

# راهنمای کاربردی بازرسی بر مبنای ریسک

تهیه و تالیف:

رضا شهریور

مشاور ارشد پروژه‌های مدیریت یکپارچگی و بازرسی بر مبنای ریسک

مهدی اسکندرزاده اصل

دانشیار گروه مهندسی مواد و ساخت و تولید دانشگاه محقق اردبیلی

|                          |                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| سرشناسه                  | : شهرپور، رضا، ۱۳۵۳                                                                                                                                                                      |
| عنوان و نام پدیدآورندگان | : راهنمای کاربردی بازرسی بر مبنای ریسک/ تهیه و تالیف رضا شهرپور، مهدی اسکندرزاده اصل ؛ با حمایت شرکت بازرسی فنی ایرانیان (ایریکو) ؛ با همکاری انجمن خوردگی ایران ، دانشگاه محقق اردبیلی. |
| مشخصات نشر               | : تهران: مهر وطن، ۱۴۰۳.                                                                                                                                                                  |
| مشخصات ظاهری             | : ۲۳۲ ص.: مصور، جدول.                                                                                                                                                                    |
| شابک                     | : ۹۷۸-۶۲۲-۴۸۲۱-۲۰-۱                                                                                                                                                                      |
| وضعیت فهرست نویسی        | : فیپا                                                                                                                                                                                   |
| یادداشت                  | : کتابنامه: ص. ۲۳۲.                                                                                                                                                                      |
| موضوع                    | : بازرسی فنی Technical inspection<br>مدیریت ریسک Risk management                                                                                                                         |
| شناسه افزوده             | : اسکندرزاده اصل، مهدی، ۱۳۶۱ - شرکت بازرسی فنی ایرانیان (ایریکو) - دانشگاه محقق اردبیلی - انجمن خوردگی ایران                                                                             |
| رده بندی کنگره           | : ۲/TS۱۵۶                                                                                                                                                                                |
| رده بندی دیویی           | : ۰۰۴۵/۶۲۰                                                                                                                                                                               |
| شماره کتابشناسی ملی      | : ۹۹۰۲۶۸۸                                                                                                                                                                                |



شرکت بازرسی فنی ایرانیان (ایریکو)



|                           |                                             |
|---------------------------|---------------------------------------------|
| نام کتاب                  | : راهنمای کاربردی بازرسی بر مبنای ریسک      |
| مؤلفین                    | : رضا شهرپور و مهدی اسکندرزاده اصل          |
| با حمایت                  | : شرکت بازرسی فنی ایرانیان (ایریکو)         |
| با همکاری                 | : انجمن خوردگی ایران و دانشگاه محقق اردبیلی |
| چاپ                       | : اول، پاییز ۱۴۰۳                           |
| ناشر                      | : مهر وطن                                   |
| شمارگان                   | : ۵۰۰ جلد                                   |
| قطع و شمارگان<br>صفحه‌های | : وزیری، ۲۳۲ صفحه                           |
| قیمت                      | : ۴۳۰,۰۰۰ تومان                             |

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۴۸۲۱-۲۰-۱

## پیشگفتار مولفان

در سالیان اخیر بازرسی بر مبنای ریسک<sup>۱</sup> (RBI) به عنوان یک رویکرد نوین و موثر در مدیریت ریسک در صنایع مختلف، از جمله نفت، گاز، پتروشیمی و انرژی، مورد توجه ویژه قرار گرفته است. این روش به سازمان‌ها کمک می‌کند تا با تمرکز بر تجهیزات و فرآیندهایی که دارای ریسک بالاتری هستند، بهره‌وری و ایمنی را بهبود بخشند و هزینه‌ها را به طور قابل توجهی کاهش دهند.

در شرایط کنونی که صنایع کشور با چالش‌های متعددی در زمینه مدیریت ریسک، بهینه‌سازی هزینه‌ها و افزایش ایمنی مواجه هستند، استفاده از روش‌های مدرن مانند RBI به عنوان یک ضرورت مطرح می‌شود. بازرسی بر مبنای ریسک نه تنها به کاهش هزینه‌های عملیاتی و نگهداری کمک می‌کند، بلکه با شناسایی دقیق مکانیزم‌های تخریب و ارزیابی احتمال وقوع خرابی‌ها، به افزایش ایمنی و کاهش حوادث کمک می‌کند.

یکی از ویژگی‌های برجسته RBI، قابلیت اعمال آن در تمامی مراحل چرخه عمر تجهیزات، از طراحی تا بهره‌برداری است. این رویکرد در مرحله طراحی، با تحلیل دقیق ریسک‌ها و پیش‌بینی مکانیزم‌های تخریب، به بهینه‌سازی طراحی کمک می‌کند و در طول دوره بهره‌برداری با پیش‌مستمر وضعیت تجهیزات، از خرابی‌های ناگهانی و توقف‌های غیرمنتظره جلوگیری می‌کند.

آمارها نشان می‌دهد که استفاده از RBI می‌تواند تا ۴۰ درصد هزینه‌های بازرسی و نگهداری را کاهش دهد و با تمرکز بر تجهیزات حساس و بحرانی، نیاز به تعمیرات اضطراری را کاهش دهد. این روش به سازمان‌ها اجازه می‌دهد تا منابع خود را به طور بهینه‌تر مدیریت کرده و بهره‌وری را افزایش دهند.

