

بهبود روش‌های تعمیر و نگهداری تجهیزات حساس مؤثر بر تولید و کاهش زمان‌های توقف تولید با استفاده از روش RCFA

یوسفعلی زارعی*، شرکت بهره‌برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی، هادی قره‌بیگی و مجتبی لیاقت (مشاورین صنعتی)

چکیده

یکی از الزامات استمرار تولید گاز در شرکت بهره‌برداری تابعه شرکت ملی نفت ایران، ریشه‌یابی علل کاهش توقف تولید و رفع چالش‌های موجود در این زمینه است که یکی از این موارد اشکالات ناشی از تابلوکنترل‌های سرچاهی بوده و رفع اشکال از آنها، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. یکی از روش‌های کارا و مؤثر در این زمینه، مباحث RCA می‌باشد که مبتنی بر آن می‌توان به خوبی علت خرابی را ریشه‌یابی کرد که از اهداف این تحقیق به‌شمار می‌رود. روش تحقیق بدین ترتیب بوده است که بعد از بررسی پیشینه تحقیق‌های انجام‌شده، طبق روش اجرایی مصوب وزارت نفت، مراحل ریشه‌یابی خرابی تجهیزات (تابلوکنترل‌های سرچاهی) به‌صورت گام‌به‌گام به اجرا درآمد. در این راستا تیم تحلیل RCA متشکل از کارشناسان خبره منطقه تشکیل گردید. این تیم با جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، فرایند تجزیه و تحلیل پژوهش را آغاز کرده و از طریق روش درخت منطقی و با رویکرد PROACT، علت‌های فیزیکی، انسانی و پنهانی مسأله را کشف کردند. پس از اعتبارسنجی فرضیه‌ها، در نهایت علل ریشه‌ای خرابی تجهیزات مشخص گردید. تیم تحلیل، در مرحله پایانی به ارائه راهکار و اولویت‌بندی راهکارها پرداخته است. ریشه‌یابی خرابی تجهیزات، باعث صرفه‌جویی در امکانات و هزینه‌های سازمان می‌شود و همچنین تولید گاز را که از حساسیت ویژه‌ای برخوردار است، با مشکلات کمتری مواجه می‌کند.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۸/۰۴/۲۱

تاریخ ارسال به داور: ۹۸/۰۴/۲۳

تاریخ پذیرش داور: ۹۸/۰۵/۲۹

واژگان کلیدی:

روش PROACT، درخت منطقی، رویداد، تابلوکنترل، تیم تحلیل، علل ریشه‌ای

مقدمه

پیاده‌سازی صحیح RCA و انتخاب روش و تکنیک مناسب، بیان کرد. با مراجعه به سوابق خرابی تجهیزات حیاتی در صنعت نفت و گاز، می‌توان تجهیزات زیادی جهت تحلیل RCA انتخاب نمود. در تحقیق پیش‌رو، تجهیزاتی حیاتی جهت مطالعه انتخاب شده است، تا خرابی آن ریشه‌یابی شود. با پیاده‌سازی صحیح این روش و ارائه راهکار مناسب، می‌توان مشابه با فرایندهای تحلیل را در دیگر تجهیزات حیاتی صنعت نفت و گاز عملیاتی کرد.

۱- معرفی تجهیز مورد مطالعه

مورد مطالعه گاز مورد نیاز یکی از پالایشگاه‌های ایران است که از حساسیت خاصی برخوردار بوده به‌طوری‌که در صورت قطع شدن تولید گاز، تمامی فرایندهای پالایشگاه دچار اختلال می‌شود و تجهیزات متعددی در برقراری این زنجیره تولید موثرند. هرچه این تجهیزات به بخش‌های تولید بالادستی نزدیک‌تر باشد، حساسیت بالاتری را در تأمین شرایط تولید ایمن و پایدار خواهد داشت. لذا تجهیز انتخاب‌شده جهت تحلیل ریشه‌ای، تابلوکنترل‌های سرچاهی می‌باشد. این تجهیز نقش حیاتی در تسهیلات سرچاهی شرکت دارد. کلیه چاه‌های منطقه، دارای شیرهای ایمنی سرچاهی می‌باشند که تجهیز فوق، وظیفه باز و

RCA^۱ (آنالیز علل ریشه‌ای)، فرایند ساختاریافته‌ای است که به‌منظور شناسایی روابط علت و معلولی وقوع خرابی یا حوادث ناخوشایند در سازمان با هدف جلوگیری از تکرار خرابی و یا کاهش پیامدهای مرتبط با آن انجام می‌شود.

با توجه به عوامل متعدد اثرگذار، ماهیت پیچیده و ظرافت‌های خاص موجود در فرایندهای کاری صنایع، لازم است اقدامات لازم جهت جلوگیری از تکرار بسیاری از حوادث ناخوشایند مبتنی بر بررسی‌های دقیق، فنی و کارشناسی، با بهره‌گیری از روشی استاندارد، کارا و تخصصی صورت پذیرد. یکی از روش‌های استاندارد و معتبر در این زمینه، بهره‌گیری از روش تحلیل علل ریشه‌ای است.

امروزه روش‌های آنالیز علل ریشه‌ای به جزئی جدایی‌ناپذیر در صنایع گوناگونی چون صنایع هوا و فضا، هسته‌ای، نفت و گاز، تأسیسات، برق و مخابرات، صنایع معدنی و غیره تبدیل شده به‌طوری‌که تصور کارکرد صنایع پیش‌رو بدون بهره‌گیری از تکنیک‌های RCA ممکن نیست [۱]. تحلیل RCA به ما کمک خواهد کرد که بتوانیم به‌خوبی به ریشه‌های پنهان مسئله بپردازیم، اما لازم است سازوکار صحیحی را در پیاده‌سازی این روش به کار گیریم.

با توجه به مطالب فوق می‌توان مشکل اصلی تحقیق حاضر را عدم

* نویسنده‌ی عهد‌دار مکاتبات (yosef1zareei@gmail.com)

عنوان "سند راهنمای تجزیه و تحلیل علل ریشه‌ای (DOE-NE-STD-۱۰۰۴-۹۲)" به شرح زیر استفاده خواهیم نمود:
 دلیل اصلی بررسی و گزارش‌دهی علل حوادث، کسب توانمندی در شناسایی اقدامات اصلاحی لازم، برای پیشگیری از وقوع مجدد حوادث و در نتیجه، حفاظت از سلامت و ایمنی جامعه، کارگران و محیط زیست می‌باشد [۲].

تجربه در صنعت نشان می‌دهد که هر رویداد نامطلوب به‌طور میانگین ۱۰ تا ۱۴ روابط علت و معلولی خواهد داشت که در الگوی خاصی به‌صفت شده‌اند تا آن حادثه رخ دهد. این موضوع، توهم رایج مبتنی بر اینکه یک خطا باعث نتیجه نامطلوب نهایی می‌شود را برطرف می‌کند [۳].
 تمامی رویدادها و نتایج نامطلوب، ریشه در حوزه‌های فیزیکی، انسانی و پنهان خواهند داشت.

ریشه‌های فیزیکی: معمولاً خیلی زود و پس از خطاهای ناشی از حضور یا عدم‌حضور یافت می‌شوند. این ریشه‌ها، اولین نتایج فیزیکی ناشی از خطای تصمیم‌گیری انسان است. ریشه‌های فیزیکی، ماهیتی ملموس دارند.

