



## Project Economic Valuation Using Asian Real Option Approach

A. Esfahanipour\* & Z. Shahrokhshahi

Akbar Esfahanipour, Department of Industrial Engineering and Management Systems, Amirkabir University, Tehran, Iran  
Zahra Shahrokhshahi, Department of Industrial Engineering, Mazandaran University of Science and Technology, Babol, Iran

### Keywords

project evaluation,  
Real option, Asian option,  
Asian real option,  
Binomial bushy tree

### ABSTRACT

*Real option is a promising approach for valuation of projects especially under uncertainty conditions. However many researchers believe that the results of this approach cannot be completely relied, because real option overestimates value of inherent flexibilities in projects. The main reason for overestimation of the flexibilities is to apply valuation procedures of financial options in real options while these two options have some differences. In this paper, we apply Asian real option approach for valuation of projects in order to become more realistic. Asian option is a kind of financial option that its value, despite of ordinary options, depends on price variation of underlying asset during a period of time. This study utilizes binomial bushy tree for valuation of Asian option. Our proposed approach has been applied in a real project. As expected, the Asian real option estimates the value of flexibilities inherent in the project less than the plain vanilla option.*

© 2013 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 24, No. 3, All Rights Reserved

\*  
Corresponding author. Akbar Esfahanipour  
Email: [esfahaa@aut.ac.ir](mailto:esfahaa@aut.ac.ir)

## ارزشگذاری اقتصادی پروژه ها به روش اختیار واقعی آسیایی

اکبر اصفهانی پور\* و زهرا شاهرخشاهی

### چکیده:

### کلمات کلیدی

روش اختیار واقعی یکی از روشهای مورد توجه برای ارزش گذاری اقتصادی پروژه ها در شرایط عدم قطعیت است. با این حال بسیاری بر این باورند که نمی توان به نتایج این روش کاملا تکیه کرد زیرا اختیار واقعی، ارزش انعطاف پذیری های مرتبط با پروژه ها را دست بالا محاسبه می کند. یکی از دلایل عمده برآورد نامناسب ارزش انعطاف پذیری ها، بکارگیری مدلهای ارزشگذاری اختیاریهای مالی برای اختیاریهای واقعی است، درحالیکه این دو نوع اختیار دارای تفاوتهایی می باشند. در این مقاله ارزشگذاری اقتصادی پروژه ها با استفاده از اختیار واقعی آسیایی جهت نزدیک نمودن اختیاریهای واقعی به شرایط دنیای واقعی بکار گرفته شده است. اختیار آسیایی نوعی از اختیاریهای مالی است که ارزش آن برخلاف اختیاریهای معمولی وابسته به تغییرات قیمت دارایی پایه در طول زمان است. در این مطالعه برای ارزشگذاری اختیار آسیایی از روش درخت دوجمله ای انبوه استفاده شده است. رویکرد پیشنهادی این مقاله برای ارزشگذاری یک پروژه واقعی بکار گرفته شد. همانطور که انتظار می رفت، نتایج حاصل از رویکرد اختیار آسیایی واقعی به دلیل برآورد مطابق با شرایط واقعی، انعطاف پذیری ها را کمتر از اختیارات معمولی برآورد می کند.

ارزشگذاری پروژه،  
اختیار واقعی، اختیار آسیایی،  
اختیار آسیایی واقعی،  
درخت دوجمله ای انبوه

### ۱. مقدمه

(ارزش استراتژیک) برابر ارزش فعلی خالص دارایی به علاوه ارزش انعطاف پذیری تصمیم گیرندگان می باشد (Trigeorgis, 1991). اختیار در بازارهای مالی به معنای داشتن حق خرید یا فروش یک دارایی مشخص در زمان و با قیمت از پیش تعیین شده است. ارزش دارایی در زمان ایجاد اختیار با عنوان ارزش اولیه دارایی، قیمت مشخص شده برای قیمت خرید یا فروش دارایی در آینده با عنوان قیمت اعمال اختیار و زمان تعیین شده برای تصمیم گیری در مورد این حق زمان اعمال اختیار شناخته می شوند. در ادبیات موضوع به ارزش گذاری اقتصادی سرمایه گذاری با کمک اختیار واقعی بسیار پرداخته شده است. برخی از مقاله ها به بررسی ارزش اختیار سرمایه گذاری در زمینه های گوناگون پرداخته اند.

روش اختیار واقعی با هدف ارزشگذاری اقتصادی پروژه ها اولین بار در سال ۱۹۷۷ توسط مایرز Myers با الهام از اختیار در بازارهای مالی معرفی شد. تفاوت بنیادین این روش با دیگر روش های ارزشگذاری اقتصادی پروژه ها در برآورد ارزش انعطاف پذیری تصمیم گیرندگان به عنوان یکی از عوامل ایجاد کننده ارزش می باشد (Myers, ۱۹۷۷). انعطاف پذیری مدیریت به معنای اختیار تصمیم گیری در زمینه تغییر روند پروژه است. همچنین در اختیار واقعی برآورد میزان جریان درآمدهای آتی به صورت تابعی از فرایندهای تصادفی است. ارزش نهایی بدست آمده در این روش

به طور مثال (P. Balasubramanian, N. Kulatilaka, J. Storck, 2000) ارزش پروژه های IT را با هزینه ثابت و درآمد احتمالی محاسبه کرده است. (Campbell, 2002) ارزش پروژه با اختیار واقعی را بر روی سرمایه گذاری سیستم های اطلاعات در نظر گرفته است. (Rico-Ramirez, V., Diwekar, U.M, 2003) مطالعه موردی بر روی ارزش اقتصادی تولید و توزیع انجام

تاریخ وصول: ۹۰/۶/۹

تاریخ تصویب: ۹۱/۲/۲۷

زهرا شاهرخشاهی کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علوم و فنون مازندران z.shahrokhshahi@gmail.com  
\*نویسنده مسئول مقاله: دکتر اکبر اصفهانی پور، استادیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستمهای مدیریت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر esfahaa@aut.ac.ir

پارامتر نوسان پذیری تفاوت ماهیت قیمت‌ها و تغییرات آن‌ها در بازارهای مالی و دنیای واقعی است که در این مقاله به این موضوع خواهیم پرداخت.