این کتاب شامل فصل‌های مختلفی است که به صورت زیر تقسیم‌بندی شده‌اند:

### • فصل اول: مقدمه‌ای بر بازرسی بر مبنای ریسک (RBI)

در این فصل به بیان اصول اولیه و مفاهیم اساسی روش بازرسی بر مبنای ریسک پرداخته می‌شود. همچنین تاریخچه توسعه این رویکرد و نحوه گسترش استفاده از آن در صنایع مختلف از جمله نفت، گاز، پتروشیمی و انرژی بررسی می‌شود. RBI به عنوان ابزاری مهم برای کاهش هزینه‌های

---

<sup>۱</sup>Risk-Based Inspection (RBI)

نگهداری و افزایش ایمنی تجهیزات معرفی شده و به مزایای آن در مقایسه با روش‌های سنتی بازرسی پرداخته می‌شود.

### • فصل دوم: مراحل کلیدی اجرای پروژه بازرسی بر مبنای ریسک (RBI)

این فصل یکی از مهم‌ترین بخش‌های کتاب است و به تشریح دقیق گام‌های اساسی و فرآیندهای اجرای یک پروژه RBI می‌پردازد.

مراحل کلیدی عبارتند از:

○ **جمع‌آوری داده‌ها:** در این مرحله، تمام اطلاعات مربوط به تجهیزات و

فرآیندهای عملیاتی شامل نقشه‌ها، مدارک فنی، سوابق تعمیرات و بازرسی‌ها جمع‌آوری می‌شود. این داده‌ها شامل شرایط محیطی، دما، فشار، نوع مواد، و جزئیات عملیات است که به تحلیل ریسک کمک می‌کند.

○ **تحلیل ریسک:** این مرحله شامل ارزیابی احتمال و پیامد خرابی‌های احتمالی

است. تحلیل ریسک بر اساس معیارهای احتمال خرابی<sup>۱</sup> (POF) و پیامد خرابی<sup>۲</sup> (COF) انجام می‌شود. تجهیزات مختلف با توجه به این معیارها اولویت‌بندی می‌شوند و مشخص می‌گردد که کدام تجهیزات نیازمند توجه و بازرسی فوری هستند.

○ **تدوین برنامه بازرسی:** پس از ارزیابی ریسک، برنامه‌های بازرسی دقیق برای

هر تجهیز تدوین می‌شود. این برنامه‌ها شامل نوع و زمان‌بندی بازرسی‌ها، روش‌های بازرسی، و تکنیک‌های پیشگیری از خرابی است. هدف از این مرحله افزایش ایمنی، کاهش هزینه‌ها و افزایش عمر مفید تجهیزات است.

این فصل همچنین به موضوع مدیریت تغییرات و نحوه استفاده از تکنولوژی‌های نوین برای بهینه‌سازی فرآیندهای بازرسی اشاره می‌کند.

### • فصل سوم: بازرسی بر مبنای ریسک مبدل‌های حرارتی

این فصل به طور مختصر به موضوع تحلیل و ارزیابی ریسک مبدل‌های حرارتی پرداخته است. مبدل‌های حرارتی به عنوان تجهیزات حیاتی در صنایع نفت و گاز مطرح هستند و خرابی آنها

<sup>۱</sup>Probability of Failure (PoF)

<sup>۲</sup>Consequence of Failure (CoF)

می‌تواند به توقف تولید یا خطرات جدی منجر شود. در این فصل، نحوه ارزیابی ریسک اجزای مختلف مبدل‌های حرارتی از جمله پوسته، تیوب‌ها، و باندل‌ها توضیح داده می‌شود. همچنین روش‌های مختلف بازرسی برای هر بخش از مبدل و تاثیر شرایط عملیاتی مانند دما، فشار و نوع سیال بر خوردگی و تخریب مبدل‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### • فصل چهارم: بازرسی بر مبنای ریسک دستگاه‌های کاهش فشار (PRD)

دستگاه‌های کاهش فشار<sup>۱</sup> یکی از مهم‌ترین اجزای ایمنی در سیستم‌های فرآیندی هستند. این فصل به ارزیابی ریسک این دستگاه‌ها و نحوه تدوین برنامه‌های بازرسی برای جلوگیری از خرابی‌های ناگهانی می‌پردازد. تکنیک‌های مختلف بازرسی برای تشخیص عیوب و جلوگیری از خرابی این دستگاه‌ها توضیح داده می‌شود.

#### • فصل پنجم: مدیریت یکپارچگی و بازرسی بر مبنای ریسک خطوط لوله

خطوط لوله به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای انتقال سیالات در صنایع مختلف باید به طور مستمر تحت نظارت قرار گیرند. این فصل به ارزیابی ریسک خطوط لوله و تکنیک‌های مختلف بازرسی برای تشخیص خوردگی، ترک خوردگی و فرسایش در سیستم‌های لوله‌کشی پرداخته است. همچنین به اهمیت توسعه مدارهای خوردگی و تعیین پارامترهای کلیدی برای نظارت بر وضعیت لوله‌ها اشاره می‌شود.

