

## تعیین شاخص‌های ارزیابی ریسک در یک نیروگاه هسته‌ای به همراه معیارهای ریسک

### هسته‌ای

INC29-1389

سعید کردعلیوند<sup>۱</sup>، محمد موفق<sup>۱\*</sup>، راضیه عبدالحمیدی<sup>۱</sup>

۱. شرکت توسعه و ارتقای ایمنی نیروگاه‌های اتمی (توانا)، سازمان انرژی اتمی، ۱۹۹۱۶۱۳۳۵۱، تهران، ایران.

### چکیده

زیرساخت‌های حیاتی یک کشور، سیستم‌ها و دارایی‌های فیزیکی یا مجازی هستند که در صورت تضعیف و یا تخریب آن‌ها، آسیب‌های بسیاری از نظر اقتصادی، امنیت ملی، سلامت عمومی و زیست‌محیطی به آن کشور وارد می‌شود. پیشگیری از وقوع آسیب به این زیرساخت‌ها بر اساس نوع زیر ساخت می‌تواند متفاوت بوده و نیازمند ارزیابی جامع باشد. این نیازمندی با توجه به اولویت‌های هر نیروگاه متفاوت بوده و شامل شاخص‌های مهمی جهت بررسی آن می‌گردد. نیروگاه اتمی نیز با توجه به اولویت‌ها بایستی شاخص‌های مورد نظر خود در زمینه‌ی صدور مجوز پیاده‌سازی تصمیمات و انجام تغییرات را مشخص و طی آن فرایند ارزیابی ریسک و امکان‌سنجی پیاده‌سازی فعالیت‌ها را انجام دهد. فرایند ارزیابی ریسک را می‌توان به دو صورت کیفی و کمی و یا ترکیبی از هر دو نوع انجام داده و تصمیمات را بر مبنای آن پایه‌گذاری کرد. در این پژوهش، شاخص‌های ارزیابی ریسک در یک نیروگاه هسته‌ای به همراه معیارهای ریسک هسته‌ای شناسایی و و نحوه‌ی انجام فرایند ارزیابی ریسک هسته‌ای بصورت کمی شرح داده خواهد شد.

**کلیدواژه:** ارزیابی ریسک، احتمال مخاطرات، شدت، پیامد، نیروگاه اتمی

## Determination indicators of Risk Assessment in a nuclear power plant and criteria for Nuclear Risk

Saeid.Kordalivand<sup>1</sup>, Mohammad.Movaffagh<sup>1\*</sup>, Razieh.Abdolmohammadi<sup>1</sup>

1.Tavana.Co, Atomic Energy Organization of Iran, 1991613351, Tehran, Iran

### Abstract:

The Critical Infrastructure of a country are physical or virtual systems and assets that, if they are disabled or destroyed, will cause a lot of economic, national security, public health, and environmental damage to that country. Prevention of damage to these infrastructures can be different based on the type of infrastructure and requires comprehensive evaluation. The requirement is different according to the priorities of each power plant and includes important indicators to check it. According to priorities, the nuclear power plant should determine its desired indicators in the field of licensing, implementing decisions and carrying out projects, and during that process, it should carry out the risk assessment process and the feasibility of implementing activities. The risk assessment process can be carried out quantitatively or qualitatively, or combination of both types and In this research, the risk assessment indicators in a nuclear power plant along with the nuclear risk criteria will be identified and the method of conducting the nuclear risk assessment process will be quantitatively described.