از زمان معرفی روش اختیار واقعی مزایای آن شناخته شده و در زمینه‌های بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است. اما استفاده از آن به عنوان معیار تصمیم‌گیری گسترده‌تری کمی دارد. (Geddes, 1999) بیان کرده ۲٪ از شرکت‌های ایرلندی و انگلیسی به طور معمول از اختیار واقعی استفاده می‌کنند. (Graham, J.R., Harvey, C.R., 2001) نشان داده‌اند در آمریکا از میان ۳۹۲ شرکت نمونه تنها ۲۷٪ آن‌ها از اختیار واقعی بهره می‌برند. (Copeland, T and Antikarov, V, 2005) بیان کرده است تصمیم‌گیرندگان هنوز به درستی نتایج حاصل از روش اختیار واقعی اطمینان ندارند. هدف از این مقاله ارائه مدلی برای برآورد هر چه واقعی‌تر ارزش اختیار است به طوریکه نتایج حاصل از آن برای استفاده در صنعت قابل قبول باشد.

روش‌های گوناگونی از قبیل روش بلک شولز، روش شبیه‌سازی مونت کارلو، روش‌های معادلات دیفرانسیل و روش‌های شبکه‌ای برای محاسبه ارزش اختیار وجود دارد. معمولاً برای ارزشگذاری اختیار واقعی از روش‌های شبکه‌ای و به طور خاص از درخت دوجمله‌ای استفاده می‌شود.

مزیت روش‌های شبکه‌ای در امکان ارزشگذاری اختیارات آمریکایی و همچنین اختیارات پیچیده‌تر از قبیل اختیارات وابسته به مسیر می‌باشد (Prasad Kodukula, PMP Chandra, Papudesu, 2006) هم‌چنین نتایج بدست آمده از محاسبه اختیار با درخت دوجمله‌ای برای مدیران قابل درک و شفاف بوده و از نقطه نظر محاسباتی کارا می‌باشد (Rain Baule, Marco Wilkens, ۲۰۰۴).

باقی این مقاله به صورت زیر ساختار یافته است. بخش دوم با عنوان چرا اختیار آسیایی به دلایل استفاده از اختیار آسیایی در دنیای واقعی می‌پردازد. بخش سوم ارزشگذاری اختیار آسیایی را مورد بررسی قرار می‌دهد. بخش چهارم شامل معرفی مورد مطالعه و پیاده‌سازی مدل خواهد بود و در بخش پنجم به نتیجه‌گیری خواهیم پرداخت.

## ۲. چرا اختیار آسیایی واقعی؟

در کنار گسترش روزافزون کاربردهای اختیار واقعی، انتقاداتی نیز به این روش وارد است. در بسیاری از منابع تاکید شده است که نمی‌توان به ارزش‌های بدست آمده توسط اختیار واقعی اعتماد کرد زیرا اختیار واقعی ارزش سرمایه‌گذاری را دست‌بالا برآورد می‌کند (Franz Schober, Judith Gebauer, 2011).

داده است. (Maklan, 2005) تحلیل بر روی مدیریت روابط مشتری را به دلیل ذات طولانی مدت سرمایه‌گذاری در این زمینه انجام داده است. (Cunningham, 2007) در زمینه سرمایه‌گذاری ساخت و خرید زمین از اختیارات واقعی استفاده کرده است. (Y.d'Halluin, P.A. Forsyth, K.R. Vetzal, 2007) به بررسی سرمایه‌گذاری و زمان بهینه آن برای گسترش پهنای باند در شبکه‌های بی‌سیم پرداخته است.

(Abadie, Luis M., Chamorro, José M., 2008) ارزش پروژه تولید برق با توجه به عدم قطعیت در هزینه‌ها را مورد بررسی قرار داده است. (Abadie, 2009) در صنعت تولید انرژی با توجه به طولانی بودن زمان پروژه از روش اختیار واقعی استفاده کرده است. (Zhen Wang, b., Xin Tang, 2010) ارزش سرمایه‌گذاری در صنعت کشاورزی را تابعی از اختیار واقعی فرض کرده است. در تمامی این مطالعات فرض شده است مدیریت دارای اختیار انعطاف‌پذیری می‌باشد و جریان مالی از یک فرایند احتمالی تبعیت می‌کند. در هر کدام از آن‌ها یک یا چند اختیار مورد از قبیل اختیار گسترش، اختیار انقباض و غیره مورد بررسی قرار گرفته است.

یکی از چالش‌های ارزشگذاری اختیارات واقعی نحوه برآورد پارامتر نوسان پذیری است. نوسان‌پذیری یکی از تاثیرگذارترین ورودی‌های مدل ارزشگذاری اختیار می‌باشد. برای افزایش اطمینان به نتایج حاصل از اختیار واقعی در بسیاری از مطالعات سعی بر محاسبه نوسان‌پذیری با دقت بالاتر بوده است به طوریکه (Davis, 1998) از انحراف معیار پروژه جانشین برای تخمین نوسان‌پذیری استفاده کرده است.

