

تحلیل ریسک و ارزیابی مالی در پروژه های نیروگاهی BOT

فرامرز نوری^۱

پرستو محمدی^۲

اسماعیل وصاف^۳

تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۲۸

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 پروژه های نیروگاهی از طریق مشارکت بخش خصوصی با قراردادهای ساخت، بهره برداری، انتقال (BOT) به عنوان یکی از روش های بخش دولتی در واگذاری پروژه های نیروگاهی تبدیل گردیده است. وجود ذینفعان مختلف در اجرای پروژه، بالا بودن هزینه های سرمایه گذاری، و بلند مدت بودن نوع قراردادها سرمایه گذاران را در معرض سطح بالایی از ریسک قرار می دهد. در این تحقیق از روش ارزش در معرض ریسک و شبیه سازی مونت کارلو برای ارزیابی ریسک های پروژه استفاده شده است. این مدل بر روی یکی از پروژه های نیروگاهی حرارتی شرکت مینا پیاده سازی شده، نتایج حاصل از شبیه سازی گویای این واقعیت است که در پروژه نیروگاهی، سرمایه گذاران ریسک بیشتری را نسبت به وام دهندگان متحمل می شوند. 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 می باشد.

واژه های کلیدی: پروژه های 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 و عضو گروه مهندسی صنایع و مدیریت صنعتی

پژوهشکده توسعه و برنامه ریزی. Nory_Faramarz@yahoo.com

۲- استادیار گروه مهندسی صنایع - سیستم های اقتصادی و اجتماعی، دانشگاه تربیت مدرس تهران. (مسئول مکاتبات)

P.Mohammadi@modares.ac.ir

۳- کارشناس ارشد علوم اقتصادی، کارشناس پروژه های سرمایه گذاری شرکت مینا. Vasaf_E@mapna.com

۱- مقدمه

در دو دهه گذشته اجرای پروژه‌های زیربنایی با روش ساخت، بهره‌برداری، و انتقال (BOT)^۱ و مشتقات آن به عنوان یکی از روش‌های پذیرفته شده جهت جلب مشارکت بخش خصوصی در توسعه پروژه‌های 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، نیروگاه‌های حرارتی را در قالب قراردادهای BOT با توافقنامه تبدیل انرژی^۲ به بخش خصوصی واگذار نموده است. در این قراردادها سوخت مورد نیاز نیروگاه بر اساس توافقنامه تبدیل انرژی توسط بخش دولتی به صورت تقریباً رایگان در اختیار بخش خصوصی قرار می‌گیرد [2].

پروژه‌های زیرساختی توسعه یافته با روش مشارکت بخش خصوصی نیاز به سرمایه‌گذاری زیادی دارند و همچنین بلند مدت بودن دوره بهره‌برداری پروژه، سرمایه‌گذاران را در معرض سطح بالایی از ریسک‌های پروژه قرار می‌دهد. شکست برخی از پروژه‌های توسعه یافته با روش BOT در مراحل مختلف و توقف پروژه‌ها در مرحله ساخت، و نبود درآمد کافی برای پوشش هزینه‌های پروژه و وام‌های پرداختی، هزینه‌های زیادی را برای هر یک

از ذینفعان ایجاد می‌کند [3]. بنابراین نیاز به یک روش تصمیم‌گیری قدرتمند برای ارزیابی ریسک‌های 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 سرمایه‌گذار بخش خصوصی در توسعه زیرساخت‌های بخش عمومی مشارکت می‌کند، بکار می‌رود. تامین مالی پروژه محور بنیاد ساختار پروژه‌های BOT می‌باشد. این بدان معنی است که وام‌دهندگان بدنال دارایی و جریان درآمدی پروژه هستند تا تضمین‌های دیگری نظیر ضمانت‌های دولتی یا دارایی بانیان پروژه. در یک پروژه BOT یک شرکت خصوصی امتیاز ساخت و بهره‌برداری از ابنیه یا تاسیساتی که معمولاً توسط دولت ساخته شده و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد را بدست می‌



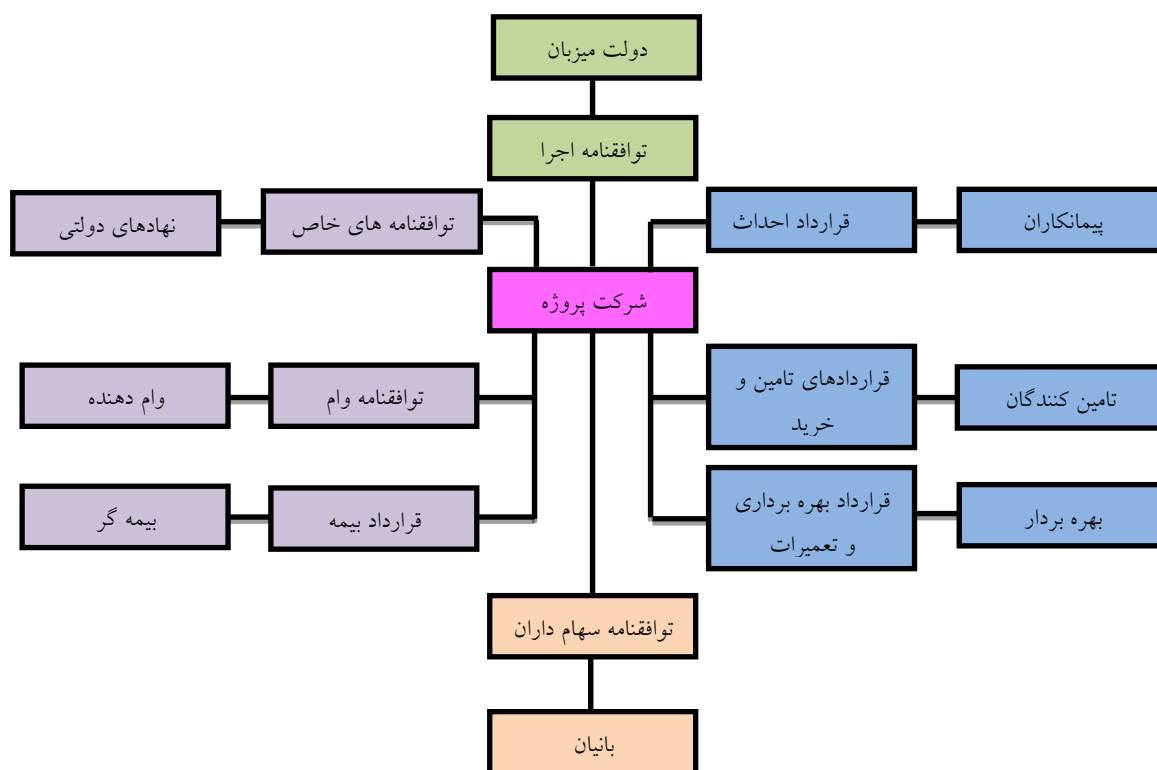
تخصیص این ریسک ها بین سرمایه گذاران، وام دهندگان و سایر بخش های مربوطه به آن داشت.

