

ارزیابی فرآیند ساخت هواپیمای کوچک با رویکرد اختیارات حقیقی

عیسی نخعی کمال آبادی*^۱، اسماعیل صابری^۲، مهدی محمدزاده^۳، محسن صادق عمل‌نیک^۴

۱- دانشیار مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشجوی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۴- استادیار مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تهران

چکیده

در بین صنایع گوناگون یکی از زمینه‌های بسیار حساس برای سرمایه‌گذاری صنعت هواپیماسازی است، چرا که نیاز به سرمایه‌های کلان دارد و با ریسک‌ها و عدم اطمینان‌های بسیار زیادی روبروست. اما با توجه به اینکه در روش‌های سنتی تأثیر ریسک و عدم اطمینان و همچنین ارزش اختیارات پروژه‌های این صنعت به خوبی در نظر گرفته نمی‌شود، نیاز است تا از مدل‌های متکی بر اختیارات و ریسک متناسب با این زمینه سرمایه‌گذاری استفاده گردد. بنابراین در این مقاله مدلی بر پایه تئوری اختیارات حقیقی ارائه شده است که در هفت گام ابتدا به بررسی و ارزیابی ریسک پرداخته، سپس با استفاده از درخت دودویی توسعه یافته، پروژه را از دو منظر ریسک و هزینه مورد ارزیابی قرار می‌دهد. عدم قطعیت‌ها نیز که پیش از این به صورت ترکیبی با ریسک در مدل‌ها در نظر گرفته می‌شد به صورت مجزا و با بهره‌گیری از شبیه‌سازی مونت‌کارلو مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در حالی که روش‌های سنتی اجرای پروژه را توصیه نمی‌کردند اما نتایج مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن اختیارات پروژه حاکی از ارزشمند بودن آن می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تئوری اختیارات حقیقی، درخت تصمیم، ارزیابی فرآیند ساخت، هواپیمای کوچک، عدم

قطعیت

۱- مقدمه

و مشخصات روش‌های مختلف ارزیابی سرمایه‌گذاری، رویکرد اختیارات حقیقی در ارزیابی اقتصادی پروژه ساخت هواپیمای کوچک پیشنهاد و استفاده شده است.

تاکنون کاربردهای متعدد ارزیابی اختیارات حقیقی در صنایع هوایی گزارش شده است. به عنوان نمونه، استونیر^۴ (۱۹۹۹) اختیارات خرید هواپیما در شرکت ایرباس را با استفاده از تحلیل مطالبات احتمالی زمان گسسته^۵ بررسی می‌کند. وی از درخت دودویی و احتمالات خنثی ریسک استفاده کرده است. متیوس^۶ (۲۰۰۴) در مقاله خود از اختیارات حقیقی در ارزیابی پروژه‌های استراتژیک سرمایه‌گذاری تکنولوژی شرکت بوئینگ بهره می‌برد. داتار و متیوس^۷ (۲۰۰۴) نیز در شرکت بوئینگ رویکردی شهودی برای ارزیابی اختیار خرید اروپایی ارائه کرده‌اند که از لحاظ جبری معادل فرمول بلک شولز است. شاکلتون و همکاران^۸ (۲۰۰۴) تصمیمات ورود به بازارهای رقابتی با استفاده از چارچوب اختیارات حقیقی با در نظر گرفتن دو بازیگر^۹ تحلیل کرده‌اند. گریسون^{۱۰} (۲۰۰۱) اختیارات حقیقی را در تحلیل ساختاردهی مجدد صنعت هوافضا و دفاعی ایالات متحده استفاده کرده است. مارکیش و ویلکاکس^{۱۱} (۲۰۰۲) الگوریتم برنامه ریزی پویا برای ارزشیابی برنامه منعطف طراحی هواپیما با استفاده از تحلیل گسسته مطالبات احتمالی ارائه کرده‌اند. آن‌ها داده‌های موجود از تقاضای هواپیما را به عنوان ارزش اتمام فرض کرده‌اند که از حرکت براونی پیروی می‌کند. در گیبسون و مورل^{۱۲} (۲۰۰۴) نیز وضعیت کنونی ارزیابی مالی در صنایع هواپیمایی بررسی شده است. آن‌ها روش‌های مختلف ارزیابی مالی در صنایع هواپیمایی را بررسی و مشخصات هریک را معرفی نموده‌اند.

در فضای رقابتی کسب و کار تصمیمات سرمایه‌گذاری از مهم‌ترین تصمیمات استراتژیک و مالی محسوب می‌شوند. تصمیم صحیح سرمایه‌گذاری به معنای تخصیص بهینه منابع به فرصت‌ها و پروژه‌های رقیب است که ماحصل آن ایجاد بیشترین ارزش برای سازمان خواهد بود. یک از دشوارترین زمینه‌های سرمایه‌گذاری صنعت هواپیماسازی است که با توجه به ویژگی‌های خاص آن تصمیمات سرمایه‌گذاری اهمیتی استراتژیک پیدا می‌کنند. ویژگی‌های عمده سرمایه‌گذاری در این صنعت حجم بالای سرمایه‌گذاری، رقابت فشرده، مدت تحویل طولانی پروژه، وجود ریسک‌های بالا و آماده‌سازی زیرساخت‌های مورد نیاز محصول است (استی و گماوات^۱، ۲۰۰۲). چنین ویژگی‌هایی ضرورت تکوین مدل‌های ارزیابی سرمایه‌گذاری مخصوص هواپیماسازی را ایجاد کرده است، به طوری که توانایی ارزیابی و پیشنهاد وضعیت بهینه سرمایه‌گذاری منطبق با این صنعت را داشته باشند (میلر و کلارک^۲، ۲۰۰۸).

در ادبیات ارزیابی سرمایه‌گذاری، ۳ دسته رویکرد اصلی شامل روش‌های بودجه بندی سرمایه، رویکردهای اختیار محور و مدل‌های بازنمایش گرافیکی تفکیک می‌شوند (لندر^۳، ۱۹۹۷). روش‌های بودجه بندی سرمایه مبتنی بر مفهوم تنزیل نقدینگی پروژه هستند. رویکردهای اختیار محور، ریشه در مباحث مالی و تئوری قیمت گذاری اختیارات دارند. مدل‌های گرافیکی، متمرکز بر بازنمایش شهودی شرایط تصمیم‌گیری می‌باشند. هر یک از این روش‌ها دارای مشخصات، مزایا و معایبی هستند که در جدول یک به طور خلاصه بیان شده است. در این مقاله براساس خصوصیات صنعت هواپیماسازی

جدول (۱): مشخصات رویکردهای ارزیابی سرمایه گذاری
(مواردی که با * مشخص شده اند، از لندر (۱۹۹۷) استخراج شده است)

گروه	ویژگی‌ها	کاستی‌ها
+ بودجه بندی سرمایه : - تنزیل نقدینگی - تنزیل نقدینگی اصلاح شده*	+ رویکرد سراسر، پیچیدگی کمتر* + کاربرد گسترده در زمینه های صنعتی (پاراتاساراسی و سناتمپو) ^{۱۳} (۲۰۰۱)؛ کوتر و همکاران ^{۱۴} (۲۰۰۳)) + کارا در محیط‌های باثبات و کم ریسک* + برآورد اریب ارزش سرمایه گذاری در سایر محیط‌ها (بینگا) ^{۱۵} ، (۲۰۰۸)	+ مشکلات مرتبط با نرخ تنزیل (کاپلند و کینان) ^{۱۶} ، (۱۹۹۸) + ناکارایی در مواجهه با ریسک و نامعینی* + دیدگاه منفعلانه (الان یا هرگز)* + نادیده گرفتن انعطاف پذیری سرمایه گذاری* + فرض بازگشت ناپذیری سرمایه *
+ رویکرد اختیار محور : - زمان پیوسته* - تفاضلات جزئی* - دودویی* - شبکه‌ها	+ ریشه در مباحث اختیارات مالی (گاج) ^{۱۷} ، (۲۰۱۰) + توجه به ارزش انعطاف پذیری و اختیارات پروژه* + دیدگاه فعالانه نسبت به پروژه* + مدل سازی مستقیم ریسک* + استفاده از احتمالات خنثی ریسک و نرخ بهره بدون ریسک + کارآمد در پروژه های همراه با اختیارات و نامعینی*	+ نگاه آکادمیک، مدل سازی پیچیده ریاضی* + شهودی نبودن مدل (ایندریانتو) ^{۱۸} ، (۲۰۰۲) + فرضیات محدود کننده* + بزرگ شدن ابعاد درخت (ایندریانتو، ۲۰۰۲) + دشواری تعیین و مدل سازی متغیرهای حالت* + محدودیت در برابر بیش از دو منبع نامعینی* + کمبود روش‌های متدلوزیک در پیاده سازی*
+ بازنمایش گرافیکی :: - درخت تصمیم* - نمودار تأثیر*	+ نمایش تشریحی و جامع مسئله تصمیم* + وجود نرم افزارهای قوی دستیار مدل سازی و حل* + کاهش پیچیدگی‌های محاسباتی* + مدل‌سازی منابع نامعینی با مجموعه احتمالات*	+ دشواری تعیین نرخ تنزیل برای درخت* + بزرگ شدن اندازه و رشد درخت* + برآورد احتمالات نقدینگی‌های آتی* + نمونه های کاربردی کمتر*

بر نگاه متدلوزیک که پیاده سازی رویکردهای اختیار محور را تسهیل می‌نماید، از دیدگاه محاسباتی نیز برخی فرضیات محدودکننده درخت دوجمله‌ای مانند زمان مساوی دوره‌ها و ضریب افزایش و کاهش یکسان نیز آزاد شده است که جنبه کاربردی روش پیشنهادی را افزایش داده و و آن را به شرایط تصمیم‌گیری در محیط واقعی نزدیک می‌کند. به این ترتیب مزایای اصلی متدلوزی پیشنهادی شامل کاهش

