

## ارزیابی ریسک هزینه‌های پروژه‌های نیروگاهی بر اساس مدل سه‌بعدی

عزت ا... اصغری زاده<sup>۱</sup>، آرزیتا سعیدی<sup>۲</sup>

**چکیده:** ریسک، شرایط و وضعیتی احتمالی است که در صورت بروز، می‌تواند مانع تحقق کامل اهداف پروژه شود و مدیریت ریسک فرایندی است که با هدف کاهش پیامدهای منفی ریسک و سودجستن از پیامدهای مثبت آن، تلاش بر تحقق هرچه بیشتر اهداف پروژه دارد. از آنجاکه اهداف مالی یکی از زیربنایی‌ترین اهداف پروژه هستند و عدم تحقق آنها می‌تواند زمینه‌ساز شکست پروژه و سازمان انجام‌دهنده آن باشد، مدیریت ریسک‌های تهدیدکننده‌ی آن یکی از اهداف اصلی تیم مدیریت پروژه شمرده می‌شود. شناسایی و ارزیابی صحیح ریسک‌ها برای مدیریت صحیح آنها حیاتی است. به‌همین دلیل در استانداردها و راهنماهای مختلف، الگوها و روش‌های متنوعی برای تحلیل ریسک‌ها پیشنهاد شده است. این مقاله با به‌کارگیری یکی از روش‌های نوین ارزیابی ریسک که علاوه‌بر شاخص‌های احتمال و اثر، شاخص توان مواجهه سازمان با ریسک را نیز مورد توجه قرار می‌دهد، ریسک‌های مالی تهدیدکننده‌ی پروژه ساخت یک نیروگاه برق را مورد ارزیابی قرار داده و بر اساس نتایج حاصل آنها را اولویت‌بندی کرده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
رتال جامع علوم انسانی

واژه‌های کلیدی: ریسک، ارزیابی ریسک، مدل سه‌بعدی.

۱. دانشیار دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، ایران

۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۰۴/۰۱

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۱۲

نویسنده مسئول مقاله: آرزیتا سعیدی

E-mail: azita\_saeedi@yahoo.com

## مقدمه

ریسک‌ها ناشی از عدم اطمینان (قطعیت) در مورد آینده هستند. در تمامی موارد ریسک به شرایطی گفته می‌شود که کمتر از ۱۰٪ اطمینان وجود داشته باشد. مدیریت ریسک فرایند نظام‌مند پروژه‌هایی است با طول عمر چند هفته تا چند سال و با بودجه چند میلیون تا چندین میلیارد تومان به کار گرفته شود تا پیامدهای منفی (ریسک)، رویدادهای آینده را حداقل کند و همچنین نتایج مثبت (فرصت) آنها را افزایش دهد.

یکی از مهم‌ترین مراحل در فرایند مدیریت ریسک، تحلیل و ارزیابی ریسک‌ها است؛ زیرا نتایج این مرحله تعیین‌کننده‌ی ریسک‌هایی است که باید مورد توجه تیم مدیریت ریسک قرار گیرند و چنانچه اهمیت آنها به‌درستی تشخیص داده نشود، سبب از بین رفتن بودجه، زمان و انرژی تیم مدیریت ریسک خواهد شد. روش‌ها و الگوهای متنوعی برای ارزیابی ریسک‌ها پیشنهاد شده که اغلب بر دو شاخص تعیین‌کننده‌ی ماهیت ریسک، یعنی احتمال و اثر بروز در ارزیابی ریسک‌ها تمرکز دارند. اما مطالعات نشان داده که توانایی سازمان در مقابله با ریسک‌ها نیز در تعیین میزان اهمیت ریسک‌ها برای پروژه نقش مؤثری دارد.

این مقاله تلاش می‌کند تا با استفاده از مقیاس‌های مناسب، ریسک ساخت یک پروژه نیروگاهی را با استفاده از سه شاخص احتمال بروز، اثر مالی و توان مواجهه سازمان با ریسک بسنجد و بر اساس نتایج، آنها را به‌منظور پاسخ‌گویی مطلوب اولویت‌بندی کند.

## مدیریت ریسک

ریسک‌ها نتیجه‌ی عدم اطمینان‌ها و تغییرات هستند. در پروژه‌ی تغییر در نحوه‌ی رویداد، وقایع می‌توانند سبب ایجاد ریسک شوند که نتیجه آن اثرگذاری بر اهداف، تغییر از نتیجه‌ی مطلوب و برنامه‌ریزی شده و حتی از دست‌دادن هدف خواهد بود. بنابر تعاریف مختلف، ریسک شامل دو جزء است: احتمال اینکه واقعه‌ای رخ دهد و نتیجه یا اثر آن در صورت رخداد واقعه [۲] و مدیریت ریسک، یک مسیر ساختاریافته برای تحلیل و پاسخ‌گویی به عدم اطمینان‌های آتی است، در واقع فرایندی است که احتمال بروز ریسک و پیامدهای آن را کاهش می‌دهد [۶]. به‌همین دلیل امروزه مدیریت ریسک جزء جدانشدنی و ضروری مدیریت پروژه است.