(Meade, 2010) نوسان‌پذیری را با روش آرما-گارچ محاسبه کرده است. (Gabriel A. Costa Lima, Saul B. Suslick, ۲۰۰۶) نوسان‌پذیری را متغیری تصادفی با حرکت براونی یا میانگین بازگشت‌کننده در نظر گرفته است. (Siem Jan Koopman, Marius Ooms, and M. Angeles Carnero, ۲۰۰۷) با استفاده از reg-ARFIMA-GARCH پارامتر نوسان‌پذیری را بدست آورده است، (Karl Larsson, Marcus Nossman, ۲۰۱۱) نوسان‌پذیری را متغیر تصادفی با حرکت براونی و پرش‌هایی با توزیع احتمال پواسون فرض کرده است.

(Lee, S. Yang and J., 2011) به کمک احتمالات بی‌زی و نوسان‌پذیری ضمنی پارامتر نوسان‌پذیری را محاسبه کرده است. با این حال (Franz Schober, Judith Gebauer, 2011) بیان می‌کند به دلیل ماهیت اختیارات واقعی نوسان‌پذیری همواره دست‌بالا برآورد می‌شود.

همانطور که بیان شد، روش‌های بسیاری برای برآورد دقیق‌تر نوسان‌پذیری انجام شده است. با این حال مشکل عمده در برآورد

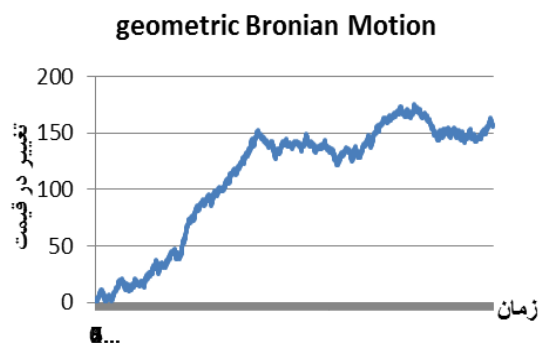
زمان حال تکیه نمی‌کند و تغییرات قیمت‌ها در طول زمان را مد نظر قرار می‌دهد. در مورد ارزشگذاری اختیار واقعی نیز مطابق شرایط دنیای واقعی نمی‌بایست تنها به قیمت در زمان اعمال توجه نمود، در واقع می‌بایست روند تغییرات قیمت‌ها از گذشته تا به حال را در ارزش اختیار دخالت داد.

در بازارهای مالی اختیار آسیایی در سال ۱۹۸۷ برای ارزشگذاری اختیار دارایی‌هایی با نرخ معامله پایین ابداع شد. با هدف نزدیک شدن به این واقعیت در دنیای واقعی؛ در این مقاله استفاده از اختیار آسیایی (asian average price option) برای ارزش گذاری اختیار واقعی پیشنهاد شده است.

اختیار آسیایی متوسط قیمت به نوعی اختیار اطلاق می‌شود که در آن قیمت دارایی برای اعمال اختیار معادل میانگین (حسابی یا هندسی) قیمت‌های دارایی از ابتدای عمر اختیار تا زمان اعمال می‌باشد.

اختیارات آسیایی در ابتدا به منظور کاهش دستکاری بازار در زمان اعمال اختیار، توسط آریبترژ گران به بازار ارائه شد. (Tarik, Driouchi, David Bennett, Gary Simpson, 2010) نشان داده اند اختیار آسیایی موجب کاهش نوسان پذیری و در نتیجه کاهش ارزش اختیار می‌شود. همچنین (Domingo, 2002) بیان کرده است ارزش اختیار آسیایی در مقابل دیگر اختیارات وابستگی کمتری به قیمت نهایی داشته، در نتیجه نمی‌توان با تغییرات کوتاه مدت در قیمت‌ها ارزش اختیار را متأثر نمود. این استقلال موجب کاهش تاثیر تغییرات کوتاه مدت قیمت‌های بازار بر روی تصمیم‌گیری شده و اثر ناخواسته نقد شوندگی پایین مدل‌های واقعی را کاهش می‌دهد.

چگونگی کاهش نوسان پذیری و در نتیجه کاهش ارزش اختیار در مدل‌های آسیایی با فرض پیروی قیمت‌ها از فرایند حرکت براونی هندسی در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱. نمونه‌ای از پیش‌بینی قیمت‌ها با فرایند تصادفی براونی هندسی

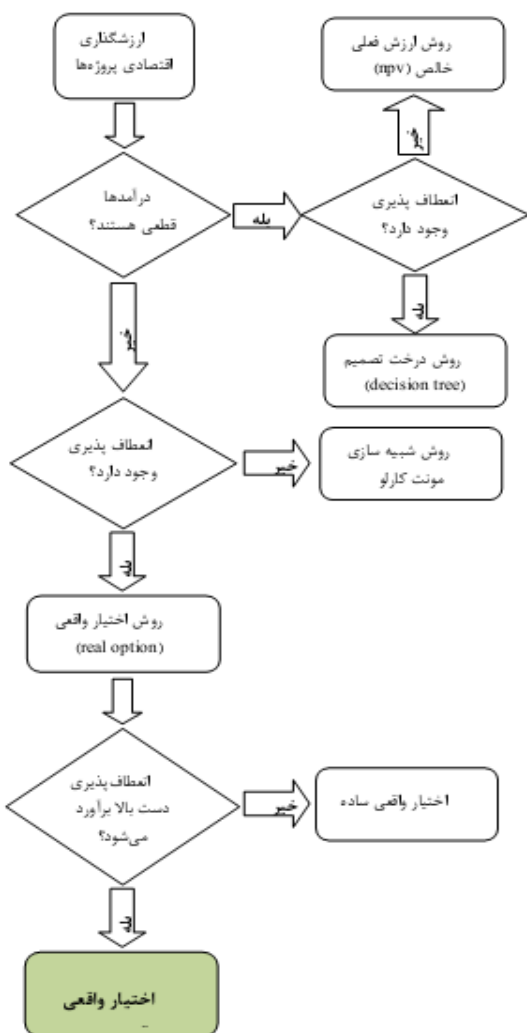
دلیل عمده این انتقادات تفاوت ماهیتی میان اختیار مالی و اختیار در دنیای واقعی است. در دنیای واقعی اعمال اختیار معنای متفاوتی از دنیای مالی دارد (Lewise, Neal.Eschenbach, Ted.Hartman, Joseph, 2008). به طور مثال اعمال اختیار خرید در دنیای مالی برابر با بدست آوردن کالا یا سهام مشخص است در حالیکه در دنیای واقعی اعمال اختیار معادل تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری در پروژه، تغییر ظرفیت تولید و غیره می‌باشد. تفاوت‌های موجود در بازارهای مالی و واقعی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد.

