مدل تعیین طول دوره امتیاز بهینه در پروژه‌های با قرارداد BOT با استفاده از روش شبیه سازی مونت‌کارلو

محمد جواد مهاجر
کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت دانشگاه پلی‌تکنیک تهران
محمد حسن سبط
هیئت علمی دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه پلی‌تکنیک تهران
احسان شهوند
دکتری مهندسی و مدیریت ساخت دانشگاه پلی‌تکنیک تهران
رضا مکنون
هیئت علمی دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه پلی‌تکنیک تهران

چکیده: یکی از روش‌های شناخته شده در تحویل پروژه‌های زیرساختی، قراردهای مشارکت بخش خصوصی و عمومی و از جمله آن قراردادهای BOT است. طول دوره امتیاز در این نوع قراردادها به این دلیل که به طور مستقیم منافع دو طرف قرارداد را تحت تاثیر قرار می-دهد، نقش کلیدی در موفقیت پروژه ایفا می‌کند. در پژوهش‌های پیشین مدل‌هایی به منظور تعیین این دوره توسعه یافته است ولی این مدل‌ها شامل محدودیت‌هایی است که در این پژوهش شناسایی و رفع می‌شود. در پژوهش حاضر از روش تحلیل دوره بازگشت سرمایه تنزیلی به منظور تحلیل مالی جریان نقدی پروژه و همچنین از روش شبیه‌سازی مونت کارلو به منظور در نظر گرفتن ریسک‌ها و عدم قطعیت‌های پارامترهای تاثیرگذار در تعیین طول دوره امتیاز استفاده می‌شود. نتیجه این پژوهش توسعه مدل شبیه‌سازی تعیین طول دوره امتیازی است که می‌تواند با احتمال برابر انتظارات دو بخش خصوصی و عمومی را از اجرا و سرمایه‌گذاری در پروژه تامین کند و در نتیجه با اعطای این دوره امتیاز به بخش خصوصی تخصیص عادلانه ریسک‌های موجود در پروژه را بین طرفین قرارداد میسر سازد. در پایان کاربرد این مدل جدید با یک پروژه فرضی زیرساختی به عنوان مطالعه موردی نشان داده می‌شود.

کلمات کلیدی: دوره امتیاز، قرارداد BOT، مدیریت قراردادها، شبیه‌سازی مونت‌کارلو، پروژه‌های زیرساختی، ارزیابی اقتصادی.

۱- مقدمه:

در دهه‌های اخیر، محدودیت بودجه‌های عمومی از یک طرف و نیاز روزافزون به زیرساخت‌های جدید از طرف دیگر باعث شده است توجه به مشارکت بخش خصوصی در این امر افزایش یابد. به این دلیل مشارکت بخش خصوصی و عمومی (PPP) به یک الگوی قابل قبول برای تحویل پروژه‌های زیرساختی تبدیل شده است (Carbonara, Costantino, Pellegrino, 2014). مشارکت بخش خصوصی و عمومی یک ارتباط قراردادی بین بخش خصوصی و بخش عمومی است که در آن دو عامل اصلی وجود دارد که یک طرف بخش عمومی (دولت، کارفرما، سرمایه‌پذیر) و طرف دیگر بخش خصوصی (سرمایه‌گذار) است (Zhang, 2009). روش PPP در پروژه‌های زیرساختی چون بزرگراه، راه‌آهن، بندر، تونل، فرودگاه، نیروگاه، استادیوم‌های ورزشی و بیمارستان‌ها استفاده می‌شود (Shen, Lee, Zhang, 1996) و (Ng, Xie, Cheung, Jefferes, 2007). خصوصیت مشترک پروژه‌های زیرساختی نیاز به مقدار سرمایه اولیه زیاد، طولانی بودن دوره ساخت، نرخ بازگشت سرمایه پایین و سطح ریسک بالا می‌باشد (Shen, Li, Li, 2002). مشارکت بخش خصوصی و عمومی این امکان را به دولت می‌دهد که ریسک‌های مربوط به ساخت، تامین‌مالی و بهره‌برداری مربوط به پروژه را به بخش خصوصی انتقال دهد و همچنین خود را از کسری بودجه مصون بدارد (Carbonara et al, 2014). طیف گسترده‌ای از قراردادهای با روش PPP وجود دارد که از جمله می‌توان به قرارداد BOT (ساخت- بهره‌برداری- انتقال) اشاره کرد(Liou, Huang, Chen, 2012) و (Zhang, 2006). در قراردادهای BOT طبق موافقت‌نامه، بخش خصوصی در دوره‌ای مشخص که دوره امتیاز نامیده می‌شود مسئولیت طراحی، ساخت، راه‌اندازی و تامین مالی این مراحل را بر عهده خواهد داشت و پس از اتمام دوره ساخت تا پایان دوره امتیاز موافقت شده از پروژه بهره‌برداری می‌کند و از محل درآمد حاصل از ارائه محصول یا خدمات پروژه، اصل و سود سرمایه خود را بازیافت می‌نماید و پس از پایان دوره امتیاز، پروژه را به دولت واگذار می‌کند (Shakeri, 2009). این نوع قراردادها یک راه حل برد- برد- برد برای عموم مردم، دولت و بخش خصوصی برای تحویل پروژه می‌باشد (McCowan, Mohamed, 2007).

پیش از سال ۲۰۰۲ اغلب تحقیقات در زمینه قراردادهای BOT بر مباحث روش قرارداد، روش‌های تامین مالی، قیمت‌گذاری، مدیریت و تخصیص ریسک تمرکز داشته‌اند. و خلا بزرگی در محاسبه و تعیین دوره امتیازی که بتواند خواسته‌های دو طرف قرارداد را تامین کند وجود داشته است (shen et al, 2002) و (Shen, Wu, 2005). به علت اهمیت موضوع، در دهه اخیر چندین مدل جهت تعیین دوره امتیاز ارائه شده است. دوره امتیاز پارامتری تاثیرگذار در این نوع قراردادها است به گونه‌ای که طولانی بودن دوره امتیاز، سود بیش از حد بخش خصوصی و کاهش منافع بخش عمومی از پروژه را به دنبال دارد. کوتاه بودن دوره امتیاز یا موجب می‌شود بخش خصوصی پروژه را نپذیرد یا در صورت پذیرش با افزایش تعرفه محصول یا خدمات پروژه به سطح سود قابل قبولی برای خود برسد که در این صورت ریسک کوتاه شدن دوره امتیاز به استفاده کنندگان امکانات پروژه منتقل می‌شود (shen et al, 2002). طول دوره امتیاز باید به گونه تعیین شود که بخش خصوصی به نرخ بازگشت سرمایه مورد انتظار خود دست یابد و نه آنقدر طولانی شود که به نرخی بیش از حد معمول برسد و از طرف دیگر دولت متضمن خسارت شود (Zhang, AbouRizk, 2006). تعیین دوره امتیاز مناسب در موفقیت این نوع پروژها بسیار اهمیت دارد (Ng et al, 2007). هدف این پژوهش شناسایی فاکتورها و عوامل موثر در تعیین دوره امتیاز و ارائه مدل ریاضی برای تعیین طول دوره امتیاز به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل در قراردادهای BOT است. در ادامه این پژوهش، در بخش دوم مفاهیم کلی موضوع به طور مختصر شرح داده می‌شود. در بخش سوم ادبیات موضوع مورد بررسی قرار خواهد گرفت و محدودیت‌های تحقیقات پیشین شناسایی شده و در فصل چهارم متدولوژی این پژوهش به همراه بررسی مطالعه موردی ارائه می‌شود و نتایج حاصل از آن در بخش پنجم ارائه و تحلیل می‌شود. در بخش ششم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری پژوهش بیان می‌شود.

