



ارزیابی اقتصادی طرح های سرمایه گذاری با روش اختیار واقعی (مطالعه موردی: ارزیابی یک طرح پتروشیمی)

مصطفی دین محمدی^۱
مهدی باقری بسطامی^۲

تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۵

چکیده

افزایش پیچیدگی و همچنین پویایی شرایط حاکم بر فعالیت های اقتصادی و مالی و به تبع آن افزایش ریسک تصمیم گیری در زمینه سرمایه گذاری و یا تأمین مالی پروژه های اقتصادی، نیازمند روش های تحلیلی پیشرفته تر است که بتواند اطلاعات بیشتری نسبت به روش های سنتی ارزیابی طرح های اقتصادی را ارائه دهد. این امر در طرح های با ریسک بیشتر از جمله سرمایه گذاری های خطرپذیر، بیش از پیش مشاهده می شود. بر این اساس در پاسخ به نیازهای جدید، تحلیل اختیار واقعی^۱ گسترش و کاربرد زیادی را پیدا کرده و رویکرد جدیدی را در ارتباط با تصمیم گیری های سرمایه گذاری و نیز ارزیابی طرح اقتصادی ارائه می نماید. روش اختیار واقعی علاوه بر ارزش گذاری شرایط نااطمینانی، ارزش گذاری پروژه در شرایط وجود اختیار انتخاب، اختیار گسترش، اختیار رهاسازی و واگذاری، اختیار تغییر وضعیت، اختیار مرکب و اختیار مرزی را برآورد می کند. در این مقاله روش اختیار واقعی با استفاده از نرم افزار SLS^۲، بر روی یک نمونه واقعی اجرای طرح یک واحد پتروشیمی پیاده شده است. نتایج نشان می دهد که استفاده از روش فوق، اطلاعات ارزشمندی را از ابعاد مختلف ریسک و اثر آن بر توجیه مالی بسیاری از تصمیمات راهبردی بنگاه در هر زمان را نشان می دهد.

واژه های کلیدی: اختیار واقعی، اختیار مالی، ریسک، ارزیابی پروژه های اقتصادی.

۱- استادیار گروه اقتصاد دانشگاه زنجان Dinm@znu.ac.ir

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع گرایش مهندسی سیستم های اقتصادی و اجتماعی
Bastami63@Yahoo.Com

۱- مقدمه

نرخ ارزش فعلی و نرخ بازگشت داخلی^۳ از پرکاربردترین روشهای ارزیابی پروژه های اقتصادی است. اما این روشها بر پایه ثبات محیط و یا نااطمینانی اندک در حوزه کسب و کار بنا شده اند. در این روش ها، اطلاعات جریان های نقدی بر پایه اطلاعات فعلی ارزیابی می شود و مبنای اصلی تصمیم گیری ثبات ارقام جریان نقدی است. حداکثر اطلاع اضافی برای ملاحظه ریسک و تغییر در پارامترهای ارزیابی طرح، تحلیل حساسیت پارامترها است. همچنین این روشها از انعطاف پذیری کافی برخوردار نمی باشند و تصمیمات سرمایه گذاری به صورت غیر قابل تغییر و ثابت در ابتدای کار اتخاذ می شوند. این روشها محیط سرمایه گذاری را ایستا فرض می کنند که در آن هر تصمیم مدل سرمایه گذاری بدون هیچ هزینه ای قابل بازگشت است. استفاده از روش ارزیابی طرح با روش اختیار واقعی برخی از این مشکلات را مرتفع می کند. اختیار واقعی مشابهت زیادی با مدل متعارف اختیار مالی دارد. در این روش با استفاده از مدل بلک - شولز ارزش گذاری گزینه های قابلیت توسعه، امکان به تعویق افتادن، کوچک سازی و یا حتی رها کردن یک طرح سرمایه گذاری با ملاحظه شرایط ریسکی قابل سنجش است.

هدف این مقاله معرفی نحوه توسعه و کاربرد این روش در ارزیابی طرح های اقتصادی است. برای این منظور روش ارزیابی با اختیار واقعی با استفاده از نرم افزار SLS، بر روی یک نمونه واقعی اجرای طرح سرمایه گذاری پتروشیمی پیاده می شود.

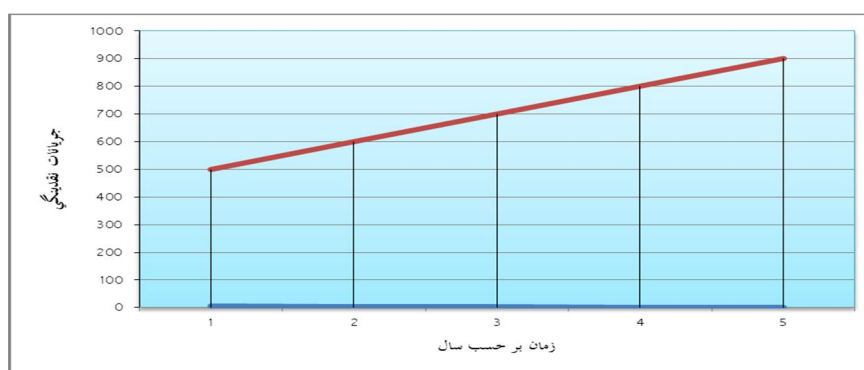
بخش های بعدی این مقاله شامل مروری بر مطالعات انجام شده و مرتبط با این تحقیق، روش تحقیق و چارچوب نظری، بررسی و تفسیر نتایج روش الگوی تجربی حاصل از روش اختیار واقعی می باشد. بخش پایانی هم نتیجه گیری و پیشنهاد است.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش**۲-۱- جریانات نقدی و تشابه اختیار مالی با اختیار واقعی**

یکی از مسائل مهم در زمینه تصمیم گیری مالی و سرمایه گذاری وجود حالت های مختلفی است که تبعات مختلفی را در بر دارند و نکته مهم این است که تصمیم گیرنده از اختیارات و امکانات تصمیم گیری و نتایج آن آگاهی کافی داشته باشد. بر این اساس نگرش و رویکرد اختیار واقعی نه تنها برای تصمیمات سرمایه گذاری بلکه برای تصمیمات استراتژیک هم در سازمان ها مفید واقع می شود، یک قرارداد اختیار به مالک خود این حق را می دهد که یک دارائی پایه را در روز سررسید و یا قبل از زمان سررسید در قیمت مشخصی بخرد یا بفروشد.

اختیار واقعی مانند نقشه راهی است که در جاهای مختلف آن، نشانه‌ها و راهنمایی را ارائه می‌کند که مسیرها و انتخاب‌های موجود را در اختیار قرار می‌دهد و امکان تصمیم‌گیری مناسب را افزایش می‌دهد. اختیار واقعی رویکردی سیستماتیک است که در آن با استفاده از نظریه مالی، نظریه تصمیم، آمار و مدل‌سازی اقتصاد سنجی در فضای تصمیم‌گیری پویا و همچنین محیط‌های اقتصادی نامطمئن، ارزش سرمایه‌گذاری و نیز هزینه‌یابی طرح‌ها و پروژه‌های اقتصادی، قیمت‌گذاری می‌شود. در موارد زیر استفاده از اختیار واقعی توصیه می‌شود و عملکرد بسیار خوبی دارد:

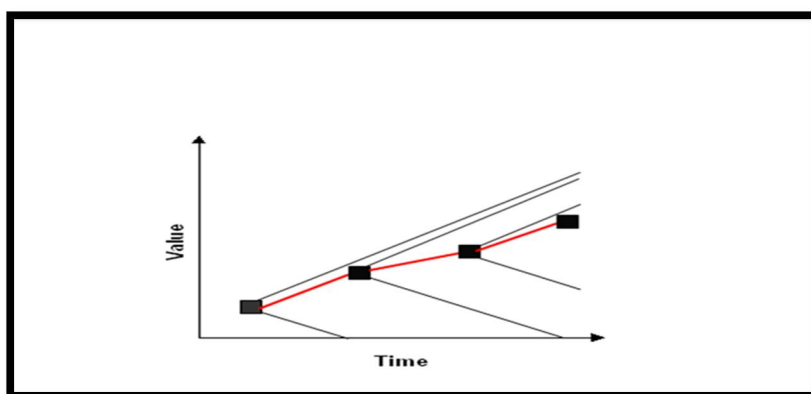
- تصمیم‌گیری در خصوص سرمایه‌گذاری در فعالیت‌ها و طرح‌هایی که با عدم اطمینان بالایی برخوردارند
 - ارزش‌گذاری تصمیمات استراتژیک که در قالب توجیه‌پذیری مالی ارائه می‌شوند
 - دسته‌بندی و اولویت‌گذاری هر یک از تصمیمات مزبور بر اساس شاخص‌های کمی و کیفی
 - بهینه‌سازی تصمیمات استراتژیک سرمایه‌گذاری با توجه به مسیرهای مختلف تصمیم‌گیری
 - تعیین زمان مناسب جهت ورود و یا خروج از سرمایه‌گذاری
 - مدیریت فرصت‌ها و موقعیت فعلی و توسعه فرصت‌های تصمیم‌گیری استراتژیک آتی
- در شکل ذیل یک نمودار خطی مشاهده می‌شود که محور افقی آن زمان و محور عمودی آن جریان‌های نقدی است. با گذشت زمان جریان‌های نقدی، روند صعودی پیوسته را دارد. این مطلب حاکی از این است که عوامل ریسکی همچون ناطمئن‌ی و تغییر در شرایط بازار در مقدار جریان‌های نقدی آینده بی‌تأثیر است. خط مستقیم نشانگر ایستا فرض کردن شرایط بازار است.