محوریت ساختار پروژه های BOT با یک شرکت تک منظوره با نام شرکت پروژه است که به منظور بهره گیری همزمان از سهم آورده بانان پروژه و استقراض از منابع موجود در بازار سرمایه تاسیس شده است. این پروژه ها برای تامین مالی قراردادهای پروژه های دولتی در ازای ارائه امتیاز به یک کنسرسیوم خصوصی طی دوره های مشخص می باشد که برای توسعه یک طرح پس از انجام مرحله ساخت، از منافع طرح مازادی را به عنوان درآمد برای خود کسب می کنند و در پایان دوره امتیاز طرح به دولت کشور میزبان منتقل می شود [۱]. شکل 1 ساختار یک پروژه BOT و روابط بخش های درگیر در پروژه را نشان می دهد.

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



شکل 1. ساختار سازمانی پروژه های BOT [۱].

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^۵ به عنوان مهمترین محدودیت در ساختار مالی پروژه می-باشد [7].

شن و وو (۲۰۰۵) مدلی را برای ارزیابی پروژه-های BOT در شرایط عدم قطعیت توسعه داده‌اند. 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 BOT پرداخته 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 BOT توسعه داده بودند، این پروژه‌ها را از دیدگاه های ذینفعان مختلف بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که 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

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

چانگ 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^۲، 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^۴ با روش ارزیابی سنتی برای پروژه-های BOT با ویژگی ریسک بالا، نتایج بهتری را نسبت به سایر روش‌ها ارائه دهد [6].

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 سرمایه‌گذاری پروژه احداث جاده پرداخته‌اند. در این تحقیق با استفاده شبیه‌سازی مونت‌کارلو و ارزش در معرض ریسک، ریسک تامین مالی پروژه را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از روش ارزش فعلی خالص در معرض ریسک برای تصمیم‌گیری در پروژه‌های با تامین مالی پروژه محور برای ارزیابی ریسک و سرمایه‌گذاری مناسب تر از روش‌های سنتی می‌باشد [۱۲].

اجرای یک پروژه با روش BOT 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 بهره‌برداری ، ۳- ریسک‌های تامین مالی. در پروژه‌های زیر ساختی مهمترین عامل‌های ریسک در دوره ساخت، افزایش هزینه‌های ساخت و افزایش زمان ساخت پروژه می‌باشد [۱۴]. در پروژه مورد بررسی شرکت پروژه با توافقنامه ساخت با پیمانکار عمومی به صورت قیمت ثابت^۱ با تاریخ تحویل معین، ریسک‌های دوره ساخت را به پیمانکار عمومی واگذار کرده است و عملاً این ریسک‌ها توسط پیمانکار عمومی مدیریت می‌شود. ریسک هزینه‌های بهره‌برداری ، و ریسک درآمد از مهمترین ریسک‌های 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 بهره‌برداری 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 سریعاً 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،

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

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

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:

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

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

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].

$$TC = \sum_{i=1}^{cp} (BC_{i-1} + EC_{i-1} + IC_{i-1}) \quad \text{فرمول (۴)}$$

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.

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

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 ریسک‌ها ارزیابی می‌گردد. در نهایت با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو و تحلیل حساسیت تاثیر ریسک بر روی شاخص‌های تصمیم‌گیری بررسی می‌شود.

متغیرهای پروژه و معیارهای ارزیابی مدل مالی به شرح ذیل می‌باشند.

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

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

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

BC_{i-1} : بخشی از هزینه پایه در شروع سال i ام می‌باشد.

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

استهلاک: دو جنبه مهم استهلاک، هزینه استهلاک و نرخ استهلاک می باشد که در افق برنامه- ریزی بصورت سالانه محاسبه می شود. برای حامیان هزینه استهلاک پذیر کل هزینه پروژه اساسی می باشد. روش های مختلفی برای محاسبه استهلاک سرمایه- گذاری وجود دارد. عمده این روش ها عبارتند از:

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

۲- بر مبنای فعالیت. در این روش استهلاک بر مبنای میزان استفاده یا تولید مورد انتظار دارایی محاسبه می شود. 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- روش های نزولی. در این روش استهلاک عمر مفید دارایی سال به سال کاهش می یابد. این روش مبتنی بر این فرض است که داراییهای عملیاتی مشهود (ثابت) در سال های اولیه عمر مفید به دلیل نو بودن، کارایی، توان و بهره وری بیشتری نسبت به سال های آخر دارد، بنابراین درآمد بیشتری نصیب واحد تجاری شده و به علت فرسودگی بیشتر لازم است هزینه استهلاک به میزان بیشتری نسبت به سال های بعد تعیین گردد. در پروژه های نیروگاهی با توجه به نحوه محاسبه استهلاک به صورت روش خط مستقیم معادله ریاضی آن به صورت زیر می- باشد [۱۸].

$$DEP_j = \frac{TC}{SOP} \quad \text{فرمول (۹)}$$

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

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

REV_j : درآمد ناخالص در سال j ام.

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

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

z : اندیسی برای دوره بهره برداری.

هزینه نگهداری و بهره برداری سالانه: هزینه نگهداری و عملیات در اول سال دوره بهره برداری درصد ثابتی از هزینه پایه می باشد [V].

$$OMC_j = \lambda \times BC \times \left\{ \prod_{k=cp}^{j-1} (1 + g_k^Q) \right\} \times \left\{ \prod_{k=cp}^{j-1} (1 + r_h) \right\} \quad \text{فرمول (۶)}$$

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

OMC_j : هزینه نگهداری و بهره برداری در سال j ام.

λ : درصد ثابتی از هزینه ثابت می باشد.

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

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

بازپرداخت بدهی: حامیان بدهی انباشته شده را برای یک تعدادی سال خاص از دوره بهره برداری پرداخت می کنند که به صورت معادله زیر می باشد.

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

ADI_j : اقساط بدهی سالانه در سال j ام.

LRP : دوره بازپرداخت وام.

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.

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

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.

$$NCF_j^g = (REV_j - OMC_j) \quad \forall j \in [sop + 1, op] \quad \text{فرمول (۱۴)}$$

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.

TC: هزینه کل پروژه.
SOP: دوره بهره‌برداری حامیان.

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

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

DPR_j : اصل بدهی پرداختی در سال j ام.

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

INT_j : بهره بر بدهی پرداختی در سال j ام.

مالیات: مالیات هزینه برای حامیان می‌باشد، بطوریکه از درآمدها به دولت می‌پردازند. معمولاً 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].

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

TAX_j : مالیات قابل پرداخت به دولت در سال j ام.
 r_t : نرخ مالیات سالانه.

$$VaR_{1-\alpha} = F^{-1}(1 - \alpha) \quad \text{فرمول (۱۹)}$$

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

۱- روش پارامتریک.

۲- روش شبیه سازی تاریخی.

۳- روش شبیه سازی مونت کارلو.

