



تکنیک بازرسی بر مبنای ریسک در صنعت نفت

در این مقاله به بررسی تکنیک بازرسی بر مبنای ریسک در صنعت نفت پرداخته شده است. بازرسی بر مبنای ریسک از اوایل دهه ۹۰ جهت پاسخ به نیاز صنایع نفت، گاز و پتروشیمی برای مدیریت ریسک و اولویت بندی تجهیزات بر اساس میزان ریسک توسعه یافت. بازرسی بر مبنای ریسک یک روش نوین در مدیریت بازرسی بوده و از ارزیابی ریسک، به منظور برنامه ریزی، توجیه و تفسیر نتایج حاصل از بازرسی، آزمایش و پایش استفاده می کند. در این روش بر خلاف روش های سنتی بازرسی، فاصله زمانی ثابتی تعریف نمی گردد بلکه برای هر دستگاه، فاصله زمانی و روش بازرسی مشخصی تعیین می شود. با استفاده از بازرسی بر مبنای ریسک، ضمن اجتناب از بازرسی های مکرر، می توان امکانات و توانمندی های بازرسی را بر روی دستگاه هایی با ریسک بالاتر متمرکز کرد. امروزه در دنیا در شرکت های بزرگ نفتی از روش های کیفی بازرسی بر مبنای ریسک (مطابق با استاندارد API 580) برای ارزیابی اولیه ریسک، تجهیزات با ریسک بالا را مشخص کرده و سپس با استفاده از روش بازرسی بر مبنای ریسک کمی (مطابق با استاندارد API 581) تجهیزات با ریسک بالا را مورد ارزیابی قرار می دهند. عمدتاً پیاده سازی روش کمی در سازمان ها در مراحل اولیه استقرار بازرسی بر مبنای ریسک بسیار دشوار است. بدین دلیل، برای تسهیل شروع استقرار آن در یک مجموعه، از روش کیفی استفاده می شود و پس از آن، برای توسعه روش می توان از روش کمی (مطابق با استاندارد API 581) بهره گرفت. در این مقاله، فرایند بازرسی بر مبنای ریسک به روش کیفی در صنعت نفت بررسی و ماتریس ریسک آن ترسیم شده است، به گونه ای که تجهیزات موجود در این بخش در سه ناحیه ریسک بالا، ریسک متوسط و ریسک کم، قرار گرفته اند. مسلماً برای هر تجهیزاتی که در هر کدام از نواحی ریسک قرار بگیرد، سیاست نگهداری و تعمیرات خاصی قابل اجرا خواهد بود.

واژگان کلیدی | بازرسی بر مبنای ریسک، صنعت نفت، نگهداری و تعمیرات

مقدمه

بازرسی بر مبنای ریسک از جمله مقوله هایی است که در صنعت امروز به وفور از آن استفاده می شود. دلیل آن هم، گسترش و همه گیر شدن صنعت در زندگی روزمره ی بشری به منظور تأمین نیازهای اوست. افزایش روز افزون جمعیت، نیاز به استفاده از فرآورده های مختلف صنعتی، انرژی، مواد غذایی و... را هر لحظه بیشتر و بیشتر می کند. در حالی که منابع در دسترس هر لحظه محدود

و محدودتر می گردند، دستیابی به این نیازها هم، بدون شک در گرو استفاده از صنایع پیشرفته امروزی است که در نتیجه ی استفاده بهینه و اقتصادی از این صنایع، به صورت فزاینده مورد توجه قرار گرفته است. پیچیده تر شدن فرآیند تولید و استفاده از ماشین آلات با امکانات پیشرفته و مدرن و نیز تقاضای رو به رشد محصولات، صاحبان صنایع را بر آن می دارد که با حداقل هزینه، در جهت تولید، از بیشترین امکانات خود بهره برند و در این

راستا، با کاهش قیمت تمام شده محصول، جهت دستیابی به بازارهای وسیع تر، کیفیت محصولات تولیدی خود را نیز افزایش دهند. تمام مصنوعات بشری و دستگاه ها دارای عمر محدودی هستند. زیرا از مجموعه ای از اجزاء الکتریکی و مکانیکی، تشکیل شده اند که در هر لحظه امکان خرابی آن جزء و در نتیجه، از کار افتادگی دستگاه یا حتی کل سیستم وجود دارد. می دانیم که یک قابلیت اطمینان و کارکرد

مطمئن بهینه برای یک دستگاه وجود دارد؛ اگر بخواهیم این مقدار را از یک حدی بالاتر ببریم باید هزینه بسیار زیادی را متحمل شویم که در این صورت، محصولات تولیدی جهت تولید به صرفه نیستند. راه حل های بهتری هم وجود دارد؛ می توان با یک برنامه ریزی دقیق و مستمر، کاری کرد که از همین امکانات موجود، حداکثر بهره وری حاصل شود، به طوری که دستگاه ها با حداکثر کارایی و قابلیت دسترسی کار کنند. حال اگر اشکال یا نقصی در دستگاه به وجود آمد، آیا باید تولید را به طور کامل تعطیل کرد؟ پاسخ به این سوال ما را به مفهوم تعمیرات هدایت خواهد کرد. در دهه ۱۹۹۰ بازرسی بر مبنای ریسک و متدولوژی های نگهداری و تعمیرات به تدریج با هم گره خوردند و در اواخر سال ۲۰۰۰ عمومیت یافتند. این نسل تا حد زیادی به ویژگی های بازرسی بر مبنای ریسک (RBI) و نت به علاوه RCM^۲ و CBM^۳ شناخته می شود. تا سال ۲۰۰۰ نت و ایمنی جدای از هم بودند و فعالیت های مستقل داشتند [۱].

هدف و تلاش عمده مهندسان خوردگی و بازرسی فنی، اجرای یک استراتژی است که قابلیت دسترسی و بازده یک تجهیز را به حداکثر برساند، زوال و خرابی یک تجهیز را کنترل کند، یک عملیات ایمن و درست با محیط را ایجاد کند و هزینه کل عملیات را حداقل کند. این هدف با قبول یک رویکرد ساخت یافته در مطالعه خرابی تجهیز و طراحی استراتژی بهینه بازرسی فنی و مدیریت خوردگی به دست خواهد آمد.