شکل ۱- تصویر سنتی از جریان نقدی

اما در عمل جریان‌های نقدی آینده ایستا نیست بلکه نامطمئن و نایستا است. تشابه اختیار واقعی با اختیار مالی در همین مشابهت جریان‌های نقدی نامطمئن است. در شکل ذیل نمودار جریان‌های

نقدی بر خلاف شکل بالا خط راست نیست بلکه شکستگی هایی را در دوره های مختلف زمانی دارد که این شکستگی ها و روند صعودی ناپیوسته حاکی از نوسانات در شرایط بازار از جمله تغییر در قیمت ها و تغییر در میزان هزینه تولید برای فروش در کالا است.

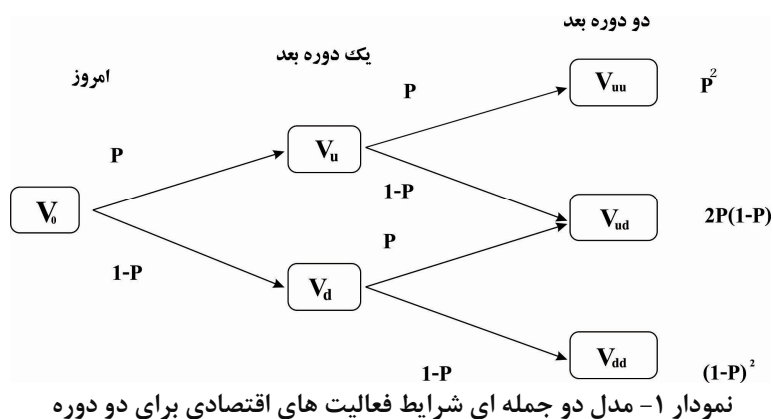


شکل ۲- جریان نقدی واقعی و مشابهت تصمیم در مورد سرمایه گذاری با اختیار مالی

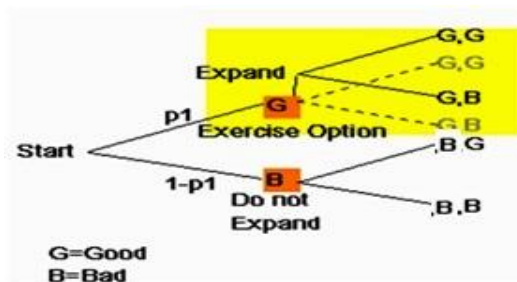
شکل فوق جریان نقدی واقعی را متناظر با یک درخت چند جمله ای در نظر می گیرد. برای ساده سازی مدل سازی می توان این درخت را دوجمله ای فرض کرد. (Shihong and Shuai, 2011)

۲-۱-۱- تحلیل اختیار واقعی و شرایط انعطاف پذیری انتخاب ها در قالب مدل دوجمله ای^۵

به منظور تحلیل هر چه بهتر اختیار واقعی و نیز قیمت گذاری آن از چارچوب قیمت گذاری اختیار که مبتنی بر مدل (درخت) دوجمله ای استفاده می شود. در درخت دو جمله ای هر نقطه تصمیم گیری که در برگرفته یک وضعیت مشخص است با یک گره نشان داده می شود و مسیرهایی که این گره ها را به هم متصل می نمایند نشان دهنده حالات ممکن است که وضعیت می توانند به وقوع بپیوندند. اما با توجه به اینکه مدل دو جمله ای مبتنی بر دو حالت کلی است لذا فرض می شود که وضعیت فعالیت های اقتصادی بالقوه می تواند بهتر و یا بدتر شود. بر این اساس احتمال بهتر شدن وضعیت و یا به عبارت افزایش ارزش مورد نظر را برای یک دوره آتی p و احتمال بدتر شدن آن یا کاهش ارزش مزبور را $1-p$ در نظر گرفته میشود.



سرمایه‌گذار در زمان کاهش ارزش مورد در دوره اول قصد ترک پروژه را و در زمان افزایش ارزش مورد نظر در دوره اول قصد گسترش پروژه را دارد. به طور مثال مدل دو جمله‌ای برای اختیارات واگذاری، گسترش و تغییر وضعیت به صورت نمودارهای زیر است:



در روش سنتی ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری تمام تصمیمات و ارزیابی‌ها از جمله تنزیل جریان نقد آتی در ابتدا صورت می‌پذیرد و عملاً جریان نقدی ثابت و خطی فرض می‌شود لیکن در روش اختیار واقعی مسیرهای مختلفی برای تصمیم‌گیری در نظر گرفته می‌شود که انعطاف‌پذیری کافی را برای تصمیم‌گیری‌های مدیریت در محیط‌های نامطمئن را فراهم می‌آورد. از سوی دیگر بر اساس دیدگاه خبرگان و تحلیل‌گران، اختیار واقعی نگرش جدیدی را برای بررسی و ارزیابی پروژه-ها در اختیار می‌گذارد که در روش‌های سنتی مانند تنزیل وجوه نقد وجود ندارد. یکی از فروض اصلی روش اختیار واقعی این است که مدیریت بنگاه فردی منطقی است و از صلاحیت کافی در زمینه تصمیمات مربوطه برخوردار است و در این راستا صلاح سهامداران را در نظر گرفته و حداکثر تلاش را در زمینه حداکثرسازی ثروت ایشان مصروف می‌دارد و نکته دیگر این‌که اختیار قابل اجرا است. اما باید این نکته را در نظر گرفت که اختیار واقعی عمدتاً در ارزیابی طرح‌های با ریسک بسیار بالا توانایی خود را نشان می‌دهد و در ریسک‌های پایین اطلاع جدیدتری نسبت به روش‌های سنتی تولید نمی‌کند (Mun, 2002).

اختیار انتخاب^۶، اختیار گسترش^۷، اختیار رهاسازی و واگذاری^۸، اختیار تغییر وضعیت^۹، اختیار مرکب^{۱۰}، اختیار مرکب متوالی^{۱۱} و اختیار مرزی^{۱۲} انواع اختیارهای واقعی قابل ارزش‌گذاری می‌باشند. پارامترهای انواع اختیارات واقعی عبارتند از:

جدول ۱- انواع اختیارات واقعی با پارامترهای مربوطه

انواع اختیارات واقعی	پارامترها	توضیحات پارامترهایی که تغییرشان منجر به تغییر مقدار ارزش اختیار واقعی می‌شود
واگذاری	قیمت واگذاری	واگذاری پروژه به دیگری توسط سرمایه-گذار و قبل از زمان سررسید با قیمت واگذاری
گسترش	توسعه و هزینه سرمایه-گذاری اولیه	توانایی سرمایه‌گذار در گسترش دادن فعالیت‌ها
عقد قرارداد و واگذاری عملیات	انقباض و پس انداز	واگذار بخشی از فعالیت‌ها به دلیل ناطمینانی که سرمایه‌گذار در انجام بخشی از فعالیت خود دارد و درآمد حاصل از صرفه‌جویی این واگذاری

ارزش اختیار واقعی همان ارزش اختیار انتخاب، ارزش اختیار گسترش و ارزش اختیار واگذاری و یا ارزش دیگر اختیارات است.