روش پارامتریک شامل دو فرض اساسی است. که البته باعث محدودیت های این روش می شود. 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 می شود. در این روش ارزش در معرض ریسک با استفاده از روش واریانس-کواریانس ساده و روش های مبتنی بر مدل های ARCH و GARCH محاسبه می شود. در روش اول فرض بر این است که واریانس سری زمانی به صورت ثابت می باشد. در این روش از مدل های اقتصادسنجی کلاسیک برای مدل کردن ریسک استفاده می کنند. ثابت بودن واریانس همواره یکی از فروض اصلی مدل های کلاسیک اقتصاد سنجی به حساب می آید. رابرت انگل (۱۹۸۲) برای رهایی از این فرض محدودکننده روش جدیدی موسوم به ARCH را پایه گذاری 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 می باشد. در واقع مزیت مدل های ARCH این است که می تواند روند واریانس شرطی را با توجه به اطلاعات گذشته خود توضیح دهد.

$$NPV^S = - \sum_{i=1}^{cp} \left\{ \frac{e \times (BC_{i-1} + EC_{i-1}) + IC_{i-1}}{(1+R)^{i-1}} \right\} + \sum_{j=cp+1}^{sop} \left\{ \frac{NCF_j^S}{(1+R)^j} \right\} \quad \text{فرمول (۱۵)}$$

R: نرخ تنزیل پروژه می باشد.

نرخ بازگشت داخلی: نرخ بازگشت داخلی نرخ بهره ای می باشد که ارزش فعلی خالص جریان نقدینگی پروژه را صفر می سازد.

$$\sum_{i=1}^{cp} \left\{ \frac{e \times (BC_{i-1} + EC_{i-1}) + IC_{i-1}}{(1+R)^{i-1}} \right\} = \sum_{j=cp+1}^{sop} \left\{ \frac{NCF_j^S}{(1+R)^j} \right\} \quad \text{فرمول (۱۶)}$$

نرخ پوشش خدمات بدهی: توانایی پوشش خدمات بدهی پروژه ها برای وام دهندگان معمولاً توسط نرخ پوشش خدمات بدهی بیان می شود [V].

$$DSCR_j = \left(\frac{REV_j - OMC_j - TAX_j}{ADL_j} \right) \quad \text{فرمول (۱۷)}$$

۴- ارزش در معرض ریسک

ارزش در معرض ریسک از خانواده معیارهای اندازه گیری 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 می کند. حداکثر خسارت یک دارایی (VaR) با توجه به تابع چگالی خسارت که با f نمایش داده می شود، اندازه گیری می گردد. ارزش در معرض ریسک در حقیقت چند تابع f در سطوح بحرانی معین است. بنابراین طبق تعریف:

$$P(Loss \leq VaR) = \int_0^{VaR} f(L) dL = 1 - \alpha \quad \text{فرمول (۱۸)}$$

۵- نتایج پژوهش

به منظور ارزیابی اقتصادی و مالی پروژه، بر اساس مدل مالی شاخص‌های تصمیم‌گیری در یک شرایط مبنا محاسبه گردیده است. مدل مالی با توجه به میزان تولید انرژی و ظرفیت نیروگاه، هزینه‌های بهره‌برداری، درآمد‌های حاصل از فروش انرژی و ایجاد ظرفیت و استهلاک سرمایه‌گذاری ثابت، در محیط نرم افزار Matlab تهیه 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 درصد سال دوم، ۳۰ درصد سال اول)	درصد هزینه‌ها در دوره ساخت
۲۰ سال دوره واگذاری به بخش خصوصی	دوره بهره‌برداری
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 ۴۵۸۱۶ (۱۰۰۰ یورو)، نرخ بازگشت داخلی ۱۲٫۵۴٪، 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 می‌باشد و سرمایه‌گذاران توان پرداخت اصل و بهره وام را دارا می‌باشند. بنابراین در شرایط اطمینان پروژه قابل اجرا

روش شبیه‌سازی تاریخی ساده‌ترین روش غیر پارامتریک بوده و نیازی به پیش فرض در مورد توزیع احتمال بازده دارایی یا دارایی‌های 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 شبیه‌سازی مونت کارلو 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 می‌رسد.

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 ARCH و GARCH برای محاسبه ارزش در معرض ریسک به دلیل نیاز به داده‌های ماتریس کواریانس مناسب نمی‌باشند. همچنین در روش شبیه‌سازی تاریخی نیاز به داده‌های گذشته برای متغیر ریسک وجود دارد. در چنین شرایطی روش شبیه‌سازی مونت کارلو با توجه به ویژگی‌های این روش و عدم نیاز به داده‌های تاریخی در این تحقیق بکار گرفته می‌شود.

های سنجش مالی پروژه در نظر گرفته می شود. از مهمترین مزایای این روش شناسایی تاثیرگذارترین عوامل بر شاخص های سنجش مالی پروژه می باشد. عمده ریسک هایی که در پروژه های نیروگاهی به بخش خصوصی واگذار شده و واکنش مناسب برای مدیریت ریسک برای آن وجود ندارد عبارتند از: ۱- ریسک هزینه بهره برداری، ۲- ریسک درآمد، ۳- ریسک اخذ وام. جدول ۲ تغییرات شاخص ها نسبت به هزینه های بهره برداری را نشان می دهد.

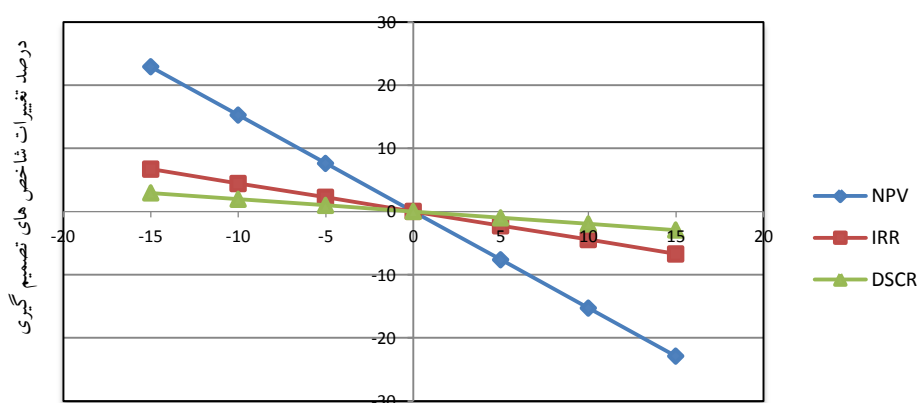
می باشد و درآمدهای ناشی از تولید در دوره بهره برداری (دوره واگذاری به بخش خصوصی) حداقل نرخ بازگشت سرمایه و توان بازپرداخت بدهی های ناشی از تامین مالی پروژه به روش BOT را تضمین می نماید.