۲- مبانی پژوهش:

۲-۱- ماهیت دوره امتیاز:

در برخی از پروژه‌های BOT، دولت دوره امتیاز ثابتی را تعیین می‌کند و بخش خصوصی باید پیشنهاد خود در مناقصه را به صورت قیمت فروش هر واحد محصول یا خدمات پروژه یا دیگر جنبه‌های پروژه ارائه کند. انتخاب برنده مناقصه با این رویکرد به انتخاب سرمایه‌گذار با کفایتی منجر نخواهد شد و در پی آن شکست و مذاکرات مکرر بر سر دوره امتیاز را به دنبال خواهد داشت(Zhang, 2009). رویکرد مناسب‌تر رویکردی است که بخش خصوصی دوره امتیاز پیشنهادی خود را در مناقصه ارائه می‌دهد. در این رویکرد ساختار دوره امتیاز می‌تواند به دو صورت باشد. ساختار اول دوره امتیاز تک که دوره ساخت و دوره بهره‌برداری در آن ترکیب شده و یک دوره امتیاز یکپارچه را تشکیل می‌دهد. در این حالت ریسک تاخیر در دوره ساخت به بخش خصوصی منتقل می‌شود به این معنی که اگر در دوره ساخت تاخیری به وجود آید بخش

خصوصی دوره بهره‌برداری کمتری را خواهد داشت. بر عکس این حالت نیز می‌تواند رخ دهد که بخش خصوصی با تسریع در ساخت پروژه، دوره ساخت را کوتاه‌تر کند و این باعث می‌شود دوره بهره‌برداری طولانی‌تری داشته باشد و در نتیجه سود بیشتری کسب می‌کند. ساختار دوم که دوره امتیاز جدا نام دارد دوره ساخت از دوره بهره‌برداری جدا است. در این ساختار بخش خصوصی دوره امتیاز بهره‌برداری ثابتی بدون در نظر گرفتن دوره ساخت را در اختیار دارد. در این حالت بخش خصوصی انگیزه‌ای برای زودتر به اتمام رساندن دوره ساخت ندارد ولی دولت می‌توان این محدودیت را با در نظر گرفتن پاداش در صورت اتمام زودتر دوره ساخت یا در نظر گرفتن جریمه در صورت تاخیر در دوره ساخت بر طرف کند (Zhang, AbouRizk, 2006).

۲-۲- اصطلاحات مربوط به مدل مالی چرخه پروژه‌های BOT:

برخی اصطلاحات که در تحلیل مدل مالی پروژه‌های BOT مورد نیاز است در ادامه شرح داده می‌شوند (Hanaoka, Palapus, 2012).

دوره امتیاز: دوره امتیازی که در این پژوهش تعیین می‌شود دوره امتیاز تک است که شامل دوره ساخت و دوره‌بهره‌برداری توسط بخش خصوصی است. این دوره پس از انعقاد قرارداد بین طرفین قرارداد شروع می‌شود و تا زمان انتقال پروژه به دولت ادامه دارد.

دوره طراحی و ساخت: این دوره پس از انعقاد قرارداد شروع می‌شود و تا پایان عملیات ساخت پروژه ادامه دارد.

دوره بهره‌برداری: این دوره پس از دوره طراحی و ساخت پروژه با راه‌اندازی پروژه شروع می‌شود و تا پایان عمر پروژه ادامه دارد. این دوره به دو دوره بهره‌برداری توسط بخش خصوصی و بهره‌برداری توسط دولت تقسیم می‌شود.

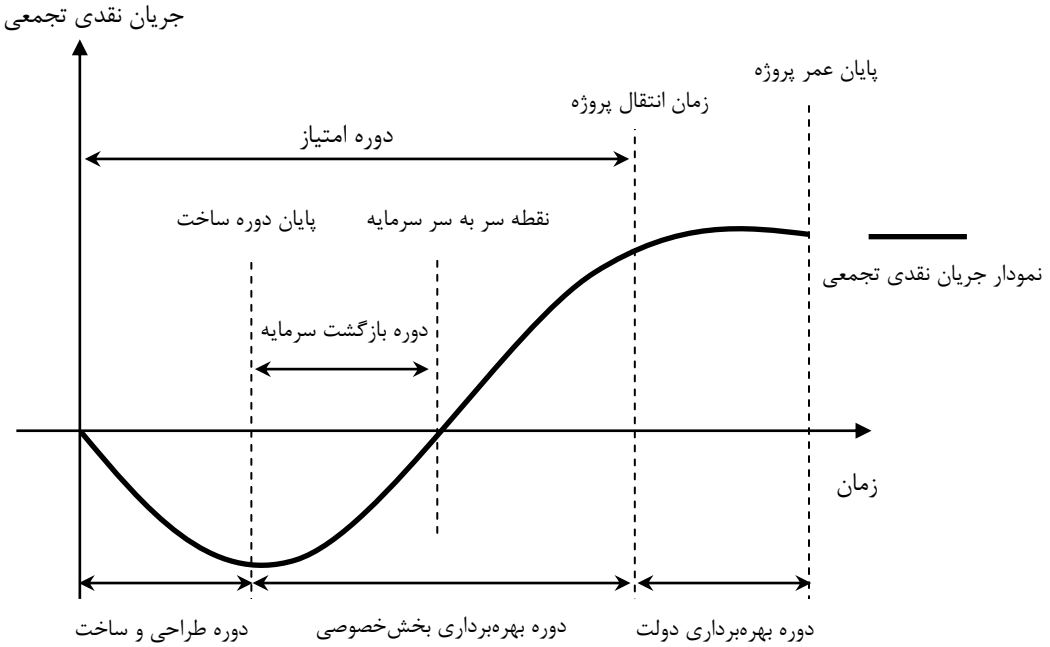
نقطه سر به سر سرمایه: زمانی است که در آن سرمایه اولیه صرف شده برای دوره طراحی و ساخت پروژه با توجه به درآمدهای کسب شده در دوره بهره‌برداری بازیافت می‌شود. توجه شودکه در محاسبه این نقطه ارزش زمانی پول در نظر گرفته نمی‌شود.

دوره بازگشت سرمایه: این دوره از پایان دوره طراحی و ساخت شروع می‌شود و تا نقطه سر به سر سرمایه ادامه دارد.

زمان انتقال پروژه: در این زمان دوره امتیاز بهره‌برداری پروژه توسط بخش خصوصی طبق قرارداد به پایان می‌رسد و پروژه بدون پرداخت پولی توسط دولت به او منتقل می‌شود و از این زمان دوره بهره‌برداری دولت شروع می‌شود.

پایان عمر پروژه: زمانی که طبق محاسبات امکانسنجی، پروژه می‌تواند تا آن زمان به کاربران خود سرویس دهد.

در شکل ۱ این اصطلاحات بر روی مدل مالی در قالب نمودار جریان نقدی تجمعی- زمان نمایش داده شده است.