ریشه‌های انسانی: این ریشه‌ها، خطاهای تصمیم‌گیری هستند و شامل اقدامات یا انفعالاتی هستند که ریشه‌های فیزیکی را آشکار می‌کنند. ریشه‌های انسانی، خطاهای مربوط به حضور یا عدم‌حضور انسان هستند. ریشه‌های پنهان: این ریشه‌ها، سیستم‌های سازمانی هستند که دچار نقص شده‌اند. این سیستم‌ها، سیستم‌های پشتیبانی (یعنی رویه‌ها، آموزش، سیستم‌های تشویقی، عادات خرید و غیره) هستند که معمولاً برای کمک به نیروی کار در اتخاذ تصمیمات بهتر ایجاد می‌شوند. ریشه‌های پنهان، منظور بیان‌شده‌ی فرایند تصمیم‌گیری انسان است.

۵- مروری بر پیشینه تحقیق

رابرت نلمز^۲ در سال ۲۰۰۳، در مقاله‌ای با عنوان "آنالیز علل ریشه‌ای، نه آنچه شما فکر می‌کنید" به یکی از قوی‌ترین روش‌های آنالیز خرابی ماشین‌آلات (RCA) به‌صورت تئوریک پرداخته است. نویسنده این مقاله در مسیر پژوهش خود با معرفی تئوری دومینو، علل وقوع خرابی را بررسی کرده و آن را در چهار دسته علل فیزیکی، علل انسانی، علل پنهان و علل اصلی تجزیه و تحلیل می‌کند.

نتیجه تحقیق فوق این است که علل اصلی وقوع خرابی‌ها در لایه چهارم (علل اصلی) مخفی می‌مانند و در اکثر مواقع مهندسان نت از لایه اول نیز فراتر نمی‌روند [۴].

جان اریک وینم^۴ و همکاران در سال ۲۰۱۵، در مقاله‌ای، از تحلیل علل ریشه‌ای در بررسی نشستی‌ها در تأسیسات نفتی فراساحلی استفاده کرده‌اند. در این تحقیق، تمام علل ریشه‌ای نشستی‌ها ارائه شده و تمام

بسته‌کردن این شیرها را بر عهده دارد. در صورت به‌خطرافتادن ایمنی چاه‌ها، این تجهیز به‌طور اتوماتیک تولید گاز را قطع و از حوادث احتمالی غیر قابل جبران جلوگیری می‌کند.
 مشکل اصلی این است که در برخی مواقع هیچ‌گونه شرایط ناایمنی وجود ندارد و در صورت به‌وجود آمدن خطایی در مدارات داخلی تابلوکنترل، این تجهیز، از سرویس خارج شده، باعث قطع شدن تولید گاز می‌گردد. لذا تحلیل‌های RCA به شناسایی منابع خطای اصلی و فرعی بسیار کمک می‌نماید.

۲- اهمیت و ضرورت تحقیق

در صنعت نفت و گاز کشور، با خرابی‌ها و حوادث بسیاری روبه‌رو هستیم. یکی از وظایف خطیر مدیران ارشد این صنعت، حفظ و صیانت از سرمایه ملی کشور است. در این راستا نگاه عمقی و ریشه‌ای به خرابی‌ها و حوادث، دارای ضرورت بسیاری می‌باشد.

تحلیل RCA به ما کمک خواهد کرد که بتوانیم به‌خوبی به ریشه‌های پنهان مسئله بپردازیم، اما بایستی ساز و کار صحیحی را در پیاده‌سازی این روش به کار گیریم.

در جهت استمرار تولید گاز در هر شرکت بهره‌برداری نفت و گاز با عوامل متعددی از کاهش یا توقف تولید مواجه هستیم. به‌همین دلیل، ریشه‌یابی خرابی تجهیز مرتبط با تولید گاز (تابلوکنترل‌های سرچاهی) بسیار مهم است. با استفاده از روش کارا و مؤثر در مبحث RCA می‌توان به‌خوبی علل خرابی را ریشه‌یابی کرد. ریشه‌یابی تجهیز، باعث افزایش قابلیت اطمینان می‌شود و تولید گاز را با مخاطرات کمتری روبه‌رو می‌سازد.

۳- اهداف تحقیق

- شناسایی روش‌ها و مدل‌های موجود در تحلیل علل ریشه‌ای خرابی
- انتخاب روش و مدل مناسب جهت ریشه‌یابی خرابی تجهیز مورد مطالعه
- پیاده‌سازی روش و مدل انتخابی جهت تجهیز مورد مطالعه و ریشه‌یابی علل خرابی
- ارائه راهکار مؤثر جهت کاهش خرابی‌های تجهیز مورد مطالعه و کاهش زمان‌های توقف تولید

۴- مروری بر ادبیات تحقیق

جوامع فنی، نهادهای نظارتی و شرکت‌های بزرگ، برای واژه RCA، تعاریف خاص خودشان را دارند، اما به‌ندرت می‌توان دو تعریف یافت که با هم یکسان باشند. به‌دلیل نداشتن تعریفی مرجع، ما از تعاریف ارائه شده توسط راهنمای گروه انرژی^۲ (DOE) تحت

آنالیز علل ریشه‌ای در تحلیل سوانح حمل‌ونقلی پرداخته است. در این پژوهش با توجه به آمار بالای سوانح در رده‌های مختلف حمل‌ونقلی، ضمن ارائه روش شرح سانحه، به معرفی روش‌های مناسب تحلیل علل ریشه‌ای سانحه پرداخته شده است.

نتایج تحقیق فوق نشان می‌دهد که استفاده از این روش‌های تحلیل علل ریشه‌ای و پیداکردن دلایل واقعی بروز سانحه سبب می‌شود بتوان با برنامه‌ریزی مناسب جهت حذف این عوامل اقدام نمود و نرخ وقوع سانحه را کاهش داد. پنج روش ابتدایی مطرح شده در این مقاله، روش‌های معمول و کاربردی آنالیز دلایل سوانح در دنیاست و سه روش آخر نیز روش‌های مورد استفاده در سازمان انرژی آمریکا می‌باشد [۸].

عادل دلفی در سال ۱۳۹۵، در مقاله‌ای با عنوان "تحلیل و بررسی ریشه‌ای عوامل خرابی‌های یکی از تجهیزات بحرانی (کریستالایزر) سازمان با استفاده از روش و ابزارهای RCFA" به پیاده‌سازی روشی مناسب جهت آنالیز علل ریشه‌ای در تجهیز مورد مطالعه (کریستالایزر) شرکت پتروشیمی پرداخته است. در این پژوهش سعی شده است که ریشه اصلی خرابی‌های بالفعل تجهیز مورد تحقیق، از روش RCFA و با شاخص‌های KPI مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد و در نهایت، با محاسبه فاصله زمانی جستجوی شکست، قابلیت اطمینان و دسترسی تجهیز نیز افزایش یابد. نتایج حاصل از تحقیق فوق به شکل زیر است:

اصلاح بازه‌ی زمانی بررسی تجهیز، کاهش زمان‌های انتظار تجهیز از طریق آموزش‌های لازم به جهت بالابردن مهارت و چابکی نیروهای انسانی، کاهش زمان تعمیر تجهیز و هزینه‌های تعمیراتی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و حامل‌های انرژی با تشخیص خرابی و اصلاح آنها، بررسی تأثیر خطای انسانی بر روی کیفیت و هزینه اجرای نگهداری و تعمیرات [۹].

