



## مدیریت یکپارچه ریسک و دارائی با اجراء تکنیک بازرسی بر مبنای ریسک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی

امیر برخوردار<sup>۱</sup>، یزدان محمودیان<sup>۲</sup>، فاطمه یوسفی<sup>۳</sup>، پیمان زارعی<sup>۴</sup>، بهنام مرادی<sup>۵\*</sup>

### چکیده

**مقدمه:** در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی به منظور جلوگیری از وقوع حوادث ناگوار و به حداقل رساندن خطرات غیرمنتظره، بازرسی تجهیزات از لحاظ وجود یکپارچگی مکانیکی و سرویس‌دهی ایمن و مداوم تأسیسات امری حساس می‌باشد. هدف از این مطالعه مدیریت یکپارچه ریسک و دارائی با اجراء تکنیک بازرسی بر مبنای ریسک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی می‌باشد.

**روش بررسی:** در این مطالعه مروری سیستماتیک ابتدا فهرستی از واژگان کلیدی مبتنی بر RBI مشخص گردید و سپس به‌طور اختصاصی در پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی و خارجی Science Direct, Magiran, Google Search, Scopus, Civilica, PubMed, Google Scholar, SID بدون محدودیت زمانی و با استفاده از کلیدواژه‌های مدیریت ریسک، احتمال وقوع از کارافتادگی، مدیریت یکپارچه دارائی، بازرسی بر مبنای ریسک، پیامد وقوع از کارافتادگی، و مدیریت خوردگی مورد جستجو قرار گرفتند. سپس یافته‌ها و نتایج پژوهش‌های تایید شده استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در نهایت نتیجه گیری و جمع بندی در خصوص تأثیر این روش در مدیریت یکپارچه ریسک و دارائی‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** مرور مطالعات مختلف نشان داد که روش بازرسی بر مبنای ریسک بستر لازم جهت ارتقاء و تدوین استراتژی‌های نوین بازرسی، تعمیرات و نگهداری، سیستم مدیریت ریسک تجهیزات و یکپارچگی دارائی‌ها در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی فراهم آورده است و نقش بسزایی در کاهش سطح ریسک به محدوده‌های قابل پذیرش داشته است.

**نتیجه‌گیری:** با تحلیل نتایج مطالعات مشخص شد که به‌کارگیری این روش منجر به اجراء مؤثر مدیریت ریسک و قابلیت اطمینان و مدیریت خوردگی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی می‌شود. در واقع این روش سیستمی به منظور تضمین ایمنی فرآیند، افزایش درک ریسک تخریب در جهت مدیریت ریسک‌های مربوطه و اطمینان از یکپارچگی دارائی‌ها در واحدهای عملیاتی این صنایع فراهم می‌آورد.

**کلید واژه‌ها:** مدیریت ریسک، مدیریت خوردگی، احتمال وقوع از کارافتادگی، بازرسی بر مبنای ریسک، پیامد وقوع از کارافتادگی، مدیریت یکپارچگی دارائی

### مقاله پژوهشی



تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۱۲

### ارجاع:

برخوردار امیر، محمودیان یزدان، یوسفی فاطمه، زارعی پیمان، مرادی بهنام. مدیریت یکپارچه ریسک و دارائی با اجراء تکنیک بازرسی بر مبنای ریسک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی. بهداشت کار و ارتقاء سلامت ۱۳۹۹؛ ۴(۳): ۲۳۹-۲۲۳.

<sup>۱</sup> گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۲</sup> گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور، اهواز، ایران

<sup>۳</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران

<sup>۴</sup> گروه مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران

<sup>۵\*</sup> گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

(نویسنده مسئول: b.moradi@sbm.ac.ir)

## مقدمه

صنایع وابسته به نفت، گاز و پتروشیمی از جمله صنایع بزرگ ایران هستند (۱). این صنایع یکی از بخش های اصلی صنعت کشور در ایجاد ارزش افزوده محسوب می شود و نقش اساسی در شکوفایی اقتصادی، توسعه پایدار و بومی سازی فناوری دارد (۲). صنایع فرآیندی در سال های اخیر با رشد فناوری، استفاده از تجهیزات جدید، به کارگیری فرآیندهای پیچیده در دماها و فشارهای زیاد، فرسودگی بسیاری از تأسیسات قدیمی و نظایر این ها مواجهه بوده است (۳). صنایع نفت، گاز و پتروشیمی اغلب با مواد شیمیایی پرخطر و واحدهای عملیاتی تحت شرایط دما و فشار بالا نظیر راکتورها و مخازن ذخیره سروکار دارند؛ بنابراین احتمال وقوع حوادثی از قبیل انفجار، آتش سوزی و نشت مواد سمی در آن ها وجود دارد (۴). بنابراین باید به دنبال ایجاد محیط های کاری ایمن برای شاغلین، همسایگان و محیط زیست اطراف خود باشند (۵). حوادث این صنایع به خاطر شرایط حادثه فرآیندی، مقدار زیاد مواد قابل اشتعال و انفجار، تراکم بالای تجهیزات و افراد از منظر خسارت های جانی، اقتصادی، زیست محیطی و آسیب به شهرت و آوازه شرکت ها می تواند بسیار فاجعه آمیز و متفاوت تر از سایر صنایع باشد (۶).

یکی از آثار سوء صنعتی شدن افزایش روزافزون تعداد حوادث شغلی است (۷). بر طبق آمار منتشره از سوی سازمان بین المللی کار (۲۰۱۷)، سالانه ۲/۷۸ میلیون نفر به دلیل بیماری های شغلی و حوادث ناشی از کار جان خود را از دست می دهند و ۴ درصد از تولید ناخالص ملی صرف هزینه های ناشی از حوادث شغلی می گردد (۸). مطابق گزارش HSE بریتانیا (۲۰۱۹)، در سال ۲۰۱۸/۱۹ بیماری های شغلی منجر به فوت ۱۳۰۰۰ نفر و ۲۳/۵ میلیون روز کاری از دست رفته شد. از طرفی هزینه سالیانه جراحی در محیط کار، ۵/۲ میلیارد پوند تخمین زده شد (۹). همچنین بررسی مطالعات انجام شده نشان می دهد که ارتباط نزدیکی بین نگهداری و تعمیرات و بروز حوادث عمده و بزرگ وجود دارد (۱۰). به گونه ای که پژوهش انجام شده توسط اکو و همکارانش (۲۰۱۴) نشان داد که از ۱۸۳ حادثه بزرگ رخ داده

در آمریکا و اروپا، ۸۰ مورد (۴۴ درصد) با تعمیرات و نگهداری مرتبط بود (۱۱). این موضوع سبب شده است که تمایل جدی برای استفاده از عامل ریسک به عنوان معیاری برای برنامه ریزی اقدامات نگهداری و تعمیرات ایجاد شود (۱۲).

Rowe ریسک را به عنوان عامل بالقوه ای در تشخیص ناخواسته ها و نتایج نامطلوب حادثه تعریف می کند (۱۳). در واقع ریسک تابعی از دو متغیر مستقل احتمال (تکرارپذیری) و شدت خسارت (پیامد) ناشی از وقوع حادثه هست که می تواند تهدیدی برای ایمنی فرایند، سامانه یا پروژه باشد (۱۴). بنابراین مطالعه ریسک به منظور ایجاد سیستم یکپارچه مدیریت ریسک در جهت پیشگیری از زیان ها و آمار حوادث در صنایع به خصوص صنایع فرآیندی انجام می شود (۱۳، ۱۵). در صنعت پتروشیمی و نفت و گاز فعالیت های گسترده ای صورت می گیرد. هر فعالیت خطرات و ریسک هایی را در پی دارد یا به عبارتی تن به حالاتی از شکست می دهد که می بایست شناسایی، تجزیه و تحلیل و اولویت بندی شوند (۱۶، ۱۷). به گونه ای که این صنایع جهت مدیریت هزینه ها، منابع و همچنین برای پیشگیری از بروز این گونه حوادث به دنبال روش های نوین در جهت طراحی استراتژی های شناسایی، ارزیابی و تحلیل علل به وجود آورنده آن ها بوده اند. روش هایی که به هزینه های زمانی، مکانی و نیروی انسانی کمتری احتیاج داشته باشد (۱۸، ۱۹).