تکنیک های مدیریت خوردگی و بازرسی فنی دچار یک تغییر شکل و دگرگونی عمده در فرآیند شده است، به طوری که از تمرکز بر تعمیرات اساسی دوره ای به استفاده از نظارت بر حسب شرایط (CBM)، RCM و کارشناسی سیستم ها تغییر پیدا کرده است. در سال های اخیر استراتژی های بازرسی مبتنی بر ریسک،

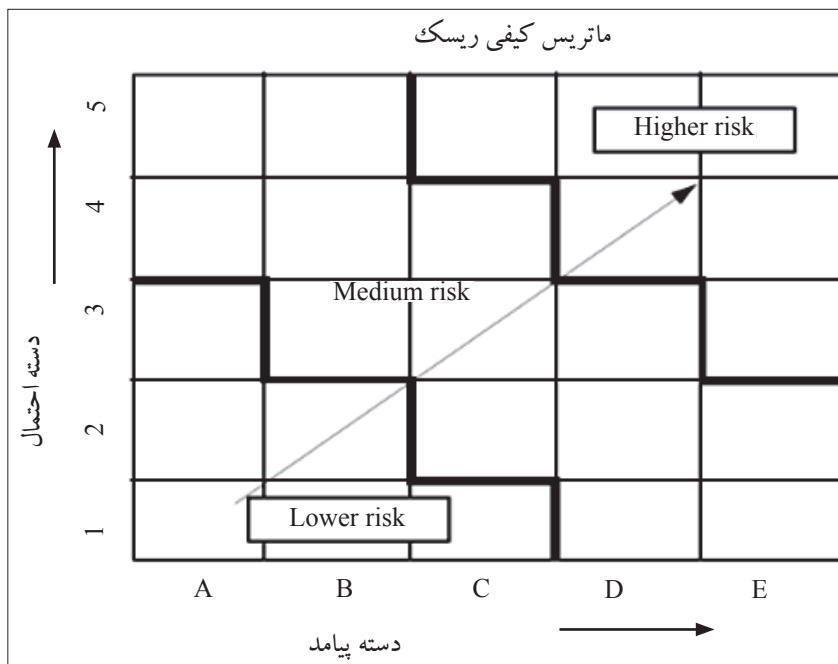
بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند.

چن و تویودا (Chen, Toyoda) در سال ۱۹۹۰ یک استراتژی برای زمان بندی بازرسی فنی بر اساس ریسک نهایی تنظیم و پیشنهاد کردند؛ استراتژی نگهداری و تعمیرات مبتنی بر ریسک و RBI که توسط ASME^۴ در سال ۱۹۹۱ توسعه یافت و به عنوان یک اصل و پایه برای توسعه مدارک و منابع پایه در RBI توسط API^۵ مورد استفاده قرار گرفت. و بر، رینولدز، الر و هورویتز در سال ۱۹۹۵ اصول توسعه سیاست RBI برای تجهیزات متعلق به شرکت نفت شل را شکل دادند.

دو محقق به نامهای بوریس و المدیا در سال ۱۹۹۵ کاربرد تئوری تصمیم گیری را با توجه خاص به سودمندی تئوری MADM^۶ در تصمیم گیری نگهداری و تعمیرات که منجر به یک مدل ریاضی شده است، ارائه کردند. تریناتفیلو در سال ۱۹۹۷ با استفاده از AHP^۷ مهمترین معیارها را در تصمیم گیری نگهداری و تعمیرات ارائه کرده است. دی، اوگونانا، گوپتا و تابوکانون در سال ۱۹۹۸ یک مدل بر

مبنای ریسک ساده نگهداری و تعمیرات را در خطوط لوله مورد بحث و بررسی قرار دادند. استفن و نسیم در سال ۱۹۹۸ یک مدل کمی تحلیل ریسک را پیشنهاد کردند.

دی در سال ۲۰۰۱ یک مدل عمومی تر برای RBI خطوط لوله شرح داد؛ در این مدل، احتمال خرابی در خطوط لوله انتقال با در نظر گرفتن چندین معیار و زیر معیار از میان عیوب شناخته شده خطوط لوله که او آن ها را در ۵ دسته کلی تقسیم بندی کرده، با روش AHP محاسبه شده است. مرور نوشته ها مشخص می کند که یک تمایل جدید به استفاده از ریسک به عنوان معیاری برای برنامه ریزی اقدامات بازرسی فنی و مدیریت خوردگی وجود دارد. گرچه اکثر مطالعات قبلی بر نوع خاصی از تجهیز تمرکز داشته اند، به نظر می رسد نیاز برای یک متدولوژی عمومی شده که بتواند همه انواع دارایی ها، صرف نظر از ویژگی هایشان را در نظر بگیرد، وجود دارد. تکنیک ها و مازول های بازرسی فنی مبتنی بر ریسک بر اساس تحلیل خطر، تخمین اثر



شکل ۱ | همکارگیری دسته بندی احتمال و پیشامد برای نمایش اولویت ریسک در ماتریس ریسک [۹]



و نتیجه، تخمین احتمال، تخمین ریسک، پذیرش ریسک و برنامه‌ریزی نت طبقه‌بندی شده‌اند (جدول-۱).

۱- مفهوم ریسک

یکی از اهداف عمده‌ی استراتژی‌های نوین بازرسی فنی، حداقل کردن خطرات برای انسان و محیط است که به واسطه خرابی غیرمنتظره یک تجهیز ایجاد می‌شود. به علاوه، استراتژی باید از نظر هزینه هم مؤثر و مفید باشد. استراتژی استفاده از رویکرد مبتنی بر ریسک این اطمینان را حاصل می‌کند که به این اهداف دست پیدا کنیم. چنین رویکردی از اطلاعات به دست آمده از مطالعه مدهای خرابی و اثرات و پیامدهای اقتصادی آنها استفاده می‌کند.