۶- شکاف تحقیقاتی

با بررسی مقالات زیادی در حوزه RCA و با مطالعه موردی در صنایع مختلف می‌توان به نتایج زیر رسید:

شکافی که در بخشی از پژوهش‌های انجام شده، دیده می‌شود این است که سازوکار مشخصی در انتخاب روش و رویکرد RCA وجود ندارد. جهت پر کردن شکاف فوق، در بخش بعدی به این مسئله خواهیم پرداخت. در بخش دیگری از مقالات و پژوهش‌های فوق، خلأ اصلی، ارائه راهکار عملی است که بتوان یکی از روش‌های RCA را در بخش تعمیر و نگهداری تجهیزات صنعت نفت و گاز (مطالعه موردی: شرکت نفت و گاز زاگرس جنوبی)، پیاده‌سازی کرد. جهت پر کردن شکاف فوق در تحقیق پیش‌رو، پس از انتخاب روش و مدل مناسب، به پیاده‌سازی مدل و ارائه راهکار

نشستی‌های گزارش شده بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۴ مورد مطالعه قرار گرفته است [۵].

مک آنتونی هریسون^۵ و همکاران در سال ۲۰۱۵ در مقاله‌ای، تحلیل علل ریشه‌ای را در خرابی پره‌های توربین بادی به‌کار بردند. در این تحقیق روش‌های مختلفی اعم از معاینه چشمی، میکروسکوپی استریو، آزمون متالوگرافیک انجام شده است، اما بر اساس تحلیل شیمیایی و آزمون‌های سختی هیچ شواهدی در خرابی مواد پره‌ها مشاهده نشد.

نتیجه تحقیق فوق حاکی از آن است که با تحلیل اطلاعات به‌دست آمده از روش‌های مختلف، چندین حفره در لبه‌ی پره‌ها که در آنها کلر هست، وجود دارد. ترکیب‌هایی که موجب خرابی شدند از این حفره‌ها در قسمت نازک‌تر پره‌ها ناشی شده بودند. حضور کلر و سیلیکون در این حفره‌ها نشان داد که حفره‌ها به‌علت فرسایش یا خوردگی شکل گرفته‌اند و منجر به خرابی پره‌ها توسط خوردگی ناشی از خستگی شدند [۶].

اسپنسر اسکولنیک^۶ و همکاران در سال ۲۰۱۵، در مقاله‌ای با استفاده از تحلیل علل ریشه‌ای خرابی سعی در رفع خطاهای عملیاتی در تفکیک چاه‌های عمیق به‌خصوص در خلیج مکزیک در مناطق فراساحلی داشتند. روش به‌کار گرفته شده در این تحقیق به این شکل بود که آنها توسط تیم تحلیل یک آنالیز دقیق از مسائلی که منجر به خرابی‌های سیمانکاری می‌شد را انجام دادند. این تحلیل توسط تیمی متشکل از کارمندان مهندسی و عملیات در مدت‌زمان سه ماه انجام شد. تیم تحلیل شاخص‌های کلیدی مورد نیاز برای تحلیل را شناسایی کردند و ابزاری را برای پایش، ردیابی و تنظیم عملیات بر اساس تغییرات این شاخص‌ها توسعه دادند.

نتیجه تحقیق فوق نشان‌دهنده این بود که با انتقال این دانش به تیم حفاری، تیم تحلیل موفق شد به‌صورت موفقیت‌آمیز به تفکیک ناحیه‌ای صحیح دست پیدا کند [۷].

سید مجتبی حسینیان در سال ۱۳۹۳، در مقاله‌ای با عنوان "کاربرد آنالیز علل ریشه‌ای (RCA) در تحلیل حوادث و سوانح حمل‌ونقلی" به مبحث



۱ | درخت منطقی با در نظر گرفتن دوفرضیه برای رویداد اتفاق افتاده [یافته‌های تحقیق]

مشخص در محدوده مجاز تعیین شده، استفاده می‌شوند. استفاده از موانع صرفنظر از وجود خطرات است. موانع معمولاً درون سیستم‌ها طراحی شده یا درون فعالیت‌های مشخص برنامه‌ریزی شده‌اند تا از افراد، تجهیزات و محیط محافظت کنند. هدف از آنالیز موانع، شناسایی موانع از بین‌رفته یا منحرف‌شده از وضعیت مناسب است. این آنالیز همچنین می‌تواند موانعی که به‌خوبی عمل کرده و از وقوع حوادث ممانعت کرده‌اند را مشخص کند.

■ نمودار رویداد و عوامل سببی

این نمودار با طرح پرسش‌های "چه چیزی؟ چگونه؟ چرا؟" آغاز می‌شود و با تمرکز بر آنها، در طول بررسی علل ریشه‌ای، ادامه یافته و به‌روز می‌شود. این کار از طریق به‌تصویر کشیدن مسائل و سبب‌های آنها انجام می‌شود. این ابزار کمک می‌کند چیزی که دانسته می‌شود و آن چیزی که دانستن آن ضروری است با یک ترتیب تاریخی مشخص شوند. بنابراین مسیر تحقیق بیشتر را هموار می‌کند. در این شیوه، یک "رویداد" به عنوان یک علت کنشی یا اتفاق در یک نقطه زمانی نسبت به مسئله مورد بررسی تعریف می‌شود. همچنین منظور از "شرایط"، علتی است که بر زنجیره وقوع رویدادها تأثیر می‌گذارد.

■ آنالیز علت و معلول

هدف از این روش، شناسایی علل ریشه‌ای یک حادثه یا رویداد از طریق بررسی روابط میان علت و معلول‌هاست. این کار از طریق تکرار پیوسته پرسش "چه معلولی اتفاق افتاده است؟ و چرا؟" انجام می‌شود. برای اجرای این روش باید از انتها آغاز نمود. بنابراین باید آخرین خرابی یا اتفاق نامطلوب را در نظر گرفت و به ترتیب در طول زمان به عقب بازگشت تا علت ریشه‌ای را کشف نمود.

این روشی درختی است برای تحقیق و بررسی جزئیات روابط علت و معلولی از طریق ایجاد تصویری مجازی از همه راه‌های



۲ | درخت منطقی به‌روزرسانی‌شده با تشکیل سطح سومی [یافته‌های تحقیق]

خواهیم پرداخت.

لازم به ذکر است، دیگر تفاوتی که تحقیق پیش‌رو با تحقیقات پیشین دارد، مطالعه موردی آن می‌باشد، که با رویدادها و عوامل علی خاصی روبه‌رو هستیم که تحقیق را در نوع خود منحصربه‌فرد می‌سازد. با توجه به توضیحات فوق شکاف‌های تحقیقاتی را می‌توان انتخاب روش و رویکرد مناسب و ارائه راهکار بعد از پیاده‌سازی روش RCA بر روی تجهیز خاص (تجهیز مورد مطالعه) بیان کرد.

۷- روش تحقیق

در این قسمت ابتدا روش مناسب جهت تحلیل، شناسایی می‌گردد. سپس، نحوه پیاده‌سازی و در نهایت، ارائه راهکار لازم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۷-۱- بررسی و شناسایی روش‌های مختلف RCA

با توجه به تعدد و تنوع روش‌های مختلف RCA، بحث در این رابطه خیلی وسیع است. در این بخش قصد داریم تنها مروری بر مهمترین روش‌های RCA داشته باشیم. آشنایی با روش‌های گوناگون RCA به ما کمک خواهد کرد تا روش مناسبی جهت تحلیل انتخاب شود [۱۰].