سپس به منظور رفع نواقص این روش‌ها، رویکرد ترکیبی پیشنهاد شده است که از ارزش فعلی خالص تعدیل شده، تحلیل مونت کارلو و تئوری اختیارات حقیقی تشکیل می‌شود. در این مقاله نیز متدلوزی پیاده سازی اختیارات حقیقی ارائه می‌شود که در آن از روش‌های مدیریت ریسک، دیدگاه اختیارات حقیقی، تکنیک درخت دودویی و تحلیل حساسیت مونت کارلو در کنار یکدیگر استفاده شده است. علاوه

۱- اختیار حقیقی و ارزیابی آن

اصطلاح اختیارات حقیقی - که تمرکز آن بر دارایی‌های حقیقی است - اولین بار توسط میرز^{۳۶} (۱۹۷۷) در مقابل مفهوم اختیارات مالی مطرح شد که تاکید آن بر دارایی‌های مالی است. در بطن سرمایه گذاری‌های حقیقی، اختیارات متعددی نهفته است که برخی به طور طبیعی وجود دارند و یا با صرف هزینه و به صورت مصنوعی در مسیر سرمایه گذاری ایجاد می‌شوند. از جمله اختیارات حقیقی معرفی شده در ادبیات موضوع می‌توان به

پیچیدگی‌های محاسباتی، تسهیل پیاده‌سازی، ورود دقیق‌تر پارامترهای ریسک و نامعینی و در نهایت تحلیل حساسیت می‌شود. در بخش‌های بعدی مقاله ابتدا مفاهیم و روش‌های ارزیابی اختیارات حقیقی مرور شده و تأثیر ریسک در ارزیابی سرمایه گذاری بررسی می‌شود. سپس متدولوژی پیشنهادی مطرح شده و در یک نمونه واقعی سرمایه‌گذاری ساخت هواپیمای کوچک استفاده می‌شود. نتایج مدل از نظر اقتصادی ساخت هواپیما را توجیه می‌کند، در حالی که با استفاده از روش ارزش فعلی خالص سرمایه‌گذاری پذیرفتنی نیست

جدول (۲): اختیارات متداول در ادبیات اختیارات حقیقی

نوع اختیار	تشریح	نمونه مقالات
اختیار تعویق، زمان‌بندی ^{۱۹}	اختیار و انعطاف درباره شروع پروژه به منظور کسب آگاهی و کاهش نامعینی، به طور طبیعی در اغلب پروژه‌ها وجود دارد.	میلر و کلارک (۲۰۰۸) کاپلند و آنتیکارو ^{۲۰} (۲۰۰۳)
اختیار تعطیلی موقتی یا دائم	اختیار توقف موقت یا کامل پروژه به منظور جلوگیری از ضررهای احتمالی در صورت نامساعد بودن شرایط، به طور طبیعی در اغلب پروژه‌ها وجود دارد.	زگال و همکاران (۲۰۰۹) اشمیت و همکاران ^{۲۱} (۲۰۰۹)
اختیار مرحله ای	اختیار تفکیک سرمایه گذاری در مراحل متوالی به منظور امکان تصمیم‌گیری در ابتدای هر مرحله، در پروژه‌های درازمدت و صنایع تحقیق و توسعه ای.	لی ^{۲۲} (۲۰۰۸) متیوس (۲۰۰۴)
اختیار تعویض	اختیار تعویض محصول، فرایند یا عناصر ورودی به منظور هماهنگی با تغییرات تقاضا، مواد اولیه و شرایط محیطی، معمولاً به طور مصنوعی ایجاد می‌شود.	صدیقی و فلتن ^{۲۳} (۲۰۱۰) هارمانزیس و تانگاتوری ^{۲۴} (۲۰۰۷)
اختیار تغییر مقیاس ^{۲۵} ، توسعه، قرارداد ^{۲۶}	اختیار افزایش یا کاهش سرعت، مقیاس و دامنه پروژه برای کسب درآمد بیشتر و انتقال ریسک، معمولاً مصنوعی ایجاد می‌شود.	آلیاردی ^{۲۷} (۲۰۰۷) خانسا و لیگینلال ^{۲۸} (۲۰۰۹)
اختیار رشد یا استراتژیک ^{۲۹}	اختیار ایجاد فرصت‌های سرمایه گذاری آتی با سرمایه گذاری اولیه در جهت توسعه کسب‌وکار، معمولاً به طور مصنوعی ایجاد می‌شود.	دوگوکاره و نانانگ ^{۳۰} (۲۰۰۴) سرلاکوویچ ^{۳۱} (۲۰۰۸)
اختیار منبع یابی ^{۳۲}	اختیار استفاده از منابع چندگانه یا واگذاری امور به بخش ثالث، سیاست‌های چندمنبعی یا تک منبعی بودن.	یئو و همکاران (۲۰۰۳) کنستانتینو و پلگرینو ^{۳۳} (۲۰۱۰)
اختیار اکتشاف، تحقیق و توسعه ^{۳۴}	اختیار سرمایه گذاری در طرح‌های نمونه، مقدماتی و امکان‌سنجی به منظور ارتقای قابلیت‌های سازمانی و کاهش ریسک‌های آتی	یئو و همکاران (۲۰۰۳) کولاتیکیالاو همکاران ^{۳۵} (۱۹۹۹)

است. به طور کلی هیچ کدام از این روش‌ها بر دیگری برتری نداشته و با توجه به شرایط تصمیم‌گیری روش مناسب انتخاب می‌شود. در تحقیقات اخیر سعی می‌شود از ترکیب روش‌ها در کنار یکدیگر به منظور استفاده از مزایا و پوشش معایب استفاده شود (ایندریانتو، ۲۰۰۲). البته در صورت استفاده صحیح نتایج روش‌های مختلف تقریباً مشابه خواهد بود (بنینگا، ۲۰۰۸). در این تحقیق با توجه به ادبیات موضوع، مشخصات روش‌های مختلف و ویژگی‌های فرایند ساخت هواپیمای کوچک از روش درخت دودویی استفاده می‌شود.

۲- ریسک و ارزیابی سرمایه گذاری

ریسک و نامعینی بر آنچه مدیران از سرمایه گذاری انتظار دارند، مستقیماً تأثیرگذار بوده (بوته و همکاران ۵۳، ۲۰۰۴) و منجر به هزینه‌های نامعین، درآمدهای نامعین و یا ترکیبی از پارامترهای نامعین خواهد شد (ایندریانتو، ۲۰۰۲). از این رو مدل‌های ارزیابی سرمایه گذاری بدون در نظر گرفتن ریسک و نامعینی از دقت کافی برخوردار نخواهند بود و دخالت ریسک و نامعینی در فرایند تصمیم‌گیری ضروری به نظر می‌رسد.

ریسک به طور عام احتمال خطر، خرابی، زیان، جراحت یا هر نتیجه نامطلوب دیگری تعریف می‌شود. در مدیریت پروژه، ریسک به عنوان رویداد یا وضعیت نامعینی که در صورت وقوع اثر مثبت (فرصت) یا منفی (تهدید) بر اهداف پروژه می‌گذارد، تعریف می‌شود (انستیتو مدیریت پروژه ۵۴، ۲۰۰۴).

علاوه بر این برخی محققین به تعریف کمی ریسک نیز توجه داشته‌اند تا بتوان آن را در مدل‌های ریاضی وارد نمود. به عنوان نمونه انجمن رویال^{۵۵} در

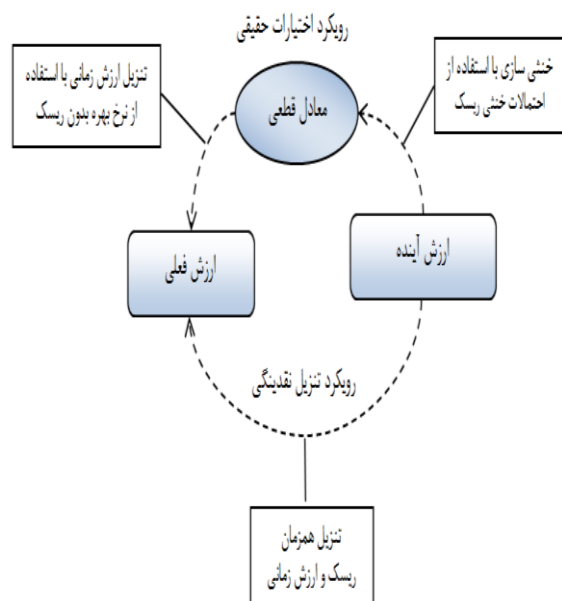
تعویق^{۳۷}، توسعه^{۳۸}، تعویض^{۳۹}، رشد^{۴۰}، مرحله‌ای^{۴۱}، توقف موقت^{۴۲} یا دائم^{۴۳} اشاره نمود. ۸ نمونه اختیارات متداول در جدول دو معرفی شده است. بنا به مفاهیم اختیارات حقیقی، وجود این اختیارات در پروژه و بهره‌گیری از آن‌ها می‌تواند موجب افزایش ارزش پروژه و کاهش ضررهای احتمالی شود (یئو و همکاران^{۴۴}، ۲۰۰۳).