تحلیل ریسک، یک تکنیک برای تعیین، توصیف، کمی‌سازی و ارزیابی اثرات ناشی از یک واقعه است. رویکرد تحلیل ریسک، قابلیت اطمینان، تحلیل اثرات، پیامدها و نتیجه را در مراحل مختلف تحلیل، جمع کرده و تلاش می‌کند به سؤالات زیر پاسخ دهد:

- بروز چه اشکالی منجر به خرابی سیستم می‌شود؟

- این اشکال چگونه به وجود می‌آید؟

- رخداد آن چه احتمالی دارد؟

- نتیجه و پیامد آن واقعه چه خواهد بود؟

در این مفهوم، ریسک می‌تواند به طور کیفی / کمی به شکل مجموعه‌ای از زوج‌های دوتایی برای سناریوی خرابی مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس تعریف ارائه شده در استاندارد API RP 580,581، ریسک به صورت زیر قابل محاسبه است:

پیامد حاصل از خرابی × احتمال خرابی = ریسک

ارزیابی ریسک می‌تواند کمی یا کیفی باشد. خروجی یک ارزیابی ریسک کمی اصولاً یک عدد خواهد بود؛ مثل هزینه بر

یک راه قابل توجیه و ساخت یافته کاهش یابد. مقادیر کمی ریسک برای اولویت‌بندی بازرسی و نگهداری و تعمیرات استفاده می‌شود. RBI مجموعه‌ای از پیشنهادها را ارائه می‌کند که چگونه اقدامات پیش‌گیرانه شامل نوع، ابزار و زمان‌بندی، اجرا شوند. اجرای RBI احتمال یک خرابی غیرقابل پیش‌بینی در صنعت نفت را کاهش می‌دهد.

۲- روش تحقیق و مدل پیشنهادی

بازرسی بر مبنای ریسک یک روش نوین در مدیریت بازرسی است که بر اساس تحلیل‌های آماری حاصل از اطلاعات به دست آمده از عملیات پایش در یک فرآیند عملیاتی، برای بهینه کردن برنامه و هزینه‌های بازرسی به کار می‌رود.

مزایای استفاده از روش RBI عبارتند از:

الف- افزایش ایمنی

ب- افزایش قابلیت استفاده

ج- کاهش هزینه‌های بازرسی فنی و خطر

از کار افتادگی

د- برنامه‌ریزی دقیق بازرسی فنی و تعمیرات

ه- افزایش فاصله بازرسی‌های فنی و تعمیرات دوره‌های

انجمن نفت آمریکا (API) به عنوان

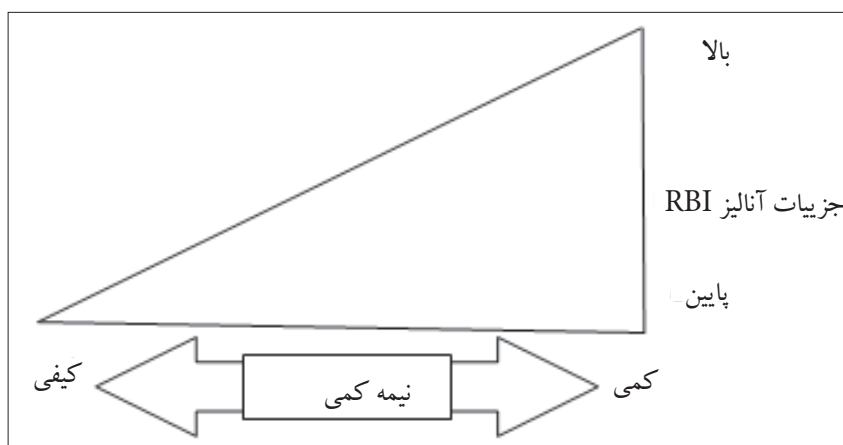
معتبرترین مرجع در زمینه ارائه برنامه بازرسی

بر مبنای ریسک (RBI)، در استاندارد

واحد زمان. اعداد می‌توانند برای اولویت دادن یک سری از اقلام که ارزیابی ریسک شده‌اند، به کار روند. ارزیابی کمی ریسک نیازمند حجم قابل توجهی از داده برای ارزیابی احتمال و نتیجه است. درخت اشکال^۱ یا درخت تصمیم^۲ اغلب برای تعیین احتمال اینکه توالی وقایع، نتیجه‌ی قطعی خواهند داد یا خیر، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ارزیابی ریسک کیفی، نتایج، اغلب به شکل یک ماتریس ساده‌ی ریسک نشان داده می‌شوند که یک محور از ماتریس نشان‌دهنده احتمال و دیگری نشان‌دهنده نتیجه (پیامد) است. اگر یک مقدار به احتمال و نتیجه داده شود، یک مقدار نسبی برای ریسک قابل محاسبه خواهد بود.

فهم این موضوع مهم است که مقدار ریسک کیفی یک عدد نسبی است که خارج از چارچوب ماتریس، معنی کمی دارد. گرچه به دلیل اینکه این مقادیر ریسک، ذهنی هستند، اولویت‌بندی بر مبنای آن، اغلب قابل بحث است.

هدف از بازرسی فنی مبتنی بر ریسک پیشنهاد شده، کاهش ریسک کلی خرابی تجهیزات عملیاتی است. در نواحی با ریسک بالا و متوسط، یک فعالیت متمرکز شده‌ی بازرسی مورد نیاز است. در عوض، در نواحی با ریسک کم، فعالیت حداقل شده تا حیطه کل کار و هزینه برنامه‌ی بازرسی فنی به کمک



API RP 581 سه روش را برای RBI ارائه کرده است؛ روش کیفی، روش کمی و روش نیمه کمی.

