چهاردهمین کنفرانس بین المللی
مهندسی حمل و نقل و ترافیک
The 14th International
Conference on Traffic and
Transportation Engineering

ارائه مدلی مبتنی بر روش درخت دو جمله ای برای ارزشیابی مالی و اقتصادی پروژه های مشارکتیBOT آزادراهی کشور با رویکرد تئوری اختیارات حقیقی

سپیده فرجی[۱]، مهدی روانشادنیا[۲]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه آزاد اسلامی واحدکرج

۲. عضو هیئت علمی دانشگاه آزاداسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

نیاز به اجرای پروژه های زیربنایی در کشورهای درحال توسعه سبب شد تا قراردادهای چونBOT را بتوان یک روش مطمئن جذب سرمایه دانست که علاوه بر جبران کمبود منابع دولتی، مالکیت دولت را نیز بر پروژه ها به همراه خواهد داشت. مطالعه پروژه های راهسازی کشور حاکی از ظرفیت اجرای آن ها به روشBOT است. اجرای این پروژه ها مستلزم سرمایه گذاری سنگین می باشد، لذا ارزشیابی دقیق مالی و اقتصادی این پروژه ها یکی از اساسی ترین چالش های پیش روی دولت و شریک خصوصی می باشد. در این راستا، حدود سه دهه است دیدگاهی جدید به نام اختیارات حقیقی(RO) وارد دنیای ارزیابی مالی پروژه های سرمایه گذاری شده است. در این مقاله تئوری اختیارات حقیقی برای ارزشیابی مالی پروژه های آزادراهیBOT کشور به کار گرفته شده است. مزایای این رویکرد نسبت به روش سنتی و رایجDCF، در نظر گرفتن اثر انعطاف پذیری مدیریتی درارزش پروژه و عدم استفاده از نرخ ریسک پروژه در تنزیل ارزش های آتی است. این مقاله در پی آن است تا ضمن بررسی تئوری اختیارات حقیقی و مقایسه آن با روشDCF، الگوریتمی مبتنی بر مدل درخت دو جمله ای در ارزشیابی پروژه های مشارکتی آزادراهی ایران ارائه دهد.

کلید واژه: پروژه هایBOT، آزادراه ، ارزشیابی مالی و اقتصادی، تئوری اختیارات حقیقی، مدل درخت دوجمله ای

[۱] دانشجو، ۰۹۱۹۱۲۵۵۴۱۶، Sepideh.faraji64@gmail.com

[۲] مسئول مکاتبات - استادیار دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ۰۹۱۲۵۲۷۳۲۴۲، ravanshadnia@yahoo.com

۱- مقدمه

یکی از مهمترین زیرساختها درکشور پهناوری همچون ایران، اجرای شبکه‌های حمل ونقل است. براساس آمار حدود ۹۳٪ حمل و نقل کالاو ۹۵٪ حمل ونقل مسافر در کشور ایران توسط راهها و جاده‌های زمینی صورت می‌پذیرد و این امر مبین اهمیت ساخت راه در کشور است. بر اساس آخرین آمار در سال ۱۳۹۰ تلفات جاده‌ای کشور به۲۴ هزار نفر کشته و در حدود ده برابر این تعداد مجروح رسیده است[۱]. بنابر آمارهای موجود در هر مسیری که آزادراه ساخته شده است آمار تصادفات به زیر۵٪ کاهش یافته است. بر این اساس وزارت راه و ترابری به عنوان اصلی ترین متولی ایمنی تردد در جاده های کشور، توسعه آتی جاده های کشور را به صورت آزادراه در نظر گرفته است. براساس آخرین ارزیابی ها، کشور به۱۱ هزار و۵۰۰ کیلومتر راه و آزادراه نیاز دارد. لذا باتوجه به نیاز ضروری کشور به آزادراه ها و بودجه محدود و غیربهینه دولت، گرایش دولت به سمت اجرای پروژه های آزادراهی به روشBOT[۳] و مشتقات آن که به عنوان یکی از روش های پذیرفته شده جهت مشارکت بخش خصوصی در توسعه پروژه های حمل و نقلی در سطح جهانی شناخته شده است و دولت ها نیز آن را به عنوان روشی مناسب برای سرمایه گذاری و ساخت سریع پروژه های حمل و نقلی و استفاده بهینه از آن ها پذیرفته اند، امری بسیار معقول و ضروری به نظر می رسد[۲]. تصمیم به اجرای آزادراه ها، مستلزم سرمایه گذاری سنگینی می باشد و از آن جا که امنیت مالی سرمایه گذاران، وابسته به عملکرد آنی پروژه می باشد، انجام ارزشیابی مالی و اقتصادی پیش از اقدام به سرمایه گذاری امری ضروری به نظر می رسد. روش سنتی و رایج ارزشیابی مالی پروژه های آزادراهی، روش تنزیل جریان نقدی یا DCF[۴] است. منتقدان محدودیت هایی را برای این روش بیان نموده اند که این محدودیت ها سبب ظهور رویکرد مبتنی بر اختیارات حقیقی شد. حال با توجه به مطرح بودن تئوری اختیارات حقیقی در محاسبه ارزش مالی و اقتصادی به ویژه در تامین مالی و سرمایه گذاری پروژه ها و عدم قطعیت های موجود در پروژه هایBOT و لزوم استفاده از آن ها در توسعه پروژه های حمل و نقلی کشور نظیر آزادراه ها، در این مقاله ضمن بیان مزایای احداث آزادراه، در گام اول به نقد روش سنتی ارزشیابی مالی و لزوم استفاده از تئوری اختیارات حقیقی پرداخته و در گام دوم به معرفی مبانی نظری تئوری، منشاء پیدایش آن، انواع اختیارات حقیقی و معرفی مدل های ارزشیابی به روش اختیارات حقیقی پرداخته و در نهایت مدلی مبتنی بر درخت دوجمله ای در ارزشیابی پروژه های آزادراهی کشورکه به شیوه ی مشارکتیBOT صورت گرفته است را ارائه می نماییم.

