فصلنامه علمی پژوهشی
دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
سال هشتم، شماره بیست و ششم
تابستان ۱۳۹۴

تحلیل ریسک و ارزیابی مالی در پروژه های نیروگاهی BOT

فرامرز نوری[۱]
پرستو محمدی[۲]
اسماعیل وصاف[۳]

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۲۰

چکیده

نیاز به برق در کشورهای در حال توسعه مانند ایران، روز به روز در حال افزایش است. با توجه به منابع محدود دولت، توسعه پروژه‌های نیروگاهی از طریق مشارکت بخش خصوصی با قراردادهای ساخت، بهره‌برداری، انتقال (BOT) به عنوان یکی از روش‌های بخش دولتی در واگذاری پروژه‌های نیروگاهی تبدیل گردیده است. وجود ذینفعان مختلف در اجرای پروژه، بالا بودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری، و بلند مدت بودن نوع قراردادها سرمایه‌گذاران را در معرض سطح بالایی از ریسک قرار می دهد. در این تحقیق از روش ارزش در معرض ریسک و شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای ارزیابی ریسک‌های پروژه استفاده شده است. این مدل بر روی یکی از پروژه های نیروگاهی حرارتی شرکت مپنا پیاده سازی شده ، نتایج حاصل از شبیه‌سازی گویای این واقعیت است که در پروژه نیروگاهی، سرمایه‌گذاران ریسک بیشتری را نسبت به وام‌دهندگان متحمل می‌شوند. بطوریکه ریسک منفی شدن ارزش فعلی خالص پروژه ۱۳,۴۱ درصد و ریسک کمتر شدن نرخ پوشش خدمات بدهی از مقدار ۱,۲، ۸,۶۵ درصد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پروژه‌های نیروگاهی، ارزیابی مالی، ارزش در معرض ریسک، شبیه سازی مونت کارلو، BOT.

۱- کارشناسی ارشد مهندسی صنایع – سیستم های اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه تربیت مدرس تهران وعضوگروه مهندسی صنایع و مدیریت صنعتی پژوهشکده توسعه وبرنامه ریزی. Nory_Faramarz@yahoo.com
۲- استادیار گروه مهندسی صنایع – سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه تربیت مدرس تهران. P.Mohammadi@modares.ac.ir
۳- کارشناس ارشد علوم اقتصادی، کارشناس پروژه‌های سرمایه‌گذاری شرکت مپنا. Vasaf_E @mapna.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

در دو دهه گذشته اجرای پروژه‌های زیربنایی با روش ساخت، بهره‌برداری، و انتقال (BOT[1]) و مشتقات آن به عنوان یکی از روش‌های پذیرفته شده جهت جلب مشارکت بخش خصوصی در توسعه پروژه های زیربنایی در سطح دنیا شناخته شده است. از مهمترین ویژگی‌های این روش انتقال بار تامین مالی، و همچنین برخی از ریسک‌های پروژه به بخش خصوصی می‌باشد[1].

نیاز به برق در کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران روز به روز در حال افزایش است. با توجه به منابع محدود دولت، تامین مالی پروژه‌های نیروگاهی از طریق جلب مشارکت بخش خصوصی و سرمایه‌های غیر دولتی به عنوان یکی از روش‌های بخش دولتی در توسعه نیروگاه‌ها تبدیل شده است.شرکت توانیر در راستای تولید برق، نیروگاه-های حرارتی را در قالب قراردادهای BOTبا توافقنامه تبدیل انرژی[2] به بخش خصوصی واگذار نموده است. در این قراردادها سوخت مورد نیاز نیروگاه بر اساس توافقنامه تبدیل انرژی توسط بخش دولتی به صورت تقریبا رایگان در اختیار بخش خصوصی قرار می گیرد[2].

پروژه‌های زیرساختی توسعه یافته با روش مشارکت بخش خصوصی نیاز به سرمایه‌گذاری زیادی دارند و همچنین بلند مدت بودن دوره بهره-برداری پروژه، سرمایه‌گذاران را در معرض سطح بالایی از ریسک‌های پروژه قرار می‌دهد. شکست برخی از پروژه‌های توسعه یافته با روش BOTدر مراحل مختلف و توقف پروژه‌ها در مرحله ساخت، و نبود درآمد کافی برای پوشش هزینه‌های پروژه و وام‌های پرداختی، هزینه های زیادی را برای هر یک از ذینفعان ایجاد می‌کند[3]. بنابراین نیاز به یک روش تصمیم‌گیری قدرتمند برای ارزیابی ریسک-های پروژه برای موفقیت پروژه‌ها امری ضروری می‌باشد. در این تحقیق به منظور ارزیابی پروژه‌های نیروگاهی در شرایط عدم قطعیت، به طراحی مدلی برای کمی‌سازی ریسک‌های پروژه و تحلیل ریسک از دیدگاه‌های ذینفعان پرداخته شده است.

در پروژه مورد بررسی این سوالات وجود دارد که مهمترین ریسک‌های پروژه کدام هستند و ریسک‌های پروژه تا چه حدی اهداف بخش خصوصی و وام‌دهندگان را که از مهمترین بخش‌ها در توسعه پروژه‌های نیروگاهی و تامین مالی پروژه محسوب می‌شوند، تحت الشعاع قرار می‌دهند؟

هدف از این تحقیق بررسی ریسک و اثراتش در پروژه‌های نیروگاهی می‌باشد تا از این طریق چشم انداز روشنی در جهت تصمیم‌گیری مالی در اختیار ذینفعان پروژه به ویژه سرمایه‌گذاران بخش خصوصی و وام‌دهندگان (موسسات مالی) قرار دهد.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

واژه BOT برای بیان مدل یا ساختاری که در آن سرمایه گذار بخش خصوصی در توسعه زیرساخت های بخش عمومی مشارکت می کند، بکار می رود. تامین مالی پروژه محور بنیاد ساختار پروژه های BOT می باشد. این بدان معنی است که وام دهندگان بدنبال دارایی و جریان درآمدی پروژه هستند تا تضمین های دیگری نظیر ضمانت های دولتی یا دارایی بانیان پروژه. در یک پروژه BOT یک شرکت خصوصی امتیاز ساخت و بهره برداری از ابنیه یا تاسیساتی که معمولا توسط دولت ساخته شده و مورد بهره برداری قرار می گیرد را بدست می

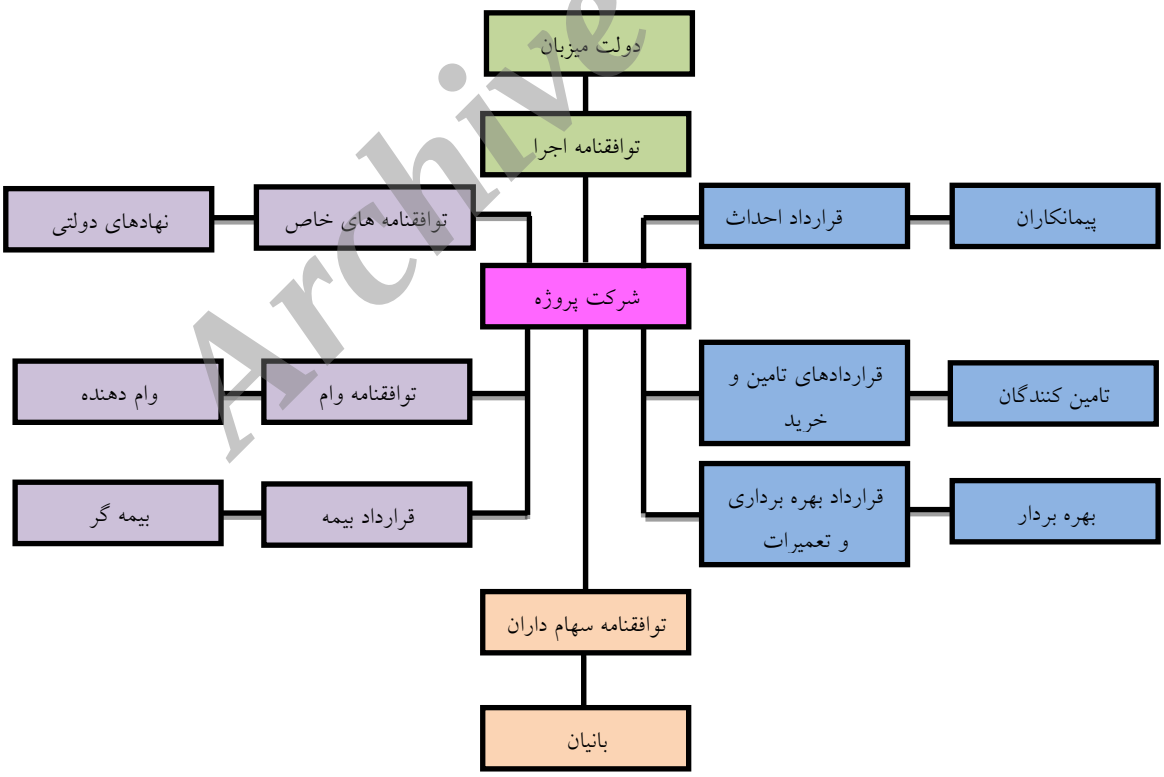
Archive of SID
www.SID.ir

آورد. در پایان دوره امتیاز شرکت خصوصی مالکیت پروژه را به دولت بر می گرداند.

دوره امتیاز در ابتدا بصورت زمان مورد نیاز برای اینکه جریان درآمدی تسهیلات دیون شرکت خصوصی را بازپرداخت نموده و نرخ بازگشت سرمایه معقولی را بر اساس میزان تلاش مورد نیاز و ریسک پروژه تامین نماید تعیین می گردد.

تامین مالی پروژه محور روشی است که از آن برای استفاده از تامین مالی بر پایه استقراض طویل المدت در پروژه های بزرگ بهره گرفته می شود. این روش بر اساس وام گرفتن روی جریان نقدینگی یک پروژه خاص بنا نهاده شده است و برای استفاده از آن باید ارزیابی دقیقی از ریسک های دوران ساخت، بهره برداری و کسب درآمد و نحوه تخصیص این ریسک ها بین سرمایه گذاران، وام دهندگان و سایر بخش های مربوطه به آن داشت.

محوریت ساختار پروژه های BOT با یک شرکت تک منظوره با نام شرکت پروژه است که به منظور بهره‌گیری همزمان از سهم آورده بانیان پروژه و استقراض از منابع موجود در بازار سرمایه تاسیس شده است. این پروژه‌ها برای تامین مالی قراردادهای پروژه‌های دولتی در ازای ارائه امتیاز به یک کنسرسیوم خصوصی طی دوره‌های مشخص می‌باشد که برای توسعه یک طرح پس از انجام مرحله ساخت، از منافع طرح مازادی را به عنوان درآمد برای خود کسب می‌کنند و در پایان دوره امتیاز طرح به دولت کشور میزبان منتقل می‌شود[۱]. شکل 1 ساختار یک پروژه BOT و روابط بخش‌های درگیر در پروژه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. ساختار سازمانی پروژه های BOT[۱].