روش کیفی، ساده‌ترین و سریع‌ترین روش است که می‌تواند جهت تعیین ریسک واحدها و اولویت‌بندی آن‌ها جهت اجرای دو روش دیگر به کار گرفته شود. در این مقاله، روش کیفی RBI تشریح شده است. بدین منظور چگونگی محاسبه ریسک سیستم و فاکتورهای موثر بر آن که عبارتند از احتمال از کارافتادگی، نتیجه از کارافتادگی و تبیین و چگونگی ترسیم ماتریس ریسک تشریح شده است. پس از ترسیم ماتریس و اولویت‌بندی واحدها بر اساس ریسک است که می‌توان پُرخطرترین واحدها را مشخص کرده و روش‌های کاهش ریسک و از جمله روش‌های کمی یا نیمه کمی RBI را به کار گرفت.

۳- بازرسی بر مبنای ریسک کیفی

داده‌های ورودی در روش کیفی بر اساس اطلاعات توصیفی با استفاده از تجربه و تاریخچه موجود می‌باشد. این روش به اطلاعات جزئی کمتری نیازمند بوده و بنابراین، دارای محدودیت‌هایی است. اطلاعات ورودی در این روش، اغلب به صورت محدوددهایی از داده‌ها به جای اعداد دقیق است. این روش عموماً جهت اولویت‌بندی یک واحد یا قسمت مهمی از یک واحد جهت مطالعه‌ی بازرسی بر مبنای ریسک به روش کمی به کار می‌رود. با فرض صحت اطلاعات ورودی، این روش برای تعیین احتمال وقوع خرابی روش بسیار دقیقی است.

روش کیفی آنالیز ریسک همانند روش کمی است با این تفاوت که در روش کیفی، به جزئیات و زمان کمتری جهت ارزیابی نیاز است، البته نتایج به دست آمده نیز از دقت کمتری برخوردار می‌باشد. اگرچه این نتایج

شده که یک واحد پالایشگاهی را در عرض چند ساعت مورد ارزیابی قرار دهد.

با استفاده از روش کیفی RBI سه کار را می‌توان انجام داد:

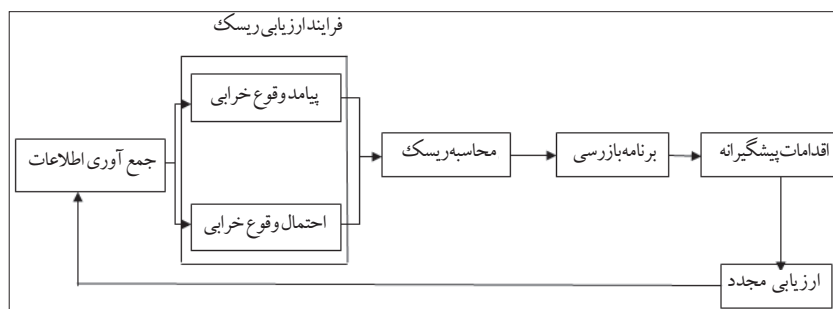
- ۱- آنالیز واحدهای درون سایت، بدین منظور که سطح آنالیز مورد نیاز، تعیین شده و فوائد آنالیز بیشتر توسط تکنیک‌های کمی یا روش‌های دیگر آشکار گردد.
- ۲- رتبه‌بندی ریسک واحدها و اختصاص مکانی به آن‌ها در ماتریس ریسک.
- ۳- تعیین مناطقی از کارخانه که به برنامه‌های بازرسی بیشتری نیازمند است.

به اندازه آنالیز کمی با ارزش نیست، اما اساس اولویت‌بندی برنامه RBI می‌باشد.

- ۱- یک واحد عملیاتی مانند واحد فرآورش نفت خام (بیش از ۱۵۰ تجهیز بزرگ)
 - ۲- یک ناحیه بزرگ یا بخشی از یک واحد عملیاتی مانند بخش تقطیر در خلاء واحد فرآورش نفت خام (۲۰ تا ۱۵۰ تجهیز بزرگ)
 - ۳- یک سیستم مانند هیتر اتمسفری شامل مبدل‌های پیش گرم کن خوراک و پمپ‌ها (۵ تا ۲۰ تجهیز بزرگ)
- روش کیفی RBI که در استاندارد API 581 بیان شده است با این فلسفه ارائه

۱ | دسته‌بندی تکنیک‌های بازرسی فنی مبتنی بر ریسک بر اساس ماژول‌ها [۱]

ماژول	مدل‌ها و تکنیک‌های مورد استفاده در ادبیات
تحلیل خطرات برآورد پیامد	Maximum Credible Accident Scenario (MCAS) [1,3,4] Event Tree Development [6] Consequence Estimation Source Models [3,4] impact intensity models [3,4] toxic gas models [3,4] explosions and fires models [3,4] Expert opinion [1, 7]
برآورد احتمال	Fault Tree Analysis (FTA) [1,3,4,7] probabilistic fault tree analysis (PROFAT) [1,3,4,7] expert opinion [1,9,8]
برآورد ریسک	Fuzzy logic [1] risk matrix [10,1] simple product of probability of failure and damage loss [1,3,4]
پذیرش ریسک	Dutch acceptance criteria ALARP (As Low As Reasonably Possible) USEPA acceptance criteria [1,3,4]
برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات	Reverse Fault Analysis [1,3,4] Analytical Hierarchy Process (AHP) [2,5,8]





احتمال از کارافتادگی" و دسته‌ای به عنوان "دسته‌ی نتیجه‌ی از کارافتادگی" محاسبه شده و با ترکیب آن‌ها میزان ریسک به دست آمده، مکانی در ماتریس ریسک به آن اختصاص می‌یابد.

آنالیز کیفی RBI شامل سه مرحله‌ی اصلی است:

- ارزیابی اولیه واحدهای موجود در یک سایت به منظور انتخاب سطح آنالیز مورد نیاز و تعیین فواید آنالیز دقیق‌تر (مانند آنالیز کمی و یا تکنیک‌های دیگر)؛

- درجه‌بندی میزان ریسک واحدها و تعیین موقعیت آن‌ها بر روی ماتریس ریسک؛

- تعیین نواحی بحرانی‌تر که ممکن است نیازمند توجه بیشتری در برنامه بازرسی باشند.

