

## کاهش آسیب پذیری و تداوم کارکرد تحت نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک

حمید فروزان<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۰

### چکیده

آسیب پذیری ها در فرایند نگهداری و تعمیرات مانند سایر فرآیندهای یک سازمان اثرات منفی دارند و راهبرد انتخابی در نگهداری و تعمیر نتایج مثبتی برای ما به همراه دارند که به طور بالقوه می توانند بر دستیابی به اهداف نگهداری و تعمیرات سازمانها تأثیر بگذارند. نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک به فرآیند شناسایی، تحلیل و پاسخ به عوامل خطر ساز گفته می شود که در طول عمر یک پروژه یا فرایند ممکن است رخ بدهد. هدف این پژوهش استفاده از روش تحلیل ریسک در انتخاب راهبرد مناسب نگهداری و تعمیر در سازمان بوده که حداقل آسیب پذیری را به همراه تداوم کارکرد و مدیریت منابع به همراه داشته باشد. روش انجام تحقیق توصیفی - تحلیلی با رویکرد آمیخته است. نتایج تحقیق که از طریق تحلیل محتوا در بخش کیفی و تحلیل آمار توصیفی و استنباطی در بخش کمی انجام شده است نشان می دهد که پیاده سازی روش نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک علاوه بر این که می تواند از بروز حوادث فاجعه بار جلوگیری نماید، امکان افزایش بهره وری و تداوم کارکرد از طریق افزایش قابلیت اطمینان و کاهش آسیب پذیری به دلیل مشخص نمودن تجهیزات بحرانی و تحلیل ریسک از طریق سه ویژگی اصلی زیر را به همراه داشته باشد: ۱- روشی است که به موجب آن فرایندهای نگاهداشت دارایی ها بر مبنای ریسک و با نگاه (کاهش یا حذف شکست - تخصیص مناسب منابع) برنامه ریزی می شوند و سازمانها متناسب با این ویژگی راهبرد خود را در حوزه نت انتخاب می نمایند. ۲- میان احتمال شکست و پیامد آن تعادل ایجاد کرده و بر مبنای آن کمک می نماید که راهبرد مناسب برای نت سازمان انتخاب گردد. ۳- با بهبود مستمر، تلاش می کند تا سازمانها راهبردهای مناسب نت را با توجه به بازبینی فعالیت های نگاهداشت و پشتیبانی نگاهداشت اتخاذ نمایند.

**کلمات کلیدی:** کاهش آسیب پذیری - تداوم کارکرد - نگهداری و تعمیر - ریسک

## مقدمه

فرماندهی معظم کل قوا (مدظله العالی) می‌فرماید: روی تعمیر و نگهداری، سفارش مؤکد می‌کنم؛ امروز این وظیفه‌ای بسیار مهم برای شماست؛ فرصتی است برای بازسازی ابزار و تجهیزات و امکانات (بیانات ۱۳۷۰/۱۰/۱۲). داشتن نگرش راهبردی در حوزه نت<sup>۱</sup> می‌تواند تأثیرات بسیار مثبتی در کاهش آسیب‌پذیری و عملیاتی نگاه‌داشتن تأسیسات، تجهیزات و دستگاه‌ها داشته باشد. یکی از اهداف اصلی نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک<sup>۲</sup> به حداقل رساندن خرابی قطعات تأثیرگذار است. این رویکرد، از اطلاعات به دست آمده از مطالعه خرابی‌ها و پیامدهای آن‌ها استفاده می‌کند. تحلیل ریسک در نت روشی برای شناسایی، مشخص کردن، کمی کردن و ارزیابی زیان ناشی از یک رویداد است. ریسک، رویکرد تحلیل احتمال شکست و تحلیل پیامد را ادغام می‌کند. هدف این روش بهبود برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیر و تصمیم‌گیری با کاهش احتمال و عواقب خرابی تجهیزات است. این کار به گونه‌ای انجام می‌شود که تلاش‌های سازمان برای نگهداری و تعمیر برای به حداقل رساندن کل خطر خرابی بهینه شود (Krishnasamy, et.al., 2005). برای پیاده‌سازی RBM، سیستم به زیر سیستم‌ها تقسیم می‌شود. دسترسی به زیرسیستم‌ها با استفاده از تجزیه و تحلیل درخت خطا محاسبه می‌شود. نحوه خرابی هر یک از اجزاء در سیستم فرعی و تأثیر آن بر روی کل سیستم شناسایی خواهد شد. قدم بعدی یافتن اجزای حیاتی است. برای آن، روشی به نام شماره اولویت ریسک<sup>۳</sup> استفاده می‌شود. در مرحله ارزیابی ریسک، ریسک برآورد شده با معیار ریسک قابل قبول مقایسه می‌شود. بسته به ماهیت و نوع سیستم، یک معیار پذیرش ریسک خاصی را برای استفاده در موقعیت مورد نظر شناسایی می‌کنید. معیارهای ریسک پذیرش مختلفی در ادبیات موجود است مقدار RPN اگر برای یک جزء به طور ناچیزو بر زمان از کار افتادن کل سیستم تأثیر بگذارد، به عنوان ریسک قابل قبول در نظر گرفته می‌شود. در نهایت مقادیر تخمینی ریسک با معیارهای قابل قبول مقایسه

<sup>۱</sup> نگهداری و تعمیر<sup>۲</sup> Risk-based maintenance and repair (RBM)<sup>۳</sup> RPN (Risk Preference Number)

می‌شود. بنابراین مؤلفه‌های فرعی بیش از معیارهای قابل قبول به عنوان مؤلفه‌های حیاتی طبقه‌بندی می‌شوند. سپس مطالعه بر روی روش‌های به حداقل رساندن تمرکز می‌یابد. پیامدهای مربوط به این مؤلفه‌های حیاتی برای یک برنامه نگهداری و تعمیریهینه برآورد می‌شود تا با استفاده از آن میزان خرابی کاهش یابد و مجدداً پس از به‌کارگیری نگهداری و تعمیریهینه بر ریسک این محاسبات تکرار می‌گردد. این روش احتمال خرابی اجزای فرعی را نیز کاهش خواهد داد (Bertolini, et.al, ۲۰۰۹). این مقاله، ساختار دانشی لازم در مورد رویکردهای مدل‌سازی اعتماد، درمان عدم اطمینان و چالش‌های برجسته به ویژه چالش‌هایی که در آن ارزیابی خطرات دارایی‌ها با وابستگی‌های شکست تیده است را با ارزیابی ریسک و تصمیم‌گیری نگهداری و تعمیر ارائه می‌دهد.

### طرح مسئله

زیرساخت‌ها و تجهیزات هر سازمانی، بستر مهم حیات، رشد و پویایی آن سازمان به شمار می‌رود، کارکرد برخی از این زیرساخت‌ها و تجهیزات نقشی حیاتی در حفظ منافع آن سازمان و سطح ملی دارند. اختلال هرچند کوتاه مدت در عملکرد آن‌ها می‌تواند منجر به آسیب جدی در انجام خدمات، مأموریت و گاه امنیت ملی شود؛ از آنجاکه زیرساخت‌ها، جریانی به‌هم‌پیوسته از خدمات و پشتیبانی‌ها را برای تأمین نیازهای اساسی به سازمان موردنظر ارائه می‌دهند و آسیب یا اختلال در عملکرد و کارکرد آن‌ها می‌تواند قطع خدمات و تحقق مأموریت‌های کلیدی را در پی داشته باشد؛ از این رو نگهداری و تعمیریهینه بر ریسک، به عنوان یکی از جدیدترین روش‌های مشخص‌کننده انتخاب راهبردی مناسب برای نگهداری و تعمیر می‌تواند، در راستای کاهش شکست در زیرساخت‌ها و تجهیزات حیاتی و حفظ و تضمین تداوم ارائه خدمات و مأموریت‌های ضروری به بخش‌های مختلف سازمان کمک بسیار مؤثری را به عمل آورد. انتخاب بهترین راهبرد نگهداری و تعمیرات برای سازمان‌ها حائز اهمیت است. پژوهش‌هایی برای انتخاب بهترین راهبرد نگهداری و تعمیرات صورت گرفته است. بسیاری از محققان برای ارزیابی از متخصصان نت نظرخواهی کردند که نتایج نظرخواهی به صورت بیانی بوده و به صورت کمی ارائه نشده است. همچنین عدم قطعیت در نظرات وجود دارد. در نتیجه، نیاز به نت مبتنی بر ریسک برای تحلیل راهبردهای نگهداری و تعمیرات