#### • فصل ششم: ارزیابی ریسک در تانک‌های ذخیره اتمسفری

در این فصل، تانک‌های ذخیره اتمسفری که برای نگهداری مواد شیمیایی و نفتی استفاده می‌شوند، از نظر ریسک خرابی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. به طور مختصر، محاسبات ریسک برای اجزای مختلف تانک، شامل کف، پوسته و سقف، ارائه می‌شود. همچنین، نحوه محاسبه نرخ خوردگی برای هر بخش و تدوین برنامه‌های بازرسی مبتنی بر ریسک بررسی شده است.

#### • فصل هفتم: پنجره‌های عملیاتی یکپارچگی (IOWs)

پنجره‌های عملیاتی یکپارچگی<sup>۲</sup> ابزاری برای کنترل و نظارت بر پارامترهای کلیدی فرآیندی مانند دما، فشار، و ترکیبات شیمیایی است که در صورت عدم کنترل، ممکن است به تخریب تجهیزات

<sup>۱</sup>Pressure Relief Devices (PRDs)

<sup>۲</sup>Integrity Operating Windows (IOWs)

منجر شود. در این فصل، نحوه تعریف این پنجره‌ها و استفاده از آنها برای حفظ ایمنی و کاهش خرابی تجهیزات مورد بحث قرار می‌گیرد.

### • فصل هشتم: سیستم‌های مستندسازی کنترل خوردگی<sup>۱</sup> (CCD)

این فصل به بررسی سیستم‌های مستندسازی مدیریت خوردگی پرداخته که یکی از ابزارهای مهم در مدیریت خوردگی در صنایع مختلف است. این سیستم‌ها با جمع‌آوری و تحلیل داده‌های خوردگی، به شناسایی نقاط ضعف و تهدیدات خوردگی کمک می‌کنند و به بهینه‌سازی برنامه‌های بازرسی و نگهداشت کمک می‌کنند.

### • فصل نهم: بازرسی غیر مهاجم<sup>۲</sup> (NII)

بازرسی غیر مهاجم یکی از روش‌های جدید و کارآمد برای بازرسی تجهیزات صنعتی بدون نیاز به توقف عملیات و ورود به داخل تجهیزات است. در این فصل به مزایای NII، روش‌های مختلف بازرسی مانند اولتراسونیک، رادیوگرافی و تصویربرداری حرارتی پرداخته شده و نحوه انتخاب بهترین روش برای هر نوع تجهیز بررسی می‌شود.

### • فصل دهم: یک شرح کار نمونه برای استقرار سامانه RBI و IDMS

برای برگزاری مناقصات RBI و IDMS، نیاز به یک شرح کار جامع است. در این فصل، یک شرح کار نمونه ارائه شده است که می‌تواند به عنوان اساس تهیه شرح کار این نوع پروژه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در این فصل، شرحی از چگونگی استقرار یک سامانه بازرسی بر مبنای ریسک و مدیریت داده‌های بازرسی ارائه شده است. این فصل شامل شرح کار پیمانکار برای جمع‌آوری داده‌ها، تدوین بانک اطلاعاتی، و اجرای بازرسی‌های بر مبنای ریسک است. همچنین به نرم‌افزارها و ابزارهای لازم برای پیاده‌سازی این سامانه و نحوه ادغام آن با سایر سیستم‌های مدیریت نگهداشت پرداخته می‌شود.

<sup>۱</sup>Corrosion Control Document (CCD)

<sup>۲</sup>Non-Intrusive Inspection (NII)

## تقدیر و تشکر

در این مسیر، لازم می‌دانیم از شرکت بازرسی فنی ایرانیان (ایریکو)، به‌ویژه آقای مهندس علی اکبر نوح روش، مدیرعامل محترم و خانم مهندس فرانک قصاب‌زاده، مدیر دپارتمان RBI، به خاطر حمایت‌های بی‌دریغ‌شان و بازخوانی این کتاب و ارائه نظرات و پیشنهادات ارزنده تشکر کنیم. همچنین لازم می‌دانیم از زحمات آقای مهندس میثم نجفی در حروف‌چینی کتاب قدردانی نماییم.

امیدواریم با مطالعه این کتاب و بهره‌گیری از راهنمایی‌های ارائه‌شده، پروژه‌های بازرسی بر مبنای ریسک (RBI) با کیفیتی بالاتر از گذشته اجرا شوند و با به‌کارگیری روش‌های نوین مدیریت ریسک، کارایی و ایمنی در عملیات صنعتی بهبود یابد. همچنین، با این تلاش، گامی مؤثر در مسیر توسعه پایدار و کاهش مخاطرات برداشته شود. این کتاب را با آرزوی موفقیت برای تمامی متخصصان و فعالان حوزه بازرسی بر مبنای ریسک تقدیم می‌کنیم.

رضا شهریور - مهدی اسکندرزاده

پاییز ۱۴۰۳

## سخن ریاست انجمن خوردگی ایران

انجمن مهندسی خوردگی ایران در طی ۳۱ سال اخیر، مبادرت به چاپ کتب علمی متنوعی در زمینه‌های تخصصی مهندسی خوردگی نموده است. این کتب توسط اساتید دانشگاه‌ها، محققین و کارشناسان صنعت و بخش خصوصی تألیف و گردآوری می‌شوند و پس از انجام داوری، توسط انجمن انتشار می‌یابند.

کتاب حاضر توسط شرکت ایریکو که دارای سوابق ارزشمند در زمینه بازرسی فنی است به انجمن معرفی گردید. این کتاب که به مبحث بازرسی بر مبنای ریسک پرداخته و انتشار آن می‌تواند برای کارشناسان صنعت به ویژه صنعت نفت کشور بسیار مفید باشد.