Archive of SID
www.SID.ir

در راستای ارزیابی مالی و تحلیل ریسک پروژه-های BOT،تحقیقات مختلفی انجام شده است.به برخی از آنها در زیر اشاره می‌شود:

چانک و چن (۲۰۰۱) مدلی را برای ارزیابی پیشنهاد مالی بخش خصوصی در مرحله مناقصه توسعه داده‌اند. در این مدل معیار سنجش مالی دوره بازگشت سرمایه است. همچنین آنها اثرات سطح سرمایه را بر روی پیشنهادهای مالی بررسی کرده‌اند. نتایج حاصل از این تحقیق به این شکل است که سطح سرمایه و سطح بدهی به عنوان عامل اساسی در انتخاب بخش خصوصی در فرایند مناقصه می-باشد[4].

هو و لیو (۲۰۰۲) مدلی را برای ارزیابی مالی در پروژه‌های بخش خصوصی با استفاده از نظریه اختیارات مالی توسعه داده‌اند. در این مدل تاثیر ضمانت‌های دولت بر روی ارزیابی مالی پروژه با در نظر گرفتن ریسک‌های هزینه ساخت و جریان نقدینگی پروژه بررسی شده است. آنها به این نتیجه رسیده‌اند که روش‌های ارزیابی سنتی نمی‌توانند در شرایط عدم قطعیت برای ارزیابی مالی پروژه مناسب باشند[5].

یی و تیونق (۲۰۰۲) با استفاده از روش ارزش فعلی خالص در معرض ریسک[3]، از ترکیب روش ارزش فعلی خالص با ارزش در معرض ریسک مدلی را برای ارزیابی مالی در شرایط ریسک توسعه داده‌اند. در مدل توسعه یافته با ترکیب ریسک در روش‌های ارزیابی سنتی به بررسی میزان ریسک در سطح اطمینان مختلف پرداخته شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که ترکیب روش ارزش در معرض ریسک[4] با روش ارزیابی سنتی برای پروژه-های BOTبا ویژگی ریسک بالا، نتایج بهتری را نسبت به سایر روش‌ها ارائه دهد[6].

باکاتجان و همکاران (۲۰۰۳) مدل مالی را با بکارگیری تکنیک برنامه‌ریزی خطی برای حداکثر کردن نرخ بازگشت داخلی ارائه داده‌اند. نتایج بدست آمده بیانگر این است که هزینه کل پروژه نسبت عکس با میزان آورده دارد، و ارزش فعلی خالص، نرخ بازگشت داخلی نسبت مستقیم با سطح بدهی دارند. همچنین نرخ پوشش خدمات بدهی[5] به عنوان مهمترین محدودیت در ساختار مالی پروژه می-باشد[7].

شن و وو(۲۰۰۵) مدلی را برای ارزیابی پروژه-های BOTدر شرایط عدم قطعیت توسعه داده اند. در این مدل برای مدل‌سازی ریسک‌های مالی از فرایندهای تصادفی استفاده شده است. هدف از این مدل تعیین طول دوره واگذاری با توجه به معیارهای ارزیابی پروژه از دیدگاه بخش دولتی و خصوصی می‌باشد[8].

زانک (۲۰۰۵) با استفاده از شبیه‌سازی مونت-کارلو برای مدلسازی ریسک پروژه‌ها، به ارزیابی مالی پروژه‌های BOTپرداخته است. هدف اصلی از مدل حداکثر کردن ارزش فعلی خالص پروژه می-باشد. بطوریکه در مدل ارائه شده مهمترین محدودیت برای ساختار مالی پروژه نرخ پوشش خدمات بدهی می‌باشد[9].

یونق جیان و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از مدلی که یی و تیونق برای پروژه‌های BOTتوسعه داده بودند، این پروژه ها را از دیدگاه های ذینفعان مختلف بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهدکه روش ارزیابی مالی بر اساس ارزش در معرض ریسک با ترکیب تحلیل ریسک با استفاده از سطوح اطمینان و مفهوم نرخ تنزیل نتایج دقیقتری را در اختیار بخش‌های مختلف قرار می‌دهد. و از این

Archive of SID
www.SID.ir

طریق میزان احتمال ضرر و مقدار زیان هر یک از بخش‌ها حاصل می‌گردد[10].

سونق و کو (۲۰۱۰) با استفاده از روش ارزش در معرض ریسک به ارزیابی ریسک‌های پروژه پرداخته‌اند. آنها با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو و مفهوم ارزش در معرض ریسک، ریسک پروژه را در سطح اطمینان مختلف بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیق بر روی یک مطالعه موردی بیانگر این است که بخش خصوصی ریسک بیشتری را در مقایسه با سایر ارکان پروژه متحمل می‌شود[11].

باکوی و گاش (۲۰۱۲) با استفاده از روش ارزش فعلی خالص در معرض ریسک به ارزیابی مالی و سرمایه گذاری پروژه احداث جاده پرداخته اند. در این تحقیق با استفاده شبیه سازی مونت کارلو و ارزش در معرض ریسک، ریسک تامین مالی پروژه را مورد مطالعه قرار داده اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از روش ارزش فعلی خالص در معرض ریسک برای تصمیم گیری در پروژه های با تامین مالی پروژه محور برای ارزیابی ریسک و سرمایه گذاری مناسب تر از روش های سنتی می باشد [۱۲].

اجرای یک پروژه با روش BOTو یا دیگر روش‌های متداول، هیچ‌گونه تغییری در ریسک‌های اساسی پروژه به وجود نمی‌آورد. تنها تفاوت عمده این روش با دیگر روش‌ها، انتقال اغلب ریسک‌های پروژه از سوی دولت به بخش خصوصی می‌باشد [۱۳]. با توجه به شناخت کسب شده از اطلاعات پروژه و مرور مقالات در زمینه نیروگاه‌های حرارتی، مهمترین ریسک‌هایی که به بخش سرمایه‌گذار انتقال داده شده است عبارتند از:

۱-ریسک‌های ساخت ، ۲- ریسک‌های بهره-برداری ، ۳- ریسک‌های تامین مالی.در پروژه های زیر ساختی مهمترین عامل‌های ریسک در دوره ساخت، افزایش هزینه‌های ساخت و افزایش زمان ساخت پروژه می‌باشد[۱٤]. در پروژه مورد بررسی شرکت پروژه با توافقنامه ساخت با پیمانکار عمومی به صورت قیمت ثابت[٦]با تاریخ تحویل معین، ریسک‌های دوره ساخت را به پیمانکار عمومی واگذار کرده است و عملا این ریسک‌ها توسط پیمانکار عمومی مدیریت می‌شود.ریسک هزینه‌های بهره‌برداری ، و ریسک درآمد از مهمترین ریسک های دوره بهره‌برداری می‌باشند. بخش دولتی با پرداخت کارمزد ظرفیت برای نیروگاه ایجاد شده بخشی از ریسک‌های درآمد را برای بخش خصوصی کاهش داده است. این بخش از تعرفه با توجه به مقدار تورم و نرخ ارز برای هزینه‌های ثابت بهره-برداری تعدیل می‌یابد. و این در شرایطی می‌باشد که در قرارداد پروژه نیروگاهی، بخش دولتی انرژی برق تولید شده را از طریق بازار تضمین می‌نماید و شرکت پروژه انرژی برق را در بازار برق به فروش می‌رساند. همچنین عواملی ناشی از نقصان در توان خروجی و افزایش نرخ حرارتی نیروگاه، ریسک درآمد را افزایش می‌دهد.ظرفیت‌های موجود کشور برای تامین مالی پروژه‌های سرمایه‌بر نیروگاهی با حجم کلان سرمایه مورد نیاز، محدود بوده و سریعا تکمیل می‌شوند. این امر شرکت پروژه را علاوه بر ریسک و عدم قطعیت روش‌های جایگزین با چالش‌های امکان تامین مالی پروژه‌های آتی نیز مواجه می‌کند. همچنین تحریم اقتصادی، ریسک بالای کشوری و کمبود منابع داخلی بخش خصوصی را در گرفتن وام با مشکلات فراوانی روبرو می‌سازد. مهمترین ریسک‌های مطرح از دید سرمایه‌گذار،

Archive of SID
www.SID.ir

ریسک درآمد، هزینه‌های بهره برداری، و اخذ وام می‌باشند که به بخش خصوصی واگذار شده است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

رویکرد تحقیق بصورت کمی با بکارگیری روش ارزش در معرض ریسک و شبیه‌سازی مونت کارلو برای تجزیه و تحلیل ریسک‌ها می‌باشد. به منظور ارزیابی مالی و تحلیل حساسیت پروژه در مرحله اول یک مدل مالی تهیه شده و بر اساس آن شاخص‌های ارزیابی اقتصادی و مالی در یک شرایط مبنا محاسبه می‌شود. در مرحله دوم حساسیت شاخص‌های تصمیم‌گیری ارزش فعلی خالص، نرخ بازگشت داخلی، و نرخ پوشش خدمات بدهی نسبت به تغییرات ریسک ها ارزیابی می‌گردد. در نهایت با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو و تحلیل حساسیت تاثیر ریسک بر روی شاخص‌های تصمیم-گیری بررسی می‌شود.

متغیرهای پروژه و معیارهای ارزیابی مدل مالی به شرح ذیل می باشند.

هزینه پایه سالانه: توزیع سالانه هزینه پایه در دوره ساخت که معمولا بر حسب درصدی از کارهای ساخت تکمیل شده در یک سال خاص از دوره ساخت می‌باشد که به صورت زیر تعریف می-شود [۷].

$$BC_{i-1} = \delta_i \times BC \qquad \text{فرمول(۱)}$$

که در رابطه بالا BC هزینه پایه در شروع دوره ساخت می‌باشد.

BC_{i-1} : بخشی از هزینه پایه در شروع سال iام می-باشد.

i: اندیسی برای دوره ساخت بطوریکه $i \in [1, cp]$.

نوسان هزینه پایه سالانه: نوسان برای هزینه پایه سالانه به صورت رابطه زیر می‌باشد.

$$EC_{i-1} = BC_{i-1} \times \left\{ \left(\prod_{h=0}^{i} (1 + r_h) \right) - 1 \right\} \qquad \text{فرمول(۲)}$$

که در رابطه بالا EC_{i-1}هزینه اضافی برای تغییر هزینه پایه در سال i ام می‌باشد و r_h نرخ تورم در سال h ام است[۱۸].

بهره بر روی مدت بدهی دوره ساخت:

$$IC_{i-1} = (1-e) \times \left\{ BC_{i-1} \times \prod_{h=0}^{i} 1 + r_h \right\} \times \{(1 + r_b)^{cp-i+1} - 1\} \qquad \text{فرمول(۳)}$$

IC_{i-1}: بهره در نظر گرفته شده بر بدهی برای سال iام.

r_h: نرخ بهره بدهی.

e: سطح سرمایه.

هزینه کل پروژه: هزینه کل پروژه جمع هزینه پایه سالانه، هزینه اضافی برای هزینه پایه سالانه و بهره بدهی سالانه در پایان دوره ساخت می‌باشد [۷].

$$\mathrm{TC} = \sum_{i=1}^{cp} (BC_{i-1} + EC_{i-1} + IC_{i-1}) \qquad \text{فرمول(٤)}$$

BC_{i-1}: هزینه پایه سالانه.