۲-۱-۲- تفاوت‌های عمده اختیار مالی و اختیار واقعی:

- سررسید اختیار مالی معمولاً کوتاه مدت و کمتر از یک سال است در حالیکه سررسید اختیار واقعی بلند مدت و در برخی از مواقع نامتناهی است.
- متغیری که اختیار مالی بر اساس آن تعریف می‌شود قیمت کالا، اعم از فیزیکی و یا مالی است، در حالی که متغیرهایی که اختیار واقعی برای آنها تعریف می‌شوند، جریان وجوه آزاد^{۱۳} است که در اثر رقابت، تقاضا و همچنین مدیریت بنگاه ایجاد می‌گردد.
- قیمت اختیار مالی کنترل‌پذیر نیست. به عبارت دیگر با توجه به اینکه قیمت اختیار مالی مشتق از قیمت یک کالا در بازار مالی است و این قیمت در جای خود قابل کنترل نیست در نتیجه کنترل قیمت اختیار مالی نیز ممکن نمی‌باشد ولی قیمت اختیار واقعی با نحوه عملکرد مدیریت و انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری قابل افزایش است.
- قیمت‌هایی که بر اساس اختیار مالی تعریف می‌شود معمولاً کم است در حالی که اختیارات واقعی بر روی تصمیم‌گیری‌های مالی از چند میلیون تا چندصد میلیون دلار تعریف می‌گردد.
- اختیار مالی در بازار قابل معامله بوده و اطلاعات آن در بازار موجود و قابل مقایسه است. در حالی که اختیار واقعی قابل معامله نیست و از نظر ذاتی نیز مالکیتی^{۱۴} است یعنی اختیاری است که به همراه مالکیت تعریف می‌شود.
- اختیار مالی تاریخچه طولانی در زمینه ارائه و معامله در بازار دارد و بیش از ۳ دهه عمر دارد، در حالی که اختیار واقعی تاریخی کوتاه دارد و در سال‌های اخیر ارائه و با توسعه مالیه شرکت‌ها^{۱۵} مطرح شده است. (Lei and Ying, 2010)

۲-۱-۳- اختیار واقعی با استفاده از مدل بلک - شولز^{۱۶}

همانطوری که از نمودار ۱ پیداست احتمال‌های نهایی همان رابطه دو جمله‌ای یا بینم نیوتن می‌باشد که عبارت است از:

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2, a = p, b = 1 - p \quad (1)$$

برای تعداد لایه‌ها و یا به عبارت دوره‌های بعد کافی است که توان را در رابطه دوجمله‌ای همان تعداد دوره‌ها در نظر گرفت. بنابر رابطه فوق و با توجه به اینکه $(a+b) = p + 1 - p = 1$ صرف نظر از تعداد دوره‌ها، برقرار است لذا مجموع احتمالات هر دوره برابر با ۱ است. این امر نشان می‌دهد

دهد که رابطه دو جمله ای در برگیرنده تمام حالات ممکن می باشد. بدین ترتیب با استفاده از بینم نیوتون رابطه کلی برای n دوره به ترتیب زیر خواهد بود:

$$1 = (a + b)^n = \sum_{i=0}^n \frac{n!}{i!(n-i)!} a^{n-i} b^i, a = p, b = 1 - p \quad (2)$$

در نمودار ۱ فرض بر این است که $V_{ud} = V_{du}$ ، و این در صورتی امکان پذیر است که احتمال افزایش در گام رو به بالا برابر با عکس احتمال کاهش در گام رو به پائین باشد. در حالت کلی این شرط می تواند برقرار نباشد لیکن در آن حالت پیچیدگی مدل افزایش یافته و از نظر محاسباتی نیز مشکلات زیادی پدید می آید چرا که تعداد گره های زیاد تری در درخت دوجمله ای وجود خواهد داشت که با افزایش گام ها به طور سرسام آوری فزونی می یابد. البته در ادامه خواهیم دید که حل معادلات مربوط به تعیین مقدار گام ها به پاسخ هایی می رسد که عملاً شرط مزبور را در بردارد. قبل از پرداختن به این موضوع ابتدا به احتمال تغییر (افزایش) می پردازیم.

تعیین احتمال تغییر نقش اساسی در ارتباط با ارزش گذاری اختیار و به طور کلی ارزش گذاری دارایی ها^{۱۷} دارد. این احتمال در تحلیل اختیار واقعی بر اساس ارزش گذاری ریسک-خنثی^{۱۸} محاسبه می گردد. بر این اساس ارزش گذاری ریسک-خنثی به نحوی صورت می پذیرد که اثر تغییرات آتی خنثی شود. برای این منظور فرض می نماییم که برای هر یک واحد دارایی دو حالت به ترتیب زیر وجود داشته باشد:

- ۱- در دوره بعد ارزش دارائی u , $u > 1$ می گردد، یعنی ارزش آن به میزان $u-1$ افزایش می یابد.
 - ۲- در دوره بعد ارزش دارائی d , $d < 1$ می گردد، یعنی ارزش آن به میزان $d-1$ کاهش می یابد.
- در این صورت احتمال ریسک - خنثی که آنرا با p نمایش می دهیم مقداری است که از رابطه زیر بدست می آید:

$$Pu + (1 - p)d = e^{-rt} \rightarrow [pu + (1 - p)d]e^{-rt} = 1 \quad (3)$$

که در آن r نرخ بهره یا سود بدون ریسک (پیوسته)^{۱۹} و Δt مدت دوره بر حسب زمان است. بر این اساس احتمال ریسک - خنثی از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد:

$$p = (e^{r\Delta t} - d) / (u - d) \quad (4)$$

حال فرض کنیم که مالک دارایی مایل باشد که دارایی خود را در مقابل ریسک کاهش ارزش پوشش دهد در این صورت مایل است که اختیاری را خریداری نماید که در دوره بعد بتواند ۱ واحد دارایی خود را با قیمتی به مبلغ k , $d < k < u$ به فروشنده اختیار بفروشد. بدین ترتیب اگر قیمت دارایی برابر یا بیش از مقدار k شود وی از اختیار مزبور استفاده نخواهد نمود و در غیر اینصورت اختیار فروش را اعمال خواهد نمود. بر این اساس قیمت اختیار فروش مزبور از طریق روش ریسک-خنثی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$f = [(k - d)(1 - p) + 0(p)]e^{-r\Delta t} = \frac{(k - d)}{u - d} (ue^{-r\Delta t} - 1) \quad (5)$$

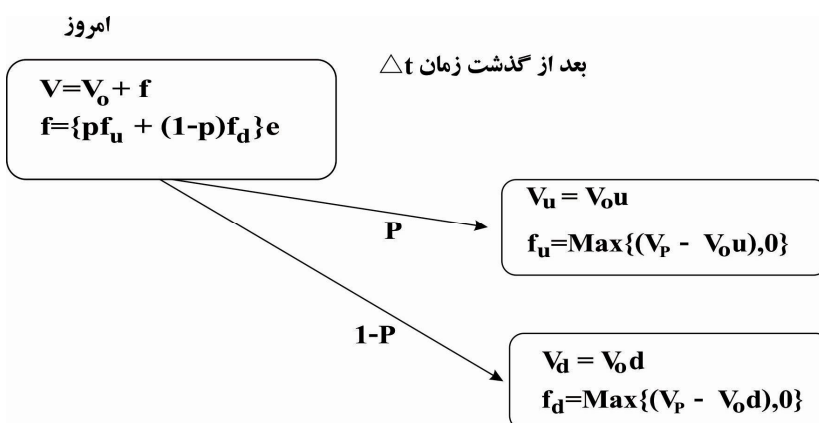
بدین ترتیب هر واحد سرمایه‌گذاری که دارای اختیار واگذاری به ترتیب فوق می‌باشد دارای ارزشی به میزان $1 + f$ است. که برای روشن تر شدن مطلب و استفاده از روش ارزش گذاری ریسک - خنثی در تعیین ارزش اختیار واگذاری یک سرمایه‌گذاری دوره اول سرمایه‌گذاری را در نظر می‌گیریم فرض می‌کنیم سرمایه‌گذار بر اساس سود مورد انتظار و نیز جریان آتی وجوه، ارزش فعلی سرمایه‌گذاری را v_0 برآورد نموده است. وی انتظار دارد در یک دوره بعد، یعنی بعد از گذشت زمان t ، دو حالت برای ارزش سرمایه‌گذاری به ترتیب زیر وجود دارد:

۱- ارزش سرمایه‌گذاری $u > 1$, $v_u = uv_0$ افزایش یابد.

۲- ارزش سرمایه‌گذاری $d < 1$, $v_d = dv_0$ کاهش یابد.

سرمایه‌گذار اطمینان دارد که میتواند امتیاز^{۲۰} سرمایه‌گذاری را به قیمت v_p واگذار نماید. حال اگر uv_0 و dv_0 بیشتر از v_p باشند عملاً سرمایه‌گذار از اختیار خود استفاده نخواهد نمود و به سرمایه‌گذاری ادامه خواهد داد. در غیر اینصورت اختیار خود را اعمال می‌نماید. بر این اساس می‌توان اختیار واگذاری را به ترتیب نمودار (۲) قیمت گذاری نمود. در این قیمت گذاری احتمال افزایش ارزش، بر اساس رویکرد ریسک-خنثی محاسبه می‌شود که همان رابطه (۴) می‌باشد. حال اگر تحلیل تغییر ارزش سرمایه‌گذاری برای دو دوره دیگر صورت پذیرد همان طوریکه در نمودار (۱) نمایش داده شده است، می‌توان اختیار واگذاری را از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$f = [pf_u + (1 - p)f_d]e^{-r\Delta t} + [p^2 f_{uu} + p(1 - p)f_{ud} + (1 - p)pf_{du} + (1 - p)^2 f_{dd}]e^{-2r\Delta t} \quad (6)$$



نمودار ۴- نحوه قیمت گذاری ارزش اختیار واگذاری برای یک دوره بعد (گذشت زمان Δt)

تحلیل های فوق نشانگر این است که مقادیر u و d نقش اساسی در تعیین افزایش و یا کاهش ارزش و همچنین احتمال افزایش و یا کاهش را بر عهده دارند. لذا تعیین آنها نیز باید مبتنی بر ساختار ذاتی تغییرات ارزش سرمایه گذاری باشد. برای این منظور فرض می کنیم که تغییرات ارزش از معادله دیفرانسیل تصادفی زیر تبعیت می نماید:

$$\delta V = V_0 \mu \delta t + V_0 \sigma \varepsilon \sqrt{\delta t} \quad (7)$$