از اوایل دهه ۹۰ روش بازرسی بر مبنای ریسک، جهت پاسخ به نیاز صنعت نفت، گاز و پتروشیمی برای مدیریت ریسک و اولویت بندی تجهیزات بر اساس میزان ریسک توسعه یافت (۲۰). این روش توسط موسسه نفت آمریکا (API) ارائه شده است، و بالاترین دستورالعمل تعمیر و نگهداری سودمند در صنایع شیمیایی می باشد (۲۱). در این روش بازرسی و منابع، بر دستگاه هایی با بالاترین احتمال ریسک و پیامدهای وقوع خرابی متمرکز می گردد. در واقع عملی پیشگیرانه است که از وقوع خرابی ها و از کارافتادگی تجهیزات و فرایند ممانعت به عمل می آورد. هدف از بازرسی بر مبنای ریسک تمرکز بر قطعات



بحرانی می‌باشد. منظور از قطعه بحرانی قطعه‌ای است که در معرض بیشترین ریسک قرار دارد (۲۲، ۲۳). از مهم‌ترین مزایای RBI می‌توان به افزایش ایمنی تجهیزات و محیط کار، افزایش قابلیت استفاده، کاهش هزینه‌های بازرسی فنی و خطر از کارافتادگی، برنامه‌ریزی دقیق بازرسی فنی و تعمیرات، افزایش فاصله بازرسی‌های فنی و تعمیرات دوره‌ای اشاره نمود (۲۴، ۲۵). روش RBI با تعیین ساختاری برای تصمیم‌گیری راجع به دوره زمانی بازرسی، سطح بازرسی و روش‌های کاهش خطر اصولی را برای مدیریت ریسک‌ها فراهم می‌کند (۲۳). بنابراین با توجه به کنترل ریسک‌های مرتبط با مکانیزم‌های تخریب تجهیزات و همچنین یکپارچگی دارائی‌های این صنایع به منظور پیشگیری از بروز حوادث و نشتی سیالات موجود در این تجهیزات، این پژوهش باهدف مدیریت یکپارچه ریسک و دارائی با اجراء تکنیک بازرسی بر مبنای ریسک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی انجام گرفت.

### روش بررسی

پژوهش حاضر باهدف بررسی نقش و تأثیر بازرسی بر مبنای ریسک در مدیریت ریسک‌های صنایع نفت، گاز و پتروشیمی صورت گرفت. مطالعه از نوع توصیفی- گذشته‌نگر است. در ابتدا فهرستی از واژگان کلیدی مبتنی بر RBI مشخص گردید. سپس هر واژه به‌طور اختصاصی در پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی و خارجی مورد جستجوی قرار گرفت. در این پژوهش جستجوی الکترونیکی پایگاه‌های اطلاعاتی به زبان فارسی و انگلیسی بدون محدودیت زمانی در پایگاه‌های اطلاعاتی Science Direct, Magiran, Civilica, PubMed, Google Scholar, SID و Scopus و Google Search و با استفاده از کلیدواژه‌های مدیریت ریسک، احتمال وقوع از کارافتادگی، بازرسی بر مبنای ریسک (RBI)، پیامد وقوع از کارافتادگی و آنالیز ریسک گرفت. در مجموع از بین ۱۰۰ مقاله‌ای که از پایگاه‌های اطلاعاتی فوق مورد جستجو قرار گرفت، ۴۵ مقاله مرتبط با موضوع پژوهش انتخاب گردید. پس از کاوش‌های فنی در ارتباط با RBI در مقالات، در ابتدا تکنیک بازرسی بر مبنای ریسک به‌عنوان یکی از

کارآمدترین روش‌های بازرسی تجهیزات معرفی شده و سپس با تجزیه و تحلیل یافته‌های مطالعات انجام شده تأثیر این روش در مدیریت یکپارچه ریسک و دارائی‌ها صنایع نفت، گاز و پتروشیمی مورد بررسی قرار گرفت.

### معرفی بازرسی بر مبنای ریسک

هر واحدی دارای تعداد بسیاری از تجهیزاتی است که باید مورد بازرسی قرار گیرند و زمان بین این بازرسی‌ها نباید زیاد طولانی شود. این امر می‌تواند باعث ایجاد چالشی بزرگ در صنایع شود. بازرسی بر مبنای ریسک برای انجام این کار مورد استفاده قرار می‌گیرد و تمرکز اصلی این روش بر روی بازرسی، مدیریت یکپارچگی، تعمیرات و نگهداری و همچنین کاهش وقوع از کارافتادگی سیستم می‌باشد (۲۶). بر اساس استاندارد API-۵۸۱، RBI با سه روش انجام می‌شود (۲۷):

۱- کیفی

۲- کمی

۳- نیمه کمی

### روش کیفی

این روش نیازمند داده‌های ورودی بر اساس اطلاعات توصیفی و با استفاده از داوری و تجربه مهندسی به‌عنوان پایه‌ای برای آنالیز احتمال و نتیجه از کارافتادگی می‌باشد. ورودی‌ها غالباً به‌صورت محدوده‌های از اطلاعات به‌جای اعداد دقیق می‌باشند و نتایج غالباً به‌صورت کیفی ارائه می‌شوند (زیاد، متوسط و کم)، همچنین ممکن است اعداد نیز به این دسته‌ها اختصاص داده شود (۲۸).

### روش کمی

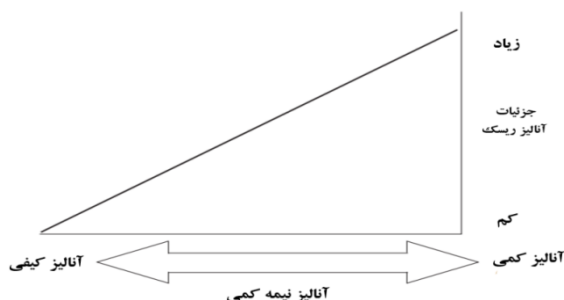
آنالیز کمی ریسک از مدل‌های منطقی برای ترسیم ترکیب رویدادهایی که می‌تواند منجر به بروز حوادث شدیدی شود و همچنین مدل‌های فیزیکی که پیشرفت حوادث و انتقال ماده‌ای خطرناک به محیط را ترسیم می‌کند استفاده می‌کند. نتایج حاصله از این روش عمدتاً به‌صورت اعداد ریسک بیان شده و این روش دقیق‌ترین و جزئی‌نگرترین سطح ارزیابی ریسک می‌باشد (۲۸).



## روش نیمه کمی

این روش حالتی بینابین دو روش قبل است و وقت‌گیرتر از روش کیفی می‌باشد، زیرا سؤالات بیشتری در آن مطرح شده و با جزئیات بیشتری به مطلب می‌پردازد. در این روش برای احتمال

و پیامد مقادیر عددی تعیین می‌کنند که می‌تواند با توجه به تجربه و اطلاعات عمومی درباره ازکارافتادگی‌ها و قضاوت‌های مهندسی با آنالیز عددی به‌دست‌آمده باشد. در شکل ۱ طیف روش‌های RBI نشان داده شده است (۲۸).