EC_{i-1}: نوسان هزینه پایه سالانه.

IC_{i-1}: بهره بر روی مدت بدهی دوره ساخت.

درآمد ناخالص: درآمد ناخالص از قیمت محصول و تقاضای آن نتیجه می‌شود.

$$REV_j = \left\{ p_{j-1} \times \prod_{k=cp}^{j-1} (1 + g_k^p) \right\} \times \left\{ Q_{j-1} \times \prod_{k=0}^{j-1} (1 + g_k^Q) \right\} \qquad \text{فرمول (۵)}$$

Archive of SID
www.SID.ir

p_{j-1} : قیمت واحد محصول یا تعرفه در شروع سال jام.

Q_{j-1}: تقاضای تولید در شروع سال jام.

REV_j: درآمد ناخالص در سال jام.

g_k^p: نرخ رشد سالانه قیمت پایه در سال k ام.

g_k^Q: نرخ رشد سالانه تقاضای پایه در سال kام.

j: اندیسی برای دوره بهره‌برداری.

هزینه نگهداری و بهره‌برداری سالانه: هزینه نگهداری و عملیات در اول سال دوره بهره‌برداری درصد ثابتی از هزینه پایه می‌باشد [۷].

فرمول (٦)
$$OMC_j = \lambda \times BC \times \left\{\prod_{k=cp}^{j-1}(1+g_k^o)\right\} \times \left\{\prod_{k=cp}^{j-1}(1+r_h)\right\}$$

g_k^o: نرخ رشد سالانه هزینه نگهداری و عملیات در سال k ام.

OMC_j: هزینه نگهداری و بهره‌برداری در سال j ام.

λ : درصد ثابتی از هزینه ثابت می‌باشد.

بدهی انباشته شده: بدهی انباشته شده در پایان دوره ساخت مقدار آتی و بهره‌های دوره ساخت می باشد.

فرمول (۷)
$$ADT = \sum_{i=1}^{cp}\left\{(1-e)\times BC_{i-1}\times\left(\prod_{h=0}^{i}(1+r_h)\right)\times(1+r_b)^{cp-i+1}\right\}$$

بازپرداخت بدهی: حامیان بدهی انباشته شده را برای یک تعدادی سال خاص از دوره بهره‌برداری پرداخت می‌کنند که به صورت معادله زیر می‌باشد.

فرمول (۸)
$$ADI_j = ADT\left\{\frac{r_b\times(1+r_b)^{LRP}}{(1+r_b)^{LRP}-1}\right\}$$

ADI_j: اقساط بدهی سالانه در سال j ام.

LRP: دوره بازپرداخت وام.

استهلاک: دو جنبه مهم استهلاک، هزینه استهلاک و نرخ استهلاک می‌باشد که در افق برنامه-ریزی بصورت سالانه محاسبه می‌شود. برای حامیان هزینه استهلاک‌پذیر کل هزینه پروژه اساسی می‌باشد. روش‌های مختلفی برای محاسبه استهلاک سرمایه-گذاری وجود دارد. عمده این روش‌ها عبارتند از:

۱-بر حسب زمان. در این رویکرد استهلاک دارایی‌ها به صورت خط مستقیم برای هر دوره زمانی با تخصیص مساوی تعیین می‌شود. در این روش، مبلغی مساوی از مبنای دارایی قابل استهلاک برای هر سال از عمر مفید دارایی تخصیص می‌یابد.

۲- بر مبنای فعالیت. در این روش استهلاک بر مبنای میزان استفاده یا تولید مورد انتظار دارایی محاسبه می‌شود. متغیرهای دیگری مثل گذشت زمان دخالتی در تعیین استهلاک ندارند و استهلاک دوره رابطه مستقیم با میزان استفاده یا تولید در هر دوره دارد.

۳- روش‌های نزولی. در این روش استهلاک عمر مفید دارایی سال به سال کاهش می‌یابد. این روش مبتنی بر این فرض است که داراییهای عملیاتی مشهود (ثابت) در سال‌های اولیه عمر مفید به دلیل نو بودن، کارایی، توان و بهره‌وری بیشتری نسبت به سال‌های آخر دارد، بنابراین درآمد بیشتری نصیب واحد تجاری شده و به علت فرسودگی بیشتر لازم است هزینه استهلاک به میزان بیشتری نسبت به سال‌های بعد تعیین گردد. در پروژه‌های نیروگاهی با توجه به نحوه محاسبه استهلاک به صورت روش خط مستقیم معادله ریاضی آن به صورت زیر می-باشد [۱۸].

فرمول (۹)
$$DEP_j = \frac{TC}{SOP}$$

Archive of SID
www.SID.ir

TC: هزینه کل پروژه.

SOP: دوره بهره‌برداری حامیان.

بهره بر بدهی در دوره بازپرداخت وام: برای محاسبه بهره بدهی در دوره باز پرداخت وام به محاسبه اقساط بدهی سالانه نیاز داریم.

فرمول (۱۰)
$$DPR_j = ADI_j \left\{\frac{1}{(1+r_b)^{LRP-j+1}}\right\} \forall\ j \in [cp+1,\ LRP]$$

DPR_j: اصل بدهی پرداختی در سال j ام.

فرمول (۱۱)
$$INT_j = ADI_j - DPR_j \forall\ j \in [cp+1,\ LRP]$$

INT_j: بهره بر بدهی پرداختی در سال j ام.

مالیات: مالیات هزینه برای حامیان می‌باشد، بطوریکه از درآمدشان به دولت می‌پردازند. معمولا مالیات بر درآمد را در این نوع از پروژه‌ها در نظر می‌گیرند بطوریکه پرداخت آن وابسته به جریان نقدینگی خالص سالانه بعد از هزینه‌های نگهداری و عملیات و بهره‌های بدهی می‌باشد. اگر جریان نقدینگی خالص سالانه بعد از هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری و بهره‌های بدهی منفی باشد در آن صورت مالیات صفر می‌شود. و توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود[۷].

فرمول (۱۲)
$$TAX_j = max[0, \{r_t \times (REV_j - OMC_j - INT_j - DEP_j)\}]$$

TAX_j: مالیات قابل پرداخت به دولت در سال jام.

r_t: نرخ مالیات سالانه.

جریان خالص نقدینگی سالانه برای حامیان در دوره بهره‌برداری حامیان

جریان خالص نقدینگی برای حامیان در مدت هر سال از دوره بهره‌برداری حامیان، بعد از همه پرداخت‌ها یعنی هزینه نگهداری و بهره‌برداری سالانه و اقساط و مالیات پرداختی سالانه بصورت زیر بدست می‌آید.

فرمول (۱۳)
$$NCF_j^s = (REV_j - OMC_j - ADI_j - TAX_j) + 1, SOP] \quad \forall\ j \epsilon [CP$$

جریان نقدینگی خالص سالانه برای دولت در طول دوره بهره‌برداری دولت

جریان نقدینگی خالص سالانه برای دولت در طول دوره بهره‌برداری یعنی از زمان واگذاری پروژه به دولت تا پایان چرخه اقتصادی پروژه می‌باشد.

فرمول (۱٤)
$$NCF_j^G = (REV_j - OMC_j) \forall\ j \in [sop+1, op]$$

معیارهای سنجش مالی

محققین معیارهای سنجش مالی مختلفی را برای ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری به کار می‌برند. متداول‌ترین آن‌ها از منظر بخش خصوصی و وام دهندگان عبارتند از: ارزش فعلی خالص، نرخ بازگشت داخلی و نرخ پوشش خدمات بدهی. فرمول ریاضی معیارهای سنجش مالی به صورت زیر می‌باشند.

ارزش فعلی خالص جریان نقدینگی پروژه: ارزش فعلی خالص بعد از شروع دوره ساخت تا پایان دوره بهره‌برداری سرمایه‌گذاران بخش خصوصی به صورت زیر بدست می‌آید.

Archive of SID
www.SID.ir

$$NPV^S = -\sum_{i=1}^{cp}\left\{\frac{e\times(BC_{i-1}+EC_{i-1})+IC_{i-1}}{(1+R)^{i-1}}\right\} + \sum_{j=cp+1}^{sop}\left\{\frac{NCF_j^S}{(1+R)^j}\right\}$$

فرمول(۱۵)

R: نرخ تنزیل پروژه می‌باشد.

نرخ بازگشت داخلی: نرخ بازگشت داخلی نرخ بهره‌ای می‌باشد که ارزش فعلی خالص جریان نقدینگی پروژه را صفر می‌سازد.

$$\sum_{i=1}^{cp}\left\{\frac{e\times(BC_{i-1}+EC_{i-1})+IC_{i-1}}{(1+R)^{i-1}}\right\} = \sum_{j=cp+1}^{sop}\left\{\frac{NCF_j^S}{(1+R)^j}\right\}$$

فرمـــــول (۱۶)

نرخ پوشش خدمات بدهی: توانایی پوشش خدمات بدهی پروژه‌ها برای وام‌دهندگان معمولا توسط نرخ پوشش خدمات بدهی بیان می‌شود [۷].

$$DSCR_j = \left(\frac{REV_j - OMC_j - TAX_j}{ADI_j}\right)$$

فرمول (۱۷)

٤- ارزش در معرض ریسک

ارزش در معرض ریسک از خانواده معیارهای اندازه‌گیری ریسک است. این شاخص حداکثر خسارت انتظاری یک پرتفوی یا دارایی را (یا بدترین زیان) برای یک افق زمانی مشخص با توجه به یک فاصله اطمینان معین بیان می‌کند. حداکثر خسارت یک دارایی (VaR) با توجه به تابع چگالی خسارت که با f نمایش داده می‌شود، اندازه‌گیری می‌گردد.

ارزش در معرض ریسک در حقیقت چند تابع f در سطوح بحرانی معین است. بنابراین طبق تعریف:

$$P(Loss \le VaR) = \int_0^{VaR} f(L)dL = 1-\alpha$$

فرمول(۱۸)

$$VaR_{1-\alpha} = F^{-1}(1-\alpha)$$

فرمول(۱۹)

بطور کلی برای محاسبه ارزش در معرض ریسک از سه روش زیر می‌توان استفاده کرد[11]:

۱-روش پارامتریک.

۲- روش شبیه‌سازی تاریخی.

۳-روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو.

روش پارامتریک شامل دو فرض اساسی است. که البته باعث محدودیت‌های این روش می‌شود. این دو فرض عبارتند از: بازده دارایی دارای توزیع نرمال است. بین عوامل ریسک و ارزش دارایی رابطه خطی وجود دارد. در روش پارامتریک برای محاسبه پارامترهای مورد نیاز ماتریس کواریانس، از جمله میانگین و انحراف معیار از اطلاعات تاریخی استفاده می‌شود. در این روش ارزش در معرض ریسک با استفاده از روش واریانس-کواریانس ساده و روش-های مبتنی بر مدل‌های ARCHو GARCHمحاسبه می‌شود. در روش اول فرض بر این است که واریانس سری زمانی به صورت ثابت می‌باشد. در این روش از مدل‌های اقتصادسنجی کلاسیک برای مدل کردن ریسک استفاده می‌کنند. ثابت بودن واریانس همواره یکی از فروض اصلی مدل‌های کلاسیک اقتصاد سنجی به حساب می‌آید. رابرت انگل (۱۹۸۲) برای رهایی از این فرض محدودکننده روش جدیدی موسوم به ARCHرا پایه‌گذاری کرد. در این مدل انتظار بر این است که واریانس در طول روند تصادفی سری مورد نظر ثابت نبوده و تابعی از رفتار جملات خطا می‌باشد. در واقع مزیت مدل‌های ARCHاین است که می‌تواند روند واریانس شرطی را با توجه به اطلاعات گذشته خود توضیح دهد.