[3] Build – Operate - Transfer
[4] Discounted Cash Flow

۲- مزایای احداث آزادراه

الف)کاهش سرمایه گذاری دولت: در حال حاضر دولت جهت ساخت آزادراه ها۵۰٪ هزینه ساخت هرکیلومتر را می پردازد و بعد از دوران مشارکت مالک آزادراه است و از محل عوارض دریافتی از آزادراه، منبع مطمئنی برای نگهداری و بهسازی در اختیار دارد و این درحالی است که در مورد بزرگراه همواره می بایست دو محور موجود را نگهداری و هزینه آن ها را تامین نماید.
ب) افزایش روانی حرکت: در آزادراه ها حرکت روان وسائط نقلیه تامین شده در حالی که در مورد بزرگراه ها روانی حرکت وسائط تقاطع های همسطح و راه های دسترسی کنترل نشده مختل می شود.
پ) امنیت ترانزیت کالا: با احداث آزادراه ورود و خروج وسائط نقلیه کاملاً کنترل می شود.
ت) اخذ عوارض: با احداث آزادراه هر وسیله نقلیه به اندازه ای که از راه استفاده می کند بهای آن را می پردازد و شکایتی را مطرح نمی نماید. این امر در مورد وسائط نقلیه ترانزیت از اهمیت بیشتری برخوردار است. ولی چنانچه در بزرگراه عوارضی از آن ها وصول شود آن را موجه نمی دانند.
د) رشد و توسعه ی شاخص های فرهنگی و اقتصادی: ساخت آزادراه به جای جاده های موجود، باعث افزایش ایمنی سفر، صرفه جویی در زمان و مصرف سوخت، افزایش سرعت سیر در عبور از عوارض هندسی تعدیل یافته شده و توسعه ی شاخص های اقتصادی مانند افزایش تولید ناخالص ملی و حتی شاخص های فرهنگی مثل جذب گردشگر را به ارمغان آورد.

۳- ارزشیابی مالی و اقتصادی پروژه های آزادراه

صنعت حمل و نقل نقش بسزایی در رشد اقتصادی کشور ایفا می کند به نحوی که به ازای هر یک درصد رشد اقتصادی دو درصد رشد تقاضا در بخش حمل و نقل ایجاد می شود، بنابراین اگر امور زیربنایی مانند شبکه راه های کشور را توسعه ندهیم، شتاب رشد اقتصادی کاهش پیدا می کند. با ارزشیابی دقیق مالی و اقتصادی در برنامه ریزی و اجرای برنامه های حمل و نقل می توان به بهترین نرخ بازگشت سرمایه با هرگونه بودجه تخصیص یافته دست یافت.

۳-۱- روش سنتی ارزشیابی مالی پروژه های آزادراهی کشور(DCF)

در این روش مطلوبیت در پروژه، ارزش خالص فعلی پروژه NPV[5] در نظر گرفته می شود که در محاسبه آن جریان های نقدی در طول سال های اجرا و بهره برداری برای بازگشت سرمایه پیش بینی

[5] Net Present Value

می شود و تا زمانی که اصل و سود سرمایه بر اساس سود ذکر شده در قرارداد مشارکت در سرمایه گذاری باز نگردد این زمان شناور است. بازگشت سرمایه نیز معمولاً با IRR به میزان۴٪ بیشتر از سود بلندمدت بانک های دولتی منظور و تا زمان صفر شدن NPV ادامه دارد.