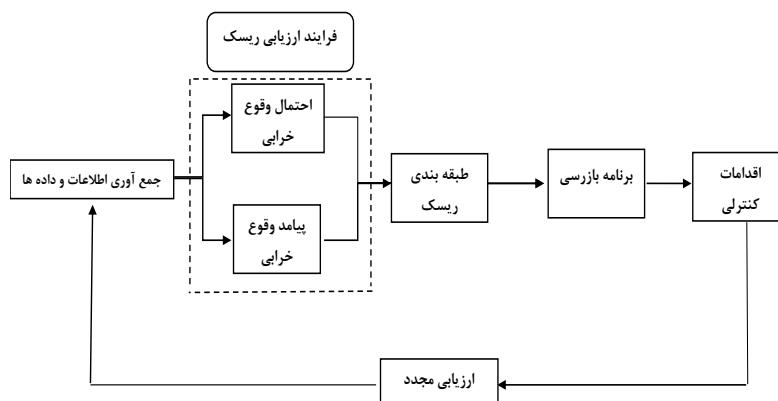
شکل ۱: طیف روش‌های RBI (۲۸)

## متدولوژی بازرسی بر مبنای ریسک

بازرسی بر مبنای ریسک (RBI) به‌عنوان روشی یکپارچه‌ای تعریف می‌شود که از ریسک به‌عنوان پایه‌ای برای اولویت‌بندی و مدیریت برنامه‌های بازرسی تجهیزات از طریق ترکیب احتمال وقوع خرابی و پیامد وقوع خرابی استفاده می‌کند. این روش اقدامات بازرسی را بر روی فعالیت‌های خاصی که یکپارچگی دارائی‌ها و ظرفیت تجهیزات فرآیند را تهدید می‌کنند، متمرکز می‌کند.

RBI احتمال وقوع خرابی و پیامد وقوع خرابی را به‌صورت جداگانه محاسبه و از آن‌ها برای تعیین ریسک ازکارافتادگی استفاده می‌کند. پس از مقایسه و اولویت‌بندی ریسک، از آن برای برنامه‌ریزی بازرسی در جهت کاهش ریسک موجود استفاده می‌کند. (۲۹).

برنامه بازرسی شامل اولویت‌بندی سیستم‌ها و فرآیندهای عملیات بر اساس ریسک، تعیین مقدار ریسک مرتبط با تجهیزات درون سیستم یا فرآیند بر اساس روش‌های متداول، اولویت‌بندی تجهیزات بر اساس رتبه ریسک و ایجاد برنامه بازرسی مناسب برای رفع ریسک‌های کلیدی (روشی که به‌صورت سیستماتیک، ریسک‌های مربوط به تجهیزات عملیات یا فرآیند را مدیریت کند) می‌باشد (۲۴). مؤسسه نفت آمریکا با انتشار سند API-۵۸۰ و API-۵۸۱ به تشریح روش بازرسی بر مبنای ریسک پرداخت. فرآیند RBI نشان داده شده در شکل ۲ مراحل اجرایی برنامه‌ریزی بازرسی بر اساس آنالیز ریسک را مطابق استاندارد API-۵۸۰ ترسیم می‌کند (۲۷).



شکل ۲: فرآیند برنامه بازرسی مبتنی بر ریسک مطابق API-۵۸۰ [۲۷]

## دلایل ضرورت و پذیرش برنامه بازرسی بر مبنای

### ریسک

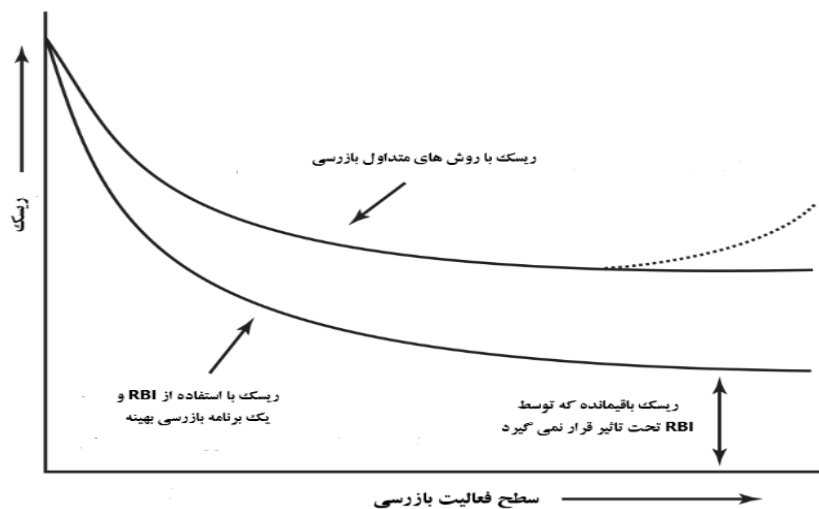
مهم‌ترین مسئله در پذیرش RBI بهینه‌سازی هزینه‌هایی است که بابت تعهد به مسائل بهداشتی، ایمنی و زیست‌محیطی باید توسط سازمان پرداخت شود. در صورت عدم تعهد به مسائل ذکر شده حوادثی رخ خواهد داد که می‌توانند منجر به ایجاد جراحت و حتی مرگ برای نیروی انسانی، خسارت به تجهیزات و آسیب به محیط‌زیست گردند (۳۰). بر اساس مطالعه انجام شده توسط کاپلان و همکاران مشخص گردید که بیشترین آسیب و خسارات در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی مربوط به ازکارافتادگی مکانیکی می‌باشد. بازرسی بر مبنای ریسک تأثیر بسزایی بر پیشگیری از این حوادث دارد. لازم به ذکر است که RBI بر خطا عملیاتی، آشفستگی ناقص فرآیند و خطرات طبیعی اثر کمتری دارد. با این حال می‌توان با استفاده از فرآیند ارزیابی ریسک، اپراتورها را از ریسک‌های مربوطه آگاه نمود و با استفاده از آموزش کارکنان واحد عملیاتی تأثیر مثبت بر خطاهای

نام‌برده گذاشته شود و از وقوع فجایع بزرگ جلوگیری نمود (۳۱).

## مدیریت ریسک‌ها با استفاده از برنامه بازرسی بر

### مبنای ریسک

در بیشتر مواقع، پس از شناسایی ریسک‌ها، فرصت‌های جایگزینی دیگری در دسترس هستند تا آن‌ها را کاهش دهند. با این حال، تقریباً تمام زیان‌های تجاری در نتیجه عدم درک یا عدم مدیریت ریسک می‌باشند. API RBI، اولین گام به سوی برنامه مدیریت ریسک یکپارچه می‌باشد. در گذشته، ارزیابی ریسک بیشتر به مسائل مربوط به ایمنی در سایت متمرکز بوده است. همچنین این روش می‌تواند با تمرکز دادن فعالیت‌های بازرسی به سوی تجهیزات فرآیندی با بالاترین ریسک، برای مدیریت ریسک کلی در کارخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۲). شکل ۳ نشان‌دهنده منحنی‌هایی است که کاهش ریسک قابل‌انتظار را با افزایش درجه و تعداد بازرسی و همچنین مدیریت ریسک با استفاده از برنامه RBI را نشان می‌دهد (۲۷).



شکل ۳: مدیریت ریسک با استفاده از RBI (۲۷)

بکار برده شود، حتی ممکن است سطح ریسک بالا رود، این مسئله به این علت است که بازرسی‌های اضافی بکار برده شده در حالت‌های خاص می‌تواند باعث زوال بیشتر گردد. به عنوان مثال رطوبت وارده به همراه اسید پلی تونیک به درون تجهیز و یا

منحنی بالایی برنامه متداول بازرسی را نشان می‌دهد. با سرمایه‌گذاری اولیه در فعالیت‌های بازرسی، ریسک با شیب تندی افت می‌کند. وقتی که فعالیت بازرسی بیشتری صورت می‌گیرد، شیب کاهش ریسک کند می‌شود. اگر بازرسی اضافه

تعداد ۴۵ مقاله معتبر از پایگاه‌های اطلاعاتی انتخاب شدند. یافته‌های حاصل از مرور پژوهش‌های مختلف به صورت خلاصه بر اساس ۸ فاکتور جداگانه (۱- سودبخشی ۲- عملیات اثربخش ۳- مدیریت ریسک ۴- برنامه بازرسی ۵- مدیریت یکپارچه دارائی ۶- دانش و صلاحیت ۷- انتظارات اجتماعی ۸- الزامات قانونی) از منظر مزایای به‌کارگیری روش بازرسی بر مبنای ریسک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی دسته‌بندی شده است.