Archive of SID
www.SID.ir

روش شبیه‌سازی تاریخی ساده‌ترین روش غیر پارامتریک بوده و نیازی به پیش فرض در مورد توزیع احتمال بازده دارایی یا دارایی های مالی وجود ندارد. در این روش فرض بر این است که رفتار بازدهی دارایی‌های مالی مانند رفتار گذشته آن است و توزیع احتمال بازده در گذشته مانند توزیع احتمال آتی دارایی مالی است و روند تغییرات متغیر در گذشته در آینده نیز ادامه خواهد داشت. این روش بر خلاف روش پارامتریک مدل ندارد.

دومین روش از روش‌های ناپارامتریک محاسبه ارزش در معرض ریسک، روش شبیه‌سازی مونت کارلو است. این روش در برخی موارد به روش شبیه‌سازی تاریخی شباهت دارد. در این روش فرض نرمال بودن توزیع بازده الزامی نیست. روش شبیه-سازی مونت‌کارلو بر خلاف روش شبیه‌سازی تاریخی از اطلاعات تاریخی استفاده نمی‌کند. بلکه در این روش با استفاده از فرایندهای تصادفی و استفاده از نمونه‌های شبیه‌سازی شده زیاد که توسط رایانه ساخته می‌شود، پیش‌بینی تغییرات آتی به انجام می رسد.

با توجه به روش‌های محاسبه ارزش در معرض خطر، و ویژگی‌های اولیه پروژه‌های نیروگاهی (عدم داده‌های تاریخی از پروژه‌های مشابه و شکل‌گیری جدید این نوع قراردادها) روش واریانس – کواریانس با مدل‌های ARCHو GARCHبرای محاسبه ارزش در معرض ریسک به دلیل نیاز به داده های ماتریس کواریانس مناسب نمی‌باشند. همچنین در روش شبیه‌سازی تاریخی نیاز به داده‌های گذشته برای متغیر ریسک وجود دارد. در چنین شرایطی روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو با توجه به ویژگی‌های این روش و عدم نیاز به داده‌های تاریخی در این تحقیق بکار گرفته می‌شود.

۵- نتایج پژوهش

به منظور ارزیابی اقتصادی و مالی پروژه، بر اساس مدل مالی شاخص‌های تصمیم گیری در یک شرایط مبنا محاسبه گردیده است. مدل مالی با توجه به میزان تولید انرژی و ظرفیت نیروگاه، هزینه‌های بهره‌برداری، درآمد های حاصل از فروش انرژی و ایجاد ظرفیت و استهلاک سرمایه‌گذاری ثابت، در محیط نرم افزار Matlabتهیه شده است.

جدول شماره ۱: فرضیات و اطلاعات اولیه یکی از پروژه نیروگاهی شرکت مپنا.

مقادیر پارامترها	پارامترهای پروژه
۳ سال	دوره ساخت
(۲۰ درصد سال سوم، ۵۰ درصدسال دوم، ۳۰ درصد سال اول)	درصد هزینه ها در دوره ساخت
۲۰ سال دوره واگذاری به بخش خصوصی	دوره بهره برداری
۳۰ درصد	سطح آورده
۸ درصد	نرخ وام
۲۵ درصد	نرخ مالیات
۱۰ درصد	حداقل نرخ جذب[۷] (نرخ تنزیل پروژه)

با توجه به اطلاعات جدول ۱ و مدل مالی، شاخص‌های تصمیم‌گیری برای پروژه نیروگاهی مورد بررسی محاسبه گردید. در این پروژه ارزش فعلی خالص ٤٥٨١٦ (۱۰۰۰یورو)، نرخ بازگشت داخلی ۱۲,٥٤٪، و نرخ پوشش خدمات بدهی ۱,۲۳۷ بدست آمده است. طبق نتایج حاصل از ارزیابی سرمایه‌گذاری در شرایط مبنا، پروژه مورد بررسی از نظر اقتصادی و مالی توجیه پذیر می باشد و سرمایه گذاران توان پرداخت اصل و بهره وام را دارا می باشند. بنابراین در شرایط اطمینان پروژه قابل اجرا

Archive of SID
www.SID.ir

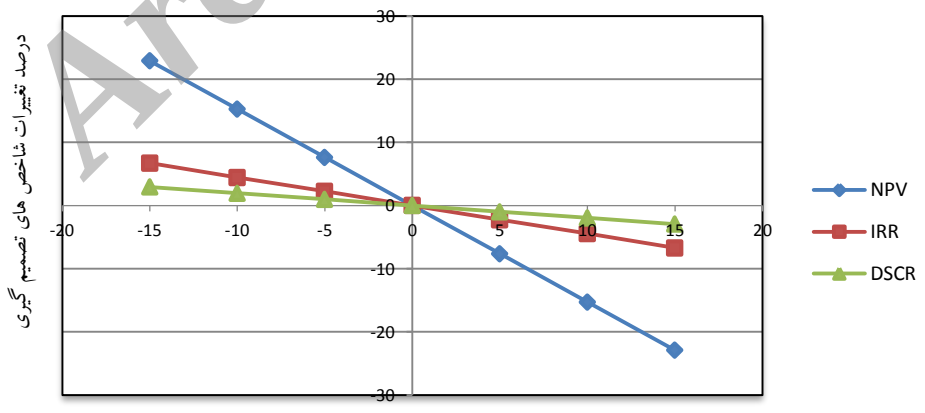
می باشد و درآمدهای ناشی از تولید در دوره بهره برداری (دوره واگذاری به بخش خصوصی) حداقل نرخ بازگشت سرمایه و توان بازپرداخت بدهی های ناشی از تامین مالی پروژه به روش BOT را تضمین می نماید.

۵-۱- تحلیل ریسک با آنالیز حساسیت

تحلیل حساسیت جهت برآورد اثرات تغییرات احتمالی متغیرهای یک پروژه بکار می‌رود و طیف تغییرات متغیرها، با توجه به مقادیر حدی شاخص-های سنجش مالی پروژه در نظر گرفته می‌شود. از مهمترین مزایای این روش شناسایی تاثیرگذارترین عوامل بر شاخص های سنجش مالی پروژه می‌باشد. عمده ریسک هایی که در پروژه‌های نیروگاهی به بخش خصوصی واگذار شده و واکنش مناسب برای مدیریت ریسک برای آن وجود ندارد عبارتند از: ۱- ریسک هزینه بهره‌برداری، ۲- ریسک درآمد، ۳- ریسک اخذ وام. جدول ۲ تغییرات شاخص ها نسبت به هزینه‌های بهره‌برداری را نشان می‌دهد.

جدول ۲: تغییرات شاخص‌های تصمیم‌گیری نسبت به هزینه‌های بهره‌برداری.

درصد تغییر DSCR	DSCR	درصد تغییر IRR	IRR	درصد تغییر NPV	NPV (۱۰۰۰ یورو)	دامنه تغییر
٪ ۲,۹۵	۱,۲۵۱٤	٪ ٦,۷۱	٪ ۱۲,۸۵	٪ ۲۲,۹۰	۵۱۵۷۲	-٪ ۱۵
٪ ۱,۹٦	۱,۲٤٦٦	٪ ٤,٤٤	٪ ۱۲,۷۵	٪ ۱۵,۲۷	٤۹٦۵۳	-٪ ۱۰
٪ ۰,۹۸	۱,۲٤۱۸	٪ ۲,۲٦	٪ ۱۲,٦٤	٪ ۷,٦۳	٤۷۷۳۵	-٪ ۵
۰	۱,۲۳۷۰	۰	٪ ۱۲,۵٤	۰	٤۵۸۱٦	۰
- ٪ ۰,۹۸	۱,۲۳۲۲	- ٪ ۲,۲٦	٪ ۱۲,٤۳	- ٪ ۷,٦۳	٤۳۸۹۷	٪ ۵
- ٪ ۱,۹٦	۱,۲۲۷٤	- ٪ ٤,٤٤	٪ ۱۲,۳۳	- ٪ ۱۵,۲۷	٤۱۹۷۸	٪ ۱۰
- ٪ ۲,۹۵	۱,۲۲۲٦	- ٪ ٦,۷۱	٪ ۱۲,۲۲	- ٪ ۲۲,۹۰	٤۰۰۵۹	٪ ۱۵

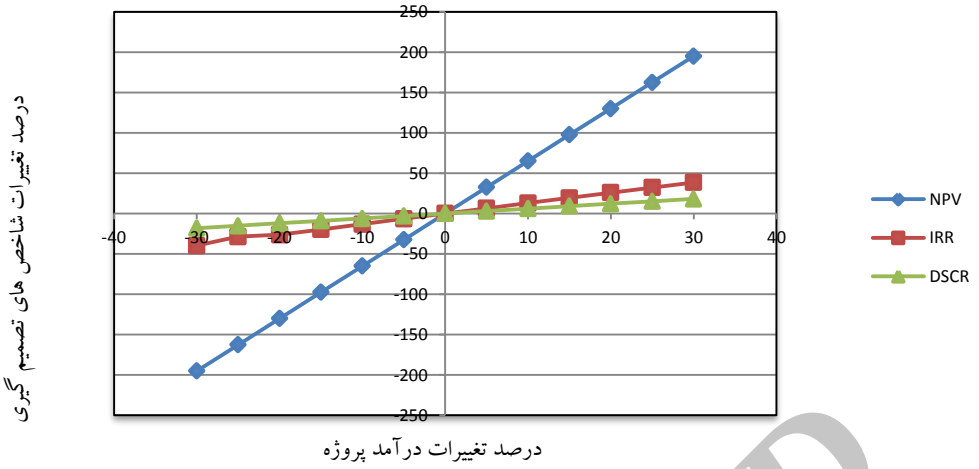


درصد تغییرات هزینه های بهره برداری

نمودار ۱: حساسیت شاخص‌های تصمیم‌گیری نسبت به تغییرات هزینه‌های بهره‌برداری.

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۲: حساسیت شاخص های تصمیم گیری نسبت به تغییرات درآمد.

جدول ۳: تغییرات شاخص‌های تصمیم‌گیری نسبت به درآمد پروژه.