شکل۱ : نمودار جریان نقدی تجمعی پروژه

۲-۳- روش‌های ارزیابی اقتصادی پروژه:

پروژه‌های BOT مثل هر طرح اقتصادی دیگر باید مورد ارزیابی اقتصادی قرار گرفته تا از اقتصادی بودن پروژه و کسب نرخ بازگشت سرمایه معقول آن اطمینان حاصل شود (Ng et al, 2007). عمده روش‌های ارزیابی مالی پروژه‌ها شامل روش دوره بازگشت سرمایه (PbP)، روش دوره بازگشت سرمایه تنزیلی(DPbP)، روش ارزش خالص فعلی (NPV)، نرخ بازده داخلی (IRR) و تحلیل هزینه فایده (CBA) می‌باشد. اساس این روش‌ها تحلیل جریان نقدی تخمینی پروژه‌ها است (Ye, Tiong, 2000). در مدل‌های ارائه شده در تحقیقات پیشین اغلب از روش NPV برای محاسبه دوره امتیاز استفاده شده است (Carbonara et al, 2014).

روشی که در این پژوهش استفاده می‌شود روش دوره بازگشت سرمایه تنزیلی است. یکی از معایب دوره بازگشت سرمایه ساده در نظر نگرفتن ارزش زمانی پول است. روش جایگزین آن روش دوره بازگشت سرمایه تنزیلی است که ارزش زمانی پول را نیز در نظر می‌گیرد. در این روش با استفاده از روش NPV جریان نقدی پروژه با نرخ بازگشت سرمایه مطلوب مورد نظر هر کدام از طرفین قرارداد تنزیل می‌شود و نمودار جریان نقدی تجمعی تنزیلی- زمان رسم می‌شود و با به این نمودار پروژه مورد ارزیابی اقتصادی قرار می‌گیرد.

۲-٤- روش شبیه‌سازی مونت کارلو:

روش شبیه‌سازی مونت کارلو یک روش شناخته شده است که در بسیاری از علوم کاربرد دارد. این روش به طور خاص برای تحلیل عدم قطعیت و ریسک در زمان، هزینه و سرمایه گذاری در پروژه‌های ساخت کاربرد دارد (Ng et al, 2007) و (Liou, Huang, 2008). اساس روش شبیه‌سازی مونت کارلو نمونه‌گیری تصادفی از تابع توزیع هر متغیر ورودی است. در شبیه‌سازی مونت کارلو نمونه‌هایی به صورت تصادفی از تابع توزیع متغیرهای ورودی تولید شده و سپس طبق فرمول و مدل ارائه شده توسط کاربر ترکیب می‌شود. این فرایند به تعداد زیادی اجرا می‌شود و خروجی مدل به صورت یک تابع توزیع ارائه می‌شود. در مدل‌های احتمالی تخمین درست تابع توزیع ورودی‌ها بسیار حائز اهمیت است (Thomopoulos, 2012).

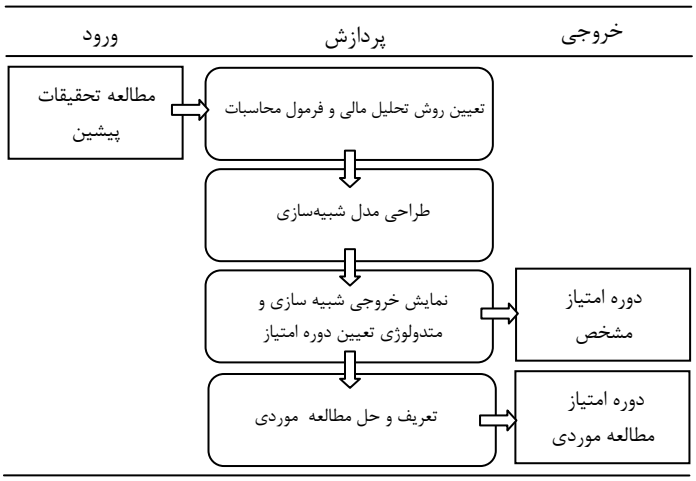
۳- پیشینه پژوهش:

محققان پیش از سال ۲۰۰۲ کمتر به تعیین طول دوره امتیاز پروژه‌های BOT که یکی از جنبه‌های مهم در این نوع قراردادها است پرداخته بودند. شاید بتوان پژوهش شن و همکاران در سال ۲۰۰۲ را به عنوان شروع جدی مطالعات در این مورد دانست. در این پژوهش مدلی برای تعیین دوره امتیاز ارائه می‌شود که به کمک تحلیل NPV بر روی مدل مالی پروژه، بازه‌ای برای پایان دوره امتیاز تعیین می‌شود که اگر پروژه در هر مقطع از این بازه زمانی به دولت انتقال داده شود خواسته‌های دو طرف قرارداد تامین می‌شود. محدودیت این مدل قطعی در نظر گرفتن متغیرهای تاثیرگذار در تعیین دوره امتیاز است، در حالی که در تعیین این متغیرها عدم قطعیت‌های زیادی وجود دارد (Shen et al, 2002). این محدودیت توسط مدل ارائه شده شن و وو در سال ۲۰۰۵ برطرف می‌شود. این تحقیق بیان می‌کند که ریسک‌هایی در اجرای پروژه BOT وجود دارد که بر روی جریان نقدی پروژه تاثیر می‌گذارد و این ریسک‌ها باید در محاسبه دوره امتیاز در نظر گرفته شود. مدلی که توسط آن‌ها ارائه شده برای متغیرهای ورودی تاثیرگذار در تعیین دوره امتیاز توابع توزیع مناسب آن متغیر اختصاص داده می‌شود و به کمک شبیه سازی مونت کارلو تابع توزیع NPV برای تمام سال‌ها محاسبه می‌شود (Shen, Wu, 2005). در سال ۲۰۰۷ شن و همکاران طی پژوهشی برای رفع محدودیت مدل‌هایی که یک بازه زمانی برای مذاکره بین طرفین قرارداد به جای یک زمان مشخص به عنوان پایان دوره امتیاز تعیین می‌کند روشی ارائه می‌دهد. در این روش با استفاده از تئوری بازی چانه‌زنی زمان مشخصی بین بازه ذکر شده برای پایان دوره امتیاز تعیین می‌شود. در فرایند چانه زنی، دولت و بخش خصوص به عنوان بازیگران این بازی عمل می‌کنند. مقدار سود تولید شده در بازه ارائه شده مدل‌های پیشین به عنوان تضاد منافع بین طرفین بازی است و این مذاکره تا رسیدن به یک زمان مشخص برای پایان دوره امتیاز ادامه دارد (Shen, Bao, Wu, Lu, 2007). نگ و همکاران نیز در سال ۲۰۰۷ با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها و ریسک‌های موجود در پروژه و با کمک شبیه سازی مونت کارلو توانستند به جای تعیین یک بازه زمانی برای پایان دوره امتیاز یک زمان مشخص را ارائه دهند. اما این زمان تنها با در نظر گرفتن سطح ریسک‌پذیری و خواسته‌های بخش خصوصی تعیین شده است و خواسته کارفرما را به صورت حداقل شدن دوره امتیازی که خواسته‌های بخش خصوصی تامین شود تعریف کرده است. نقطه ضعف دیگری که در این مدل می‌توان اشاره کرد قطعی فرض کردن پارامتر زمان پایان دوره ساخت است (Ng et al, 2007). در پژوهش خانزادی و همکاران ۲۰۱۲ از سیستم پویا و مدل فازی برای تعیین دوره امتیاز استفاده شده است. عوامل مختلف موثر در پروژه BOT با کمک روش پویا که به کمک آن می‌توان اندرکنش بین پارامترهای مختلف اثر گذار بر روی دوره امتیاز را در نظر گرفت مدل می‌شود و در ادامه به منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها از منطق فازی استفاده شده و دوره امتیاز به صورت یک عدد فازی تعیین می‌شود (Khanzadi, Nasirzadeh, Alipour, 2012). وو و همکاران ۲۰۱۲ با این توضیح که در