در جدول ۱ دسته مزایای پیاده‌سازی RBI از دیدگاه سودبخشی و عملیات اثربخش نشان داده شده است. در جدول ۲ دسته مزایای پیاده‌سازی RBI از دیدگاه مدیریت ریسک و برنامه بازرسی نشان داده شده است. در جدول ۳ دسته مزایای پیاده‌سازی RBI از دیدگاه مدیریت یکپارچه دارائی و صلاحیت و دانش نشان داده شده است.

در جدول ۴ دسته مزایای پیاده‌سازی RBI از دیدگاه انتظارات اجتماعی و الزامات قانونی نشان داده شده است.

صدمه به پوشش‌های محافظ یا ظروف استر شده با شیشه در اثر بازرسی‌های اضافی را می‌توان نام برد. این وضعیت به وسیله خط‌چین نشان داده شده و در پایان منحنی بالایی مشخص گردیده است. منحنی پایین، روند کاهش ریسک را با استفاده از RBI را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل بالا نشان داده شده است، ریسک نمی‌تواند به‌تنهایی با فعالیت‌های بازرسی به صفر برسد (۳۳). هدف نهایی در تعیین فاصله زمانی بازرسی، ایمنی و سازگاری تجهیزات در حین بهره‌برداری می‌باشد. در بازرسی بر مبنای ریسک با متمرکز شدن بر روی تجهیزاتی با بالاترین ریسک، ارتباط بهتری بین مکانیزم تخریب و تأثیرگذار بودن روش بازرسی بر روی مکانیزم مربوطه، برقرار می‌گردد (۳۴).

#### یافته‌ها

در این مطالعه با استفاده از کلیدواژه‌های مدیریت ریسک، احتمال وقوع ازکارافتادگی، بازرسی بر مبنای ریسک (RBI)، پیامد وقوع ازکارافتادگی و آنالیز ریسک بدون محدودیت زمانی

جدول ۱: مزایای پیاده‌سازی RBI از دیدگاه سودبخشی و عملیات اثربخش

مقاله/تحقیق	مزایا	دسته مزایا
(۳۷-۳۵)	کاهش تعداد وقوع خرابی	
(۴۰-۳۸, ۳۶, ۲۳, ۶)	کاهش هزینه‌های بازرسی مستقیم	سودبخشی
(۳۸, ۳۷)	کاهش تعداد بازرسی	(هزینه - سود)
(۴۱)	اطمینان از افزایش طول عمر تجهیزات	
(۳۸, ۳۷)	کاهش مدت‌زمان خاموشی‌های برنامه ریزی نشده	
(۴۲, ۲۵, ۲۴)	افزایش بهره‌وری کسب‌وکار	
(۴۳, ۳۷, ۳۶)	افزایش قابلیت دسترسی کارخانه	
(۴۴)	جلوگیری از خاموشی‌های غیرضروری یا ازکارافتادگی‌های سیستم	
(۴۵)	افزایش درک یکپارچگی	
(۳۸)	فراهم کردن تصمیم‌گیری آگاهانه	عملیات اثربخش
(۴۳)	دستیابی به عملکرد بهتر	
(۴۳, ۳۸)	افزایش اثربخشی بازرسی‌ها	
(۴۶, ۳۹, ۲۵)	ارتقاء سطح ایمنی تجهیزات و محیط کار	



جدول ۲: مزایای پیاده‌سازی RBI از دیدگاه مدیریت ریسک، برنامه بازرسی

دسته مزایا	مزایا	مقاله/تحقیق
مدیریت ریسک	تعیین سطح ریسک	(۴۷, ۴۳, ۲۵)
	ارزیابی دقیق‌تر ریسک	(۴۸)
	درک بهتر مفاهیم ریسک	(۳۸)
	اولویت‌بندی دقیق تجهیزات	(۵۰, ۴۹, ۳۹)
	کاهش ریسک	(۵۳-۵۱)
برنامه بازرسی	تعیین تجهیزات بحرانی	(۵۴, ۴۵)
	تعیین فاصله بازرسی قابل قبول	(۵۶, ۵۵, ۵۲, ۴۵, ۳۸)
	دستیابی به برنامه بازرسی بهینه	(۵۷, ۵۲, ۴۱)
	تعیین مناسب‌ترین روش بازرسی	(۵۸, ۵۱)
	تعیین سطح اطمینان و کیفیت بازرسی	(۵۹)

جدول ۳: مزایای پیاده‌سازی RBI از دیدگاه مدیریت یکپارچه دارائی و صلاحیت و دانش

دسته مزایا	مزایا	مقاله/تحقیق
مدیریت دارائی	تعیین مکانیزم های تخریب	(۶۰, ۵۱, ۵۰)
	تعیین حالت‌های تخریب	(۶۱, ۵۱)
	درک بهتر مکانیزم های تخریب و نرخ خرابی ها	(۵۹, ۵۱)
	اطمینان از یکپارچگی فنی دارائی ها	(۶۴-۶۲)
	نگهداری و تعمیرات برنامه ریزی شده	(۶۶, ۶۵, ۴۰)
صلاحیت و دانش	ارزیابی تاثیر تغییرات فرآیند بر یکپارچگی دارائی ها	(۶۷, ۶۲, ۳۶)
	بهبود دانش خوردگی و مکانیسم های تخریب	(۷۰-۶۸)
	ارتقاء دانش و تعهد مدیران و بهره برداران کارخانه	(۷۱, ۳۳)
	ارتقاء دانش و صلاحیت فنی اعضاء تیم RBI	(۷۲, ۶۹, ۵۸)
	تقویت صلاحیت بازرسان در رویکرد پایش بر مبنای ریسک	(۷۱, ۷۰, ۵۸)
	بهبود دانش و همکاری بین متخصصین مسئول در یکپارچگی دارائی ها	(۷۱, ۷۰, ۶۸, ۶۷)

جدول ۴: مزایای پیاده‌سازی RBI از دیدگاه انتظارات اجتماعی و الزامات قانونی

دسته مزایا	مزایا	مقاله/تحقیق
انتظارات اجتماعی	برآورده سازی انتظارات اجتماعی	(۷۳)
	رفع نگرانی‌های ذینفعان	(۳۸)
الزامات قانونی	حفظ اسناد صدور مجوز	(۳۸)
	اجتناب از وقفه در فعالیت ناشی از عدم رعایت قوانین	(۳۸)
	تطابق با الزامات قانونی و استانداردها	(۷۰, ۵۸)

### بحث

با توجه به نتایج حاصل از جداول ۱، ۲، ۳ و ۴ مرور مطالعات نشان داد که به‌کارگیری روش بازرسی بر مبنای ریسک می‌تواند مزایای بسیاری برای صنایع فرآیندی به‌خصوص صنایع نفت، گاز و پتروشیمی داشته باشد.