درصد تغییر DSCR	DSCR	درصد تغییر IRR	IRR	درصد تغییر NPV	NPV (۱۰۰۰ یورو)	دامنه تغییر
٪ ۱۸,۲۰	۱,٤٦۲۲	٪ ۳۸,۵۱	٪ ۱۷,۳۷	٪۱۹۵,۰۹	۱۳۵۲۰۰	٪ ۳۰
٪ ۱۵,۱۷	۱,٤۲٤۷	٪ ۳۲,۲۱	٪ ۱٦,۵۸	٪ ۱٦۲,۵۹	۱۲۰۳۱۰	٪ ۲۵
٪ ۱۲,۱۳	۱,۳۸۷۱	٪ ۲۵,۸۳	٪ ۱۵,۷۸	٪ ۱۳۰,۰۷	۱۰۵٤۱۰	٪ ۲۰
٪ ۹,۱۰	۱,۳٤۹٦	٪ ۱۹,۳۷	٪ ۱٤,۹۷	٪ ۹۷,۵۵	۹۰۵۱۰	٪ ۱۵
٪ ٦,۰۷	۱,۳۱۲۱	٪ ۱۲,۹۹	٪ ۱٤,۱۷	٪٦۵,۰۳	۷۵٦۱۲	٪ ۱۰
٪ ۳,۰۳	۱,۲۷٤۵	٪ ٦,٤۵	٪ ۱۳,۳۵	٪ ۳۲,۵۱	٦۰۷۱٤	٪ ۵
۰	۱,۲۳۷۰	۰	٪ ۱۲,۵٤	۰	٤۵۸۱٦	۰
– ٪ ۳,۰۳	۱,۱۹۹۵	– ٪ ٦,۵۳	٪ ۱۱,۷۲	– ٪ ۳۲,۵۱	۳۰۹۱۷	–٪ ۵
– ٪ ٦,۰۷	۱,۱٦۱۹	– ٪ ۱۳,۱۵	٪۱۰,۸۹	– ٪ ٦۵,۰۳	۱٦۰۱۹	– ٪ ۱۰
– ٪ ۹,۱۰	۱,۱۲٤٤	– ٪ ۱۹,۷۷	٪ ۱۰,۰٦	– ٪ ۹۷,۵۵	۱۱۲۱	– ٪ ۱۵
– ٪ ۱۲,۱۳	۱,۰۸٦۹	– ٪ ۲٦,۳۹	٪ ۹,۲۳	– ٪ ۱۳۰,۰۷	– ۱۳۷۷۷	– ٪ ۲۰
– ٪ ۱۵,۱۷	۱,۰٤۹۳	– ٪ ۲۸,۷۸	٪۸,۹۳	– ٪ ۱٦۲,۵۹	– ۲۸٦۷۵	– ٪ ۲۵
– ٪ ۱۸,۲۰	۱,۰۱۱۸	– ٪ ۳۹,۸۷	٪۷,۵٤	– ٪ ۱۹۵,۰۹	- 43574	– ٪ ۳۰

در نمودار ۱ حساسیت ارزش فعلی خالص، نرخ بازگشت داخلی، و نرخ پوشش خدمات بدهی نسبت به هزینه‌های بهره‌برداری رسم شده است.

نتایج جدول۲ و نمودار۱ نشان می‌دهد که تغییرات هزینه بهره‌برداری تاثیر ناچیزی بر روی پروژه نیروگاهی دارد، بطوریکه همواره ارزش فعلی خالص پروژه بیشتر از صفر، نرخ بازگشت داخلی بیشتر از مقدار حداقل (۱۰ ٪) و همچنین نرخ پوشش خدمات بدهی بیشتر از ۱,۲ می‌باشد. بنابراین ریسک هزینه های بهره برداری قابل توجه نمی باشد.

در پروژه‌های نیروگاهی درآمد از دو بخش، ۱- ظرفیت ایجاد شده، و ۲- میزان انرژی برق تولید شده تامین می‌شود. بخش اول توسط تعرفه دولتی

Archive of SID
www.SID.ir

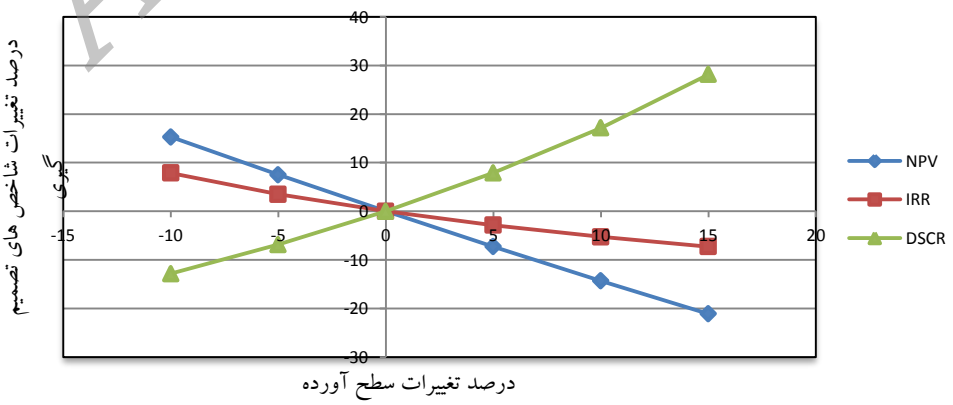
تضمین شده است، لذا برای آن ریسکی وجود ندارد. اما در بخش دوم به دو جهت، ۱- نقصان در توان خروجی، و ۲- نوسان قیمت انرژی برق ریسک وجود دارد. در این پروژه ها ۹۰ ٪ از ظرفیت نیروگاهها تولید می‌شود و معمولا ۱۰ ٪ انرژی به علت نقصان در توان خروجی و عوامل دیگر در نوسان می‌باشد. در این مرحله حساسیت شاخص‌ها نسبت به تغییرات درآمد بررسی می‌شود. نتایج ارزیابی به صورت زیر می‌باشد.

نتایج جدول۳ نشان می‌دهد که تغییرات درآمد می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در ارزیابی اقتصادی پروژه‌های نیروگاهی داشته باشد. طبق جدول بالا با کاهش ۲۰ ٪ درآمد،پروژه مورد بررسی از نظر اقتصادی و مالی توجیه پذیر نمی باشد. همچنین نرخ پوشش خدمات بدهی به ازای کاهش ۵ ٪ در درآمد، کمتر از مقدار ۱,۲ است و این نشان دهنده عدم توان بازپرداخت بدهی های ناشی از تامین مالی پروژه می باشد.

بطور معمول سطح سرمایه مناسب برای پروژه های نیروگاهی ۳۰ ٪ می‌باشد از طرفی مشکلات ناشی از تامین مالی پروژه و اخذ وام باعث می‌شود تا سهامداران پروژه، آورده زیادی را برای پروژه فراهم بیاورند. در جدول شماره ٤ حساسیت شاخص‌های تصمیم‌گیری نسبت به تغییرات سطح آورده بررسی شده است.

جدول ٤: تغییرات شاخص‌های تصمیم‌گیری نسبت به سطح آورده.

درصد تغییر DSCR	DSCR	درصد تغییر IRR	IRR	درصد تغییر NPV	NPV (۱۰۰۰ یورو)	دامنه تغییر
- ٪ ۱۲,۸٤	۱,۰۷۸۱	٪ ۷,۸۹	٪ ۱۳,۵۳	٪ ۱۵,۲۹	۵۲۸۲۵	-٪ ۱۰
- ٪ ٦,۸۵	۱,۱۵۲۲	٪ ۳,۵۰	٪ ۱۲,۹۸	٪ ۷,۵۲	٤۹۲٦٤	-٪ ۵
۰	۱,۲۳۷۰	۰	٪ ۱۲,۵٤	۰	٤۵۸۱٦	۰
٪ ۷,۹۲	۱,۳۳۵۰	- ٪ ۲,۸۷	٪ ۱۲,۱۸	- ٪ ۷,۲۷	٤۲٤۸۱	٪ ۵
٪ ۱۷,۱۷	۱,٤٤۹۵	- ٪ ۵,۲٦	٪ ۱۱,۸۸	- ٪ ۱٤,۳۱	۳۹۲۵۹	٪ ۱۰
٪ ۲۸,۱٤	۱,۵۸۵۱	- ٪ ۷,۲۵	٪ ۱۱,٦۳	- ٪ ۲۱,۰۹	۳٦۱۵۱	٪ ۱۵



نمودار ۳: حساسیت شاخص‌های تصمیم‌گیری نسبت به تغییرات سطح آورده.

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج جدول٤ و نمودار ۳ نشان می‌دهد سطح آورده تاثیر زیادی بر روی ارزش فعلی خالص پروژه و نرخ بازگشت داخلی پروژه دارد. طبق نمودار ۳ رابطه مستقیمی مابین سطح آورده و نرخ پوشش خدمات بدهی وجود دارد و همواره با افزایش سطح آورده توان بازپرداخت بدهی بیشتر می شود. همچنین این رابطه برای ارزش فعلی خالص و نرخ بازگشت داخلی به صورت معکوس می باشد.

نتایج تحلیل حساسیت نشان می دهد، شاخص-های تصمیم‌گیری پروژه نسبت به تغییرات درآمد پروژه بسیار حساس می‌باشند. از این جهت پرریسک‌ترین عامل از بین سه عامل مذکور ریسک درآمد می‌باشد که کلیه شاخص‌های تصمیم‌گیری به تغییرات آن حساسیت زیادی را نشان می‌دهند.

۵-۲- تحلیل ریسک با شبیه‌سازی مونت‌کارلو

روش مونت‌کارلو یکی از قوی ترین ابزارها جهت تحلیل آماری نا اطمینانی‌های پروژه در مسائل مهندسی بوده و مخصوصا در مسائل پیچیده که متغیرها با معادلات غیرخطی به یکدیگر مرتبط می-شوند بسیار مفید است. در این روش میانگین حاصل از توزیع آماری شاخص‌های سنجش مالی پروژه بر اساس توابع توزیع مقادیر متغیرهای ورودی در جریان نقدینگی بدست می‌آید. بدین منظور برای هر متغیر یک مقدار تصادفی با توجه به ویژگی های متغیر ریسک انتخاب شده و سپس شاخص‌های سنجش مالی محاسبه می‌شوند. این فرایند تکرار شده و در نهایت هیستوگرام توزیع شاخص‌های سنجش مالی ترسیم می‌شود. در پایان شبیه‌سازی، در یک سطح اطمینان معین احتمال وقوع هر عامل ریسکی تعیین می شود. تحلیل ریسک در پروژه‌های نیروگاهی با استفاده از شبیه‌سازی مونت‌کارلو طی مراحل زیر انجام گردیده است.

۵-۲-۱- تعیین مدل مناسب برای ریسک

در پروژه‌های BOTنیروگاه‌های حرارتی، بخش خصوصی معمولا ۳۰ ٪ از سرمایه مورد نیاز پروژه را از طریق آورده تامین مالی می‌کند. از طرفی ریسک ناشی از اخذ وام با توجه به شرایط کشور ایران و چالش‌های تامین مالی همواره توسعه پروژه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد. طبق نظرات کارشناسان پروژه مورد بررسی در این تحقیق، حداکثر مقدار آورده که برای توسعه نیروگاه‌ها شرکت پروژه فراهم می‌کند ٤٥ ٪ می‌باشد،در این تحقیق تغییرات سطح آورده بصورت توزیع مثلثی به ازای کمترین، مقدار مورد انتظار و بیشترین مقدار برای سطح آورده به ترتیب با۳۰٪ ، ۳۵٪، ٤٥٪ مدلسازی می‌شود.