۳-۲- نقد روش DCF و لزوم به کارگیری تئوری اختیارات حقیقی[۶]

علی رغم نقاط مثبت شاخص های حاصل از روشDCF ازجمله قابلیت اعمال ریسک دلخواه و اثر زمانی پول در ارزیابی ها که باعث فراگیر شدن استفاده از شاخص های آن در دنیا شده است، منتقدان معایب مهمی را به شرح زیر برای این روش بیان نموده اند[۳]:

الف) در روشDCF پاسخ پروژه به عدم قطعیت حاکم برآن و یا به عبارت دیگر انعطاف پذیری واقعی پروژه و ارزش اضافی که بر پروژه ایجاد می کند در نظر گرفته نمی شود. این در حالی است که همواره مدیریت کارآمد پروژه اختیارات خود و انعطاف پذیری های پروژه را به گونه ای به کار می گیرد که ارزش پروژه در برابر شرایط نامطمئن پیش رو افت نکرده و افزایش یابد.

ب) یکی از مهمترین روش های تعیین نرخ ریسک مناسب پروژه در روشDCF، روش CAPM[۷] است. در این روش نرخ ریسک پروژه به دو بخش نرخ بدون ریسک و نرخ ریسک ذاتی ناشی از پروژه برآورد شده ازنرخ ریسک پروژه های انجام شده مشابه پروژه موردنظر، تقسیم می شود و این ضعف دیگرDCF است زیرا نرخ ریسک متوسط افزوده به نرخ بدون ریسک در روشCAPM، میانگین نرخ ریسک پروژه هایی است که معمولاً پایان یافته است به طوری که اکنون نرخ ریسک آن ها متاثر از اختیاراتی است که مدیریت در راستای افزایش ارزش به کار برده است.

ج) در روشDCF به طور معمول از یک نرخ ریسک برای تنزیل انواع درآمد و هزینه استفاده می شود در صورتی که در واقع، جنس اقلام درآمدی و هزینه ای از حیث میزات ریسک ذاتی آن ها در بازار واقعی متفاوت است و نباید آن ها را با یک نرخ ریسک مشابه کاهش داد.

تحقیقات و مقالات پیشین در زمینه ارزیابی پروژه ها نشان داده است که روش های مبتنی بر تئوری(RO) قادر هستند ضعف های پیش گفته در روشDCF را پوشش دهند. این رویکرد دارای دو ویژگی مهم به شرح زیر است که مبنای روش هایRO را تشکیل داده و موجب تمایز این روش نسبت به سایر روش های رایج شده است:

- پرداختن به بررسی اثر انعطاف پذیری پروژه(اختیارات سیستم مدیریتی) بر ارزش نهایی پروژه.

[6]Real Option Theory
[7]Capital Asset Pricing Model

- استفاده از نرخ تنزیل بدون ریسک در تبدیل ارزش های آتی به ارزش فعلی.

از آن جا که انعطاف پذیری های مدیریتی و عدم قطعیت بسیار بالای پروژه های آزادراهی نظیر هزینه و زمان ساخت، نرخ تورم، میزان عوارض دریافتی و...، واقعیاتی هستند که در روش های سنتی درنظر گرفته نمی شوند، ادعا می شود روش های مبتنی برRO با درنظر گرفتن فرضیاتی واقع بینانه تر نسبت به روش های رایج، قادرند ارزش پروژه را دقیق تر و نزدیک تر به واقعیت تخمین بزنند.

۴- مبانی نظری ارزشیابی پروژه با استفاده از اختیارات حقیقی

ارزشیابی اختیارات حقیقی از لحاظ نظری بر مبنای همان اصول اختیارات مالی بنا نهاده شده است و ایده های اصلی خود را از تئوری ارزشیابی اختیار مالی می گیرد.