مدیریت ریسک بخش اساسی از یک مدیریت خوب و زیربنای مهم برای فعالیت‌ها و پروژه‌های موفق است. هرچه پیچیدگی و رقابت در انجام پروژه افزایش یابد، نقش این عامل

پراهمیت‌تر می‌شود تا جایی که امروزه ارتباطی مستقیم بین موفقیت پروژه و مدیریت مؤثر ریسک وجود دارد" [۷].

### تحلیل و ارزیابی ریسک

ارزیابی ریسک‌ها به منظور تعیین اولویت و میزان اهمیت آنها برای پروژه انجام می‌شود و نتایج آن تأثیر مستقیم بر موفقیت کل فرایند مدیریت ریسک دارد؛ زیرا زمینه‌ساز تصمیم‌گیری و پاسخ‌گویی پروژه به ریسک‌ها خواهد بود. ارزیابی نادرست و غیردقیق، سبب صرف بودجه، زمان و انرژی تیم مدیریت ریسک برای مدیریت ریسک‌های کم‌اهمیت و مورد توجه قرار نگرفتن ریسک‌های خطرناک و بحران‌زا خواهد شد، به همین دلیل ارزیابی ریسک‌ها از مهم‌ترین فازهای مدیریت ریسک به‌شمار می‌رود.

### روش‌های ارزیابی ریسک

مدل‌های ارزیابی ریسک به‌طور عمده برپایه‌ی تخمین دو شاخص احتمال بروز و اثر بروز ریسک‌ها استوار هستند. این مدل‌ها با پیشنهاد طیف‌های متنوع، راهکارهایی برای برآورد احتمال و تخمین اثرات بروز ریسک‌ها معرفی می‌کنند [۳]. سپس با استناد بر امتیاز احتمال و اثر، امتیاز نهایی ریسک را محاسبه و بر اساس آن، ریسک‌ها را اولویت‌بندی می‌کنند [۴][۵][۱۱].

### مدل ارزیابی سه‌بعدی

مدل ارزیابی سه‌بعدی، الگویی است که ارزیابی ریسک را بر اساس سه شاخص احتمال، اثر و توان مواجهه سازمان با ریسک انجام می‌دهد. این الگو توان مواجهه با ریسک را به‌عنوان شاخص ارتباط‌دهنده‌ی عوامل درون‌سازمانی با ماهیت ریسک‌ها در تحلیل آنها مؤثر می‌داند و در ارزیابی ریسک‌ها آن را به‌عنوان بُعد سوم ارزیابی در کنار دو شاخص احتمال و اثر در نظر می‌گیرد [۱].

این الگو توان مواجهه با ریسک را در سایه‌ی سه مفهوم شناخت، برخورداری از ابزار مواجهه و امکان پاسخ‌گویی مؤثر به ریسک تعریف می‌کند [۱].

از آنجایی که برای مواجهه با هر مسئله‌ای ابتدا باید آن را شناخت، دلایل و شرایط بروز آن را دانست و از ابعاد اثرگذاری آن بر پروژه آگاهی داشت، می‌توان این آگاهی و دانش را زیر بنای مواجهه درست با ریسک دانست؛ اما شناخت همواره به پاسخ‌گویی مطلوب به مسئله منتج

نمی‌شود؛ زیرا عوامل دیگری از جمله برخورداری از ابزارهای مناسب نیز در این مسئله نقش دارند. ابزار مواجهه با ریسک مانند سایر ابزارهایی که در هر فعالیتی ضروری هستند، می‌تواند اطلاعات، نیروی کار مقبول، بودجه و زمان باشد. با شناخت و برخورداری از ابزارهای مناسب برای پاسخ‌گویی، شاید بتوان از بروز برخی از ریسک‌ها جلوگیری کرد یا احتمال آن را به کمترین مقدار ممکن رساند. حتی ممکن است در صورت بروز بتوان آثار آن را محدود کرد یا به‌صورت کلی از بین برد؛ اما این مطلب در مورد تمامی ریسک‌ها صادق نیست؛ زیرا امکان محدود کردن احتمال و اثر برخی از ریسک‌ها وجود ندارد یا میزان آن کم است. بنابراین شناخت ریسک و برخورداری از ابزارهای مورد نیاز، تنها زمانی تضمین‌کننده‌ی پاسخ‌گویی مؤثر به ریسک است که امکان پاسخ‌گویی وجود داشته باشد.

### **ارزیابی ریسک با استفاده از مدل سه‌بعدی**

بر اساس مدل سه‌بعدی ارزیابی ریسک، سه شاخص احتمال، اثر و توان مواجهه سازمان با ریسک باید مورد توجه قرار گیرد. این مدل ارزش یکسانی را برای هر یک از شاخص‌های سه‌گانه ارزیابی پیشنهاد می‌کند. بدین ترتیب احتمال، اثر و توان مواجهه سازمان با ریسک، از وزن یکسان در ارزیابی ریسک برخوردارند.

بر اساس تعاریف ریاضی، احتمال عددی بین صفر تا یک است که امکان وقوع یک رخداد را نشان می‌دهد. هرچه احتمال وقوع رخدادی به عدد یک نزدیکتر باشد، امکان وقوع آن رخداد بیشتر خواهد بود [۷]. مدل سه‌بعدی پیشنهاد می‌کند که طیف مورد استفاده برای ارزیابی احتمال بروز ریسک، بر اساس شرایط بروز ریسک در جامعه‌ی مورد مطالعه تعریف شود [۱].