احساس می‌شود. سؤالی که در این راستا مطرح می‌شود این است که، مهم‌ترین معیارهای ارزیابی نگهداری و تعمیرات برای انتخاب بهترین راهبرد در انجام نت یک سازمان چیست؟

## ادبیات و مبانی نظری

### ▪ پیشینه تحقیق

تاکنون در ارتباط با راهبردهای نگهداری و تعمیر در کشورهای مختلف پژوهش‌های زیادی منتشر شده است و پیشینه‌هایی که از آن بهره برده شده است به شرح زیر است:

افشار کاظمی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان ارائه مدل پیش‌بینی ریسک‌های بحرانی شبکه انتقال گاز، ضمن مدل‌سازی داده‌ها بر پایه داده کاوی «توصیفی» و «پیش‌بینی» و استفاده از الگوریتم‌های خوشه‌بندی و طبقه‌بندی به این نتیجه دست یافت که سیزده ریسک از ریسک‌های شبکه انتقال گاز بحرانی تشخیص داده شده‌اند که در این میان «انتشار گازهای آلاینده و مواد شیمیایی» و «عدم آموزش و توجیه نبودن پیمانکاران نسبت به موقعیت شبکه» به ترتیب بیش‌ترین و کمترین اولویت را دارد.

آقا بابایی (۱۳۹۴) در پژوهش خود با عنوان تدوین استراتژی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک با استفاده از آنالیز حالات شکست و اثرات آن به بررسی در مورد ماشین‌آلات دوار که به عنوان قلب تپنده صنایع فرایندی می‌باشند پرداخت و به دلیل وجود قطعات متحرک در آن‌ها باید (نت) صحیحی انجام گردد تا علاوه بر تداوم تولید، ایمنی فرایند و قابلیت اطمینان سیستم نیز حفظ گردد. وی به این نتیجه دست یافت که بیشتر سازمان‌ها روش منطقی و توجیه‌پذیری برای دوره زمانی انجام فعالیت‌های نت نداشته و به دستورالعمل سازنده اکتفا نموده و یا روشی را که قبلاً وجود داشته، ادامه می‌دهند. همچنین نت مبتنی بر ریسک یکی از رویکردهای جدید در نت بوده که علاوه بر منطقی نمودن زمان انجام فعالیت‌های نت باعث بهینه شدن هزینه‌ها و توجیه‌پذیر شدن اقدامات مرتبط با نت می‌گردد.

محمدفام و همکاران (۱۳۹۶)، در تحقیقی با عنوان تعیین استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک برای بهبود شاخص‌های ایمنی نشان دادند که استفاده هم‌زمان از سه معیار هزینه، ایمنی و قابلیت دسترسی در برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات می‌تواند به بهبود حوادث مرتبط با تجهیزات

منتهی شود. در نهایت الگوی حاضر می‌تواند کارایی و رقابت‌پذیری سازمان‌ها را با افزایش دسترس‌پذیری و کاهش هزینه‌های تجهیزات بهبود بخشد.

کی ران و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیق خود با عنوان ارزیابی قابلیت اطمینان و نگهداری مبتنی بر ریسک در یک کارخانه فرآیندی، استراتژی‌های نگهداری و تعمیر و عملکرد شیوه نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک و تأثیر آن بر قابلیت اطمینان عملیاتی از کارخانه را بررسی نمودند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که این روش در شناسایی تجهیزات حیاتی و بهبود تداوم کارکرد سیستم موفق است. ارزیابی ریسک اجزای مختلف در سیستم راه را برای شناسایی اجزای حیاتی هموار می‌کند. بنابراین آن‌ها نشان دادند که تمرکز بر اجزای حیاتی به جای بررسی تمام اجزای سیستم دارای مزیت‌های بهینه نمودن استفاده از منابع نگهداری و تعمیر، افزایش عملکرد ماشین‌آلات، افزایش تولید بوده و کارایی کل سیستم را بهبود می‌بخشد.

ژویانگ تان<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق خود با عنوان ارزیابی استراتژی تعمیر و نگهداری با استفاده از بازرسی مبتنی بر ریسک، از روش بازرسی مبتنی بر ریسک برای ارزیابی استراتژی نگهداری و تعمیر در فرآیند صنعتی یکی از واحدهای پالایشگاه نفت استفاده نمودند. در انجام این پژوهش احتمال و پیامد حادثه یا شکست به ترتیب تحت حمایت کدهای خاص ریسک مورد بررسی قرار گرفتند. تمامی تجهیزات این واحد بر اساس تجزیه و تحلیل انجام‌شده به پنج منطقه خطر طبقه‌بندی شدند. از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای انتخاب عملی‌ترین استراتژی تعمیر و نگهداری برای تجهیزاتی که در هر مقیاس رتبه‌بندی ریسک قرار داشت، استفاده گردید. برای تنظیم ساختار سلسله مراتبی و ارزیابی، چهار معیار اصلی برای قضاوت‌های زوجی تعریف شد و در نهایت، چهار استراتژی جایگزین برای مدیران سایت پیشنهاد گردید. نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از این روش و به کمک نرم‌افزار محاسباتی مناسب می‌توان فرآیند صنعتی با ۳۹۰ واحد را به سرعت ارزیابی کرد. در این روش تجهیزات به پنج سطح ریسک اصلی طبقه‌بندی شدند و مشاهده گردید که تنها دو واحد در مقیاس درجه‌بندی ریسک بحرانی قرار داشتند که نیاز به برنامه نگهداری و تعمیر ویژه دارد.

<sup>۱</sup>S. Kiran<sup>۲</sup>Zhaoyang Tan

داسیلوا و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با عنوان قابلیت اطمینان و نگهداری و تعمیر ریسک محور (یک روش جدید برای حمایت از مدیریت نگهداری و تعمیر)، ضمن تأکید بر اینکه برنامه‌ریزی صحیح نگهداری و تعمیر برای کمک به مدیریت نت ضروری است، اطمینان از الزامات کیفیت، کنترل ایمنی و محیط‌زیست خطرات مرتبط با دارایی‌های فیزیکی را به عنوان ابزار پشتیبانی برای توسعه استراتژی‌های نگهداری و تعمیر بیان می‌کند. تحقیق نشان می‌دهد که استراتژی‌های نت مبتنی بر قابلیت اطمینان و نت مبتنی بر ریسک اغلب به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و در حال حاضر

در چندین سازمان استفاده می‌شود. نویسندگان این مقاله یک روش جدید را پیشنهاد می‌کنند که به‌طور مؤثر RCM و RBM را ادغام می‌کند. این تحقیق به سازمان‌ها اجازه می‌دهد که با راهبرد ترکیبی قابلیت اطمینان و نت مبتنی بر ریسک عملکرد نگهداری و تعمیر سازمان را بهبود بخشند. طرح‌هایی که ضمن در نظر گرفتن اولویت‌بندی دارایی‌های فیزیکی، قابلیت اطمینان دارایی‌های فیزیکی و خطرات مرتبط با خرابی‌های عملکردی بالقوه آن‌ها را تضمین می‌کند. روش پیشنهادی از طریق مطالعه موردی یک نیروگاه برق آبی احصاء گردیده است و نتایج تحقیق به توسعه و اجرای برنامه‌های نگهداری و تعمیر را برای افزایش اطمینان و کاهش ریسک و هزینه کمک می‌کند.

## ▪ مفاهیم و تعاریف

### راهبردهای نگهداری و تعمیر:

بر اساس نقاط ضعف (آسیب‌پذیری‌ها) و خطرهای شناسایی شده، تحلیل ریسک و تأثیرات خرابی‌ها بر عملکرد تجهیزات، راهبردهای مناسب برای نگهداری و تعمیرات تعیین می‌شوند که عبارت‌اند از: نت اصلاحی، نت پیش‌بینی شده، نت پیشگیرانه، نت مبتنی بر شرایط، نت مبتنی بر قابلیت اطمینان، نت بهره‌ور فراگیر و نت بهره‌ور فراگیر ناب (رمضانی، ۱۳۹۸).