۱. اعمال اختیار در دنیای واقعی دارای اینرسی می‌باشد که ناشی از عوامل مادی از قبیل هزینه‌های اولیه پروژه، استخدام یا اخراج نیروی کار و عوامل معنوی مانند اینرسی موجود در برابر تغییر در افراد است. به طوری‌که اینرسی موجود موجب افزایش هزینه تغییر و کاهش ارزش اختیار خواهد شد.

۲. در دنیای واقعی به دلیل آن که مورد اعمال اختیار کالا یا خدمت رایج در بازار نمی‌باشد، اختیار دارای ارزش نقدشوندگی پایین‌تری می‌باشد. نقد شوندگی پایین نیز موجب کاهش ارزش اختیار می‌شود (Alvaro Cartea, Carlos Gonzalez-Pedraz, 2011). همچنین نقد شوندگی پایین موجب می‌شود تغییرات کوتاه مدت و ناپایدار (به طور مثال تغییرات فصلی) در بازار اثر نامطلوبی بر ارزش اختیار داشته باشند. از این رو در مدل‌های واقعی می‌بایست پارامتر نوسان پذیری را به صورت متمایزی در نظر گرفت. همچنین با استناد به موارد بالا می‌توان نتیجه گرفت ارزش اختیار واقعی می‌بایست کمتر برآورد شود.

از سوی دیگر (Lewise, Neal.Eschenbach, Ted.Hartman, Joseph 2008) بیان می‌کند دنیای مالی و واقعی متفاوتند و در دنیای واقعی بیش از یک منبع نوسان پذیری داریم. در دنیای واقعی بخشی از این نوسان پذیری (ریسک عملیاتی) را می‌توان با اختیار پوشش داد. در نتیجه استفاده از نوسان پذیری مطابق دارایی‌های مالی موجب برآورد دست‌بالا نوسان پذیری واقعی و ارزش اختیار واقعی می‌شود. در واقع ارزش نوسان پذیری در دنیای واقعی کمتر از بازارهای مالی می‌باشد.

در این مقاله برای برآورد واقعی‌تر ارزش اختیار واقعی که متأثر از نوسان پذیری قیمت‌ها و پیش‌بینی قیمت‌های آتی است؛ به مفهوم تصمیم‌گیری در دنیای واقعی رجوع می‌کنیم. ارزش دارایی در دنیای واقعی حاصل از جریان‌های مالی در طول دوره بهره‌برداری پروژه است همچنین این جریان‌های مالی تابعی از روند قیمت‌ها در گذشته (طول دوره بهره‌برداری تا زمان تصمیم‌گیری) می‌باشند، در نتیجه تصمیم‌گیرنده برای تصمیم سرمایه‌گذاری، تنها به اطلاعات قیمت‌ها در

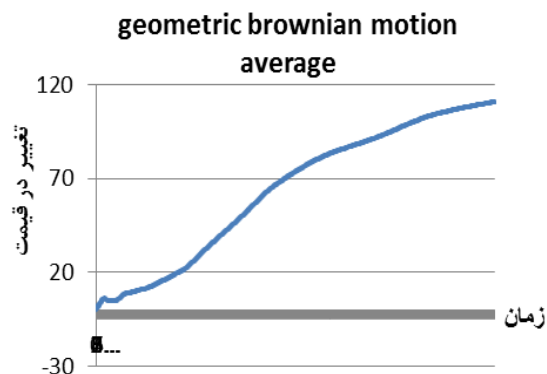


شکل ۳. فلوجارت تصمیم‌گیری روش ارزش گذاری اقتصادی پروژه

در این فلوجارت درخت تصمیم با فرض قطعیت قیمت بازار بررسی شده و انعطاف پذیری در آن محدودتر از مدل اختیار واقعی است. همچنین همانطور که ذکر شد در بسیاری از منابع برآورد دست بالای ارزش انعطاف پذیری به عنوان مشکل اصلی روش اختیار واقعی عنوان شده است. با کمک این الگوریتم تصمیم گیری، می‌توان در صورت انتقاد به روش اختیار واقعی از ارزشگذاری آسیایی واقعی بهره برد.