یک قرارداد BOT، پروژه پس از انتقال به دارایی دولت تبدیل می‌شود و این دارایی در زمان انتقال ارزش دفتری مشخصی دارد تاکید می‌کند که ارزش دفتری باید در تحلیل مالی به منظور تعیین دوره امتیاز لحاظ شود. و با در نظر گرفتن این مسئله فرمول محاسبه کران بالایی در تحقیقات پیشین را اصلاح می‌کند و به این ترتیب مقدار کوچک‌تری برای کران بالایی نسبت به فرمول تحقیقات پیشین نتیجه می‌دهد. ارزش خالص فعلی تجمعی جریان نقدی دوره بهره‌برداری دولت باید به مقدار کافی بزرگ باشد تا بتواند ارزش دفتری پروژه (ارزش خالص دارایی پروژه) در زمان انتقال را جبران نماید. به عبارت دیگر باید هزینه استهلاک پروژه در زمان بعد از انتقال پروژه با درآمدهای آن دوره پوشش داده شود (Wu, Chau, Shen, 2011). با توجه به بررسی‌های انجام شده در تحقیقات پیشین، برخی تحقیقات پارامتر مربوط به زمان و هزینه ساخت، قطعی فرض شده است که نشان دهنده نقطه ضعف این نوع مدل‌ها است. محدودیت بعضی از تحقیقات پیشین این است در تعیین دوره امتیاز تنها تمایلات بخش خصوصی در نظر گرفته می‌شود. اغلب مدل‌ها نیز یک بازه را به عنوان پایان دوره امتیاز تعیین می‌کنند که برخی این محدودیت را با بهره‌گیری از تئوری بازی چانه زنی با تعیین یک زمان مشخص رفع می‌کنند. اما استفاده از این روش نمی‌تواند یک روش تخصیص منصفانه ریسک بین طرفین قرارداد باشد. در مدل ارائه شده در پژوهش حاضر نقاط قوت تحقیقات پیشین در نظر گرفته شده و محدودیت‌های مدل‌های پیشین رفع می‌شود. به این ترتیب که: ۱) پارامترهای زمان و هزینه دوره ساخت به صورت پارامترهای غیرقطعی تعریف می‌شوند. ۲) به جای ارائه دوره امتیاز به صورت بازه‌ای یک دوره امتیاز مشخص ارائه می‌شود. ۳) همچنین دوره امتیاز مشخصی تعیین می‌شود که ریسک‌ها به طور منصفانه بین دو طرف قرارداد تخصیص داده می‌شود. تحلیل مالی پروژه برای تعیین دوره امتیاز در این پژوهش به کمک روش NPV و روش دوره بازگشت سرمایه تنزیلی صورت می‌پذیرد و از روش شبیه سازی مونت کارلو برای در نظر گرفتن ریسک‌ها و عدم قطعیت‌ها بهره گرفته می‌شود.

٤- متدولوژی:

اساس تعیین طول دوره امتیاز، تحلیل مالی مفروضات پروژه است، به این ترتیب مرحله اول متدولوژی، تعیین روش تحلیل مالی پروژه و فرمول‌های محاسباتی مربوط به آن می‌باشد. در مرحله بعد فرایند شبیه‌سازی طراحی شده و دیاگرام جریان شبیه‌سازی ترسیم می‌شود. سپس متدولوژی جدید تعیین دوره امتیاز مشخص با استفاده از خروجی مدل شبیه‌سازی طراحی شده، شرح داده می‌شود و در مرحله آخر مطالعه موردی به کمک مدل ارائه شده پژوهش حاضر حل می‌شود. در شکل ۲ روند گام به گام متدولوژی این تحقیق برای تعیین دوره امتیاز پروژه-های با قرارداد BOT قابل مشاهده است.



شکل۲: روند گام به گام متدولوژی

٤-۱- تعیین روش تحلیل مالی و فرمول‌های محاسباتی مربوط به آن:

در پژوهش حاضر از تحلیل مالی دوره بازگشت سرمایه تنزیلی(DPbP) برای محاسبه دوره امتیاز مطلوب بخش خصوصی استفاده می‌شود. به این ترتیب دوره امتیاز مطلوب بخش خصوصی با مجموع طول دوره ساخت (T_{con}) و طول دوره بازگشت سرمایه تنزیلی (T_{DPbp}) برابر خواهد بود. بخش خصوصی می‌تواند با توجه به نرخ مطلوب بازگشت سرمایه مورد نظر خود ($MARR_P$) اصل و سود سرمایه هزینه شده در دوره ساخت را طی دوره بازگشت سرمایه پوشش دهد. باید توجه شود چون از روش دوره بازگشت سرمایه تنزیلی استفاده می‌شود و این روش از مفهوم NPV نیز بهره گرفته است ارزش زمانی پول و در نتیجه سود بخش خصوصی نیز در این روش در نظر گرفته می‌شود. جریان نقدی

تجمعی تنزیلی سال‌های دوره امتیازمطلوب بخش‌خصوصی ($CNPV_P$) را می‌توان طبق رابطه ۱ محاسبه کرد. دوره امتیاز مطلوب بخش-خصوصی باید به گونه‌ای تعیین شود که مقدار $CNPV_P$ بزرگتر مساوی صفر شود به این ترتیب جریان نقدی تجمعی تنزیل شده دوره بازگشت سرمایه تنزیلی (یا همان دوره بهره‌برداری بخش خصوصی($CNPV_{Po}$)) بزرگتر مساوی جریان نقدی تجمعی تنزیل شده دوره ساخت پروژه ($CNPV_{con}$) می‌شود. از طرف دیگر بخش عمومی نیز از پروژه مورد نظر انتظار سوددهی دارد. برای محاسبه دوره امتیاز مطلوب دولت از روش تحلیل مالی NPV استفاده می‌شود به این ترتیب که دوره امتیاز به گونه‌ای تعیین و پروژه زمانی به دولت انتقال داده شود که ارزش خالص فعلی (NPV) تجمعی جریان نقدی بعد از انتقال تا پایان عمر پروژه با توجه به نرخ مطلوب بازگشت سرمایه دولت ($MARR_G$) بزرگتر از صفر شود. ارزش خالص فعلی تجمعی جریان نقدی سال‌های پس از انتقال تا پایان عمر پروژه ($CNPV_G$) طبق رابطه ۲ محاسبه می‌شود. دوره امتیاز مطلوب دولت باید به گونه‌ای تعیین شود که مقدار $CNPV_G$ بزرگتر مساوی صفر شود.