که در آن ε متغیر تصادفی نرمال استاندارد است بدین ترتیب میانگین ارزش دارایی (سرمایه گذاری) از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$V_0 e^{\mu \Delta t} \quad (8)$$

اگر احتمال ناشی از فرآیند تغییرات فوق را با p^* نمایش دهیم می توانیم رابطه زیر را برای میانگین ارزش آتی سرمایه گذاری در نظر گرفت:

$$P^* V_0 u + (1 - P^*) V_0 d = V_0 e^{\mu \Delta t} \rightarrow P^* u + (1 - P^*) d = e^{\mu \Delta t} \quad (9)$$

از رابطه فوق می توان احتمال p^* را به ترتیب زیر محاسبه نمود:

$$P^* = (e^{\mu \Delta t} - d) / (u - d) \quad (10)$$

احتمالی که از رابطه فوق محاسبه می‌شود ناشی از تغییرات در دنیای واقعی است در حالیکه که احتمالی که قبلاً محاسبه گردید ناشی از فرضیات دنیای ریسک - خنثی است. لیکن این دو بسیار به یکدیگر شبیه هستند در واقع تفاوت این دو فقط ناشی از نرخ رشد ارزش دارایی است. در دنیای ریسک - خنثی نرخ رشد چیزی جز نرخ سود یا بهره بدون ریسک نیست و در دنیای واقعی این نرخ همان نرخ میانگین تغییرات یا μ است. همچنین در مدل دنیای واقعی مقدار تغییرپذیری^{۲۱} که همان انحراف معیار در نظر گرفته می‌شود عبارت است از $\delta\sqrt{t}$. بر این مبنا اگر رابطه واریانس را برای احتمال p^* و برای مدت زمان دوره که همان Δt می‌باشد محاسبه و برابر با مجذور مقدار تغییرپذیری برای همان دوره قرار دهیم به رابطه زیر دست خواهیم یافت:

$$P^*u^2 + (1-p^*)d^2 - [p^*u + (1-p^*)d]^2 = \sigma^2\Delta t \quad (11)$$

و در نهایت با جایگذاری معادله p^* در رابطه بالا به رابطه زیر خواهیم رسید:

$$e^{\mu\Delta t}(u+d) - ud - e^{2\mu\Delta t} = \sigma^2\Delta t \quad (12)$$

که یکی از جواب‌های همین معادله عبارت است از:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (13)$$

بدین ترتیب بر اساس همین رابطه، پارامترهای اصلی و ساختاری که نشان دهنده چگونگی وقوع تغییرات در قیمت سرمایه‌گذاری هستند قابل محاسبه می‌باشند. شایان ذکر است که این مقدار محاسبه شده برای تعیین مقدار δ با استفاده از شبیه‌سازی مونت - کارلو از رابطه بالا پیروی می‌کند. لازم به ذکر است که تحلیل اختیار واقعی که به بخشی از آن اشاره شد مبتنی بر محورهای ذیل است:

- (۱) تعیین ارزش فعلی سرمایه‌گذاری بر اساس تنزیل جریان وجوه آتی و بر اساس نرخ تنزیل مورد نظر سرمایه‌گذار
- (۲) تعیین ارزش جایگزین سرمایه‌گذاری در صورت اعمال اختیار
- (۳) تعیین مقدار گام‌های تغییر بر اساس مشاهدات بیرونی
- (۴) تعیین احتمال گام‌های تغییر مبتنی بر روش ریسک - خنثی
- (۵) تنزیل میانگین ارزش حاصل از اعمال اختیار در هر گام با نرخ سود یا بهره بدون ریسک
- (۶) تجمیع مقادیر تنزیل شده به عنوان ارزش نهایی اختیار
- (۷) تجمیع ارزش نهایی اختیار با ارزش فعلی سرمایه‌گذاری و بدست آوردن ارزش نهایی سرمایه‌گذاری مبتنی بر اختیار واقعی

همانطوریکه قبلاً اشاره شد اختیار واقعی انواع مختلفی دارد که به اختصار به هریک از آنها می پردازیم. لیکن اختیاری که در مثال فوق بررسی شد از نوع اختیار واگذاری و یا رهاسازی است که در آن سرمایه گذار می تواند تا قبل از سررسید معینی نسبت به واگذاری پروژه به دیگری با قیمت معین که به آن قیمت واگذاری می گویند، اقدام نماید. این گونه اختیار واقعی معمولاً برای پروژه های سرمایه گذاری در خصوص اختراعات جدید، طرح های جدید تحقیق و توسعه، تولید داروهای جدید مورد استفاده قرار می گیرد. در این موارد به طور معمول سرمایه گذار دارای حق و یا امتیازی است که دارای ارزشی مستقل است و قیمت واگذاری نیز بر این اساس تعیین می گردد. نکته دیگری که با توجه به مطالب فوق قابل ذکر است توجیه پذیر شدن برخی از طرح ها پس از در نظر گرفتن اختیار واقعی است. برخی از طرح ها به دلیل ماهیت ریسکی خود عملاً پس از ارزیابی با رویه های متعارف دارای ارزش فعلی منفی می شوند لیکن با در نظر گرفتن اختیار واقعی و به دلیل ارزش مثبتی که بر این اساس به ارزش فعلی اضافه می شود دارای ارزش مثبت شده و توجیه پذیر می گردند، البته حالت عکس نیز قابل رخ دادن است. بدین ترتیب وجود اختیار واقعی می تواند به ایجاد انگیزه برای ورود به طرح هایی شود که تا قبل از این دارای توجیه نبوده اند. نکته دیگری که نباید از نظر دور داشت تعداد گام های محاسباتی است. هر چند عملاً انتخاب فاصله زمانی گام ها اختیاری است ولی با افزایش تعداد گام ها دقت محاسباتی مدل افزایش می یابد. در واقع با افزایش تعداد گام ها به طور قابل توجهی قیمت اختیار به مقداری که از مدل بلک - شولز بدست می آید میل خواهد نمود.

در روش تئوری اختیار واقعی با استفاده از مدل بلک - شولز پارامترهای مدل تخمین زده می - شود و با جایگزینی در سناریوهای مختلف تحلیل می شوند.

مدل بلک - شولز در سال ۱۹۷۳ میلادی به صورت زیر پیشنهاد شده است:

$$S e^{(-\delta t)} * \{ N(d_1) \} - X e^{(-rt)} * \{ N(d_2) \} \quad (14)$$

$$S = \text{قیمت سهام}^{22}$$

$$X = \text{قیمت اجرایی}^{23}$$

$$\delta = \text{نرخ سود تقسیمی}^{24}$$

$$r = \text{نرخ بهره بدون ریسک}^{25}$$

$$t = \text{زمان سررسید}^{26}$$

$$N(d) = \text{تابع توزیع چگالی نرمال}^{27}$$

که این رابطه برای اختیار مالی صادق است، و نرخ سود تقسیمی همان نسبت سود سهامداران به کل سود است.

۲-۱-۴- الگوی ریاضی اختیار واقعی

برای اختیار واقعی فرمول زیر پیشنهاد شده است:

$$ROV = E e^{(-\lambda t)} * \{ N(d_1) \} - F e^{(-rt)} * \{ N(d_2) \} \quad (15)$$

$$d_1 = \{ \ln (E/F) + (r - \lambda + \sigma^2 / 2) t \} / \sigma * \sqrt{t}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma * \sqrt{t}$$

E = ارزش فعلی جریان‌های نقدی مورد انتظار^{۲۸}

λ = نرخ از دست رفته در مدت زمان ارزش اختیار^{۲۹}

F = ارزش فعلی هزینه‌های ثابت^{۳۰}

r = نرخ بهره بدون ریسک

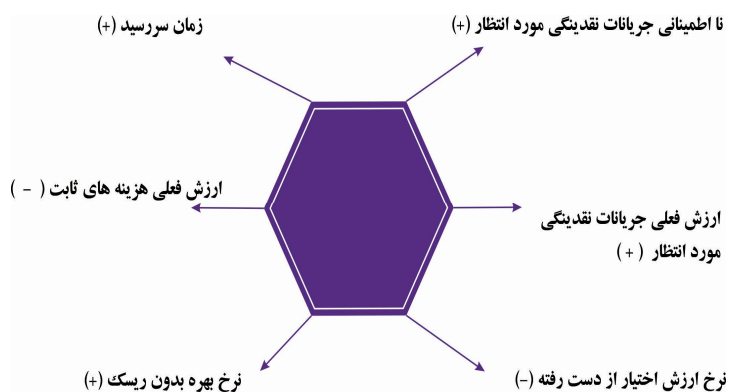
t = زمان سررسید

σ = ناپاطمینانی جریان‌های نقدینگی مورد انتظار^{۳۱}

$N(d)$ = تابع توزیع چگالی نرمال

که عبارت ROV مخفف Real Option Value می‌باشد که به معنی ارزش اختیار واقعی است، و نرخ از دست رفته در مدت زمان ارزش اختیار همان نرخ سود سهام از دست رفته در مدت زمان ارزش اختیار می‌باشد.