آسیب‌پذیری<sup>۱</sup> میزان خسارات و صدماتی است که از عوامل و پدیده‌های بالقوه (تهدیدات) یا بالفعل خسارت‌زا به نیروی انسانی، تجهیزات و تأسیسات با شدت صفر تا صد درصد ناشی می‌گردد. (طرح راهبردی حفاظت از زیرساخت‌های کشور، ۱۴۰۱)

تداوم کارکرد<sup>۲</sup> توانایی ادامه تولید محصولات یا ارائه خدمات توسط زیرساخت‌ها در چارچوب زمانی موردپذیرش، قابل قبول و در حد ظرفیت از پیش تعیین شده، حین و پس از وقوع مخاطره امنیتی - نظامی، تداوم کارکرد گفته می‌شود. (همان)

حفاظت از زیرساخت<sup>۳</sup>: مجموعه تدابیر و اقدامات پدافند غیرعاملی که توانایی و آمادگی عملیاتی زیرساخت و تداوم کارکردهای آن و دستگاه‌های اجرایی مسئول برای پاسخ مؤثر به حوادث و سوانح ناشی از تهدیدات نظامی، تهدیدات امنیتی و تروریستی، تهدیدات سایبری زیرساختی و تهدیدات از درون دشمن پایه را افزایش می‌دهد به طوری که فعالیت آن حفظ گردیده و خسارات انسانی و مادی ناشی از آن را به حداقل می‌رساند. (همان)

#### نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک<sup>۴</sup>:

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک بر اساس شکست اولویت‌بندی می‌شوند. دارایی‌هایی که دارای ریسک بالاتری هستند و نتیجه شکست را حفظ می‌کنند بیشتر موردبررسی قرار می‌گیرند. دارایی‌هایی که دارای خطر کمتری هستند تحت برنامه‌های نگهداری کمتر سخت‌گیرانه قرار می‌گیرند. اجرای یک فرآیند نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک بدین معنی است که کل ریسک شکست در کل تسهیلات به حداقل ممکن رسیده است. برنامه‌های نظارت و نگهداری برای دارایی‌های خطرناک معمولاً برنامه‌های نگهداری مبتنی بر شرایط است. اولویت‌بندی فعالیت‌ها در نگهداری و تعمیر، یعنی تلاش نگهداری و تعمیر در سراسر یک سازمان بهینه شود تا خطر خرابی‌ها به حداقل ممکن برسد. بهینه‌سازی منابع، یعنی منابع نگهداری و تعمیر را به سمت دارایی‌هایی که بیشترین ریسک (خطرپذیری) را در صورت شکست دارند، اولویت می‌دهد. در RBM، فرآیند ارزیابی ریسک

<sup>۱</sup>Vulnerability

<sup>۲</sup>Business continuity

<sup>۳</sup>Infrastructure

<sup>۴</sup>Risk-based maintenance and repair

از طریق ساختار روند شناسایی، اولویت بندی و پس از آن فرمول بندی استراتژی های نگهداری مؤثر، نقش مهمی در تصمیم گیری در مورد نگهداری و تعمیر دارد. RBM روشی برای تشخیص ارجحیت نگهداری و تعمیرات با در نظر گرفتن ریسک است. در این روش ایمنی و نگهداری و تعمیرات به صورت یکپارچه در نظر گرفته می شود. اصولاً چارچوب RBM شامل دو بخش مختلف است که بخش اول آن شامل ارزیابی ریسک واحد و بخش دوم آن توجه به میزان ریسک برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات است. در فرایند ارزیابی ریسک پس از شناسایی دارایی های حیاتی ابتدا خطرات موجود شناسایی شده و سپس با انتخاب معیارهای مناسب، ریسک متناظر با خطرات تعیین می گردد. در مرحله بعد ریسک محاسبه شده با معیارهای از قبل تعیین شده مقایسه می شود. در صورتی که ریسک محاسبه شده بالاتر از حدود تعیین شده و قابل پذیرش باشد، طراحی و پیاده سازی اقدامات متناسب الزامی می شود. از آنجاکه طراحی و پیاده سازی یک راهبرد مناسب نگهداری و تعمیرات، می توان ریسک خرابی ها را کاهش داد، بنابراین فرآیند ارزیابی و مدیریت ریسک می تواند یک رویکرد بسیار مهم و حیاتی در راستای روش نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک قلمداد شود (Sarkar, et al. 2012). به همین دلیل جهت انتخاب بهترین راهبرد برای هر تجهیز، معیار ریسک نیز در محاسبات گنجانده شده است. این کار منجر به بهبود شاخص های ایمنی و نگهداری و تعمیرات می گردد. در تصمیم سازی ها، معیار ریسک اثرات ناشی از اتخاذ تصمیم در یک موضوع را بررسی می کند و قابلیت دسترسی یک نوع پیش بینی (انتخاب استراتژی مناسب) نسبت به آینده ارائه می دهد. فرایند ارزیابی ریسک نقش مهمی در تصمیم گیری در مورد نگهداری و تعمیر دارد، ابتدا از طریق ساختار، روند شناسایی و اولویت بندی دارایی های حیاتی مشخص و پس از محاسبه ریسک فرمول بندی استراتژی های نگهداری مؤثر انجام می شود. با این حال، اثربخشی استراتژی های اعمال شده تا حدی تحت تأثیر وابستگی های خرابی دارایی در طی فرایند ارزیابی ریسک است که مورد توجه قرار گرفته است. روش ارزیابی ریسک به طور عمده بستگی به عوامل متعدد مانند مدل سازی، وابستگی های شکست در دارایی های پویا و درمان عدم اطمینان مربوط به داده ها دارد. این



عوامل به طور پیوسته بر میزان اعمال روش‌های مختلف ارزیابی ریسک برای تصمیم‌گیری در مورد راهبرد نگهداری و تعمیر تأثیر می‌گذارند. (Kiran, et.al. 2016)

### اهمیت نگهداری و تعمیرات بر مبنای ریسک

- انجام محاسبات ریسک و در پی آن انجام نگهداری و تعمیرات برنامه‌ریزی شده، هزینه‌های سربار زیادی، خرابی تجهیزات بیشتر، هزینه‌های بیشتر برای قطعات و حمل و نقل و زمان زیاد در پاسخ به تشخیص خرابی تجهیزات را کم می‌کند.
- ایمنی بهبود می‌یابد، زیرا نگهداری و تعمیر بر روی تجهیزات با اهمیت بالا متمرکز می‌شود.
- خرابی دستگاه‌ها و ماشین‌الات قبل از وقوع مشخص می‌گردد همچنین باعث می‌شود خرابی‌ها، با برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات مناسب به حداقل برسد.
- تعمیر و نگهداری بر اساس ریسک، چرخه عمر مفید دارایی‌ها را افزایش می‌دهد.
- خرابی‌های غیر برنامه‌ریزی شده یک قاتل خاموش است. معیارها نشان می‌دهد که تعمیر و نگهداری غیرمجاز به طور معمول هزینه‌های نت را سه تا پنج برابر بیشتر از زمانی که برنامه‌ریزی درست در حوزه نگهداری و تعمیر انجام شده باشد برای سازمان ایجاد می‌کند (Rahimiyani, 2020).

### اهداف نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک

- بهینه‌سازی وظایف نگهداری و تعمیر و تخصیص مناسب منابع
- شناسایی سیستماتیک بحرانی بودن دارایی، حالت‌های خرابی و خطر شکست، برای ایجاد یک برنامه نگهداری و تعمیر است که خطر شکست را به حداقل می‌رساند.
- تلاش‌های نگهداری و تعمیر از دارایی‌های با کمترین خطر خرابی به دارایی‌های با بیش‌ترین خطر خرابی و شکست هدایت می‌شوند.