**Keywords:** risk assessment, hazard probability, magnitude, consequence, nuclear power plant

## ۱. مقدمه

زیرساخت‌های حیاتی یک کشور، سیستم‌ها و دارایی‌های فیزیکی یا مجازی هستند که در صورت تضعیف و یا تخریب آن‌ها، آسیب‌های بسیاری از نظر اقتصادی، امنیت ملی، سلامت عمومی و زیست‌محیطی به آن کشور وارد می‌شود. این دارایی‌ها شامل تأسیسات هسته‌ای، نیروگاه‌های برق، تأسیسات تصفیه آب، کارخانه‌های شیمیایی، سدها، سیستم حمل‌ونقل، تأسیسات ویژه پزشکی و ... می‌شوند. همچنین حملات و تهدیدهای تروریستی به تأسیسات هسته‌ای که عموماً در زمان تغییر و یا پیاده‌سازی این تغییرات صورت گرفته و ممکن است باعث تلفات جانی، آسیب‌های فیزیکی و خسارات اقتصادی جبران‌ناپذیری شده که توسط برنامه‌ای تحت عنوان «مدیریت ریسک<sup>۲</sup>» می‌تواند کنترل شود [۱]. در حالت کلی فرایند مدیریت ریسک شامل ۴ گام به شرح ذیل می‌باشد:

۱. شناسایی، اندازه‌گیری و ارزیابی ریسک

۲. تعیین تکنیک‌های مناسب انجام مدیریت ریسک

۳. پیاده‌سازی

۴. نظارت و بازخورد

در این پژوهش به گام اول مدیریت ریسک یعنی فرایند شناسایی، اندازه‌گیری و ارزیابی ریسک پرداخته شده است. با توجه به دلایل ذکر شده، به منظور پیاده‌سازی تصمیمات مهم در صنعت، نیازمند به انجام ارزیابی کیفی و کمی ریسک با هدف بررسی ضرورت انجام تغییر و خطرات احتمالی ناشی از آن، بیش‌ازپیش احساس می‌شود. همچنین به منظور رقابتی ماندن در بازارهای انرژی، مدیران نیروگاه‌های هسته‌ای باید ریسک‌های مرتبط با ایمنی، اقتصاد و تولید (برق) را به شیوه‌ای مؤثر و یکپارچه در هنگام تصمیم‌گیری‌ها پیاده‌سازی کنند. [۲]

در بیان تعریف، به تلفیق احتمال یک مخاطره و پیامدهای (شدت) آن مخاطره، ریسک می‌گویند. به‌طور کلی هر وضعیت واقعی یا بالقوه که می‌تواند باعث صدمه، بیماری یا مرگ افراد، آسیب یا تخریب و یا از دست دادن تجهیزات و دارایی سازمان شود، مخاطره نامیده می‌شود و به نتیجه قابل انتظار از لحاظ درجه صدمه، آسیب به اموال و یا دیگر موارد مضر می‌باشد. مفهوم ذاتی ریسک شامل فرصت‌ها و تهدیدها بوده و حوزه‌های مختلف مانند اقتصاد، مهندسی، تجزیه و تحلیل ایمنی تعاریف خاص‌تری از ریسک دارند که هر کدام نگرش متفاوتی به مدیریت ریسک دارند اما همگی احتمال وقوع و پیامدهای ریسک را در نظر می‌گیرند [۲]. به بیان دیگر، به رویداد و یا وضعیت نامعلوم که در صورت وقوع می‌تواند پیامدهای مثبت یا منفی برای فرآیند مدنظر داشته باشد، ریسک می‌گویند. مفهوم ریسک بیانگر هرگونه تغییری است که امکان بروز آن به‌طور طبیعی وجود داشته و می‌تواند آثار نامطلوبی به دنبال داشته باشد.

فرایند ارزیابی ریسک قسمتی از «مدیریت ریسک» است که طی آن همه‌ی ابعاد ریسک‌های فعالیت یا فرآیند مورد نظر در قالب شاخص‌ها و معیارهای مختلف بررسی و نتیجه‌ی آن با توجه به نوع ارزیابی ریسک (کیفی، کمی و یا ترکیبی بودن) به‌منظور تصمیم‌گیری نهایی جهت پیاده‌سازی در نیروگاه اتمی مشخص می‌شود. با پیشرفت روزافزون علم، فرایند ارزیابی ریسک در نیروگاه‌های اتمی و صنایع مختلف توسعه‌یافته و نرم‌افزارهای مختلفی نیز برای این منظور تهیه گردیده است. هر صنعت با توجه به نیازمندی‌های خود شاخص‌هایی را تعیین و به پیاده‌سازی آن بر اساس ارزندگی، امتیاز کسب‌شده و سطح مخاطرات می‌پردازد.