از جناب آقای دکتر رضا شهریور، مدرس و کارشناس بین‌المللی بازرسی بر مبنای ریسک (RBI) و جناب آقای دکتر مهدی اسکندرزاده اصل، دانشیار گروه مهندسی مواد، ساخت و تولید دانشگاه محقق اردبیلی بابت تهیه و تألیف این کتاب تشکر نموده و برای آن‌ها آرزوی توفیق روزافزون داریم.

امید است این کتاب مورد توجه و استفاده علاقمندان قرار گیرد.

دکتر عماد رعایائی

رئیس هیات مدیره انجمن خوردگی ایران

پاییز ۱۴۰۳

## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان                                                        |
|------|--------------------------------------------------------------|
| ۳    | پیشگفتار مولفان                                              |
| ۸    | سخن ریاست انجمن خوردگی ایران                                 |
| ۹    | فهرست مطالب                                                  |
| ۱۴   | اختصارات و اصطلاحات فنی                                      |
| ۱۵   | تعاریف                                                       |
| ۱۹   | <b>فصل اول: مقدمه‌ای بر بازرسی بر مبنای ریسک</b>             |
| ۱۹   | ۱-۱- پیش گفتار                                               |
| ۲۱   | ۲-۱- مزایای اجرای بازرسی بر مبنای ریسک                       |
| ۲۱   | ۱-۲-۱- کاهش ریسک                                             |
| ۲۲   | ۲-۲-۱- کاهش هزینه                                            |
| ۲۳   | ۳-۱- تاریخچه بازرسی بر مبنای ریسک                            |
| ۲۴   | ۴-۱- مراجع                                                   |
| ۲۸   | ۵-۱- روش‌های اجرائی                                          |
| ۳۱   | ۶-۱- محاسبه احتمال از کار افتادگی                            |
| ۳۱   | ۱-۶-۱- فرکانس از کار افتادگی عمومی (gff)                     |
| ۳۲   | ۲-۶-۱- عامل مدیریت                                           |
| ۳۲   | ۳-۶-۱- عامل تخریب $Df(t)$                                    |
| ۳۳   | ۷-۱- محاسبه پیامد از کار افتادگی                             |
| ۳۷   | ۸-۱- محاسبه ریسک                                             |
| ۴۱   | ۹-۱- تعیین برنامه بازرسی / کاهش ریسک                         |
| ۴۵   | ۱۰-۱- معیارهای انتخاب نرم‌افزار بازرسی بر مبنای ریسک (RBI)   |
| ۵۵   | <b>فصل دوم: مراحل کلیدی اجرای پروژه بازرسی بر مبنای ریسک</b> |
| ۵۵   | ۱-۲- کلیات                                                   |

|     |                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------|
| ۵۷  | ۲-۲- اولویت بندی واحدها و تهیه لیست تجهیزات               |
| ۶۱  | ۲-۳- تیم سازی، نقش ها و مسئولیت ها                        |
| ۶۸  | ۲-۴- تهیه گانت چارت                                       |
| ۶۸  | ۲-۵- جلسه افتتاحیه پروژه                                  |
| ۶۹  | ۲-۶- بازدید از محل اجرای پروژه                            |
| ۶۹  | ۲-۷- دوره آموزشی                                          |
| ۶۹  | ۲-۸- جمع آوری اسناد مورد نیاز                             |
| ۷۰  | ۲-۹- تقسیم بندی تجهیزات به کامپوننت های مختلف             |
| ۷۴  | ۲-۱۰- مارک آپ لوپ های خوردگی بر روی نقشه های PFD و P&ID   |
| ۷۶  | ۲-۱۱- مارک آپ گروه های اینونتوری و تعیین جرم درون هر گروه |
| ۷۹  | ۲-۱۲- انتخاب سیال نماینده                                 |
| ۸۲  | ۲-۱۳- استخراج داده ها از اسناد و پر کردن ایمپورت شیت      |
| ۸۷  | ۲-۱۴- مصاحبه در سایت و جمع آوری داده های ناقص             |
| ۸۷  | ۲-۱۵- تایید داده ها توسط کارفرما                          |
| ۸۸  | ۲-۱۶- بارگذاری ایمپورت شیت در نرم افزار                   |
| ۸۸  | ۲-۱۷- مرور مکانیزم های تخریب در نرم افزار                 |
| ۸۸  | ۲-۱۸- جمع آوری داده های تکمیلی هر مکانیزم                 |
| ۱۰۰ | ۲-۱۹- تعیین میزان اثربخشی بازرسی های قبلی                 |
| ۱۰۲ | ۲-۲۰- وارد کردن داده های جدید به نرم افزار                |
| ۱۰۳ | ۲-۲۱- مرور احتمال وقوع ازکارافتادگی در نرم افزار          |
| ۱۰۸ | ۲-۲۲- مرور پیامد وقوع ازکارافتادگی در نرم افزار           |
| ۱۱۸ | ۲-۲۳- مرور ریسک ازکارافتادگی در نرم افزار                 |
| ۱۲۳ | ۲-۲۴- ارائه نتایج ارزیابی ریسک و بروزرسانی ریسک           |
| ۱۲۴ | ۲-۲۵- مرور و نهایی سازی برنامه بازرسی                     |
| ۱۲۷ | ۲-۲۶- ارائه برنامه های دیگر کاهش ریسک                     |
| ۱۲۸ | ۲-۲۷- تعیین یا بهینه سازی نقاط پایش (CML)                 |