در آنالیز کیفی ابتدا فاکتوری که نشان‌دهنده احتمال وقوع از کار افتادگی است، مشخص

شده، سپس فاکتوری برای پیامدهای وقوع از کارافتادگی مشخص می‌شود؛ آنگاه با ترکیب

دو فاکتور فوق، موقعیت واحد مورد نظر در ماتریس ریسک تعیین شده و ریسک

واحد رتبه‌بندی می‌شود. قبل از انجام مراحل جزئی‌تر آنالیز کیفی RBI کاربر می‌تواند یک

ارزش‌یابی اولیه ساده انجام دهد تا ریسک نسبی بین واحدها را تعیین کند. نتیجه کیفی

آنالیز ریسک، ارائه تقسیم‌بندی ریسک برای یک واحد عملیاتی با دسته‌بندی دو مولفه‌ای

ریسک (احتمال وقوع از کار افتادگی و عواقب آن) است.

۴- احتمال وقوع از کار افتادگی

بخش A از "دستورالعمل" آنالیز کیفی ریسک در مورد تعیین دسته‌ی احتمال وقوع

از کارافتادگی بوده که شامل شش فاکتور اثرگذار بر احتمال وقوع یک نشتی بزرگ

است. هر یک از این شش فاکتور، وزن‌دهی شده، و از ترکیب آن‌ها احتمال وقوع

از کارافتادگی به دست می‌آید. این فاکتور بر

روی محور عمودی ماتریس ریسک رسم می‌شود. شش فاکتوری که بر احتمال وقوع از کارافتادگی موثرند عبارتند از:

• فاکتور تجهیزات (EF): فاکتور تجهیزات دارای ماکزیمم ۱۵ نمره است.

• فاکتور تخریب (DF): این فاکتور می‌تواند ماکزیمم ۲۰ نمره از کل نمره ارزیابی را داشته

باشد.

• فاکتور بازرسی (IF): ماکزیمم مقدار برای فاکتور بازرسی ۱۵ نمره است.

• فاکتور شرایط (CCF): این فاکتور می‌تواند ماکزیمم ۱۵ نمره داشته باشد.

• فاکتور فرایند (PF): حداکثر نمره این فاکتور می‌تواند ۱۵ باشد.

• فاکتور طراحی مکانیکی (MDF): این فاکتور نیز می‌تواند ماکزیمم ۱۵ نمره داشته

باشد [۹ و ۱۰].

بعد از محاسبه مقادیر فاکتورهای احتمال که از جمع مقادیر فوق حاصل می‌شود، بر اساس

جدول ۲، دسته احتمال به دست می‌آید.

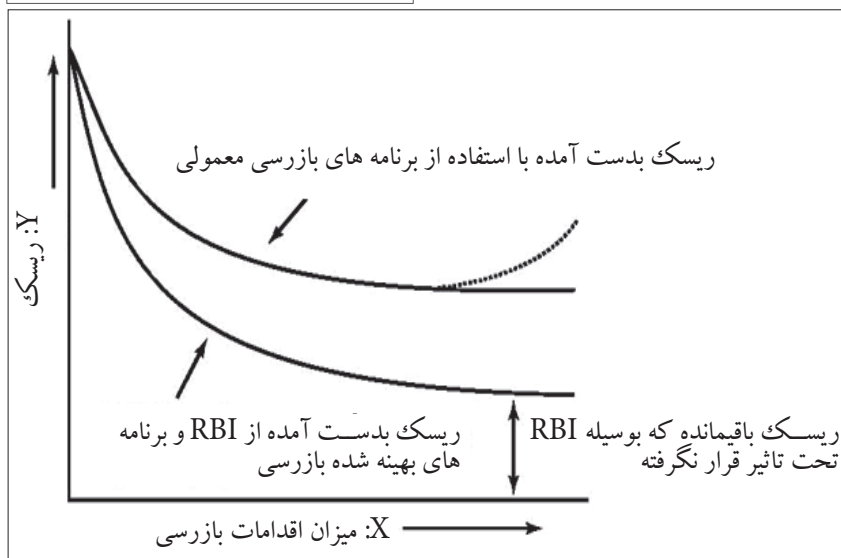
۵- پیامدهای وقوع از کار افتادگی

در آنالیز پیامدهای ناشی از وقوع از کارافتادگی، دو فاکتور به صورت جداگانه

محاسبه می‌شوند: فاکتور پیامدهای ناشی از تخریب و فاکتور پیامدهای ناشی از سمی بودن سیال فرایندی. در آنالیز کیفی ریسک، فاکتوری که دسته بالاتری از پیامدهای وقوع از کارافتادگی را ارائه دهد، به عنوان فاکتور نهایی پیامدهای وقوع از کارافتادگی در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین این فاکتور از هفت زیرفاکتور استفاده می‌شود:

- فاکتور ماده شیمیایی^{۱۱}
- فاکتور کمیت^{۱۱}
- فاکتور حالت^{۱۲}
- فاکتور خود اشتعالی^{۱۳}
- فاکتور فشار^{۱۴}

جدول محاسبه دسته احتمال	
دسته احتمال	فاکتور احتمال
۱	۰-۱۵
۲	۱۶-۲۵
۳	۲۶-۳۵
۴	۳۶-۵۰
۵	۵۱-۷۵



شکل ۴ | مدیریت ریسک با استفاده از روش متمرکز کردن فعالیت‌های بازرسی بر RBI

• فاکتور اعتبار^{۱۵}

• فاکتور پتانسیل تخریب^{۱۶}

پس از تعیین اعداد مربوط به هر کدام از فاکتورهای فوق، بر اساس جدول ۳- دسته پیامد تعیین می شود. [۱۰ و ۹]

۶- دسته پیامدهای سمی بودن

این فاکتور که میزان خطرات بالقوه سمیت یک واحد را بیان می کند، براساس زیر فاکتورهای زیر مشخص می شود:

- فاکتور کمیت مواد سمی (TFQ)
- فاکتور قابلیت پخش شدن (DIF)
- فاکتور اعتبار (CRF)
- فاکتور جمعیت (PPF)

با استفاده از ترکیب فاکتورهای فوق و تعیین عدد مربوطه، دسته مربوط به سمیت به دست می آید (جدول ۴).