### استانداردهای مورد استفاده در نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک

الف: استاندارد iso31000 یک استاندارد بین‌المللی است که اصول و راهنمایی‌هایی را برای مدیریت ریسک ارائه می‌دهد. این استاندارد می‌تواند توسط هر سازمانی برای مدیریت هر نوع ریسک به کار گرفته شود. این استاندارد شامل سه بخش اصلی است: اصول، چارچوب و فرآیند. اصول فوق شامل چهارده عامل کلیدی هستند که باید در مدیریت ریسک رعایت شوند، مانند تعامل، تعبیه، پویایی و ارزش‌آفرینی. چارچوب شامل ساختار و فرهنگ سازمانی است که برای پشتیبانی از مدیریت ریسک لازم است و فرآیند شامل پنج مرحله است: تعریف محیط، شناسایی ریسک، تحلیل ریسک، ارزیابی ریسک و علاج ریسک. استفاده از استاندارد iso31000 می‌تواند به سازمان‌ها کمک کند تا احتمال دستیابی به اهداف خود را افزایش دهند، فرصت‌ها و تهدیدات را بهتر شناسایی کنند و منابع خود را به‌طور مؤثر برای علاج ریسک به کار ببرند. همچنین، استاندارد فوق یک معیار جهانی را برای سازمان‌ها فراهم می‌کند تا بتوانند عملکرد خود در زمینه مدیریت ریسک و حاکمیت شرکت را با آن مقایسه کنند (IEC 31010, Risk management).

ب: استاندارد mil-std-1629a یک استاندارد نظامی است که روش‌هایی را برای انجام تحلیل حالت خرابی، اثرات و اهمیت ارائه می‌دهد این تحلیل به بررسی و مستندسازی تأثیر هر خرابی عملکردی یا سخت‌افزاری بر موفقیت مأموریت، ایمنی افراد و سامانه، عملکرد سامانه، قابلیت نگهداری و نیازهای نگهداری می‌پردازد. این استاندارد نیز شامل سه بخش است: اصول، چارچوب و فرآیند. اصول شامل هشت عامل کلیدی هستند که باید در انجام تحلیل حالت خرابی، اثرات و اهمیت رعایت شوند، مانند تعامل، تعبیه، پویایی و ارزش‌آفرینی. چارچوب شامل ساختار و فرهنگ سازمانی است که برای پشتیبانی از تحلیل حالت خرابی، اثرات و اهمیت لازم است و فرآیند که شامل پنج مرحله است: تعریف محیط، شناسایی حالت خرابی، تحلیل حالت خرابی، ارزیابی حالت خرابی و علاج حالت خرابی. استفاده از استاندارد mil-std-1629a می‌تواند به سازمان‌ها کمک کند تا روش طراحی خود را بهبود بخشند، ریسک‌های محتمل را کاهش دهند و منابع خود را به‌طور مؤثر برای درمان حالت خرابی به کار ببرند. همچنین، این استاندارد یک معیار جهانی را برای

سازمان‌ها فراهم می‌کند تا بتوانند عملکرد خود در زمینه تحلیل حالت خرابی، اثرات و اهمیت و حاکمیت شرکت را با آن مقایسه کنند. (MIL-STD-1629A, MILITARY STANDARD)

### روش‌های مدیریت ریسک

مدیریت ریسک به معنای شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌های مرتبط با عملکرد، ایمنی، محیط‌زیست و اقتصاد دارایی‌های فیزیکی است. مدیریت ریسک به چندین صورت انجام می‌شود:

- ✓ تحلیل حالت خرابی، اثرات و اهمیت<sup>۱</sup>: این تحلیل به بررسی و مستندسازی تأثیر هر خرابی عملکردی یا سخت‌افزاری بر موفقیت مأموریت، ایمنی افراد و سامانه، عملکرد سامانه، قابلیت نگهداری و نیازهای نگهداری می‌پردازد. همچنین به تعیین سطح اهمیت هر خرابی بر اساس شاخص‌های آماری چون فراوانی، شدت و تشخیص پذیری می‌پردازد.
- ✓ تعریف سطح قابل‌پذیرش خرابی<sup>۲</sup>: این تعریف به تعیین حداکثر سطح خراب‌شدگی که قابل قبول است و در صورت رعایت آن، عملکرد دارایی به رضایت کاربر برسد، دارد و به تصمیم‌گیری درباره نوع و زمان نگهداری مناسب کمک می‌کند.
- ✓ تعامل با دستورالعمل‌های قانونی و استانداردهای صنعت: این تعامل به رعایت الزامات قانونی و استانداردهای صنعتی در زمینه نگهداری، ایمنی، کیفیت و حفاظت از محیط‌زیست کمک کرده و همچنین به بروز رسانی استراتژی‌های نگهداری با توجه به تغییرات قوانین و استانداردها کمک می‌کنند (Zakharova, 2023).

### ضرورت نگرش راهبردی در نظام نگهداری و تعمیر

با مقایسه نگرش مدیران راهبردی در مقایسه با نگرش مدیران عملیاتی مطابق جدول ۶ می‌توان این‌گونه بیان نمود:

- با توجه به پویایی نظام نگهداری و تعمیر، باید بین وضعیت ثابت و ساکن از یک‌سو و نظام در حال گذار از سوی دیگر تمایز قائل شد.
- باید راهبردهایی با بازه زمانی مشخص تدوین شوند که تناسب بیشتری با بسترهای

<sup>۱</sup>FMECA

<sup>۲</sup>FSL

جدید نت در سطح ملی و جهانی داشته باشند.

➤ علاوه بر عوامل داخلی تأثیرگذار، عوامل خارجی نیز به علت تأثیری که بر پویایی نظام نت می‌گذارند مهم بوده و می‌بایست در تحلیل‌ها، اثرات آن‌ها در نظر گرفته شوند.

جدول-۶: مقایسه نگرش راهبردی و عملیاتی

| ردیف | نگرش راهبردی  | نگرش عملیاتی  |
|------|---|---|
| ۱    | تأکید بر کار درست انجام دادن (اثربخشی)                                  | تأکید بر درست انجام دادن کار (کارایی)                       |
| ۲    | تأکید بر منافع آینده  | تأکید بر منافع فعلی   |
| ۳    | ساختار و شرایط محیطی متغیر است  | ساختار ثابت و شرایط محیطی نسبتاً ثابت                       |
| ۴    | روش‌های غالباً نو و تازه به عرضه گذاشته شده است                         | روش‌های کار نوعاً و غالباً متکی بر تجربه و دستاوردهای گذشته |
| ۵    | توانایی و مهارت‌های ادراکی و بینش عمیق و همه جانبه مدیر ارشد کارساز است | توانایی و مهارت‌های تخصصی فنی مدیران کارساز است             |
| ۶    | عملکرد مدیر در بلند مدت مشخص می‌شود                                     | عملکرد مدیر در زمان کوتاه مشخص می‌شود                       |
| ۷    | بر محیط داخل و خارج اثر می‌گذارد  | متمرکز بر محیط داخلی است                                    |

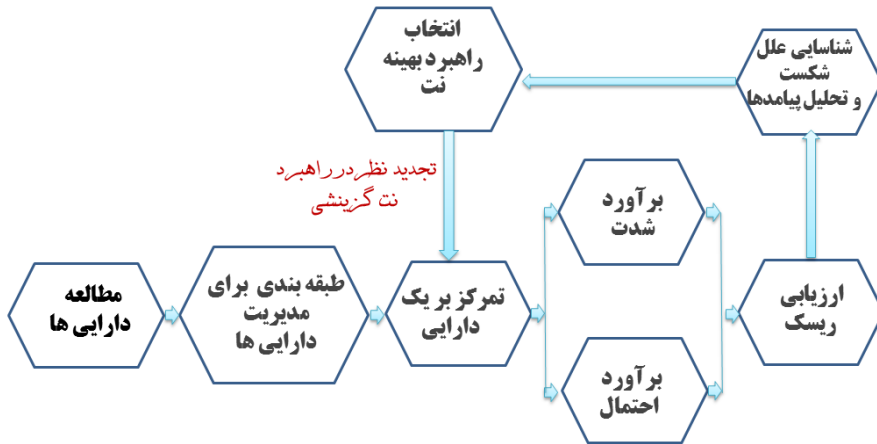
(حسن بیگی، ۱۳۹۰، ۹۲)