تئوری اختیارات مالی سعی دارد تا با بستری ریاضی، با ارائه ی روابطی تحلیلی و یا عددی به پیش بینی ارزش مالی اختیارات بپردازد. . پیشینه ی تئوری اختیارات بسیار قدیمی است، به طوری که در سال ۱۹۰۰، آقای لوییس باچیلر[8]، در تز دکترای خود مبانی این نظریه را ارائه داد[۳]. برای اولین بار Black و Scholes(۱۹۷۳) و Merton(۱۹۷۳) یک رابطه ی بسته برای ارزش گذاری اختیارات مالی به دست آوردند[۴و۵]. مهم ترین و ابتدایی ترین تقسیم بندی برای اختیارات مالی تقسیم بندی آن ها به دو گروه اختیارات فروش [9]و اختیارات خرید[10] است. ازسوی دیگر اختیارات مالی دارای زمان سررسید[11] هستند که بعد از آن تاریخ، اختیار فاقد اعتبار است. برخی اختیارات به سرمایه گذار این اجازه را می دهد تا هر زمان قبل از زمان سررسید اختیار خود را عملی کند، این نوع اختیارات به اختیارات آمریکایی[12] موسوم هستند. برخی اختیارات دیگر تنها در زمان سررسید قابل عملی کردن هستند که این نوع اختیارات به اختیارات اروپایی[13] موسوم هستند. نظریه ی اختیارات مالی درواقع نوعی دیدگاه را در ذهن مدیران و ارزیابان مالی پروژه ها به وجود آورد که با استفاده از آن و معادل سازی اختیارات حقیقی با اختیارات مالی می توان ارزش اضافی که اختیارات حقیقی برای پروژه به وجود می آورند را ارزیابی کرد.

[8] Louis Bachelier
[9] Put option
[10] Call option
[11] Maturity, expiration date , exercise date , strike date
[12] American option
[13] European option

۴-۱- تئوری اختیارات حقیقی

زمانی که استفاده از تئوری اختیارات مالی گسترش پیدا می کند و مرتبط با دارایی های فیزیکی(غیرمالی) به کاربرده می شود، به آن اختیارات حقیقی گفته می شود. کلمه ی اختیار حقیقی برای اولین بار در سال۱۹۷۷ توسط Myers دردانشگاهMIT به کار برده شد. Myers (۱۹۷۷) اختیار حقیقی را به این صورت تعریف می کند:"اختیارهای حقیقی...فرصت هایی برای خرید دارایی های حقیقی...هستند"[۶]. پس از گذشت ده ها سال، تئوری اختیارات حقیقی به یک شاخه ی مهمی از مالی تبدیل شد. این موضوع همچنین یک عنوان داغ در بحث های آکادمیک مالی به شمار می رود. دراین سال ها محققین کاربردی و تئوری در حوزه ی اختیارت حقیقی پیشرفت چشمگیری داشته اند و به نتایج قابل توجهی نیز دست یافته اند[۷].

Trigeorgis(۱۹۹۳) اختیارات حقیقی را مطابق با تفاوت در انعطاف پذیری به هفت طبقه تقسیم کرد[۸]:

۱. اختیار رشد یا توسعه[۱۴]، ۲. اختیار ترک[۱۵]،۳. اختیار تعویق[۱۶]، ۴. اختیار سرمایه گذاری مرحله ای[۱۷]، ۵. اختیار تغییر مقیاس[۱۸]، ۶. اختیار تغییر یا تعویض[۱۹]، ۷. اختیار تعاملی[۲۰].

۴-۲- اختیارات حقیقی در مقابل اختیارات مالی

در حل مسائل اختیارات حقیقی از روش هایی که برای حل مسائل اختیارات مالی ارائه شده است استفاده می شود. بنابراین بایستی طبق جدول(۱) با ایجاد نوعی تناظر بین اختیارات حقیقی و اختیارات مالی، پارامترهای مسائل اختیارات حقیقی را به پارامترهای متناظردر اختیارات مالی تبدیل کرد و از راه حل های مسائل اختیارات مالی برای ارزش گذاری اختیارات حقیقی بهره جست.

[14] Growth Option
[15] Option to Abandon
[16] Option to Defer
[17] Staged Investment Option
[18] Option to Alter Operating Scale
[19]Option to Switch
[20] Interacting Option

جدول۱. برقراری تناظر بین متغییرهای نظریه اختیارات ونظریه اختیارات حقیقی[۳]

اختیارات مالی	اختیارات حقیقی
اختیار خرید سهام	اختیار سرمایه گذاری
قیمت سهام(S)	ارزش خالص فعلی پروژه
قیمت عملی کردن اختیار(X)	ارزش خالص فعلی هزینه سرمایه گذاری
تاریخ انقضاء(T)	تاریخ انقضاء
نرخ بدون ریسک(r)	نرخ بدون ریسک
واریانس قیمت سهام(σ^2)	واریانس ارزش پروژه

۴-۳- مدل های ارزشیابی اختیارات حقیقی

مدل هایی که در ارزشیابی اختیارات مالی به کار می رود در روش ارزشیابی اختیارات حقیقی نیز کاربرد دارد. این مدل ها عبارتند از:

- فرمول قیمت گذاری اختیار بلک شولز
- روش شبیه سازی مونت کارلو[۲۱][۹]
- روش ارزشیابی اختیار دو جمله ای [۲۲]

به طور کلی مدل های اختیارات حقیقی می توانند به مدل های زمانی گسسته و مدل های زمانی پیوسته تقسیم بندی شوند. مدل های زمانی گسسته شامل مدل درخت دو جمله ای و مدل درخت سه تایی می شود. مدل های زمانی پیوسته شامل مدل بلک شولز، معادلات دیفرانسیل تصادفی و شبیه سازی مونت کارلو می شود. مدل های زمانی گسسته معمولاً راحت تر به کار می روند و معمولاً می توانند به صورت درخت اختیار مقایسه ودرخت تصمیم ارائه شوند[۲۳]. در هرصورت درخت ها یک روش ویژه برای نمایش عدم قطعیت و انعطاف پذیری در میان رویدادهای متوالی و گسسته هستند که در آن ها هر کدام از گره ها پیامد ممکنی را نشان می دهد. چالش اساسی در درخت ها تصور و فهم عدم قطعیت و انعطاف پذیری به یک روش مناسب است[۱۰].

[21] Monte Carlo Simulation
[22] Binominal Tree(Model)
[۲۳] درواقع درخت های اختیار مدل های بی تفاوت نسبت به ریسک و درخت های تصمیم مدل های باریسک تنظیم شده هستند.

۵- مدل پیشنهادی ارزشیابی مالی پروژه های آزادراهی کشور

در این روش ابتدا ارزش پروژه با استفاده از روش DCF تعیین شده و سپس ارزش اختیارهای موجود در پروژه با استفاده از مدل هایی که در ادامه می آید، محاسبه می شود. در انتها ارزش محاسبه شده برای اختیارهای موجود در پروژه به ارزش حاصل از روش DCF اضافه می شود. در این پژوهش هدف اصلی چگونگی محاسبه ی اختیارهای نهفته در پروژه است. از این رو وارد جزییات چگونگی محاسبه NPV با استفاده از روش DCF نمی شویم. اگرچه خروجی آن و چگونگی تولید آن برای ارزش یابی اختیارهای نهفته در پروژه لازم است.

آن چه در ادامه می آید بیش تر روی مدل ارزش یابی اختیارهای نهفته در پروژه متمرکز شده است. مدل ارائه شده مبتنی بر درخت دوجمله ای است. این رویکرد در قالب الگوریتم زیر انجام می گیرد:

۱- شناسایی عدم قطعیت های پروژه و متغیرهای تصادفی متناظر با آن ها با استفاده از نظر مدیران و کارشناسان پروژه، با فرض پیروی رفتار متغیرهای دارای عدم قطعیت از فرآیند تصادفی GBM[۲۴] این فرض به این معناست که لگاریتم طبیعی این متغیرها در طول زمان دارای توزیع نرمال باشد.

۲- تخمین تغییرپذیری کل پروژه به صورت زیر:

۲-۱- جایگزینی قیمت جاری سهام(متغیر S) با NPV مورد انتظار پروژه.

۲-۲- ارزیابی تاثیر عدم قطعیت های محاسبه شده در قسمت قبلی بر NPV مورد انتظارپروژه.

۲-۳- محاسبه نسبت جریان نقدی هرسال به سال ماقبل آن

۲-۴- محاسبه انحراف استاندارد لگاریتم طبیعی نسبت های به دست آمده. انحراف استانداردی که در انتها به دست می آید، همان تغییرپذیری برای جریان های نقدی است:

$$\text{Volatility} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - x)^2}$$ رابطه (۱)

۲-۵- انجام شبیه سازی مونت کارلو زمانی که جریان نقدی در یک دوره زمانی خاص منفی باشد. در این زمان نسبت متناظر با آن منفی شده و لگاریتم طبیعی برای یک عدد منفی وجود ندارد. در این حالت تغییرپذیری محاسبه شده نمی تواند بعضی از تغییرات ممکن جریان های نقدی را منعکس کند و در نتیجه خطا در نتایج ایجاد می شود. برای کاهش خطای ذکر شده از شبیه سازی مونت کارلو استفاده می شود. به این صورت با اجرای مدل به صورت متوالی به جای به دست آوردن یک تخمین از تغییرپذیری، ریسک تخمین نادرست از تغییرپذیری کاهش می یابد. برای انجام شبیه سازی باید به

[24] Geometric Brownian Motion

این نکته توجه کنیم که متغیرهای دارای عدم قطعیت از یک حرکت براونی هندسی پیروی می کنند، یک حرکت تصادفی براونی هندسی به صورت زیر نشان داده می شود:

$$\frac{\partial s}{s} = \mu\,(\delta_t) + \sigma\varepsilon\sqrt{\delta_t}$$ رابطه (۲)

که در آن درصد تغییرات نسبی در متغیر S با $\frac{\partial s}{s}$ نشان داده می شود.