دسته پیامدها (سمیت و خسارت) توسط حروف الفبا نشان داده می شوند (A کمترین و E بیشترین). آنگاه دسته‌ای که دارای حرف بزرگتری است، به عنوان پیامد وقوع از کارافتادگی بر روی محور افقی ماتریس ریسک نشان داده می شود. دسته احتمال هم بر روی محور عمودی قرار می گیرد. از ماتریس ریسک ۵×۵ برای تعیین موقعیت هر واحد استفاده می شود. موقعیت هر واحد بر روی ماتریس نشان دهنده سطح ریسک مورد ارزیابی است. دسته بندی ریسک (حداکثر، متوسط، حداقل) در ماتریس ریسک در شکل ۱- نشان داده شده است. در این نمونه دسته بندی، ریسک‌ها هم اندازه و یکسان هستند. ممکن است این دسته بندی‌ها هم اندازه نیز نباشد. به عنوان نمونه، ممکن است دسته بندی پیامدها وزن بیشتری نسبت به دسته بندی احتمال داشته باشد [۱۰ و ۹].

با داشتن دسته احتمال از کارافتادگی و دسته نتیجه‌ی از کارافتادگی، می توان جایگاه ریسک سیستم مورد مطالعه را در ماتریس

۵×۵ ریسک مشخص نمود. این ماتریس دارای چهار ناحیه است. وقتی نتایج ارزیابی همه واحدها یا سیستم‌ها روی ماتریس مشخص شد، می توان واحدها را در صنعت نفت بر اساس ریسک‌های به دست آمده طبقه بندی، و نیاز یا عدم نیاز به ارزیابی بیشتر و میزان فوریت آن ارزیابی را مشخص کرد. نتایج ماتریس ریسک می تواند برای مشخص کردن نواحی بالقوه خطرناک به کار رفته و تصمیم گرفته شود که کدام قسمت از واحد فرایند نیازمند بیشترین توجه از نظر بازرسی یا روش‌های دیگر کاهش ریسک است. این ماتریس همچنین می تواند نشان دهد که آیا یک مطالعه‌ی کاملاً کمی، مطلوب است یا خیر.

در روش نیمه کمی^{۱۷}، ارزیابی ریسک بر اساس یک سری قوانین مشخص صورت می گیرد. این روش، یک روش مناسب جهت بازرسی بر مبنای ریسک است و تا حدودی از مزایای هر دو روش کمی و کیفی برخوردار می باشد.

روش کمی^{۱۸} بسیار دقیق تر از روش کیفی بوده و با استفاده از آن می توان مقادیر ریسک را برای هر دستگاه یا حتی بخشی از یک خط لوله نیز محاسبه کرد. سپس، با استفاده از اطلاعات موجود، می توان برنامه بازرسی جامع یک واحد یا صنعت نفت را تعیین نمود. آنالیز

کمی بر اساس داده‌های کامپیوتری مبتنی بر تاریخچه جهت تعیین احتمال وقوع خرابی قرار دارد. وجه تمایز روش کمی و کیفی در میزان داده های ورودی و دقت این داده‌ها و دقت نتایج خروجی است.

روش های مذکور مستقل از یکدیگر نبوده بلکه مکمل یکدیگرند. به عنوان مثال با استفاده از روش کیفی، می توان در یک واحد صنعتی، تجهیزات با ریسک بالا را مشخص نمود، سپس، با استفاده از روش کمی، تجهیزات دارای ریسک بالا را مورد ارزیابی قرار داد. شکل ۲-، ارتباط و پیوستگی روش های مذکور را نشان می دهد.

طرح کلی انجام بازرسی بر مبنای ریسک و ارتباط آن، در شکل ۳- نشان داده شده است. توجه به این نکته حائز اهمیت است که فلوچارت رسم شده عمومی بوده و به روش ارزیابی ریسک (کمی، کیفی یا نیمه کمی) بستگی ندارد. قبل از ارزیابی احتمال و پیامد وقوع خرابی، طراحی مدارهای خوردگی^{۱۹} انجام می شود. این طراحی در یک واحد عملیاتی بر اساس نوع سیال، دما، فشار و نوع مواد صورت می گیرد. پس از تعیین احتمال و پیامد وقوع خرابی، ارزیابی ریسک و تعیین درجه وخامت دستگاه‌ها^{۲۰} انجام شده و در نهایت، تدوین و اجرای برنامه بازرسی بر اساس میزان ریسک^{۲۱} صورت می گیرد.

دسته پیامد سلامتی (درجه سمیت)	
فاکتور پیامد	دسته پیامد
< ۱۰	A
۱۹ - ۱۰	B
۲۹ - ۲۰	C
۳۹ - ۳۰	D
> ۴۰	E

محاسبه دسته پیامد ناشی از خرابی	
فاکتور پیامد	دسته پیامد
۱۹ - ۰	A
۳۴ - ۲۰	B
۴۹ - ۳۵	C
۷۹ - ۵۰	D
> ۷۹	E

مدیریت ریسک، فرآیند ارزیابی ریسک و توسعه برنامه جهت کنترل ریسک^{۲۲} در یک مقدار قابل قبول است. بنابراین، کاهش ریسک^{۲۳} فقط مربوط به بخشی از مدیریت ریسک می‌باشد.