### تجزیه و تحلیل درخت خطا در ریسک

تجزیه و تحلیل درخت خطا یک تحلیل قیاسی است که در آن علل یک رویداد استنتاج می‌شود نشان می‌دهد که چگونه خرابی تجهیزات، خطای انسانی و عوامل خارجی در بروز یک خرابی یا رویداد نقش داشته دارند (Gharahasanlou, et.al. 2014). درخت خطا برای دروازه‌ها و رویدادهای کوچک و ارائه مسیر شکست‌ها از طریق مراحل مختلف ساخته می‌شود. علت‌های رویداد خاص اصلی و رویداد مهم‌تر را می‌توان از رویدادهای میانی مختلف پیدا کرد. هدف اصلی نگهداری مبتنی بر ریسک تخصیص عاقلانه منابع نگهداری بر مبنای شناخت تجهیزات بحرانی، ارزیابی ریسک و تداوم کارکرد است. با انجام این کار، اجزایی که حیاتی هستند تمرکز بیشتری دارند. این روش شامل دو

مرحله است؛ ارزیابی ریسک و برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیر بر مبنای ارزیابی خطر، که مرحله اصلی نگهداری مبتنی بر ریسک است (Arassi, et. al. 2015). ارزیابی خطر برای جلوگیری از شکسته‌ای احتمالی و پیامدهای خطرناک اساسی و اقدامات پیشگیرانه برای اجرای بعد هستند. زیرساخت‌ها و تجهیزات در معرض منابع مختلف فرسودگی از جمله عوامل محیطی، عمر زیاد یا دخالت شخص ثالث هستند. برای حفظ یکپارچگی عملکرد تجهیزات، باید اقدامات نگهداری و تعمیر کافی انجام شود. در سازمان‌های مختلف پدیده‌های اختلال زایی زیادی وجود دارد که در واقع عمدتاً توسط شکست دارایی‌ها ایجاد می‌شود (محمدفام و همکاران، ۱۳۹۶).. هدف رویکردهای RBM به حداقل رساندن احتمال شکست سیستم است، در حالی که فعالیت‌های مرتبط با مسائل ایمنی عواقب آن را با یکپارچه‌سازی نگهداری و تعمیر کاهش می‌دهد. بنابراین، برنامه‌ریزی RBM منجر به تمرکز تلاش‌های نگهداری و تعمیر بر روی اجزای مرتبط با خطر بالا، که بیشتر از دستگاه‌های کم‌خطر نیاز به نگهداری دارند، نگهداری می‌شوند. روند استفاده از محاسبات سطح ریسک به عنوان معیاری برای برنامه‌ریزی وظایف نگهداری و تعمیر، نشان می‌دهد که مطالعات بر روی یک نوع تجهیزات خاص که برای صنعت مورد نظر حیاتی بوده متمرکز شده است. تجزیه و تحلیل ریسک و تحلیل پیامدها در مراحل مختلف تحلیل سعی می‌کند به اشتباهاتی که منجر به خرابی سیستم می‌شود، چگونگی امکان اشتباه، احتمال وقوع و عواقب آن بپردازد. روش نگهداری مبتنی بر ریسک پیشنهادی باهدف کاهش خطر کلی است. نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک برای فعالیت‌های مختلف مجموعه‌ای از توصیه‌ها و وظایف (از جمله نوع، وسیله و زمان) را پیشنهاد می‌کند (Haijun, et. al. 2009).

## مدل مفهومی انتخاب راهبرد بر اساس نت مبتنی بر ریسک



شکل-۲: مدل مفهومی تحقیق

### روش تحقیق، تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌های تحقیق

این تحقیق از نوع کاربردی- توسعه‌ای و روش آن توصیفی-تحلیلی با رویکرد آمیخته است. اطلاعات تحقیق به دو روش کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری گردیده است، ابزار گردآوری در روش کتابخانه‌ای، فیش‌برداری و کتابخانه تخصصی و در بررسی میدانی، مصاحبه است. خلاصه اطلاعات کتابخانه‌ای در بخش پیشینه تحقیق ذکر گردید، به جهت جمع‌آوری اطلاعات کیفی، مصاحبه با ۱۰ نفر از خبرگان حوزه نت تا مرحله اشباع نظری در خصوص تأثیرگذاری ویژگی‌های نت مبتنی بر ریسک در انتخاب راهبردهای نگهداری و تعمیر سازمان‌ها به منظور کاهش آسیب‌پذیری و تداوم فعالیت انجام و به روش تحلیل محتوا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در ادامه با توزیع پرسشنامه نظر خبرگان در مورد شاخص‌های تأیید ویژگی‌های استخراج‌شده جمع‌آوری گردید. سپس توسط نرم‌افزار SPSS و استفاده از فنون آمار توصیفی داده‌های جمعیت‌شناسی حجم نمونه تحلیل گردید. همچنین از تحلیل آمار استنباطی از جمله آزمون تی تک نمونه‌ای جهت تبیین نتایج استفاده شد.

جدول ۶: جمعیت‌شناسی خبرگان حوزه نت

| تعداد | مدرک تحصیلی  | میزان سابقه  | مسئولیت خبره            |
|-------|--------------|--------------|-------------------------|
| ۱     | کارشناس ارشد | زیر ۲۰ سال   | مدیر<br>نگهداری و تعمیر |
| ۲     | دکتری        | ۲۰-۲۵        |                         |
| ۳     | کارشناس ارشد | ۲۰-۲۵        |                         |
| ۲     | کارشناس ارشد | ۲۵-۳۰        |                         |
| ۲     | کارشناس ارشد | بالای ۳۰ سال |                         |

### فرایند نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک

انجام ارزیابی نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک یک فرآیند سیستماتیک است، به این معنی که یک توالی در مراحل فرایند آن وجود دارد. دو بخش اصلی این فرآیند عبارت‌اند از:

(۱) انجام تحلیل بحرانی

(۲) انجام ارزیابی ریسک

اجرای نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک یک فرآیند کالبدی و فنی است که شامل دریافت ورودی‌ها از مجموعه عملیات، بخش نگهداری و تعمیر، مهندسی، ایمنی، ریست محیطی و موارد دیگر بوده و طی ۸ مرحله زیر انجام می‌شود:

#### مرحله ۱: جمع‌آوری داده‌های نگهداری و تعمیر

به منظور اجرای نگهداری و تعمیر مبتنی بر ریسک، باید داده‌های دارایی واحد یا سازمان موردنظر جمع‌آوری گردد و اطلاعات زیر در این خصوص احصاء شود:

➤ هویت (به‌عنوان مثال، نام و شماره دارایی)

➤ هزینه خرید دارایی

➤ عمر دارایی

➤ تاریخچه میانگین زمان بین شکست<sup>۱</sup>

➤ تاریخچه میانگین زمان تعمیر<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>MTBF

<sup>۲</sup>MTTR

- وابستگی های خرابی دارایی
- هزینه توقف برنامه ریزی نشده
- فرکانس نگهداری

## مرحله ۲: تعیین میزان بحرانی دارایی

نت مبتنی بر ریسک، اولویت نگهداری و تعمیر را به دارایی های حیاتی و بحرانی می دهد. بحرانی بودن معیاری برای سنجش اهمیت دارایی برای سازمان است. دارایی های حیاتی به طور کلی بر عملکرد یک سازمان تأثیر می گذارند و در واقع نشان دهنده یک نقطه شکست بحرانی برای واحد مورد نظر می باشند. (به عنوان مثال، دیگ بخار یا توربین گاز برای عملیات یک تأسیسات نیروگاه حرارتی حیاتی محسوب می شود) سازمان ها از تحلیل بحرانی برای ارزیابی شدت شکست دارایی ها در سازمان استفاده می کنند. یک ابزار رایج برای انجام تحلیل بحرانی، ماتریس بحرانی است. رویدادهای شکست بر اساس شدت در دسته بندی های متعددی مانند ایمنی، آماده به کاری، تجهیزات و... رتبه بندی می شوند. از آنجایی که راه های متعددی وجود دارد که یک دارایی می تواند با شکست مواجه شود و با توجه به اینکه که هر کدام ریسک متفاوتی را به همراه دارند، لذا باید یک خط مبنا مانند جدول بحرانی برای دارایی های سازمان تعیین نمود. امتیازدهی برای یک دارایی بر مبنای دسته بندی و شدت (اهمیت) شکست، با توجه به داده های ماتریس بحرانی برای رتبه بندی در هر دسته مانند جدول ۱- انجام می شود.