از ویژگی اصلی پروژه‌های نیروگاهی عدم وجود داده‌های تاریخی قابل اطمینان از پروژه های مشابه و بلند مدت بودن قراردادهایBOTاست. در چنین شرایطی مدل‌های کلاسیک مانند حرکت براونی هندسی، بازگشت به میانگین و در حالت پیچیده‌تر ترکیبی از مدل های مذکور مناسب نیستند. زیرا از طرفی این مدل‌ها برای دوره‌های کوتاه‌مدت مانند ۱سال تا ۳ سال کاربرد دارند و همچنین این مدل‌ها نیاز به داده‌های تاریخی مناسب دارند[14].

در این تحقیق برای مدلسازی عدم قطعیت درآمد، از مدل واریانس Martingaleاستفاده می‌شود. این مدل دارای ویژگی‌های فرایند مارکوف، افزایش عدم قطعیت متغیر تصادفی با گذشت زمان و ویژگی یادگیری اطلاعات بر روی زمان می‌باشد[15]. برای مدلسازی این نوع فرایند تصادفی ابتدا با استفاده از دو حالت بدبینانه و خوشبینانه در سال اول،

Archive of SID
www.SID.ir

واریانس متغیر تصادفی تخمین زده می‌شود. سپس مدل واریانس با توجه به مقدارهای مورد انتظار که در پروژه مورد نظر تخمین زده شده است برای مدلسازی عدم قطعیت بکار می‌رود. این مدل برای مدلسازی ریسک درآمد پروژه نیروگاهی به دلیل عدم وجود داده های تاریخی قابل اطمینان از پروژه-های مشابه که در ایران قراردادهای نسل دوم به تازگی بکار گرفته شده است، و معین بودن دوره بهره‌برداری استفاده می‌شود. معادله ریاضی آن به صورت زیر می‌باشد.

$$REV = [\overline{REV_1}, \overline{REV_2}, \dots, \overline{REV_{Tp}}] \quad (۲۰)$$

در رابطه بالا مقدارهای مورد انتظار درآمد برای پروژه مورد نظر می‌باشد.

$$REV_{(k,j)} = REV_{(k,j-1)} + (\overline{REV_j} - \overline{REV_{j-1}}) + X_{(k,j)} \quad (۲۱)$$

$$X_{(k,j)} = g(j).\varepsilon_{(k,j)} = \sigma . \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^{j} \gamma^{i-1}}} . \varepsilon_{(k,j)} \quad (۲۲)$$

$$REV_{(k,0)} = \overline{REV_0} = 0 \quad (۲۳)$$

$$\varepsilon_{(k,j)} \sim N(0,1) \quad (۲۴)$$

در رابطه (۲۲) $\gamma \epsilon [0\ 1]$ ضریب کاهش واریانس و σ انحراف معیار عدم قطعیت می باشد.با توجه به اطلاعات پروژه در سال اول و روشی که توسط دیلمی و همکاران (۱۹۹۹) توسعه یافته[16]، واریانس درآمد در سال اول برابر با $\sigma^2 = (4528)^2$و ضریب پراکندگی[۸] متغیر تصادفی حاصل از تقسیم انحراف معیار بر میانگین درآمد در سال اول ۷٪ برآورد شده است. همچنین ضریب کاهش واریانس برای پروژه مورد بررسی ۲۰٪ فرض شده است.

۵-۲-۲- شبیه‌سازی مونت‌کارلو و تخمین تابع توزیع شاخص‌های تصمیم‌گیری

در این مرحله با استفاده از شبیه‌سازی مونت-کارلو مقادیر مورد انتظار، انحراف معیار و احتمال کمتر از معیارهای تصمیم‌گیری برای ارزش فعلیخالص، نرخ بازگشت داخلی، و نرخ پوشش خدمات بدهی در شرایط عدم قطعیت بررسی شده است. نتایج تحلیل به صورت جدول ۵ می باشد.

جدول ۵: نتایج شبیه‌سازی برای شاخص‌های تصمیم-گیری.

شاخص تصمیم گیری	مقدار میانگین	انحراف معیار	احتمال کمتر از معیار
NPV(۱۰۰۰ یورو)	٤٧٣٦١	٤٢٨١٧	٪ ١٣,٤١
IRR	٪ ١٢,٣٤	٠,٠٢١٣	٪ ١٣,٤١
DSCR	١,٣٧٤٧	٠,١٣٢٥	٪ ٨,٦٥

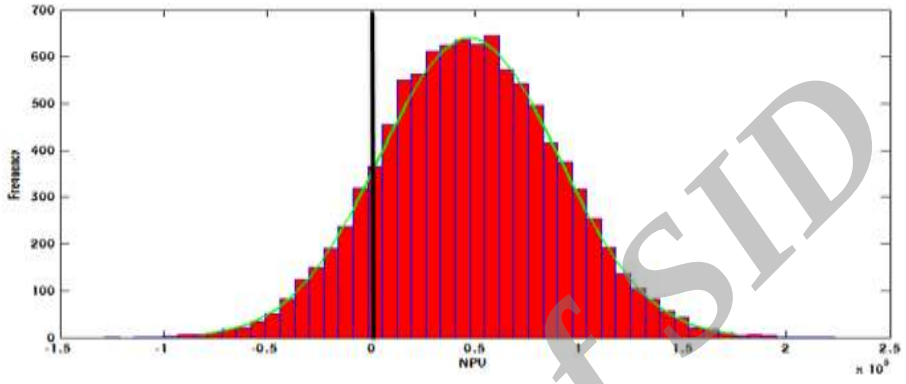
نتایج جدول شماره ۵ نشان می‌دهد که ارزش فعلی خالص با احتمال ۱۳,٤۱ درصد کمتر از صفر می‌شود، و نرخ بازگشت داخلی با احتمال ۱۳,٤۱درصد کمتر از ۱۰ ٪ است، همچنین نرخ پوشش خدمات بدهی با احتمال۸,٦٥ درصد کمتر از مقدار ۱,۲ می‌شود. بنابراین سرمایه‌گذاران بخش خصوصی ریسک بیشتری را نسبت به وام‌دهندگان در پروژه نیروگاهی مورد مطالعه متحمل می شوند. مقادیر بحرانی برای شاخص‌ها در سطح اطمینان ۹۹٪ ، ۹۵٪، ۹۰٪ به صورت جدول ٦ می‌باشد.

Archive of SID

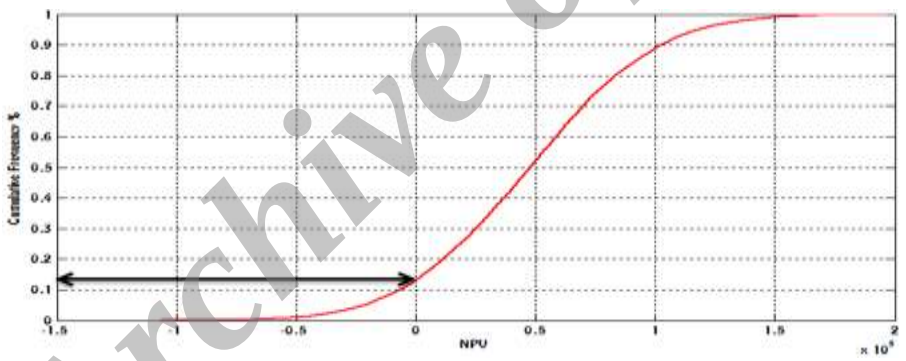
www.SID.ir

جدول ٦ مقادیر بحرانی شاخص‌های تصمیم‌گیری در سطح اطمینان مختلف.

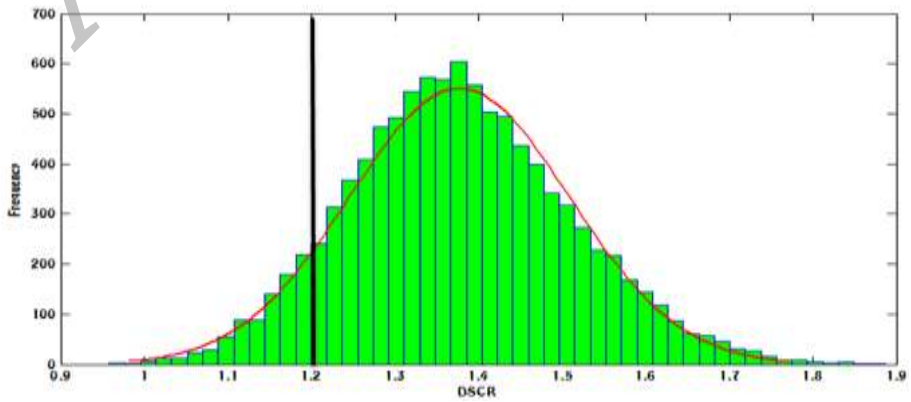
مقادیر بحرانی شاخص ها	سطح اطمینان ٪۹۹	سطح اطمینان ٪۹۵	سطح اطمینان ٪۹۰
NPV(۱۰۰۰ یورو)	- ۵۰۹٦٦	- ۲۲۵۵۹	- ۷۷۵٦
IRR	٪ ٦,۸۷	٪ ۸,۷۱	٪ ۹,۵۷
DSCR	۱,۰۸۷٤	۱,۱٦۷٦	۱,۲۰۹۱



نمودار شماره ۵ : توزیع احتمال ارزش فعلی خالص.

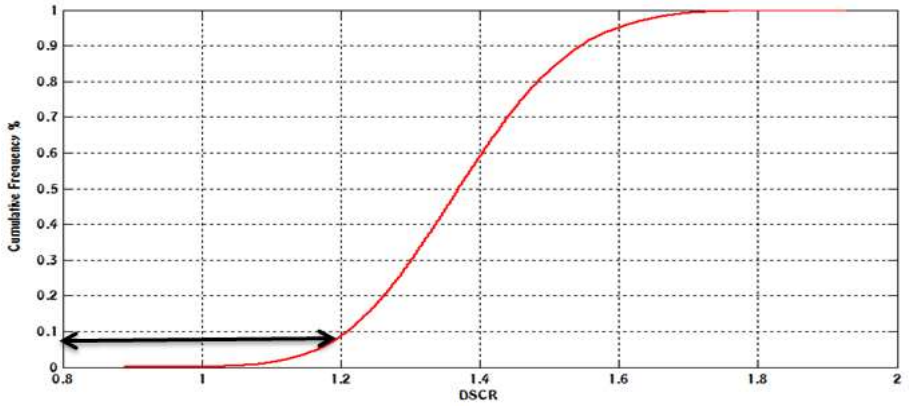


نمودار ٦ : توزیع تجمعی احتمال ارزش فعلی خالص.



نمودار ۷ : توزیع احتمال نرخ پوشش خدمات بدهی.

Archive of SID
www.SID.ir



نمودار ۸ : توزیع تجمعی احتمال نرخ پوشش خدمات بدهی.