### ۳. ارزشگذاری اختیار آسیایی واقعی

همانطور که بیان شد ایرادات وارد به روش اختیار واقعی ناشی از ماهیت دارایی‌ها در دنیای واقعی می‌باشد. به دلیل وجود اینرسی در دنیای واقعی برای تغییرات و همچنین عدم نقد شوندگی دارایی‌ها ارزش اختیارات واقعی متفاوت از اختیارات مالی است. مدل اختیار آسیایی واقعی با کاهش نوسان



شکل ۲. نمونه ای از مقادیر میانگین قیمت‌های فرایند براونی هندسی (مورد استفاده در اختیار آسیایی)

در شکل ۱ پیش بینی قیمت‌ها در ازای تغییر زمان براساس فرایند براونی هندسی انجام شده است. در فرایند براونی هندسی پیش بینی با استفاده از معادله زیر بدست می‌آید:

$$dS(t) = S(t)\mu dt + S(t)\sigma dW(t) \quad (1)$$

به طوریکه در آن  $S(t)$  دارایی اولیه، میانگین تغییرات،  $\sigma$  نوسان پذیری ارزش دارایی‌ها و  $dW(t)$  نشان دهنده تغییرات تصادفی در مدل و معادل تابع نرمال استاندارد صفر و یک می‌باشد.

در شکل ۲ پیش بینی قیمت‌ها در هر نقطه از زمان براساس میانگین تغییرات براونی هندسی قیمت‌ها از ابتدا تا زمان مورد بررسی می‌باشد. در اختیارات ساده برای محاسبه ارزش اختیار از مقادیر بدست آمده در فرایند تصادفی حرکت براونی هندسی استفاده می‌شود مطابق شکل ۱، در حالیکه در ارزشگذاری اختیار آسیایی از میانگین قیمت‌های بدست آمده از فرایند تصادفی حرکت براونی هندسی به عنوان جانشینی از قیمت‌های دارایی در طول زمان مطابق شکل ۲ استفاده می‌شود. همانطور که از شکل‌ها مشخص است قیمت دارایی در اختیار آسیایی به طور میانگین از مقدار کمتری برخوردار است که باعث کاهش ارزش اختیار می‌شود.

در این مقاله به ارزشگذاری اقتصادی پروژه‌ها با تمرکز به مشکل ناشی از برآورد دست بالای انعطاف پذیری پرداخته ایم. رویکرد پیشنهادی برای برآورد مناسب ارزش انعطاف پذیری استفاده از اختیار آسیایی واقعی می‌باشد. فلوجارت شکل ۳ نشان دهنده نحوه انتخاب روش مناسب ارزشگذاری اقتصادی پروژه است.

احتمال  $(1-p)$  برابر با  $d$  است. پس از رسم درخت در هر گره انتهایی ارزش اختیار معادل فواصل ارزش گره مورد نظر و قیمت اعمال اختیار است که در معادلات با حرف  $f$  نشان داده شده است. در نهایت ارزش اختیار در هر گره میانی و گره ابتدایی با کمک معادله ۵ بدست می آید.

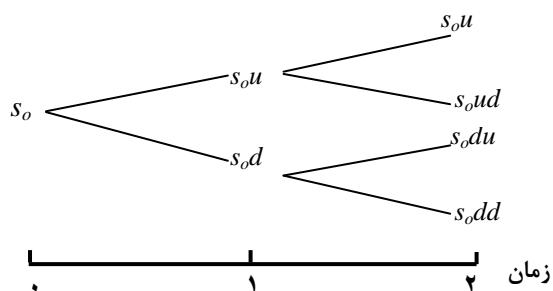
$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d} \quad (2)$$

$$u = \exp(\sigma\sqrt{\delta t}) \quad (3)$$

$$d = 1/u \quad (4)$$

$$f = e^{-rT}(pf_u + (1-p)f_d) \quad (5)$$

ارزشگذاری اختیار در درخت انبوه مشابه درخت دوجمله ای ساده (کاکس، راس، رابینستین) می باشد. تنها با این تفاوت که در این مدل درخت غیر ترکیبی است (Deutsch, 2009). در این روش برای محاسبه ارزش اختیار آسیایی در هر گره با محاسبه میانگین ارزش دارایی ها از گره ابتدایی تا گره مورد نظر می توان متوسط قیمت را محاسبه نمود. روش رسم درخت دوجمله ای انبوه (درخت غیر ترکیبی) در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴. نمودار درخت دوجمله ای غیر ترکیبی

به طوریکه در این شکل  $S_0$  نشان دهنده ارزش دارایی اولیه،  $u$  ضریب افزایش ارزش دارایی و  $d$  ضریب کاهش ارزش دارایی است.

پذیری سعی در نزدیک شدن به ارزش حقیقی اختیار واقعی دارد. از اینرو در این مقاله ارزشگذاری اقتصادی پروژه ها با مدل اختیار واقعی آسیایی به جای اختیار ساده توصیه شده است. اما پیش از این جانشینی باید به رفتار اختیار آسیایی در برابر تغییرات پارامترهای ورودی توجه کرد. در جدول ۱ پیش بینی تاثیر تغییر در پارامترهای ورودی مدل ارزشگذاری اختیار ساده و آسیایی خلاصه شده است (Min Dai, Yue Kuen Kwok, 2006).

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است اختیار خرید آسیایی در ازای تغییرات نرخ بهره دارای رفتار غیر یکنواخت می باشد. این رفتار در ازای تغییرات نرخ بهره به دلیل اثر گذاری نرخ بهره به دو صورت متفاوت بر ارزش اختیار است. با افزایش نرخ بهره قیمت اعمال اختیار ارزش کمتری در زمان اعمال داشته و موجب افزایش ارزش اختیار می شود، در حالیکه از سوی دیگر موجب افزایش نرخ تنزیل و کاهش ارزش اختیار می شود. اما به طور کلی به جز تغییر نرخ بهره در اختیار خرید، در بقیه موارد اختیار ساده و اختیار آسیایی نسبت به تغییر در پارامترهای ورودی رفتار مشابهی دارند و تنها سرعت تغییرات در دو مدل اختیار ساده و آسیایی متفاوت و تاحدودی وابسته به مقادیر اولیه اختیار هستند. در نتیجه استفاده از اختیار آسیایی واقعی به جای اختیار ساده واقعی، بدون تغییر در رفتار کلی ارزش اختیار، موجب نزدیک تر شدن به مفهوم اختیار واقعی خواهد شد.