۷- کاربرد ارزیابی ریسک در تعیین برنامه‌های بازرسی و نگهداری

برنامه‌های بازرسی با استفاده از نتایج ارزیابی ریسک یعنی ترکیب احتمال وقوع خرابی و پیامد وقوع خرابی تعیین می‌گردند. در این برنامه‌ها موارد زیر تعیین می‌گردد:

- آنچه باید بازرسی گردد
- تکنیک (روش) بازرسی
- وسعت بازرسی
- زمان بازرسی

به دست آوردن ترکیب بهینه‌ی تکنیک و فاصله زمانی بازرسی، یکی از مهم‌ترین کاربردهای بازرسی بر مبنای ریسک است. ابتدا هر یک از تکنیک‌های بازرسی از نقطه نظر تأثیر در کاهش احتمال وقوع خرابی مورد ارزیابی قرار گرفته سپس، با استفاده از اطلاعات به دست آمده و هزینه هر تکنیک، یک برنامه بازرسی بهینه تعیین می‌گردد. با مشخص کردن ریسک هر دستگاه، مناسب‌ترین تکنیک بازرسی برای هر قسمت از دستگاه مشخص می‌گردد. با اجرای یک برنامه‌ی بازرسی بر مبنای ریسک، در یک مقدار یکسان یکسان فعالیت‌های بازرسی، مقدار ریسک کاهش می‌یابد. در شکل-۴، مدیریت ریسک با استفاده از روش متمرکز کردن فعالیت‌های بازرسی بر RBI و اثر آن در کاهش ریسک نسبت به برنامه‌های سنتی و معمولی نشان داده شده است.

عواملی که در بررسی‌های RBI در صنعت نفت باید مورد توجه قرار گیرد، شامل نوع سیال، قابلیت اشتعال، حالت فیزیکی سیال (گاز و مایع) و میزان خورنده بودن آن است. اطلاعات دیگر مانند دما، فشار عملیاتی و

سمت سیال نیز در ارزیابی‌های ایمنی ریسک در نظر گرفته می‌شود.

۸- موارد عملی اجرای RBI در صنعت نفت

از زمان تأسیس پالایشگاه آبادان قریب به یک قرن سپری می‌شود و هم‌اکنون حجم بسیار زیادی از تأسیسات پالایش نفت قدیمی در این پالایشگاه وجود دارد. واحدهای قدیمی تقطیر آن که در اواخر سال ۱۳۳۰ ساخته شده‌اند، تقریباً به انتهای عمر طراحی خود رسیده‌اند. علاوه بر این، پالایشگاه در حالی پا به عرصه بهینه‌سازی فعالیت‌های بازرسی گذاشته که با تکالیفی نظیر افزایش میزان تولید و به حداقل رساندن هزینه‌های عملیاتی مواجه بوده است. به منظور کاهش از کارافتادگی تأسیسات در حین عملیات و بازنگری در فلسفه انفعالی پیشین بازرسی، اجرای یک برنامه منسجم بازرسی در قالب یک پروژه پژوهشی و تهیه و اجرای نرم‌افزار RBI در آن پالایشگاه در سال ۱۳۸۷ آغاز گردید. به منظور انتخاب یک واحد فرآیندی به صورت پایلوت جهت اجرای RBI، ابتدا پرسش‌نامه‌های مربوط به ارزیابی کیفی RBI جهت تعیین ریسک واحدهای مختلف پالایشگاه تکمیل و اطلاعات آن‌ها وارد نرم‌افزار گردید. پس از رفع ایرادات و تکمیل بانک داده‌ها، فرآیند ریسک بر روی داده‌ها انجام پذیرفت و ریسک هر واحد مشخص گردید. با مشخص شدن واحدی که دارای بیشترین ریسک می‌باشد، فرآیند اجرای ارزیابی نیمه کمی و کمی بر روی تجهیزات این واحد آغاز گردید. واحد انتخاب شده یک واحد تقطیر بود. اجرای پروژه بازرسی بر مبنای ریسک در این پالایشگاه، تغییرات نسبتاً چشمگیری را در فرآیند بازرسی سازمان به دنبال داشت که خود، نقطه شروع ایجاد تغییرات در جنبه‌های مختلف سازمان نظیر نوع و سطح بایگانی و آنالیز داده‌ها، آموزش و مهارت کارکنان، روابط کاری چند جانبه

و دستورالعمل‌های کاری شد. به منظور آماده‌سازی بسترهای لازم جهت اجرای یک پروژه RBI موفق و دسترسی به مزایای بالقوه این نگرش جدید در عرصه بازرسی، فاکتورهای کلیدی موفقیت نظیر یکپارچگی با دیگر فرآیندهای سازمانی، دسترسی ساده در هر زمان دلخواه به ورودی‌ها و خروجی‌های RBI و در دسترس بودن ابزارهای مناسب آنالیز داده‌ها، آموزش و مهارت کارکنان شناسایی گردیدند که به کارگیری آن‌ها نیازمند اتخاذ سیاست‌های سازمانی صحیح جهت حذف موانع موجود می‌باشد [۱۱].

تحقیق دیگری که بر روی تجهیزات واحد تقطیر اتمسفری پالایشگاه آبادان انجام شده است، نشان می‌دهد که اجرای طرح بازرسی پیشنهادی RBI تا ۵۰ درصد باعث کاهش ریسک مالی از کارافتادگی تجهیزات تحت فشار آن واحد خواهد شد. همچنین، توزیع بازه‌های بازرسی تجهیزات این واحد نشان‌دهنده این مهم است که بازه بازرسی ۸۸/۰۸ درصد تجهیزات را می‌توان از سه الی چهار سال فعلی به پنج سال افزایش داد، بدون اینکه در سطح ایمنی واحد تأثیر منفی بگذارد. برای مابقی تجهیزات که در واقع تجهیزات بحرانی این واحد هستند، لازم است دیگر روش‌های کاهش ریسک غیر از بازرسی به کار گرفته شوند. بنابراین، مهم‌ترین دستاورد RBI در این واحد، تعیین خط‌مشی‌های لازم برای افزایش بازه زمانی تعمیرات اساسی واحد مورد اشاره به پنج سال، بدون افزایش سطح ریسک تجهیزات است. از طرفی، استقرار موفقیت‌آمیز فن‌آوری RBI در واحد تقطیر اتمسفری با استفاده از نرم‌افزار تولید شده (ریسک‌مستر) نشان داد که می‌توان از نرم‌افزار مذکور به عنوان ابزاری قابل اعتماد برای استقرار فن‌آوری RBI در مجتمع‌های پالایشگاهی و پتروشیمی استفاده کرد [۱۲].