این فرمول از یک قسمت قطعی$\mu(\delta t)$ و یک قسمت تصادفی$\sigma\varepsilon\sqrt{\delta t}$ تشکیل شده است کهμ ضریب راندگی[۲۵] و یا همان پارامتر رشد است که با فاکتور زمانی δt افزایش می یابد و σ همان تغییرپذیری است که با مجذور فاکتور زمان افزایش می یابد. دراین فرمول ε متغیر شبیه سازی است که توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس یک دارد، در این شبیه سازی σ در تمامی تکرارها ثابت است و فقط εاست که تغییر می کند. شبیه سازی به این صورت انجام می شود که در هر تکرار، مقدار هر متغیر به صورت جداگانه و در هر سال با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می شوند. یعنی با شروع از S_0 برای هر متغیر و انجام شبیه سازی مقادیرS_1،S_2،S_3 و... وSn به ترتیب تولید می شوند. بنابراین با مشخص شدن پارامترهای دارای عدم قطعیت در هر سال جریان های نقدی مشخص می شوند که می توان با استفاده از روش لگاریتم جریان های نقدی تغییرپذیری برای کل پروژه را تخمین زد. همین روند برای تعداد زیاد تکرار می شود تا یک توزیع برای تغییرپذیری کل محاسبه شود. رویکرد شبیه سازی مونت کارلو برای محاسبه تغییرپذیری رویکرد بسیار مناسبی است زیرا یک توزیعی از تغییرپذیری می تواند به دست آید و به عنوان یک ورودی در تحلیل اختیارات حقیقی استفاده شود. نتایج چنین تحلیلی همچنین می تواند برای تخمین توزیع مقادیر اختیارات حقیقی به کار رود. در این صورت به جای یک تخمین نقطه ای از اختیارات حقیقی یک توزیع احتمال رخداد به دست آمده است که بسیار با ارزش تر است.

۳- تشخیص اختیارهای بالقوه در پروژه به صورت زیر:

۳-۱- هم فکری و تبادل نظر با کارشناسان ، مسئولین و مدیر پروژه زیرا اختیارت حقیقی موجود در پروژه، جزء تصمیمات استراتژیک پروژه به شمار می رود.

۳-۲- محاسبه ی قیمت عملی کردن اختیار(X) که از مابه التفاوت آن با قیمت جاری سهام، قیمت اختیار معامله تعیین می شود. بسته به این که اختیار حقیقی اعمال شده شبیه اختیار خرید است یا شبیه اختیار فروش، ماهیت قیمت عملی کردن اختیار تغییر خواهد کرد. اگر شبیه به اختیار خرید باشد، قیمت سررسید از جنس هزینه و در صورتی که شبیه به اختیار فروش باشد، قیمت سررسید از

[25] Drift

جنس درآمد است. قیمت سررسید می تواند ارزش فعلی هزینه های ثابت باشد که وابسته به نوع اختیار حقیقی کار گرفته شده تفاوت می کند.

۴- تشکیل درخت دوجمله ای پروژه به صورت زیر:

۴-۱- محاسبه ی NPV پایه در سال پروژه (سال گره اصلی درخت).

۴-۲- محاسبه ی درصد افزایش و یا کاهش NPV درگره های بعدی با استفاده از رابطه های زیر:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$ رابطه(۳)

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}} = \frac{1}{u}$$ رابطه(۴)

u: درصد افزایش NPV

d: درصد کاهش NPV

σ: تغییرپذیری تخمین زده شده برای کل پروژه

۴-۳- محاسبه اعداد گره های درخت با استفاده از درصدهای افزایشی و کاهشی محاسبه شده درگام قبل.

۵- محاسبه ارزش اختیار در گره انتهایی درخت با استفاده از روش برگشتی به این صورت که ارزش اعمال اختیار در تمامی گره های انتهایی درخت محاسبه می شود. برای این کار پارامتر منافع حاصل از اعمال اختیار که با افزایش ارزش خالص فعلی پروژه در صورت اعمال اختیار معادل می شود نیز نیاز است. برای محاسبه ی این منافع دو راه پیش رو خواهد بود:

۵-۱- استفاده از نظرات کارشناسان و خبرگان در صورت کمبود زمان و منابع مورد نیاز.