اثرهای بروز ریسک مالی در نمونه‌های متفاوت از جوامع مختلف متفاوت است. برای نمونه، اثر بروز ریسک در خرید سهامی با قیمت مشخص، می‌تواند بین ۲۰٪ تا ۱۰۰٪ قیمت سهام مورد نظر باشد. به‌همین دلیل اثرهای بروز ریسک باید در پروژه‌ی مورد مطالعه با استفاده از تجربه‌ها و آرای صاحب‌نظران فن تعریف شود [۱۰][۱۲].

توان مواجهه سازمان با ریسک بر اساس مفاهیم مدل سه‌بعدی بر سه پایه‌ی شناخت، برخورداری از ابزار مواجهه و امکان پاسخ‌گویی مؤثر به ریسک تعریف شده است. این مدل با استفاده از اهمیت هر یک از این سه مفهوم و تأثیر برخورداری از این شاخص‌ها در میزان توانمندسازی سازمان در مواجهه با ریسک، طیفی به شرح جدول شماره ۱ برای ارزیابی توان مواجهه سازمان با ریسک پیشنهاد می‌کند. شایان ذکر است در این مدل برای همراستاسازی

ارزیابی توان مواجهه در کنار دو شاخص احتمال و اثر از امتیازهای معکوس استفاده شده است. بدین معنی که هرچه توان مواجهه با ریسک کمتر باشد، امتیاز ریسک برای تعیین اهمیت آن برای سازمان، بیشتر خواهد بود [۱]. بر اساس آنچه در بالا گفته شد، زمانی که اطلاعاتی در مورد زمان، چگونگی بروز و چگونگی مقابله با ریسک نداریم، سطح توانایی سازمان در مواجهه با ریسک حداقل است و حداکثر تأثیر در ارزیابی ریسک عنوان ریسک پراهمیت را خواهد داشت. درمقابل هنگامی که با شناخت کافی از ریسک و بهره‌گیری از ابزار مناسب مواجهه با آن در سایه امکان‌پذیری مواجهه، قادر به کنترل مطلوب ریسک هستیم، امتیاز این شاخص برای تأثیر در میزان اهمیت ریسک حداقل خواهد بود.

جدول ۱. سطوح توانایی مواجهه با ریسک

امتیاز	توضیح
۹ یا ۱۰	توان مواجهه با ریسک را نداریم (اطلاعاتی در مورد زمان، چگونگی بروز و چگونگی مقابله با ریسک نداریم).
۷ یا ۸	عدم کنترل بر عوامل ایجادکننده ریسک با وجود شناخت ریسک و بهره‌گیری از ابزار مناسب
۵ یا ۶	شناخت نادرست و ناکافی از ریسک با وجود امکان‌پذیری مواجهه و بهره‌گیری از ابزار مناسب
۳ یا ۴	نداشتن امکانات کافی برای مواجهه با وجود شناخت ریسک و امکان‌پذیری مواجهه با آن
۱ یا ۲	با شناخت کافی از ریسک و بهره‌گیری از ابزار مناسب مواجهه با آن در سایه امکان‌پذیری مواجهه، قادر به کنترل مطلوب ریسک هستیم.

## روش پژوهش

شناسایی ریسک در پروژه‌ها با استفاده از ابزار و روش‌های متنوعی انجام می‌شود. این پژوهش عوامل ایجادکننده ریسک را از نتایج مطالعه‌ای دریافت کرده است که به‌همین منظور روی پروژه‌های نیروگاهی انجام گرفته بود [۱]. در این مقاله ۴۹ شاخص ایجادکننده ریسک در پروژه‌های نیروگاهی شناخته و در غالب هفت دسته‌ی کلی به شرح جدول شماره ۲ گروه‌بندی شدند:

**جدول ۲. ریسک‌های تهدیدکننده‌ی پروژه‌های نیروگاهی**

<p><b>۴. تأمین تجهیزات</b></p> <p>۱. بروز مشکل در حمل و نقل به دلیل شرایط مختلف سایت                  ۲. تأخیر در تأمین تجهیزات اصلی (مانند توربین، ژنراتور و ...)                  ۳. تأخیر در تأمین تجهیزات جانبی                  ۴. عدم امکان تأمین تجهیزات به علت تحریم‌های سیاسی و اقتصادی</p>	<p><b>۱. قرارداد و تشریفات شکلی</b></p> <p>۱. تأخیر در آماده‌سازی شرایط اولیه شروع کار                  ۲. مسائل ناشی از عدم توجه به تقدمات و روال اداری                  ۳. بی‌توجهی در مواجهه با ایرادهای موجود در قوانین و آیین‌نامه‌ها                  ۴. تأخیر در حل اختلاف‌ها سر مسائل قراردادی                  ۵. تأخیر در عقد و نهایی شدن قراردادهای فرعی                  ۶. عدم در نظرگیری شرایط خاص در قرارداد                  ۷. عدم توافق در انعقاد ECA</p>
<p><b>۵. ساخت</b></p> <p>۱. عدم هماهنگی ابزار و تجهیزات منجر به نقصان عملکرد کل سیستم                  ۲. استفاده از مواد کم کیفیت در ساخت قطعات                  ۳. عدم ساخت صحیح اجزای یک تجهیز که منجر به نقص عملکرد.                  ۴. بروز مشکلات فنی در یک تجهیز که منتج به عودت و دوباره کاری</p>	<p><b>۲. طراحی و مهندسی</b></p> <p>۱. عدم استفاده از روش‌ها و ابزارها با استانداردهای مورد نظر در طراحی                  ۲. درک نادرست از تغییر در ابعاد کار منجر به طراحی مجدد                  ۳. تضاد بین اسناد و مدارک قراردادی با طراحی                  ۴. عدم هماهنگی بین بخش‌های مهندسی در تعیین معیارهای عملکردی                  ۵. اطلاعات ناقص، ناپیوسته و استفاده غیر دقیق از اطلاعات                  ۶. تخمین نادرست از هزینه‌های نیروی کار و مواد                  ۷. تأخیر در طراحی و تهیه مدارک طراحی پایه و تفصیلی                  ۸. وجود خطا در طراحی که منجر به دوباره کاری می‌شود.                  ۹. تأخیر در دریافت اطلاعات مورد نیاز در طراحی                  ۱۰. تأخیر مشاور در اعلام نظرات                  ۱۱. برآورد و تخمین نادرست زمان واقعی پایان کار</p>
<p><b>۶. نصب</b></p> <p>۱. رعایت نکردن استانداردهای امنیتی فردی و محیطی                  ۲. اشتباهات و قصور در انجام وظایف (کم کاری)                  ۳. عدم هماهنگی بین پیمانکاران                  ۴. تصادفات و بی‌احتیاطی در حمل و نگهداری مواد، تجهیزات                  ۵. حوادث خاص (جنگ، زلزله، طوفان، سیل و ...)                  ۶. آتش سوزی و دزدی                  ۷. تأخیر در انجام کار به دلیل شرایط خاص جوی                  ۸. ناتوانی پیمانکاران جزء در پایبندی به تعهدات و ناتمام گذاشتن کار                  ۹. ارتباطات ضعیف تیمهای کاری منجر به ناهماهنگی                  ۱۰. نداشتن صلاحیت تکنیکی کافی پیمانکاران                  ۱۱. عدم دسترسی و استفاده از نیروی انسانی ماهر و با تجربه                  ۱۲. بروز مشکلات اجرایی حین نصب به علت قصور پیمانکار نصب</p>	<p><b>۳. تأمین بودجه</b></p> <p>۱. تأخیر در گشایش LC                  ۲. تغییر غیرمنتظره نرخ بهره در طول مدت قرارداد (تعدیل)                  ۳. نوسان غیر منتظره نرخ ارز در طول مدت قرارداد                  ۴. قطع سرمایه‌گذاری یا انصراف سرمایه‌گذار                  ۵. تغییر غیر منتظره نرخ تورم خارج از محدوده پیش‌بینی شده                  ۶. تأخیر کارفرما در اجرای تعهدات مالی                  ۷. تغییرات قابل توجه در قیمت مواد اصلی مورد استفاده در پروژه                  ۸. تغییر نرخ مالیات، قوانین اداری و صنعتی</p>
<p><b>۷. راه‌اندازی و تحویل</b></p> <p>۱. بروز مشکل در راه‌اندازی به دلیل عدم اجرای با کیفیت ساخت و نصب                  ۲. بروز مشکل در تحویل به دلیل عدم آماده‌سازی شرایط کارفرما                  ۳. بروز مشکل در راه‌اندازی به دلیل عدم در نظرگیری توان یا ظرفیت</p>	

جمع‌آوری اطلاعات مربوط به ابعاد سه‌گانه‌ی ریسک در پروژه‌ی نیروگاه عسلویه با استفاده از توزیع پرسش‌نامه میان مدیران پروژه‌های نیروگاهی و صاحب‌نظران در این زمینه انجام گرفت. احتمال و اثر مالی تمامی ۴۹ شاخص ریسک با استفاده از طیف‌های استاندارد نمایش داده شده در جداول شماره‌ی ۳ و ۴ مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۳][۸][۹]. همچنین توان مواجهه سازمان انجام دهنده‌ی پروژه با این ریسک‌ها نیز با استفاده از طیف معرفی شده در جدول شماره‌ی ۱ مورد بررسی قرار گرفت.

برای جمع‌آوری امتیازهای ریسک در سه شاخص مورد مطالعه، سه دسته پرسش‌نامه تهیه شد. پرسش‌نامه‌ی اول، احتمال بروز هر یک از ۴۹ عامل مورد مطالعه را با استفاده از طیف معرفی شده در جدول شماره‌ی ۳ مورد ارزیابی قرار داد. برای نمونه هر یک از صاحب‌نظران به احتمال بروز نخستین عامل مورد مطالعه، یعنی "تأخیر در آماده‌سازی شرایط اولیه‌ی شروع کار" با توجه به طیف استاندارد جدول شماره‌ی ۳ [۸]، امتیازی بین ۱ تا ۱۰ اختصاص دادند و در نهایت احتمال بروز این عامل از میانگین امتیازهای کسب‌شده از سوی صاحب‌نظران مختلف به دست آمد (جدول شماره‌ی ۷).

پرسش‌نامه‌ی دوم اثر مالی بروز ریسک هر یک از عوامل مورد مطالعه را با استفاده از طیف مورد مطالعه در جدول شماره‌ی ۴ [۱۲][۸] مورد سنجش قرار داد و امتیاز نهایی اثر مالی ریسک هر یک از ۴۹ عامل مورد مطالعه، از میانگین امتیازهای اختصاص یافته از سوی صاحب‌نظران به دست آمد.