صنایع فرآیندی نفت، گاز و پتروشیمی نقش بسزایی در شکوفایی اقتصاد کشور و هزینه های ناشی از حوادث مرتبط با عدم مدیریت ریسک های تجهیزات بحرانی از اهمیت خاصی

برخوردار است. و بدین منظور این پژوهش با هدف مدیریت یکپارچه ریسک و دارائی ها با اجراء تکنیک بازرسی بر مبنای ریسک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی انجام شد. مطابق قوانین جدید کارفرمایان باید نسبت به ایمنی، یکپارچگی دارائی‌ها و قابلیت اطمینان تجهیزات مربوطه تعهد داشته و توانایی خود را در این زمینه به اثبات برسانند (۵۸). ایمنی کارخانه اغلب به قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی تجهیزات و همچنین صفر بودن حوادث وابسته است (۷۴). در طول عملیات، تجهیزات و سیستم‌ها دچار فرسودگی و تخریب خواهند شد. بنابراین ممکن است حادثه رخ دهد. به همین دلیل می‌توان گفت که ریسک حوادث با گذر زمان افزایش خواهد یافت (۷۵). امروزه توجه روزافزونی نسبت به مقوله ریسک و روش‌های مبتنی بر ریسک جهت تدوین استراتژی‌های بازرسی، نگهداری و تعمیرات در جهت مدیریت ریسک‌های موجود و مدیریت خوردگی در صنایع فرآیندی نفت، گاز، پتروشیمی و صنایع نیروگاهی سراسر جهان از جمله ایران به وجود آمده است (۷۶). مطالعه پارایوگو و همکاران (۲۰۱۶) با عنوان آنالیز ریسک مولد بخار با توان بازیافت حرارت (HRS) با استفاده از روش RBI نیمه کمی API-۵۸۱، نشان داد که این گونه تجهیزات در معرض سطح ریسک متوسط بوده و مکانیزم خوردگی از نوع کاهش ضخامت عمومی می‌باشد. همچنین نشان داد که خوردگی یک مشکل عمده ای است که در صنایع فرآیندی و نیروگاهی رخ می‌دهد (۵۰).

روش RBI ایده‌ی مؤثری در مبحث نگهداری است که در فرآیند مرحله‌ای، برای ارزیابی تجهیزات حساس مانند مخازن تحت فشار، مبدل‌های حرارتی، مخازن ذخیره، فیلترها و سیستم پایپینگ در مجموعه صنعتی به کار می‌رود (۷۷). از طرفی رویه‌های پیشرفته تعمیرات و نگهداری و همچنین برنامه‌های بازرسی اغلب شامل تلاش‌هایی هستند که با بهینه‌سازی این برنامه‌ها عمر تجهیزات را افزایش داده و احتمال وقوع خرابی آن‌ها را کاهش دهند تا از بروز چنین حوادثی پیشگیری کنند (۷۴). هنگام ایجاد استراتژی تعمیرات و نگهداری و همچنین مدیریت ریسک، تعیین ارتباط بین احتمال وقوع خرابی

و پیامدهای رویدادهای نامطلوب بسیار مهم است (۷۸). بنابراین روش نوین RBI به این منظور پیشنهاد شده است. در واقع هدف از RBI ارائه عناصر کلیدی برای توسعه و اجراء برنامه‌ای نظام‌مند به منظور بهینه‌سازی هزینه‌های تعمیرات و نگهداری و همچنین کاهش ریسک‌های موجود در مدت‌زمان عمر تجهیزات با توجه به مقوله ایمنی و قابلیت کارکرد آن‌ها می‌باشد (۷۹). مطالعه انجام شده توسط شهانقی و همکاران (۱۳۸۹) با عنوان کاربرد رویکرد بازرسی بر مبنای ریسک در انتخاب سیاست‌های نگهداری و تعمیرات (نت)، نشان داد که با اجراء اقدامات بازرسی بر مبنای ریسک و استفاده از نتایج آن در سیاست گذاری نگهداری و تعمیرات نتایج قابل توجهی به دست آمد به گونه ای که نت مبتنی بر قابلیت اطمینان که ممکن است در ابتدای اجراء پرهزینه و زمان بر باشد، در بلند مدت بسیار به صرفه و کاهش دهنده هزینه‌های تعمیرات خواهد بود (۸۰). بازرسی بر مبنای ریسک به عنوان روش یکپارچه‌ای تعریف می‌شود که از ریسک حاصل از ترکیب احتمال وقوع خرابی و پیامد وقوع خرابی به عنوان پایه‌ای برای اولویت‌بندی و مدیریت برنامه‌های بازرسی تجهیزات استفاده می‌کند. در واقع RBI فرآیند ایجاد برنامه بازرسی بر اساس آگاهی از ریسک خرابی تجهیزات می‌باشد (۲۹).

در مطالعه انجام‌شده توسط موراریو و همکاران (۲۰۱۳) با عنوان کاربرد بازرسی بر مبنای ریسک بر روی مبدل حرارتی کارخانه شیمیایی تولیدکننده آب‌سنگین نشان داد که نتایج به‌دست‌آمده از اجراء یکپارچه سیستم مدیریت ریسک منجر به درک بهتر از پیامد ریسک، طبقه‌بندی دقیق اجزاء در ماتریس احتمال - پیامد می‌شود (۳۹). مطالعه انجام‌شده توسط عبدالوهاب و همکاران (۲۰۱۱) با عنوان بازرسی بر مبنای ریسک روی مخازن ذخیره سطح زمین برای بهبود یکپارچگی، نشان داد که پس انجام RBI بر روی مخازن و اولویت‌بندی برنامه‌های تعمیرات و نگهداری و همچنین پس از بررسی سوابق بازرسی، اقدامات ایمنی، فلسفه تعمیرات و نگهداری و اقدامات کنترل خوردگی اندازه‌گیری و شرایط یکپارچگی مخازن طراحی شد. از طرفی تجزیه و تحلیل RBI و آنالیز مجدد مخازن فرآیند دائمی





است و این فرآیند بخش عمده‌ای از استراتژی‌های یکپارچگی دارائی‌ها است که اطمینان می‌دهد موارد با ریسک بالا نسبت به موارد با ریسک پایین، بیشتر موردتوجه قرار گرفته و ریسک دارائی‌ها با انجام بازرسی‌های اثربخش و مناسب کاهش پیدا می‌کند (۵۳). همچنین در مطالعه انجام‌شده توسط نابنام و همکاران (۲۰۱۶) تحت عنوان تجزیه و تحلیل ریسک مخزن تحت فشار دارای خوردگی خارجی، نتایج آنالیز RBI نشان داد که مخزن تحت فشار دارای سطح ریسک متوسط رو به بالا در بخش بالایی (Head) و سطح ریسک متوسط در بدنه (Shell) می‌باشد. کاربرد RBI برای مخزن تحت فشار در نیروگاه به‌طور واضح نشان داد که این تجهیز دارای حالت متداولی از خرابی تجهیزات از نوع کاهش ضخامت عمومی می‌باشد (۶۰).

در مطالعه انجام‌شده توسط حمدان (۲۰۱۷) با عنوان ارزیابی ریسک مولد بخار با توان بازیافتی حرارت (HRSG) با استفاده از روش RBI نشان داد که بر اساس ارزیابی ریسک انجام‌شده توسط روش بازرسی بر مبنای ریسک، HRSG دارای ریسک متوسط می‌باشد که این ریسک در آینده ممکن است تغییر و منجر به قطع یا از سرویس خارج شدن این تجهیز و همچنین باعث ایجاد مکانیزم خرابی جدیدی شود (۶۱). در اکثر واحدهای صنعتی بیش از ۸۰ درصد ریسک کل واحد، مربوط به تنها ۲۰ درصد تجهیزات می‌باشد یعنی از لحاظ عملی با تمرکز منابع بر روی تنها ۱۰ الی ۲۰ درصد قطعات، بیشتر ریسک واحد حذف خواهد شد که این اقدام می‌تواند منجر به کاهش احتمال وقوع خرابی و درنهایت منجر به کاهش بروز حوادث ناشی از این خرابی‌ها گردد (۴۹).