■ آنالیز تغییر

این شیوه به شناسایی و آنالیز سیستماتیک هر تغییر می‌پردازد که ممکن است در بروز مشکل به‌وجودآمده مؤثر بوده باشد. اگر تغییر، عامل به‌وجودآمدن مشکل و در نتیجه پیامدهای مرتبط به آن باشد، این ابزار بررسی می‌کند که چه چیزی نسبت به موقعیت‌های قبلی تغییر کرده است و اثر تغییر بر رویداد موردنظر چه بوده است. همانطور که از نام این آنالیز مشخص است، انحراف از وضعیت مطلوب و صحیح را بررسی می‌کند. بنابراین، برای امکان بهره‌گیری مناسب از این ابزار، لازم است دو چیز مشخص باشند: وضعیت مطلوب و وضعیت منحرف‌شده از مطلوب. از طریق مقایسه این دو وضعیت می‌توان تغییرات را مشاهده نمود، آنگاه هر تغییر به‌عنوان گزینه احتمالی رویداد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

■ آنالیز موانع

آنالیز موانع بر پایه این مفهوم در علم "شناسایی خطر" استوار است که ممکن است به‌واسطه وجود خطراتی محتمل، به یک هدف (پرسنل، تجهیزات یا محیط) آسیب وارد شود، به‌همین دلیل باید این اهداف را از آن خطرات احتمالی محافظت نمود. موانع (فیزیکی و سازمانی) به‌منظور محافظت از یک هدف

این روش یک فرایند مرحله به مرحله است که از طریق آن، تمام حالت‌های خرابی ممکن و اثرات مربوط به آنها شناسایی می‌شوند. در این آنالیز می‌توان خرابی‌ها را بر اساس اثرات و پیامدهای مرتبط، فرکانس وقوع و سادگی شناسایی آنها، اولویت‌بندی نمود. این کار باعث می‌شود تعدادی از خرابی‌هایی که از اهمیت کمتری برخوردارند، از فهرست خرابی‌هایی که نیاز است به صورت سیستمی مدیریت شوند، خارج شوند.

■ آنالیز پارتو

یک رویکرد آماری در حل مسئله است که با استفاده از یک پایگاه داده از مسائل و مشکلات، مواردی از عوامل سببی از پیش تعیین شده که در سیستم مورد نظر اتفاق افتاده‌اند را شناسایی می‌کند. این روش بر پایه اصل پارتو استوار است که به قاعده ۸۰-۲۰ نیز معروف می‌باشد. از این آنالیز با این نیت استفاده می‌شود که منابع را برای رایج‌ترین و مهم‌ترین عوامل اختصاص داد. با وجود اینکه این آنالیز در بسیاری از موارد به‌درستی استفاده نمی‌شود، می‌توان از پارتو در تعیین اینکه آنالیز علل ریشه‌ای را از کجا باید شروع نمود، استفاده کرد.

۷-۲- مقایسه روش‌های آنالیز علل ریشه‌ای

به‌منظور مقایسه روش‌ها و ابزارهای آنالیز علل ریشه‌ای، دو منبع مهم برای مقایسه وجود دارد؛ منبع اول، سند رسمی سازمان بین‌المللی انرژی اتمی برای بررسی و آنالیز علل ریشه‌ای است.

ممکن، که می‌توانند شرایط نامطلوب مورد بررسی را به وجود بیاورند. به کمک این روش می‌توان مدلی برای بازسازی رویداد به فرم دیگرام تحلیلی درخت منطقی ایجاد نمود. این درخت تمام مکانیزم‌های احتمالی خرابی را به تصویر می‌کشد، آنگاه از طریق تحقیق علمی به تأیید یا تکذیب مکانیزم‌های پردازد تا زمانی که مکانیزم اولیه خرابی تعریف و تعیین شود. این روش برای رویدادهای مرتبط با تجهیزات توصیه می‌شود.

■ روش ۵ چرا

این شیوه یک تکنیک مبتنی بر طرح پرسش است که علت و معلول‌های زمینه‌ای یک مسئله خاص را مورد جستجو قرار می‌دهد و هدف نهایی آن، پیدا نمودن علل ریشه‌ای یک خرابی یا رویداد است. روال کاری این روش، طرح ۵ بار پرسش متوالی "چرا؟" است. سپس یک علت ریشه‌ای یافت می‌شود. در این روش مجموعه‌ای از جملات با عبارت "بنابراین" حاصل می‌شود. تحقیق کننده باید طرح پرسش را تا جایی ادامه بدهد که پس از آن از محدوده بررسی خارج شود یا مشخص شود که اصلاح خرابی خارج از محدوده کنترل یا مدنظر سازمان است. باید دانست علی‌رغم اینکه برخی از فرایندهای آنالیز علل ریشه‌ای بر تعداد معین پرسش‌ها تأکید دارند، این روش، تکرار پرسش "چرا؟" را تا زمان کشف علت ریشه‌ای، حتی بیش از ۵ بار مجاز می‌داند.

■ آنالیز حالات و آثار خرابی

۱ | مقایسه روش‌های آنالیز علل ریشه‌ای مبتنی بر معیارهای دین‌ال‌گاتو [۱۰]

معیارهای مقایسه							کاربرد	روش RCA
نمره	سهولت پیگیری گزارش	تشریح جلوگیری از تکرار وقوع با اعمال راه‌حل‌ها	فراهم‌کردن شواهد و مستندات	تعیین مسیری از علت‌ها تا علت ریشه‌ای	تعریف علل شناخته‌شده	تعریف مسئله		
۱/۵	خیر	خیر	خیر	خیر	محدود	بلی	روش	رویداد و عوامل سببی
۱	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	بلی	ابزار	آنالیز تغییر
۱	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	بلی	ابزار	آنالیز موانع
۲	خیر	خیر	خیر	بلی	خیر	بلی	روش	۵ چرا
۱	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	بلی	ابزار	پارتو
/۵	خیر	خیر	خیر	خیر	خیر	محدود	روش	داستان‌گویی
۴	خیر	بلی	خیر	بلی	بلی	بلی	روش	درخت منطقی
۲	خیر	محدود	خیر	محدود	خیر	بلی	ابزار	حالات و علل خرابی

استفاده در RCA طراحی شده است. درخت منطقی حالت خاصی از روابط علت و معلولی است که از الگوی ترتیبی خاصی برای علت‌یابی ایجاد یک خروجی نامطلوب استفاده می‌نماید. این روابط علت و معلولی بر اساس شواهد، مدارک و مستندات محکمی استوار شده‌اند که درست در نقطه مقابل شایعات و صحبت‌های بی‌پایه و اساس قرار دارند. داده‌ها به فرایند تحلیل، ارزش و اعتبار می‌بخشند؛ نه کارشناسی که در اتاق جلسه با صدای بلند به صحبت مشغول است. قدرت این ابزار به قدری است که می‌توان به آن حتی در محاکم قضایی نیز استناد نمود [۳]. مدل PROACT یک مدل خبره‌محور می‌باشد، یعنی در واقع اعتبار نتایج این مدل، به نظر تخصصی کارشناسان بستگی دارد و اگر به‌خوبی پیاده‌سازی و اجرا شود، نتایج موفق در سازمان خواهدداشت.

۷-۴- پیاده‌سازی متدولوژی RCA

پس از انتخاب روش متناسب با تجهیز مورد مطالعه، باید مرحله به مرحله، آنالیز علل ریشه‌ای، پیاده‌سازی شود. بدین منظور از روش اجرایی مصوب وزارت نفت استفاده می‌نماییم [۱۱]. پس از تکمیل و ارسال گزارش عدم تطابق خرابی "توسط کمیته RCA منطقه، باید بررسی‌های لازم صورت گیرد.