با توجه به نتایج جدول ٦ و نمودارهای ۵ تا ۸ مقادیر بحرانی ارزش فعلی خالص پروژه به ازای سطح اطمینان ۹۰٪، برابر ۷۷۵٦- (۱۰۰۰یورو) می-باشد، یعنی احتمال اینکه ارزش فعلی خالص پروژه کمتر از ۷۷۵٦- (۱۰۰۰یورو) شود ۱۰٪ می‌باشد. همچنین مقادیر بحرانی نرخ بازگشت داخلی در سطح اطمینان ۹۹٪ ، ۹۵٪ و۹۰٪ کمتر از مقدار حداقل برای پروژه (۱۰٪) می‌باشد. برای نرخ پوشش خدمات بدهی مقدار بحرانی در سطح اطمینان ۹۰٪ بیشتر از مقدار حداقل معیار (۱,۲) می‌شود. در سطح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ و ۹۰٪ مقادیر بحرانی ارزش فعلی خالص پروژه کمتر از صفر می‌باشد، در صورتی که مقادیر بحرانی برای نرخ پوشش خدمات بدهی همواره بیشتر از ۱,۱ می‌باشد.

۵-۲-۳- تحلیل حساسیت شاخص‌های تصمیم‌گیری نسبت به تغییرات ضریب پراکندگی درآمد پروژه

در گام‌های قبلی با استفاده از شبیه‌سازی مونت-کارلو مقادیر شاخص‌های تصمیم‌گیری ارزش فعلی خالص و نرخ پوشش خدمات بدهی بر حسب واریانس ثابتی برای متغیر ریسک بررسی شد. ممکن است که در محاسبه مقدار واریانس متغیر تصادفی اشتباهی رخ داده باشد و یا مقدار واریانس واقعی کمتر یا بیشتر از مقدار واریانس در نظر گرفته شده برای متغیر ریسک درآمد باشد. در این مرحله با تحلیل حساسیت بر روی مقدار ضریب پراکندگی متغیر تصادفی درآمد به ازای مجموعه ٤٪ - ، ۳٪ - ، ۲٪ - ، ۱٪- ، ...، ۳٪ ، انحراف از ضریب پراکندگی متغیر تصادفی، گام قبلی تکرار می‌شود. نتایج شبیه-سازی برای ارزش فعلی خالص به صورت جدول ۷ می‌باشد.

با افزایش میزان ضریب پراکندگی، میانگین ارزش فعلی خالص تغییر زیادی نمی‌کند در حالیکه انحراف معیار توزیع شاخص افزایش می‌یابد و همواره احتمال کمتر از صفر برای ارزش فعلی خالص بیشتر می‌شود.مقادیر بحرانی برای ارزش فعلی خالص به ازای سطح اطمینان ۹۹٪، ۹۵٪، ۹۰٪ به صورت جدول۸ نمودار ۹ می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷ : ارزش فعلی خالص به ازای ضریب پراکندگی مختلف درآمد.

احتمال کمتر از صفر	انحراف معیار NPV (۱۰۰۰ یورو)	مقدار میانگین NPV (۱۰۰۰ یورو)	میزان تغییرCV[۹]
٪ ۰,۵۹	۱۸۳۷۸	٤٦٧٨٦	– ٪٤
٪ ۲,۷۳	۲٤۳۷۱	٤۷٤۹۲	– ٪۳
٪ ٦,۰۹	۳۰۳٤۸	٤٦۹٤٤	– ٪۲
٪ ۹,٦۸	۳٦٤٤۲	٤۷۰٦۸	– ٪۱
٪ ۱۳,٤۱	٤۲۸۱۷	٤۷۳٦۱	۰
٪ ۱۷,۱٤	٤۸۸۹٦	٤٦۱۹٦	٪۱
٪ ۱۹,۰۲	٥٤٤٤۷	٤۷۲۷۸	٪۲
٪ ۲۲,۰۹	٦۰۳۸۹	٤٦۷۳۲	٪۳

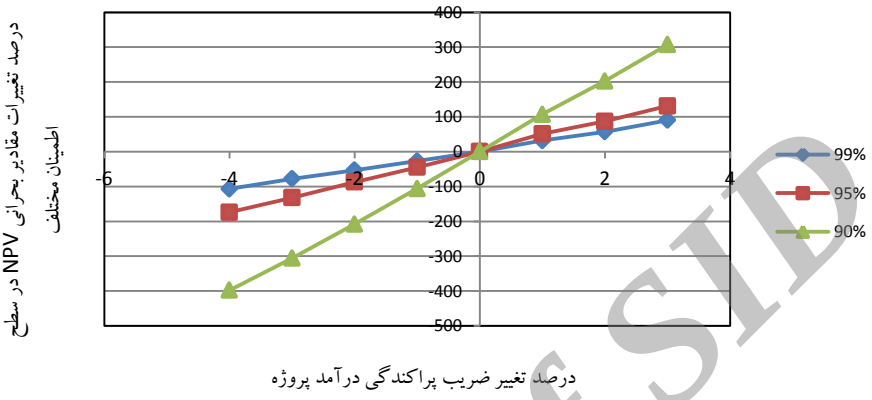
جدول شماره ۸ :مقادیر بحرانی ارزش فعلی خالص به ازای ضریب پراکندگی مختلف درآمد.

سطح اطمینان ۹۰٪ (۱۰۰۰ یورو)	سطح اطمینان ۹۵٪ (۱۰۰۰ یورو)	سطح اطمینان ۹۹٪ (۱۰۰۰ یورو)	میزان تغییر CV
۲۳۱۷٥	۱٦۸۲۱	۳۸۸۹	– ٪٤
۱٦۰٤۸	۷۲۷۱	-۱۰۸۳٤	– ٪۳
۸٤٤۰	–۲۷٥۲	-۲۳۸۹۲	– ٪۲
٤۹۰	-۱۲۳٤۰	-۳۷۰٦۹	– ٪۱
– ۷۷٥٦	– ۲۲٥٥۹	– ٥۰۹٦٦	۰
– ۱٦۰۷۹	– ۳٤۲۰۷	– ٦۷۳۸۳	٪۱
-۲۳٥۲۰	-٤۲۳۷۷	-۸۰۰۲٥	٪۲
-۳۱٦۰۸	-٥۲۲۰۷	-۹۷۰۰۷	٪۳

با توجه به جدول ۸ و نمودار ۹ با کاهش ضریب پراکندگی درآمد به مقدار ۳٪ در سطح اطمینان ۹۵٪ مقدار بحرانی برای ارزش فعلی خالص بیشتر از صفر می‌باشد، همچنین با افزایش ضریب پراکندگی در سطح اطمینان ۹۰٪ مقدار ارزش فعلی خالص کمتر از صفر می‌شود بیشترین تغییر در مقادیر بحرانی برای ارزش فعلی خالص به ازای سطح اطمینان ۹۰٪ می‌باشد. مقدار بحرانی در حالت مبنا در سطح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ منفی می‌باشد، در این حالت‌ها شیب حساسیت مقادیر بحرانی ارزش فعلی خالص با افزایش ضریب پراکندگی، افزایش می‌یابد و تغییر علامت نمی‌دهد. بنابراین در سطح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ با افزایش انحراف معیار درآمد، مقادیر بحرانی کاهش می‌یابد. و همچنین در سطح اطمینان ۹۰٪ در شرایط مبنا مقدار بحرانی کمتر از صفر می‌باشد، و با افزایش ضریب پراکندگی درآمد شیب تغییرات مقادیر بحرانی شاخص بیشتر از حالت‌های قبلی می‌باشد. در این حالت با افزایش ضریب پراکندگی مقادیر بحرانی کمتر می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

همچنین نرخ پوشش خدمات بدهی به ازای مجموعه بالا بررسی شده است. نتایج تحلیل به صورت جدول شماره۹ و ۱۰ و نمودار ۱۰ می باشد.در این حالت با افزایش میزان ضریب پراکندگی، نرخ پوشش خدمات بدهی تغییر زیادی نمی‌کند. در حالیکه انحراف معیار توزیع شاخص افزایش می‌یابد و همواره احتمال کمتر از ۱,۲ برای نرخ پوشش خدمات بدهی بیشتر می‌شود.



نمودار ۹: حساسیت مقادیر بحرانی NPVنسبت به تغییراتCV درآمد.

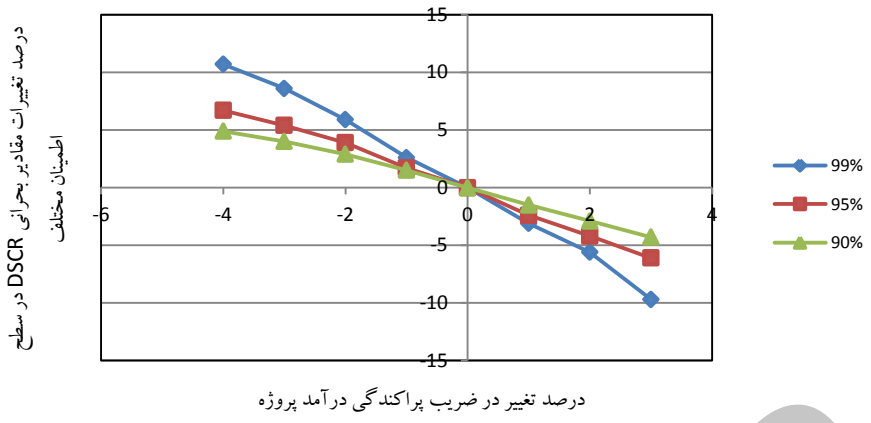
جدول ۹: نرخ پوشش خدمات بدهی به ازای ضریب پراکندگی مختلف درآمد.

احتمال کمتر از ۱,۲	انحراف معیار DSCR	مقدار میانگین DSCR	میزان تغییر cv
٪۰,۸۲	۰,۰۸٤۲	۱,۳۷۳۰	– ٪٤
٪۱,۸۷	۰,۰۹٥٤	۱,۳۷٦٦	– ٪۳
٪ ۳,٥۲	۰,۱۰٥٦	۱,۳۷٥۳	– ٪۲
٪ ٦,۳۸	۰,۱۱۹۲	۱,۳۷٥٥	– ٪۱
٪ ۸,٦٥	۰,۱۳۲٥	۱,۳۷٤۷	۰
٪ ۱۱,۳٦	۰,۱٤٦۳	۱,۳۷۳٤	٪۱
٪ ۱۳,۲۹	۰,۱٥۸۷	۱,۳۷٤۹	٪۲
٪ ۱٥,۷۳	۰,۱۷۱٦	۱,۳۷۲٦	٪۳

جدول ۱۰:مقادیر بحرانی نرخ پوشش خدمات بدهی به ازای ضریب پراکندگی مختلف درآمد.