۱-۵- تحلیل ریسک با آنالیز حساسیت

تحلیل حساسیت جهت برآورد اثرات تغییرات احتمالی متغیرهای یک پروژه بکار می رود و طیف تغییرات متغیرها، با توجه به مقادیر حدی شاخص-

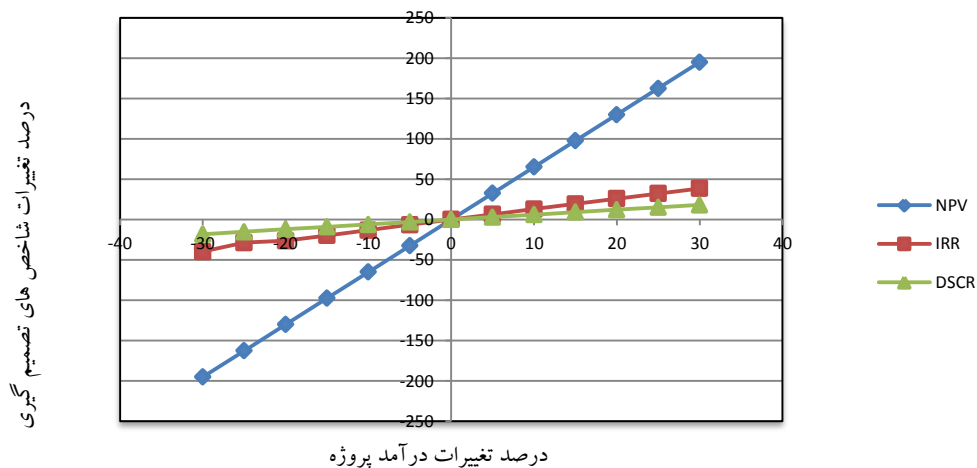
جدول ۲: تغییرات شاخص های تصمیم گیری نسبت به هزینه های بهره برداری.

دامنه تغییر	NPV (۱۰۰۰ یورو)	درصد تغییر NPV	IRR	درصد تغییر IRR	DSCR	درصد تغییر DSCR
-۱۵٪	۵۱۵۷۲	٪ ۲۲,۹۰	٪ ۱۲,۸۵	٪ ۶,۷۱	۱,۲۵۱۴	٪ ۲,۹۵
-۱۰٪	۴۹۶۵۳	٪ ۱۵,۲۷	٪ ۱۲,۷۵	٪ ۴,۴۴	۱,۲۴۶۶	٪ ۱,۹۶
-۵٪	۴۷۷۳۵	٪ ۷,۶۳	٪ ۱۲,۶۴	٪ ۲,۲۶	۱,۲۴۱۸	٪ ۰,۹۸
۰	۴۵۸۱۶	۰	٪ ۱۲,۵۴	۰	۱,۲۳۷۰	۰
۵٪	۴۳۸۹۷	-٪ ۷,۶۳	٪ ۱۲,۴۳	-٪ ۲,۲۶	۱,۲۳۲۲	-٪ ۰,۹۸
۱۰٪	۴۱۹۷۸	-٪ ۱۵,۲۷	٪ ۱۲,۳۳	-٪ ۴,۴۴	۱,۲۲۷۴	-٪ ۱,۹۶
۱۵٪	۴۰۰۵۹	-٪ ۲۲,۹۰	٪ ۱۲,۲۲	-٪ ۶,۷۱	۱,۲۲۲۶	-٪ ۲,۹۵



درصد تغییرات هزینه های بهره برداری

نمودار ۱: حساسیت شاخص های تصمیم گیری نسبت به تغییرات هزینه های بهره برداری.



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

جدول ۳: تغییرات شاخص های تصمیم گیری نسبت به درآمد پروژه.

دامنه تغییر	NPV (۱۰۰۰ یورو)	درصد تغییر NPV	IRR	درصد تغییر IRR	DSCR	درصد تغییر DSCR
٪ ۳۰	۱۳۵۲۰۰	٪ ۱۹۵٫۰۹	٪ ۱۷٫۳۷	٪ ۳۸٫۵۱	۱٫۴۶۲۲	٪ ۱۸٫۲۰
٪ ۲۵	۱۲۰۳۱۰	٪ ۱۶۲٫۵۹	٪ ۱۶٫۵۸	٪ ۳۲٫۲۱	۱٫۴۲۴۷	٪ ۱۵٫۱۷
٪ ۲۰	۱۰۵۴۱۰	٪ ۱۳۰٫۰۷	٪ ۱۵٫۷۸	٪ ۲۵٫۸۳	۱٫۳۸۷۱	٪ ۱۲٫۱۳
٪ ۱۵	۹۰۵۱۰	٪ ۹۷٫۵۵	٪ ۱۴٫۹۷	٪ ۱۹٫۳۷	۱٫۳۴۹۶	٪ ۹٫۱۰
٪ ۱۰	۷۵۶۱۲	٪ ۶۵٫۰۳	٪ ۱۴٫۱۷	٪ ۱۲٫۹۹	۱٫۳۱۲۱	٪ ۶٫۰۷
٪ ۵	۶۰۷۱۴	٪ ۳۲٫۵۱	٪ ۱۳٫۳۵	٪ ۶٫۴۵	۱٫۲۷۴۵	٪ ۳٫۰۳
۰	۴۵۸۱۶	۰	٪ ۱۲٫۵۴	۰	۱٫۲۳۷۰	۰
-٪ ۵	۳۰۹۱۷	-٪ ۳۲٫۵۱	٪ ۱۱٫۷۲	-٪ ۶٫۵۳	۱٫۱۹۹۵	-٪ ۳٫۰۳
-٪ ۱۰	۱۶۰۱۹	-٪ ۶۵٫۰۳	٪ ۱۰٫۸۹	-٪ ۱۳٫۱۵	۱٫۱۶۱۹	-٪ ۶٫۰۷
-٪ ۱۵	۱۱۲۱	-٪ ۹۷٫۵۵	٪ ۱۰٫۰۶	-٪ ۱۹٫۷۷	۱٫۱۲۴۴	-٪ ۹٫۱۰
-٪ ۲۰	-۱۳۷۷۷	-٪ ۱۳۰٫۰۷	٪ ۹٫۲۳	-٪ ۲۶٫۳۹	۱٫۰۸۶۹	-٪ ۱۲٫۱۳
-٪ ۲۵	-۲۸۶۷۵	-٪ ۱۶۲٫۵۹	٪ ۸٫۹۳	-٪ ۲۸٫۷۸	۱٫۰۴۹۳	-٪ ۱۵٫۱۷
-٪ ۳۰	-۴۳۵۷۴	-٪ ۱۹۵٫۰۹	٪ ۷٫۵۴	-٪ ۳۹٫۸۷	۱٫۰۱۱۸	-٪ ۱۸٫۲۰

بیشتر از مقدار حداقل (۱۰٪) و همچنین نرخ پوشش خدمات بدهی بیشتر از ۱٫۲ می باشد. بنابراین ریسک هزینه های بهره برداری قابل توجه نمی باشد.

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

در نمودار ۱ حساسیت ارزش فعلی خالص، نرخ بازگشت داخلی، و نرخ پوشش خدمات بدهی نسبت به هزینه های بهره برداری رسم شده است.

نتایج جدول ۲ و نمودار ۱ نشان می دهد که تغییرات هزینه بهره برداری تاثیر ناچیزی بر روی پروژه نیروگاهی دارد، بطوریکه همواره ارزش فعلی خالص پروژه بیشتر از صفر، نرخ بازگشت داخلی

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.