۷-۴-۱- ورودی فرایند

با توجه به تنوع مدل‌های مختلف از تابلو کنترل سرچاهی، باید بررسی شود که خرابی‌های کدام تجهیز، بیشتر تکرار می‌شود تا محدوده مطالعات ما کوچک‌تر شود. در پایان تحلیل می‌توان نتایج را برای همه مدل‌ها تعمیم داد. به‌طور کلی، عدم تطابق به سه روش بررسی دوره‌ای سوابق تعمیرات، ارزیابی شاخص‌های کلیدی عملکرد و گزارش مستقیم عدم تطابق، گزارش شده و وارد فرایند تحلیل می‌شود. در این بخش، بعد از بررسی دوره‌ای سوابق تعمیرات و از طریق روش ارزیابی ریسک، ورودی فرایند را انتخاب می‌کنیم [۱۲، ۱۳]. در جدول ۲- عدد تقریبی RPN برای تمام تابلو کنترل‌ها محاسبه گردیده است. بنابراین خرابی مربوط به "تابلو کنترل‌های فاز ۲ چاه‌های گازی

منبع دوم، کتاب آقای دین‌ال‌گانو درباره علل ریشه‌ای است. جدول- ۱، مقایسه روش‌های RCA را با استفاده از معیار دین‌ال‌گانو، نشان می‌دهد.

۷-۳- انتخاب متدولوژی تحقیق

با مطالعه جداولی که روش‌های مختلف RCA را مقایسه کرده است، می‌توان استنتاج کرد که روش درخت منطقی، روش بسیار مناسبی جهت آنالیز علل ریشه‌ای خرابی تجهیز مورد مطالعه ماست و تمامی خواسته‌های ما در تحقیق را فراهم می‌کند. از جمله دلایل انتخاب این روش، می‌توان به ترسیم گرافیکی مشخص از روابط علت و معلول اشاره کرد که جهت تحلیل‌های پیچیده همچون تحلیل خرابی پیش‌رو (مطالعه موردی) اشاره کرد. همچنین نمره بالای این روش در جدول "دینالگانو" ما را به استفاده از آن ترغیب می‌کند. تمامی مطالب فوق با چند نفر از کارشناسان فنی شرکت، به اشتراک گذاشته شد و همگی روش درخت منطقی را جهت تجهیز مورد مطالعه انتخاب کردند. با مطالعه موارد موفق پیاده‌سازی مدل PROACT، (در پیشینه تحقیقاتی مؤسسه RCI^۶) می‌توان دریافت کرد که ابزار کلیدی در این مدل، درخت منطقی است. در واقع رویکرد متناسب با روش درخت منطقی، رویکرد PROACT می‌باشد [۳]. بنابراین در این تحقیق، روش انتخاب شده برای تحلیل RCA متدولوژی درخت منطقی با رویکرد PROACT می‌باشد.

هدف از حل مسائل RCA با رویکرد PROACT، کشف علل ریشه‌ای رویدادهایی است که تکرارپذیر می‌باشند. در این رویکرد به دنبال آن هستیم تا علل ریشه‌ای این رخدادها را یافته و از تکرار آنها جلوگیری کنیم. برای این منظور یک تیم، تشکیل داده و موارد زیر را دنبال می‌کنیم:

- انتخاب یک تیم تجزیه و تحلیل (تیم RCA)
- نوشتن یک تعریف مختصر از مشکل
- جمع‌آوری داده‌ها
- شناسایی تاریخچه حالات خرابی و ارتباط آنها با عملکرد نگهداری و تعمیرات و پارامترهای عملیاتی
- آنالیز و تجزیه و تحلیل مشکلات با استفاده از درخت منطقی خطا. درخت منطقی خطا را تا آنجا دنبال می‌کنیم تا تمامی ریشه‌های خرابی مشخص شود.

و ارائه راهکار و توجیه اقدامات جهت از بین بردن علل ریشه‌ای. نتیجه این تجزیه و تحلیل به‌طور کلی عبارت است از: ایجاد تغییرات در روش سنتی نگهداری و تعمیرات تجهیزات و ارتقاء برنامه تعمیرات پیشگیرانه و یا تغییر در ساختار تجهیزات و یا روند فرایندها، جهت جلوگیری از تکرار خرابی. درخت منطقی PROACT یک ابزار اختصاصی است که به‌طور ویژه برای

۲ | محاسبه عدد RPN برای هر کدام از مدل‌های تابلو کنترل
[یافته‌های تحقیق]

ردیف	عنوان خرابی	تشخیص	احتمال وقوع	شدت	RPN (S.O.D)
۱	تابلو کنترل‌های فاز ۱ چاه‌های گازی منطقه	۶	۳ یا ۲	۶	۱۰۸ تا ۷۲
۲	تابلو کنترل‌های فاز ۲ چاه‌های گازی منطقه	۶	۶ یا ۵	۶	۲۱۶ تا ۱۸۰
۳	تابلو کنترل‌های چاه‌های جدید منطقه	۶	۳ یا ۲	۶	۱۰۸ تا ۷۲

منطقه" (به دلیل داشتن عدد^۸ RPN بالاتر) به عنوان اولویت اول جهت تحلیل علل ریشه‌ای انتخاب شد.

جهت هر کدام از مدل‌های تابلوکنترل بر اساس سوابق خرابی تجهیزات، در دوره زمانی یکساله (سال ۹۶)، عدد^۹ MTBF محاسبه می‌شود که عدد احتمال وقوع بر اساس آن به دست می‌آید. عدد تشخیص و شدت، بر اساس توافق صورت گرفته توسط اعضای کمیته RCA و بر اساس دستورالعمل، امتیازدهی می‌شوند.

بنابراین خرابی مربوط به "تابلوکنترل‌های فاز ۲ چاه‌های گازی منطقه" (به دلیل داشتن عدد RPN بالاتر) به عنوان اولویت اول جهت تحلیل علل ریشه‌ای انتخاب شد.

۲-۴-۷- تعیین اعضای هیئت تحلیل علل ریشه‌ای

در مرحله بعدی باید اعضای هیئت تحلیل RCA تعیین شوند. این هیئت متشکل از کارشناسان خبره منطقه است. کارشناس اداره بهره‌برداری، رئیس اداره بهره‌برداری، کارشناس واحد ابزار دقیق، رئیس اداره ابزار دقیق و... از جمله این اعضا هستند.

۳-۴-۷- تعریف مسئله

مهمترین مرحله از آنالیز علل ریشه‌ای، تعریف مسئله است. عدم تطابق روی داده شده "قطع موقتی تولید گاز" می‌باشد. اعضای هیئت تحلیل با تشکیل جلسه و توافق بر "چیستی عدم تطابق" در نهایت مسئله را به این گونه تعریف نمودند:

دلیل ریشه‌ای علت خرابی تابلوکنترل چاه‌های فاز ۲ که منجر به اختلال موقتی در روند تولید گاز می‌شود، چیست؟ خراب شدن تابلوکنترل در عدم تطابق روی داده تحت عنوان اثر اولیه (Primary Effect) نامیده می‌شود، که با پیدا کردن اثرات بعدی، در نهایت علت یا علل ریشه‌ای برای عدم تطابق روی داده شده، کشف می‌شود.

۴-۴-۷- تحلیل علت و معلولی و بررسی شواهد

در این مرحله، با توجه به روش انتخاب شده (روش درخت منطقی)، تجزیه و تحلیل توسط تیم تحلیل آغاز می‌شود. باید با جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز، فرایند تحلیلی را برای خرابی مورد نظر انجام داده و در نهایت با پیدا کردن علت یا علل ریشه‌ای در جهت رفع مشکل برآییم^۹ [۳].

۵-۴-۷- جمع‌آوری داده

داده‌های مورد نیاز از طرق مختلف جمع‌آوری می‌شوند که عبارتند از: مصاحبه با افرادی که مرتبط با فرضیه مطرح شده می‌باشند، نقشه‌های فنی

مربوط به تجهیز، بازرسی در محل تجهیز، بررسی سوابق خرابی تجهیز و...