در مطالعه انجام‌شده توسط وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۱ با عنوان بازرسی بر مبنای ریسک بر روی تجهیزات واحد پلی‌اتیلن سبک، نشان داد که حدود ۸٪ از تجهیزات و خطوط تحت فشار، ۹۰٪ ریسک تجهیزات تحت فشار پلی‌اتیلن را دربرمی‌گیرند (۸۱). بازرسی بر مبنای ریسک فرآیند مدل‌سازی برای کنترل قابلیت اطمینان، ایمنی و جنبه‌های سلامت، اطمینان از برآورده شدن الزامات نگهداری و بهبود مستمر عملکرد فنی و

هزینه ارائه می‌کند (۷۸). این روش ابزاری را برای برنامه‌ریزی تعمیرات و نگهداری و تصمیم‌گیری به‌منظور کاهش احتمال خرابی تجهیزات و محدودسازی پیامدهای ناشی از این خرابی‌ها ارائه می‌دهد (۸۲). در کل، بیشتر استفاده‌های صنعتی RBI مربوط به سیستم‌های پالایشگاهی و بخش‌های پتروشیمی بوده است که به‌وضوح به تهدیدات مرگ و جراحت افراد، خسارت به محیط و زیان‌های مالی اشاره می‌کند تا سرمایه را حفظ کند (۸۳). از محدودیت این پژوهش می‌توان به کمبود مطالعات داخل کشور نام برد که برای رفع این محدودیت تلاش شد از مطالعات خارجی و مطالعات موجود استفاده شود.

به منظور بهبود فرآیند بازرسی بر مبنای ریسک و اجرای بهتر آن در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی کشور پیشنهادات ذیل می‌تواند مورد توجه کارشناسان، پژوهشگران و متخصصان این حوزه قرار گیرد:

۱- تشکیل تیم قوی بازرسی بر مبنای ریسک که متشکل از مهندسان بازرسی فنی، مهندسان مواد و خوردگی فلزات، مهندسان تعمیر و نگهداری سیستم‌ها، مهندسان فرآیند، مهندسان ایمنی، مهندسان بهره‌برداری، کارشناسان محیط زیست و سرپرست گروه (دارای تخصص در RBI) می‌باشد. اعضای این تیم مطالعاتی باید تاریخچه و داده‌های وابسته به جنس هر کدام از تجهیزات را که شامل بررسی گزارش‌های بازرسی‌های قبلی (اگر موجود باشد) را مرور کنند. به این ترتیب مکانیزم‌های خرابی که قبلاً برای هر یک از تجهیزات تشخیص داده شده است و یا اگر مستعد یک نوع خرابی هستند، مشخص می‌شود.

۲- با توجه به حوادث بوقوع پیوسته در سالهای اخیر در صنایع فرایندی که غالباً منجر به فوت و خسارات شدید به تجهیزات و محیط زیست گردیده است، می‌توان با استقرار سیستم‌های مدیریت بازرسی بر مبنای ریسک از وقوع این حوادث به‌طور موثر پیشگیری و یا از شدت و احتمال آنها کاست.

۳- جهت بهبود صحت نتایج و تمرکز موثر تر بر روی



نفت، گاز و پتروشیمی قابل کاربرد بوده و می تواند در جهت اجرای مؤثر سیستم یکپارچه مدیریت ریسک و مدیریت خوردگی و دارائی ها مفید باشد. همچنین این روش می تواند سیستم اثربخش و کارآمدی را به منظور تضمین ایمنی فرآیند، افزایش درک ریسک تخریب و اطمینان از یکپارچگی فنی دارائی ها را در واحدهای عملیاتی این صنایع فراهم آورد که این امر منجر به دستیابی به حداکثر ارزش برای زمان، هزینه و منابع می شود. نهایتاً با توجه به تحلیل های صورت گرفته می توان دریافت که روش بازرسی بر مبنای ریسک استراتژی های مدیریتی صنایع فرآیندی را به صورت ساختاریافته و هدفمند در جهت پیشگیری از حوادث فاجعه بار سوق می دهد و زمینه را برای پیاده سازی سیستم های مدیریتی مبتنی بر ریسک فراهم آورد.

#### تقدیر و تشکر

#### مشارکت نویسندگان

طراحی پژوهش: ب.م،

جمع آوری داده: ب.م، ی.م.

تحلیل داده: ب.م، ف.ی، پ.ز.

نگارش و اصلاح مقاله: ب.م، ی.م، ا.ب، ف.ی، پ.ز.

#### تضاد منافع

هیچ گونه تضاد منافی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

تجهیزات دارای ریسک بالا، می توان از روش کمی مدیریت بازرسی بر مبنای ریسک استفاده نمود. بدلیل حجم زیاد محاسباتی و محدودیتهای زمانی و نیاز به دقت بالا در محاسبات می توان در این خصوص از نرم افزارهای مرتبط همچون DNV Software ، GALIOM ، TWI Software و RBLX .. استفاده نمود.

۴- با اجرای این سیستم مدیریت بازرسی بر مبنای ریسک در واحدهای مختلف صنایع فرآیندی می توان به الگویی مناسب جهت مقایسه سطح ریسک کلی این بخش ها دست یافت که در تمرکز تخصیص منابع، خصوصاً از منظر بازرسی و تخفیف ریسک بر آن دسته از بخش های دارای ریسک بالا به ما کمک می کند.

۵- تدوین یک دستورالعمل اجرایی و قابل قبول مدیریت جهت استقرار سیستم مدیریت بازرسی بر مبنای ریسک بمنظور ارزیابی ریسک تجهیزات صنایع نفت، گاز و پتروشیمی مطابق با این پژوهش پیشنهاد می گردد .

۶- جهت ارتقاء محاسبات ارزیابی ریسک و ماتریس مربوطه می توان از منطق فازی استفاده نمود.

۷- در راستای اجرایی شدن مؤثر بازرسی بر مبنای ریسک و همچنین تأییدی بر مزایای ذکر شده این روش، باید فاکتورهای موفقیت بحرانی (CSF) مربوطه شناسایی و توسط مدیران و سهامداران مورد توجه قرار گیرند.

#### نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می دهد که روش RBI در صنایع

#### منابع

1. Soleimani A, Samavatyan H, Nouri A. The Relationship between Job Security and Organizational Support with the Accidents at the Province of Isfahan's Gas Company: The Moderating Role of Demographic Factors. Safety Promotion and Injury Prevention. 2017;5(1):15-24.
2. Esmailipour E, Garshasbi A. Challenges and Solutions Facing the Development of the Petrochemical Industry in View of Integrated Financial Performance of Companies Traded on Stock Exchange. Commercial Surveys.



- 2017;14(80):14-30.
3. Abadi HF. An Engineering Look at Human Mistakes in Safety Management in Oil and Gas Industries. *Scientific Propagative Journal of Exploration & Production Oil & Gas*. 2014;114:8-12.
  4. Rikhardsson PM, Impgaard M. Corporate cost of occupational accidents: an activity-based analysis. *Accident Analysis & Prevention*. 2004;36(2):173-82.
  5. Jafari MJ, Askarian AR, Omidi L, Lavasani MRM, Taghavi L, Ashori AR. The assessment of independent layers of protection in gas sweetening towers of two gas refineries. *Safety promotion and injury prevention (Tehran)*. 2014; 2(2):103-12.
  6. Khan FI, Abbasi S. Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries. *Journal of loss Prevention in the Process Industries*. 1998;11(4):261-77.
  7. Hovden J, Albrechtsen E, Herrera IA. Is there a need for new theories, models and approaches to occupational accident prevention? *Safety Science*. 2010;48(8):950-6.
  8. Safety and health at work: ILO; 2017. at Available: <https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--en/index.htm>.
  9. Health and Safety Executive. Health and Safety at Work. Summary Statistics for Great Britain. 2019. Available: <https://www.hse.gov.uk/statistics/overall/hssh1819.pdf>.
  10. Zohar D. Thirty years of safety climate research: Reflections and future directions. *Accident Analysis & Prevention*. 2010;42(5): 1517-22.
  11. Okoh P, Haugen S. A study of maintenance-related major accident cases in the 21st century. *Process Safety and Environmental Protection*. 2014;92(4):346-56.
  12. Azadeh A, Mohammad Fam I. A framework for development of integrated intelligent human engineering environment. *Information Technology Journal*. 2006;5(2):290-9.
  13. Brauer RL. *Safety and health for engineers*. US: John Wiley & Sons; 2016.
  14. Quinsey VL, Harris GT, Rice ME, Cormier CA. *Violent offenders: Appraising and managing risk*: American Psychological Association; 2006.
  15. Dehghan S, Sattari G. Safety Risk Analysis of Teravertine Mines in the Mahallat's Region: Case Study. 2017. 2017;5(1):10.
  16. Bahr NJ. *System safety engineering and risk assessment: a practical approach*. US: CRC press; 2018.
  17. Yari S. Assessment of Potential Risk by the Failure Mode and Effects Analysis in an Air Conditioning Equipment Manufacturing Company. 2017. 2017;5(2):8.
  18. API A. Publication 581: Risk-based inspection base resource document. US: American Petroleum Institute; 2000.
  19. Zarei E, Mohammadfam I, Azadeh M, Mirzaei-Aliabadi M. Dynamic Process Accident Analysis: Comparison of Bow tie and Bayesian