مطالعه به‌منظور تبیین مدیریت ریسک پروژه‌ها به پس از آغاز جنگ جهانی دوم باز می‌گردد. محققان بسیاری مانند کراکفورد ۱۹۸۲، ویلیامز و هینز ۱۹۹۵ منشأ مدیریت ریسک مدرن را بین سال‌های ۱۹۵۵ تا ۱۹۶۴ می‌دانند. اولین

کتاب در زمینه‌ی انجام فرایند مدیریت ریسک نیز توسط هجرت در سال ۱۹۶۳ و ویلیامز و هینز در سال ۱۹۶۳ منتشر شد. این کتاب ریسک مالی پروژه‌ها را در نظر نمی‌گرفتند و سایر ریسک‌های مرتبط با توسعه را در نظر می‌گرفتند [۳]. در سال‌های پس از جنگ جهانی دوم و با پیشرفته‌تر شدن طراحی راکتورها، روش جدیدی برای فرایند ارزیابی ریسک پدیدار شد. روشی که در دهه ۱۹۴۰ و پس از پروژه منهن گسترش یافته بود، به مرور توسعه پیدا کرده که در نهایت با استفاده از محاسبات احتمالاتی شکست سیستم‌ها و زیرسیستم‌ها، احتمال وقوع حادثه تخمین زده می‌شود. این روش در دهه ۱۹۷۰ به طور کامل توسعه یافت و تحت عنوان ارزیابی احتمالاتی ریسک<sup>۳</sup> شناخته شد. [۴] تجزیه و تحلیل ریسک از سال ۱۹۹۰ به بعد مسیر طولانی را طی کرده است و بدین ترتیب، ارزیابی ریسک با گذر زمان توسعه یافته و آرام آرام به تمامی حوزه‌ها ورود پیدا کرده است.

تحقیقات ثابت کرده که رویکرد مدیریت یکپارچه‌ی ریسک دارای پنج مزیت اصلی به شرح ذیل می‌باشد:

۱. معیارهای واضح‌تر برای تصمیم‌گیری‌های مهم پیش از انجام پروژه‌ها؛
۲. استفاده‌ی مؤثر از سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده در زمان انجام تحلیل‌های PSA؛
۳. اطلاع از هزینه‌ها و نوآوری‌ها به منظور ایجاد توازن (مدیریت) بین ایمنی، تولید و هزینه؛
۴. بهبود ارتباطات - ارتباط مؤثر داخلی بین تمام سطوح سازمان بهره‌بردار و نیروگاه‌های هسته‌ای؛
۵. تمرکز بر ایمنی - حصول اطمینان از تمرکز یکپارچه بر ایمنی، تولید و اقتصاد.

دسته‌بندی‌ها و شاخص‌های ارزیابی ریسک متفاوتی به منظور انجام فرایند ارزیابی ریسک در یک نیروگاه هسته‌ای تعیین شده است. در یک طبقه‌بندی رایج توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی، ریسک‌ها به چهار دسته‌ی ریسک‌های مرتبط با ایمنی، تجاری/مالی، تولید/بهره‌برداری و استراتژیک تقسیم شده‌اند [۲]. در دسته‌بندی جدیدتر که در سال ۲۰۱۵ توسط سازمان بهره‌برداران نیروگاه‌های اتمی دنیا (وانو)<sup>۴</sup> ارائه گردید، شاخص‌های ارزیابی ریسک به ۸ دسته‌ی ریسک-های تولید، بهره‌برداری، رادیولوژیکی، هسته‌ای، تجاری، مدیریت پروژه، محیط‌زیست و ایمنی صنعتی تقسیم شده است [۵]. در دسته‌بندی دیگری که توسط نظام ایمنی هسته‌ای ایالات متحده بیان گردیده، ریسک‌ها به ۳ دسته‌ی ریسک‌های بیمه، مالی و غیرمالی تقسیم گردیده است. ریسک‌های بیمه به سه دسته‌ی (ریسک حق بیمه و مقررات، ریسک تجمع دارایی، ریسک فجایع ناگهانی)، ریسک‌های مالی به ۴ دسته‌ی (ریسک بازار، ریسک اعتباری، ریسک ذوب شدن سرمایه، ریسک متنوع نبودن دارایی‌ها و بدهی‌ها) و ریسک‌های غیرمالی نیز به ۳ دسته‌ی ریسک‌های بهره‌برداری، ریسک‌های استراتژیک و ریسک اعتبار تقسیم می‌شوند [۶].