۶-۴-۷- انتخاب رویداد

رویداد، یکی از مهم‌ترین اجزای درخت منطقی است، زیرا سطوح بعدی یا به عبارتی مراحل باقی‌مانده فرایند تحلیل، بر اساس آن شکل می‌گیرد. رویداد اولین خانه‌ای است که در درخت منطقی ترسیم می‌شود. این خانه حتماً باید بر اساس یک حقیقت^{۱۰} تشکیل شود نه بر اساس یک واقعه فرضی.

بعد از بحث و بررسی در تیم RCA در نهایت "قطع شدن ناگهانی فرایند تولید گاز" به عنوان رویداد انتخاب شد. چون در انتخاب رویداد، به دنبال اثرات و حالت منفی یک خرابی هستیم نه خود خرابی. به عبارتی، خرابی تجهیز در حالت عادی، انگیزه‌ای برای آنالیز علل ریشه‌ای ایجاد نمی‌کند، بلکه اثرات و حالات ناشی از خرابی آن که در واقع، قطع شدن فرایند تولید گاز است، ما را متقاعد به انجام RCA می‌کند.

۷-۴-۷- ترسیم نمودار شماتیک

در تیم RCA، در رابطه با حالات مربوط به رویداد فوق بحث و تبادل نظر گردید. اساسی‌ترین سؤالی که در ارتباط با این حالت‌ها مطرح می‌باشد آن است که متوجه شویم «رویداد چگونه و به چه طریقی در گذشته رخ داده است». بر اساس مشاهدات نیروهای گشت اداره بهره‌برداری، حالت مربوط به رویداد فوق، "از سرویس خارج شدن تابلوکنترل" تشخیص داده می‌شود. اکنون جهت تشکیل سطح دوم، حالت‌هایی را شرح می‌دهیم که با استناد به آنها می‌توان «از سرویس خارج شدن تابلوکنترل» را توجیه کرد. با تشکیل جلسه RCA و تبادل نظر در این خصوص، دو حالت به عنوان علت در سطح بعدی مطرح شد، که در شکل ۱- نشان داده شده است. معلول در واقع، از سرویس خارج شدن تابلوکنترل می‌باشد. دو حالت مطرح شده فرضیه و اثبات نشده هستند. چون برای هر تجهیز تعمیراتی، این دو حالت می‌تواند در نظر گرفته شود. پس باید سازوکاری برای اعتبارسنجی فرضیه مشخص گردد.

۸-۴-۷- فرضیه‌سازی و اعتبارسنجی فرضیه‌ها

در اینجا حقایق پایان پذیرفته است و برای ادامه مسیر باید به فرضیه‌سازی بپردازیم و برای هر کدام از حقیقت‌هایی که در مراحل قبل ذکر شد، سؤال «این رویداد چگونه می‌توانسته اتفاق بیفتد» مطرح شود. پرسیدن سؤال به این سبک، ذهن را به سمت پاسخ‌هایی سوق می‌دهد که احتمال یافتن واقعیت از میان آنها بیشتر است. بر اساس پاسخی که به این سؤال خواهیم داد، به سراغ داده‌هایی که از طریق رویکرد P۵ جمع‌آوری کردیم رفته و با استفاده از آنها، فرضیات را تأیید یا رد خواهیم کرد.

- علت ریشه‌ای ۱: فشار نیروهای بهره‌برداری برای تعمیر سریع‌تر تجهیز که ناشی از شرایط حساس تولید است.
 - علت ریشه‌ای ۲: پیچیده‌بودن ساختار مدار لاجیک
 - علت ریشه‌ای ۳: محدودیت در خرید قطعات یدکی
- در این مرحله، یافتن علل ریشه‌ای خرابی به پایان می‌رسد، چون دیگر هیچ‌کدام از فرضیه‌ها قابل شکستن به فرضیه‌های کوچک‌تر نمی‌باشد. با یافتن علل ریشه‌ای خرابی تجهیز و اعتبارسنجی آنها، کار تیم تحلیل در بخش تجزیه و تحلیل به پایان می‌رسد.

۲-۴-۱۰- ارائه راهکار

پس از یافتن علل ریشه‌ای، تیم تحلیل بایستی به شناسایی راهکارهای مؤثر و تعیین بهترین راهکار در خصوص علل ریشه‌ای خرابی، بپردازد.

■ ارائه راهکار برای علت ریشه‌ای شماره ۱

به دلیل شرایط خاصی که امروزه در صنعت نفت و گاز وجود دارد و سیاست وزارت نفت مبنی بر تولید حداکثری گاز، واحد بهره‌برداری و مدیریت ارشد سازمان برای تسریع در آماده‌کردن شرایط تجهیز در مدار تولید به مجموعه فشار می‌آورند. با توجه به اهمیت این دستگاه در فرایند واحد و فشارهای وارده توسط مدیران، نیروهای اجرائی درحین کار دچار استرس و عدم دقت می‌گردند. بنابراین "فشار نیروهای بهره‌برداری به جهت تعمیر سریع‌تر تجهیز" را می‌توان یکی از دلایل ریشه‌ای بروز خرابی تجهیز قلمداد کرد که باید برای آن راهکارهای مناسبی اتخاذ نمود. برای کاستن از این فشار، باید به دنبال کاهش زمان تعمیر تجهیز باشیم. یکی از شاخص‌هایی که در جهت شناسایی علل به طول انجامیدن زمان تعمیر تجهیز، مورد استفاده قرار می‌گیرد، شاخص $M.D.T^{12}$ می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۴، نشان داده شده است، ردیف‌های ۵، ۷ و ۸ مربوط به زمان‌های خالص صرف‌شده جهت تعمیر تجهیز بوده و مبنای

فرضیه‌ای که درستی آن با استناد به داده‌های معتبر تأیید شده‌است، به یک حقیقت تبدیل می‌گردد. برای هر فرضیه‌ی مطرح شده توسط تیم RCA، باید مطابق جدول-۳، گزارش اعتبارسنجی جهت اطمینان از رد یا تأیید فرضیه صادر شود. با استناد به داده‌های جمع‌آوری شده می‌توان یک فرضیه را رد یا تأیید نمود.

به منظور ارزیابی میزان اعتبار تست و دقت نتیجه، از مقیاسی به نام درجه اطمینان استفاده می‌کنیم.

مقدار این مقیاس عددی بین ۰ تا ۵ درجه است. اگر درجه اطمینان فرضیه‌ای را ۰ در نظر بگیریم، بی‌تردید و با اطمینان ۱۰۰٪ می‌توان گفت که براساس داده‌های جمع‌آوری شده، فرضیه صحیح نیست. برعکس، درجه اطمینان ۵ بدین معناست که بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده و تست‌های انجام‌شده با اطمینان ۱۰۰٪ می‌توان گفت که فرضیه صحیح است. اعداد بین ۰ تا ۵ در واقع اعداد خاکستری هستند و زمانی استفاده می‌شوند که با اطمینان کامل نمی‌توان در رابطه با صحت فرضیه صحبت کرد. هر چه عدد درجه اطمینان به ۵ نزدیک‌تر باشد، اطمینان ما به صحت فرضیه بیشتر خواهد شد.

در جدول-۳ مشاهده می‌شود که درجه اطمینان در نظر گرفته‌شده برای فرضیه صفر است. پس فرضیه به‌طور کامل رد می‌شود. لذا به سراغ فرضیه دیگر یعنی «از سرویس خارج شدن تجهیز به‌طور اتوماتیک» می‌رویم. روند فرضیه‌سازی را به‌همین ترتیب ادامه می‌دهیم، یعنی برای فرضیه تأییدشده در هر مرحله، فرضیه‌های جدیدی مطرح می‌کنیم و به اعتبارسنجی آنها می‌پردازیم.