جدول ۳. طیف مورد استفاده برای برآورد احتمال بروز ریسک

حدود احتمال	توضیح	نوع	امتیاز
بین ۰/۸ تا ۱	احتمال بسیار زیاد، حداقل چند بار در سال اتفاق می‌افتد	تقریباً قطعی	۹ یا ۱۰
بین ۰/۸ تا ۰/۵	احتمال زیاد، کمابیش یک بار در سال اتفاق می‌افتد.	بسیار محتمل	۷ یا ۸
بین ۰/۵ تا ۰/۱	ممکن است در ۱ تا ۱۰ سال آینده اتفاق بیافتد.	محتمل	۵ یا ۶
بین ۰/۱ تا ۰/۰۲	احتمال بسیار ضعیف، ممکن است در ۱۰ تا ۴۰ سال آینده اتفاق بیافتد.	غیر محتمل	۴ یا ۳
کمتر از ۰/۰۲	تقریباً غیرممکن، بعید است در ۴۰ سال آینده اتفاق بیافتد	بعید	۱ یا ۲

پرسش‌نامه‌ی سوم توان مواجهه سازمان انجام دهنده پروژه با ۴۹ عامل شناسایی‌شده‌ی ایجادکننده‌ی ریسک را مورد مطالعه قرار داد. در این پرسش‌نامه از صاحب‌نظران خواسته شد که

به هریک از عوامل با توجه به طیف معرفی شده در جدول شماره ۱، امتیازی بین ۱ تا ۱۰ اختصاص دهند. میانگین امتیاز اختصاص یافته به هریک از عوامل مورد مطالعه، امتیاز نهایی توان مواجهه سازمان با ریسک مورد مطالعه را مشخص کرد. امتیاز نهایی ریسک با توجه به امتیازهای کسب شده‌ی هر متغیر در سه شاخص مورد مطالعه که دارای وزن یکسان هستند، توسط نرم‌افزار مطلب تعیین شد.

جدول ۴. طیف مورد استفاده برای برآورد اثر مالی بروز ریسک‌ها بر پروژه

امتیاز	اثر مالی
۱۰	شکست پروژه
۹	صرف بودجه‌ای بیشتر از ۴۰٪ از مقدار برنامه‌ریزی شده
۸	صرف بودجه‌ای بین ۳۰٪ تا ۴۰٪ بیشتر از مقدار برنامه‌ریزی شده
۷	صرف بودجه‌ای بین ۲۰٪ تا ۳۰٪ بیشتر از مقدار برنامه‌ریزی شده
۶	صرف بودجه‌ای بین ۱۰٪ تا ۲۰٪ بیشتر از مقدار برنامه‌ریزی شده
۵	صرف بودجه کمی بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده
۴	کاهش زیاد در هزینه ذخیره احتیاطی در نظر گرفته شده در بودجه
۳	کاهش متوسط در هزینه ذخیره احتیاطی در نظر گرفته شده در بودجه
۲	کاهش اندک در هزینه ذخیره احتیاطی در نظر گرفته شده در بودجه
۱	بدون هیچ اثر حقیقی

در این پژوهش علاوه بر اینکه هر ریسک به صورت انفرادی مورد ارزیابی قرار گرفت، امتیاز دسته‌های هفت‌گانه‌ی ریسک (جدول شماره ۲) نیز با استفاده از امتیاز ریسک‌های زیرمجموعه هر دسته محاسبه و تحلیل شدند.

### یافته‌های پژوهش

با استفاده از نرم‌افزار مطلب ریسک‌های زیرمجموعه‌ی هریک از دسته‌های هفت‌گانه‌ی ریسک اولویت‌بندی و کم‌اهمیت‌ترین و پراهمیت‌ترین ریسک شناسایی شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده:



۱. ریسک شماره‌ی ۷: "عدم توافق در انعقاد ECA" پراهمیت‌ترین و ریسک شماره‌ی ۴: "تأخیر در حل اختلاف‌ها سر مسائل قراردادی" کم‌اهمیت‌ترین ریسک‌های فاز قرارداد و تشریفات هستند.
۲. ریسک شماره‌ی ۵: "اطلاعات ناقص، ناپیوسته و استفاده‌ی غیردقیق از اطلاعات" پراهمیت‌ترین ریسک برنامه‌ریزی و طراحی و ریسک شماره‌ی ۱۰: "تأخیر مشاور در اعلام نظرات" کم‌اهمیت‌ترین ریسک این فاز هستند.
۳. ریسک شماره‌ی ۴: "قطع سرمایه‌گذاری یا انصراف سرمایه‌گذار" بیشترین و ریسک شماره‌ی ۲: "تغییر غیرمنتظره نرخ بهره در طول مدت قرارداد" کمترین اهمیت را در فاز تأمین بودجه برای پروژه داشتند.
۴. نتایج پژوهش ریسک شماره‌ی ۴: "عدم امکان تأمین تجهیزات به‌علت تحریم‌های سیاسی و اقتصادی" را پراهمیت‌ترین و ریسک شماره‌ی ۱: "بروز مشکل در حمل و نقل به‌دلیل شرایط مختلف سایت" را کم‌اهمیت‌ترین ریسک‌های فاز تأمین تجهیزات معرفی می‌کند.
۵. در میان ریسک‌های فاز ساخت، ریسک شماره‌ی ۴: "بروز مشکلات فنی در یک تجهیز منتج به عودت و دوباره‌کاری" و ریسک شماره‌ی ۳: "عدم ساخت صحیح اجزای یک تجهیز که منجر به نقص عملکرد می‌شود" به‌ترتیب پراهمیت‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین ریسک ارزیابی شده‌اند.
۶. ریسک شماره‌ی ۹: "ارتباطات ضعیف تیم‌های کاری منجر به ناهماهنگی" و ریسک شماره‌ی ۲: "اشتباهات و قصور در انجام وظایف (کم کاری)" به‌عنوان پراهمیت‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین ریسک‌های فاز نصب شناخته شدند.
۷. و در نهایت در فاز راه‌اندازی و تحویل است، ریسک شماره‌ی ۳: "بروز مشکل در راه‌اندازی به‌دلیل عدم در نظرگیری توان یا ظرفیت" پراهمیت‌ترین و ریسک شماره‌ی ۱: "بروز مشکل در راه‌اندازی به‌دلیل عدم اجرای با کیفیت ساخت و نصب" کم‌اهمیت‌ترین ریسک‌های این فاز شناخته شدند.