## ۲. روش کار

جهت انجام فرایند ارزیابی ریسک، می‌بایست ابتدا شاخص‌های ریسک در نیروگاه تعیین و سپس برای هر کدام از شاخص‌ها، معیار مشخص تعریف شده و براساس آن معیارها، فرایند ارزیابی ریسک انجام شود.

### ۱.۲. تعیین شاخص‌های ریسک

به منظور انجام فرایند ارزیابی ریسک یک نیروگاه اتمی، می‌بایست شاخص‌هایی با توجه به نیازهای نیروگاه اتمی در نظر گرفته بشود. به منظور استخراج شاخص‌های ارزیابی ریسک نیروگاه‌های اتمی در ایران، پس از بررسی‌های فراوان ۶ شاخص به شرح ذیل لحاظ گردید:

<sup>۳</sup> Probabilistic Risk Assessment (PRA)

<sup>۴</sup> World Association Of Nuclear Operators (WANO)

۱. **ریسک هسته‌ای:** احتمال ذوب قلب یا انتشار مواد رادیواکتیو که به دلیل عدم توانایی در حفظ یکپارچگی سدهای موجود در مقابل محصولات شکافت که به‌منظور حفاظت از سلامت و ایمنی کارکنان نیروگاه و مردم طراحی شده است، می‌باشد.
۲. **ریسک پرتویی:** احتمال قرار گرفتن در معرض اثرات مضر برای سلامتی که ناشی از دز یا آلودگی داخلی یا خارجی باشد و یا تأثیر بر محیط‌زیست ناشی از پیامدهای مستقیم قرارگیری در معرض پرتو یا مواد رادیواکتیو را گویند.
۳. **ریسک قابلیت اطمینان بهره‌برداری:** احتمال بروز حوادث ناگوار نیروگاه شامل گذراها، اسکرم و تریپ توربین، آسیب به اجزا، از دست دادن افزونگی یا تنوع سیستم‌های ایمنی، فراتر رفتن از حد مجاز خارج از سرویس بودن تجهیزات یا فراتر رفتن از حدود مقادیر تجمعی در دسترس نبودن تجهیزات و مقادیر قابلیت اطمینان سیستم‌ها و تجهیزات را می‌گویند.
۴. **ریسک تولید و هزینه‌ها:** احتمال کاهش تولید، افزایش زمان خروج از سرویس واحد، افزایش غیرمعمول هزینه‌های تعمیر و نگهداری و خرابی طولانی مدت تجهیزاتی که منجر به افزایش ریسک از دست رفتن تولید می‌شود.
۵. **ریسک ایمنی صنعتی:** احتمال آسیب به انسان یا مرگ به دلیل مخاطرات صنعتی به‌جز مخاطرات پرتویی وارده را می‌گویند.
۶. **ریسک محیط‌زیست:** احتمال تولید و نشر فاضلاب و پسماندهای گاز، مایع و جامد به‌جز مواد رادیواکتیو به محیط‌زیست که منجر به بروز هرگونه تغییرات در محیط‌زیست شود را گویند.