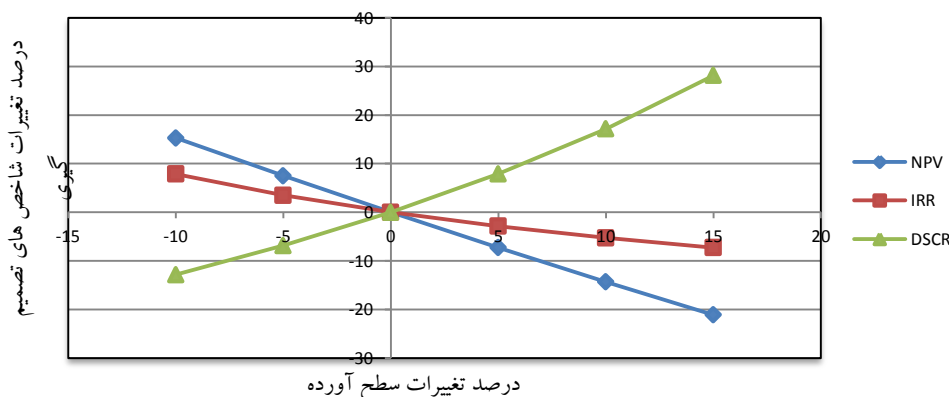
بطور معمول سطح سرمایه مناسب برای پروژه های نیروگاهی ۳۰٪ می باشد از طرفی مشکلات ناشی از تامین مالی پروژه و اخذ وام باعث می شود تا سهامداران پروژه، آورده زیادی را برای پروژه فراهم بیاورند. در جدول شماره ۴ حساسیت شاخص های تصمیم گیری نسبت به تغییرات سطح آورده بررسی شده است.

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 نیروگاه ها تولید می شود و معمولا ۱۰٪ انرژی به علت نقصان در توان خروجی و عوامل دیگر در نوسان می باشد. در این مرحله حساسیت شاخص ها نسبت به تغییرات درآمد بررسی می شود. نتایج ارزیابی به صورت زیر می باشد.

نتایج جدول ۳ نشان می دهد که تغییرات درآمد می تواند نقش تعیین کننده ای در ارزیابی اقتصادی پروژه های نیروگاهی داشته باشد. طبق جدول بالا با کاهش ۲۰٪ درآمد، پروژه مورد بررسی از نظر

جدول ۴: تغییرات شاخص های تصمیم گیری نسبت به سطح آورده.

دامنه تغییر	NPV (۱۰۰۰ یورو)	درصد تغییر NPV	IRR	درصد تغییر IRR	DSCR	درصد تغییر DSCR
-۱۰٪	۵۲۸۲۵	٪ ۱۵,۲۹	٪ ۱۳,۵۳	٪ ۷,۸۹	۱,۰۷۸۱	- ٪ ۱۲,۸۴
-۵٪	۴۹۲۶۴	٪ ۷,۵۲	٪ ۱۲,۹۸	٪ ۳,۵۰	۱,۱۵۲۲	- ٪ ۶,۸۵
۰	۴۵۸۱۶	۰	٪ ۱۲,۵۴	۰	۱,۲۳۷۰	۰
۵٪	۴۲۴۸۱	- ٪ ۷,۲۷	٪ ۱۲,۱۸	- ٪ ۲,۸۷	۱,۳۳۵۰	٪ ۷,۹۲
۱۰٪	۳۹۲۵۹	- ٪ ۱۴,۳۱	٪ ۱۱,۸۸	- ٪ ۵,۲۶	۱,۴۴۹۵	٪ ۱۷,۱۷
۱۵٪	۳۶۱۵۱	- ٪ ۲۱,۰۹	٪ ۱۱,۶۳	- ٪ ۷,۲۵	۱,۵۸۵۱	٪ ۲۸,۱۴



نمودار ۳: حساسیت شاخص های تصمیم گیری نسبت به تغییرات سطح آورده.

نیروگاهی با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو طی مراحل زیر انجام گردیده است.

۵-۲-۱- تعیین مدل مناسب برای ریسک

در پروژه‌های BOT نیروگاه‌های حرارتی، بخش خصوصی معمولاً 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 ۴۵٪ می‌باشد، در این تحقیق تغییرات سطح آورده بصورت توزیع مثلثی به ازای کمترین، مقدار مورد انتظار و بیشترین مقدار برای سطح آورده به ترتیب با ۳۰٪، ۳۵٪، ۴۵٪ مدلسازی می‌شود.

از ویژگی اصلی پروژه‌های نیروگاهی عدم وجود داده‌های تاریخی قابل اطمینان از پروژه‌های مشابه و بلند مدت بودن قراردادهای BOT است. در چنین شرایطی مدل‌های کلاسیک مانند حرکت براونی هندسی، بازگشت به میانگین و در حالت پیچیده‌تر ترکیبی از مدل‌های مذکور مناسب نیستند. زیرا از طرفی این مدل‌ها برای دوره‌های کوتاه‌مدت مانند ۱ سال 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 Martingale استفاده 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،

نتایج جدول ۴ 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 می‌شود. همچنین این رابطه برای ارزش فعلی خالص و نرخ بازگشت داخلی به صورت معکوس می‌باشد.

نتایج تحلیل حساسیت نشان می‌دهد، شاخص‌های 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.

۵-۲-۲- تحلیل ریسک با شبیه‌سازی مونت کارلو

روش مونت کارلو یکی از قوی‌ترین ابزارها جهت تحلیل آماری نا اطمینانی‌های پروژه در مسائل مهندسی بوده و مخصوصاً در مسائل پیچیده که متغیرها با معادلات غیرخطی به یکدیگر مرتبط می‌شوند 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 ویژگی‌های 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 می‌شود. تحلیل ریسک در پروژه‌های

واریانس برای پروژه مورد بررسی ۲۰٪ فرض شده است.

۵-۲-۲- شبیه سازی مونت کارلو و تخمین

تابع توزیع شاخص های تصمیم گیری

در این مرحله با استفاده از شبیه سازی مونت- کارلو مقادیر مورد انتظار، انحراف معیار و احتمال کمتر از معیارهای تصمیم گیری 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 شبیه سازی برای شاخص های تصمیم-

گیری

شاخص تصمیم گیری	مقدار میانگین	انحراف معیار	احتمال کمتر از معیار
NPV (۱۰۰۰ یورو)	۴۷۳۶۱	۴۲۸۱۷	٪ ۱۳،۴۱
IRR	٪ ۱۲،۳۴	۰،۰۲۱۳	٪ ۱۳،۴۱
DSCR	۱،۳۷۴۷	۰،۱۳۲۵	٪ ۸،۶۵

نتایج جدول شماره ۵ نشان می دهد که ارزش فعلی خالص با احتمال ۱۳،۴۱ درصد کمتر از صفر می شود، و نرخ بازگشت داخلی با احتمال ۱۳،۴۱ درصد کمتر از ۱۰٪ است، همچنین نرخ پوشش خدمات بدهی با احتمال ۸،۶۵ درصد کمتر از مقدار ۱،۲ می شود. بنابراین سرمایه گذاران بخش خصوصی ریسک بیشتری را نسبت به وام دهندگان در پروژه نیروگاهی مورد مطالعه متحمل می شوند. مقادیر بحرانی برای شاخص ها در سطح اطمینان ۹۹٪، ۹۵٪، ۹۰٪ به صورت جدول ۶ می باشد.