برای ارزیابی اختیارات حقیقی روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که عمدتاً در سه گروه قابل تقسیم هستند: تکنیک‌های جواب تحلیلی، تقریب‌های تحلیلی و پروسه‌های عددی (هال^{۴۵}، ۲۰۰۲). روش‌های تحلیلی (یا زمان پیوسته) (ایندریانتو، ۲۰۰۳) معمولاً با تشکیل معادله دیفرانسیلی ارزش اختیار آغاز و حل آن ارزش اختیار را مشخص می‌کند (رینرز و همکاران^{۴۶}، ۲۰۱۱). معروف‌ترین روش حل تحلیلی، فرمول بلک شولز و مشتقات آن است که رایج‌ترین تکنیک در ارزیابی اختیارات بوده و در صورت امکان جواب قطعی می‌دهد (مارتینز و همکاران^{۴۷}، ۲۰۱۱). زمانی که محاسبه جواب‌های تحلیلی امکان پذیر نباشد، متدهای تقریب تحلیلی پیشنهاد می‌شود (یوان^{۴۸}، ۲۰۰۹). پروسه‌های عددی نیز معمولاً زمانی به کار گرفته می‌شوند که استفاده از فرمول‌های دقیق ارزیابی اختیارات یا تقریب آن ممکن نیست (زگال و همکاران^{۴۹}، ۲۰۰۹). گامبا^{۵۰} (۲۰۰۳) پروسه‌های عددی ارزیابی اختیارات حقیقی را در سه زیرمجموعه شامل حل معادلات مشتقات جزئی^{۵۱} به روش تفاضل محدود، روش درخت دودویی^{۵۲} و روش شبیه‌سازی مونت کارلو تفکیک کرده است. به این تقسیم بندی شبکه‌ها نیز می‌تواند اضافه شود که به نوعی تعمیم یافته درخت دودویی محسوب می‌شود. در جدول ۳ به طور خلاصه ویژگی‌های این روش‌ها بیان و مقایسه شده

جدول (۳): مقایسه روشهای ارزیابی اختیارات حقیقی
(مواردی که با * مشخص شده اند، از لندر (۱۹۹۷) استخراج شده است.)

مشخصات	فرضیات	رویکرد
<ul style="list-style-type: none"> - شهودی نبودن مدلها * - نیاز به دانش پیشرفته ریاضی * - دشواری پیاده سازی * - نامناسب در برابر بیش از یک منبع نامعینی (مارتینز و همکاران، ۲۰۱۱) - عدم امکان حل تحلیلی در مسائل پیچیده (اینسلی و همکاران^{۵۸}، ۲۰۱۰) - ناکارا در برابر اغلب اختیارات آمریکایی (مورنو^{۵۹}، ۲۰۰۳) - ناکارا در برابر مسائل چند اختیاره (مارتینز و همکاران، ۲۰۱۱) 	<ul style="list-style-type: none"> - پیروی ارزش دارایی از توزیع لگ نرمال یا نرمال * - تغییر ارزش دارایی با حرکت براونی^{۵۶} (GBM) * - نرخ بدون ریسک ثابت و مشخص - قیمت کنونی و فرایند تصادفی آن معلوم * - قیمت اجرا^{۵۷} معلوم و ثابت (کابلند و آنتیکارو، ۲۰۰۳) 	<ul style="list-style-type: none"> حل تحلیلی (زمان پیوسته)
<ul style="list-style-type: none"> - نیاز به دانش ریاضی پیشرفته * - پیاده سازی دشوار * - نمونه های کاربردی کم * - سرعت بسیار بالا (سنتافت^{۶۰}، ۲۰۰۴) - کاربرد در اختیارات آمریکایی و اروپایی (مارتینز و همکاران، ۲۰۱۱) - ناکارا در برابر بیش از دو نامعینی (مارتینز و همکاران، ۲۰۱۱) - تاحدی کارا در مسائل چنداختیاره (مارتینز و همکاران، ۲۰۱۱) 	<ul style="list-style-type: none"> - تبدیل معادلات تفاضلی جزئی به معادلات تفاضلی گسسته، و حل با فرایند برگشتی * - تقریب عددی ارزش اختیار * 	<ul style="list-style-type: none"> تفاضل محدود
<ul style="list-style-type: none"> - ناکارا در برابر بیش از دو نامعینی (یوان، ۲۰۰۹) - شهودی تر از روش تحلیلی و تفاضل محدود * - امکان بزرگ شدن غیرقابل کنترل ابعاد درخت * - دانش ریاضی مورد نیاز کمتر * - ساده، قابل فهم و پرکاربردترین روش در صنعت (میلر^{۶۱}، ۲۰۱۰) - کاربرد در اختیارات اروپایی و آمریکایی (مارتینز و همکاران، ۲۰۱۱) - کارا در برابر مسائل چنداختیاره (مارتینز و همکاران، ۲۰۱۱) 	<ul style="list-style-type: none"> - تقریب گسسته فرایند تصادفی زمان پیوسته * - پیروی دارایی از توزیع نرمال ضربی * - استفاده از نرخ ختنی ریسک و شبه احتمالات * - رویکرد درختی و فرایند حل برگشتی * 	<ul style="list-style-type: none"> درخت دودویی
<ul style="list-style-type: none"> - ناکارا در برابر بیش از دو منبع نامعینی * - امکان بازنمایش اختیارات چندگانه و پیچیده * - شهودی تر از روش های قبلی * - امکان بزرگ شدن غیرقابل کنترل ابعاد شبکه * - کاربرد در اختیارات آمریکایی و اروپایی (مارتینز و همکاران، ۲۰۱۱) - کارا در برابر مسائل چند اختیاره (مارتینز و همکاران، ۲۰۱۱) 	<ul style="list-style-type: none"> - تقریب گسسته از فرایند تصادفی زمان پیوسته * - رویکرد درختی و فرایند حل برگشتی * - استفاده از نرخ ختنی ریسک و شبه احتمالات * 	<ul style="list-style-type: none"> شبکه ها
<ul style="list-style-type: none"> - نمونه های کم پیاده سازی (گاج، ۲۰۱۰) - محاسبه آسان تغییر پذیری نقدینگی پروژه (کابلند و آنتیکارو، ۲۰۰۳) - نیاز به امکانات رایانه ای پرسرعت (مارتینز و همکاران، ۲۰۱۱) - مناسب در برابر چند نامعینی و تعدد اختیارات (میلر و کلارک، ۲۰۰۸). 	<ul style="list-style-type: none"> - شبیه سازی متغیرهای تصادفی، محاسبه ارزش اختیار در هر یک از مسیرهای شبیه سازی شده - کاربرد در بیشتر از دو اختیار اروپایی (مارتینز و همکاران، ۲۰۱۱) 	<ul style="list-style-type: none"> مونت کارلو

نقدینگی های آتی با استفاده از احتمال خنثی ریسک
 تنزیل شده و معادل های قطعی نقدینگی های آتی
 محاسبه می گردد (گاج، ۲۰۱۰). سپس برای تنزیل
 ارزش زمانی معادل های قطعی از نرخ بهره بدون
 ریسک^{۶۷} (ریسک آزاد) استفاده می شود (میلر، ۲۰۱۰)
 که براحتی از داده های بازار قابل محاسبه است
 (زوگول و همکاران، ۲۰۰۹) و ریسک سرمایه گذاری
 در آن تأثیر ندارد. به عبارت دیگر فضای اقتصادی
 ابتدا به فضایی بدون ریسک تبدیل
 می شود (دیاس^{۶۸}، ۲۰۰۴) و سپس ارزش زمانی
 سرمایه گذاری محاسبه می شود. شکل یک تفاوت بین
 رویکردهای سنتی و اختیارات حقیقی در مواجهه با
 ریسک را نشان می دهد (گاج، ۲۰۱۰)



شکل (۱): نحوه تنزیل در رویکرد اختیارات حقیقی و رویکرد تنزیل نقدینگی (گاج، ۲۰۱۰)

۳- متدلوژی پیشنهادی

در این مقاله به منظور تسهیل پیاده سازی رویکرد اختیارات حقیقی یک متدلوژی ۷ مرحله ای پیشنهاد می شود که به صورت ترکیبی از مزایای مدیریت

سال ۱۹۹۲ ریسک را احتمال وقوع پیشامد نامطلوب معینی در یک دوره زمانی مشخص می داند. هارلند و همکاران^{۶۲} (۲۰۰۳) به صورت ریاضی ریسک را حاصل ضرب احتمال وقوع زیان در اهمیت آن تعریف می کند. ورنر^{۶۳} (۲۰۰۴) مشخصه^{۶۴} ریسک کسب و کار را تابع توزیع تجمعی برآمدهای ممکن از اهداف سرمایه گذاری پروژه تعریف می کند. روغنیان^{۶۵} (۲۰۰۷) ریسک را به صورت واریانس تابع متغیر تعریف می کند. به این ترتیب که اگر داشته باشیم:

$$f_i(x, \epsilon) = \sum C_{ij} X_j \quad (1)$$

که در آن f تابعی از متغیرهای مورد بررسی و C_{ij} دارای توزیع مشخص با امید و واریانس معلوم باشد، آنگاه R_i که بیانگر ریسک به ازای متغیر مورد بررسی است طبق رابطه ۲ محاسبه می شود:

$$R_i = \text{var} (f_i(x, \epsilon)) \quad (2)$$

اعتقاد محققان، روش های سنتی ارزیابی سرمایه گذاری مانند تنزیل نقدینگی در مواجهه با ریسک ناکارآمد بوده و ضروری است تا با روش های پیشرفته ترکیب شوند (کامبروگلو و همکاران^{۶۶}، ۲۰۰۸). در رویکردهای اختیار محور تا حدی این ناکارآمدی برطرف شده و ریسک و نامعینی مستقیماً وارد فرایند ارزیابی می شوند (لندر، ۱۹۹۷). یکی از مشکلات روش های سنتی در مواجهه با ریسک به محاسبه و تعیین نرخ تنزیل تعدیل شده با ریسک برمی گردد. در روش های سنتی بر اساس اطلاعات موجود در زمان تصمیم گیری، از نرخ ثابتی برای تنزیل همزمان ریسک و ارزش زمانی پول استفاده می شود؛ اما در رویکردهای اختیار محور، ریسک و ارزش زمانی به طور جداگانه تنزیل می شوند. در ابتدا

لیست ریسک‌های احتمالی استخراج و ریسک‌های مرتبط با پروژه مورد نظر انتخاب می‌شوند. سپس ریسک‌ها بر اساس ماهیت و نوع تأثیر بر ارزش پروژه گروه بندی می‌شوند. در این تحقیق مطابق مقاله چن و همکاران^{۶۹} (۲۰۰۹) ریسک‌های پروژه به دو گروه ریسک‌های عمومی و خصوصی تقسیم شده‌اند.