$$CNPV_P = CNPV_{con} + CNPV_{Po} = \sum_{t=0}^{T_{con}} \frac{-Cc_t}{(1+MARR_P)^t} + \sum_{T_{con}+1}^{T_{cp}} \frac{R_t - Co_t}{(1+MARR_P)^t} \quad (۱)$$

$$CNPV_G = \sum_{t=T_{cg}+1}^{T_f} NPV_t = \sum_{t=T_{cg}+1}^{T_f} \frac{R_t - Co_t}{(1+MARR_G)^t} \quad (۲)$$

در این رابطه‌ها

$CNPV_P$ جریان نقدی تجمعی تنزیلی سال‌های دوره امتیازمطلوب بخش‌خصوصی

$CNPV_{con}$ جریان نقدی تجمعی تنزیلی دوره ساخت پروژه

$CNPV_{Po}$ جریان نقدی تجمعی تنزیلی دوره بهره‌برداری بخش‌خصوصی

$CNPV_G$ ارزش خالص فعلی تجمعی جریان نقدی سال‌های پس از انتقال (دوره بهره‌برداری توسط دولت)

NPV_t ارزش خالص فعلی جریان نقدی سال در t

T_{cp} طول دوره امتیاز مطلوب بخش‌خصوصی

T_{cg} طول دوره امتیاز مطلوب دولت

T_{con} زمان پایان دوره ساخت

T_f زمان پایان عمر پروژه

R_t درآمدهای دوره بهره‌برداری در سال t

Co_t هزینه‌های دوره بهره‌برداری در سال t

Cc_t هزینه‌های دوره ساخت در سال t

$MARR_P$ حداقل نرخ مطلوب بازگشت سرمایه برای بخش خصوصی

$MARR_G$ حداقل نرخ مطلوب بازگشت سرمایه برای دولت

با توجه به توضیحات ارائه شده حداقل دوره امتیاز مطلوب بخش‌خصوصی که تامین کننده خواسته‌های این بخش است با توجه به تابع هدف رابطه ۳ با در نظر گرفتن رابطه‌های ۴ و ۵ به عنوان محدودیت‌ها محاسبه می‌شود.

Objective function

$$Minimaiz\ Z = T_{cp} \quad (۳)$$

Constraints

Subject to:

$$CNPV_{Po} \geq CNPV_{con} \text{ Or } CNPV_P \geq 0 \quad (۴)$$

$$T_{cp} \geq 0 \quad (۵)$$

رابطه ۳ به منظور کمینه کردن دوره امتیاز مطلوب بخش‌خصوصی است. یعنی کمترین طول دوره امتیازی که خواسته‌های بخش خصوصی تامین شده است. رابطه ۴ این مفهوم را بیان می‌کند که دوره بهره‌برداری بخش خصوصی باید بزرگتر مساوی دوره بازگشت سرمایه تنزیلی

باشد. به عبارت دیگر طول دوره بهره‌برداری بخش خصوصی آنقدر طولانی باشد که اصل و سود سرمایه هزینه شده در طول دوره ساخت پوشش داده شود. چون دوره امتیاز یک مقدار مثبت است رابطه ۵ به عنوان محدودیت اعمال شده است.

حداکثر دوره امتیاز مطلوب دولت که تامین کننده خواسته‌های او است نیز با توجه به تابع هدف رابطه ۶ با در نظر گرفتن رابطه‌های ۷ و ۸ به عنوان محدودیت‌ها محاسبه می‌شود.

Objective function

$$Maximaiz\ Z = T_{cg} \quad (۶)$$

Constraints

Subject to:

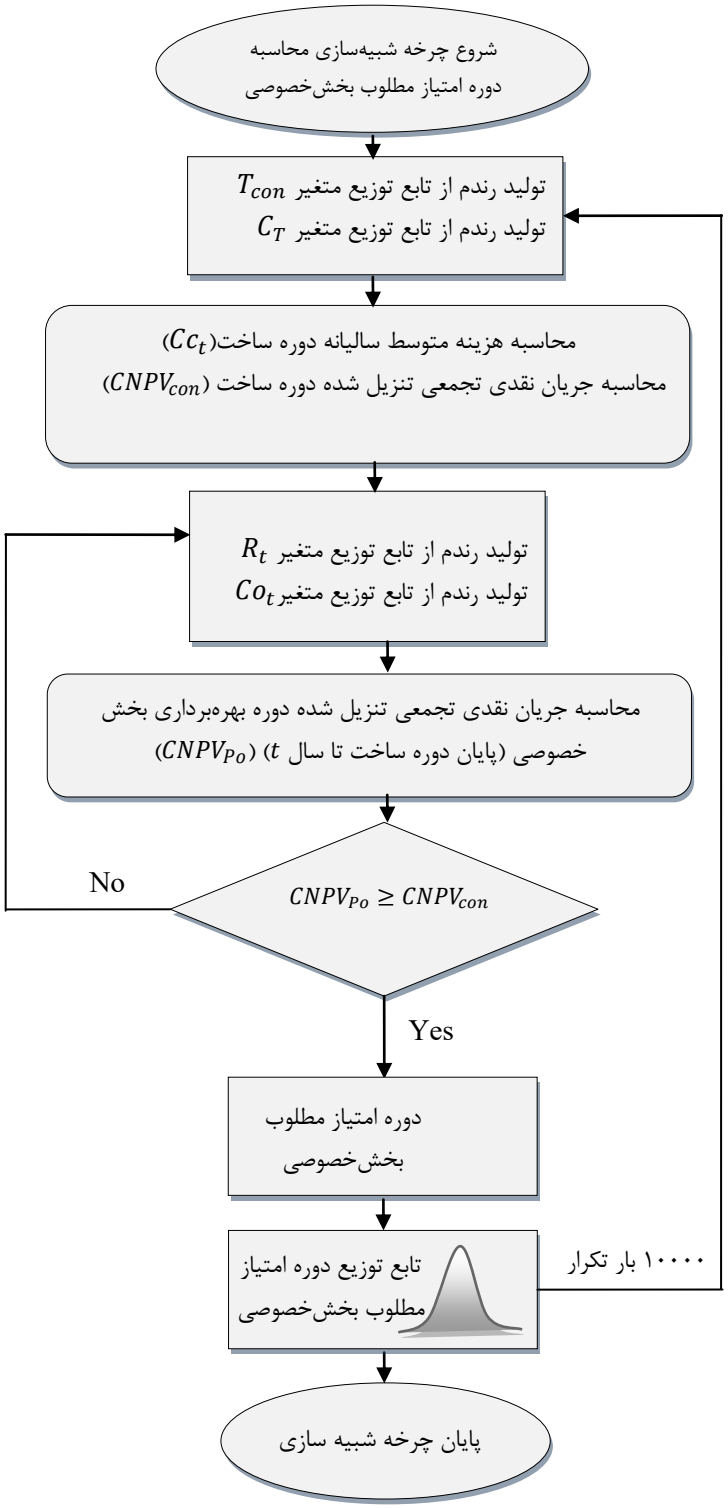
$$CNPV_G \geq 0 \quad (۷)$$

$$T_{cg} \geq 0 \quad (۸)$$

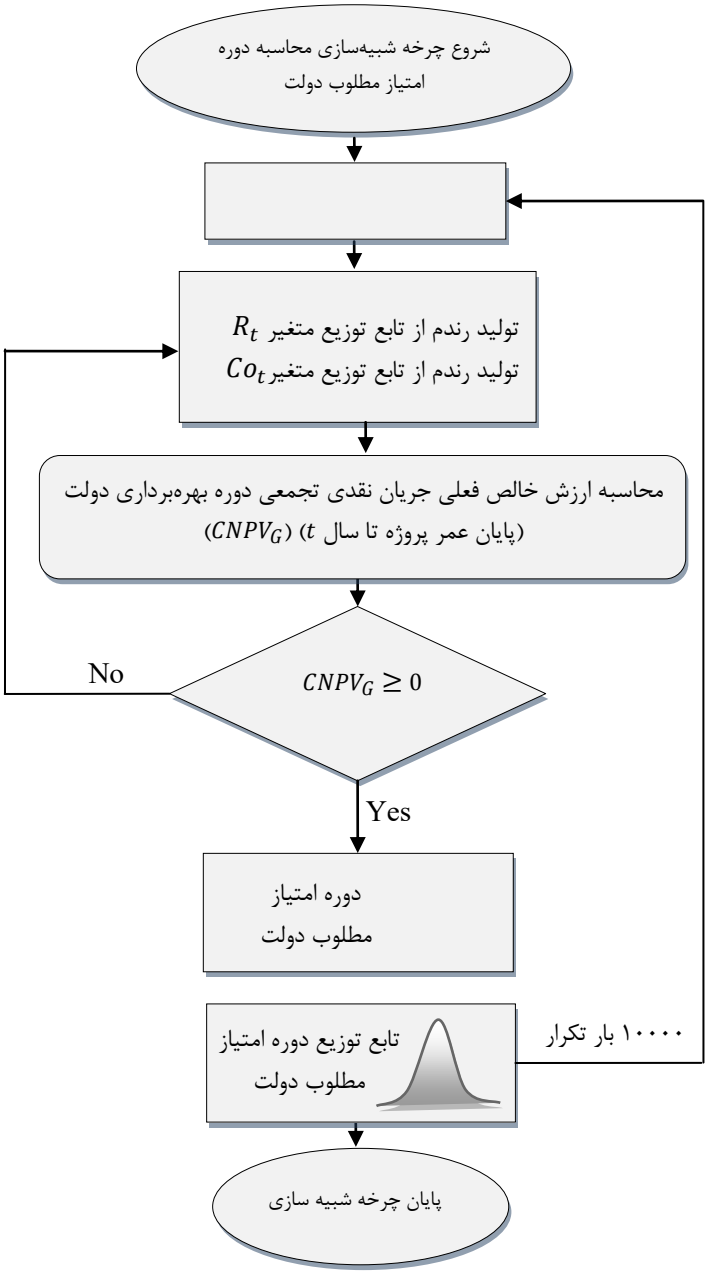
رابطه ۶ به منظور محاسبه بیشینه دوره امتیاز مطلوب دولت است. رابطه ۷ این مفهوم را بیان می‌کند که ارزش خالص فعلی تجمعی جریان نقدی در دوره بهره‌برداری دولت باید بزرگتر مساوی صفر باشد. رابطه ۸ به علت مثبت بودن مقدار دوره امتیاز به عنوان محدودیت اعمال می‌شود. روابط شرح داده شده به منظور توسعه مدل شبیه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

٤-۲- طراحی مدل شبیه سازی و ترسیم دیاگرام جریان آن:

به علت وجود ریسک‌های متعدد در پروژه‌های BOT و درنتیجه غیرقطعی بودن پارامترهای مربوط به تعیین دوره امتیاز، در این پژوهش از شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده می‌شود. پس از توسعه روابط مورد نیاز به منظور محاسبه طول دوره امتیاز مطلوب دو بخش درگیر قرارداد و تعیین و تعریف پارامترهای قطعی و غیر قطعی ورودی به مدل، پردازش با کمک روابط شرح داده شده شروع می‌شود و خروجی مدل، دوره امتیاز مطلوب دو طرف قرارداد است که با ۱۰۰۰۰ بار تکرار چرخه شبیه سازی به صورت تابع توزیع چگالی ارائه می‌شود. به ترتیب در شکل ۳ و ۴ دیاگرام جریان مدل شبیه‌سازی تعیین حداقل دوره امتیاز مطلوب بخش‌خصوصی و حداکثر دوره امتیاز مطلوب دولت قابل مشاهده است.



شکل۳: دیاگرام جریان مدل شبیه‌سازی تعیین حداقل دوره امتیاز مطلوب بخش‌خصوصی

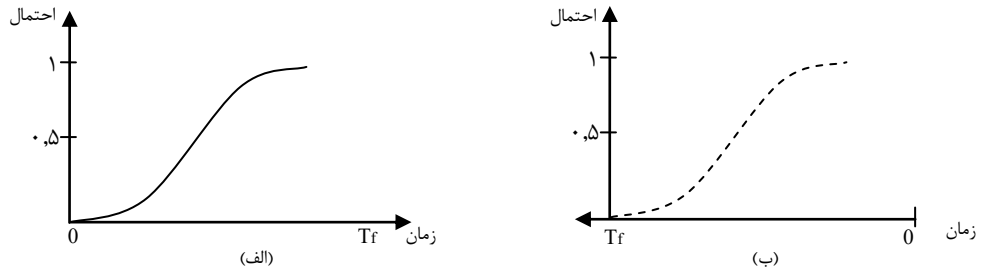


شکل٤: دیاگرام جریان مدل شبیه‌سازی تعیین حداکثر دوره امتیاز مطلوب دولت

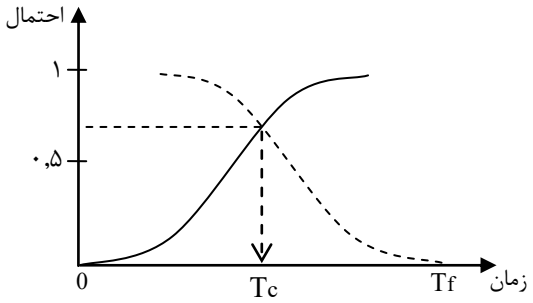
٤-٢- متدولوژی تعیین دوره امتیاز مشخص از خروجی شبیه سازی:

خروجی شبیه‌سازی، نمودار تابع توزیع احتمالی دوره امتیاز مطلوب برای دو طرف قرارداد است. با توجه به این خروجی، تابع توزیع تجمعی مربوط به دوره امتیاز مطلوب بخش خصوصی و دولت همان‌طور که به صورت شماتیک به ترتیب در شکل ۵ (الف) و (ب) نمایش داده شده رسم می‌شود. همان‌گونه که در شکل۵ (الف) مشخص است دوره امتیاز هر چه به سال‌های پایانی عمر پروژه نزدیک شود احتمال برآورده شدن انتظارات بخش خصوصی بیشتر خواهد بود. ولی برای دولت طبق شکل ۵ (ب) هرچه این دوره از سال‌های پایان عمر پروژه به سمت ابتدای پروژه میل داده شود احتمال تامین خواسته‌های این بخش بیشتر خواهد بود. متدولوژی این پژوهش برای تعیین یک دوره امتیاز مشخص به منظور تخصیص منصفانه ریسک تعیین دوره‌ای است که احتمال برآوره شدن خواسته‌ها و انتظارات دو طرف قرارداد برابر باشد. در نتیجه در شکل ۶ نحوه تعیین دوره امتیاز مشخص قابل مشاهده است. در شکل ۶ با رسم دو نمودار تجمعی دوره امتیاز مطلوب بخش خصوصی و دولت

در یک دستگاه مختصات، نقطه برخورد دو نمودار زمان دوره امتیاز مشخص و احتمال وقوع برآورده شدن انتظارات طرفین قرارداد را مشخص می‌کند.