## ۲.۲. تعیین معیارهای شاخص‌های ریسک

تحلیل ریسک می‌تواند بسته به مقصود و در دسترس بودن و اعتبار اطلاعات و منابع، با درجات مختلفی از جزئیات و پیچیدگی انجام شود. بسته به شرایط و کاربرد مورد نظر، تکنیک‌های تحلیل ریسک می‌تواند کمی، کیفی یا ترکیبی از آن‌ها باشد [۷]. تحلیل ریسک کمی اطلاعات عینی‌تر و داده‌های دقیق‌تری نسبت به تحلیل کیفی ارائه می‌دهد. هدف از تجزیه و تحلیل کمی ریسک این است که احتمال و تأثیر یک ریسک را به کمیت قابل اندازه‌گیری تبدیل کند و یک رویکرد کمی برای تصمیم‌گیری در مواقع عدم قطعیت ارائه دهد. فرایند ارزیابی ریسک، هزینه واقع‌بینانه و قابل دستیابی و نیز محدوده اهداف یا برنامه را مشخص می‌کند. با توجه به اهمیت فرایند ارزیابی کمی ریسک در تصمیم‌گیری تأیید و یا عدم تأیید تغییرات، بهتر است تا برای کلیه شاخص‌های فرایند ارزیابی ریسک، معیار کمی تعریف شده تا با استفاده از این معیارها فرایند ارزیابی ریسک به‌صورت کاملاً دقیق انجام شود. در این پژوهش بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، برای شاخص ریسک هسته‌ای معیارهای کمی تعریف شده و همچنین روش استفاده از معیارهای کیفی برای دیگر شاخص‌های ریسک مطرح شده است.

به‌منظور انجام فرایند ارزیابی ریسک، می‌بایست فرم‌ها و سؤال‌هایی در زمینه فرایند ارزیابی ریسک برای هر شاخص طرح و در خصوص تغییرات مدنظر پرسیده شود. در گام بعدی بایستی پاسخ‌های سؤال‌ها از طریق جداول مربوط به نتیجه‌ی ارزیابی کیفی و کمی ریسک‌ها بررسی و مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت نبود ریسک و ارزندگی، انجام آن تغییر تأیید خواهد شد. جدول ۱ بخشی از سؤال‌های فرایند ارزیابی کیفی ریسک را نشان داده که مربوط به شاخص محیط‌زیست می‌باشد. این جداول براساس معیارهای ریسک محیط‌زیست تکمیل خواهد شد.

## جدول ۱. نمونه‌ای از سؤالات ارزیابی کیفی ریسک محیط‌زیست

سؤال	پاسخ	توضیح
۱- آیا تصمیم فنی باعث تغییر در میزان تولید فاضلاب و پسماندها می‌شود؟	بلی / خیر	
۲- آیا تصمیم فنی بر تجهیزات محدودکننده تولید فاضلاب و پسماندها تأثیرگذار است؟	بلی / خیر	
۳- آیا در حین انجام تصمیم فنی، مواد مضر و خطرناک در اماکن نیروگاه قرار داده شده یا جابجا می‌شود؟	بلی / خیر	
۴- آیا تصمیم فنی منجر به تغییر در میزان نشر ذرات معلق، گازها و مایعات به محیط‌زیست می‌شود؟	بلی / خیر	
۵- آیا تصمیم فنی بر تجهیزات محدودکننده نشر ذرات معلق، گازها و مایعات تأثیرگذار است؟	بلی / خیر	

در خصوص انجام ارزیابی ریسک تغییرات، معیارهای «تغییرات فرکانس ذوب قلب<sup>۵</sup> CDF» و «تغییرات فرکانس نشت بزرگ زود هنگام<sup>۶</sup> LERF» به صورت کمی جهت شاخص ریسک هسته‌ای تعیین شده ولی در خصوص دیگر شاخص‌های ریسک، تنها نحوه در نظر گرفتن معیار ریسک کیفی برای آنها تعیین شده است. این دو معیار به صورت زیر تعریف می‌شوند:

### ✓ فرکانس ذوب قلب (CDF)

مجموع فرکانس حوادثی که منجر به آسیب به قلب بشود را فرکانس ذوب قلب می‌گویند. این مقدار، مبنای دریافت مجوز ساخت، راه‌اندازی و بهره‌برداری از بسیاری از نیروگاه‌های اتمی بوده بطوریکه جهت دریافت مجوزهای مذکور، لازم است مقدار این فرکانس کمتر از مقدار حد پذیرش تعریف شده برای ایمنی توسط نظام ایمنی هسته‌ای یعنی مقدار  $1E-05/y$  باشد.