برای محاسبه ارزش اختیار آسیایی اروپایی و آمریکایی در ادبیات موضوع روش های ابتکاری گوناگونی با استفاده از معادلات دیفرانسیل جزئی و شبیه سازی مونت کارلو معرفی شده است. با این حال استفاده از روش های شبکه ای به دلیل شفافیت جواب برای تصمیم گیرندگان و کارایی در محاسبه اختیارات پیچیده تر (از قبیل اختیارات چندگانه و یا اختیار انتخاب) توصیه می شود. روش مورد استفاده در این مقاله استفاده از روش درخت دوجمله ای انبوه می باشد. درخت دوجمله ای انبوه نوعی از روش های ارزشگذاری شبکه ای است. همچنین درخت دوجمله ای کاکس، راس، رابینستین از پرکاربردترین روش های شبکه ای می باشد. در درخت دوجمله ای ارزش دارایی در هر فاصله زمانی با احتمال  $p$  افزایش می یابد. میزان این افزایش برابر  $u$  و میزان کاهش با

جدول ۱. حساسیت ارزش اختیار نسبت به پارامترهای ورودی

| پارامتر                      | خرید آسیایی  | خرید ساده | فروش آسیایی | فروش ساده |
|------------------------------|--------------|-----------|-------------|-----------|
| افزایش نوسان پذیری           | افزایش       | افزایش    | افزایش      | افزایش    |
| افزایش نرخ بهره              | یکنواخت نیست | افزایش    | کاهش        | کاهش      |
| افزایش قیمت اعمال            | کاهش         | کاهش      | افزایش      | افزایش    |
| افزایش طول عمر اختیار        | افزایش       | افزایش    | افزایش      | افزایش    |
| افزایش سود دارایی (dividend) | کاهش         | کاهش      | افزایش      | افزایش    |

## جدول ۲. روش ارزشگذاری پارامترهای ورودی و مقادیر آن ها

| پارامتر ورودی   | نوسان پذیری                             | طول اعتبار اختیار | نرخ بهره بدون ریسک      | ارزش دارایی اولیه    | قیمت اعمال اختیار انقباضی                                                     | قیمت اعمال اختیار گسترش                                                       |
|-----------------|-----------------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| مقدار           | ۳۸٪                                     | ۱۰ سال            | ۱۷٪                     | ۱۸۶,۷۴۷ میلیون ریال  | ۱۰۰۰۰۰ - میلیون ریال                                                          | ۶۶۷۱۸ میلیون ریال                                                             |
| روش اندازه گیری | لگاریتم بازده با جانشینی قیمت سهام شرکت | طول عمر پروژه     | نرخ بهره بانکی بلند مدت | ارزش فعلی خالص پروژه | بر اساس نظر کارشناسان برابر حق امتیاز تولید ۰,۳ برابر جریان مالی بعد از اعمال | بر اساس نظر کارشناسان معادل ۳۵٪ هزینه های اولیه برابر جریان مالی بعد از اعمال |

## ۴. معرفی مورد مطالعه و پیاده سازی

در این مقاله برای مشاهده نتایج ممکن حاصل از مدل اختیار واقعی آسیایی، از مطالعه موردی در صنعت خودروسازی استفاده کرده ایم. پروژه مورد مطالعه، تصمیم گیری در مورد احداث یا عدم احداث یکی از خطوط فرعی تولید در شرکت خودروسازی سایپا می باشد. شرکت سایپا بزرگترین تولید کننده خودرو در خاورمیانه و بیست و دومین خودروساز بزرگ دنیاست. در این پروژه مدیریت براساس تغییرات در میزان فروش دارای اختیار گسترش (افزایش ظرفیت تولید) و اختیار انقباض (برون سپاری) در طول زمان پروژه می باشد. اختیار گسترش در این مدل معادل اختیار خرید بوده و اختیار انقباض معادل اختیار فروش است. هر کدام از این اختیارات به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته اند در جدول ۲ میزان پارامترهای ورودی مدل و روش محاسبه آن ها ذکر شده است. ارزش اختیار در این پروژه با توجه به مباحث ارائه شده در این مقاله با استفاده از رویکرد اختیار واقعی آسیایی محاسبه شده است. در نهایت با استفاده از نرم افزار مطلب مقادیر ارزش اختیار محاسبه و در جدول ۳ بیان شده است.

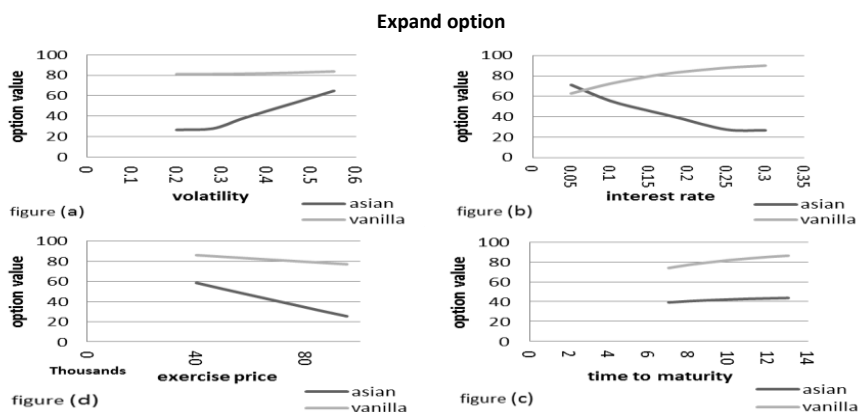
## جدول ۳. مقایسه اختیار آمریکایی و آسیایی

|        | اختیار آمریکایی | اختیار آسیایی-آمریکایی |
|--------|-----------------|------------------------|
| گسترش  | ۸۱۷۴۳           | ۴۲۲۴۳                  |
| انقباض | ۵۵۳             | ۴۷۳                    |