بر اساس نتایج پژوهش، ۱۰ ریسک پراهمیت پروژه شناسایی و رتبه‌بندی شدند. جدول شماره‌ی ۵ اطلاعات مربوط به این ریسک‌ها را نمایش می‌دهد (اطلاعات جامع تمام ریسک‌ها در جدول شماره‌ی ۷ آمده است).

جدول ۵. اطلاعات ۱۰ ریسک پراهمیت پروژه

رتبه	شاخص‌های ریسک	امتیاز	توان مواجهه	اثر	احتمال
۱	عدم امکان تأمین تجهیزات به‌لت تحریم‌های سیاسی و اقتصادی	۲۵	۶/۶	۸/۴	۸
۲	حوادث خاص (جنگ، زلزله، طوفان، سیل و ...)	۲۱/۸	۹/۲	۷/۸	۴/۸
۳	تأخیر کارفرما در اجرای تعهدات مالی	۲۰/۶	۵/۸	۶/۸	۸
۴	تغییرات قابل توجه در قیمت مواد اصلی مورد استفاده در پروژه	۱۹/۶	۴/۴	۷/۴	۷/۸
۵	بروز مشکل در حمل و نقل به‌دلیل شرایط مختلف سایت	۱۹	۵	۶	۸
۶	تأخیر در تأمین تجهیزات جانبی	۱۹	۴/۴	۶/۲	۸/۴
۷	تصادفات و بی‌احتیاطی در حمل و نگهداری مواد، تجهیزات و دستگاه‌ها که منجر به آسیب دیدگی یا از بین رفتن آن می‌شود	۱۸/۸	۷/۴	۶/۸	۴/۶
۸	عدم استفاده از روش‌ها و ابزارها یا استانداردهای مورد نظر طراحی	۱۸/۶	۶/۲	۷	۵/۴
۹	تأخیر در تأمین تجهیزات اصلی (مانند توربین، ژنراتور و...)	۱۸/۶	۷/۲	۶/۴	۵
۱۰	عدم نظریه‌ری شرایط خاص در قرارداد که شرکت را در هنگام بروز حوادث غیرقابل پیش‌بینی حمایت کند.	۱۸/۴	۷/۶	۵/۸	۵

همچنین با استفاده از نرم‌افزار مطلب، ریسک فازهای مختلف پروژه نیز ارزیابی و اولویت‌بندی شدند. احتمال بروز ریسک هر فاز از میانگین احتمال بروز ریسک زیرمجموعه‌ها، امتیاز اثر ریسک هر فاز، از میانگین اثر مالی بروز ریسک‌های زیرمجموعه و امتیاز توان مواجهه نیز به همین روش محاسبه شده است. امتیاز نهایی هر فاز، از مجموع امتیازهای کسب‌شده به‌دست‌آمده و نتایج در جدول شماره ۶ نمایش داده شده است. بر اساس این نتایج پراهمیت‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین فاز پروژه نیز شناسایی شد. پریسک‌ترین فاز پروژه، فاز چهارم آن، یعنی فاز تأمین تجهیزات و کم‌ریسک‌ترین فاز اول پروژه، یعنی قرارداد و مقدمات ارزیابی شده است.

جدول ۶. رتبه‌بندی هفت فاز مختلف پروژه

رتبه	شاخص ریسک	امتیاز	توان مواجهه	اثر	احتمال
۱	تأمین تجهیزات (فاز چهارم)	۱۹/۹	۵/۸	۶/۷۵	۷/۳۵
۲	تأمین بودجه (فاز سوم)	۱۹/۳۳	۵/۱۶	۶/۸۹	۷/۲۸
۳	راه‌اندازی و تحویل (فاز هفتم)	۱۹/۲	۴/۸۷	۷/۳۷	۶/۹۷
۴	طراحی و مهندسی (فاز دوم)	۱۸/۵۳	۵/۴۳	۶/۳۲	۶/۷۸
۵	نصب (فاز ششم)	۱۸/۵۱	۵/۶	۶/۴۳	۶/۴۸
۶	ساخت (فاز پنجم)	۱۶/۵	۴/۵۸	۵/۵۹	۵/۹۸
۷	قرارداد و تشریفات شکلی (فاز اول)	۱۶/۴۳	۵/۶۶	۵/۳۷	۵/۴