۲-۴-۹- فرایند یافتن علل ریشه‌ای

در این مرحله باید ابتدا به دنبال عوامل فیزیکی که منجر به خرابی می‌شود، باشیم. سپس، عوامل انسانی و در نهایت، عوامل ریشه‌ای. تیم تحلیل باید آنقدر روند فرضیه‌سازی و اعتبارسنجی را ادامه دهد تا در نهایت، به علل پنهان مسئله که در واقع همان علل ریشه‌ای هستند، دست یابد. شکل-۲، روند فرضیه‌سازی در سطوح بعد (سطح سوم) را نشان می‌دهد.

هر فرضیه‌ای که تأیید می‌شود، دارای علل به‌وجودآورنده‌ای می‌باشد که در واقع، سطوح بعدی نمودار را نشان می‌دهد. در سطح سوم نمودار، فرضیه‌ی "خرابی در بخش لاجیک" توسط تیم تحلیل تأیید شده است. پس باید برای آن فرضیه‌هایی را مطرح کنیم که در شکل-۳ نشان داده شده است. به همین ترتیب باید سایر سطوح نمودار را تشکیل دهیم، تا در نهایت به عللی برسیم که دیگر نتوان برای آنها فرضیه‌ای مطرح کرد^{۱۱}. علل ریشه‌ای یافته‌شده توسط تیم تحلیل عبارتند از:



شکل ۳ | سه عامل در نظر گرفته شده توسط تیم تحلیل برای فرضیه‌ی تأییدشده در سطح سوم [یافته‌های تحقیق]

فرضیه	روش اعتبارسنجی	مسئول	تاریخ تکمیل	نتیجه	درجه اطمینان
اشتباهات فردی اپراتور	مصاحبه با کارشناس ابزار دقیق و بررسی مدارک نصب‌شده بر روی تجهیز	زارعی	۹۶/۱۱/۱۵	عدم نقش عملکرد اپراتور در خرابی پیش‌آمده	۰

شاخص $MTTR$ می‌باشد و سایر موارد ذکر شده به‌عنوان زمان انتظار جهت شروع و یا پایان تعمیر و راه‌اندازی مجدد تولید، مطرح می‌باشد. از جمله اقدامات انجام‌شده در سازمان به جهت کاهش مدت‌زمان توقف تجهیز، عبارتند از:

- کاهش زمان دسترسی به لوازم یدکی و ابزارهای موردنیاز از انبار(در زمان خرابی تجهیز)
- بالا بردن مهارت پرسنل اجرائی در کار از طریق آموزش (در زمان خرابی تجهیز)
- بالا بردن روحیه کار تیمی در نیروهای اجرائی (در زمان خرابی تجهیز)
- نصب کارت عیب‌یاب بر روی تجهیز به جهت کاهش زمان عیب‌یابی و تعیین محل خرابی با توجه به آیتم ۳ جدول (در زمان خرابی تجهیز)
- اصلاح بازه زمانی تعمیرات پیشگیرانه‌ی تجهیز (در زمان فعالیت تجهیز)

■ ارائه راهکار برای علت ریشه‌ای شماره ۲

یکی از علل پنهانی که منجر به خرابی تجهیز می‌شود و تیم تحلیل از طریق درخت منطقی بدان رسید، پیچیده بودن ساختار مدار لاجیک تجهیز است. تمامی کارشناسان ابزار دقیق معتقد بودند که ساختار مدار لاجیک مربوط به این تجهیز دارای پیچیدگی‌های بسیار زیادی بوده و عیب‌یابی و تعمیر تجهیز به سادگی انجام نمی‌شود. این مسئله باعث می‌شود زمان بسیار بیشتری صرف تعمیر تجهیز شود. همچنین قابلیت اطمینان تجهیز کمتر شود، چون به‌طور قطعی نمی‌توان مشکل این بخش را مرتفع نمود.

به جهت مقابله با علت فوق، تیم تحلیل به دو راهکار دست یافتند:

راهکار اول، تعویض تجهیز با تجهیز به‌روزتر و کارآمدتر می‌باشد. چون تکنولوژی تجهیز مربوط به تقریباً ۵۰ سال پیش است، هم عمر مفید دستگاه به نوعی تمام شده است و هم عیب‌یابی سیستم‌های قدیمی‌تر

مشکل می‌باشد.

راهکار دوم، بهبود ساختار تجهیز در بخش لاجیک می‌باشد. چون بیشترین خرابی تجهیز مربوط به بخش لاجیک می‌باشد، پس بهتر است این بخش به‌صورت کارشناسی شده بهبود یابد. لازم به‌ذکر است طرح اولیه بهبود ساختار مدار لاجیک مدت‌ها پیش توسط یکی از کارشناسان ابزار دقیق به کمیته فنی منطقه پیشنهاد شده و در این طرح توجیهات کاملاً فنی آورده شده است.

■ ارائه راهکار برای علت ریشه‌ای شماره ۳

آخرین علت پنهانی که منجر به خرابی بیشتر تجهیز می‌شود و تیم تحلیل از طریق درخت منطقی بدان رسید، نبود قطعات یدکی مناسب یا وجود قطعات بی‌کیفیت است. همه نیروهای تعمیراتی به این مسئله اذعان دارند که علی‌رغم زمان زیادی که بر روی تعمیر تجهیز صرف می‌شود، بازدهی لازم در نگهداشت تعمیر وجود ندارد و در فاصله کمی، تجهیز دوباره خراب می‌شود. یکی از دلایل، می‌تواند استفاده از قطعات یدکی نامناسب و یا استفاده از قطعات مشابه با قطعات اصلی باشد که کارایی لازم را ندارند.

در مصاحبه با مأمور خرید، مشخص گردید، دو علت باعث ایجاد محدودیت در خرید قطعات مورد نیاز تجهیز می‌شود؛ اول اینکه چون تجهیز و وسایل موردنیاز برای تعمیر آن، در داخل کشور تولید نمی‌شود باید به موارد مشابه داخلی اکتفا کرد. دوم اینکه شرکت هر ساله با محدودیت بودجه مواجه است و قطعات با قیمت بالاتر دارای محدودیت خرید زیادی هستند.

به جهت مقابله با علت فوق، تیم تحلیل به دو راهکار دست یافتند: راهکار اول، از طریق اداره تدارکات و کالای منطقه با شرکت‌هایی که به‌صورت واسطه، قطعات با کیفیت خارجی را تهیه می‌کنند، مذاکره شود که از این طریق محدودیت در خرید قطعات رفع می‌شود. همچنین توجیهات فنی و هزینه‌ای لازم برای شرکت آورده شود تا مسئله‌ی محدودیت بودجه، مشکل‌ساز نشود.

راهکار دوم، مذاکره و مکاتبه با سایر شرکت‌های تابعه‌ی وزارت نفت که مشابه با این تجهیز را در بخش بهره‌برداری گاز خود دارند، می‌باشد که از طریق آنها قطعات یدکی مورد نیاز تهیه شود.

لازم به‌ذکر است که ممکن است در انبار سایر شرکت‌های تابعه شرکت نفت که تجهیزهای مشابه با تجهیز مورد مطالعه را دارند، قطعاتی موجود باشد که خریداری شده و مورد نیازشان نباشد. بنابراین از طریق این شرکت‌ها می‌توان بخشی از محدودیت‌ها را برطرف نمود.