- Network Models. 2018. 2018;5(4):12.
20. Arabzadeh A GM. Risk-Based Inspection Technique in the oil industry. Scientific-Propagative Journal of Oil & Gas EXPLORATION & PRODUCTOIN. 2015; 1393(121): 8-15.
21. Vianello C, Milazzo MF, Guerrini L, Mura A, Maschio G. A risk-based tool to support the inspection management in chemical plants. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2016;41:154-68.
22. Bier VM. Challenges to the acceptance of probabilistic risk analysis. Risk Analysis. 1999; 19(4):703-10.
23. Aguilar-Otero JR, Lopez-Ojeda L. Risk-Based Inspection (RBI), as a tool for managing risks-beyond inspection plans. 2012.
24. API R. 580 2002. Risk-Based Inspection 1st Edn, American Petroleum Institute, Washington, DC USA. 2002;60.
25. Nugroho A, Haryadi GD, Ismail R, Kim SJ, editors. Risk based inspection for atmospheric storage tank. AIP Conference Proceedings; 2016: AIP Publishing.
26. DNV DNV. Recommended Practice DNV-RP-G101: Risk Based Inspection of Offshore Topsides Static Mechanical Equipment. Det Norske Veritas (DNV) Høvik; 2010.
27. API R. 580, 2016. Risk-Based Inspection API Recommended Practice. 2016;580.
28. PCC A. 3-2007 Inspection planning using risk-based methods. June; 2008.
29. Borges V. DNVGL, Terminology Explained: What is Risk-Based Inspection (RBI)? Retrieved from 20th May 2017 .Available at: <https://blogs.dnvgl.com/software/2017/02/terminology-explained-what-is-risk-based-inspection/>.
30. PourJalal MM. Reviewing the RBI Risk Inspection System and its Application in Piping. Second National Conference on HSE Safety and Management Engineers; 2007.
31. Haimes YY, Kaplan S, Lambert JH. Risk filtering, ranking, and management framework using hierarchical holographic modeling. Risk Analysis. 2002;22(2):383-97.
32. API R. Risk-Based Inspection Technology, Section; 2008.
33. API R-BIM. API Recommended Practice 581.US: American Petroleum Institute; 2016.
34. Narimisaa MR, Narimisa MR. Technical Inspection Engineering and Risk Based Inspection in order to optimize inspection plans. INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED BIOTECHNOLOGY AND RESEARCH. 2017;8(2):448-53.
35. Khan FI, Haddara M, Krishnasamy L. A new methodology for risk-based availability analysis. IEEE Transactions on Reliability. 2008;57(1): 103-12.
36. Khan FI, Haddara MM, Bhattacharya SK. Risk-based integrity and inspection modeling (RBIIM) of process components/system. Risk Analysis: An International Journal. 2006;26(1): 203-21.



37. Rahman RA, Malek MA, Pacific RAA, Rahman RA. Safety of machinery and special scheme inspection's requirement towards industry competitiveness in Malaysia. *Mod Appl Sci.* 2016;10:211-6.
38. Register Ls. Understanding Risk-Based Inspection: A Lloyd's Register Guide - Benefits of RBI. 2016 -2017. Available at: <http://rbi.lrenergy.org/>.
39. Murariu A, Paşca N. Application of Risk Based Inspection to heat exchangers of a chemical plant for heavy water production. *Welding & Material Testing BID-ISIM.* 2013;22:9-12.
40. Tronskar JP, Kaley LC. Benefits of Risk Based Inspection to the Oil and Gas Industry. *Det Norske Veritas.* US:Singapore; 2000.
41. Risk Based Inspections (RBI) - Oil and Chemical Plants. 2016-2017. Available at: <https://www.intertek.com/industrial/risk-based-inspection/>.
42. Antony TJ, de Klerk AM, editors. Effectiveness of the Risk Based Inspection process in the Sasol business in South Africa. *Proceedings of PICMET'14 Conference: Portland International Center for Management of Engineering and Technology; IEEE: Infrastructure and Service Integration;* 2014.
43. TWI, Risk Based Inspection. 2009 -2017 Available at: <https://www.twi-global.com/what-we-do/services-and-support/asset-management/risk-based-inspection>.
44. Fujiyama K, Nagai S, Akikuni Y, Fujiwara T, Furuya K, Matsumoto S, et al. Risk-based inspection and maintenance systems for steam turbines. *International Journal of Pressure Vessels and Piping.* 2004;81(10-11):825-35.
45. Straub D, Goyet J, Sørensen JD, Faber MH, editors. Benefits of risk based inspection planning for offshore structures. 25th International conference on offshore mechanics and arctic engineering; 2006: American Society of Mechanical Engineers Digital Collection.
46. Mediansyah G, Haryadi RI, editors. Risk Analysis of Central Java Gas Transmission Pipeline by Risk-Based Inspection Method. *Proceedings of the The 4th International Conference on Advanced Materials Science and Technology;* 2016.
47. Bragatto P, Delle Site C, Faragnoli A. Opportunities and threats of risk based inspections: The new Italian legislation on pressure equipment inspection. *CHEMICAL ENGINEERING.* 2012;26.
48. Tien S-W, Hwang W-T, Tsai C-H. Study of a risk-based piping inspection guideline system. *ISA transactions.* 2007;46(1):119-26.
49. Zhang M, Liang W, Qiu Z, Lin Y, editors. Application of Risk-Based Inspection method for gas compressor station. *Journal of Physics: Conference Series;* 2017: IOP Publishing.
50. Prayogo GS, Haryadi GD, Ismail R, Kim SJ, editors. Risk analysis of heat recovery steam generator with semi quantitative risk based