### ✓ فرکانس نشت بزرگ زود هنگام (LERF)

مجموع فرکانس حوادثی که منجر به نشت زود هنگام مواد رادیواکتیو از محفظه ایمنی راکتور رخ می‌دهد را فرکانس نشت بزرگ زود هنگام می‌گویند. این نشت مواد ناشی از بای پس شدن و یا خرابی (نشت از آن) آن در طی ساعات اولیه وقوع حوادث وخیم می‌باشد. ساعات اولیه، مقدار مشخصی نداشته اما به مدت زمانی اطلاق می‌شود که در طی آن اجرای اثر بخش برنامه مقابله با شرایط اضطراری (تخلیه جمعیت)، امکان پذیر نباشد. این مقدار، مبنای دریافت مجوز ساخت، راه‌اندازی و بهره‌برداری از بسیاری از نیروگاه‌های اتمی بوده بطوریکه جهت دریافت مجوزهای مذکور، لازم است مقدار این فرکانس کمتر از مقدار حد پذیرش تعریف شده برای ایمنی یعنی مقدار  $1E-06/y$  باشد. معیارهای کمی مربوط به شاخص ریسک هسته‌ای با استفاده از جداول ۲ و ۳ تعیین می‌شود.

در انجام فرایند ارزیابی کیفی ریسک پس از پاسخ دادن به سؤالات جدول ۱، بایستی با استفاده از ماتریس ریسک (شکل ۱) حدود ریسک انجام تغییر را بررسی و میزان ریسک تغییر را تعیین کرد. پس از سنجش میزان ریسک، می‌بایست نتیجه‌ی ارزیابی کیفی سایر شاخص‌ها (به جز شاخص هسته‌ای) را به شرح ذیل از جدول ۴ تعیین کرد. به عنوان مثال، با

توجه به شکل ۱ در صورتی که شدت رویداد بی‌نهایت و احتمال آن تقریباً قطعی باشد، انجام آن تغییر دارای ریسک بسیار بالا خواهد بود و ممکن است عواقب جبران‌ناپذیری داشته باشد و در صورتی که احتمال وقوع آن نادر و شدت آن قابل اغماض باشد، انجام تغییر بلا مانع بوده و دارای ریسک کم خواهد بود.

**جدول ۲.** نتیجه ارزیابی کمی ریسک هسته‌ای از نقطه نظر معیار  $\Delta CDF$  ناشی از اجرای تغییر

ردیف	سطح ریسک	نتیجه ارزیابی
۱	$\Delta CDF \leq 0$	اجرای تغییر بدون انجام اقدام اصلاحی جدید مجاز است.
۲	$0 < \Delta CDF \leq 0.01 CDF_1$	تغییر به کمیته عالی ایمنی نیروگاه ارجاع داده شود.
۳	$0.01 CDF_1 < \Delta CDF$	اجرای تغییر تنها با انجام اقدام اصلاحی جدید مجاز است.

$CDF_1$ : مقدار فرکانس آسیب قلب، پیش از اجرای تغییر می‌باشد.

**جدول ۳.** نتیجه ارزیابی کمی ریسک هسته‌ای از نقطه نظر معیار  $\Delta LERF$  ناشی از اجرای تغییر

ردیف	سطح ریسک	نتیجه ارزیابی
۱	$\Delta LERF \leq 0$	اجرای تغییر مورد تأیید است.
۲	$0 < \Delta LERF \leq 0.01 LERF_1$	اجرای تغییر همراه با پذیرش ریسک مورد تأیید است.
۳	$0.01 LERF_1 < \Delta LERF$	اجرای تغییر مورد تأیید نیست.