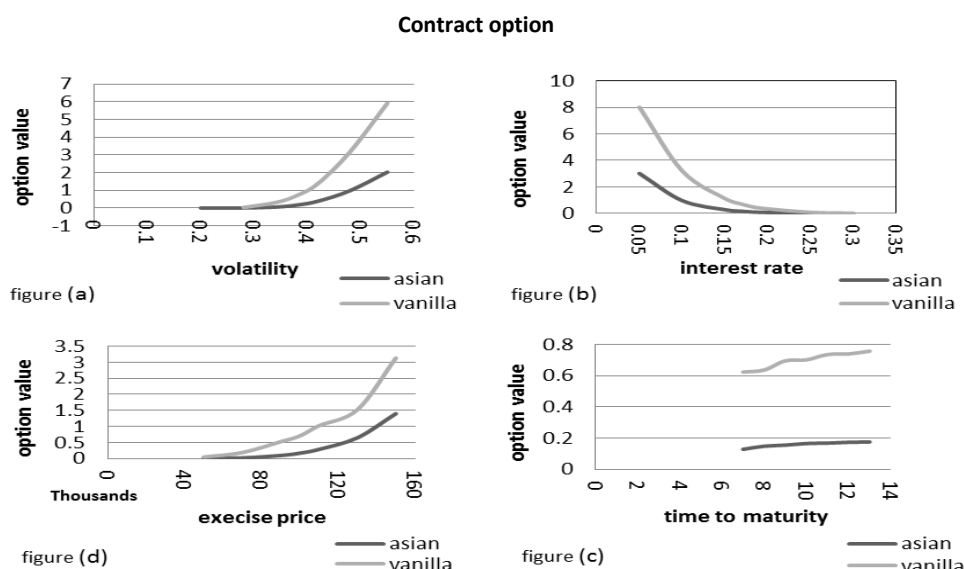
همانطور که انتظار می رفت ارزش اختیار خرید و فروش در مدل آسیایی کمتر از اختیار مشابه ساده برآورد شده است. نتایج بدست آمده توسط این مدل براساس ادعای مدیران شرکت با اطمینان بیشتری قابل استفاده است.

برای مشاهده چگونگی رفتار اختیار آسیایی در مقابل اختیار ساده مشابه، تحلیل حساسیت میزان ارزش اختیار براساس تغییر در پارامترهای ورودی مدل انجام شده است. این تحلیل در ازای تغییر در نوسان پذیری، میزان نرخ بهره، قیمت اعمال اختیار و طول دوره اعتبار اختیار در شکل ۵ برای اختیار گسترش و شکل ۶ برای اختیار انقباض قابل مشاهده است. تغییرات ارزش اختیار گسترش آسیایی و اختیار ساده در ازای نرخ بهره های مختلف در این مثال خاص در جهت مخالف یکدیگر است (شکل b). این رخداد به دلیل رفتار غیر یکنواخت ارزش اختیار در ازای تغییر در نرخ بهره می باشد.

در بقیه موارد تغییرات ارزش اختیار خرید در هر دو مدل آسیایی و ساده هم سو با یکدیگر و می باشند. تنها با این تفاوت که ارزش اختیار آسیایی کمتر از ارزش اختیار ساده مشابه می باشد. در اختیار انقباض تغییرات ارزش اختیار آسیایی در ازای تغییر در میزان پارامترهای ورودی مطابق با اختیار ساده مشابه می باشد. بسته به اندازه و مشخصات پارامترهای ورودی سرعت تغییرات ارزش اختیار در ازای ورودی های مختلف، متفاوت می باشند.



شکل ۵. ارزش اختیار گسترش براساس تغییر در پارامترهای ورودی



شکل ۶. ارزش اختیار انقباض براساس تغییر در پارامترهای ورودی

## ۵. نتیجه گیری

روش اختیار واقعی با توجه به مزایای آن (احتمالی بودن جریان درآمدها و محاسبه ارزش انعطاف پذیری مدیریت) به عنوان روشی با شرایط مشابه دنیای واقعی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. اما استفاده از این روش در صنعت به گستردگی میزان مورد انتظار نمی‌باشد. دلیل کمبود استقبال از این روش عدم اطمینان نسبت به جانشینی شرایط دنیای مالی برای دنیای واقعی است. با هدف نزدیک سازی مدل اختیار واقعی با شرایط دنیای واقعی، رویکرد اختیار آسیایی واقعی پیشنهاد شده است. اختیار آسیایی با کاهش نوسان پذیری مطابق با شرایط دنیای واقعی، ارزش قابل اتکاتری برای ارزش اختیار بدست می‌دهد.

رفتار اختیار آسیایی و اختیار ساده در اغلب موارد مشابه می‌باشند با این حال سرعت تغییرات ارزش اختیار در این دو مدل متفاوت بوده و تا حد زیادی وابسته به پارامترهای ورودی به مدل می‌باشند. بررسی چگونگی تغییرات ارزش و حساسیت آن‌ها نسبت به پارامترها یکی از موارد قابل بررسی در این رابطه می‌باشد. همچنین فرض اولیه در روش اختیار واقعی پیروی قیمت‌ها از فرایند حرکت براونی هندسی می‌باشد، درحالی‌که این فرض بسیار محدود کننده است. در رویکرد اختیار آسیایی واقعی ارائه شده در این مقاله قیمت‌ها دارای حرکت براونی هندسی می‌باشند. استفاده از مدل اختیار آسیایی واقعی با در نظر گرفتن فرایندهای تصادفی متفاوت از قبیل؛ پرش در مقادیر قیمت‌ها، میانگین بازگشت کننده و غیره و همچنین مشاهده و تحلیل نتایج حاصل از آنها برای تحقیقات آتی توصیه می‌شود.