جدول ۱- ماتریس تعیین میزان بحرانی بودن دارایی

| ماتریس بحرانی   |       | شدت (اهمیت)                             |                                       |   |  |  |
|-----------------|-------|---|---------------------------------------|---|--|--|
|                 |       | جزئی (۱)                                | قابل توجه (۲)                         | در حد متوسط (۳)   | شدید (۴)   | مصیبت بار - فاجعه آمیز (۵)                   |
| سیستم<br>تولیدی | ایمنی | آسیب هایی که نیاز به درمان پزشکی ندارند | آسیب جزئی که نیاز به درمان پزشکی دارد | آسیب جدی که نیاز به بستری شدن در بیمارستان یا چندین دوره درمان دارد | صدمات تهدید کننده زندگی یا چندین صدمات جدی که نیاز به بستری شدن دارد | صدمات کشنده یا صدمات متعدد تهدید کننده زندگی |



|  |  |  |  |   |                             |
|--|--|--|--|---|-----------------------------|
| آلودگی عمده<br>هوا، آب و غیره،<br>ممکن است<br>پیگرد قانونی<br>داشته باشد | آلودگی قابل، توجه نیاز<br>به تخلیه دارد        | آلودگی<br>متوسط؛<br>اقدامات<br>کنترلی حداقل<br>مؤثر است      | برخی از<br>آلودگی‌ها را<br>می‌توان مهار کرد،<br>نیاز به اطلاع<br>مقامات دارد | بدون آلودگی یا<br>ناچیز                                   | زیست<br>محیطی               |
| توقف گسترده<br>در عملیات،<br>قادر به بازیابی<br>نیست                     | توقف بالاتر از حد<br>مجاز،<br>حداقل بازیابی    | توقف بالاتر از<br>حد قابل قبول<br>بازیابی،<br>قابل توجه      | توقف زیر حد<br>مجاز  | توقف جزئی   | آماده به<br>کاری            |
| تخریب<br>تجهیزات و سایر<br>تجهیزات                                       | تخریب تجهیزات؛<br>آسیب عمده به سایر<br>تجهیزات | آسیب عمده به<br>تجهیزات؛<br>آسیب متوسط<br>به سایر<br>تجهیزات | آسیب متوسط به<br>تجهیزات، حداقل<br>آسیب به سایر<br>تجهیزات                   | حداقل آسیب به<br>تجهیزات؛ بدون<br>آسیب به سایر<br>تجهیزات | میزان<br>آسیب به<br>تجهیزات |
| بیش از<br>۱۰،۰۰۰،۰۰۰<br>دلار خسارت                                       | ۶،۰۰۰،۰۰۰<br>تا<br>۱۰،۰۰۰،۰۰۰<br>دلار<br>خسارت | ۲۰۰،۰۰۰<br>تا<br>۶۰۰،۰۰۰<br>دلار<br>خسارت                    | ۵۰،۰۰۰<br>تا<br>۲۰۰،۰۰۰<br>دلار<br>خسارت                                     | خسارت کمتر از<br>۲۵۰،۰۰۰<br>دلار                          | هزینه                       |

از این رتبه‌بندی‌ها برای ایجاد رتبه‌بندی بحرانی یک دارایی استفاده می‌شوند. رتبه‌بندی بحرانی دارایی را می‌توان با سه روش زیر کمی نمود:

- ضرب کردن رتبه در هر دسته باهم
- جمع کردن امتیازها باهم
- یا گرفتن بالاترین امتیاز در هر دسته محاسبه کرد

به‌عنوان مثال، فرض کنید شدت یک شکست به صورت زیر رتبه‌بندی می‌شود:

جدول ۲- رتبه‌بندی بر مبنای شدت شکست

| دسته‌بندی             | میزان بحرانی بودن (اهمیت) |
|-----------------------|---------------------------|
| ایمنی                 | ۲                         |
| زیست محیطی            | ۱                         |
| میزان آسیب به تجهیزات | ۱                         |
| آماده به کاری         | ۳                         |

|   |       |
|---|-------|
| ۱ | هزینه |
|---|-------|

بنابراین بحرانی یک دارایی (ACR) عبارت خواهد بود از:

➤ در صورت ضرب مقدار  $2 \times 1 \times 3 \times 1 \times 1 = 6$

➤ در صورت جمع کردن مقدار  $1 + 1 + 3 + 1 + 2 = 8$

➤ در صورت گرفتن بالاترین رتبه‌بندی طبقه‌بندی شده (آماده به کاری در این مثال) مقدار ۳

هر روشی را که انتخاب کنید، امتیاز بالاتر به این معنی است که این دارایی نسبت به سایر دارایی‌هایی که تحلیل کرده‌اید، مهم‌تر است. امتیاز را ثبت می‌کنیم، زیرا در مرحله بعد از آن استفاده خواهیم کرد

### مرحله ۳: احتمال شکست را تعیین کنید

هنگامی که بحرانی بودن شناخته شد، به سراغ تعیین احتمال شکست می‌رویم. مانند بحرانی بودن، احتمال شکست را در مقیاس ۱ تا ۵ ارزیابی کنید (می‌توانید از مقیاس بزرگ‌تر استفاده کنید). مثال زیر از یک مقیاس ۵ درجه‌ای استفاده می‌کند که در آن:

جدول ۳-۳: رتبه‌بندی بر مبنای احتمال شکست

| امتیاز | احتمال شکست   |
|--------|---|
| ۱      | بعید است که دچار شکست شود (به‌طور متوسط انتظار می‌رود کمتر از یک‌بار در سال شکست بخورد)         |
| ۲      | بسیار بعید است که دچار شکست شود (انتظار می‌رود به‌طور متوسط کمتر از هر ۲ سال یک‌بار شکست بخورد) |
| ۳      | شکست گاه به گاه (انتظار می‌رود به‌طور متوسط ۱ تا ۲ بار در سال شکست بخورد)                       |
| ۴      | احتمال شکست (به‌طور متوسط انتظار می‌رود بیش از دو بار در سال شکست بخورد)                        |
| ۵      | مکرراً دچار شکست می‌شود (انتظار می‌رود مکرراً شکست بخورد) این امتیاز را ثبت کنید                |

## مرحله ۴: عدد اولویت ریسک ارا محاسبه کنید

عدد اولویت ریسک RPN یک مقدار عددی است که ریسک شکست دارایی را، کمی می‌کند. این عدد با ضرب رتبه بحرانی دارایی در احتمال شکست محاسبه می‌شود.

احتمال شکست \* رتبه بحرانی دارایی = عدد اولویت ریسک

$$RPN = ACR(\text{Asset Critical Rank}) * PF (\text{probability of failure})$$

جدول ۴- اولویت ریسک محاسبه شده بر مبنای دارایی بحرانی

|         | Severity | Probability | RPN |
|---------|----------|-------------|-----|
| Asset 1 | 2        | 4           | 8   |
| Asset 2 | 5        | 1           | 5   |
| Asset 3 | 4        | 3           | 12  |

## مرحله ۵: تجزیه و تحلیل یافته‌ها

بر اساس محاسبات RPN، می‌توانیم یافته‌ها را به صورت زیر تجزیه و تحلیل کنیم:

دارایی اول: بیشترین احتمال شکست را دارد، اما پیامدهای آن نسبتاً جزئی است. ممکن است مسائل مربوط به قابلیت اطمینان به دلیل قدیمی بودن تجهیزات یا نگهداری پیشگیرانه ناکافی باشد، اما تحقیقات بیشتری لازم است.

دارایی دوم: بر اساس RPN، کمترین میزان ریسک را دارد. با این حال، در حالی که احتمال کم است، اهمیت آن زیاد است. لذا باید مورد توجه قرار گیرد و ارزش جلوگیری از وقوع را دارد.

دارایی سوم: با توجه به RPN، بیشترین ریسک را دارد. شکست به طور منظم اتفاق می‌افتد و منجر به عواقب نسبتاً شدید می‌شود. شما باید این دارایی را در اولویت قرار دهید.

## مرحله ۶: اولویت بندی شکست در دارایی‌ها

اعداد اولویت ریسک، مقایسه خطرات ناشی از شکست را نسبت به یکدیگر آسان می‌کند. اما کدامیک از شکست‌ها نیاز به اقدام دارند؟ یکی از ابزارهایی که می‌توان از آن استفاده کرد، ماتریس ریسک (جدول ۵-۵) است.