- inspection API 581. AIP Conference Proceedings; 2016: AIP Publishing LLC.
51. Moradi B, Jazni RK, Gheisvandi H, Tehrani GM. Risks management of Tube Bundle heat exchanger in the petrochemical industries using the Risk-Based Inspection approach. *Journal of Health in the Field*. 2019;7(1):36-43.
52. Priyanta D, Siswantoro N, Megawan AM. Risk Based Inspection of Gas-Cooling Heat Exchanger. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*. 2017;1(4).
53. Al-Mitin AW, Sardesai V, Al-Harbi B, Murthy SH, Hannan ASA, editors. Risk Based Inspection (RBI) of Aboveground Storage Tanks to Improve Asset Integrity. *International Petroleum Technology Conference*. International Petroleum Technology Conference; 2011.
54. Vianello C, Maschio G, Mura A, Babolin D, Gambato F, Attori C. Development of a RBI tool for inspection management in chemical plants. *Chemical Engineering Transactions*. 2013;31.
55. Shuai J, Han K, Xu X. Risk-based inspection for large-scale crude oil tanks. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2012;25(1):166-75.
56. Inspectioneering, Risk Based Inspections (RBI), 2016 . Retrieved from 23th May 2017 . Available at: <https://inspectioneering.com/tag/risk-basedinspection>.
57. Khan FI, Haddara MR. Risk-based maintenance of ethylene oxide production facilities. *Journal of Hazardous Materials*. 2004;108(3):147-59.
58. Mohamed R, Che Hassan CR, Hamid MD. Implementing risk-based inspection approach: Is it beneficial for pressure equipment in Malaysia industries? *Process Safety Progress*. 2018;37(2):194-204.
59. Simpson J. editor The application of risk based inspection to pressure vessels and aboveground storage tanks in petroleum fuel refineries. *Proceedings of the 5th Australasian Congress on Applied Mechanics*. Engineers Australia;2007.
60. Naubnome V, Haryadi GD, Ismail R, Kim SJ, editors. Risk analysis for pressure vessel with external corrosion using RBI method based on API 581. AIP Conference Proceedings. AIP Publishing; 2016.
61. Hamdan Kh. RISK ASSESMENT OF HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR (HRSG) USING RBI METHODOLOG. University Teknologi PETRONAS. [Thesis]. 2017.
62. Willcocks J, Bai Y, editors. Risk-Based inspection and integrity management of pipeline systems. *The Tenth International Offshore and Polar Engineering Conference: International Society of Offshore and Polar Engineers*;2002.
63. Montgomery RL, Serratella C, editors. Risk-based maintenance: a new vision for asset integrity management. *ASME 2002 Pressure Vessels and Piping Conference*. American Society of Mechanical Engineers Digital



- Collection;2002.
64. Hassan J, Khan F. Risk-based asset integrity indicators. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2012;25(3):544-54.
  65. Tan Z, Li J, Wu Z, Zheng J, He W. An evaluation of maintenance strategy using risk based inspection. *Safety science*. 2011;49(6): 852-60.
  66. Jovanovic A. Risk-based inspection and maintenance in power and process plants in Europe. *Nuclear Engineering and Design*. 2003;226(2):165-82.
  67. Kishawy HA, Gabbar HA. Review of pipeline integrity management practices. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*. 2010;87(7):373-80.
  68. Pursell MJ, Selman C, Nielsen MF, editors. *Corrosion Risk Assessment and Risk Based Inspection for Sweet Oil and Gas Corrosion-Practical Experience*. CORROSION 99; 1999: NACE International.
  69. Ali A, Sabry H, editors. *Implementing a Successful Risk Based Inspection Program*. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference. Society of Petroleum Engineers. 2019;24(4):40-2.
  70. Akanni J, Alonge O, editors. *Effective Implementation of Risk Based Inspection (RBI) Approach in Asset Integrity Management of Oil and Gas Facilities*. ASME 2015 Pressure Vessels and Piping Conference: American Society of Mechanical Engineers Digital Collection;2015.
  71. Mohamed R, Hassan CRC, Hamid MD. Critical success factors of risk-based inspection. *Process Safety Progress*. 2019;38(1):4-20.
  72. Ablitt C, Speck J, editors. *Experiences in implementing risk-based inspection*. 3rd MENDT-Middle East Nondestructive Testing Conference. November, 13-14, Bahrain; 2005.
  73. Khan F, Sadiq R, Haddara M. Risk-based inspection and maintenance (RBIM): multi-attribute decision-making with aggregative risk analysis. *Process safety and environmental protection*. 2004;82(6):398-411.
  74. Abbassi R, Bhandari J, Khan F, Garaniya V, Chai S. Developing a quantitative risk-based methodology for maintenance scheduling using Bayesian network. *Chemical Engineering Transactions*. 2016;48:235-40.
  75. Soares WA, Vasconcelos Vd, Rabello EG. *Risk-based inspection in the context of nuclear power plants*. John Willey; 2011.
  76. Ismaeili DF, Havashi Nejadian S. Domestication, codification and implementation of RBI strategy in the deethanizer section in the olefin unit of Arya Sasol petrochemical company. *Proceedings of the 2nd International Conference on Oil, Gas and Petrochemicals*. Iran:Tehran; 2014. [Persian]
  77. El-Reedy M. *Risk-Based Inspection Technique* Gulf Professional Publishing; July 17, 2012.
  78. Bhandari J, Arzaghi E, Abbassi R, Garaniya





- V, Khan F. Dynamic risk-based maintenance for offshore processing facility. *Process Safety Progress*. 2016;35(4):399-406.
79. Massaeli A, editor A program for developing of Risk-Based Inspection (RBI) and maintenance procedures modification for a gas treating plants of NIGC. 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM); 2015: IEEE.
80. Barzegar A, Shahanaghi K, Aryanezhad M. Maintenance strategy selection by risk based inspection approach. *International Journal of Industrial Engineering & Production Management*. 2011;22(2):193-04.
81. Wang G, Yan T, Zhang J, Chen J. Risk Based Inspection on the equipment of low density polyethylene. *Procedia Engineering*. 2011;15: 1145-8.
82. Britton C. Corrosion monitoring and inspection. US: Shreir's Corrosion; 2010.
83. Chang M-K, Chang R-R, Shu C-M, Lin K-N. Application of risk based inspection in refinery and processing piping. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2005;18(4-6):397-402.





## Risk and Asset Integrated Management with Risk-Based Inspection Technique in Oil, Gas, and Petrochemical Industries

Amir BARKHORDARI <sup>1</sup>, Yazdan MAHMOUDIAN <sup>2</sup>, Fateme YOUSEFI <sup>3</sup>, Peyman ZAREI <sup>4</sup>, Behnam MORADI <sup>5\*</sup>

### Abstract

### Original Article



Received: 2020/03/03

Accepted: 2020/06/01

#### Citation:

BARKHORDARI A,  
MAHMOUDIAN Y,  
SHAHKOLAEI F,  
YOUSEFI F, ZAREI P,  
MORADI B. Strategic  
Decision Making in Fire  
Risk Management in  
Aftab Gorgan  
Commercial Complex  
Using Artificial  
Intelligence Model.  
Occupational Hygiene and  
Health Promotion 2020;  
4(3): 223-239.

**Introduction:** To prevent accidents and minimize the risk of unexpected disasters in the oil, gas, and petrochemical industries, an inspection of equipment in terms of mechanical integrity and safe and consistent service providing are of utmost importance. The purpose of this study is integrated risk and asset management by implementing risk-based inspection techniques in the oil, gas, and petrochemical industries.

**Methods:** Firstly, this systematic review study identified a list of keywords based on RBI and then exclusively on the internal and external databases of Science Direct, Pub med, Google Squalor, SDI, Google Searcher, and Scopus without a time limit. Afterward, keywords, including risk management, probability of failure, asset integrated management, risk-based inspection, consequences of failure, and corrosion management, were searched.

**Result:** A review of various studies showed that the risk-based inspection approach provided the necessary platform for upgrading and formulating new inspection, repair, maintenance, equipment risk management systems and asset integration in the oil, gas, and petrochemical industries and played a significant role in reducing the risk levels to its acceptable limits.

**Conclusion:** By analyzing the results of studies, it was found that using this method will lead to the effective implementation of risk management, reliability, and corrosion management in oil, gas, and petrochemical industries. In fact, the system intended to provide process safety, increase risk perception of damage in line with the respective risk management, and ensure the integrity of the assets in operational units.

**Keywords:** Risk management, Corrosion management, Probability of failure, Risk-based inspection (RBI), Consequences of failure, Asset integrity management

<sup>1</sup> Department of Health, Safety, Environment, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran

<sup>3</sup> Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

<sup>4</sup> Department of Health, Safety and Environment, Faculty of Environment Management, Islamic Azad University, Science & Research Branch, Tehran, Iran

<sup>5</sup> Department of Health, Safety, Environment, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

\*(Corresponding Author :b.moradi@sbmu.ac.ir)