۴-۳- گام سوم: شناسایی اختیارات

در این مرحله اختیاراتی که در پروژه وجود دارند شناسایی می‌شوند. با توجه به نوع پروژه، اختیارات و اهمیت آن‌ها متفاوت است. برای شناسایی اختیارات از ادبیات موضوع و پروژه‌های مشابه استفاده می‌شود و از میان آن‌ها اختیارات خاص پروژه انتخاب می‌شود.

۴-۴- گام چهارم: ارزیابی ریسک عمومی

برای ارزیابی ریسک عمومی با توجه به گسسته یا پیوسته بودن داده‌ها، از دو تعریف زیدیسین^{۷۰} (۲۰۰۳) و روغنیان^{۷۱} (۲۰۰۷) استفاده شده است. برای محاسبه ریسک (R)، با فرض بررسی m ریسک و n داده (در حالت گسسته) از روابط ۳ و ۴ استفاده می‌شود:

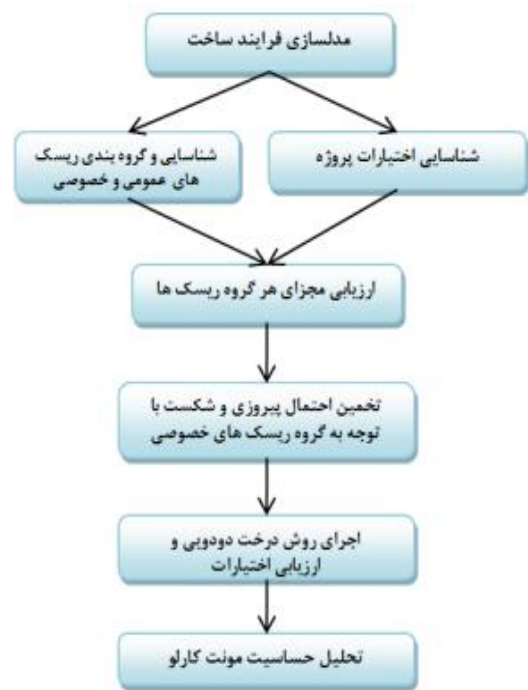
برای متغیرهای گسسته:

$$R_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (CF_i - CF_{avg})^2}{n-1}} \quad (3)$$

$$R = \sum_{t=1}^m R_t^2 + 2 \sum_{j=t+1}^m \sum_{i=1}^{m-1} R_i R_j$$

که در آن CF_i واقعه در زمان i، CF_{avg} واقعه موردانتظار و n تعداد داده‌هاست. برای متغیرهای پیوسته:

ریسک، درخت دودویی و شبیه سازی مونت کارلو بهره می‌برد. شکل ۲ مدل مفهومی متدلوژی پیشنهادی را نشان می‌دهد.



شکل (۲): مدل مفهومی متدلوژی ارزیابی فرآیند

۴-۱- گام اول: طرح و مدل سازی فرآیند پروژه

این مرحله مشخصاً به تشریح و معرفی پروژه می‌پردازد. اهداف، مراحل عملیات، نقاط تصمیم گیری، شاخص‌های تصمیم، محیط خارجی پروژه، چگونگی تأمین هزینه‌ها و جریان درآمدی از جمله مواردی است که در مدل پروژه بیان می‌گردد. اجرای صحیح این مرحله در شناسایی دقیق ریسک‌های پروژه و ارزیابی صحیح آن و شناخت انعطاف‌ها و اختیارات پروژه بسیار موثر است.

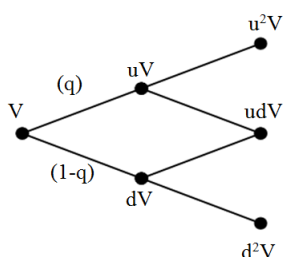
۴-۲- گام دوم: شناسایی ریسک‌ها

هدف از این مرحله شناسایی و تشخیص ریسک‌های مرتبط با پروژه می‌باشد. در ابتدا از ادبیات موضوع

که در آن K_{ij} ها ریسک‌های خصوصی پروژه و یا به عبارت دیگر عوامل میانی شکست پروژه، n تعداد عوامل یا ریسک‌ها، G_i ریشه‌های شکست و Z تعداد ریشه‌های شکست می‌باشد.

۴-۶- گام ششم: ارزیابی پروژه به روش درخت دودویی

در این مقاله از بین روش‌های مختلف ارزیابی اختیارات حقیقی از درخت دودویی استفاده می‌شود. در این روش V ارزش اختیار دارایی بوسیله فرایند تصادفی دو جمله‌ای ضربی تعیین می‌شود. در بازه زمانی τ ارزش انتظاری V با احتمال q به مقدار uV افزایش و یا با احتمال $1-q$ به مقدار dV کاهش می‌یابد. به طوری که $u > 1$ و $d < 1$ و $u < 1 + r_f < u$ است که r_f نرخ تنزیل بدون ریسک می‌باشد. اگر همین فرایند چند مرتبه تکرار شود، از مقادیر محتمل V درخت دو جمله‌ای مانند شکل ۳ ایجاد می‌شود که دارای شاخه‌های بالارونده و یا پایین رونده است.



شکل (۳): درخت دو جمله‌ای

برای تعیین مقادیر u و d با استفاده از تغییرپذیری اقتصادی (σ) از روابط ۹ و ۱۰ استفاده می‌شود. مطابق این روابط، در صورتی که بازه زمانی τ ثابت نباشد و یا مقدار σ در مسیر پروژه تغییر کند، مقادیر u و d نیز متغیر خواهند بود که منجر به ساختار درخت تصمیم توسعه یافته خواهد شد (شکل ۴).

$$R = \text{var}(\sum_{i=1}^m f_i(x)) = \sum_{i=1}^m \text{var}(f_i(x)) + \quad (4)$$

$$2 \sum_{j=i+1}^m \sum_{i=1}^{m-1} \text{cov}(f_i(x), f_j(x))$$

$$f_i(x, \varepsilon) = \sum_j C_{ij} x_j \quad (5)$$

که در آن f_i تابعی از متغیرهای مورد بررسی در مسئله است. C_{ij} ضریب متغیر x_j و دارای توزیع مشخص با امید و واریانس معلوم است.

۴-۵- گام پنجم: ارزیابی ریسک‌های خصوصی و تخمین احتمال شکست پروژه

ریسک‌هایی که در داخل پروژه مستقیماً بر موفقیت پروژه تأثیر دارند، در گروه ریسک‌های خصوصی قرار می‌گیرند. تأثیر ریسک‌های خصوصی از طریق مؤلفه‌ای بر ارزش پروژه اعمال می‌شود که برآیند مقادیر عددی همه ریسک‌های خصوصی است. این مؤلفه برآیند، با عنوان احتمال شکست پروژه معرفی شده و نشانگر اثر منفی تمامی ریسک‌های خصوصی بر موفقیت پروژه است. برای محاسبه احتمال شکست پروژه (F) از احتمالات شرطی وقوع عوامل شکست استفاده می‌شود. این عوامل نیز ممکن است شامل زیرعواملی باشند که همگی در قالب درخت به تصویر کشیده می‌شوند. ریشه این درخت می‌بایست واقعیت‌های واضحی در صنعت مورد بررسی باشند. روابط ۶-۸ نحوه محاسبه احتمال شکست را نشان می‌دهند.

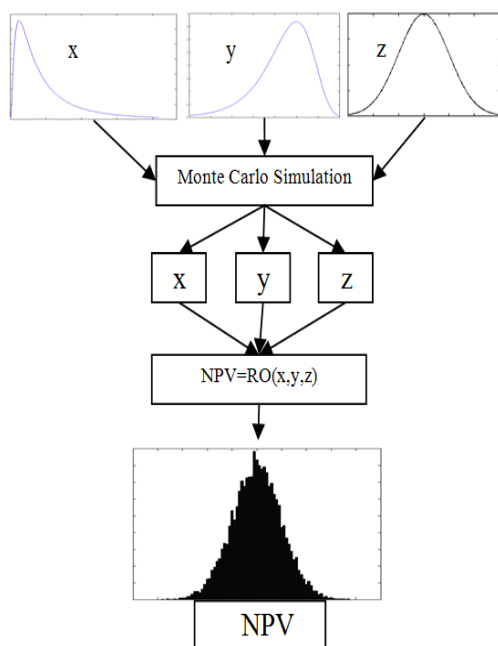
$$P(K_{ij}) = \sum_{j=1}^n P(K_{ij} | K_{(i-1)j}) P(K_{(i-1)j}) \quad (6)$$

$$P(K_{1j}) = \sum_{i=1}^z P(K_{1j} | G_i) P(G_i) \quad (7)$$

$$P(F) = \sum_{j=1}^n P(F | K_{mj}) P(K_{mj}) \quad (8)$$

۴-۷-گام هفتم: تحلیل حساسیت

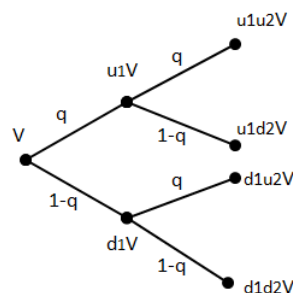
اگر چند منبع نامعینی بر ارزش پروژه موثر باشد، با فرض تصادفی بودن آن‌ها می‌توان ارزش پروژه را با استفاده از روش مونت‌کارلو شبیه‌سازی نمود. به این منظور در انتهای متدولوژی پیشنهادی ارزش فعلی توسعه یافته با روش مونت‌کارلو مورد ارزیابی آماری-احتمالی قرار می‌گیرد. فرض می‌شود تابع ارزش خالص فعلی پروژه $RO(x,y,z)$ می‌باشد که در آن x و y و z متغیرهایی تصادفی و مستقل از هم هستند. فرآیند کلی روش مونت‌کارلو به این صورت است که با تولید یک متغیر سه مؤلفه‌ای از اعداد تصادفی بر مبنای سه متغیر پیش‌گفته‌مانند تصادفی $t(x,y,z)$ ، مقادیر تصادفی ارزش فعلی توسعه یافته که برابر $RO(t)$ است تولید می‌شود و از این طریق ویژگی‌های آماری-احتمالی ارزش فعلی توسعه یافته استنباط خواهد شد. شکل (۵) فرآیند شبیه‌سازی NPV را با استفاده از مونت‌کارلو نشان می‌دهد.



شکل (۵): شبیه‌سازی NPV به روش مونت‌کارلو

$$u = \exp(\sigma\sqrt{\tau}) \quad (۹)$$

$$d = 1/u \quad (۱۰)$$



شکل (۴): درخت دوجمله‌ای توسعه یافته

پس از تشکیل درخت تصمیم که تمام ترکیبات محتمل سرمایه‌گذاری را نشان می‌دهد، برای محاسبه ارزش اختیار از روش بازگشتی استفاده می‌شود. به این منظور با شروع از انتهای درخت، ارزش اختیار خرید طبق رابطه ۱۱ محاسبه خواهد شد که در آن p معیار احتمالی مصنوعی یا نرخ خنثی ریسک است (رابطه ۱۲).

$$C = \frac{pC_u + (1-p)C_d}{1+r_f} \quad (۱۱)$$

$$p = (1 + r_f - d)/(u - d) \quad (۱۲)$$

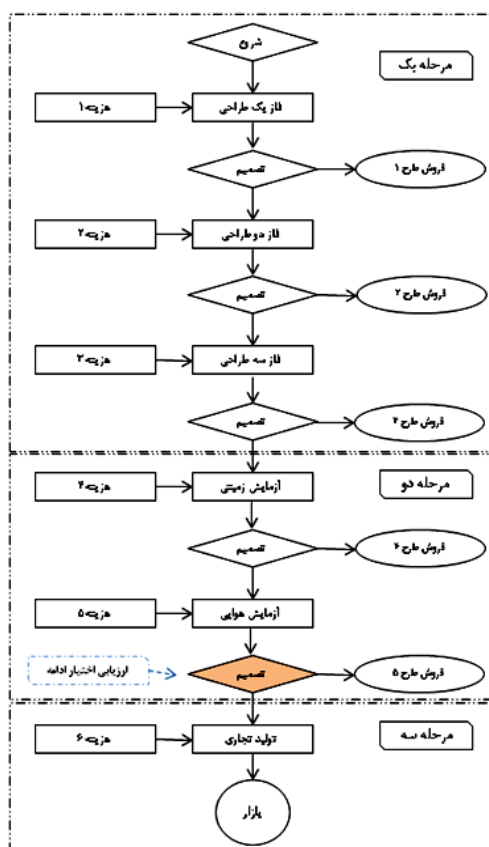
در مسیر بازگشتی ارزش اختیار در گره‌های تصمیم با در نظر گرفتن هزینه اعمال (I) و درصد موفقیت پروژه ($1-F$) محاسبه خواهد شد (رابطه ۱۳). در نهایت گره ابتدایی درخت ارزش استفاده از اختیار را نشان می‌دهد. این مقدار باید با ارزش فعلی خالص سایر هزینه‌ها و درآمدهای پروژه پیش از اعمال اختیار جمع شود تا ارزش فعلی توسعه یافته بدست آید (رابطه ۱۴).

$$ROA = \text{MAX}[0, (1-F)C - I] \quad (۱۳)$$

$$\text{Expanded NPV} = ROA + NPV \quad (۱۴)$$

جدول (۴): مقادیر متغیرهای اقتصادی پروژه

متغیر	نماد	فاز ۱	فاز ۲	فاز ۳	فاز ۴	فاز ۵	فاز ۶
مدت زمان (ماه)	T_i	۲	۴	۵	۶	۷	۱۲
درصد هزینه کل	C_i	۶	۸	۱۰	۱۴	۱۷	۴۵
ارزش دانش فنی در صورت موفقیت در انتهای فاز (واحد پولی)	N_i	۴	۹	۱۸	۳۳	۵۰	۱۱۰



شکل (۶): مدل فرآیند ساخت هواپیمای کوچک

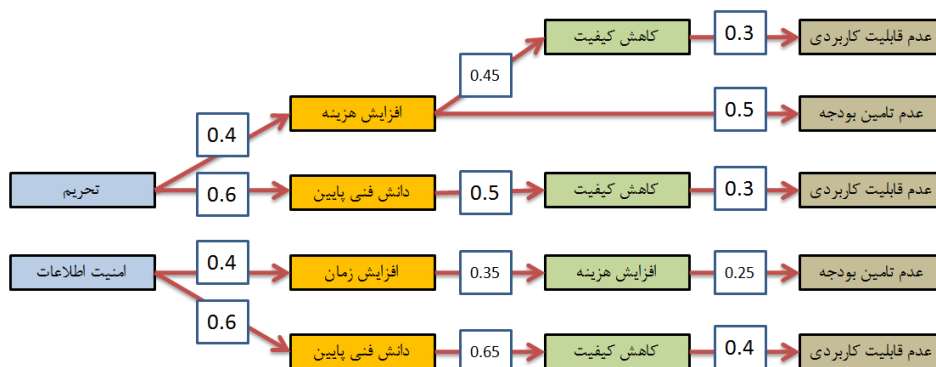
۵-۲-گام دوم: شناسایی ریسک‌های پروژه

ریسک‌های پروژه بر اساس نظر خبرگان (روش قضاوتی) از طریق پرسشنامه‌هایی شناسایی و مهم‌ترین آن‌ها گروه بندی شده‌اند. خبرگان پروژه از میان مدیران بخش‌های مختلف صنعت مورد نظر

۵-مطالعه موردی : فرآیند ساخت هواپیمای کوچک
در این بخش متدلوژی پیشنهادی ارزیابی اختیارات حقیقی در یک نمونه واقعی به کار گرفته می‌شود. به این منظور فرآیند ساخت هواپیمای کوچک مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۵-۱-گام اول: مدل سازی پروژه

ساخت هواپیمای کوچک از سه مرحله طراحی، تولید آزمایشی و تولید تجاری تشکیل می‌شود. هر یک از مراحل طراحی و تولید آزمایشی دارای زیر مراحل هستند؛ به طور کلی فرآیند ساخت هواپیمای کوچک دارای ۶ فاز متوالی خواهد بود. پس از هر فاز، تصمیم‌گیری در مورد ادامه یا توقف پروژه صورت می‌گیرد. ضمن اینکه ریسک‌های مورد انتظار و مدت زمانی فازها متفاوت می‌باشند. شکل ۶ مدل فرآیند ساخت را نشان می‌دهد. در این مدل نقاط تصمیم برآمدهای ممکن تصمیمات بیان شده است. بنا بر پیش‌بینی صاحب‌نظران ارزش محصول در انتهای پروژه (S) برابر با ۱۳۰ واحد پولی خواهد بود. همچنین برآورد کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری (C_T) نیز ۱۱۰ واحد پولی می‌باشد. جدول ۴ مقدار متغیرهای اقتصادی هزینه سرمایه‌گذاری، مدت زمان و ارزش دانش فنی به تفکیک فازهای پروژه را نشان می‌دهد.



شکل (۷): نمودار درختی علل شکست

تولید آزمایشی)، قطعات و تجهیزات مورد استفاده نیز می‌توانند در بازار کالاهای اسقاطی به فروش برسند و بنابراین ارزش اسقاطی نیز به دانش فنی اضافه خواهد شد.

۴-۵- گام چهارم: ارزیابی ریسک‌های عمومی

برای محاسبه ریسک رقابتی از واریانس تغییرات ارزش محصول مشابه در بازار و برای محاسبه ریسک بازار، از داده‌های مربوط به میزان تورم در سال‌های اخیر استفاده می‌شود. واریانس قیمت فروش محصول از داده‌های تاریخی قیمت محصول در بازار در سال‌های گذشته، بدست می‌آید و بنابراین برای محاسبه آن به این نوع داده‌ها نیاز است. نرخ بهره بدون ریسک معمولاً نرخ سود دهی کم ریسک‌ترین پروژه در اقتصاد هر کشور در نظر گرفته می‌شود. این داده‌ها به صورت فرضی و معادل سالیانه حدود ۱۲٪ در نظر گرفته شده است.

۵-۵- گام پنجم: تخمین احتمال شکست پروژه

ساخت بر اساس ریسک‌های خصوصی

به این منظور نمودار درختی علل شکست به صورت خام در اختیار ۱۵ نفر از خبرگان قرار گرفت و طی مصاحبه با آنان احتمالات هر شاخه مشخص شد. میانگین‌های احتمال وقوع هر مسیر درخت محاسبه و

انتخاب شده‌اند که سابقه حضور در سایر پروژه‌های ساخت هواپیمای کوچک داشته باشند. ریسک‌های عمومی پروژه ساخت هواپیمای کوچک عبارتند از ریسک رقابتی ناشی از قیمت و ریسک بازار که از تورم ناشی می‌شود. برای شناسایی ریسک‌های خصوصی نیز از تحلیل دلایل شکست استفاده شده است (شکل ۷). در این روش ابتدا "تحریم" و "امنیت اطلاعات" به عنوان اصلی‌ترین شرایط حاکم بر طرح شناسایی شدند. پس از آن "عدم قابلیت کاربردی محصول تولید شده" و "عدم تأمین بودجه برای اتمام پروژه" به عنوان شکست‌های پروژه مطرح گردیدند. در گام بعد نیز عوامل و ریسک‌هایی که منتج از شرایط حاکم بر پروژه بوده و ممکن است موجب شکست پروژه شوند، استخراج شدند.

۵-۳- گام سوم: شناسایی اختیارات پروژه

بنا به مدل ساخت پروژه، اختیار مشهود در پروژه، اختیار مرحله‌ای است. در هر یک از مراحل با توجه به اطلاعات به روز شده بازار و نامعینی‌های آینده، یا پروژه تعطیل شده و امتیاز دانش فنی محصول (N) به فروش می‌رسد یا اینکه پروژه وارد مرحله بعدی خواهد شد. البته باید توجه نمود که با توجه به پیشرفت فاز پروژه، ارزش دانش فنی تغییر می‌کند (جدول ۴). همچنین پس از فاز یک (مرحله‌ی

محاسبات بازگشتی با استفاده از رابطه ۱۱ انجام می‌شود تا ارزش اختیار در گره ابتدایی درخت مشخص شود. در مسیر بازگشت، نقطه تصمیم‌گیری ابتدای فاز ۶ می‌باشد که در آن اختیار تداوم پروژه و ورود به فاز تولید تجاری و یا توقف پروژه و فروش دانش فنی پروژه وجود دارد. در گره‌های متناظر با انتهای فاز ۵ بایستی تأثیر اعمال اختیار لحاظ شود. به این منظور رابطه ۱۳ نیاز به تغییر جزئی دارد تا ارزش دانش فنی در صورت عدم اعمال اختیار نیز لحاظ شود. در محاسبه ارزش گره‌های فاز ۵ از رابطه ۱۶ استفاده می‌شود و در ادامه از رابطه ۱۱ برای انتقال ارزش اختیار استفاده خواهد شد. شکل (۹) درخت تصمیم ارزش اختیار را نشان می‌دهد.

جدول (۵): ضرایب درخت دودویی پروژه در فازهای

مختلف

فاز پروژه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
u	۱/۱۲	۱/۱۴	۱/۱۹	۱/۲۱	۱/۲۵	۱/۳۲
d	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۵
p	۱	۰/۸۹	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۰	۰/۶۴

گره ابتدایی درخت مقدار ارزش اختیار را نشان می‌دهد. برای محاسبه ارزش فعلی توسعه یافته در ابتدا ارزش فعلی خالص هزینه‌های قبل از فاز ۶ با استفاده از رابطه ۱۷ محاسبه خواهد شد که برابر ۱۵,۹۵- است. با استفاده از رابطه ۱۴ ارزش فعلی توسعه یافته محاسبه می‌شود. نهایتاً ارزش نهایی پروژه برابر با ۳,۷ خواهد بود که از نظر اقتصادی قابل قبول نشان می‌دهد.

$$ROA = \text{MAX}[N5, (1-F)C-I] \quad (17)$$

با استفاده از روش برگشتی احتمال شکست پروژه ناشی از ریسک‌های خصوصی معادل ۵۴٪ بدست آمده است.

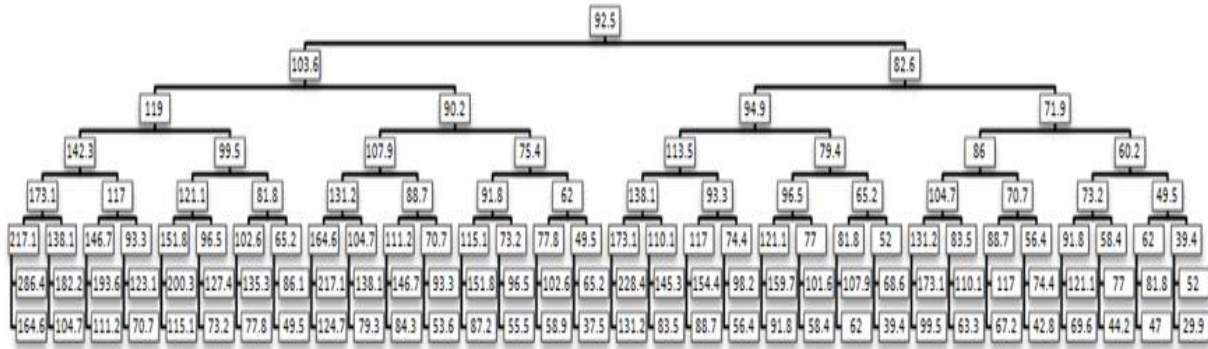
۵-۶- گام ششم: ارزیابی اقتصادی پروژه

پیش از ارزیابی به روش اختیارات حقیقی، ابتدا ارزش فعلی خالص پروژه با استفاده از رابطه ۱۵ محاسبه می‌شود. عبارت اول رابطه ارزش فعلی هزینه‌ها و عبارت دوم ارزش فعلی درآمدها را نشان می‌دهد. درآمد فروش محصول پس از فاز ۶ پروژه که هواپیما به تولید تجاری برسد، محقق می‌شود. زمان آغاز هر فاز (t_i) به صورت سالیانه در محاسبات وارد می‌شود. همچنین نرخ بهره بدون ریسک (r_f) سالیانه ۱۲ درصد منظور شده است.

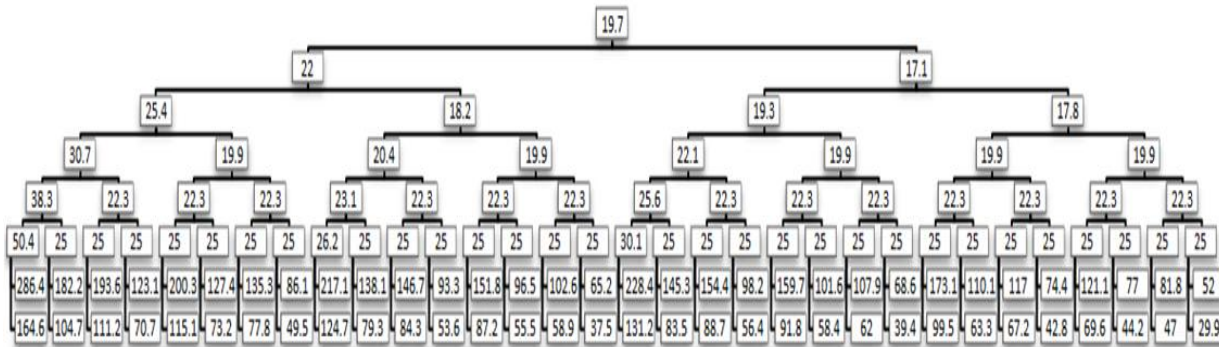
$$NPV = \sum_{i=1}^6 \frac{-C_i}{(1+r_f)^{t_i}} + \frac{S}{(1+r_f)^3} \quad (15)$$

در ادامه، ارزش پروژه به روش ارزیابی اختیارات حقیقی محاسبه می‌شود. ورودی‌های مورد نیاز در مراحل قبلی متدلوژی بدست آمده است که شامل ارزش محصول، هزینه‌های سرمایه‌گذاری، ریسک عمومی (تغییرپذیری ارزش محصول)، مدت زمان اجرای هر فاز و نرخ بهره بدون ریسک می‌شود. برای تشکیل درخت تصمیم، از آنجا که مدت زمان فازهای پروژه متفاوت است برای هر یک از فازها ضرایب افزایشی، کاهش‌ی و احتمال خنثی ریسک متفاوت خواهد بود (جدول ۵). بنابراین درخت تصمیم پروژه شامل ۲۶ شاخه خواهد بود و به نوعی توسعه یافته درخت‌های معمول دو جمله‌ای محسوب می‌شود.

با استفاده از ضرایب افزایشی و کاهش‌ی درخت تصمیم مسئله به صورت پیش رونده تشکیل می‌شود که نماینده ترکیبات احتمالی سرمایه‌گذاری است (شکل ۸).



شکل (۸): درخت تصمیم ارزش هوایما



شکل (۹): درخت تصمیم ارزش اختیار

محصول مقاومت می‌کند. اگر محصول ارزشی بالاتر از ۱۰۷,۷۳ واحد پولی داشته باشد، ارزش اختیار دارای مقدار مثبت می‌شود. همچنین به ازای مقادیر کمتر از ۹۶,۹۷ واحد پولی مقدار ارزش اختیار برابر ۱,۷۷- ثابت می‌ماند که ناشی از استفاده از اختیار فروش طرح می‌باشد. لازم به ذکر است که فراوانی بالای ارزش اختیار در ابتدای نمودار نیز حاکی از این امر است.

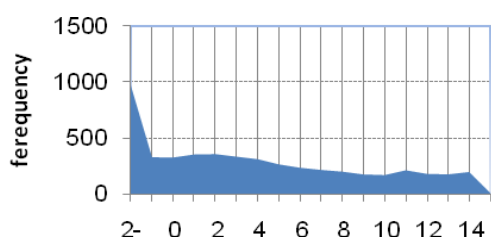
تحلیل حساسیت نسبت به هزینه کلی پروژه (Ctotal):
بازه (۸۰، ۱۴۰) مقداری است که برای تغییرات هزینه های پروژه در نظر گرفته شد. همان‌گونه که در شکل (۱۱) قابل مشاهده است با احتمال ۵۹٪ ارزش اختیار در مقابل تغییرات هزینه همچنان مقداری مثبت را به خود می‌گیرد. از سوی دیگر ۱۱۶,۰۶ واحد پولی بیشترین هزینه است که تا آن حد ارزش اختیار همچنان مثبت می‌ماند. بنابراین

۵-۷- گام هفتم: تحلیل حساسیت

به دلیل وجود خطاهای احتمالی در مفروضات و پیش بینی‌ها و فرض ثابت بودن برخی از پارامترها، لازم است ارزش اختیار نسبت به متغیرهای مختلف تحلیل حساسیت شود. بدین منظور تغییرات ارزش اختیارات نسبت به تغییر تمامی پارامترها شامل ارزش محصول، هزینه پروژه، نرخ بهره و احتمال موفقیت و سپس نسبت به تغییر همزمان کل پارامترها بررسی شده است.

تحلیل حساسیت نسبت به ارزش محصول (S):
خبرگان تغییرات این پارامتر را در بازه (۹۰، ۱۷۰) پیش بینی و بر این مبنا در شکل ۱۰ حساسیت ارزش اختیار پروژه نسبت به تغییرات ارزش محصول نمایش داده شده است. بر این اساس در ۷۷٪ موارد ارزش اختیار در مقابل تغییرات قیمت فروش

تحلیل حساسیت نسبت به احتمال موفقیت پروژه: حداقل احتمال موفقیت پروژه ۳۰ درصد و حداکثر آن ۶۲ درصد در نظر گرفته شده است. مطابق شکل ۱۳، با احتمال ۷۴٪ و به ازای احتمال موفقیت بالاتر از ۳۸٪ ارزش اختیار همچنان مثبت است. در این بخش نیز به ازای احتمال موفقیت کمتر از ۳۸٪، مدل تصمیم فروش طرح را پیشنهاد می‌کند که در اینصورت ارزش اختیار معادل ۱/۷۷- واحد پولی ثابت خواهد ماند. به همین دلیل نیز اولین بازه در نمودار بیشترین فراوانی را دارد.

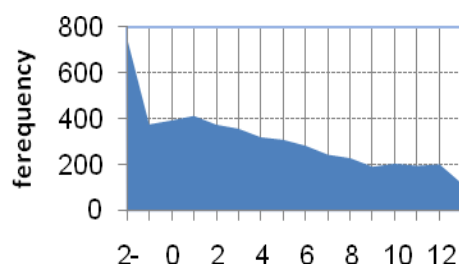


شکل (۱۳): حساسیت ارزش اختیار نسبت به احتمال موفقیت پروژه

تحلیل حساسیت نسبت به تغییرات تمامی پارامترهای ورودی: در نهایت حساسیت ارزش اختیار نسبت به تغییرات پارامترها بررسی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد با احتمال ۶۳٪، ارزش اختیار در این پروژه در مقابل تغییرات پارامترها مثبت باقی می‌ماند (شکل ۱۴). مطابق شکل ۱۴ که دارای شکل نزدیک به نرمال است، ارزش اختیار پروژه با احتمال ۶۵٪ مقداری کمتر از ۱۶ واحد پولی دارد.

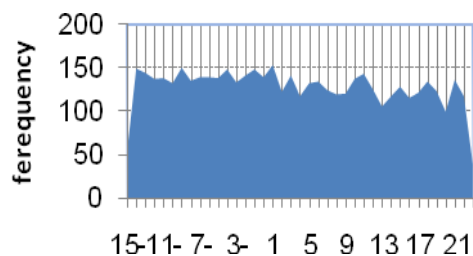
بر اساس نتایج حاصله از تحلیل حساسیت (جدول ۶)، کنترل هزینه از مهم‌ترین پارامترهایی است که بیشترین تأثیر در توجیه پذیری پروژه دارد و لذا باید بیشترین تلاش‌ها برای مدیریت آن صورت پذیرد. همچنین با توجه به اینکه مجموعاً انتظار می‌رود پروژه در ۶۳٪ مواقع ارزشمند باشد، لذا اجرای آن همچنان توصیه می‌شود، اگرچه نباید انتظار سودآوری بالا از آن وجود داشته باشد.

کنترل هزینه یکی از مهم‌ترین نکات در مدیریت پروژه خواهد بود.

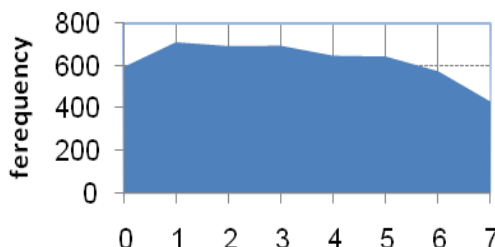


شکل (۱۰): حساسیت ارزش اختیار نسبت به ارزش محصول

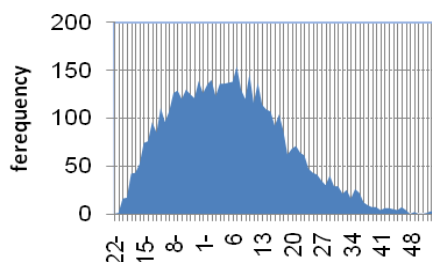
تحلیل حساسیت نسبت به نرخ بهره بدون ریسک: برای تغییرات نرخ بهره بدون ریسک بازه (۸٪، ۱۶٪) در نظر گرفته شد که مطابق شکل (۱۲) ارزش پروژه در مقابل تغییرات این پارامتر در بازه در نظر گرفته شده همواره مثبت خواهد بود.



شکل (۱۱): حساسیت ارزش اختیار نسبت به هزینه کل پروژه



شکل (۱۲): حساسیت ارزش اختیار نسبت به نرخ بهره بدون ریسک



شکل (۱۴): حساسیت ارزش اختیار نسبت به تغییرات پارامترهای پروژه

نتیجه گیری

ارزیابی اقتصادی به روش اختیارات حقیقی نسبت به روش های سنتی دارای مزایای متعددی مانند در نظر گرفتن انعطاف پذیری، تصمیمات مدیریتی، عوامل استراتژیک در ارزیابی و مواجهه دقیق تر با ریسک و نامعینی است. البته در مقابل درک مفهوم و پیاده سازی آن نیز دارای دشواری های بیشتری نسبت به روش های سنتی است. برای کاهش این دشواری در این مقاله متدلوژی ارزیابی اختیارات حقیقی ارائه گردید. متدلوژی پیشنهادی از ۷ مرحله شامل مدل سازی پروژه، شناسایی ریسک و تفکیک گروه های ریسک عمومی و خصوصی، شناسایی اختیارات، ارزیابی گروه های ریسک، ارزیابی اختیارات پروژه به روش درخت دودویی و در نهایت تحلیل حساسیت تشکیل شده است. به طور کلی در این متدلوژی از مزایای دو روش اختیارات حقیقی و درخت دودویی در کنار مفاهیم مدیریت ریسک استفاده می شود. علاوه بر نگاه متدلوژیک، از دیدگاه تکنیکی نیز برخی فرضیات درخت دوجمله ای مانند زمان مساوی دوره ها و ضریب افزایش و کاهش یکسان نیز آزاد شده است که موجب واقعی تر شدن مدل می گردد. به طور خلاصه مزایای اصلی متدلوژی پیشنهادی در این مقاله کاهش پیچیدگی های محاسباتی، تسهیل پیاده سازی، ورود دقیق تر پارامترهای ریسک و نامعینی و در نهایت تحلیل حساسیت می باشد. با توجه به حضور پارامترهای نامعین در مدل اختیارات

حقیقی تحلیل حساسیت ارزش پروژه نسبت به این موارد مانند قیمت فروش محصول، هزینه ها، برآوردهای ریسک حائز اهمیت است. نتایج تحلیل حساسیت به روش مونت کارلو نشان می دهد نرخ بهره بدون ریسک در بازه محتمل ۸٪ تا ۱۶٪ تأثیر چندانی در پذیرش و یا عدم پذیرش اجرای پروژه ندارد اما کنترل هزینه مهم ترین مسئله ای است که تأثیر بسیار زیادی در ارزشمندی اجرای طرح می گذارد. هم چنین با احتمال ۶۳٪ انتظار می رود پروژه دستاوردهای مناسبی نسبت به هزینه های صرف شده داشته باشد. اما در عین حال در صورت توجیه پذیری، ارزش اختیار با احتمال ۶۵٪ کمتر از ۱۶ واحد پولی بوده و بنابراین سودآوری بالایی نخواهد داشت.

جدول (۶): نتایج تحلیل حساسیت ارزش اختیار به روش مونت کارلو

تعداد شبیه سازی ها	5000
تابع توزیع احتمال پارامترها	منگ
حدود قیمت فروش	
(واریانس، بیشترین، محتملترین، کمترین)	(90,130,170, 529)
حدود هزینه	
(واریانس، بیشترین، محتملترین، کمترین)	(80,110,140, 297)
حدود نرخ بهره بدون ریسک	
(واریانس، بیشترین، محتملترین، کمترین)	(8%,12%,16%, 0.0005)
حدود درصد موفقیت	
(واریانس، بیشترین، محتملترین، کمترین)	(30%,46%,62%, 0.0086)
ارزش اختیار(واریانس میانگین)	(5.8, 177.8)