جدول ۵- رابطه احتمال شکست و میزان اهمیت دارایی‌های بحرانی

|          |   | Probability |    |    |    |    |
|----------|---|-------------|----|----|----|----|
|          |   | 1           | 2  | 3  | 4  | 5  |
| Severity | 1 | 1           | 2  | 3  | 4  | 5  |
|          | 2 | 2           | 4  | 6  | 8  | 10 |
|          | 3 | 3           | 6  | 9  | 12 | 15 |
|          | 4 | 4           | 8  | 12 | 16 | 20 |
|          | 5 | 5           | 10 | 15 | 20 | 25 |

- در این ماتریس، امتیازهای به رنگ سبز نشان‌دهنده دارایی‌هایی با کمترین میزان ریسک و دارای اولویت پایین است.
- امتیازهای زرد و نارنجی به ترتیب نشان‌دهنده دارایی‌هایی با ریسک کم تا متوسط و ریسک متوسط به بالا هستند.
- امتیاز قرمز نشان می‌دهد که خرابی دارایی ریسک بسیار بالایی دارد و باید برای تیم نگهداری و تعمیر از اولویت بالایی برخوردار باشد به‌گونه‌ای که باعث ایجاد یک بحران ایمنی و عملیاتی شود.

جدول فوق امتیازهای اولویت خطرپذیری احتمالی (عدد ریسک) را با استفاده از یک مقیاس ۵ امتیازی، با کد رنگی و بر اساس سطح خطر نشان می‌دهد. محل تلاقی رتبه‌بندی‌های اهمیت دارایی و احتمال شکست، عدد اولویت ریسک (RPN) را در اختیار ما قرار می‌دهد.

لازم به ذکر است که اولویت عدد ریسک (RPN) برای دارایی بحرانی دوم (Asset 2) دارای رتبه ۵ است که برابر ماتریس جدول-۵ آن را در اولویت پایین قرار می‌دهد. اما شدت (اهمیت) دارایی فوق دارای بالاترین امتیاز بحرانی یعنی مقدار ۵ است. بنابراین به مدیران نت توصیه شده است که حتی اگر انتظار ندارید این شکست رخ دهد، باز هم ارزش دارد که از آن جلوگیری کنید، به خصوص اگر ممکن است باعث صدمات جانی یا ایجاد یک بحران در تداوم کارکرد شود.

#### مرحله ۷: طرح کاهش آسیب‌پذیری و ریسک ایجاد کنید

RBM کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که منابع نگهداری و تعمیر به‌طور کارآمد استفاده می‌شوند و حیاتی‌ترین دارایی‌ها به‌موقع نگهداری می‌شوند. در روش نت مبتنی بر ریسک دارایی‌هایی که دارای خطر کمتری هستند تحت برنامه‌های نگهداری کمتر سخت‌گیرانه قرار می‌گیرند. اکنون که مشخص شده است کدام دارایی و خرابی آن، بزرگ‌ترین تهدید برای سازمان است، زمان آن رسیده است که یک برنامه نگهداری و تعمیر متناسب برای جلوگیری از وقوع آن انتخاب کنید.

رایج‌ترین استراتژی‌های نگهداری و تعمیر عبارت‌اند از:

- نگهداری و تعمیر اصلاحی
- نگهداری و تعمیر پیشگیرانه
- نگهداری و تعمیر مبتنی بر شرایط
- نگهداری و تعمیر پیش‌بینی‌شده
- نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر
- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان

پس از انجام نت مبتنی بر ریسک، برای تصمیم‌گیری در این خصوص که از کدام استراتژی استفاده کنید، سؤالات زیر را باید در نظر بگیرید:

- ❖ دارایی بحرانی شما کدام است و هزینه تعویض این دارایی چقدر است؟
- ❖ دارایی چندساله است و امید به عمر آن چقدر است؟
- ❖ آیا جلوگیری از خرابی مقرون به صرفه است؟
- ❖ در حال حاضر چه منابعی به منظور نگهداری و تعمیر در اختیار دارید؟
- ❖ توصیه‌های مناسب برای نگهداری و تعمیر حوزه سازمان شما چیست؟
- ❖ خطر عدم جلوگیری از اینکه دچار شکست شود چیست؟
- ❖ چه تغییرات دیگری برای حمایت از استراتژی که انتخاب می‌کنیم باید انجام دهیم؟

مرحله ۸: بهبود مستمر در حوزه نت سازمان داشته باشید

به دلیل بالا رفتن عمر تجهیزات- بهینه‌سازی تجهیزات موجود- نصب تجهیزات جدید، بهینه‌سازی برنامه نت با پیروی از رویکرد مبتنی بر ریسک، یک رویداد یک‌باره نیست. با بهبود معیارهای کلیدی مدیریت دارایی‌تان، باید رتبه‌بندی اهمیت و ریسک را به‌روزرسانی کنید. پس از پرداختن به دارایی‌های با بالاترین ریسک، می‌توانید تمرکز خود را به دارایی‌های جدید معطوف کنید و این فرآیند را پارها و پارها تکرار کنید. این فرآیند همچنین می‌تواند برای اولویت‌بندی رویدادهای شکست خاص در همان گروه دارایی استفاده شود (منظور اولویت‌بندی عیب‌های مختلف یک دارایی است).

در آخرین مرحله از انجام پژوهش بر اساس ادبیات و مصاحبه خبرگی و انجام تحلیل محتوا چند ویژگی راهبردی و کلان که در آن فرایند نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک باعث انتخاب راهبرد انتخابی بهینه در امر نگهداری و تعمیرات سازمان‌ها با به حداقل رساندن آسیب‌پذیری به همراه تداوم کارکرد و عملیاتی نگاه‌داشتن تجهیزات و دستگاه‌ها و همچنین مدیریت بهینه منابع می‌گردد احصاء

شد و با نظر خبرگی سه ویژگی زیر به تأیید رسید:

نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک:

۱. روشی است که به موقع آن فرایندهای نگاهداشت دارایی‌ها بر مبنای ریسک و با نگاه (کاهش یا حذف شکست- تخصیص مناسب منابع) برنامه‌ریزی می‌شوند و سازمان‌ها متناسب با این ویژگی راهبرد خود را در حوزه نت انتخاب نمایند.
۲. نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک تلاش می‌کند که میان احتمال شکست و پیامد آن تعادل ایجاد کرده و بر مبنای آن کمک نماید که مسئولان نت سازمان‌ها با اتخاذ راهبرد مناسب فعالیت‌های نگهداری و تعمیر را بهینه نمایند.
۳. نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک با نگاه کمک به بهبود مستمر، تلاش می‌کند تا سازمان‌ها راهبردهای نت خود را با توجه به بازبینی فعالیت‌های نگاهداشت و پشتیبانی نگاهداشت اتخاذ نمایند.

جدول ۷: سنجش مطلوبیت نقش‌های احصاء شده به روش تحلیل محتوا توسط جامعه خبره

| وضعیت | سطح معناداری | Df | T     | انحراف معیار | میانگین | شاخص‌های تأیید نقش‌های احصاء شده نت مبتنی بر ریسک در اتخاذ راهبردهای مناسب |
|-------|--------------|----|-------|--------------|---------|--|
| مطلوب | ۰/۰۰         | ۲۹ | ۲۵/۶۹ | ۰/۷۶         | ۴/۴۰    | جدید و نو بودن   |
| مطلوب | ۰/۰۰         | ۲۹ | ۲۱/۷۶ | ۱/۱۲         | ۴/۴۵    | دارای جامعیت   |
| مطلوب | ۰/۰۰         | ۲۹ | ۲۰/۶۸ | ۱/۱۳         | ۴/۲۲    | منحصربه‌فرد بودن   |
| مطلوب | ۰/۰۰         | ۲۹ | ۱۳/۳۴ | ۰/۸۲         | ۳/۳۶    | دارای ثبات   |
| مطلوب | ۰/۰۰         | ۲۹ | ۱۸/۹۲ | ۰/۷۴         | ۴/۱۲    | انسجام و همگنی   |

در این تحقیق برای تأیید نتایج استخراج‌شده، از دیدگاه خبرگان استفاده شد. در این راستا، ۵ شاخص برای سنجش موافقت خبرگان بر مبنای طیف پنج گزینه‌ای لیکرت طراحی گردید. مطابق با جدول (۷) میانگین همه شاخص‌ها بیش از متوسط به دست آمد و نتایج آزمون تی تک نمونه‌ای نشان داد که در سطح معناداری زیر ۰/۰۵، مقادیر T به دست آمده برای تمامی شاخص‌ها بیش از ۱/۹۶ است که نشان‌دهنده مطلوبیت نقش‌های احصاء شده از نظر خبرگان است. بنابراین نتایج تحقیق از دیدگاه خبرگان دارای کیفیت و جامعیت قابل قبولی است.