حال با توجه به شکل ۱، شش اهرم مدل بلک - شولز را برای روش اختیار واقعی مشاهده می‌کنیم که علائم + و - به ترتیب نشان دهنده رابطه مستقیم و عکس اهرم‌ها با اختیار واقعی است.



شکل ۳- شش اهرم اختیار واقعی

در ادامه متغیرهای مدل بلک - شولز را برای مقایسه اختیار مالی با اختیار واقعی در جدول ۲ ارائه می شود.

جدول ۲- متغیرهای مدل بلک - شولز

متغیرهای اختیار واقعی	علامت	متغیرهای اختیار مالی
ارزش فعلی جریانهای درآمدی پروژه ^{۳۳}	S	ارزش فعلی دارایی پایه ^{۳۲}
هزینه سرمایه گذاری اولیه ^{۳۵}	X	قیمت توافقی ^{۳۴}
مدت زمان برای تصمیم گیری ^{۳۷}	T	زمان باقیمانده تا انقضای اختیار ^{۳۶}
نرخ بهره پایه ^{۳۸}	R _f	نرخ بهره بدون ریسک
تغییرپذیری جریانهای نقدی مورد انتظار ^{۴۰}	σ	تغییر پذیری قیمت دارایی پایه ^{۳۹}

پس از جایگذاری مقادیر متغیرها در فرمول مدل بلک - شولز به ارزش اختیار واقعی می‌رسیم که این مقدار بیانگر این است که بعد از سرمایه‌گذاری در این پروژه، بعد از t سال به چه سودی یا ضرری می‌رسیم که مقدار مثبت نشانگر سود و مقدار منفی نشانگر ضرر می‌باشد و هر چه مقدار مثبت یا منفی به ترتیب بهتر یا بدتر باشد به مفهوم این است که این پروژه سود زیاد و ضرر زیاد برای سرمایه‌گذاران به همراه خواهد داشت. (Mun, 2002).

۲-۲- پیشینه پژوهش

مایرز^{۴۱} (۱۹۷۷) برای اولین بار مفهوم اختیار واقعی و شباهت‌های آن را با اختیار مالی بیان کرد. به این صورت که سرمایه‌گذار می‌تواند یک حق بعد از تصمیم‌گیری را بدست آورد که به موجب آن حق خرید یا فروش دارایی‌های فیزیکی یک طرح سرمایه‌گذاری در آینده را داراست. وقتیکه پروژه‌های سرمایه‌گذاری یک مشخصه ناطمینانی بزرگ دارند، ارزش این پروژه‌ها باید با ارزش فعلی خالص پروژه‌ها به اضافه ارزش اختیار آینده آنها برابر باشد.

راس^{۴۲} (۱۹۷۸) یک آنالیز ریسکی از پروژه‌ها طراحی کرد و امکانات سرمایه‌گذاری را مثل اختیار واقعی در نظر گرفت، سپس در چارچوب تئوری ارزیابی اختیار واقعی آن را تحلیل کرد. برلی و مایرز^{۴۳} (۱۹۹۲) نشان دادند که در سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه (R&D)^{۴۴} یک اختیار، برای شرکت در یک مدت زمان تعیین شده را شامل می‌شود. منافع سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه وابسته به حق امتیاز از این اختیار است که خیلی شبیه به اختیار خرید است. آنها تئوری ارزش‌گذاری اختیارات را برای ارزیابی برنامه‌های سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه به کار بردند.

تریگرگیس^{۴۵} (۱۹۹۳) اختیار واقعی را به ۷ قسمت برطبق تفاوت‌ها در انعطاف‌پذیری تقسیم کرد:

عقب انداختن اختیار، مراحل اختیار سرمایه‌گذاری، اختیار در تغییر دادن مقیاس گزینه‌ها، اختیار واگذاری، اختیار جایگزینی، اختیار توسعه و اختیار در اثرات متقابل. وی الگو محاسباتی هر کدام را مدل سازی کرد.

نیکولز^{۴۶} (۱۹۹۴) نشان داد که روش جریان نقدی تنزیل شده یک تخمین ناچیز از ارزش سرمایه‌گذاری برای پروژه‌های تحقیق و توسعه دارویی را می‌دهد. به گونه‌ای که شرکت معروف دارویی مرک^{۴۷} برای تخمین مناسب از توجیه‌پذیری طرح‌های سرمایه‌گذاری خود از رویکرد اختیار واقعی استفاده می‌کند.

امرام و کولاتیلاکا^{۴۸} (۱۹۹۹) تئوری قیمت اختیار و قوانین بازار مالی را برای ارزیابی دارایی‌های غیرتجاری به کار بردند و همچنین برای کمک به مدیران به منظور استفاده از اختیار حقشان برای گرفتن تصمیم مدیریتی، مراحل اختیار را مثل یک استراتژی سرمایه‌گذاری و انتخاب پروژه‌های تحقیق و توسعه بکار بردند.

کلوگ^{۴۹} و چارلس^{۵۰} (۲۰۰۰) نشان دادند که بسیاری از شرکت‌های بیوفناوری پیشرفته با وجود اینکه تولیدات شان را در همان مراحل ابتدایی توسعه دادند، قیمت سهام بالا دارند. آنها از روش درخت تصمیم‌گیری و روش شبکه دوجمله‌ای برای ارزش‌گذاری قیمت سهام شرکت‌های پیشرفته استفاده کردند و متوجه شدند که روش‌های ارزیابی اختیار واقعی در ابتدا ارزش شرکت‌های پیشرفته را بیشتر نمایان می‌کند.

اسچوارت^{۵۱} و مون^{۵۲} (۲۰۰۰) تئوری اختیار واقعی و روش‌های بودجه‌بندی سرمایه‌ای را برای ارزیابی ارزش شرکت‌های اینترنتی بکار بردند. آنها مدل اختیار واقعی را بر پایه‌های پیوسته ارائه کردند و پارامترهای مدل را تخمین زدند و با آنالیز حساسیت، نتایج را در ارزیابی شرکت‌های فناوری بکار بردند.

بالاسوبرمانیان^{۵۳}، کولاتیلاکا^{۵۴} و استورک^{۵۵} (۲۰۰۰) برای سرمایه‌گذاری در فناوری اطلاعات از رویکرد اختیار واقعی استفاده کردند. این تحقیق ارزش واقعی رویکرد اختیار واقعی فرآیند مدیریت سرمایه‌گذاری‌های فناوری اطلاعات را بیان می‌کند.

کمپل^{۵۶} (۲۰۰۲) تئوری قیمت‌گذاری اختیار برای تعیین سرمایه‌گذاری روی زمانبندی سیستم‌های اطلاعاتی بهین و کشف تأثیر چرخه بررسی سرمایه‌گذاری مختلف بکار گرفت.

یو و یانگ^{۵۷} (۲۰۰۳) مراحل تصمیم‌گیری آنالیز کمی استراتژی سرمایه‌گذاری پروژه را بر پایه تئوری اختیار واقعی تشکیل دادند. آنها تأثیر پارامترهای مختلف را روی نتایج مدل توسط مثال‌هایی آزمایش کردند.

لی‌کی‌یو و فنگ^{۵۸} (۲۰۰۳) رویکرد اختیار واقعی را برای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری دومرحله‌ای مطرح کردند، که می‌تواند برای تخمین ارزش انعطاف‌پذیری و برابری سرمایه‌گذاری بهینه نسبت به ریسک بازار که شرکت‌ها با آن مواجهند مورد استفاده قرار بگیرد و برای موارد خاص آزمایش کردند. بو^{۵۹} و لون له^{۶۰} (۲۰۰۴) رویکرد اختیار واقعی را با استفاده از آنالیز عددی دوجمله‌ای برای ارزیابی پروژه ریلی پرسرعت تایوان پیاده کردند. در این ارزیابی نتایج تئوری تقویت یافت و عکس العمل‌های پروژه را پشتیبانی کرد.

هارتمن^{۶۱} و حسن^{۶۲} (۲۰۰۶) در یک تحقیق، کاربرد اختیار واقعی را برای ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه در زمینه داروسازی انجام دادند که حاصل نتایج تجربی از یک نمونه‌گیری است. چن^{۶۳}، جی هانگ^{۶۴} و کیونگ لای^{۶۵} (۲۰۰۹) یک مدل ارزیابی اختیار واقعی یکپارچه برای پروژه‌های فناوری اطلاعات تحت ریسک‌های چندگانه ارائه دادند.