## مراجع

- [1] Myers, Stewart C., "Determinants of Corporate Borrowing". *Journal of Financial Economics*, 1977, pp. 147-175.
- [2] Trigeorgis, Lenos, "Anticipated Competitive Entry and Early Preemptive Investment in Deferrable Projects". *Journal of Economics and Business*, 1991, pp. 143-156
- [3] Balasubramanian, P., Kulatilaka, N., Storck, J., "Managing Information Technology Investments Using a Real-Options Approach". *Journal of Strategic Information*, 2000, pp. 39-62
- [4] Campbell, J.A., "Real Options Analysis of the Timing of IS Investment Decisions". *Information and Management*, 2002, pp. 337-344.
- [5] Rico-Ramirez, V., Diwekar, U.M., "Real Option Theory From Finance to Batch Distillation". *Computers and Chemical Engineering*, 2003, pp. 1867-1882.
- [6] Maklan, S., "Using Real Options to Help Build the Business Case for CRM Investment". *Long Range Planning*, 2005, pp. 393-410.
- [7] Cunningham, C.R., "Growth Controls, Real Options, and Land Development". *Review of Economics and Statistics*, 2007, pp. 343-358.
- [8] d'Halluin, Y., Forsyth, P.A., Vetzal, K.R., "Wireless Network Capacity Management: A Real Options Approach". *European Journal of Operational Research*, 2007, pp. 584-609.
- [9] Abadie, Luis M., Chamorro, José, M., "European CO<sub>2</sub> Prices and Carbon Capture Investments". *Energy Economics*, 2008, pp. 2992-3015.



- A Real Options Approach*”, Energy Economics, 2011, doi:10.1016/j.eneco.2011.06.002
- [26] Tarik Driouchi, David Bennett, Gary Simpson., “A Path-Dependent Contingent-Claims Approach to Capacity Investments ”.European Journal of Operational Research, 2010, pp. 319-323.
- [27] Domingo, A., Tavella, *Quantitative Methods in Derivatives Pricing: An Introduction to Computational Finance*.New Jersey: wiley and sons, 2002.
- [28] Min Dai, Yue Kuen Kwok, “Characterization of Optimal Stopping Regions of American Asian and Lookback Options ”.Mathematical Finance, 2006, pp.63-82.
- [29] Deusch, Hance-peter ; *Derivative and Internal models*. London: palgrave macmillan., 2009.
- [10] Abadie, L.M.,. “Valuation of Long-Term Investments in Energy Assets Under Uncertainty ”. Energies, 2009, pp. 738-768.
- [11] Zhen Wanga, b., Xin Tangb, “Research of Investment Evaluation of Agricultural Venture Capital Project on Real Options Approach ”.Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2010, pp. 449-455.
- [12] Davis, Graham A., “Estimating Volatility and Dividend Yield When Valuing Real Options to Invest or Abandon ”. The Quarterly Review of Economics and Finance, 1998, pp. 725-754.
- [13] Meade, Nigel., “Oil Prices -Brownian Motion or Mean Reversion? A Study using a one Year Ahead Density Forecast Criterion ”.Energy Economics, 2010, pp. 1485-1498.
- [14] Gabriel, A., Costa Lima, Saul, B., Suslick., “Estimation of Volatility of Selected Oil Production Projects ”.Journal of Petroleum Science and Engineering, 2006, pp. 129-139.
- [15] Siem Jan Koopman, Marius Ooms, M., Angeles Carnero . “Periodic Seasonal Reg-ARFIMA-GARCH Models for Daily Electricity Spot Prices ”.Journal of the American Statistical Association, 2007, pp. 16-27.
- [16] Karl Larsson, Marcus Nossman, “Jumps and Stochastic Volatility in Oil Prices: Time Series Evidence”, Energy Economics, 2011, pp. 504-514.
- [17] Lee, S., Yang, J., “Predicting a Distribution of Implied Volatilities for Option Pricing”, Expert Systems with Applications, 2011, pp. 1702-1708.
- [18] Franz Schober, Judith Gebauer., “How Much to Spend on Flexibility? Determining the Value of Information”, Decision Support System, 2011, pp. 638-647.
- [19] Geddes, “Methodes Dealuation Retenues Pour Les Transactions”, Capital Finance, 1999, 20.
- [20] Graham, J.R., Harvey, C.R., “The Teory and Practice of Corporate Finance, Evidence from the Field”. Journal of Financial Economics, 2001, pp. 187-243.
- [21] Copeland, T., Antikarov, V., “Meeting the Georgetown Challenge”, Journal of Applied Corporate Finance, 2005, pp. 32-51.
- [22] Prasad Kodukula, PMP., Chandra Papudesu. *Project Valuation Using Real Options A Practitioners Guide* . Florida: J.Ross Publishing, 2006.
- [23] Rain Baule, Marco Wilkens” *Lean Trees\_ A General Approach for Improving Performance of Lattice Models for Option Pricing* ”.Review of Derivatives Research, 2004, pp. 53-72.
- [24] Lewise, Neal. Eschenbach, Ted., Hartman, Joseph., “Can We Capture the Value of Option Volatility? ”Engineering Economist, 2008, pp. 230-258.
- [25] Alvaro Cartea, Carlos Gonzalez-Pedraz, “How Much Should We Pay for Interconnecting Electricity Markets?