۵-۲- محاسبه مجدد ارزش جریان نقدی فعلی با فرض اعمال اختیار مورد نظر. این روش زمان بر است ولی در صورتی که محدودیت منابع نباشد، روشی مناسب و عدد برآورد شده تا حدودی دقیق است.

برای محاسبه ی ارزش اختیار در گره های انتهایی تفاضل منافع حاصل از اعمال اختیار و هزینه های اعمال اختیار که در مرحله ی سه مشخص شد، ارزش اختیار را می دهد. منفی شدن عدد تفاضل بدین معنی است که اختیار در آن گره اعمال نمی شود و به جای گذاشتن عدد منفی ارزش اختیار در آن گره صفر در نظر گرفته می شود.

۶- محاسبه ارزش اختیار در گره اصلی(اولین گره) با استفاده از یک فرآیند برگشتی مقایسه ای[۲۶] به صورت زیر:

[26] **Backward Induction**

۶-۱- محاسبه پارامتر P با استفاده از رابطه زیر:

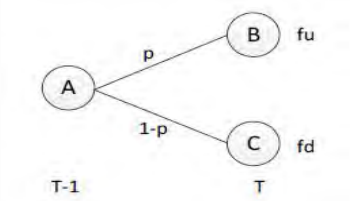
رابطه (۵)

$$P = \frac{e^{rT} - d}{u - d}$$

پارامتر P در اینجا معنای خاصی ندارد و فقط می توان آن را به این صورت تفسیر کرد که احتمال رفتن به گره بالادر یک دوره برابر p و به گره پایین از همان گره ودر همان دوره برابر 1-p است.

۶-۲- محاسبه اختیار در هر گره و در دوره های قبلی، به شرح زیر:

در شکل(۱) ارزش اختیار درگره B برابر f_u و ارزش اختیار درگره C برابر f_d است. گره A دردوره T-1 و گره هایBوC دردوره ی Tواقع شده اند.



شکل۱- قسمتی از یک درخت دو جمله ای

ابتدا مقدار f با به کارگیری فرمول زیر محاسبه می شود:

رابطه(۶)

$$f = e^{-rT}[pf_u + (1-p)\, f_d]$$

از این جا به بعد دو حالت می تواند وجود داشته باشد:

الف) در صورتی که شبیه اختیار اروپایی باشد(یعنی فقط در آخر دوره قابل اعمال باشد) به همین ترتیب ارزش تمامی گره های دوره T-1 و سپس ارزش گره های دوره های قبلی تا رسیدن به گره اصلی محاسبه می شود. عدد محاسبه شده برای گره اصلی ارزش اختیار مورد نظر در کل پروژه را مشخص می کند.

ب) در صورتی که اختیار مورد نظر مکانیسمی شبیه به اختیارهای آمریکایی داشته باشد(یعنی در هر سالی تا زمان انقضا قابل اعمال باشد)، به صورت زیر عمل می شود:

برای گره A که در دوره ی T-1 واقع شده است، ارزش اعمال اختیار در همان دوره را محاسبه می شود. این ارزش با توجه به ارزش خالص فعلی گره مورد نظر و هزینه و یا درآمد اعمال اختیار در آن دوره به دست می آید(به عبارت دیگر برای تعیین ارزش اعمال اختیار در گره A، با توجه به پارامترهای مورد نظر در دوره ی T-1 همان کاری صورت می پذیرد که برای گره هایB و C انجام گرفت.) این مقدار g نامیده می شود. در صورتی که f بیشتر از g باشد، عدد f در گره A در درخت دو جمله ای ارزش گذاری(که با حرکت رو به عقب تشکیل می شود) قرار داده می شود. تفسیر این کار

این است که بهتر است اختیار در گره A باز نگه داشته شود تا با مناسب شدن شرایط اقتصادی در دوره و یا در دوره های بعدی اعمال شود. در صورتی که g بیشتر ازf باشد، عددg در گره A در درخت دو جمله ای ارزش گذاری(که با حرکت رو به عقب تشکیل می شود) قرار داده می شود. تفسیر این کار این است که بهتر است اختیار در گره A اعمال شود زیرا سود اقتصادی انجام این کار بیشتر از حالتی است که اختیار در دوره یا دوره های بعدی اعمال شود.