آنگلو^{۶۶} و اکونومیدس^{۶۷} (۲۰۰۹) تئوری بازی چند معیاره و مدل اختیار واقعی را برای ارزش‌گذاری تصمیمات سرمایه‌گذاری برگشت‌ناپذیر روی فناوری اطلاعات و ارتباطات بکار بردند. لی زو^{۶۸} و ینگ فان^{۶۹} (۲۰۱۰) مدل اختیار واقعی و کاربرد آن را در تصمیمات سرمایه‌گذاری خارجی روی صنعت نفت چین بکار بردند. به همین منظور مدل اختیار واقعی را توسعه داده و بیان کردند که چگونه یک سرمایه‌گذار می‌تواند تحت نااطمینانی‌های قیمت نفت، نرخ معاوضه و محیط سرمایه‌گذاری تصمیم‌گیری کند.

آودیکیان^{۷۰} و لیرنا^{۷۱} (۲۰۱۰) رویکرد اختیار واقعی را در سرمایه‌گذاری‌های وسایل نقلیه ترکیبی بکار بردند و آنها نشان دادند که افزایش بلندمدت قیمت بنزین و خطر تغییر آب و هوای جهانی در صنعت اتومبیل‌سازی یک محیط رقابتی را بوجود می‌آورد که مبتنی بر توسعه بیشتر فناوری‌های قابل استفاده است.

وانگ^{۷۲} و تانگ^{۷۳} (۲۰۱۰) ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری پرخطر کشاورزی را با استفاده از رویکرد اختیار واقعی تحقیق انجام دادند.

ساهو^{۷۴} و فادی^{۷۵} (۲۰۱۱) هم در یک تحقیق، ارزیابی و انتخاب مدل پروژه شش سیگما بر اساس اختیار واقعی را انجام دادند. این کار توسط یک روش دو مرحله‌ای انجام می‌شود، ابتدا با آنالیز اختیار واقعی، ارزش انعطاف‌پذیری در تصمیم‌گیری پروژه‌های شش سیگما مشخص می‌شود و

در مرحله بعد با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی صحیح ۰ و ۱ انتخاب و زمانبندی بهینه پروژه مبتنی بر محدودیت‌ها و هدف‌های سازمان انجام می‌شود.

مطالعات داخلی در این زمینه در ایران به جزء یک مورد زیر انجام نشده است:

ذکاوت (۱۳۸۸) ضمن معرفی رویکرد اختیار واقعی در بررسی طرح‌های اقتصادی، تفاوت‌های آن با رویکرد سنتی را بیان کرده است و به مزیت استفاده از رویکرد اختیار واقعی در محیط‌های نامطمئن اشاره نموده است.

۳- نتایج پژوهش (الگوی تجربی و بررسی اثر ریسک بر ارزش اختیار واقعی یک پروژه سرمایه‌گذاری)

۳-۱- معرفی ویژگی صنایع پتروشیمی

برای اجرای مدل اختیار واقعی طرح سرمایه‌گذاری یک طرح پتروشیمی انتخاب شده است. علت انتخاب این طرح نمونه این است که طرح پتروشیمی دارای ریسک‌های زیادی به واسطه تغییرات قیمت خوراک و قیمت محصولات هستند و در ردیف طرح‌های سرمایه‌گذاری با ریسک بالا هستند و از طرفی ارزش‌گذاری انعطاف‌پذیری در اختیار انتخاب و تغییر در طرح اطلاعات مفیدی برای سرمایه‌گذاران ارائه می‌کند.

۳-۲- اجرای روش ارزیابی اختیار واقعی (با استفاده از مدل بلک - شولز و نرم افزار SLS)

در این تحقیق ارزیابی اقتصادی طرح‌های سرمایه‌گذاری روی یک طرح فاز اول واحد پروسس مجتمع پتروشیمی و فسفات قائم کهگیلویه انجام شده است. که شرکت هیدروکربن و فسفات پارس شمالی به عنوان کارفرما و شرکت مهندسی سیم - شرکت ویکم پروسس فرانسه نیز به عنوان مشاور برای یک دوره پنج ساله در نظر گرفته شده است.

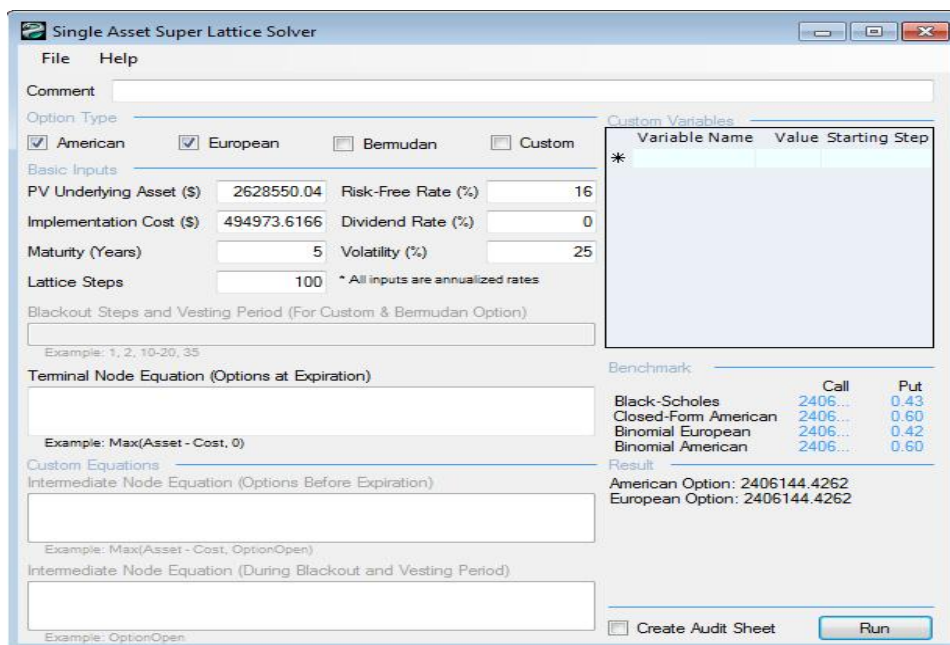
برای بدست آوردن ارزش اختیار واقعی مقادیر پارامترهای مدل بلک - شولز را در نرم افزار SLS قرار می‌دهیم. در این نرم‌افزار بر مبنای متغیرهای اختیار مالی، اختیار واقعی محاسبه می‌شود. ارزش فعلی دارائی پایه برابر با ارزش فعلی جریان‌ات نقدینگی مورد انتظار است که آن هم معادل ارزش درآمد مورد انتظار پروژه است. در این طرح درآمد مورد انتظار ۲,۶۲ تریلیون ریال است می - باشد هزینه اجرا و راه‌اندازی برابر با ۴,۹۴ تریلیون ریال است. زمان سررسید ۵ سال، نرخ بهره بدون ریسک بطور فرض ۱۶٪ و تغییرپذیری نیز بطور فرض ۲۵٪ در نظر گرفته شده است.

همچنین تعداد گام‌های محاسباتی نیز ۱۰۰ منظور شده است. این اعداد در جدول ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۳- سناریوهای پایه

$E = S$	ارزش فعلی دارایی پایه $S =$	$E = S$	۲,۶۲۸
$F =$	ارزش فعلی جریانهای درآمدی مورد انتظار پروژه	$F = X$	۰,۴۹۴
$r =$	نرخ بهره پایه	$r = r$	٪۱۶
$t =$	زمان سررسید	$t = t$	۵
$\sigma =$	تغییرپذیری جریانهای نقدی مورد انتظار	$\sigma = \sigma$	٪۲۵
$\lambda =$	نرخ ارزش اختیار از دست رفته	$\delta = \lambda$	۰

اگر مقادیر جدول ۳ را در فرمول ۲ قرار دهیم مقدار ۲,۴۴ تریلیون ریال را بدست می‌آوریم این مقدار همان ارزش اختیار واقعی یا ارزش اختیار خرید می‌باشد، که از مدل بلک - شولز بدست آمده است، حال اگر مقدار ارزش واقعی را با نرم‌افزار SLS محاسبه شود، مقدار ۲,۴۰ تریلیون ریال را نشان می‌دهد. در شکل ۳ خروجی نرم افزار نشان داده شده است.



شکل ۴- ارزش اختیار واقعی توسط نرم‌افزار SLS

با تغییر پارامترها سایر انواع اختیارات واقعی قابل محاسبه است. مقادیر ارزش اختیار واقعی در جدول ۴ نشان داده شده است. ارزش اختیار واگذاری، گسترش و عقد قرارداد و واگذاری عملیات می‌باشد از مابه‌التفاوت ارزش اختیار آمریکایی برای اختیار مربوطه و ارزش فعلی جریان‌های درآمد آتی مورد انتظار به دست می‌آید.