|     |                                                                                                       |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱۳۲ | ۲-۲۸- تهیه گزارش و ارایه                                                                              |
| ۱۳۳ | ۲-۲۹- ارزیابی مجدد RBI                                                                                |
| ۱۳۷ | <b>فصل سوم: بازرسی بر مبنای ریسک مبدل‌های حرارتی</b>                                                  |
| ۱۳۷ | ۳-۱- مقدمه                                                                                            |
| ۱۳۸ | ۳-۲- جمع آوری داده‌ها برای ارزیابی ریسک                                                               |
| ۱۳۸ | ۳-۳- تعیین مکانیزم‌های از کارافتادگی تیوب‌های مبدل‌های حرارتی                                         |
| ۱۳۹ | ۳-۴- محاسبه احتمال از کارافتادگی مبدل‌های حرارتی                                                      |
| ۱۴۲ | ۳-۵- عواقب از کارافتادگی تیوب بانددل‌ها                                                               |
| ۱۴۳ | ۳-۶- تدوین برنامه بازرسی برای مبدل حرارتی                                                             |
| ۱۴۵ | <b>فصل چهارم: بازرسی بر مبنای ریسک دستگاه‌های کاهش فشار</b>                                           |
| ۱۴۵ | ۴-۱- مقدمه                                                                                            |
| ۱۴۵ | ۴-۲- شیرهای تخلیه فشار (Pressure Relief Devices, PRDs)                                                |
| ۱۴۶ | ۴-۳- ارزیابی بازرسی بر مبنای ریسک شیرهای اطمینان                                                      |
| ۱۵۷ | <b>فصل پنجم: مدیریت یکپارچگی و بازرسی بر مبنای ریسک خطوط لوله</b>                                     |
| ۱۵۷ | ۵-۱- مقدمه                                                                                            |
| ۱۶۲ | ۵-۲- شناسایی تأثیرات بالقوه تهدید بر خطوط لوله                                                        |
| ۱۶۳ | ۵-۳- جمع‌آوری، بررسی و یکپارچه‌سازی داده‌ها                                                           |
| ۱۶۵ | ۵-۴- مرور فرضیات استفاده شده در ارزیابی ریسک                                                          |
| ۱۶۵ | ۵-۵- آیا ارزیابی ریسک براساس مرور فرضیات، ضروری یا موجه است؟                                          |
| ۱۶۵ | ۵-۶- ارزیابی ریسک                                                                                     |
| ۱۶۷ | ۵-۷- آیا تمامی تهدیدها ارزیابی شده‌اند؟                                                               |
| ۱۶۷ | ۵-۸- ارزیابی یکپارچگی (Integrity Assessment)                                                          |
| ۱۶۹ | ۵-۹- پاسخ به ارزیابی‌های یکپارچگی و کاهش خطرات<br>(Responses to integrity assessments and mitigation) |
| ۱۷۱ | <b>فصل ششم: ارزیابی ریسک در تانک‌های ذخیره اتمسفری</b>                                                |
| ۱۷۱ | ۱- مقدمه                                                                                              |

|     |                                                          |
|-----|----------------------------------------------------------|
| ۱۷۲ | ۲- محاسبات احتمال، پیامد و ریسک در تانکهای ذخیره         |
| ۱۷۲ | ۳- بخش بندی تانک های ذخیره برای ارزیابی RBI              |
| ۱۷۳ | ۴- نرخ خوردگی کف مخزن                                    |
| ۱۷۵ | ۵- احتمال خرابی (POF) برای اجزای کف تانک                 |
| ۱۷۷ | ۶- پیامدهای خرابی (COF) برای اجزای کف تانک               |
| ۱۸۱ | ۷- ارزیابی و ترکیب نتایج                                 |
| ۱۸۳ | <b>فصل هفتم : پنجره های عملیاتی یکپارچگی (IOWs)</b>      |
| ۱۸۳ | ۷-۱- مقدمه                                               |
| ۱۸۴ | ۷-۲- تعریف IOWها                                         |
| ۱۸۶ | ۷-۳- مراحل توسعه و پیاده سازی IOWها                      |
| ۱۹۱ | ۷-۴- مزایای استفاده از IOWها                             |
| ۱۹۱ | ۷-۵- چالش ها در پیاده سازی IOWها                         |
| ۱۹۲ | ۷-۶- پشتیبانی IOW از RBI                                 |
| ۱۹۳ | ۷-۷- هماهنگی در مدیریت ریسک                              |
| ۱۹۳ | ۷-۸- نمونه ای از تعامل IOW و RBI                         |
| ۱۹۵ | <b>فصل هشتم : سیستم های مستندسازی کنترل خوردگی (CCD)</b> |
| ۱۹۵ | ۸-۱- مقدمه                                               |
| ۱۹۵ | ۸-۲- تعریف و اهمیت                                       |
| ۱۹۵ | ۸-۳- مؤلفه های اصلی سیستم                                |
| ۱۹۶ | ۸-۴- فرآیندهای مدیریت داده                               |
| ۱۹۷ | ۸-۵- بازرسی و پایش                                       |
| ۱۹۷ | ۸-۶- ارزیابی خطرات خوردگی                                |
| ۱۹۷ | ۸-۷- برنامه ریزی و اجرای اقدامات اصلاحی                  |
| ۱۹۸ | ۸-۸- بازیابی و به روزرسانی سیستم                         |
| ۱۹۸ | ۸-۹- پیاده سازی یک سیستم مستندسازی کنترل خوردگی (CCD)    |
| ۲۰۴ | ۸-۱۰- رابطه بین RBI و CCD                                |