## ▪ نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که انتخاب راهبرد مناسب نت، از بین راهبردهای نگهداری و تعمیرات برای هر سازمان امری لازم به شمار می‌رود. با استفاده از روش ارائه شده می‌توان راهبردهای نگهداری و تعمیرات را با استفاده از متغیرهای (۱) انجام تحلیل بحرانی (۲) انجام ارزیابی ریسک رتبه‌بندی کرد. متدولوژی ارائه شده نشان می‌دهد که با تأیید جامعه خبرگی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک سه ویژگی اصلی دارد که باعث می‌شود به‌کارگیری و استفاده از آن در اتخاذ راهبردهای مناسب برای نگهداری و تعمیر سازمان‌ها امری لازم و ضروری محسوب گردد. این سه ویژگی عبارت‌اند از:

❖ نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک، روشی است که به موجب آن فرایندهای نگاهداشت‌داری‌ها بر مبنای ریسک و با نگاه (کاهش یا حذف شکست - تخصیص مناسب منابع) برنامه‌ریزی می‌شوند و سازمان‌ها متناسب با این ویژگی راهبرد خود را در حوزه نت انتخاب نمایند.

❖ نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک تلاش می‌کند که میان احتمال شکست و پیامد آن تعادل ایجاد کرده و بر مبنای آن کمک نماید که مسئولان نت سازمان‌ها با اتخاذ راهبرد مناسب فعالیت‌های نگهداری و تعمیر را بهینه نمایند.

❖ نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک با نگاه کمک به بهبود مستمر، تلاش می‌کند تا سازمان‌ها راهبردهای نت خود را با توجه به بازبینی فعالیت‌های نگاهداشت و پشتیبانی نگاهداشت اتخاذ نمایند.

یافته‌های این تحقیق بر این نکته تأکید می‌کند که با پیاده‌سازی روش استفاده از نت مبتنی بر ریسک علاوه بر آن‌که می‌توان از بروز حوادث فاجعه‌بار اجتناب نمود، امکان افزایش بهره‌وری نیز از طریق افزایش قابلیت اطمینان به دلیل مشخص نمودن تجهیزات بحرانی و همچنین تحلیل ریسک هر یک از این تجهیزات که در نهایت باعث انتخاب راهبرد مناسب در نت سازمان می‌گردد ضمن کاهش آسیب‌پذیری باعث تداوم فعالیت در سازمان گردیده و از ایجاد اختلال در مأموریت سازمان جلوگیری می‌نماید.

## ▪ پیشنهادها

(۱) مدیران نگهداری و تعمیر، اطلاعات کافی از توانایی‌های ذاتی تجهیزات یا دارایی‌های حیاتی

سازمان خود را که باعث ایجاد ریسک‌های ایمنی و زیست‌محیطی و اختلال در تداوم کارکرد می‌گردد را شناسایی و از روش نت مبتنی بر ریسک نسبت به کاهش آسیب‌پذیری در سازمان اقدام نمایند؛

- ۲) همسو نمودن فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات با اهداف سازمان و هدایت منابع مالی بر روی تجهیزات وزیر ساخت‌های بحرانی توسط مدیریت نگهداری و تعمیرات؛
- ۳) منطبق نمودن فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات با استانداردها، رویه‌ها، قوانین و مقررات ایمنی و زیست‌محیطی و همچنین اطمینان از ایجاد مجوزهای ایمن موردنیاز؛

## ▪ منابع و مآخذ

- ۱) افشار کاظمی، محمدعلی و همکاران، (۱۴۰۲)، ارائه مدل پیش‌بینی ریسک‌های بحرانی شبکه انتقال گاز با استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی، فصلنامه چشم‌انداز صنعتی، شماره ۴۹، رتبه الف وزارت علوم/ISC، صفحه ۲۸۱-۳۳۲
- ۲) آقا بابایی، عباس، (۱۳۹۴) پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تدوین استراتژی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک (rbm) با استفاده از آنالیز حالات شکست و اثرات آن (fmea) برای ماشین‌آلات دوار در واحد احیای پیوسته کاتالیست مطالعه موردی: شرکت پالایش نفت اصفهان، موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی و غیردولتی شمال - آمل - دانشکده فنی
- ۳) بیانات در جمع کارکنان نداجا، (۱۳۷۰/۱۰/۱۲)، <https://farsi.khamenei.ir>
- ۴) حسن بیگی، ابراهیم، (۱۳۹۰)، تهران، سمت، مرکز تحقیقات و توسعه علوم انسانی، دانشگاه عالی دفاع ملی
- ۵) (رضائی، ۱۳۹۸). مقاله پژوهشی: راهبرد مناسب جهت نگهداری و تعمیر سامانه‌های دفاعی. *مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی*، ۱۱۳-۹۰، (۳۷) ۹
- ۶) طرح راهبردی حفاظت از زیرساخت‌های کشور، ۱۴۰۱، سازمان پدافند غیرعامل کشور
- ۷) محمدفام، ایرج و همکاران، (۱۳۹۶)، تعیین استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک برای بهبود شاخص‌های ایمنی، فصلنامه بهداشت و ایمنی کار، جلد ۷- شماره ۴

۸) Ali Nourish Gharahasanlou, Ashkan Mokhtarei, Aliasqar Khodayarei and Mohammad Ataei. Fault tree analysis of failure cause of crushing plant and mixing bed hall at Khoy cement factory in Iran. *Case Studies in Engineering Failure Analysis*, (2014) 33-38.



- ۹) Arassi M, Mohammadfam I, Shirali G, Moghimbeigi A. Quantitative Assessment of Resilience in the operatives unitsof National Iranian Drilling Company (regional study: Khuzestan). JHSW.2015;4(4):21-28
- ۱۰) da Silva RF, Melani AHdA, Michalski MADc, de Souza GFM. Reliability and Risk Centered Maintenance: A Novel Method for Supporting Maintenance Management. *Applied Sciences*. 2023; 13(19):10605.
- ۱۱) Haijun Hu, Guangxu Cheng, Yun Li, Yiping Tang. Risk-based maintenance strategy and its applications in a petrochemical reforming reaction system. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 22, (2009) 392–397.
- ۱۲) IEC 31010, Risk management - Risk assessment techniques
- ۱۳) Krishnasamy L, Khan F, Haddara M. Development of a risk-based maintenance (RBM) strategy for a power-generating plant. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*.2005;18(2):69-81.
- ۱۴) M. Bertolini and eclt. (2009) Development of Risk-Based Inspection and Maintenance procedures for an oil refinery, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*22, 244-253
- ۱۵) MIL-STD-1629A, MILITARY STANDARD
- ۱۶) Natalia, Zakharova. (2023). Risk Management in the Enterprise: The Essence, Approaches, and Methods. *Business Inform*, doi: 10.32983/2222-4459-2023-1-203-209
- ۱۷) Ronak, Rahimiyan. (2020). Risk Management with Maintenance and Repair Strategy in Industries. doi: 10.22034/AJCB.2020.114267
- ۱۸) S. Kiran, K.P. Prajeeth Kumar, B. Sreejith, M. Muralidharan, Reliability Evaluation and Risk Based Maintenance in a Process Plant, *Procedia Technology*, Volume 24,2016, Pages 576-583
- ۱۹) Zhaoyang Tan, Jianfeng Li, Zongzhi Wu, Jianhu Zheng, Weifeng He (2011), An evaluation of maintenance strategy using risk based inspection, *Safety Science*, Volume 49, Issue 6, Pages 852-860