جدول ۴- ارزش اختیار واقعی برای انواع اختیارات واقعی

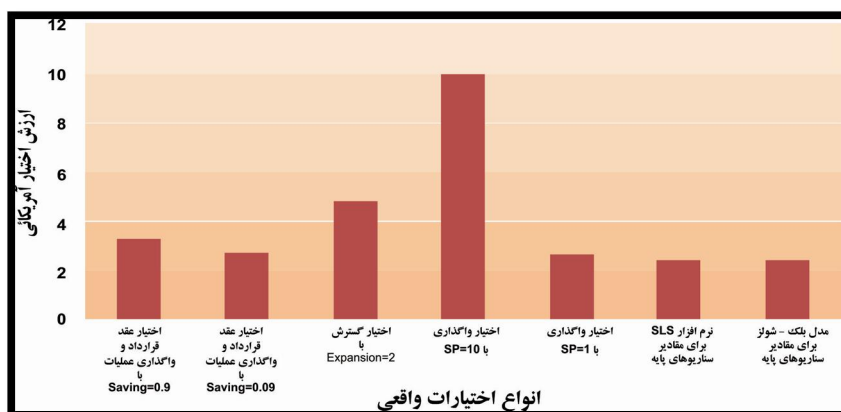
نوع اختیارات	توضیحات	ارزش اختیار آمریکایی (تریلیون ریال)
واگذاری	قیمت واگذاری = ۱ تریلیون ریال	۲,۶۲۸
واگذاری	قیمت واگذاری = ۱۰ تریلیون ریال	۱۰
گسترش	تعداد فعالیت‌ها و هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نیز ۲ برابر می‌شود	۴,۸۱۲
عقد قرارداد و واگذاری عملیات	۹۰٪ فعالیت‌ها به شرکت دیگر واگذار می‌شود و فرض کنید درآمد حاصل از این صرفه‌جویی ۷۶،۰۰۹ تریلیون ریال است	۲,۶۲۸
عقد قرارداد و واگذاری عملیات	۹۰٪ فعالیت‌ها به شرکت دیگر واگذار می‌شود و فرض کنید درآمد حاصل از این صرفه‌جویی ۰,۹ تریلیون ریال است	۳,۲۶

اختیار واگذاری بدین معناست که سرمایه‌گذار در حین انجام پروژه بنا بر دلایلی قصد ترک پروژه را دارد که می‌خواهد امتیاز خودش را در قبال مبلغی معین واگذار کند که اگر این مبلغ یا قیمت واگذاری زیاد باشد در این صورت سرمایه‌گذار از واگذاری سود خواهد کرد و از حق اختیار فروش استفاده خواهد کرد. در این حال است که سرمایه‌گذار امتیازش را واگذار می‌کند اما اگر این قیمت واگذاری کم باشد منجر به ضرردهی سرمایه‌گذار می‌شود. با این توضیحات در این مقاله دو قیمت واگذاری ۱ و ۱۰ پیشنهاد می‌شود که برای هر کدام قیمت‌های واگذاری ارزش اختیار آمریکایی به ترتیب ۲,۶۲ و ۱۰ تریلیون ریال بدست آورده می‌شوند. ما به التفاوت ارزش اختیار آمریکایی بدست آمده با ارزش فعلی جریان‌های درآمد آتی مورد انتظار بیانگر ارزش اختیار واگذاری یا ارزش اختیار فروش است که به ترتیب ۰,۰۰۲ و ۷,۳۷ تریلیون ریال است. هر کدام از این دو مقدار بیانگر سود بدست آمده در قبال مبلغ واگذاری شده است. هر چه قیمت واگذاری بیشتر باشد می‌توان به سود بیشتری رسید، قابل ذکر است.

در اختیار گسترش شرکت و یا سرمایه‌گذار می‌تواند گستره فعالیت اش را افزایش دهد، یعنی اینکه سرمایه‌گذار تصمیم دارد فعالیت یا میزان تولیدات را گسترش دهد تا به سود بیشتری دست یابد. در اینجا فعالیت شرکت را دو برابر کرده‌ایم. هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نیز دو برابر می‌شود. ۲,۱۸۳۸ تریلیون ریال ارزش اختیار گسترش یا ارزش اختیار خرید می‌باشد.

در اختیار عقد قرارداد و واگذاری شرکت بخشی از فعالیت‌های خودش را به یک شرکت دیگر واگذار می‌کند. حال فرض کنید که شرکت ۹۰٪ فعالیت‌های خود را به یک شرکت دیگر به دلیل ناطمینانی به شرکتی دیگر واگذار کند. فرض کنید درآمد حاصل از این واگذاری ۰,۰۹ تا ۰,۹ تریلیون ریال باشد، در این صورت شرکت به ترتیب به ۲,۶۲ و ۳,۲۶ تریلیون ریال ارزش اختیار آمریکایی دست پیدا خواهد کرد و مابه‌التفاوت این دو مقدار با ارزش فعلی جریان‌های درآمد آتی مورد انتظار همان ارزش اختیار عقد قرارداد و واگذاری عملیات یا ارزش اختیار فروش است که برابر با ۰,۰۰۰۰۰۹۹ تا ۰,۶۳ تریلیون ریال است.

مقادیر ارزش اختیارات را برای انواع اختیارات واقعی با پارامترهای مربوطه را با توجه به نمودار ۷ می‌توان مقایسه کرد. ارزش اختیار واگذاری با قیمت واگذاری ۱۰ تریلیون ریال بیشترین مقدار را نشان می‌دهد. هر چه میزان قیمت واگذاری در اختیار واگذاری و میزان درآمد حاصل از صرفه جویی در اختیار عقد قرارداد و واگذاری عملیات طرح مذکور بیشتر باشد مقدار ارزش اختیار آمریکایی این طرح نیز افزایش می‌یابد.



نمودار ۵- مقایسه مقادیر ارزش اختیار آمریکایی برای انواع اختیارات واقعی با پارامترهای مربوطه

۴- نتیجه‌گیری و بحث

این مقاله با معرفی روش اختیار واقعی به دنبال شناسایی و تشخیص الگوی نتایج نااطمینانی در ارزیابی طرح‌های سرمایه‌گذاری با ارزیابی اقتصادی اجرای یک پروژه واقعی بود. در این مقاله با استفاده از نتایج ارزیابی اقتصادی یک طرح پتروشیمی، پروژه با روش اختیار واقعی نیز مورد تحلیل قرار گرفت. رویکرد اختیار واقعی کاربردهای متمایزی نسبت به دیگر روش‌ها دارد که از آن جمله می‌توان به مواردی همچون پویایی، سیستمی بودن، انعطاف‌پذیری و قابلیت استفاده در محیط‌های نامطمئن اشاره نمود. جمع بندی نتایج این مقاله را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

- ❖ ارزش اختیار واقعی یا ارزش اختیار خرید توسط مدل بلک - شولز و با توجه به سناریوهای پایه ۲,۴۴۴ تریلیون ریال بدست می‌آید که همین مقدار توسط نرم افزار ۲,۴۰۶SLS تریلیون ریال محاسبه شده است. ارزش اختیار خرید در نرم افزار با استفاده از روش شبکه دو جمله ای برآورد می‌شود.
 - ❖ ارزش اختیار آمریکایی در اختیار واگذاری و با قیمت‌های واگذاری ۱ و ۱۰ تریلیون ریال به ترتیب ۲,۶۲۸ و ۱۰ تریلیون ریال می‌باشد. ما به التفاوت ارزش اختیار آمریکایی بدست آمده با ارزش فعلی جریان‌ات درآمد آتی مورد انتظار بیانگر ارزش اختیار واگذاری یا ارزش اختیار فروش است که به ترتیب ۰,۰۰۰۲۲۵ و ۷,۳۷۱ تریلیون ریال است. هر کدام از این دو مقدار بیانگر سود بدست آمده در قبال مبلغ واگذاری شده است. هر چه قیمت واگذاری بیشتر باشد می‌توان به سود بیشتری رسید.
 - ❖ ارزش اختیار آمریکایی در اختیار گسترش و با توجه به ۲ برابر کردن فعالیت‌ها ۴,۸۱۲ تریلیون ریال می‌باشد. ما به التفاوت این مقدار با ارزش فعلی جریان‌ات درآمد آتی مورد انتظار برابر با ۲,۱۸۳ تریلیون ریال معادل ارزش اختیار گسترش یا ارزش اختیار خرید می‌باشد که بیانگر سود بدست آمده در قبال دو برابر کردن فعالیت‌ها است.
 - ❖ ارزش اختیار آمریکایی در اختیار عقد قرارداد و واگذاری عملیات با توجه به واگذار کردن ۹۰٪ فعالیت‌ها به یک شرکت دیگر و با درآمد صرفه جویی ۰,۰۹ و ۰,۹ تریلیون ریال به ترتیب ۲,۶۲۸ و ۳,۲۶۵ تریلیون ریال می‌باشد. ما به التفاوت این دو مقدار با ارزش فعلی جریان‌ات درآمد آتی مورد انتظار، ارزش اختیار عقد قرارداد و واگذاری عملیات یا ارزش اختیار فروش است که برابر با ۰,۰۰۰۰۹۹۳ تریلیون ریال و ۰,۶۳۷ تریلیون ریال است. هر چه درآمد صرفه جویی بیشتر باشد می‌توان به سود بیشتری رسید.
- در پایان با توجه به تحلیل‌های ارائه شده و مزیت‌های متعدد اختیار واقعی، پیشنهاد می‌گردد که از آن برای بررسی طرح‌های اقتصادی که در شرایط نااطمینانی بسیار بالا انجام می‌گیرد استفاده

شود. این امر می‌تواند به بررسی دقیق‌تر طرح‌های اقتصادی و ارزش‌گذاری آنها منجر شود. شایان ذکر است که زمانی اهمیت رویکرد اختیار واقعی نمایان می‌شود که امکان اختیارات مختلف در انجام طرح در نظر گرفته شود. البته طرح‌های اقتصادی تنها محل استفاده از روش تحلیل اختیار واقعی نبوده بلکه بسیاری از تصمیمات استراتژیک سازمان را نیز می‌توان با این روش مورد نظر تجزیه و تحلیل قرار داد.

