finance*, 15(1), 8-23. <https://doi.org/10.2139/ssrn.795374>
- Kim Y., Shin K., Ahn J. and E.B. Lee** (2017). "Probabilistic cash flow-based optimal investment timing using two-color rainbow options valuation for economic sustainability appraisalment". *Sustainability*, 9(10), 1781
<https://doi.org/10.3390/su9101781>
- Krychowski C. and B.V. Quélin** (2010). Real options and strategic investment decisions: can they be of use to scholars? *Academy of Management Perspectives*, 24(2), 65-78.
<https://doi.org/10.5465/amp.24.2.65>
- Kulatilaka N. and L. Trigeorgis** (1994). "The general flexibility to switch: Real options revisited". *International Journal of Finance*, 6(2).
<https://doi.org/10.2307/3665939>
- Longstaff F. A. and E.S. Schwartz** (2001). "Valuing American options by simulation: a simple least-squares approach". *The review of financial studies*, 14(1), pp.113-147.
- Janney J.J. and G.G. Dess** (2004). "Can real options analysis improve decision-making? Promises and pitfalls". *Academy of Management Executive*, No.18, pp. 60-75.
<https://doi.org/10.5465/AME.2004.15268687>
- McGrath R. G.** (1999). *Falling forward: Real options reasoning and entrepreneurial failure*. *Academy of Management Review*, No.24, pp. 13-30. <https://doi.org/10.2307/259034>
- Mun J.** (2002). *Real options analysis: Tools and techniques for valuing strategic investments and decisions*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Myers S.C.** (1977). "Determinants of corporate borrowing". *Journal of Financial Economics*, 5, pp. 147-175. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(77\)90015-0](https://doi.org/10.1016/0304-405X(77)90015-0)
- Näsäkkälä E. and S.E. Fleten** (2005). "Flexibility and technology choice in gas fired power plant investments". *Review of Financial Economics*, 14(3-4), pp.371-393. <https://doi.org/10.1016/j.rfe.2005.01.001>

- Pinto C.B., Brandão L. and W.J. Hahn** (2007). "Modeling switching options using mean reverting commodity price models". In 11th International Conference on Real Options (pp. 6-9).
- Sanchez R.** (1993). "Strategic flexibility, firm organization, and managerial work in dynamic markets: a strategic options perspective". *Advances in Strategic Management*, No. 9, pp. 251-291.
- Rubinstein Mark** (1998). "Derivatives: a PowerPlus Picture Book", In-The-Money Publisher, Cornell University, ISBN: 0966586050, 9780966586053.
- Schoemaker P. J.** (1995). "Scenario planning: a tool for strategic thinking". *Sloan Management Review*, No. 36, pp. 25-40.
- Sodal S., Koekebakker S. and R. Aadland** (2008). "Market switching in shipping—A real option model applied to the valuation of combination carriers". *Review of Financial Economics*, 17(3). pp. 183-203. <https://doi.org/10.1016/j.rfe.2007.04.001>
- Steensma K.H. and K.G. Corley** (2001). "Organizational context as a moderator of theories on firm boundaries for technology sourcing". *Academy of Management Journal*, 44(2). pp. 271-291. <https://doi.org/10.2307/3069455>
- Trigeorgis L.** (1996). Real options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation. MIT press.
- Tong T.W. and J.J. Reuer** (2007). "Real options in multinational corporations: Organizational challenges and risk implications". *Journal of International Business Studies*, No. 38, pp. 215-230. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8400260>
- Vassolo R.S., Anand J. & T.B. Folta** (2004). "Non-additivity in portfolios of exploration activities: A real options-based analysis of equity alliances in biotechnology". *Strategic Management Journal*, 25(11). 1045-1061. <https://doi.org/10.1002/smj.414>
- Williamson O. E.** (1985). *The economic institutions of capitalism*. New York: Free Press.