واریانس متغیر تصادفی تخمین زده می شود. سپس مدل واریانس با توجه به مقدارهای مورد انتظار که در پروژه مورد نظر تخمین زده شده است برای مدلسازی عدم قطعیت بکار می رود. 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 بهره برداری استفاده می شود. معادله ریاضی آن به صورت زیر می باشد.

$$REV = [\overline{REV}_1, \overline{REV}_2, \dots, \overline{REV}_{Tp}] \quad (20)$$

در رابطه بالا مقدارهای مورد انتظار درآمد برای پروژه مورد نظر می باشد.

$$REV_{(k,j)} = REV_{(k,j-1)} + \frac{(\overline{REV}_j - \overline{REV}_{j-1})}{j} + X_{(k,j)} \quad (21)$$

$$X_{(k,j)} = g(j) \cdot \varepsilon_{(k,j)} \\ = \sigma \cdot \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^j \gamma^{i-1}}} \cdot \varepsilon_{(k,j)} \quad (22)$$

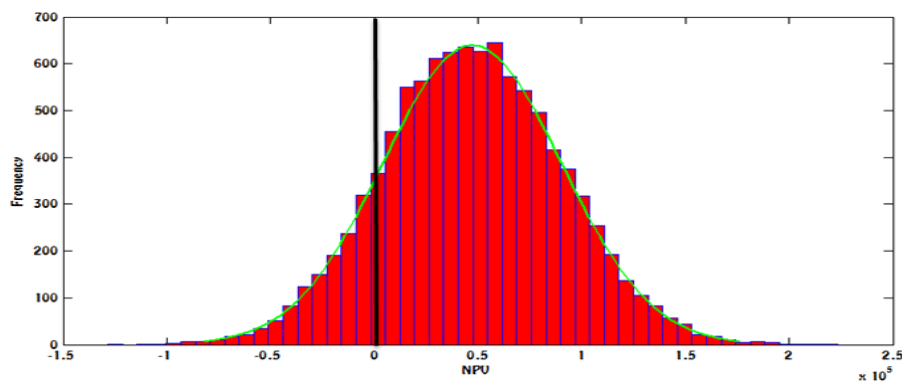
$$REV_{(k,0)} = \overline{REV}_0 = 0 \quad (23)$$

$$\varepsilon_{(k,j)} \sim N(0,1) \quad (24)$$

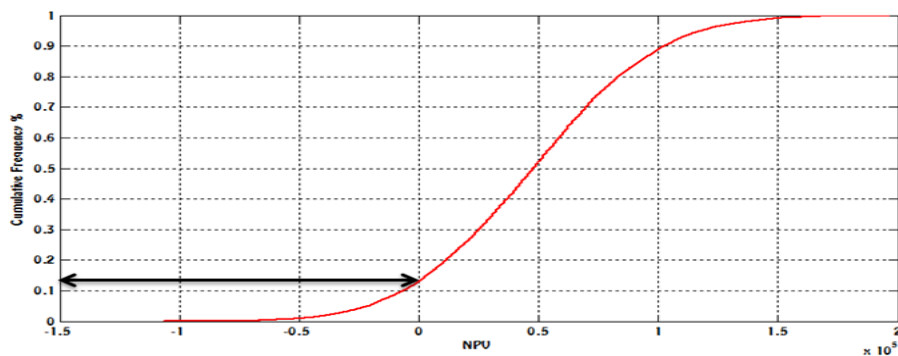
در رابطه (۲۲) $\gamma \in [0, 1]$ ضریب کاهش واریانس و σ انحراف معیار عدم قطعیت می باشد. با توجه به اطلاعات پروژه در سال اول و روشی که توسط دیلمی و همکاران (۱۹۹۹) توسعه یافته [16]، واریانس درآمد در سال اول برابر با $\sigma^2 = (4528)^2$ و ضریب پراکندگی^۱ متغیر تصادفی حاصل از تقسیم انحراف معیار بر میانگین درآمد در سال اول ۷٪ برآورد شده است. همچنین ضریب کاهش

جدول ۶ مقادیر بحرانی شاخص‌های تصمیم‌گیری در سطح اطمینان مختلف.

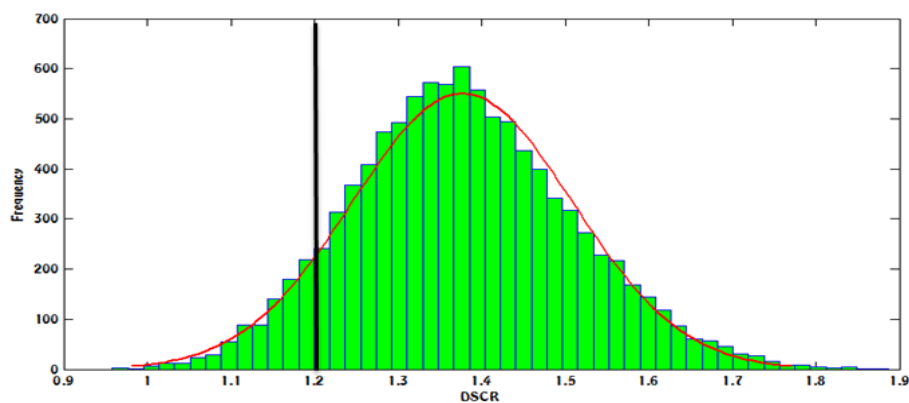
مقادیر بحرانی شاخص‌ها	سطح اطمینان ۹۹٪	سطح اطمینان ۹۵٪	سطح اطمینان ۹۰٪
NPV (۱۰۰۰ یورو)	- ۵۰۹۶۶	- ۲۲۵۵۹	- ۷۷۵۶
IRR	٪ ۶,۸۷	٪ ۸,۷۱	٪ ۹,۵۷
DSCR	۱,۰۸۷۴	۱,۱۶۷۶	۱,۲۰۹۱



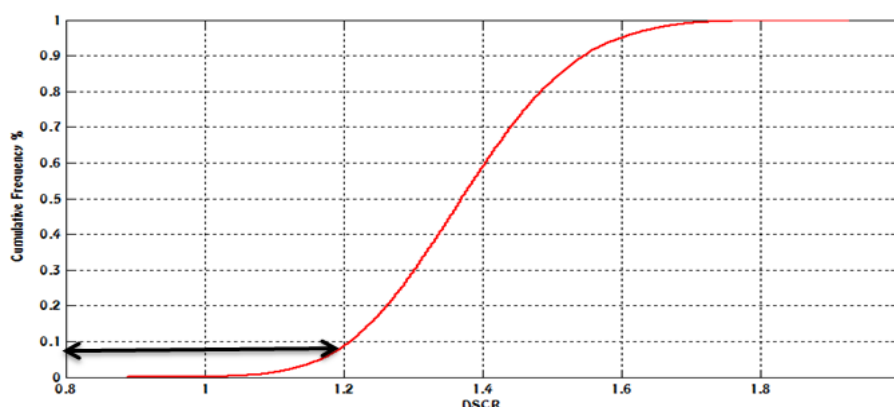
نمودار شماره ۵: توزیع احتمال ارزش فعلی خالص.