شکل۵: (الف) تابع تجمعی دوره امتیاز مطلوب بخش خصوصی (ب) تابع تجمعی دوره امتیاز مطلوب دولت



شکل٦: متدولوژی تعیین دوره امتیاز مشخص با تخصیص منصفانه ریسک

٤-۲- مطالعه موردی:

در ادامه از یک مثال به منظور تشریح کاربرد مدل ارائه شده پژوهش حاضر استفاده خواهد شد. مثال مورد نظر یک پروژه فرضی زیرساختی با مفروضات زیر می‌باشد:

- زمان پایان عمر پروژه: ۲۶ سال پس از اتمام دوره ساخت.
- حداقل نرخ مطلوب بازگشت سرمایه بخش خصوصی: ۰,۱۵
- حداقل نرخ مطلوب بازگشت دولت: ۰,۱۲
- زمان دوره ساخت: تابع توزیع احتمالی نرمال با میانگین ۴ سال و انحراف معیار ۱
- کل هزینه دوره ساخت: تابع توزیع احتمالی نرمال با میانگین ۵۰ میلیون دلار و انحراف معیار ۱۰
- درآمد دوره بهره‌برداری: درآمد هر سال از دوره بهره‌برداری پروژه با تابع توزیع احتمالی نرمال با میانگین و انحراف معیار مشخص طبق جدول ۱ تخمین زده می‌شود.
- هزینه دوره بهره‌برداری: هزینه دوره بهره‌برداری نیز مانند درآمد این دوره با تابع توزیع احتمالی نرمال طبق جدول ۱ تخمین زده می‌شود.

باید به این نکته توجه شود که برای محاسبه دوره امتیاز در پروژه‌های BOT تخمین دقیق این مفروضات بسیار حائز اهمیت است اما در اینجا این مقادر به صورت فرضی تنها به منظور نشان دادن کاربرد مدل ارائه شده تخمین زده می‌شود.

جدول۱: درآمد و هزینه پروژه زیرساختی فرضی در سال‌های دوره بهره‌برداری (مبالغ به میلیون دلار می‌باشد.)

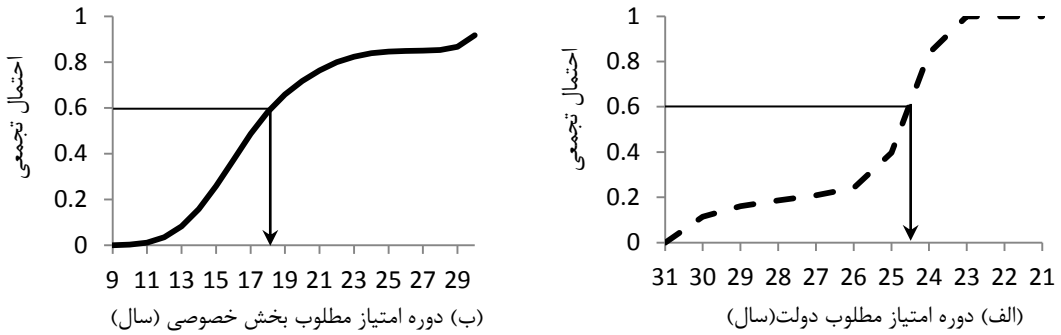
درآمد بهره‌برداری		هزینه بهره‌برداری		سال‌های بهره‌برداری	درآمد بهره‌برداری		هزینه بهره‌برداری		سال‌های بهره‌برداری
σ	μ	σ	μ		σ	μ	σ	μ	
۳	۳۵	۱	۶	۱۴	۲	۸	۲	۹	۱
۳	۳۰	۱	۶	۱۵	۲	۱۰	۲	۸	۲
۳	۳۰	۲	۷	۱۶	۲	۱۲	۲	۸	۳
۳	۳۰	۲	۷	۱۷	۲	۱۴	۲	۷	۴
۳	۳۰	۲	۸	۱۸	۲	۱۶	۲	۷	۵
۲	۲۵	۲	۸	۱۹	۳	۲۰	۲	۷	۶
۲	۲۰	۲	۹	۲۰	۳	۲۴	۲	۷	۷
۲	۱۵	۲	۹	۲۱	۳	۲۸	۱	۶	۸
۳	۱۰	۳	۱۰	۲۲	۳	۳۰	۱	۶	۹
۳	۹	۳	۱۰	۲۳	۳	۳۵	۱	۶	۱۰
۳	۸	۴	۱۱	۲۴	۳	۳۵	۱	۵	۱۱
۳	۸	۵	۱۲	۲۵	۳	۳۵	۱	۵	۱۲
۳	۸	۵	۱۵	۲۶	۳	۳۵	۱	۵	۱۳

اطلاعات فوق در مدل ارائه شده این پژوهش که در نرم‌افزار متلب توسعه داده شده است وارد می‌شود و با تکرار ۱۰۰۰۰ بار چرخه شبیه-سازی خروجی مدل به صورت تابع توزیع احتمالی حاصل می‌شود که در بخش بعد نتایج آن ارائه می‌شود.

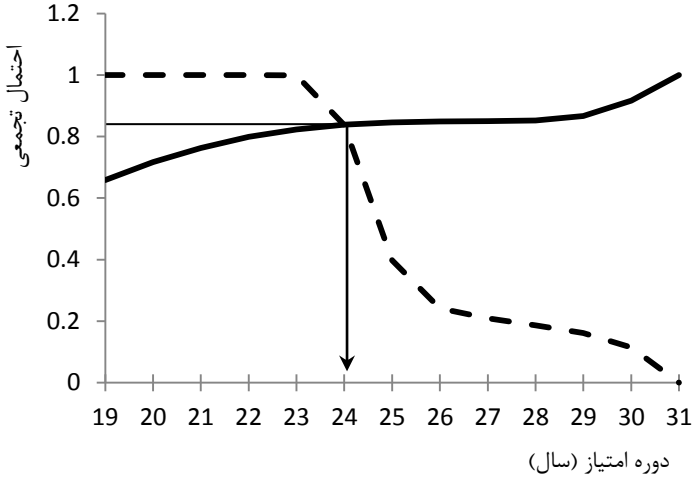
۵- نتایج و تحلیل یافته‌های پژوهش:

پس از اجرای مدل با مفروضات مطالعه موردی در نرم افزار متلب، با کمک خروجی آن نمودار تابع توزیع تجمعی احتمالی دوره امتیاز مطلوب برای بخش عمومی و خصوصی به ترتیب طبق شکل ۷ (الف) و (ب) حاصل می‌شود. این نمودارها احتمال تامین خواسته‌های هر کدام از طرفین قرارداد با توجه به نمودار مرتبط خود را در هر سال نشان می‌دهد. برای مثال با رجوع به شکل۷ (الف)، بخش خصوصی با احتمال ۶۰ درصد می‌تواند در سال ۱۸ به انتظارات خود در سرمایه‌گذاری در این پروژه برسد یا به عبارت دیگر با احتمال ۶۰ درصد یک دوره امتیاز ۱۸ ساله می‌تواند دوره امتیاز مطلوب برای بخش خصوصی باشد. دولت نیز اگر بخواهد با همین احتمال به انتظارات خود برسد با رجوع به شکل۷ (ب) می‌توان دوره امتیاز ۲۴٫۵ ساله را برای این بخش مطلوب دانست. به طور کلی نتایج حاصل از شبیه‌سازی برای پروژه فرضی نشان می‌دهد که دوره امتیاز مطلوب بخش خصوصی با احتمال وقوع ۸۵ درصد یک دوره حدود ۲۶ ساله خواهد بود و دوره امتیاز مطلوب بخش عمومی با احتمال وقوع ۸۵ درصد یک دوره حدود ۲۳ ساله خواهد بود.