جدول ۷. امتیازهای کسب‌شده از سوی صاحب‌نظران

احتمال	اثر	توان مواجهه	شاخص ریسک
<b>۱. قرارداد و تشریفات شکلی</b>			
۶	۴/۸	۴/۶	۱. تأخیر در آماده‌سازی شرایط اولیه شروع کار
۶	۴/۸	۵/۲	۲. مسائل ناشی از عدم توجه به تقدمات و روال اداری
۵	۵	۶/۴	۳. بی‌توجهی در مواجهه با ایرادات موجود در قوانین و آیین‌نامه‌ها
۵	۵	۴/۴	۴. تأخیر در حل اختلافات بر سر مسائل قراردادی
۶/۴	۶/۲	۴	۵. تأخیر در عقد و نهایی شدن قراردادهای فرعی
۵	۵/۸	۷/۶	۶. عدم در نظرگیری شرایط خاص در قرارداد
۴/۴	۶	۷/۴	۷. عدم توافق در انعقاد ECA
<b>۲. طراحی و مهندسی</b>			
۵/۴	۷	۶/۸	۱. عدم استفاده از روش‌ها و ابزارها با استانداردهای مورد نظر در طراحی
۶/۵	۵/۵	۴/۸	۲. درک نادرست از تغییر در ابعاد کار منجر به طراحی مجدد
۵/۵	۷	۵/۳	۳. تضاد بین اسناد و مدارک قراردادی با طراحی
۷/۳	۷	۶/۲	۴. عدم هماهنگی بین بخش‌های مهندسی در تعیین معیارهای عملکردی
۶/۸	۷/۸	۶/۳	۵. اطلاعات ناقص، ناپیوسته و استفاده غیر دقیق از اطلاعات
۸	۶/۵	۵/۸	۶. تخمین نادرست از هزینه‌های نیروی کار و مواد
۷/۵	۵	۴/۵	۷. تأخیر در طراحی و تهیه مدارک طراحی پایه و تفصیلی
۶/۹	۶/۹	۵/۳	۸. وجود خطا در طراحی که منجر به دوباره‌کاری می‌شود.
۶/۲	۷	۴/۲	۹. تأخیر در دریافت اطلاعات مورد نیاز در طراحی

احتمال	اثر	توان مواجهه	شاخص ریسک
۶/۵	۴/۵	۴/۲	۱۰. تأخیر مشاور در اعلام نظرات
۸	۵/۳	۶/۳	۱۱. برآورد و تخمین نادرست زمان واقعی پایان کار
			<b>۳. تأمین بودجه</b>
۷	۶/۵	۴/۵	۱. تأخیر در گشایش LC
۵.۸	۶/۵	۴/۵	۲. تغییر غیرمنتظره نرخ بهره در طول مدت قرارداد (تعدیل)
۶.۸	۶/۸	۴/۳	۳. نوسان غیر منتظره‌ی نرخ ارز در طول مدت قرارداد
۸	۶/۸	۶.۸	۴. قطع سرمایه‌گذاری یا انصراف سرمایه‌گذار
۷	۶/۸	۵	۵. تغییر غیر منتظره‌ی نرخ تورم خارج از محدوده‌ی پیش‌بینی شده
۸	۶/۸	۵/۸	۶. تأخیر کارفرما در اجرای تعهدات مالی
۷/۸	۷/۴	۴/۴	۷. تغییرات قابل توجه در قیمت مواد اصلی مورد استفاده در پروژه
۷/۸	۷/۵	۶	۸. تغییر نرخ مالیات، قوانین اداری و صنعتی
			<b>۴. تأمین تجهیزات</b>
۸	۶	۵	۱. بروز مشکل در حمل و نقل به دلیل شرایط مختلف سایت
۵	۶/۴	۷/۲	۲. تأخیر در تأمین تجهیزات اصلی (مانند توربین، ژنراتور و ...)
۸/۴	۶/۲	۴/۴	۳. تأخیر در تأمین تجهیزات جانبی
۸	۸/۴	۶/۶	۴. عدم امکان تأمین تجهیزات به علت تحریم‌های سیاسی و اقتصادی
			<b>۵. ساخت</b>
۶/۵	۵/۲	۴/۸	۱. عدم هماهنگی ابزار و تجهیزات منجر به نقصان عملکرد کل سیستم
۴/۷	۶/۵	۵	۲. استفاده از مواد کم کیفیت در ساخت قطعات
۶/۴	۵/۶	۴	۳. عدم ساخت صحیح اجزای یک تجهیز که منجر به نقص عملکرد.
۶/۳	۶/۵	۴/۵	۴. بروز مشکلات فنی در یک تجهیز که منتج به عودت و دوباره‌کاری
			<b>۶. نصب</b>
۶/۵	۷	۴/۲	۱. رعایت نکردن استانداردهای امنیتی فردی و محیطی
۶/۲	۵	۴/۵	۲. اشتباهات و قصور در انجام وظایف (کم کاری)
۷/۸	۷	۵/۳	۳. عدم هماهنگی بین پیمانکاران
۴/۶	۶/۸	۷/۸	۴. تصادفات و بی‌احتیاطی در حمل و نگهداری مواد، تجهیزات
۴/۸	۷/۸	۹/۲	۵. حوادث خاص (جنگ، زلزله، طوفان، سیل و ...)
۶/۲	۷	۴/۲	۶. آتش‌سوزی و دزدی