فهرست منابع

- * دین محمدی، مصطفی و باقری بسطامی، مهدی (۱۳۹۰)، تحلیل اثر ریسک بر توجیه پذیری پروژه های سرمایه گذاری: مقایسه مدلسازی یکپارچه ریسک با روش مونت-کارلو و روش ارزیابی اختیار واقعی (مطالعه موردی: صنعت پتروشیمی)، دومین همایش ریاضیات و علوم انسانی و مهندسی مالی، دانشگاه علامه طباطبائی تهران.
- * ذکاوت، سید مرتضی (۱۳۸۸)، کاربرد تحلیل اختیار واقعی در بررسی طرح های سرمایه گذاری، دومین کنفرانس بین المللی توسعه نظام تأمین مالی در ایران - تهران.
- * کمالی فر، پرهام (۱۳۸۸)، تجزیه و تحلیل صنعت پتروشیمی، دانشگاه تهران.
- * Adler, R.W. (2000); Strategic investment decision appraisal techniques: the old and the new. *Business Horizons* 43(6), 15–22.
- * Alberto, M.M. & Marco, A.G.D. and Roberto, M.S.M. (2008); Determining the Volatility and the Delay Option of a Petrochemical Project in Brazil.
- * E. Borgonovo & L. Peccati (2003); Sensitivity analysis in investment project evaluation; *IMQ, Universit " a "Bocconi" Viale Isonzo 25, Milan 20136, Italy; Int. J. Production Economics* 90 (2004) 17–25.
- * Mun, J. (2002); *Real Option Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions*, John Wiley and Sons.
- * Petar, Jovanovic (1999); Application of sensitivity analysis in investment project evaluation under uncertainty and risk , *International Journal of Project Management* Vol. 17, No. 4, pp. 217±222, Princeton, NJ.
- * Schmidt, J. (2003); *Real Options and Strategic Decision-Making* , Helsinki University of Technology ,Seminar in Business Strategy and International Business.
- * Shihong, Zeng & Shuai, Zhang (2011); *Real Options Literature Review* ; Finance Department of Economics Management School, Beijing University of Technology, Beijing, China.
- * Willem, J.H. & Van, Groenendaal and JackP.C. , Kleijnen (2002); Deterministic versus stochastic sensitivity analysis in investment problems: An environmental case study; Department of Information Systems/Center for Economic Research

- (CentER), School of Management and Economics, Tilburg University, P.O. Box 90153, 5000 LE Tilburg, Netherlands.
- * Arman Avadikyan & Patrick Lierena (2010); A real option reasoning approach to hybrid vehicle investments; *Technological Forecasting & Social Change* 77 (2010) 649-661.
 - * Fotios C. Harmantzis & Venkata Praveen Tanguturi (2007); Investment decisions in the wireless industry applying real options; *Telecommunications Policy* 31 (2007) 107-123 .
 - * John A. Campbell (2002); Real option analysis of the timing of IS investment decisions; *Information & management* 39 (2002)337-344.
 - * K.T. Yeo & Fasheng Qiu (2003); The value of management flexibility-a real option approach to investment evaluation; *International Journal of Project Management* 21 (2003) 243-250.
 - * Lei Zhu & Ying Fan (2011); A real option-based CCS investment evaluation model: Case study of china's power generation sector; *Applied Energy* 88 (2011) 4320-4333.
 - * Lei Zhu, Ying Fan (2010); A real options based model and its application to china's overseas oil investment decisions; *Energy economics* 32 (2010) 627-637.
 - * Marcus Hartmann, Ali Hassan (2006); Application of real options analysis for pharmaceutical R&D project valuation-empirical results from a survey; *Research policy* 35 (2006) 343-354.
 - * Markku Kallio & Markku Kuula and Sami Oinonen (2011); Real options valuation of forest plantation investments in Brazil ; *European journal of operational research*.
 - * Michail Chronopoulos & Bert De Reyck and Afzal Siddiqui (2011); Optimal investment under operational flexibility, risk aversion, and uncertainty; *European journal of operational research* 213 (2011) 221-237.
 - * Nicola Costantino, Roberta Pellegrino (2010); Choosing between single and multiple sourcing based on supplier default risk: A real options approach; *Journal of purchasing & supply management* 16 (2010) 27-40.
 - * P. Balasubramanian, N. Kulatilaka & J. Storck (2000); Managing information technology investments using a real options approach; *Journal of strategic systems* 9 (2000) 39-62.
 - * R.K. Padhy, S. Sahu (2011); A real option based six sigma project evaluation and selection model; *International journal of project management* 29 (2011) 1091-1102.

- * Shiu – Hwei Ho & Shu – Hsien Liao (2011) ; A fuzzy real option approach for investment project valuation ; Expert Systems with Applications 38 (2011) 15296-15302.
- * Shun-Chung Lee (2011); Using real option analysis for highly uncertain technology investments: The case study of wind energy technology; Renewable and sustainable energy reviews.
- * Shun-Chung Lee, Li – Hsing Shih (2010); Renewable energy policy evaluation using real option model – the case of Taiwan; Energy economics 32 (2010)S67-S78.
- * Tao Chen, Jinlong Zhang & Kin – Keung Lai (2009); An integrated real options evaluating model for information technology projects under multiple risks; International journal of project management 27 (2009) 776-786.
- * Yong Jin Kim , & G. Lawrence Sandres (2002); strategic actions in information technology investment based on real option theory; Decision support systems 33 (2002) 1-11.
- * Michael Bowe, Ding Lun Lee (2004); Project evaluation in the presence of multiple embedded real options: evidence from the Taiwan High-Speed Rail Project; Journal of Asian Economics 15 (2004) 71-98

یادداشت‌ها

- 1 - Real Option Analysis
- 2 - Super Lattice Solver (Sls)
- 3 - Internal Rate of Return (Irr)
- 4 - Financial Feasibility Analysis
- 5 - Binomial Model (Tree)
- 6 - Chooser Option
- 7 - Expansion Option
- 8 - Abandon Option
- 9 - Switching Option
- 10 - Compound Option
- 11 - Sequential Compound Option
- 12 - Barrier Option
- 13 - Free Cash Flow
- 14 - Proprietary
- 15 - Corporate Finance
- 16 - Black- Scholes Model
- 17 - Asset Pricing
- 18 - Risk-Neutral Pricing
- 19 - Risk-Free Continuous Interest Rate
- 20 - Patent
- 21 - Volatility
- 22 - Stock Price
- 23 - Exercise Price

- 24 - The Rate of Dividends
- 25 - Risk-Free Rate
- 26 - Time To Expiry
- 27 - Cumulative Normal Distribution Function
- 28 - Present Value of Expected Cash Flows
- 29 - The Rate Of Lost Over Duration Of Options
- 30 - Present Value of Fixed Costs
- 31 - Uncertainty of Expected Cash Flows
- 32 - Current Value Of The Underlying Asset
- 33 - Present Value Of Project Cash Flow
- 34 - Strike Price of The Option
- 35 - Initial Investment Cost
- 36 - Life To Expiration Of The Option
- 37 - Time To The Decision Date
- 38 - Benchmark Interest Rate
- 39 - Volatility of The Underlying Asset
- 40 - Volatility of The Expected Free Cash Flows
- 41 - Myers
- 42 - Ross
- 43 - Brealey And Myers
- 44 - Research & Development
- 45 - Trigorgis
- 46 - Nichols
- 47 - Merck Company
- 48 - Kulatilaka
- 49 - Kellogg
- 50 - Charles
- 51 - Schwart
- 52 - Moon
- 53 - P. Balasubramanian
- 54 - N. Kulatilaka
- 55 - J. Storck
- 56 - John A. Campbell
- 57 - Liu And Ouyang
- 58 - Li, Qu And Feng
- 59 - Michael Bowe
- 60 - Ding Lun Lee
- 61 - Marcus Hartmann
- 62 - Ali Hassan
- 63 - Tao Chen
- 64 - Jinlong Zhang
- 65 - Kin – Keung Lai
- 66 - Georgios N. Angelou
- 67 - Anastasios A. Economides
- 68 - Lei Zhu
- 69 - Ying Fan
- 70 - Arman Avadikyan
- 71 - Patrick Lierena
- 72 - Zhen Wang
- 73 - Xin Tang
- 74 - S. Sahu
- 75 - R.K. Padhy
- 76 - Saving