حال به منظور تعیین یک دوره امتیاز مشخص برای پروژه مطالعه موردی از متدولوژی این پژوهش که با رویکرد تخصیص منفصانه ریسک همراه است استفاده می‌شود. با روجوع به شکل ۸ می‌توان سالی که احتمال وقوع دوره امتیاز مطلوب برای دو طرف قرارداد یکسان باشد را تعیین کرد. به این ترتیب دوره امتیاز محاسبه شده برای این پروژه با توجه به مدل ارائه شده این پژوهش یک دوره ۲۴ ساله است. در این دوره احتمال تامین شدن انتظارات طرفین قرارداد از اجرا و سرمایه‌گذاری در این پروژه حدود ۸۳ درصد می‌باشد.



شکل ۷: نمودار تابع توزیع احتمال تجمعی دوره امتیاز مطالعه موردی (الف) مطلوب بخش خصوصی (ب) مطلوب دولت



شکل ۸: تعیین دوره امتیاز مشخص برای مطالعه موردی با رویکرد تخصیص منصفانه ریسک

٦- بحث و نتیجه‌گیری:

یکی از کلیدی‌ترین پارامترها در پروژه‌های با قرارداد BOT که در موفقیت آنها موثر است طول دوره امتیازی است که به بخش خصوصی اعطا می‌شود. در این پژوهش مدلی جدید به منظور محاسبه این دوره معرفی شد که دوره امتیاز مشخصی را با در نظر گرفتن عدم‌قطعیت‌های موجود در پروژه، تامین انتظارات دو طرف قرارداد و تخصیص عادلانه ریسک بین آن‌ها ارائه می‌دهد. همچنین این مدل قابلیت در نظر گرفتن تمامی پارامترهای تاثیرگذار در تعیین طول دوره امتیاز و عدم قطعیت این پارامترها را دارد. مدل پیشنهاد شده با بهره‌گیری از روش‌های NPV و دوره بازگشت سرمایه تنزیلی به منظور تحلیل مالی پروژه و به کمک روش شبیه‌سازی مونت کارلو به منظور در نظر گرفتن ریسک‌ها و عدم-قطعیت‌ها، دوره امتیاز مطلوب دو بخش درگیر پروژه را جداگانه به صورت تابع توزیع چگالی محاسبه می‌کند. تابع توزیع چگالی دوره امتیاز مطلوب بخش خصوصی و بخش عمومی به صورت نمودار تابع توزیع تجمعی ترسیم شده و هر دو نمودار در یک محور مختصات که محور افقی آن طول دوره امتیاز و محور عمودی آن احتمال تجمعی را نشان می‌دهد ترسیم می‌شود. مختصات نقطه تلاقی دو نمودار طول دوره امتیاز مشخص و احتمال وقوع تامین همزمان و یکسان انتظارات دو طرف قرارداد را نشان می‌داد. روند کاربرد مدل ارائه شده با یک مطالعه موردی از یک پروژه زیرساختی فرضی نشان داده شد. به طور کلی مدل پیشنهادی پژوهش حاضر می‌تواند در تعیین طول دوره امتیاز بهینه با تخصیص منصفانه ریسک و احتمال برآورده شدن یکسان انتظارات دو بخش در هر طول از دوره امتیاز به تصمیم‌گیرندگان در بخش خصوصی و دولت کمک کند.

۷- منابع و مآخذ:

Carbonara, N., Costantino, N., & Pellegrino, R. (2014). Concession period for PPPs: A win–win model for a fair risk sharing. *International Journal of Project Management, 32*(7), 1223-1232.

Hanaoka, S., & Palapus, H. P. (2012). Reasonable concession period for build-operate-transfer road projects in the Philippines. *International Journal of Project Management, 30*(8), 938-949.

Khanzadi, M., Nasirzadeh, F., & Alipour, M. (2012). Integrating system dynamics and fuzzy logic modeling to determine concession period in BOT projects. *Automation in Construction, 22*, 368-376.

Liou, F.-M., & Huang, C.-P. (2008). Automated approach to negotiations of BOT contracts with the consideration of project risk. *Journal of construction engineering and management, 134*(1), 18-24.

Liou, F.-M., Huang, C.-P., & Chen, B. (2012). Modeling Government Subsidies and Project Risk for Financially Non-Viable Build-Operate-Transfer (BOT) Projects. *Engineering Management Journal, 24*(1).

McCowan, A. K., & Mohamed, S. (2007). Decision support system to evaluate and compare concession options. *Journal of construction engineering and management, 133*(2), 114-123.

Ng, S. T., Xie, J., Cheung, Y. K., & Jefferies, M. (2007). A simulation model for optimizing the concession period of public–private partnerships schemes. *International Journal of Project Management, 25*(8), 791-798.

Shakeri, Eghbal (2009). " Build – Operate – Transfer (BOT)" Islamic Republic of Iran, Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision (in persian).

Shen, L., Lee, R. K., & Zhang, Z. (1996). Application of BOT system for infrastructure projects in China. *Journal of construction engineering and management, 122*(4), 319-323.

Shen, L., Li, H., & Li, Q. (2002). Alternative concession model for build operate transfer contract projects. *Journal of construction engineering and management, 128*(4), 326-330.

Shen, L., & Wu, Y. (2005). Risk concession model for build/operate/transfer contract projects. *Journal of construction engineering and management, 131*(2), 211-220.

Shen, L., Bao, H., Wu, Y., & Lu, W. (2007). Using bargaining-game theory for negotiating concession period for BOT-type contract. *Journal of construction engineering and management, 133*(5), 385-392.

Thomopoulos, Nick T, (2012). *Essentials of Monte Carlo Simulation: Statistical Methods for Building Simulation Models*: Springer.

Wu, M., Wing Chau, K., Shen, Q., & Yin Shen, L. (2011). Net asset value–based concession duration model for BOT contracts. *Journal of construction engineering and management, 138*(2), 304-308.

Ye, S., & Tiong, R. L. (2000). NPV-at-risk method in infrastructure project investment evaluation. *Journal of construction engineering and management, 126*(3), 227-233.

Zhang, X., & AbouRizk, S. M. (2006). Determining a reasonable concession period for private sector provision of public works and service. *Canadian Journal of Civil Engineering, 33*(5), 622-631.

Zhang, X. (2009). Win–win concession period determination methodology. *Journal of Construction Engineering and Management, 135*(6), 550-558.

Zhang, X. (2009). Win–win concession period determination methodology. *Journal of Construction Engineering and Management, 135*(6), 550-558.

Zhang, Xueqing. (2006). *Toward Innovative and Efficient Infrastructure Delivery*. Phd thesis, University of Alberta