سطح اطمینان ٪۹۰	سطح اطمینان ٪۹٥	سطح اطمینان ٪۹۹	میزان تغییر CV
۱,۲٦۹۳	۱,۲٤٥۹	۱,۲۰۳۸	– ٪٤
۱,۲٥۸٤	۱,۲۳۰۷	۱,۱۸۲۰	– ٪۳
۱,۲٤٤٤	۱,۲۱۳٥	۱,۱٥۲۳	– ٪۲
۱,۲۲۸٤	۱,۱۸۸۱	۱,۱۱٦٤	– ٪۱
۱,۲۰۹۱	۱,۱٦۷٦	۱,۰۸۷٤	۰
۱,۱۹۰٥	۱,۱۳۹٤	۱,۰٥۳٤	٪۱
۱,۱۷۳٤	۱,۱۱۸۳	۱,۰۲٥٦	٪۲
۱,۱٥۷۱	۱,۰۹٦۱	۰,۹۸۰۹	٪۳

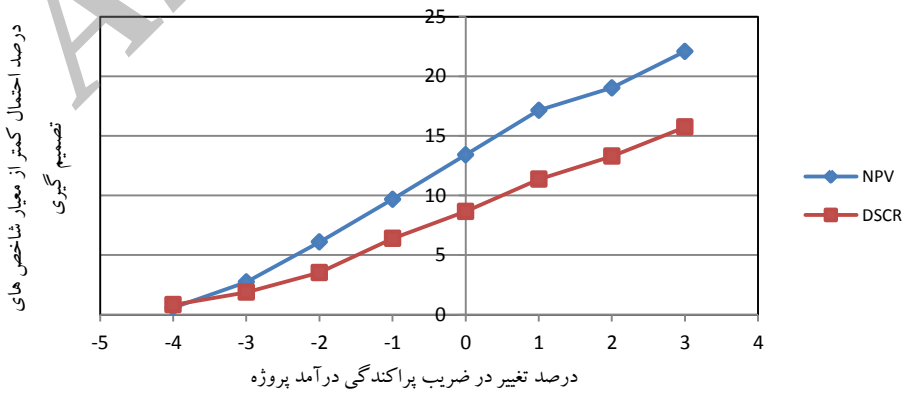
Archive of SID
www.SID.ir



نمودار ۱۱ : حساسیت مقادیر بحرانی DSCRنسبت به تغییراتCV درآمد.

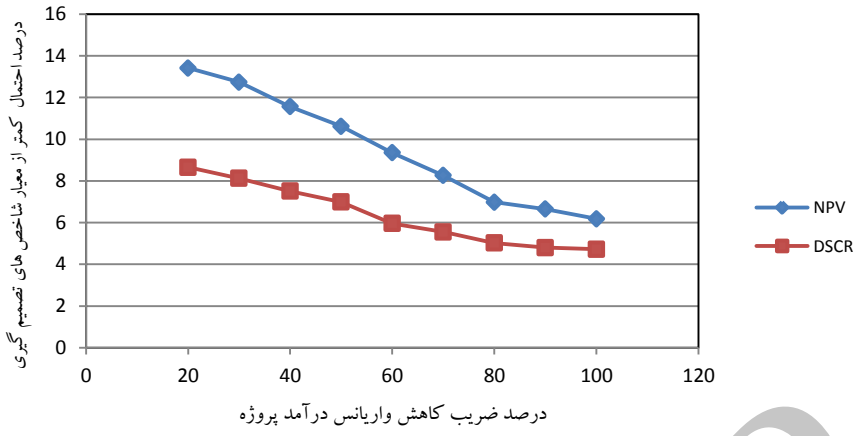
در این حالت با کاهش ٤٪ در میزان ضریب پراکندگی درآمد در سطح اطمینان ۹۹٪ مقدار بحرانی بیشتر از ۱,۲ می‌شود و همواره مقادیر بحرانی نرخ پوشش خدمات بدهی در سطح اطمینان مختلف با کاهش ضریب بیشتر از مقدار حداقل (۱,۲) می‌باشد. بنابراین در پروژه‌های نیروگاهی ریسک وام‌دهندگان نسبت به سهامداران پروژه کمتر می‌باشد. بطوریکه همواره در سطح اطمینان ۹۰٪ و ۹۵٪ با افزایش ضریب پراکندگی درآمد، مقادیر بحرانی برای نرخ پوشش خدمات بدهی بیشتر از مقدار ۱,۱ می‌باشد و این نشان‌دهنده این است که توانایی پروژه برای بازپرداخت وام همواره وجود دارد.

همچنین تغییرات احتمال کمتر شدن شاخص-های تصمیم‌گیری NPVو DSCRاز حداقل معیار نسبت به تغییرات ضریب پراکندگی درآمد و ضریب کاهش واریانس بررسی شده است. نتایج حاصل از اجرای مدل به صورت نمودارهای ۱۲ و ۱۳ می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی نشان می‌دهد که حساسیت شاخص‌های تصمیم‌گیری نسبت به تغییرات ضریب کاهش واریانس و ضریب پراکندگی ریسک درآمد زیاد می‌باشد.



نمودار ۱۲: درصد احتمال کمتر از حداقل معیار برای NPVو DSCRنسبت به درصد تغییرات ضریب پراکندگی درآمد.

Archive of SID
www.SID.ir



نمودار ۱۳: درصد احتمال کمتر از حداقل معیار برای NPVو DSCRنسبت به درصد تغییرات ضریب کاهش واریانس درآمد.

٦- نتیجه‌گیری و بحث

هدف از این پژوهش ارزیابی کمی ریسک‌های پروژه و ارائه مدل مناسب برای ریسک های پروژه می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از روش ارزش در معرض ریسک و شبیه سازی مونت‌کارلو ریسک‌های پروژه ارزیابی شده، و توزیع احتمال و توزیع تجمعی احتمال شاخص‌های تصمیم‌گیری و مقادیر بحرانی در سطح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ و ۹۰٪ از دو دیدگاه بخش خصوصی و وام‌دهندگان بررسی گردید. در نهایت با تحلیل حساسیت، حساسیت ارزش فعلی خالص و نرخ پوشش خدمات بدهی نسبت به تغییرات ضریب پراکندگی درآمد پروژه و مقادیر بحرانی در سطح اطمینان معین ارزیابی شد. نتایج تحقیق بیانگر این است که با توجه به نحوه تسهیم ریسک در پروژه نیروگاهی مورد بررسی، سرمایه‌گذاران در معرض سطح بالایی از ریسک قراردارند. همچنین توجیه‌پذیری اقتصادی پروژه متاثر از ریسک‌های پروژه می‌باشد. در تحقیقات انجام شده برای ارزیابی مالی و تاثیر ریسک بر روی آن، از توزیع های مثلثی و نرمال برای مدلسازی ریسک استفاده شده است، بطوریکه این مدل ها با توجه به نبود داده های تاریخی، نو بودن و ویژگی های قراردادهای BOT مناسب نمی باشند. در این تحقیق از مدل واریانس Martingale برای مدلسازی ریسک درآمد پروژه در جهت رفع محدودیت های مدل های سنتی ریسک استفاده شده است که دارای ویژگی های فرایند مارکوف، افزایش عدم قطعیت متغیر تصادفی با گذشت زمان و ویژگی یادگیری اطلاعات بر روی زمان می باشد. در پروژه مورد بررسی احتمال منفی شدن ارزش فعلی خالص بیشتر از ۱۳,٤۱٪ می‌باشد، و احتمال کمتر شدن نرخ پوشش خدمات بدهی از ۱,۲، ۸,٦٥ درصد است.از اینرو نحوه تسهیم ریسک بین بخش دولتی، بخش خصوصی و وام‌دهندگان یک موضوع اساسی است، که باید مورد توجه واقع شود تا مشارکت‌های عمومی و خصوصی امکان گسترش نمایند. همچنین توجه به ساخت پروژه‌ها با راندمان بالا مثل نیروگاه-های سیکل ترکیبی ریسک بخش خصوصی را تا حدودی کاهش می‌دهد. علاوه بر این فروش برق به

Archive of SID
www.SID.ir

صورت قراردادهای دو جانبه، می‌تواند ریسک درآمد را در این نوع از پروژه‌ها بکاهد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از گروه مپنا به دلایل حمایت-های مالی و فنی از این تحقیق بر اساس قرارداد پژوهشی RD-THM-90-25 قدردانی می‌کنند.

فهرست منابع

* Shen, L. Y., Li, H., and Li, Q. M. (2002). “ Alternative concession model for build/operate/transfer contract projects.” Journal of Construction Engineering and Management, 131(2), 326-330.
* Sobhiyah M.H, Kashtiban Y. Kh, (2008). Influence of Risk Management on Increasing Value for Money of Services-Case Study: South Isfahan Gas turbine Power Station. Management and Development-In Persian In press.
* Essig M. and Alexander batren.(2005). “ Public private partnership Development of long-term relationships in in public procurement in Germany.” Journal of Purchasing & Supply Management, pp: 221-231.
* Chang L.M., Chen P. H. (2001). “ BOT financial model: Taiwan high speed rail case.” Journal of Construction Engineering and Management, 127(3), 214-222.
* Ho S. P., Liu L. Y. (2002). “ An option pricing –based model for evaluating the financial viability of privatized infrastructure projects.” Construction Management and Economics, 20(2), 143-156.
* Ye S D, Tiong R L K.(2000).” NPV-AT-RISK method in infrastructure project investment evaluation.” Journal of Construction Engineering and Management, 126(3):
* 227-233.
* Bakatjan S., Arikan M., Tiong, R. L. K. (2003). “ Optimal capital structure model for BOT power projects in Turkey.” Journal of Construction Engineering and Management, 129(1), 89-97.
* Shen L. Y., and Wu Y. Z. (2005).“Risk concession model for build/operate/transfer contract projects.” Journal of construction Engineering and Management, 131(2), 211-220.
* Zhang X. (2005). “ Financial viability analysis and capital structure optimization in privatized public infrastructure projects.” Journal of Construction Engineering and Management, 131(6), 656-668.
* Yongjian k., Xinping L., Shouqing W.(2008). “Equitable Financial Evaluation Method for Public-Private Partnership Projects.”TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY,Vol 13, 702 – 707.
* Sung CH., Kuo CJ. (2010). “Financial Risk Analysis of BOT Projects- The Case of ICCTPKH.”International Research Journal of Finance and Economics, http://www.eurojournals.com/finance.htm.
* BaguiS.,Ghosh A.(2012). “ Road Project Investment Evaluation Using Net Present Value (NPV) at Risk Method”. Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 6, No. 2
* Bing L., Akintoye, A., Edwards, P.j., Hardcastle, C. (2005), “The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK.” International Journal of Project Management, pp 25-35.
* Xenidis Y., Angelides D., (2005). “The financial risks in build-operate-transfer projects”. Journal of Construction Management and Economics, 23, 431-441.
* Chiara N. (2006). “Real Options Methods for Improving Economic Risk Management in Infrastructure Project Finance.”Ph.D. thesis, Columbia University.
* Chiara N., Garvin M.(2008). “Variance models for project financial risk analysis with applications to greenfield BOT highway projects.” Journal of Construction Management and Economics,Vol 26,925-939.
* Dailami M. Lipkovich I., Van Dyck J.(1999)." INFRISK: AComputer Simulation Approach to Risk Management in Infrastructure Project Finance Transactions. World Bank.
* Islam, M. M. Mohamed, S., 2009. Bid-winning potential optimization for concession schemes with imprecise investment parameters. Journal of Construction Engineering and Management, 135(8), 690-698.

Archive of SID

www.SID.ir

یادداشت‌ها

[1].Built Operate Transfer.
[2].Energy Conversion Agreement.
[3].NPV at risk.
[4].Value at risk.
[5].Debt Service Coverage Ratio.
[6]. Fixed price.
[۷]. این نرخ بر اساس نظر کارشناسان پروژه می باشد.و کلیه داده‌های پروژه از شرکت مپنا تهیه شده است.
[8].Coefficient of Variation.
[۹]. ضریب پراکندگی.

Archive of SID

www.SID.ir