|     |                                                                                                              |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۲۰۷ | فصل نهم : بازرسی غیر مهاجم (NII)                                                                             |
| ۲۰۷ | ۹-۱- مقدمه                                                                                                   |
| ۲۰۷ | ۹-۲- اهمیت و ضرورت NII                                                                                       |
| ۲۰۸ | ۹-۳- اهداف بازرسی غیر مهاجم                                                                                  |
| ۲۰۸ | ۹-۴- مراحل اجرای NII                                                                                         |
| ۲۱۳ | ۹-۵- مزایای بازرسی غیر مهاجم                                                                                 |
| ۲۱۴ | ۹-۶- چالش‌ها و محدودیت‌های NII                                                                               |
| ۲۱۴ | ۹-۷- ارتباط و هم‌افزایی NII و RBI                                                                            |
| ۲۱۷ | فصل دهم : یک شرح کار نمونه برای استقرار سامانه بازرسی بر مبنای ریسک<br>(RBI) و مدیریت داده‌های بازرسی (IDMS) |
| ۲۱۷ | ۱۰-۱- مقدمه                                                                                                  |
| ۲۱۸ | ۱۰-۲- اهداف                                                                                                  |
| ۲۱۸ | ۱۰-۳- نرم‌افزار                                                                                              |
| ۲۱۹ | ۱۰-۴- شرح خدمات                                                                                              |
| ۲۱۹ | ۱۰-۱-۴- جمع‌آوری اطلاعات و تعیین کمبود مدارک                                                                 |
| ۲۲۰ | ۱۰-۴-۲- بازرسی بر مبنای ریسک (RBI)                                                                           |
| ۲۲۵ | ۱۰-۴-۳- ماژول مدیریت داده‌های بازرسی فنی (IDMS)                                                              |
| ۲۲۷ | ۱۰-۵- ویژگی‌های مورد نیاز نرم‌افزار و الزامات IT                                                             |
| ۲۲۹ | ۱۰-۶- ارائه خدمات آموزشی تخصصی در مراحل مختلف پروژه                                                          |
| ۲۲۹ | ۱۰-۷- مدت زمان اجرای پروژه                                                                                   |
| ۲۲۹ | ۱۰-۸- کارگروه فنی و مهندسی                                                                                   |
| ۲۳۱ | ۱۰-۹- سوابق اجرایی                                                                                           |
| ۲۳۲ | مراجع                                                                                                        |

## اختصارات و اصطلاحات فنی

|                                                  |                                            |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| API (American Petroleum Institute)               | مؤسسه نفت آمریکا                           |
| CoF (Consequence of Failure)                     | پیامد شکست                                 |
| CML (Condition Monitoring Location)              | محل پایش وضعیت                             |
| CUI (Corrosion under Insulation)                 | خوردگی زیر عایق                            |
| EPC (Engineering, Procurement, and Construction) | مهندسی، تامین، و ساخت                      |
| MOC (Management of Change)                       | مدیریت تغییر                               |
| MPY (Mils per Year)                              | میلز در سال                                |
| NDT (Non-Destructive Testing)                    | آزمایش غیرمخرب                             |
| OSI (On-Stream Inspection)                       | بازرسی در حین بهره‌برداری یا بازرسی آنلاین |
| PFD (Process Flow Diagram)                       | نمودار جریان فرآیند                        |
| PoF (Probability of Failure)                     | احتمال وقوع خرابی                          |
| PRDs (Pressure Relieving Devices)                | دستگاه‌های کاهش فشار                       |
| PSM (Process Safety Management)                  | مدیریت ایمنی فرآیند                        |
| PWHT (Post-Weld Heat Treatment)                  | عملیات حرارتی پس از جوش                    |
| P&ID (Process & Instrumentation Diagram)         | نمودار فرآیند و ابزار دقیق                 |
| QRA (Quantitative Risk Assessment)               | ارزیابی ریسک کمی                           |
| RBI (Risk-Based Inspection)                      | بازرسی بر مبنای ریسک                       |
| RCM (Reliability Centered Maintenance)           | نگهداری مبتنی بر قابلیت اطمینان            |
| SCC (Stress Corrosion Cracking)                  | ترک خوردگی ناشی از خوردگی تنشی             |
| SIS (Safety Instruction Sheet)                   | برگه دستورالعمل ایمنی                      |
| UT (Ultrasonic Testing)                          | تست اولتراسونیک                            |