نمودار ۶: توزیع تجمعی احتمال ارزش فعلی خالص.



نمودار ۷: توزیع احتمال نرخ پوشش خدمات بدهی.



نمودار ۸: توزیع تجمعی احتمال نرخ پوشش خدمات بدهی.

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 ۴٪، ۳٪، ۲٪، ۱٪، ...، ۳٪، انحراف از ضریب پراکندگی متغیر تصادفی، گام قبلی تکرار می شود. نتایج شبیه سازی برای ارزش فعلی خالص به صورت جدول ۷ می باشد.

با افزایش میزان ضریب پراکندگی، میانگین ارزش فعلی خالص تغییر زیادی نمی کند در حالیکه انحراف معیار توزیع شاخص افزایش می یابد و همواره احتمال کمتر از صفر برای ارزش فعلی خالص بیشتر می شود. مقادیر بحرانی برای ارزش فعلی خالص به ازای سطح اطمینان ۹۹٪، ۹۵٪، ۹۰٪ به صورت جدول ۸ نمودار ۹ می باشد.

با توجه به نتایج جدول ۶ و نمودارهای ۵ تا ۸ مقادیر بحرانی ارزش فعلی خالص پروژه به ازای سطح اطمینان ۹۰٪، برابر ۷۷۵۶- (۱۰۰۰ یورو) می باشد، یعنی احتمال اینکه ارزش فعلی خالص پروژه کمتر از ۷۷۵۶- (۱۰۰۰ یورو) شود ۱۰٪ می باشد. همچنین مقادیر بحرانی نرخ بازگشت داخلی در سطح اطمینان ۹۹٪، ۹۵٪ و ۹۰٪ کمتر از مقدار حداقل برای پروژه (۱۰٪) می باشد. برای نرخ پوشش خدمات بدهی مقدار بحرانی در سطح اطمینان ۹۰٪ بیشتر از مقدار حداقل معیار (۱،۲) می شود. در سطح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ و ۹۰٪ مقادیر بحرانی ارزش فعلی خالص پروژه کمتر از صفر می باشد، در صورتی که مقادیر بحرانی برای نرخ پوشش خدمات بدهی همواره بیشتر از ۱،۱ می باشد.

۵-۲-۳- تحلیل حساسیت شاخص های تصمیم گیری نسبت به تغییرات ضریب پراکندگی درآمد پروژه

در گام های قبلی با استفاده از شبیه سازی مونت-کارلو مقادیر شاخص های تصمیم گیری ارزش فعلی خالص و نرخ پوشش خدمات بدهی بر حسب

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

میزان تغییر CV ^۹	مقدار میانگین NPV (۱۰۰۰ یورو)	انحراف معیار NPV (۱۰۰۰ یورو)	احتمال کمتر از صفر
- ٪۴	۴۶۷۸۶	۱۸۳۷۸	٪۰,۵۹
- ٪۳	۴۷۴۹۲	۲۴۳۷۱	٪۲,۷۳
- ٪۲	۴۶۹۴۴	۳۰۳۴۸	٪۶,۰۹
- ٪۱	۴۷۰۶۸	۳۶۴۴۲	٪۹,۶۸
۰	۴۷۳۶۱	۴۲۸۱۷	٪۱۳,۴۱
٪۱	۴۶۱۹۶	۴۸۸۹۶	٪۱۷,۱۴
٪۲	۴۷۲۷۸	۵۴۴۴۷	٪۱۹,۰۲
٪۳	۴۶۷۳۲	۶۰۳۸۹	٪۲۲,۰۹

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

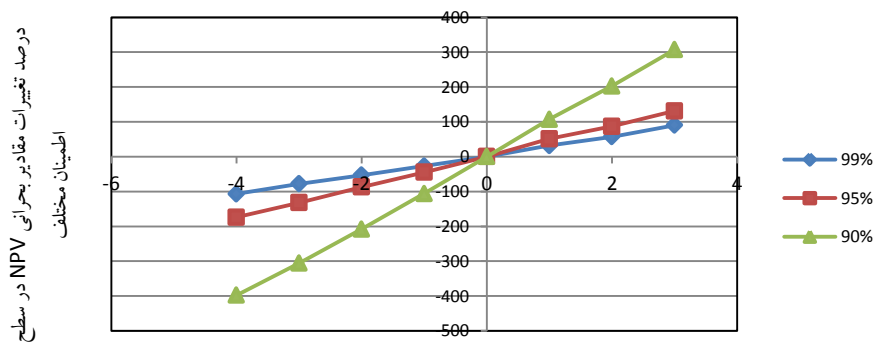
میزان تغییر CV	سطح اطمینان ٪۹۹ (۱۰۰۰ یورو)	سطح اطمینان ٪۹۵ (۱۰۰۰ یورو)	سطح اطمینان ٪۹۰ (۱۰۰۰ یورو)
- ٪۴	۳۸۸۹	۱۶۸۲۱	۲۳۱۷۵
- ٪۳	-۱۰۸۳۴	۷۲۷۱	۱۶۰۴۸
- ٪۲	-۲۳۸۹۲	-۲۷۵۲	۸۴۴۰
- ٪۱	-۳۷۰۶۹	-۱۲۳۴۰	۴۹۰
۰	-۵۰۹۶۶	-۲۲۵۵۹	-۷۷۵۶
٪۱	-۶۷۳۸۳	-۳۴۲۰۷	-۱۶۰۷۹
٪۲	-۸۰۰۲۵	-۴۲۳۷۷	-۲۳۵۲۰
٪۳	-۹۷۰۰۷	-۵۲۲۰۷	-۳۱۶۰۸

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.

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

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.

همچنین نرخ پوشش خدمات بدهی به ازای مجموعه بالا بررسی شده است. نتایج تحلیل به صورت جدول شماره ۹ و ۱۰ و نمودار ۱۰ می‌باشد. در این حالت با افزایش میزان ضریب



درصد تغییر ضریب پراکندگی درآمد پروژه

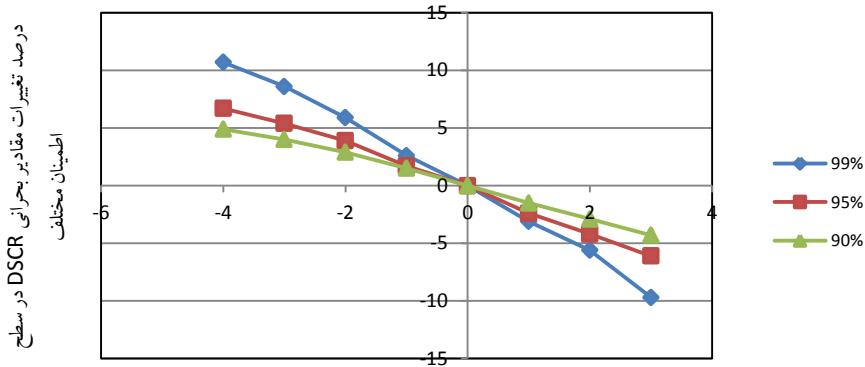
نمودار ۹: حساسیت مقادیر بحرانی NPV نسبت به تغییرات CV درآمد.