۴ | موارد تاثیرگذار بر روی شاخص MDT [یافته‌های تحقیق]

ردیف	شرح فعالیت	Mean Down Time
۱	اعلام خرابی تجهیز توسط واحد بهره‌برداری به اداره تعمیرات	Mean Wait Time
۲	محدود مجوز کار و مراجعه تعمیرکار به موقعیت دستگاه	Mean Wait Time
۳	بررسی، عیب‌یابی و تعیین محل خرابی دستگاه	Mean Wait Time
۴	دریافت ابزار مورد نیاز از انبار مجتمع جهت دیس‌اسمبل کردن تجهیز	Mean Wait Time
۵	دیس‌اسمبل کردن تجهیز جهت دسترسی به محل خرابی دستگاه	Repair Time
۶	دریافت متریاال از انبار مجتمع جهت تعویض قطعات معیوب دستگاه	Mean Wait Time
۷	انجام عملیات تعمیر و تعویض قطعات معیوب دستگاه	Repair Time
۸	انجام عملیات اسمبل کردن تجهیز بعد از اتمام تعمیر	Repair Time
۹	انجام عملیات تنظیم مجدد تجهیز	Mean Wait Time
۱۰	بررسی و تایید صحت تعمیر تجهیز	Mean Wait Time

نتیجه‌گیری

به‌کارگیری گردد، تا از وقوع مجدد آنها تا حد زیادی جلوگیری شود. روش درخت منطقی با رویکرد PROACT روشی بسیار مؤثر و جامع و کامل می‌باشد که می‌توان از تجربه‌ی مشابه اجرا شده در این پروژه برای سایر تحقیق‌ها استفاده نمود. با این وجود روش‌های بسیار متنوع دیگری در تحلیل RCA وجود دارد که می‌توان با مراجعه به آنها در تحقیق خود بهره کافی را برد.

همچنین پیشنهاد می‌گردد، تحلیل RCA را تا مرحله پیاده‌سازی راهکار و ارزیابی آن پیش ببرند تا از تأثیر نتایج اجرای راهکارها به‌صورت کاملاً دقیق بهره‌مند شوند. (تحقیق حاضر تا مرحله ارائه راهکار پیش رفته است). به شرکت مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود، روش اجرایی RCA در مناطق کاری شرکت، بیش از پیش نهادینه گردد تا ضمن آشنایی و آموزش همه کارکنان با فرایندهای RCA، در جهت حذف و یا کاهش علل ریشه‌ای خرابی‌ها اقدام شود. همچنین پیشنهاد می‌شود، کمیته فنی RCA در همه مناطق شرکت نفت و گاز زاگرس جنوبی تشکیل شود تا در مواقع بروز خرابی‌ها و حوادث سنگین، تحلیل ریشه‌ای علل انجام شود. ■

در این بخش، به‌طور خلاصه به نتایج اشاره می‌کنیم که در طول فرایند تحقیق به‌دنبال آنها بودیم و همچنین نتایج بهبودهایی که در شرکت و در رابطه با تجهیز اتفاق خواهد افتاد، عبارتند از:

- انتخاب روش و رویکرد مناسب RCA و اجرای مرحله به مرحله آن جهت آنالیز علل ریشه‌ای خرابی تجهیز
 - بهبود عملکرد استخراج گاز از طریق ریشه‌یابی علل خرابی
 - افزایش تولید گاز استخراج‌شده با در نظر گرفتن تمهیدات خاص
 - کاهش MTTR و افزایش MTBF تجهیز
 - کاهش هزینه‌های تعمیراتی تجهیز
 - کاهش فشار نیروی بهره‌بردار به سبب تعمیر تجهیز
 - کاهش استرس در نیروهای تعمیراتی، با توجه به کاهش حجم کارهای تعمیراتی بر روی تجهیز مورد بحث سازمان
- به سایر محققان پیشنهاد می‌گردد که تحلیل علل ریشه‌ای، برای انواع خرابی تجهیزات و همچنین انواع رخدادهای پیشامدهای ناگهانی

پانویس‌ها

1. Root Causes Analysis
2. Department of Energy
3. Nelms Robert
4. Vinnem Jan Erik
5. Harison M. C. Antony
6. Scolnick Spencer
7. Reliability Center, Inc
8. Mean Time Between Failures

۹. لازم به ذکر است که مرجع مورد اشاره برای کلیه مطالب بخش ۲-۳-۴، مرجع شماره ۳

می‌باشد. (کتاب آقای لاتینو که روش درخت منطقی را به خوبی شرح داده است)
 ۱۰. منظور از حقیقت، یک رویداد واقعی است (مانند خرابی دستگاه، حوادث، از کار افتادگی‌ها و ...) که عملاً در محیط اتفاق افتاده و نیازمند تحلیل است.
 ۱۱. (سایر مراحل فرضیه‌سازی و اعتبار‌سنجی آنها، به دلیل مشابه بودن و بلابودن حجم مطالب، در مقاله آورده نشده است.)

12. Mean Down Time
13. Mean Time To Repair

منابع

Society of petroleum engineers", SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Texas, 2830- September. SPE-174804-PA

[۸] حسینیان، سیدمجتبی (۱۳۹۳). «کاربرد آنالیز علل ریشه‌ای (RCA) در تحلیل حوادث و سوانح حملونقلی»، سومین کنفرانس ملی تصادفات جاده‌ای، سوانح ریلی و هوایی، اردیبهشت ماه ۹۳.

[۹] دلفی، عادل (۱۳۹۵). «تحلیل و بررسی ریشه‌ای عوامل خرابی‌های یکی از تجهیزات [سومین همایش‌های «RCFA» بحرانی (کریستالایزر) پتروشیمی با استفاده از روش و ابزارهای ملی پژوهش‌های مهندسی صنایع، تهران، خرداد ۹۵]

[۱۰] سبغی، سیدسهند (۱۳۹۵). «مقایسه روش‌ها و ابزارهای آنالیز ریشه‌ای علل»، نشریه اختصاصی مدیریت دارایی‌های فیزیکی، نگهداری و تعمیرات و قابلیت اطمینان، ۸: ۱۸-۲۳

[۱۱] حسینی، سیدعماد، اصلعربی، علیرضا (۱۳۹۳). «روش اجرایی تحلیل ریشه‌ای وقایع (خرابی‌ها و رخدادهای نامنتظم) شماره سند: RCA-DSM-DEA-۰۱»، ویرایش اول، وزارت نفت.

[12] International Standard Organization (ISO) (2006). "Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (Reference number: ISO 14224)", Second Edition, Switzerland, ISO office.

[13] Rausand, M., (2011). "Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications" Second Edition. USA, Wiley.

[۱] عربزاده، علی، عربزاده، خلیل، کرمی، ملیحه (۱۳۹۵). «تحلیل علل ریشه‌ای از کارافتادگی تجهیزات در صنعت نفت»، ماهنامه علمی-ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، ۱۳۲: ۲۲-۲۶

[2] U.S. Department Of Energy (1992). "DOE guideline for Root Cause Analysis, DOE-NE-STD-100492-", Washington, D.C.

[3] Latino M.A., Latino, R.J., Latino, K.C., (2015). "Root Cause Analysis: Improving Performance for Bottom-Line Results", Forth Edition, CRC Press.

[4] Nelms, R., (2003). "Root cause Analysis-NOT what you might think", <http://www.maintenanceworld.com/root-cause-analysis-not-what-you-might-think.html>, pp. 1.

[5] Vinnem, J.E., Roed, W., (2015). "Root causes of hydrocarbon leaks on offshore petroleum installation", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 36: 54-62.

[6] Harison, M.C.A., Swamy, M., Pavan, A.H., Jayaraman, G., (2015). "Root cause analysis of steam turbine blade failure", Jurnal of Transactions of the Indian Institute of Metals, 69(2): 659-663.

[7] Scolnick, S., Garret, J., Griffith, S., Ward, K., (2015). "Root cause analysis as a tool for investigating operational failures: A case study: