

## Managing Information Technology Investments with Real Options Analysis

Somayeh Rasouli<sup>1</sup>, Ahmad J. Afshari<sup>2\*</sup>, Maryam Salmani Seraji<sup>3</sup>

1- MSc Graduate, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Shomal University, Amol, Iran  
rasouli252@gmail.com

2- Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Shomal University, Amol, Iran  
afshari@shomal.ac.ir

3- Bsc Graduate, Department of Statistics, Payam-e-Nour University, Sari Branch, Sari, Iran  
ma.seraji63@gmail.com

### Abstract

Most of the organizations do not have enough knowledge about how to evaluate future investments in information technology. Most of these types of decisions are taken in management board. As a result, very few organizations have deep knowledge about the value of the funds invested in the field of information technology. In this research, investment in an ERP project considering expansion and contraction options based on real options theory is studied. The findings showed that the value estimated based on Real Options which considers flexibility in management decisions is different from the outcome of discounted cash flow method. Based on the value analysis of expansion option, current asset value is estimated 1998 million Rials for current project. If today's project is extended, the asset value will become 3086 million Rials which is much more than the asset value without imposing the right of expansion. So, imposing the right of expansion has 1088 million Rials added value. Also, imposing the right of project contraction, the estimated value is 1182 million Rials. So, project contraction is irrational. Finally, based on the evaluation of the options, a strategic road map is proposed for the one year life span of the project.

**Keywords:** Real Options, Investment, Information Technology, Risk Management.

## نظریهٔ اختیارات حقیقی برای مدیریت ریسک در پروژه‌های فناوری اطلاعات

سیده سمیه رسولی<sup>۱</sup>، احمد جعفرزاده افشاری<sup>۲\*</sup>، مریم سلمانی سراجی<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شمال، آمل، ایران  
rasouli252@gmail.com

۲- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شمال، آمل، ایران  
afshari@shomal.ac.ir

۳- دانش آموخته کارشناسی گروه آمار، دانشگاه پیام نور واحد ساری، ساری، ایران  
ma.seraji63@gmail.com

### چکیده

اغلب سازمان‌ها دربارهٔ چگونگی ارزیابی سرمایه‌گذاری‌های آینده فناوری اطلاعات دانش کافی ندارند. بیشتر این نوع سرمایه‌گذاری‌ها براساس معیارهای شخصی مدیریت ارشد انجام می‌گیرد، در نتیجه تعداد بسیار کمی از سازمان‌ها، دانشی عمیق دربارهٔ ارزش حاصل از هزینه صرف شده در حوزه فناوری اطلاعات دارند. در این پژوهش، روش اختیارات حقیقی به ارزش‌گذاری سرمایه‌گذاری در پروژه برنامه‌ریزی منابع بنگاهی با در نظر گرفتن دو اختیار گسترش و کوچک‌سازی پروژه بررسی شده است. براساس یافته‌های پژوهش، ارزش برآورد شده در روش اختیارات حقیقی با در نظر گرفتن انعطاف‌های مدیریتی، متفاوت با ارزش تخمینی به روش تنزیل جریان‌های نقدینگی به دست آمد؛ زیرا در تحلیل نتایج ارزش‌گذاری اختیار گسترش، ارزش فعلی دارایی برای عملیات جاری ۱۹۹/۸ میلیون تومان برآورد شده است. اگر عملیات امروز گسترش داده شود، برآورد ارزش دارایی برابر ۳۰۸/۶ میلیون تومان خواهد شد که این مقدار از ارزش دارایی بدون اعمال اختیار گسترش، بزرگ‌تر است و در نتیجه اعمال اختیار گسترش، ارزش مازادی معادل ۱۰۸/۸ میلیون تومان به همراه خواهد داشت. همچنین تحلیل نتایج ارزش‌گذاری اختیار کوچک‌سازی نشان داده است که ارزش اعمال اختیار کوچک‌سازی با استفاده از روش اختیارات حقیقی برابر ۱۱۸/۲ میلیون تومان است؛ بنابراین اعمال اختیار کوچک‌سازی، ارزش مازادی برای پروژه نخواهد داشت. در نهایت با ارزش‌گذاری اختیارات، اختیاری در نظر گرفته شده است که حداکثر ارزش را برای دارایی در بر داشته باشد و براساس آن نقشه‌ای راهبردی برای پروژه در طول یک سال عمر اختیارات تدوین شده است.

**واژه‌های کلیدی:** نظریهٔ اختیارات حقیقی، سرمایه‌گذاری، مدیریت ریسک، فناوری اطلاعات.

## مقدمه

اجازه می‌دهد از عواقب ریسک آگاه باشند، در حالت بروز اتفاقات نامطلوب با آن مقابله و در صورت مساعدبودن شرایط به بهترین شکل از آن استفاده کنند، بهترین گزینه سرمایه‌گذاری استراتژیک را انتخاب و آن را برای مدیریت ارشد و سهامداران مالی توجیه کنند [۱۹].

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در زمینه کاربرد روش اختیارات حقیقی برای توجیه پروژه‌های فناوری اطلاعات انجام شده است؛ اما در بیشتر آنها، سرمایه‌گذاری ابتدایی پروژه مد نظر قرار گرفته است. با توجه به اینکه انجام بسیاری از پروژه‌های فناوری اطلاعات، از جمله پروژه توسعه سامانه برنامه‌ریزی منابع بنگاهی<sup>۶</sup> چندین ماه به درازا می‌کشد و شرایط اقتصادی در مقاطع زمانی مختلف دستخوش تغییر می‌شود، لازم است سرمایه‌گذاری‌ها در آغاز هر یک از مراحل پروژه، با در نظر گرفتن انتخاب‌ها و عدم اطمینان‌های موجود ارزشیابی شده و براساس آن بین ریسک و منافع حاصل توازن مناسب برقرار شود. تأکید خاص این پژوهش نیز بر ارائه روشی مبتنی بر نظریه اختیارات حقیقی برای ارزیابی گزینه‌های ممکن سرمایه‌گذاری در مراحل مختلف پروژه است. با استفاده از روش پیشنهادی، مدیریت با در نظر گرفتن شرایط عدم اطمینان و انعطاف‌پذیری گزینه‌ها، فرصت‌ها را می‌تواند ارزیابی کرده و براساس ریسک‌های ویژه پروژه، بهترین تصمیم را اتخاذ کند.

## مبانی نظری

مفهوم اختیارات حقیقی برآمده از اختیارات مالی است. پایه‌های آن بر پژوهش‌های برندگان جایزه نوبل

عبارت اختیارات حقیقی<sup>۱</sup> را نخستین بار مایرز<sup>۲</sup> (۱۹۷۷) برای توصیف انعطاف‌های سرمایه‌گذاری شرکت‌ها معرفی کرد. البته پیش‌زمینه‌های نظریه اختیارات به سال‌های نسبتاً دور مربوط است، به گونه‌ای که مبانی نظریه اختیاراتی که در رساله دکترای لویس بچلیر<sup>۳</sup> (۲۰۱۱) مطرح شده است، به ۱۰۰ سال پیش مربوط است. دهه ۱۹۷۰ میلادی، دهه انقلاب در دنیای بررسی‌های مالی سرمایه‌گذاری‌ها است. بلک و شولز<sup>۴</sup> (۱۹۷۳) برای اولین بار نظریه اختیارات را به صورت سازمان‌یافته مطرح کرده و الگویی ارائه کردند که با استفاده از آن ارزش اختیارات را به طور تحلیلی می‌توان محاسبه کرد. بیشتر سازمان‌ها درباره چگونگی ارزیابی سرمایه‌گذاری‌های آینده فناوری اطلاعات<sup>۵</sup> و نیز سیستم‌های اطلاعاتی موجود در سازمان دانش کافی ندارند. بیشتر این نوع سرمایه‌گذاری‌ها براساس معیارهای شخصی مدیریت ارشد مانند اولویت‌های فردی، فعالیت‌های رقابتی و غیره انجام می‌شود [۴]. پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد حدود ۲۰ درصد پروژه‌های فناوری اطلاعات قبل از تکمیل، فسخ می‌شوند و کمتر از یک‌سوم آنها به موقع و براساس بودجه به پایان می‌رسند. مدیریت اثربخش ریسک برای جلوگیری از وقوع این مشکلات کاملاً ضروری است. در واقع انعطاف‌پذیری، فاکتور کلیدی موفقیت در توسعه سیستم‌های اطلاعاتی است [۱۳]؛ زیرا مدیریت ارشد با آن، ابزار مقابله با ریسک را بنا به مقتضیات و شرایط ریسک می‌تواند طراحی کند و توسعه دهد [۵]. روش اختیارات حقیقی به مدیران فناوری اطلاعات

1 Real Option (RO)

2 Myers

3 Bachelier

4 Black & Scholes

5 Information Technology (IT)

6 Enterprise Resource Planning (ERP)

ولی ناکامل) را مطرح کردند. تمرکز کتاب بر درک رفتار سرمایه‌گذاری شرکت‌ها و توسعه ملاحظات برای این نظریه در محیط‌های پویا بود. اینگرسل<sup>۷</sup> و همکاران (۱۹۹۹) نیز رابطه میان اختیار انتظار در سرمایه‌گذاری و کنار گذاشتن یک پروژه را براساس نظریه اختیارات حقیقی بررسی کرده‌اند. اسماعیلیان و کمال‌آبادی (۲۰۱۵) در پژوهشی، تصمیم‌های سرمایه‌گذاری را با استفاده از پویایی سیستم و اختیارات سرمایه‌گذاری واقعی ارزیابی کردند. هدف پژوهش، لحاظ کردن عدم اطمینان موجود در طرح‌های سرمایه‌گذاری و ارائه الگویی برای ارزیابی تصمیم‌های سرمایه‌گذاری با اختیارات توسعه و انقباض با استفاده از پویایی سیستم و اختیارات حقیقی بوده است. نتایج، میزان سرمایه‌گذاری لازم را برای ایجاد ظرفیت تولید مشخص در ماه به همراه کاهش قیمت فروش محصول برای کسب بیشترین سودآوری در بازه مشخص شده در الگوی شبیه‌سازی ارائه کرده است. خانی و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی تصمیم‌های تأمین مالی، زمان‌بندی بازار و سرمایه‌گذاری واقعی در بورس اوراق بهادار تهران را مطالعه کردند. در مبانی مالی، دو نظریه زمان‌بندی بازار و سرمایه‌گذاری واقعی درباره رابطه تأمین مالی برون‌سازمانی با بازده غیرعادی سهام وجود دارد. هر دو نظریه رابطه منفی بین تأمین مالی برون‌سازمانی و بازده سهام را پیش‌بینی می‌کنند.

در زمینه کاربرد نظریه اختیارات حقیقی در سرمایه‌گذاری‌های حوزه فناوری اطلاعات، پژوهش‌های متعددی انجام شده است. بالاسوبرامانیان<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از روش اختیارات حقیقی به بررسی یک روش نظام‌مند و عملی برای ارزیابی سرمایه‌گذاری‌ها در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات

اقتصاد در زمینه قیمت‌گذاری قراردادهای اختیارات مالی استوار است که بلک، مرتون<sup>۱</sup> و شولز آن را توسعه داده‌اند. نظریه قیمت‌گذاری اختیارات<sup>۲</sup> درباره انواع سرمایه‌گذاری‌ها، اعم از مالی یا غیرمالی کاربرد دارد [۱۵]؛ بنابراین نظریه اختیارات حقیقی بسطی طبیعی از نظریه قیمت‌گذاری اختیاری است و در اختیارات مالی ریشه دارد. تریجرجیس<sup>۳</sup> (۱۹۹۹) دانش پراکنده درباره اختیارات حقیقی را جمع‌آوری و سازماندهی کرد. وی به‌طور جامع تکنیک‌های بودجه‌گذاری کلان را مرور و روشی مبتنی بر نظریه ارزش‌گذاری اختیارات را ابزاری برای کمی کردن انعطاف‌پذیری معرفی کرد. او از مسائلی مانند تعاملات بین اختیارات، ارزش‌گذاری انتخاب‌های متعدد در یک سرمایه‌گذاری و ارزش‌گذاری تعاملات رقابتی در کتاب خود بحث کرد. روش مطرح‌شده در کتاب او نظری بود و به شکل‌گیری تکنیک‌های عملی بیشتری برای ارزشیابی مبتنی بر نظریه اختیارات حقیقی کمک کرد. امرام<sup>۴</sup> و کولاتیلاکا<sup>۵</sup> و همکاران (۱۹۹۹) کتابی مقدماتی درباره اختیارات حقیقی نوشتند که در آن ارزش‌گذاری اختیارات و کاربرد اختیارات حقیقی بررسی شده بود؛ ولی این کتاب روشی عملی و همراه با جزئیات برای ارزیابی اختیارات حقیقی فراهم نمی‌کرد و تنها به این مسأله اشاره کرده بود که تکنیک اختیارات حقیقی تا چه اندازه می‌تواند کاربرد داشته باشد. دیگزیت و پیندیک<sup>۶</sup> (۱۹۹۴) در کتاب خود بر مشخصه تغییرناپذیر بودن اغلب تصمیم‌های سرمایه‌گذاری و نیز عدم قطعیت حاکم بر این تصمیم‌گیری‌ها تأکید کردند. آنها ارزش اختیار انتظار برای داشتن اطلاعات بیشتر

1 Morton  
2 Option Pricing Theory  
3 Trigeorgis  
4 Amram  
5 Kulatilaka  
6 Dixit & Pindyck

7 Ingersoll  
8 Balasubramanian

پژوهشی با عنوان ارزش گذاری شرکت اینترنت چین با رویکرد اختیارات حقیقی، چگونگی کاربرد این روش را در تصمیم های مالی و اعتبارسنجی نتایج یک شرکت ارائه دهنده خدمات اینترنتی در چین بررسی کردند. بدین منظور با توجه به شرایط اقتصادی کشور چین در اقیانوس آرام، چهار سناریوی حاکم بر تصمیم های سرمایه گذاری در برگیرنده اختیارات توسعه و کوچک سازی تعریف کردند که تفاوت آنها در نرخ های متفاوت توسعه و کوچک سازی در سال های آینده است. نتیجه پژوهش نشان داد در نظر گرفتن سناریوهای چندگانه، بازده به مراتب بیشتری نسبت به در نظر گرفتن اختیارات به صورت ساده خواهد داشت. افشاری و همکاران (در نوبت انتشار) براساس یک مطالعه موردی، مزایای استفاده از نظریه اختیارات حقیقی را در مقایسه با تکنیک های مبتنی بر تنزیل جریان نقدینگی<sup>۵</sup> در تحلیل و ارزش گذاری پروژه های فناوری اطلاعات با در نظر گرفتن امکان بسط سرمایه گذاری نشان دادند.

برای محاسبه ارزش اختیار، روش های مختلف و برای هر روش نیز تکنیک های متفاوت محاسباتی پیشنهاد شده است. روش های حل و تکنیک های محاسباتی در جدول (۱) خلاصه شده است. روش معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی شامل حل معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی و شرایط مرزی مشخص است. این معادلات، تغییرات ارزش اختیار را با توجه به تغییرات متغیرهایی مشخص بیان می کند. در روش شبیه سازی، هزاران مسیر برای دارایی مبنا در طول عمر اختیار با در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت شبیه سازی می شود. در روش شبکه، شبکه هایی مشابه درخت تصمیم گیری در نظر گرفته می شود. این

اقدام کردند. آنها نشان دادند روش پیشنهادی نه تنها بر بازده سرمایه گذاری تأثیرگذار است، بلکه باعث افزایش درک درباره این مسأله می شود که چگونه محرک های عملیاتی را براساس قابلیت های تجاری و تصمیم های سرمایه گذاری می توان تنظیم کرد. کیم و ساندرز<sup>۱</sup> (۲۰۰۲) چارچوبی برای سرمایه گذاری فناوری اطلاعات مبتنی بر نظریه اختیارات حقیقی با در نظر گرفتن ارزش های فناوری اطلاعات و فعالیت های استراتژیک ارائه کردند. این چارچوب به مدیران فناوری اطلاعات در ارزیابی و تصدیق سرمایه گذاری های این حوزه کمک می کند. مورگان و نگونیاما<sup>۲</sup> (۲۰۱۵) در پژوهشی، مسأله چگونگی ارزیابی گزینه ها درباره ارتقاء زیرساخت های نرم افزاری مؤسسه را بررسی کردند. آنها براساس یک مطالعه موردی نشان دادند چگونه ترکیب ابزارهای تحلیلی رایج با روش اختیارات حقیقی، اطلاعات عمیق تری درباره زمان مناسب ارتقاء زیرساخت نرم افزاری در اختیار مدیران فناوری اطلاعات می تواند قرار دهد. امرام و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند اختیارات حقیقی در سرمایه گذاری های فناوری اطلاعات برای سهامداران ارزش در خور توجهی می تواند ایجاد کند. چاترجی و رامش<sup>۳</sup> (۱۹۹۹) در مقاله ای با عنوان اختیارات حقیقی برای مدیریت ریسک پروژه های فناوری اطلاعات، بررسی کردند که چگونه تکنیک های اختیارات حقیقی را برای تحلیل و مدیریت ریسک با در نظر گرفتن نوآوری های تکنولوژیکی می توان استفاده کرد. همچنین فرایندی چارچوب محور، مناسب برای مدیریت ریسک پروژه های نرم افزاری ارائه کردند. گو و زمسکال<sup>۴</sup> (۲۰۱۶) در

1 Kim &amp; Sanders

2 Morgan &amp; Ngwenyama

3 Chatterjee &amp; Ramesh

4 Guo &amp; Zmeskal

برگشت دادن آنها به صورت بازگشتی تعیین می‌شود. رایج‌ترین شبکه استفاده شده، درخت دوجمله‌ای است.

شبکه‌ها نمایشگر تغییرات ممکن ارزش دارایی در طول عمر اختیار است. راه حل مناسب با بهینه‌سازی تصمیم‌های آینده در نقاط مختلف تصمیم‌گیری و

### جدول (۱) تکنیک‌های ارزشیابی در نظریه اختیارات حقیقی

روش استفاده شده	تکنیک ارزشیابی نظریه اختیارات حقیقی
استفاده از معادلات بلک-شولزو معادلات مشابه، روش‌های عددی مانند روش تفاضل محدود	معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی
مونت کارلو	شبیه‌سازی

### روش پژوهش

در ارزش‌گذاری با درخت دوجمله‌ای ابتدا متغیر ورودی تعیین می‌شود؛ سپس با به کارگیری استقرای پس‌رو، هر کدام از اختیارات ارزش‌گذاری می‌شود. مراحل انجام این ارزش‌گذاری عبارتست از تعریف پارامترهای ورودی، محاسبه منافع و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و ارزشیابی سرمایه‌گذاری به روش ارزش خالص حال<sup>۱</sup>. پارامترهای ورودی در الگوهای ارزش‌گذاری اختیارات حقیقی در قالب ارزش فعلی دارایی، تغییر پذیری، عمر اختیارات و نرخ بهره بدون ریسک و بازه زمانی تعریف می‌شود. این پارامترها در جدول (۲) آورده شده است. با توجه به اینکه الگوی پیشنهادی برای یک پروژه برنامه‌ریزی منابع بنگاهی اجرا و نتایج در بخش بعدی ارائه شده، در جدول‌های (۲)، (۳) و (۴) مقادیر پارامترها و فرضیه‌های این مطالعه موردی نیز آمده است.

الگوی پژوهش، روشی مرحله‌ای برای ارزشیابی و برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری‌های فناوری اطلاعات است. در مرحله اول، امکان به کارگیری تحلیل اختیارات حقیقی در تصمیم سرمایه‌گذاری بررسی می‌شود. در پژوهش حاضر یکپارچه‌سازی سیستم‌های سازمانی در یک قالب پروژه برنامه‌ریزی منابع بنگاهی بررسی شده است. نظر به اینکه موفقیت پروژه نیازمند پذیرش کامل از سوی صاحبان منافع سازمان است و نپذیرفتن این فناوری نرم‌افزاری، موفقیت تجاری آن را نیز به مخاطره خواهد انداخت. در چنین شرایطی تصمیم‌گیری، عدم قطعیت دارد و در نتیجه استفاده از نظریه اختیارات حقیقی برای ارزشیابی سرمایه‌گذاری مناسب است. در مرحله دوم گزینه‌های ممکن در سرمایه‌گذاری شناسایی می‌شوند. براساس شرایط پروژه و مصاحبه با خبرگان، گزینه‌های سرمایه‌گذاری برای پروژه عبارتند از گسترش و کوچک‌سازی (انقباض). در مرحله سوم، ارزش اختیارات حقیقی با استفاده از یکی از ابزارهای اختیارات حقیقی (درخت دوجمله‌ای) ارزشیابی می‌شود.

<sup>1</sup> Net Present Value (NPV)

### جدول (۲) پارامترهای ورودی در الگوی ارزش گذاری اختیارات حقیقی

ارزش فعلی دارایی $S_0$	۱۹۹/۸ میلیون تومان
تغییرپذیری ارزش دارایی $\sigma$	۰/۲
عمر اختیارات $t$	۱ سال
نرخ بهره بدون ریسک $r$	۰/۱۵
گام‌های زمانی $\Delta t$	۳ ماه

است. به طور معمول سرمایه گذاری‌های استراتژیک فناوری اطلاعات، نیازمند زیرساخت و سرمایه اولیه در خورتوجه است و بازگشت سرمایه در درازمدت انجام می‌شود. در این پژوهش، منافع و هزینه‌ها مبتنی بر اساس نظرات خبرگان به دست آمده‌اند.

گام بعدی، محاسبه منافع و هزینه‌های سرمایه گذاری است. شناسایی ارزش تجاری سرمایه گذاری‌های پروژه برنامه‌ریزی منابع بنگاهی، فرایندی پیچیده است؛ زیرا قابلیت‌های این نوع از سیستم‌های اطلاعاتی بندرت از پیش به لحاظ کمی مشخص هستند و اندازه گیری منافع آن و تأثیر عدم قطعیت و نامطمئن بر آن امری مشکل

### جدول (۳) فرضیه‌های سرمایه گذاری

جمع کل درآمدهای سالیانه	۸۴ میلیون تومان
متوسط هزینه سالیانه راه‌اندازی	۶۰ میلیون تومان
هزینه نگهداری سالیانه سیستم	۱ میلیون تومان
طول دوره راه‌اندازی طرح	۱ سال
عمر مفید سیستم	۵ سال

را نشان می‌دهد. نرخ تنزیل در این پروژه برابر ۱۵ درصد در نظر گرفته شده است. اعداد جدول (۴) برحسب میلیون تومان است.

در روش‌های سنتی مانند ارزش خالص حال، عدم اطمینان در منافع و هزینه‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. جدول (۴) نتایج تحلیل و ارزشیابی سرمایه گذاری سنتی

### جدول (۴) محاسبه ارزش خالص حال برای پروژه برنامه‌ریزی منابع بنگاهی

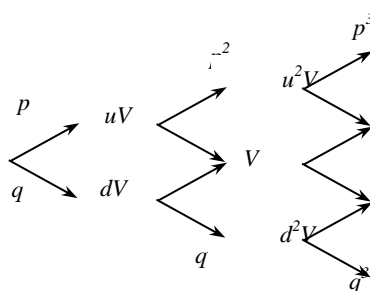
سال	درآمدها	هزینه‌های نگهداری	هزینه اولیه سرمایه گذار	مجموع هزینه‌ها	هزینه ناشی از استهلاك (۱۰ درصد هزینه تجهیزات)	درآمدها پس از کسر مالیات (معادل ۵ درصد درآمدها)
۹۲	۰	۰	۶۰/۰	۶۰/۰	۱/۰	-
۹۳	۸۴	۱/۰	۰	۱/۰	۱/۰	۷۹/۸
۹۴	۸۴	۱/۰	۰	۱/۰	۱/۰	۷۹/۸
۹۵	۸۴	۱/۰	۰	۱/۰	۱/۰	۷۹/۸
۹۶	۸۴	۱/۰	۰	۱/۰	۱/۰	۷۹/۸
۹۷	۸۴	۱/۰	۰	۱/۰	۱/۰	۷۹/۸

کاکس، راس و راینستین (۱۹۷۹) روشی جایگزین برای ارزشیابی اختیارات با استفاده از دیدگاه دوجمله‌ای و در هر بازه زمانی مشخص ابداع کردند. در این الگو، ارزش دارایی اصلی تحت شرایط ریسکی (V) در بازه‌های زمانی مختلف و به صورت توزیع دوجمله‌ای چندگانه محاسبه می‌شود (شکل ۱). ارزشیابی از زمان صفر ( $t_0$ ) شروع می‌شود. در یک بازه زمانی  $\Delta t$ ، V ممکن است به احتمال  $p$  زیاد شود و به  $uV$  افزایش یابد ( $u > 1$ ) و به احتمال  $q = 1 - p$  کم شود و به مقدار  $dV$  برسد ( $d < 1$ ). فرض می‌شود  $d < 1 + r < u$  و  $r$  نرخ برگشت بدون ریسک است.

ارزش خالص حال، حاصل کسر ارزش فعلی هزینه‌ها از ارزش فعلی منافع است. رابطه (۱) فرم استاندارد معادله ارزش خالص حال را نشان می‌دهد، وقتی نرخ تنزیل ثابت و معادل با هر دوره زمانی تنزیل فرض شده است. با توجه به این رابطه، مقدار ارزش خالص حال برابر با  $۱۹۹/۸$  میلیون تومان به دست می‌آید.

(۱)

$$NPV_0 = \sum_0^n F_{benefits,n} \left(\frac{1}{1+r}\right)^n - \sum_0^n F_{costs,n} \left(\frac{1}{1+r}\right)^n$$



شکل (۱) درخت دوجمله‌ای چندگانه

(۴)

$$C_u = \max [0, uV - I] \quad C_d = \max [0, dV - I]$$

I مقدار سرمایه گذاری لازم برای اعمال اختیار است. اگر  $p$  را به صورت  $p = \frac{\exp(r \times \Delta t) - d}{u - d}$  تعریف کنیم، ارزش اختیار خرید C در زمان  $t=0$  براساس شکل (۲) محاسبه می‌شود. معادله اختیار خرید دوجمله‌ای، ارزش اختیار را در حالت‌های مختلف تصمیم‌گیری محاسبه می‌کند. درخت‌های دوجمله‌ای را به صورت چندگانه و در بازه‌های زمانی مختلف  $\Delta t$  می‌توان توسعه داد. به صورت الگوریتمی باید از انتهای درخت (در زمان  $n \times \Delta t$ ) شروع کرد و به صورت

براساس فرضیه‌های توزیع دوجمله‌ای، نوسان‌های

ارزش از توابع زیر پیروی می‌کنند:

(۲)

$$u = \exp(\sigma \sqrt{\Delta t})$$

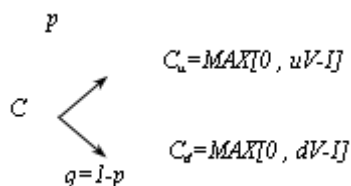
(۳)

$$d = \left(\frac{1}{u}\right) = \frac{1}{\exp(\sigma \sqrt{\Delta t})}$$

N برابر تعداد گام‌های درخت دوجمله‌ای و  $\sigma$

نوسان‌پذیری است که با عنوان انحراف معیار استاندارد تابع توزیع لوگ نرمال برگشت سرمایه پیوسته پروژه مطرح می‌شود. ارزش نهایی اختیار خرید C در شرایط نوسان ارزش از رابطه زیر به دست می‌آید.

بازگشتی، ارزش اختیار در هر گره قبلی را محاسبه کرد.



شکل (۲) معادله اختیار خرید دوجمله‌ای

### یافته‌های پژوهش

- (۶) همانگونه که در بخش قبل اشاره شد، الگوی پیشنهادی به عنوان نمونه برای یک پروژه واقعی توسعه سیستم مدیریت منابع بنگاهی اجرا و نتایج تحلیل شده است. پارامترهای لازم برای ساخت درخت دوجمله‌ای براساس مقادیر ارائه شده در جدول (۲) به شرح زیر است:

$$u = \exp(\sigma\sqrt{\Delta t}) = 1/1.0517$$

$$d = \left(\frac{1}{u}\right) = \frac{1}{\exp(\sigma\sqrt{\Delta t})} = 0.9484$$

$$p = \frac{\exp(r \times \Delta t) - d}{u - d} = 0.66575$$

(۵)

$$S_0 = 199/8$$

۲۹۸/۰۶				
	۲۶۹/۷۰			
۲۴۴/۰۳		۲۴۴/۳۵		
	۲۲۰/۸۱		۲۲۰/۸۰	
۱۹۹/۸		۱۹۹/۸۰		۱۹۹/۸۰
	۱۸۰/۷۸		۱۸۰/۷۸	
۱۶۳/۵۸		۱۶۳/۵۸		
	۱۴۸/۰۱			
۱۳۳/۹۳				

شکل (۳) تغییر ارزش شرکت برای یک سال

حجم عملیات در نظر گرفته شده است. این اختیار با استفاده از استقرار پسر و از آخرین گره‌های درخت دوجمله‌ای که نشان‌دهنده آخر مرحله زمانی است،

در ادامه درخت دوجمله‌ای برای اختیار گسترش تشکیل شده و ارزش‌های مدنظر محاسبه می‌شود. اختیار گسترش این پروژه با فاکتور ۲ یعنی دو برابر کردن



پژوهش، هزینه گسترش با عامل ۲ در نظر گرفته شده و هزینه حاصل به صورت زیر است:

$$C_B = \left( \left( \frac{2}{1} \right)^{0.6} \times 60 \right) = (1.0) 90 / 9432$$

که این هزینه سرمایه‌گذاری همان هزینه اجرای اختیار است. در نتیجه ارزش مدنظر دارایی با اجرای اختیار گسترش (دوبرابر کردن) برابر است با:

(۱۱)

$$NPV = -90 / 29432 \times 298 / 0.656 = 50.5 / 188$$

(۱۲)

$$NPV = -90 / 29432 \times 244 / 0.359 = 397 / 1286$$

(۱۳)

$$NPV = -90 / 29432 \times 199 / 8 = 30.8 / 6568$$

(۱۴)

$$NPV = -90 / 29432 \times 163 / 5833 = 236 / 22$$

(۱۵)

$$NPV = -90 / 29432 \times 133 / 9315 = 176 / 9198$$

یعنی گره‌های  $S_0$  تا  $S_0u^4$  ارزش گذاری شده است. برای شروع در گره  $S_0u^4$ ، ارزش مدنظر،  $298/0.6$  میلیون تومان است. با اختیار دو برابر کردن حجم عملیات، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و ارزش مدنظر دارایی تغییر می‌کند. برای تخمین هزینه از قانون  $0/6$  استفاده شده است. هزینه‌های تقریبی در صورتی محاسبه شدنی است که هزینه مورد مشابه در اندازه و ظرفیت مختلف شناخته شده باشد. قانون سرانگشتی در طول سالیان در قالب قانون  $0/6$  نتایج مطلوبی ارائه داده است. این مفهوم به صورت زیر بیان شده است:

(۹)

$$C_B = C_A \cdot \left( \frac{S_B}{S_A} \right)^{0.6}$$

در رابطه فوق،  $C_A$  هزینه شناخته شده برای اندازه  $A$ ،  $C_B$  هزینه تقریبی برای اندازه پروژه و  $\frac{S_B}{S_A}$  نسبتی است که عامل اندازه شناخته می‌شود و بی بعد است. در این

۵۰.۵/۱۸				
	۴۴۸/۴۶			
۳۹۷/۱۲		۳۹۷/۱۲		
	۳۵۰/۶۸		۳۵۰/۶۸	
۳۰.۸/۶۵		۳۰.۸/۶۵		۳۰.۸/۶۵
	۲۷۰/۶۳		۲۷۰/۶۳	
۲۳۶/۲۲		۲۳۶/۲۲		
	۲۰.۵/۰.۹			
۱۷۶/۹۲				

شکل (۴) عایدی شرکت با اعمال اختیار گسترش

محاسبات ارزش اختیار در هر گره از درخت با استفاده از استقرار بازگشتی انجام گرفته است. در محاسبه ارزش گره با روش پس‌رو ابتدا برای گره‌های لایه آخر

مرحله نهایی در ساخت درخت دوجمله‌ای، محاسبه ارزش هر یک از اختیارات پروژه است. در ادامه اختیار گسترش پروژه ارزش گذاری شده است.

برای لایه ماقبل نیز تکرار می‌کنیم. الگوریتم مزبور را به صورت فرمول ریاضی می‌توان در نظر گرفت:

(۱۶)

$$C_{ij} = \text{MAX}[(A_{j+1,j}P + A_{j+1,j+1}(1 - P))e^{-rt}; B_{ij}]$$

$$i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m_i$$

شکل (۳) و شکل (۴) بیشینه مقدار گره‌ها محاسبه و در گره متناظر شکل (۵) قرار داده می‌شود؛ سپس برای گره‌های مربوط به لایه ماقبل آخر نیز ابتدا ارزش میانگین دو گروه مرتبط در لایه آخر شکل (۳) محاسبه و آن را با مقدار گره متناظر در شکل (۴) مقایسه و بیشینه آن را در گره متناظر در شکل (۵) قرار می‌دهیم. پس از تعیین تمام مقادیر برای یک لایه، این رویه را

۵۰۵/۱۸				
گسترش	۴۵۱/۸۰			
۳۹۷/۱۲	انتظار تا دوره بعد	۴۰۳/۶۹		
گسترش	۳۵۴/۰۳	انتظار تا دوره بعد	۳۶۰/۳۵	
۳۰۸/۶۵	انتظار تا دوره بعد	۳۱۵/۲۲	انتظار تا دوره بعد	۳۰۸/۶۵
گسترش	۲۷۳/۹۸	انتظار تا دوره بعد	۲۷۳/۶۳	گسترش
۲۳۶/۲۳	انتظار تا دوره بعد	۲۳۶/۲۳	انتظار تا دوره بعد	
گسترش	۲۰۵/۰۹	انتظار تا دوره بعد		
۱۷۶/۹۲	انتظار تا دوره بعد			
گسترش				

شکل (۵) ارزش نهایی گره‌ها با اعمال اختیار گسترش

انتظار تا دوره بعد اتخاذ می‌کند. اگر مقدار این گره از مقدار گره مربوط به اختیار کوچک‌تر باشد، سرمایه‌گذار از اختیار مربوط استفاده می‌کند و در غیر این صورت ارزش فعلی مدنظر حالت‌های آینده بیشتر از عایدی ناشی از اختیار است؛ بنابراین منطقی است که سرمایه‌گذار، استفاده از اختیار را به آینده موکول کند. نحوه محاسبه در شکل (۵) نشان داده شده است [۲].

در رابطه (۱۶)  $i$  نشان‌دهنده لایه و  $j$  ردیفی است که گره در آن قرار دارد. عدد ردیف‌ها از بالا به پایین افزایش می‌یابد.  $A_{ij}$  نشان‌دهنده گره‌های مربوط به فرایند تغییرات ارزش است و  $B_{ij}$  نشان‌دهنده گره‌های شکل (۲) و یا به طور کلی گره‌های مربوط به اختیار مدنظر است.  $C_{ij}$  نیز گره نهایی و نشان‌دهنده تصمیم بهینه‌ای است که سرمایه‌گذار درباره اعمال اختیار یا

ارزش دارایی با در نظر گرفتن اختیار کوچک‌سازی با استفاده از قانون حداکثرسازی سود و مقایسه بین  $NPV_1$  (ارزش دارایی با اعمال اختیار) و ارزش دارایی بدون اعمال اختیار در گره  $S_0u^4$  از رابطه زیر محاسبه شدنی است.

(۲۱)

The value at  $S_0u^4$  node = max ( $NPV_1$ , the expected value at  $S_0u^4$ )

$$= \max (298/167, 0.656/362) = 298/0.656$$

این مراحل برای ارزش‌گذاری اختیار کوچک‌سازی در سایر گره‌های ماه آخر از عمر اختیار انجام داده شده است. در ادامه با حرکت به سمت نقاط داخلی، در یک گام پیش از آخرین گام یعنی  $S_0u^4$ ، ارزش اختیار برابر بیشینه مقدار  $NPV_1$  محاسبه شده از فرمول زیر و  $NPV_2$  مدنظر از نصف حجم کار است.

(۲۲)

$$NPV_1 = 169/832$$

$$NPV_2 = (0.5 \times \text{expected asset value at } S_0u^4 \text{ node})$$

$$+ \text{Saved money} = 94/984$$

در نتیجه ارزش دارایی با در نظر گرفتن اختیار کوچک‌سازی برابر رابطه زیر است:

(۲۳)

The value at  $S_0u^3$  = max ( $NPV_1, NPV_2$ )

$$= \max (169/832, 94/984)$$

با حرکت به سمت چپ و آخرین گره ( $S_0$ )، محاسبات ذکر شده در بالا برای سایر گره‌ها نیز انجام شده است. در نهایت درخت کامل به صورتی تکمیل می‌شود که در شکل (۶) نشان داده شده است.

اختیار انتخاب در واقع یک اختیار واحد است که یک اختیار فروش (کوچک‌سازی) یا خرید (اختیار گسترش) می‌تواند قلمداد شود. در این پژوهش، هزینه گسترش با فاکتور ۲ و کوچک‌سازی با فاکتور ۰/۵

برای ارزش‌گذاری اختیار کوچک‌سازی، همانند اختیارات قبلی، از استقرای پس‌رو در هر گره از درخت دو جمله‌ای استفاده شده است. با شروع از گره پایانی یعنی گره  $S_0u^4$  ارزش‌گذاری اختیار بررسی شده است. در اختیار برای کوچک‌سازی پروژه، عامل ۰/۵ نسبت کاهش حجم عملیات در نظر گرفته شده است. برای محاسبه هزینه اعمال اختیار کوچک‌سازی پروژه همانند قبل از قانون ۰/۶ استفاده شده است. در تخمین ارزش اختیار کوچک‌سازی، ارزش به دست آمده از صرفه‌جویی‌های هزینه‌ای یا درآمد حاصل از فروش بخشی از تجهیزات پروژه به عنوان دستاورد اختیار لحاظ می‌شود. این ارزش نیز با ارزش خالص حال به دست آمده از دارایی اضافه می‌شود. بعد از محاسبه مقدار ارزش خالص حال، این مقدار با ارزش به دست آمده برای ادامه کار مقایسه شده است و بیشترین مقدار به عنوان ارزش مدنظر دارایی با در نظر گرفتن اختیار لحاظ شده است.

(۱۷)

$$X = \left( \left( \frac{0.5}{1} \right)^{0.6} \times 60 \right) = 39/58$$

برای تخمین هزینه ذخیره شده (دستاورد) حاصل از اجرای اختیار کوچک‌سازی، از قانون ۰/۶ استفاده شده است. بدین ترتیب که ابتدا از هزینه سرمایه‌گذاری کل، هزینه تخمین زده شده با عامل کوچک‌سازی ۰/۵ کسر شده و با اعمال ۱۰ درصد استهلاک، دستاورد اجرای این اختیار برآورد شده است.

(۱۸)

$$\text{Capital cost} - x = 60 - 39/58 = 20/415$$

(۱۹)

$$\text{Saved money} = 18/20373/415 - (0.1 \times 20/415)$$

(۲۰)

$$NPV_1 = 18/373 \times 167/362 + 298/0.656/5$$

ارزش مدّ نظر دارایی با اجرای اختیار کوچک سازی  $NPV_2$  از رابطه زیر محاسبه می شود:

(۲۵)

$$NPV_2 = (167/18362/373+) (0/5 \times 298/0656)$$

در این گره از درخت دوجمله ای، اختیار گسترش بیشترین ارزش مدّ نظر را برای پروژه در پی دارد؛ بنابراین ارزش مربوط به این اختیار با توجه به قانون پیشینه سازی سود به صورت ارزش این گره از درخت لحاظ می شود. برای تمام گره های ماه آخر از عمر اختیار به همین صورت ارزش اختیارات محاسبه می شود.

(۲۶)

The value at  $S_0u^4 =$

$$\text{Max}(505/188, 167/362, 298/0656) = 505/188$$

بر اساس قانون ۰/۶ به ترتیب ۳۰۸/۶۵ و ۱۱۸/۲۷ میلیون تومان برآورد شده است. برای بررسی اختیار انتخاب، ابتدا درخت دوجمله ای با توجه به ارزش های مدّ نظر برای پروژه ساخته شده است؛ سپس برای ارزش گذاری اختیارات چندگانه در هر گره و به دست آوردن اختیار مناسب (با بیشترین ارزش) از گره  $S_0u^4$  شروع کرده و در یک استقرای بازگشتی تمامی گره های درخت ارزش گذاری شده اند. ارزش مدّ نظر پروژه با هر کدام از اختیارات به صورت زیر محاسبه شده است. در این رابطه  $NPV_1$  ارزش مدّ نظر دارایی با اجرای اختیار گسترش است.

(۲۴)

$$NPV_1 = (90/9432)2 \times 298/0656 = 505 - 188$$

۲۹۸/۶۵				
انتظار تا دوره بعد	۱۶۹/۸۳			
۲۴۴/۳۵	کوچک سازی	۱۴۰/۳۹		
انتظار تا دوره بعد	۱۳۹/۴۷	کوچک سازی	۱۲۸/۷۷	
۱۹۹/۸۰	کوچک سازی	۱۱۸/۲۷	کوچک سازی	۱۱۸/۲۷
انتظار تا دوره بعد	۱۱۳/۸۴	کوچک سازی	۱۰۸/۷۶	کوچک سازی
۱۶۳/۵۸	کوچک سازی	۱۰۰/۱۶	کوچک سازی	
انتظار تا دوره بعد	۹۳/۲۰	کوچک سازی		
۱۳۳/۹۳	کوچک سازی			

شکل (۶) درخت دوجمله ای برای اختیار کوچک سازی

(۲۸)

$$NPV_2 = (2 \times \text{the asset expected value}) - (\text{Strike price}) = (2 \times 269/7012) - 90/9432 = 448/459$$

با حرکت به سمت نقاط داخلی و با شروع از گره

$S_0u^3$  سایر گره ها بر اساس روابط زیر ارزش گذاری

شده اند:

(۲۷)

$$NPV_1 = ((P \times S_0u^4) + ((1-p) \times (S_0u^3d))) \times (\exp(-r \times \delta t)) = 284/504$$

(۲۹)

$$NPV_3 = (0.5 \times \text{the asset expected value}) + \text{saved money} = (0.5 \times 269,701.2) + 18,373 = 153,223$$

از بین این دو ارزش اختیار، با توجه به قانون پیشینه‌سازی سود، اختیار گسترش به صورت ارزش این گره از درخت انتخاب می‌شود.

(۳۰)

$$\text{The value at } S_{0u^3} \text{ node} = \text{Max} (448/459, 153/223)$$

$$(284/504 = 448/459)$$

در هر گره از درخت دو جمله‌ای، از بین اختیار گسترش و کوچک‌سازی اختیاری انتخاب می‌شود که حداکثر ارزش را تولید کند. این مراحل تا تکمیل تمامی گره‌ها ادامه می‌یابد و در هر گره، اختیاری در نظر گرفته می‌شود که بیشترین دستاورد را برای دارایی مد نظر به همراه داشته باشد.

۵۰۵/۱۸					
گسترش	۴۴۸/۴۵				
۳۹۷/۱۲	گسترش	۳۹۷/۱۲			
گسترش	۳۵۰/۶۸	گسترش	۳۵۰/۶۸		
۳۰۸/۶۵	گسترش	۳۰۸/۶۵	گسترش	۳۰۸/۶۵	
گسترش	۲۷۰/۶۳	گسترش	۲۷۰/۶۳	گسترش	۲۷۰/۶۳
۲۳۶/۲۲	گسترش	۲۳۶/۲۲	گسترش		
گسترش	۲۰۵/۹۴	گسترش			
۱۷۶/۹۱	گسترش				
گسترش					

### شکل (۷) درخت دو جمله‌ای برای اختیار انتخاب

#### نتایج و پیشنهادها

این مطالعه با بررسی جامع پژوهش‌های انجام شده در گذشته، تحلیل اختیارات حقیقی را تکنیکی برتر در مقایسه با روش‌های مبتنی بر تنزیل جریان نقدینگی برای در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت که از جمله مختصات بارز پروژه‌های فناوری اطلاعات است، در تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری فناوری اطلاعات معرفی می‌کند. براساس نتایج، یافته‌ها با در نظر گرفتن انعطاف‌پذیری در مدیریت، ارزش برآورد شده به روش

در تحلیل نتایج نهایی ارزش‌گذاری اختیار انتخاب، مقدار ارزش خالص حال پروژه براساس روش تنزیل جریان نقدینگی، ۱۹۹/۸ میلیون تومان است که با ارزش محاسبه شده به روش اختیارات حقیقی مقایسه می‌شود. تفاوت ۱۰۸/۸۵ میلیون تومانی مقداری در خور توجه بوده و ارزش افزوده‌ای است که با استفاده از نظریه اختیارات حقیقی و در نتیجه تصمیم‌گیری‌های مدیریتی به ارزش پروژه افزوده شده است.

برای متخصصان مالی و فناوری اطلاعات چندان شناخته شده نبوده و دسترسی به خبرگان مطلع در این زمینه با دشواری‌هایی همراه بوده است.

### منابع

- [1] Afshari, A. J., Omran, M. M., & Rasouli, S. (in press). Managing information technology investments with real options analysis (in Persian). *International Journal of Industrial Engineering & Production Management*.
- [2] Amram, M. & Kulatilaka, N. (1999). *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Boston: Harvard Business School Press.
- [3] Amram, M., Kulatilaka, N., & Henderson, J. (1999). Taking an option on IT: Technology value-real options theory evaluates technology investments by linking them to the financial market. *CIO Magazine*. 12: 46-53.
- [4] Andresen, J. (2001). *A Framework for Selecting an IT Evaluation Method in the Context of Construction*. PhD Thesis at Technical University of Denmark.
- [5] Avison, D.E., Powell, P. L., Keen, P., Klein, J.H., & Ward, S. (1995). Addressing the need for flexibility in information systems. *Journal of Management Systems*. 7(2): 43-60.
- [6] Bachelier, L. (2011). *Louis Bachelier's Theory of Speculation: the Origins of Modern Finance*. Princeton NJ: Princeton University Press.
- [7] Balasubramanian, P., Kulatilaka, N., & Storck, J. (2000). Managing information technology investments using a real-options approach. *The Journal of Strategic Information Systems*. 9(1): 39-62.
- [8] Black, F., & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *The Journal of Political Economy*. 81: 637-654.
- [9] Chatterjee, D., & Ramesh V. C. (1999). Real options for risk management in information technology projects. In: *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Hawaii international conference on system sciences*.

اختیارات حقیقی متفاوت با ارزش تخمینی با روش تنزیل جریان نقدینگی به دست آمد؛ زیرا در تحلیل نتایج ارزش گذاری اختیار گسترش، ارزش فعلی دارایی برای عملیات جاری ۱۹۹/۸ میلیون تومان برآورد شد. اگر عملیات امروز گسترش داده شود، ارزش دارایی برابر ۳۰۸/۶۵ میلیون تومان برآورد می‌شود که این مقدار از ارزش دارایی بدون اعمال اختیار گسترش، بزرگ‌تر است. در نتیجه اعمال اختیار گسترش، ارزش مازادی معادل ۱۰۸/۸۵ میلیون تومان به همراه خواهد داشت و در نهایت نقشه‌ای راهبردی برای پروژه در طول یک سال عمر اختیارات در نظر گرفته شده است.

با توجه به روند پژوهش‌ها در زمینه به کارگیری نظریه اختیارات حقیقی در سرمایه‌گذاری‌های حوزه فناوری اطلاعات، برخی حوزه‌های پیشنهادی برای پژوهش‌های آینده عبارتست از: شناسایی و تعریف اختیارات با توجه به مختصات ویژه هر یک از مراحل چرخه عمر پروژه‌های توسعه سیستم‌های اطلاعاتی، تدوین ساز و کار مناسب برای تلفیق نظرات خبرگان در شناسایی اختیارات و پیش‌بینی عواید و هزینه‌ها، تلفیق نظریه اختیارات حقیقی با نظریه بازی‌ها براساس فضای رقابتی در محصولات و خدمات فناوری اطلاعات و بررسی چالش‌های سازمانی، محیطی و عملیاتی برای نهادینه‌سازی کاربرد نظریه اختیارات حقیقی در تحلیل سناریوهای سرمایه‌گذاری در حوزه فناوری اطلاعات.

یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های پژوهش، به محدودیت ذاتی تکنیک‌های تحلیل سرمایه‌گذاری مربوط است. در این تکنیک‌ها، لازم است جریان آینده درآمدها و هزینه‌ها پیش‌بینی شود و مقادیر حاصل تابعی از پارامترها و شرایط مفروض و همچنین روابط به کار گرفته شده باشد. همچنین نظریه اختیارات حقیقی

- [17] Khani, A., Afshari, H., & Hosseini, M. (2013). Examining of financial decisions, market timing and real investment on Tehran Stock Exchange (in Persian). *Asset Management & Financing*. 1 (1):109-122.
- [18] Kim, Y.J., & Sanders, L.G. (2002). Strategic actions in information technology investment based on real option theory. *Decision Support systems*. 33(1): 1-11.
- [19] Kumar, R.L. (2002). Managing risks in IT projects: an options perspective. *Journal of Information & Management*. 40(1): 63-74.
- [20] Morgan, H. M., & Ngwenyama, O. (2015). Real options, learning cost and timing software upgrades: Towards an integrative model for enterprise software upgrade decision analysis. *International Journal of Production Economics*. 168: 211-223.
- [21] Myers, S. (1977). Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics*. 5(2):147-175.
- [22] Trigeorgis, L. (1999). *Real Options and Business Strategy*. London: Haymarket House Press.
- [10] Cox, J.C., Ross, S.A., & Rubinstein, M. (1979). Option pricing: a simple approach. *Journal of Financial Economics*. 7(1): 229-263.
- [11] Dixit, A. K., & Pindyck, R.S. (1994). *Investment under Uncertainty*. Princeton: Princeton University Press.
- [12] Esmailian, M., & Kamal-Abadi, M. M. (2015). Evaluation of investment decision using system dynamics and real options (in Persian). *Asset Management & Financing*. 3 (1):1-22.
- [13] Evans, J.S. (1991). Strategic flexibility for high technology maneuvers: a conceptual framework. *Journal of Management Studies*. 28(1): 69-89.
- [14] Guo, J., & Zmeskal, Z. (2016). Valuation of the China internet company under a real option approach. *Perspectives in Science*. 7: 65-73.
- [15] Hull, J. (2002). *Fundamentals of Futures and Options Markets*. New Jersey: Prentice Hall.
- [16] Ingersoll, Jr., Jonathan, E., & Ross, S. A. (1999). Waiting to invest: investment and uncertainty. *Journal of Business*. 65(1): 1-29.