احتمال	اثر	توان مواجهه	شاخص ریسک
۸	۴/۳	۵	۷. تأخیر در انجام کار به دلیل شرایط خاص جوی
۷/۳	۷	۶/۲	۸. ناتوانی پیمانکاران جزء در پایبندی به تعهدات و ناتمام گذاشتن کار
۷/۳	۷	۶/۲	۹. ارتباطات ضعیف تیم‌های کاری منجر به ناهماهنگی
۷	۵/۸	۴/۵	۱۰. نداشتن صلاحیت تکنیکی کافی پیمانکاران
۶/۵	۵/۵	۴/۸	۱۱. عدم دسترسی و استفاده از نیروی انسانی متبحر و با
۵/۵	۷	۵/۳	۱۲. بروز مشکلات اجرایی حین نصب به علت قصور پیمانکار نصاب
<b>۷. راه‌اندازی و تحویل</b>			
۶/۲	۶	۴/۵	۱. بروز مشکل در راه‌اندازی به دلیل عدم اجرای با کیفیت ساخت و نصب
۶/۹	۹/۵	۴/۳	۲. بروز مشکل در تحویل به دلیل عدم آماده‌سازی شرایط کارفرما
۷/۸	۹/۶	۵/۸	۳. بروز مشکل در راه‌اندازی به دلیل عدم در نظرگیری توان یا ظرفیت

### نتیجه‌گیری

ریسک‌ها حوادثی احتمالی هستند که در صورت بروز، اثرهای مثبت و منفی بر پروژه دارند و مدیریت ریسک، فرایندی نظام‌مند برای کاهش آثار منفی و افزایش اثرهای مثبت ریسک‌ها است. اثرهای مالی از مهم‌ترین آثاری است که بروز ریسک‌ها بر پروژه دارند و یکی از گام‌های اصلی مدیریت ریسک، ارزیابی این ریسک‌ها است. این پژوهش با به‌کارگیری از نگرشی نوین در ارزیابی ریسک، مدلی مبتنی بر سه شاخص را برای ارزیابی ریسک معرفی می‌کند. این مدل نقش توانایی سازمان در مواجهه با ریسک‌های تهدیدکننده‌ی پروژه‌های نیروگاهی در کنار احتمال و اثر بروز ریسک در ارزیابی آنها مؤثر دانسته و تحلیل ریسک‌ها را بر پایه‌ی سه شاخص احتمال، اثر مالی و توان مواجهه انجام داده است. بر اساس نتایج این پژوهش ریسک‌های فاز تأمین تجهیزات بیشترین اثر مالی را بر پروژه دارند، در حالی که کمترین اهمیت‌ترین فاز پروژه در صورت بروز ریسک، فاز قرارداد و مقدمات شناخته شده است.

### منابع

۱. سعیدی، آریتا، ارائه‌ی الگویی جدید به‌منظور تعیین موقعیت ریسک پروژه‌ها، دانشگاه تهران، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی.

2. Copper, D.F., Chapman, C.B. (1987), *Risk analysis for large projects*. UK Wiley.
3. Cooper, D.F., Grey, S., Raymond, G. and Walker, P. (2005), *Project Risk Management Guidelines*, Wiley.
4. Dey, P.K., (1999), Process re-engineering for effective implementation of projects. *International Journal of Project Management*, 17 (3):59-147.
5. Ghosh, S., Jinatanapakanont, J. (2004), Identifying and assessing the critical risk factors in an underground rail project in Thailand: a factor analysis approach, *International Journal of Project Management*, 22 (8): 633-643.
6. Kezsum, D.S., Edward. K. (2001), *The new dynamic project management: wining trough the competitive advantage*. 2<sup>nd</sup> ed. ZUSA, Wiley.
7. Neely, A., Gregory, A. and Platts, K. (1995), Performance measurement system design - a literature review and research agenda, *International Journal of Operations and Production Management*, 15 (4): 80-116.
8. Okpala, D., Aniekwu, A. (1998), Causes of high cost of construction in Nigeria, *Journal of Construction Engineering and Management*, 114 (2): 45- 233.
9. Perry, J.G., Hayes, R.W. (1985), Risk and its management in construction projects, *Proc Institute Civil Engineers*, 78 (3): 499-521.
10. Tah, J.H.M, Thrope, A., McCafeer, R. (1993), Contractor project risks contingency allocation using linguistic approximation, *Computer System Engineering*, 4 (2-3): 93-281.
11. Turner G.R., (1993), *The hand book of project-base management: improving in process for achieving strategic objectives*.1<sup>st</sup> ed. England: Mc Grave-Hill.
12. Tummala, M.R. and Burchett, J.F. (1999), Appling risk management process to manage cost risk for an EHV transmission line project, *International Journal of Project Management*, 17 (4): 223-235.
13. Wallace, L., Keil, M., Rai, A. (2004), Understanding software project risk: a cluster analysis, *Journal of Information & Management*, 42 (1): 115-125.