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

میزان تغییر cv	مقدار میانگین DSCR	انحراف معیار DSCR	احتمال کمتر از ۱,۲
- ٪۴	۱,۳۷۳۰	۰,۰۸۴۲	٪۰,۸۲
- ٪۳	۱,۳۷۶۶	۰,۰۹۵۴	٪۱,۸۷
- ٪۲	۱,۳۷۵۳	۰,۱۰۵۶	٪۳,۵۲
- ٪۱	۱,۳۷۵۵	۰,۱۱۹۲	٪۶,۳۸
۰	۱,۳۷۴۷	۰,۱۳۲۵	٪۸,۶۵
٪۱	۱,۳۷۳۴	۰,۱۴۶۳	٪۱۱,۳۶
٪۲	۱,۳۷۴۹	۰,۱۵۸۷	٪۱۳,۲۹
٪۳	۱,۳۷۲۶	۰,۱۷۱۶	٪۱۵,۷۳

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

میزان تغییر CV	سطح اطمینان ۹۹٪	سطح اطمینان ۹۵٪	سطح اطمینان ۹۰٪
- ٪۴	۱,۲۰۳۸	۱,۲۴۵۹	۱,۲۶۹۳
- ٪۳	۱,۱۸۲۰	۱,۲۳۰۷	۱,۲۵۸۴
- ٪۲	۱,۱۵۲۳	۱,۲۱۳۵	۱,۲۴۴۴
- ٪۱	۱,۱۱۶۴	۱,۱۸۸۱	۱,۲۲۸۴
۰	۱,۰۸۷۴	۱,۱۶۷۶	۱,۲۰۹۱
٪۱	۱,۰۵۳۴	۱,۱۳۹۴	۱,۱۹۰۵
٪۲	۱,۰۲۵۶	۱,۱۱۸۳	۱,۱۷۳۴
٪۳	۰,۹۸۰۹	۱,۰۹۶۱	۱,۱۵۷۱

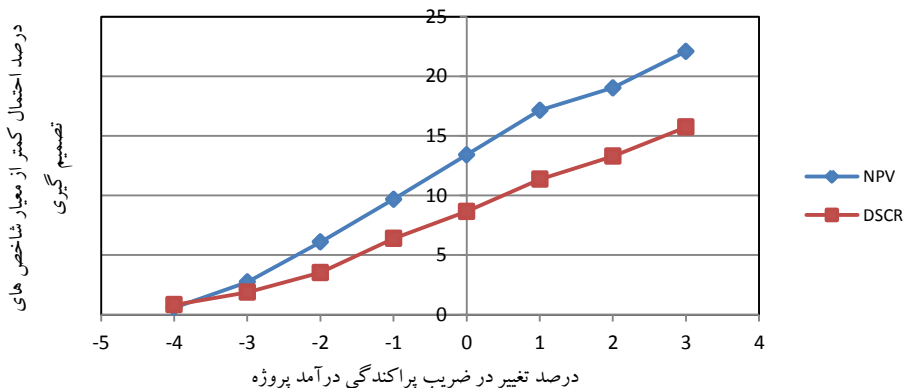


درصد تغییر در ضریب پراکندگی درآمد پروژه

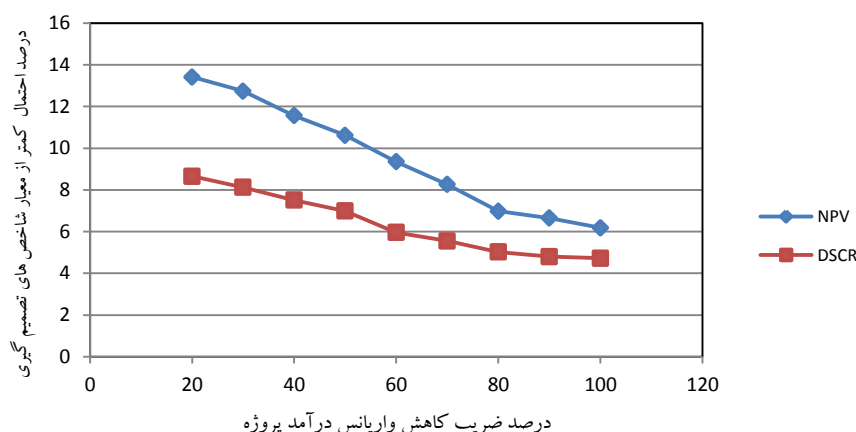
نمودار ۱۱: حساسیت مقادیر بحرانی DSCR نسبت به تغییرات CV درآمد.

این نشان‌دهنده این است که توانایی پروژه برای بازپرداخت وام همواره وجود دارد. همچنین تغییرات احتمال کمتر شدن شاخص‌های تصمیم‌گیری NPV و DSCR از 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.

در این حالت با کاهش ۴٪ 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



نمودار ۱۲: درصد احتمال کمتر از حداقل معیار برای NPV و DSCR نسبت به درصد تغییرات ضریب پراکندگی درآمد.



نمودار ۱۳: درصد احتمال کمتر از حداقل معیار برای NPV و DSCR نسبت به درصد تغییرات ضریب کاهش واریانس درآمد.

۶- نتیجه گیری و بحث

هدف از این پژوهش ارزیابی کمی ریسک های پروژه و ارائه مدل مناسب برای ریسک های پروژه می باشد. در این تحقیق با استفاده از روش ارزش در معرض ریسک و شبیه سازی مونت کارلو ریسک های پروژه ارزیابی شده، و توزیع احتمال و توزیع تجمعی احتمال شاخص های تصمیم گیری و مقادیر بحرانی در سطح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ و ۹۰٪ از دو دیدگاه بخش خصوصی و وام دهندگان بررسی گردید. در نهایت با تحلیل حساسیت، حساسیت ارزش فعلی خالص و نرخ پوشش خدمات بدهی نسبت به تغییرات ضریب پراکنندگی 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، سرمایه گذاران در معرض سطح بالایی از ریسک قرار دارند. همچنین توجیه پذیری اقتصادی پروژه متأثر از ریسک های پروژه می باشد. در تحقیقات انجام شده برای ارزیابی مالی و تاثیر ریسک بر روی آن، از توزیع های مثلثی و نرمال برای مدل سازی

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 مدل سازی 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 ۱۳٫۴۱٪ می باشد، و احتمال کمتر شدن نرخ پوشش خدمات بدهی از ۱٫۲، ۸٫۶۵ درصد است. از اینرو نحوه تسهیم ریسک بین بخش دولتی، بخش خصوصی و وام دهندگان یک موضوع اساسی است، که باید مورد توجه واقع شود تا مشارکت های عمومی و خصوصی امکان گسترش نمایند. همچنین توجه به ساخت پروژه ها با راندمان بالا مثل نیروگاه های سیکل ترکیبی ریسک بخش خصوصی را تا حدودی کاهش می دهد. علاوه بر این فروش برق به

- * 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>.
- * Bagui S., 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: A Computer 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.

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

تشکر و قدردانی

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

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.



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 مهنا تهیه شده است.

⁸. Coefficient of Variation.

^۹. ضریب پراکنندگی.