- Dias, M. A. G. (2004). "Valuation of exploration and production assets: an overview of real options models". *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 44, 93–114.
- Duku-Kaakyire, A., & Nanang, D.M. (2004). "Application of real options theory to forestry investment analysis". *Forest Policy and Economics*, 6, 539–552.
- Esty, B.C., & Ghemawat, P. (2002). Airbus vs. Boeing in superjumbos: a case of failed preemption". *Harvard Business School*, Working Paper, 02, 061.
- Gamba, A. (2003). "Real options valuation: a monte carlo approach". Working Paper, Department of Economics, University of Verona, Verona.
- Gibson, W., & Morrell, P. (2004). "Theory and practice in aircraft financial evaluation". *Journal of Air Transport Management*, 10(6), 427-433
- Grayson, R. A. (2001). Corporate restructuring and real option in the u.s. Aerospace and defense industry. ,Doctoral dissertation, university of georgia, atlanta.
- Guj, P. (2010). "A practical real option methodology for the evaluation of farm-in/out joint venture agreements in mineral exploration". *Resources Policy*, doi:10.1016/j.resourpol.2010.08.006.
- Harland, C., Brenchley, R., & Walker, H. (2003). "Risk in supply networks". *Journal of Purchasing & Supply Management*, 9(2), 51-62, doi: 10.1016 / s1478-4092(03)00004-9.
- Harmantzis, F.C., & Tanguturi V.P. (2007). "Investment decisions in the wireless industry applying real options". *Telecommunications Policy*, 31, 107–123.
- Hull, J.C. (2002). Options, futures, and other derivatives, fifth edition, Pearson, New Jersey: Upper Saddle River.
- Indriyanto, S., & Rachmi, A. (2002). Investment under uncertainty : application of binomial option analysis to development of geothermal energy in Indonesia. ,Doctoral dissertation, Manoa : University of Hawaii.
- Insley, M.C. , & Wirjanto, T.S. (2010). "Contrasting two approaches in real options valuation: Contingent claims versus dynamic
- پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی سایر اختیارات پروژه در مدل تصمیم وارد شود تا آن را بیشتر به واقعیت نزدیک نماید. از دیگر مسائل موجود در مدل فعلی رشد سریع درخت می‌باشد که با در نظر گرفتن تقریب بین شاخه‌های بالایی و پایینی می‌توان این عارضه را رفع نمود. البته این تغییر در پروژه‌هایی قابلیت دارد که حساسیت‌های کمتری را در مقابل تقریب‌های در نظر گرفته شده داشته باشد.
- منابع**
- Agliardi, R. (2007). "Options to expand and to contract in combination". *Applied Mathematics Letters*, 20, 790–794.
- Benninga, S. (2008). *Financial Modeling* (3rd Edition). Cambridge (MA): The MIT Press.
- Boute, R., Demeulemeester, E., & Herroelen, W. (2004). "A real options approach to project management". *International Journal of Production Research*, 42(9), 1715-1725.
- Chen, T., Zhang, J., & Lai, K. (2009). "An integrated real options evaluating model for information technology projects under multiple risks", *International Journal of Project Management*, 27(8), 776-78, doi:10.1016/j.ijproman.2009.01.001.
- Copeland, E.T., & Keenan, T.F. (1998). "How much is flexibility worth?". *The McKinsey Quarterly*, 2, 38–49
- Copeland, T. & Antikarov, V. (2001). *Real Options: A Practitioner's Guide*, New York : Texere.
- Costantino, N., & Pellegrino, R. (2010). "Choosing between single and multiple sourcing based on supplier default risk: A real options approach". *Journal of Purchasing & Supply Management*, 16, 27–40.
- Cotter, J. F., Marcum, B., & Martin, D. R. (2003). "a cure for outdated capital budgeting techniques". *The Journal of Corporate Accounting & Finance*, 4(3), 71-80.
- Datar, V., & Mathews, S. (2004). "European real options: an intuitive algorithm for the black scholes formula". *Journal of Applied Finance*, 14, 1.

- Myers, S. (1977). "Determinants of corporate borrowing". *Journal of Financial Economics*, 5, 147–175.
- Parthasarathy, V. R., & Cenatempo, D. (2001). "Real option value provides new strategy for capital management". *Pulp & Paper*, 75(8), 42-45.
- Project Management Institute.(2004). A Guide to the project management book of knowledge (PMBOK), 3rd ed, PA : Project Management Institute.
- Reniers, G.L.L., Audenaert, A., Pauwels, N., & Soudan, K.(2011). "Empirical validation of a real options theory based method for optimizing evaluation decisions within chemical plants". *Journal of Hazardous Materials*, 86, 779–787.
- Roghaniyan, E., Sadjadi, S.J., & Aryanezhad, M.B. (2007). "A probabilistic bi-level linear multi-objective programming problem to supply chain planning", *Applied Mathematics and Computation*, 188(1), 786-800.
- Schmit, M.T., Luo, J., & Tauer, W.L. (2009). "Ethanol plant investment using net present value and real options analyses". *Biomass and Bioenergy*, 33, 1442–1451.
- Shackleton, M. B., Tsekrekos, A., & Wojakowski, R. M. (2004). "Strategic entry and market leadership in a two-player real options game". *Journal of Banking and Finance*, 28(1), 179-201.
- Siddiqui, A., Fleten, S. E., (2010). "How to proceed with competing alternative energy technologies: A real options analysis". *Energy Economics*, 32, 817–830.
- Stentoft, L.(2004). "Assessing the Least Squares Monte-Carlo Approach to American Option Valuation". *Review of Derivatives Research*, 7, 129–168.
- Stonier, J. E.(1999). what is an aircraft purchase option worth? quantifying asset flexibility created through manufacturer lead-time reductions and product commonality. In Butler, G. & Keller, M.(eds.), handbook of airline finance, New York: McGraw-Hill.
- Tserlukevich, Y.(2008). "Can real options explain financing behavior?". *Journal of Financial Economics*, 89, 232–252.
- programming". *Journal of Forest Economics*, 16, 157–176.
- Khansa, L., & Liginlal, D.(2009). "Valuing the flexibility of investing in security process innovations". *European Journal of Operational Research*, 192, 216–235.
- Kulatilaka, N., Balasubramanian, P., & Strock, J. (1999). Using real options to frame the IT investment problem. in Trigeorgis, L. (Ed.), *Real Options and Business Strategy: Applications to Decision-Making*, London : England Risk Books.
- Kumbaroğlu, G., Madlener, R., & Demirel, M. (2008). "A real options evaluation model for the diffusion prospects of new renewable power generation technologies". *Energy Economics*, 30, 1882–1908.
- Lander, D.M.(1997). Modeling and valuing real options : an influence diagram approach , Doctoral dissertation, university of Kansas.
- Li, Y.(2008). "Duration analysis of venture capital staging: A real options perspective". *Journal of Business Venturing*, 23, 497–512.
- Markish, J., & Willcox, K. (2003). "Value-Based Multidisciplinary Techniques for Commercial Aircraft System Design", *AIAA Journal*, 41(10), 2004-12.
- Martínez-Cesena, J., & Mutale. (2011). "Application of an advanced real options approach for renewable energy generation projects planning". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 2087–2094.
- Matthews, S.(2004). "Valuing real options at boeing ". Paper presented at the 8th annual International Conference Real options, Canada : Montreal.
- Miller, B., & Clarke, J.P.,(2008). "Strategic guidance in the development of new aircraft programs: a practical real options approach". *IEEE Transactions on Engineering Management*, 55(4), 566-578.
- Miller, T.L.(2010). "PMA license valuation: A Bayesian learning real options approach". *Review of Financial Economics*, 19, 28–37.
- Moreno, M., & Navas, J. F. (2003). "On the Robustness of Least-Squares Monte-Carlo for Pricing American Derivatives". *Review of Derivatives Research*, 6(2), 107–128.

28 Khansa and Liginlal.
 29 Strategic option
 30 Duku-Kaakyire and Nanang.
 31 Tserlukevich.
 32 Sourcing option
 33 Costantino and Pellegrino.
 34 Explore or R&D option
 35 Kulatilaka et al.
 36 Myers.
 37 Defer option
 38 Expand option
 39 Switch option
 40 Growth option
 41 Staging option
 42 Temporarily shut down option
 43 Abandon option
 44 Yeo et al.
 45 Hull.
 46 Reniers et al.
 47 Martínez et al.
 48 Yuan.
 49 Zogul et al.
 50 Gamba.
 51 Partial differential equations (PDE)
 52 Binominal tree
 53 Boute et al.
 54 Project Management Institute (PMI)
 55 Royal.
 56 Geometric Brownian Motion.
 57 exercise price.
 58 Insley et al.
 59 Moreno.
 60 Stentoft
 61 Miller
 62 Harland et al.
 63 Werner.
 64 Profile
 65 Roghanian.
 66 G. Kumbaroğlu et al.
 67 Risk free
 68 Dias.
 69 Chen et al.
 70 Zsidisin.

Werner, M. (2004). "Real options: finding comfort in a "learn and adapt" world". *Valuation Strategies*, 7(3), 20-26.
 Yeo, K., & Qiu, F. (2003). "The value of management flexibility: a real option approach to investment evaluation", *International Journal of Project Management*, 21(4), 243-250, doi:10.1016/s0263-7863(02)00025-x.
 Yuan, F.C. (2009). "Simulation– optimization mechanism for expansion strategy using real option theory", *Expert Systems with Applications*, 36, 829–837.
 Zogul, C.O., Karsak, E.E., & Tolga, E. (2009). "A real options approach for evaluation and justification of a hospital information system". *The Journal of Systems and Software*, 82, 2091–2102.
 Zsidisin, G., A. (2003). "A grounded definition of supply risk", *Journal of Purchasing & Supply Management*, 9, 5-6, 217-224, doi:10.1016 /j.pursup.2003.07.002.

پانوشته‌ها

1 Esty and Ghemawat.
 2 Miller and Clarke.
 3 Lander.
 4 Stonier.
 5 Discrete-Time Contingent Claims Analysis
 6 Matthews.
 7 Datar & Matthews.
 8 Shackleton et al.
 9 Two Player Real Option Framework
 10 Grayson.
 11 Markish and Willcox.
 12 Gibson and Morrell.
 13 Parathasarathy and Cenatempo.
 14 Cotter et al.
 15 Benninga.
 16 Copeland and Keenan.
 17 Guj.
 18 Indriyanto.
 19 Timing option
 20 Copeland and Antikarov.
 21 Schmit et al.
 22 Li.
 23 Siddiqui and Fleten.
 24 Harmantzis and Tanguturi.
 25 Change scale option
 26 Contract option
 27 Agliardi.