$LERF_1$ : مقدار فرکانس نشت بزرگ زود هنگام مواد پرتوزا، پیش از اجرای تغییر می‌باشد.

**جدول ۴.** نتیجه ارزیابی کیفی ریسک‌های پرتویی، قابلیت اطمینان بهره‌برداری، تولید و هزینه، ایمنی صنعتی، محیط‌زیست

ردیف	سطح سایر ریسک‌ها	نتیجه ارزیابی
۱	دارای ریسک (پرتویی، ایمنی صنعتی، ...) بالا	اجرای تغییر مورد تأیید نیست.
۲	دارای ریسک (پرتویی، ایمنی صنعتی، ...) متوسط	اجرای تغییر همراه با پذیرش ریسک مورد تأیید است.
۳	دارای ریسک (پرتویی، ایمنی صنعتی، ...) کم	اجرای تغییر مورد تأیید است.

قابل اغماض	کم	متوسط	بسیار بالا	بی‌نهایت
متوسط	متوسط	بالا	شدید	تقریباً قطعی
متوسط	متوسط	متوسط	بالا	احتمالاً
قابل تحمل	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
ناچیز	قابل تحمل	متوسط	متوسط	بعید
ناچیز	ناچیز	قابل تحمل	متوسط	نادر

شکل ۱. ماتریس ریسک

### ۳. نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی نحوه پیاده‌سازی فرایند ارزیابی ریسک در نیروگاه‌های اتمی پرداخته شد. بدین منظور ابتدا شاخص‌های جهانی ارائه شده برای انجام فرایند ارزیابی نیروگاه‌های اتمی معرفی و سپس بر اساس مطالعه منابع مختلف، شاخص‌های ضروری ارزیابی ریسک برای نیروگاه‌های اتمی ایران استخراج گردید. در بین این شاخص‌ها، شاخص ریسک هسته‌ای به صورت کمی و از طریق معیارهای  $\Delta CDF$  و  $\Delta LERF$  ارزیابی خواهد شد. ولی در خصوص دیگر شاخص‌ها شامل پرتویی، قابلیت اطمینان بهره‌برداری، تولید و هزینه، ریسک ایمنی صنعتی و ریسک محیط‌زیست تنها نحوه در نظر گرفتن معیار ریسک کیفی پیشنهاد گردید. به منظور انجام ارزیابی ریسک شاخص‌های فوق، بایستی در ابتدا با توجه به سؤال‌های

مطرح‌شده، وضعیت وجود و یا عدم وجود ریسک‌های مرتبط با انجام فعالیت یا تغییر برای هر شاخص بررسی گردیده، سپس با استفاده از ماتریس ریسک برای هر معیاری که در آینده در نظر گرفته خواهد شد، میزان سطح ریسک هر شاخص بررسی شده و در نهایت توسط جداول نتیجه‌گیری، در خصوص انجام یا عدم انجام آن فعالیت یا تغییر تصمیم‌گیری شود.

#### ۴. مراجع

- 1- Gheorghe, A.V., Masera, M., Weijnen, M., De Vries, L., Critical Infrastructures at Risk, Springer Publishing, 2006.
- 2- Considerations regarding risk management of nuclear power plant as a critical infrastructure, Petronela Cristina SIMION, Cristian-Aurelian POPESCU, ISSN 1454-2358.
- 3- Dionne, G. (2013). Risk management: History, definition, and critique. Risk management and insurance review, 16(2), 147-166. .
- 4- Carlisle, R. P. (1997). Probabilistic risk assessment in nuclear reactors: engineering success, public relations failure. Technology and culture, 38(4), 920-941. .
- 5- Risk Management Challenges, WANO, SOER 2015-2, November 2015 .
- 6- RISK MANAGEMENT POLICY OF JSC RC NRC, DATE 12.2016.
- 7- Risk Management- Risk Assessment Technique, Edition 2, 2019-06 - IEC31010.