## تعاریف

- **اثربخشی بازرسی (Inspection Effectiveness):** به توانایی فعالیت‌های بازرسی برای یافتن مکانیزم‌های خرابی و کاهش عدم قطعیت در وضعیت تخریب تجهیز اشاره دارد.
- **آسیب‌پذیری (Deterioration):** به کاهش توانایی یک جزء یا تجهیز در ارائه عملکرد اصلی خود، معمولاً به دلیل مکانیزم‌های خرابی مانند نازک‌شدگی یا ترک‌خوردگی گفته می‌شود.
- **مکانیزم خرابی (Damage Mechanism):** مکانیزم‌هایی که می‌توانند با احتمال وقوع قابل توجه، باعث آسیب به تجهیزات یا مواد شوند، مانند خوردگی یا ترک‌خوردگی.
- **احتمال از کار افتادگی (Probability of Failure - PoF):** احتمال وقوع خرابی یا نقص در تجهیزات یا یک جزء به دلیل یک یا چند مکانیزم خرابی تحت شرایط عملیاتی مشخص.
- **احتمال وقوع (Probability/Likelihood):** میزانی که یک رویداد ممکن است در طول یک بازه زمانی خاص رخ دهد. احتمال می‌تواند به صورت عددی بین ۰ تا ۱ بیان شود.
- **بازرسی بر مبنای ریسک (Risk-Based Inspection - RBI):** روشی سیستماتیک برای برنامه‌ریزی بازرسی‌ها که بر اساس ارزیابی ریسک‌های مرتبط با تجهیزات و فرآیندها انجام می‌شود تا اولویت‌بندی بهینه و استفاده مؤثر از منابع بازرسی تضمین گردد.
- **برنامه‌ریزی بازرسی (Inspection Planning):** فرآیند تدوین یک برنامه منظم برای اجرای بازرسی‌های فنی با توجه به اولویت‌ها، زمان‌بندی و روش‌های مورد نیاز برای هر تجهیز، که به کاهش ریسک و بهبود عملکرد تجهیزات کمک می‌کند.
- **بازرسی در حین بهره‌برداری یا بازرسی آنلاین (On-Stream Inspection - OSI):** این نوع بازرسی‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بدون نیاز به توقف عملیات، ارزیابی وضعیت تجهیزات و سیستم‌ها را انجام دهند.
- **پنجره عملیاتی یکپارچگی (Integrity Operating Window - IOW):** حدود تعیین شده برای متغیرهای فرآیندی که اگر عملکرد فرآیند از حدود تعیین شده برای مدت معین تجاوز کند می‌تواند بر یکپارچگی تجهیزات تأثیر بگذارد.

- پیامد خرابی (Consequence of Failure - CoF): نتیجه یک رویداد خرابی که برای رتبه‌بندی نسبی تجهیزات استفاده می‌شود و می‌تواند برای رویدادهای ایمنی، زیست‌محیطی یا مالی تعیین شود.
- تجزیه و تحلیل ریسک (Risk Analysis): استفاده سیستماتیک از اطلاعات برای شناسایی منابع پیامدهای بالقوه و برآورد ریسک. تجزیه و تحلیل ریسک، پایه‌ای برای ارزیابی، کاهش و پذیرش ریسک ارائه می‌دهد.
- تجهیز (Equipment): یک جزء یا آیتم مجزا که بخشی از یک سیستم بزرگ‌تر است، مانند مخازن فشار، دستگاه‌های کاهش فشار، لوله‌ها، بویلرها و هیترها.
- تیم بازرسی (RBI Team): گروهی از افراد، با مهارت‌ها و زمینه‌های لازم در RBI که برای اجرای یک ارزیابی مؤثر تشکیل شده‌اند و شامل کارکنان کارفرما و متخصصان RBI پیمانکار می‌شوند.
- جمع‌آوری داده‌ها (Data Collection): فرآیند گردآوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از منابع مختلف مانند سوابق بازرسی، نقشه‌های فنی، و شرایط عملیاتی که برای تحلیل ریسک و برنامه‌ریزی بازرسی‌ها به کار می‌رود.
- خطر (Hazard): شرایط فیزیکی یا انتشار مواد خطرناک که می‌تواند ناشی از خرابی اجزاء باشد و منجر به صدمه یا مرگ انسان، خسارت یا تخریب زیست‌محیطی شود.
- خطوط خارج از محدوده (Off-plot Piping): لوله‌کشی که خارج از محدوده مرزی کارخانه قرار دارد و معمولاً بر اساس کدهای ASME B31.4/B31.8 طراحی می‌شود.
- خطوط داخلی (In-plant Piping): لوله‌کشی که در داخل محدوده مرزی کارخانه قرار دارد و معمولاً بر اساس کد ASME B31.3 طراحی می‌شود.
- دامنه کار (Scope of Work): تعیین محدوده و جزئیات کارهایی که باید در یک پروژه بازرسی بر مبنای ریسک انجام شود، که شامل لیست تجهیزات، فعالیت‌های مورد نیاز و محدودیت‌های زمانی و مالی است.
- بروزرسانی داده‌ها (Database Update): فرآیند به‌روزرسانی بانک اطلاعاتی نرم‌افزار RBI و اقدامات بعدی (مانند برنامه بازرسی) به صورت منظم و دوره‌ای.