نتیجه‌گیری

توسعه روش، می‌توان از روش کمی (مطابق با استاندارد API 581) بهره گرفت. در این مقاله، تکنیک بازرسی بر مبنای ریسک به روش کیفی در صنعت نفت بررسی گردید. همچنان‌که ذکر گردید، روش بازرسی بر مبنای ریسک کیفی یک روش ساده و قابل اطمینان برای بازرسی واحدهای صنعتی است که در یک فاصله‌ی زمانی کوتاه، قابل اجراست. پیشنهاد می‌شود پس از تعیین ماتریس ریسک، در نواحی با ریسک بالا (محتوی مواد سمی) نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، در ناحیه با ریسک بالا (محتوی مواد غیر سمی) نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان و در نواحی با ریسک متوسط و کم، از نگهداری و تعمیرات

امروزه در دنیا در شرکت‌های بزرگ نفتی از روش‌های کیفی بازرسی بر مبنای ریسک (مطابق با استاندارد API 580) برای ارزیابی اولیه ریسک و شناسایی تجهیزات با ریسک بالا استفاده کرده و سپس، به کمک روش‌های بازرسی بر مبنای ریسک کمی (مطابق با استاندارد API 581)، تجهیزات شناسایی شده‌ی با ریسک بالا را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. عمدتاً پیاده‌سازی روش کمی در سازمان‌ها در مراحل اولیه استقرار RBI بسیار دشوار است. از این رو، برای تسهیل شروع استقرار RBI در یک مجموعه، از روش کیفی استفاده می‌شود و پس از آن، برای

اصلاحی بهره بُرد. به‌دست آوردن ترکیب بهینه‌ی تکنیک و فاصله زمانی بازرسی، یکی از مهم‌ترین کاربردهای بازرسی بر مبنای ریسک است. ابتدا هر یک از تکنیک‌های بازرسی از نظر تأثیر در کاهش احتمال وقوع خرابی، ارزیابی اقتصادی می‌شود. سپس، با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده و هزینه هر تکنیک، یک برنامه بازرسی بهینه تعیین و مورد ارزیابی مجدد مدیریت قرار می‌گیرد. با مشخص کردن ریسک هر دستگاه، مناسب‌ترین تکنیک بازرسی برای هر قسمت از دستگاه مشخص می‌گردد. با اجرای یک برنامه بازرسی بر مبنای ریسک، در مقدار یکسان فعالیت‌های بازرسی، مقدار ریسک کاهش می‌یابد.

پانویس‌ها

- | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Risk Based Inspection | 9. Decision Tree | 17. Semi Quantitative Approach |
| 2. Reliable Centered Maintenance | 10. Chemical Factor, CF | 18. Quantitative Approach |
| 3. Condition Based Maintenance | 11. Quantity Factor, QF | 19. Corrosion Loop Design |
| 4. American Society of Mechanical Engineering | 12. State Factor, SF | 20. Criticality risk assessment |
| 5. American Petroleum Institute | 13. Auto Ignition Factor, AF | 21. Inspection Plan |
| 6. Multi Attribute Decision Making | 14. Pressure Factor, PRF | 22. Risk Management |
| 7. Analytical Hierarchy Process | 15. Credit Factor, CRF | 23. Mitigation |
| 8. Fault Tree | 16. Damage Potential Factor, DPF | |

منابع

- [1] N.S. Arunraj, J.Maiti, Risk-based Maintenance-techniques and application, Journal of Hazardous Material 142(2007)653-661 Butterworth/Heinemann, Oxford, 1994.
- [2] M. Bevilacqua, M. Braglia, The analytical hierarchy process applied to Maintenance strategy selection, Reliab. Eng. Syst. Saf. 70 (2000) 71-83.
- [3] F.I. Khan, M. Haddara, Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning, J. Loss Prevent. Process Ind. 16 (2003) 561-573.
- [4] F.I. Khan, M. Haddara, Risk-based maintenance of ethylene oxide production facilities, J. Hazard.Mater. A 108 (2004) 147-159.
- [5] P.K. Dey, S.O. Ogunlana, S. Naksuksakul, Risk-based maintenance model for offshore oil and gas pipelines: a case study, J. Qual. Maint. Eng. 10 (3) (2004) 169-183.
- [6] K. Fujiyama, S. Nagai, Y. Akikuni, T. Fujiwara, K. Furuya, S. Matsumoto, K. Takagi, T. Kawabata, Risk-based inspection and maintenance systems for steam turBInes, Int. J. Press.Ves. Pip. 81 (10835-825 (2004) (11/.
- [7] L. Krishnasamy, F.I. Khan, M. Haddara, Development of a risk-based maintenance (RBM) strategy for a power-generating plant, J. Loss Prevent.Process Ind. 18 (2005) 69-81.
- [8] P.K. Dey, A risk-based maintenance model for inspection and maintenance of cross-country petroleum pipeline, J. Qual. Maint. Eng. 7 (1) (2001)25-41.
- [9] American Petroleum Institute, Risk-based Inspection, API Recommended practice 580, Second Edition, November 2009.
- [10] American Petroleum Institute, Risk-based Inspection Base Resource Document, API Publication 581, Second Edition, September 2008.
- [۱۱] سید جواد هاشمی، علیرضا استوار، الهه شکاری، معرفی فن آوری بازرسی بر مبنای ریسک و نتایج حاصل از استقرار آن در پالایشگاه آبادان، نفتا، سال دوم (۱۳۸۸)، شماره سوم
- [۱۲] محمد رضا زهیری، سید جواد هاشمی، محمد نظر نژاد بچستانی، اجرای طرح پژوهشی تولید نرم افزار بازرسی بر مبنای ریسک در شرکت پالایش نفت آبادان، ماهنامه تخصصی، علمی - ترویجی فرآیند نو، مهر - آبان ۱۳۸۸، شماره ۲۲