۶- نتیجه گیری

اجرای پروژه های زیربنایی نظیر آزادراه مستلزم سرمایه گذاری سنگین می باشد، لذا ارزشیابی دقیق مالی و اقتصادی این پروژه ها یکی از اساسی ترین چالش های پیش روی دولت و شریک خصوصی می باشد. از آن جا که انعطاف پذیری های مدیریتی نظیر اختیار توسعه و عدم قطعیت بسیار بالای پروژه های مشارکتی آزادراهی نظیر هزینه و زمان ساخت، نرخ تورم، میزان عوارض و... واقعیاتی هستند که در روشDCF در نظر گرفته نمی شوند، بنابراین روشDCF ارزش پروژه ها را کمتر از میزان واقعی آن ها تخمین می زند. تخمین دست پایین سبب می شود که برخی پروژه های راهسازی علی رغم ارزش اقتصادی بالقوه ی قابل توجه از فهرست طرح های تدوین استراتژی وزارت راه و شهرسازی، حذف شوند. تحقیقات و مقالات پیشین در زمینه ارزیابی پروژه ها نشان داده است که روش های مبتنی بر نظریه اختیارات قادر هستند ضعف روشDCF را پوشش دهند لذا ادعا می شود که روش های مبتنی بر اختیارات حقیقی قادرند ارزش پروژه ها را دقیق تر و نزدیک تر به واقعیت تخمین بزنند. در همین راستا در این مقاله مدلی ارائه شده که تلاش دارد با رویکرد اختیارات حقیقی به ارزشیابی مالی و اقتصادی پروژه های مشارکتی آزادراهی بپردازد و با درنظر گرفتن عدم قطعیت و اختیارات مدیریتی ارزش افزوده ی حاصل از درنظر گرفتن این دو فاکتور کلیدی را تخمین زند. به منظور تایید میزان کارایی مدل ارائه شده، ارزشیابی پروژه مشارکتی آزادراهی اصفهان شیراز با به کارگیری روش شبیه سازی مونت کارلو و روش درخت دو جمله ای به عنوان تحقیقات آتی توسط محقق در دست توسعه می باشد.

مراجع

[۱]عطارزاده، مقداد و اقبال شاکری(۱۳۸۷)،"ارایه مدل مالی برای پروژه های BOT آزادراهی ایران"، چهارمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه.

[۲] خانزادی، مصطفی وحسین فرشاد(۱۳۹۲)،" ارزیابی ریسک و چهارعدم قطعیت موجود قراردادBOT در پروژه های آزادراهی مطالعه موردی آزادراه ساوه سلفچگان"، همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین.

[۳] فانی پاکدل، محمودرضا(۱۳۸۹)، " ارزشیابی پروژه های آماده سازی معدنی از دیدگاه نظریه ی اختیارات حقیقی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس.

[4] Black F, Scholes M; “The Pricing of Options and Corporate Liabilities” Journal of Political Economy 81(3), pp. 637–654, 1973.

[5] Merton, RC; “Theory of rational option pricing”, Bell Journal of Economics & Management Science 4(1), pp. 141–183, 1973.

[6] Myers SC; “Determinants of Corporate Borrowing,” Journal of Financial Economics, Vol. 5. No. 2., pp. 147-175, 1977.

[7] Zeng S, Zhang S; “Real Options Literature Review”, iBusiness,3,p.p.43-48,2011.

[8] Trigeorgis L, “Real Options and Interactions with Financial Flexibility,” Financial Management, Vol. 22, No. 3, 1993, pp. 202-224.

[9] Collan M, Fuller R, Mezei J (2009) A fuzzy pay-off method for real option valuation. Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences doi: 10.1155/2009/238196

[10] Wouters MJF, Roorda B, Gal R; “Valuation of R&D investments for new products: A real options approach focusing on key uncertainties”, Industrial Engineering and Engineering Management, IEEE International Conference on, Hong Kong,P.P. 1627 – 1631, 2009.

A model based on binomial tree method for economic and financial valuating BOT highway collaborative projects with real options theory approach

Abstract

The Need for infrastructure projects in developing countries led to the BOT contracts can be considered a reliable method for investment in addition to compensating for the lack of government resources, the projected will be owned by the state. The study of road contracture projects in Iran showed that the capacity of implement the project by BOT method. These projects require heavy investment, so accurate evaluation of financial and economic in these projects is one of the most basic challenges facing the government and the private partner.
In this regard, a new insight named the real options (RO) has entered the world of financial valuation of investment projects nearly three decades. In this article the theory of real options has been implemented for financial valuation of the BOT highway projects. The advantages of this approach compared to traditional DCF method are considering management flexibility effect in project value and non-use of project risk rate to discount future values. This article seeks to review the real option theory and comparing it with DCF method, in order to offer an algorithm based on binomial tree model in the valuation of collaborative Iran highway projects.

Keywords: ***Project BOT, highway, economic and financial valuation, real options theory, binomial tree model***