- رهبر تیم (Team Leader): متخصص یا مهندسی که مسئول هماهنگی و مدیریت کلیه فعالیت‌های مرتبط با ارزیابی RBI است.
- ساختار شکست کار (Work Breakdown Structure - WBS): تقسیم کارها و فعالیت‌های پروژه به بخش‌ها و زیربخش‌های کوچکتر و قابل مدیریت‌تر، که به تیم پروژه کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی و کنترل پروژه را بهبود بخشد.
- سیال نماینده (Representative Fluid): سیالی که به عنوان نمونه و نماینده از یک گروه از سیالات برای بررسی و تحلیل شرایط فرآیندی و تأثیرات آن بر تجهیزات انتخاب می‌شود.
- سیکل عملیاتی (Operational Cycle): تعریف دوره عملیاتی به عنوان شروع و استقرار شرایط جدید و سپس بازگشت به شرایطی که در ابتدای سیکل وجود داشته است.
- فعالیت‌های کاهش ریسک (Risk Mitigation): فرآیند انتخاب و اجرای اقدامات برای تغییر یا کاهش ریسک. این اقدامات می‌توانند شامل اصلاحات فرآیندی یا بهبود تجهیزات باشند.
- کارشناس خوردگی (Corrosion Specialist): فردی با دانش تخصصی در زمینه مکانیزم‌های خوردگی، شناسایی آن‌ها و پیشنهاد راهکارهایی برای کاهش و کنترل خوردگی در تجهیزات صنعتی.
- کامپوننت (Component): بخش یا جزء مشخصی از یک تجهیز که می‌تواند تحت تأثیر مکانیزم‌های تخریب یا خوردگی قرار گیرد و برای ارزیابی ریسک و برنامه‌ریزی بازرسی جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد.
- کاهش ریسک (Mitigation): کاهش اثرات هرگونه پیامد منفی یک رویداد.
- گروه اینونتوری (Inventory Group): لیستی از تجهیزات و لوله‌های متصل به هم که در حالت نشی فرض می‌شود که کل محتوای آنها قابل خارج شدن است.
- لوپ خوردگی (Corrosion Loop): بخشی از یک واحد که بر اساس داشتن شرایط فرآیندی مشابه، مواد ساخت یکسان یا مکانیزم‌های آسیب فعال یا بالقوه تعریف می‌شود.
- مارک آپ (Markup): فرآیند علامت‌گذاری و نشانه‌گذاری نقشه‌ها برای نشان دادن لوپ‌های خوردگی، اینونتوری‌ها و نقاط بازرسی.

- **مدیریت تغییر (Management of Change):** سیستمی برای کنترل تغییرات در تجهیزات یا فرآیندها که شامل مستندسازی و مدیریت تغییرات به منظور جلوگیری از بروز خطرات جدید است.
- **مدیریت ریسک (Risk Management):** فعالیت‌های هماهنگ برای هدایت و کنترل سازمان در رابطه با ریسک، که شامل ارزیابی ریسک، کاهش ریسک، پذیرش ریسک و برنامه‌ریزی بازرسی است.
- **مراحل اولیه ارزیابی (Initial RBI Assessment):** اولین ارزیابی جامع RBI که روی هر دارایی یا گروهی از دارایی‌ها در یک کارخانه انجام می‌شود.
- **نقاط پایش وضعیت (Condition Monitoring Location - CML):** نقاطی روی تجهیزات که برای پایش و اندازه‌گیری وضعیت فعلی تجهیزات، مانند خوردگی یا دیگر تغییرات فیزیکی، انتخاب می‌شوند تا عملکرد صحیح و طول عمر تجهیزات تضمین شود.
- **وظایف اعضای تیم (Team Roles):** نقش‌ها و مسئولیت‌های مشخصی که اعضای تیم پروژه در فرآیند بازرسی بر مبنای ریسک بر عهده دارند و می‌توانند شامل مدیر پروژه، کارشناس فنی، کارشناس خوردگی و غیره باشند.

اطلاع‌رسانی خواهد شد. برای ایجاد تعامل میان نفرات پیمانکار و کارفرما و آشنایی بیشتر با وضعیت تجهیزات و مدارک مهندسی، پیمانکار ملزم است حداقل ۳ نفر از نفرات کارگروه فنی و مهندسی خود را از ابتدای شروع کار تا پایان پروژه در سایت شرکت مستقر نماید. همچنین مدیر (فنی) پروژه نیز موظف است علاوه بر حضور در جلسات تعیین شده توسط کارفرما، حداقل یک هفته در ماه در منطقه حضور یابد.

#### ۱۰-۹- سوابق اجرایی

پیمانکار باید دارای حداقل دو مورد اجرای موفق در زمینه استقرار سیستم بازرسی بر مبنای ریسک باشد. پیمانکار ملزم به ارائه گواهی حسن انجام کار در این زمینه خواهد بود.



## مراجع

- API STD 510: Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration.
- API STD 570: Piping Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems.
- API RP 571: Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry.
- API RP 580: Elements of a Risk-Based Inspection Program.
- API RP 581: Risk-Based Inspection Methodology.
- API RP 584: Integrity Operating Windows
- API STD 620: Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks.
- API STD 653: Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction.
- API RP 970: Corrosion Control Document Systems
- API RP 1160: Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines
- ASME B31.8S: Managing System Integrity of Gas Pipelines
- ASME PCC-3: Inspection Planning Using Risk-Based Methods
- ASTM G46: Standard Guide for Examination and Evaluation of Pitting Corrosion.
- DNV-RP-F116: Integrity management of submarine pipeline systems
- ISO 19345-1: Full-life cycle integrity management for onshore pipeline
- ISO 19345-2: Full-life cycle integrity management for offshore pipeline