ارزیابی حادثه توقف تولید و پارامترهای مؤثر بر آن در صنعت پالایشگاه گاز به روش ترکیبی Fishbone و SCAT

علیرضا عسکریان [۱]، مهناز میرزاابراهیم‌طهرانی [۲*]، سیدمحمدتقی ساداتی‌پور [۳]، سیدعلی جوزی [۴]، رضا مرندی [۵]

مقاله پژوهشی

CC BY

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۲۹
تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۰۹

ارجاع:
عسکریان علیرضا، میرزا ابراهیم طهرانی مهناز، ساداتی‌پور سیدمحمدتقی، جوزی سیدعلی، مرندی رضا. ارزیابی حادثه توقف تولید و پارامترهای مؤثر بر آن در صنعت پالایشگاه گاز به روش ترکیبی Fishbone و SC. بهداشت کار و ارتقاء سلامت ۱۴۰۰; ۵(۴): ۳۴۹-۳۳۴.

چکیده

مقدمه: آنالیز علت‌های رخداد حوادث به منظور پیشگیری از رخداد مجدد آن‌ها امری ضروری می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف ترکیب دو روش fishbone و SCAT جهت ریشه‌یابی حوادث، پرداختن به جزئیات، جهت ردیابی کردن ریشه‌های حوادث در عمق لایه‌های سازمانی می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه داده‌های حادثه به روش ترکیبی استخوان ماهی- اسکات تجزیه‌وتحلیل شدند. ابتدا علل واسطه و علل ریشه‌ای به دست آمده از روش استخوان ماهی به همراه اقدامات کنترلی در جدول علت و معلول اسکات جایگذاری گردید. نتایج حاصل از پرسشنامه گردآوری شدند و علل وقوع حوادث از طریق آزمون کای دو بررسی گردید. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS 24 انجام شد.

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان داد که مهم‌ترین علت مستقیم بروز حادثه، متغیر مرتبط با محیط داخلی و خارجی پالایشگاه و مهم‌ترین علت ریشه‌ای حادثه، تغییرات اقتصادی پیش‌بینی نشده مانند تغییر نرخ ارز، تغییر نرخ مالیات و عدم پیاده‌سازی برنامه‌های آموزشی مستمر برای کارکنان می‌باشد. در میان اقدامات کنترلی پیشنهادی ارتقاء اثربخشی آموزش کارکنان مهم‌ترین می‌باشد. همچنین بین دلایل سطحی و ریشه‌ای ارتباط معناداری وجود داشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به آزمون آماری مشخص گردید که بین علل ریشه‌ای و علل واسط حادثه ارتباط سیستماتیک و معنی‌داری وجود دارد. با استفاده از ترکیب دو روش در بسیاری از موارد نیاز سازمان‌ها را برای ریشه‌یابی حوادث برآورده می‌کند و در حال حاضر یکی از مهم‌ترین روش‌ها می‌باشد؛ از این رو انجام مطالعات مشابه از قبیل ترکیب روش SCAT با سایر روش‌ها در آنالیز دلایل حوادث پالایشگاهی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: SCAT، Fishbone، تجزیه‌وتحلیل حوادث، حوادث صنعتی، واحد شیرین‌سازی گاز

[۱] گروه مدیریت محیط‌زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۲] گروه مدیریت محیط‌زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[*] (نویسنده مسئول: Tehrani.mah@gmail.com)
[۳] گروه مدیریت محیط‌زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۴] گروه مدیریت محیط‌زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۵] گروه مدیریت محیط‌زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مقدمه

صنایع گاز یکی از مهم‌ترین قطب‌های اقتصادی و درآمدی کشور می‌باشند که در این فضای رقابتی حوادث و هر لحظه توقف و عدم استحصال گاز سبب ضرر و زیان‌های بسیار بزرگی در این قطب صنعتی خواهد شد (۱). این حوادث (توقف سیستم تولید) به ندرت محصول (صرفا) یک اشتباه بزرگ هستند و معمولاً به واسطه سلسله‌ای از خطاهای اغلب جزئی و کم اهمیت فرد و یا تجهیزات و یا ترکیبی از آن‌ها رخ می‌دهند (۲). شناسایی موقعیت‌هایی که خطا می‌تواند در آن‌ها رخ دهد و حذف کردن آن‌ها به کمک مداخلات مناسب، می‌تواند پتانسیل ریسک‌های صنعت را کاهش دهد (۳). ریسک‌ها نتیجه عدم اطمینان‌ها و تغییرات هستند (۴). پالایشگاه گاز از جمله نهادهای حساس به سیاست‌گذاری خرد و کلان در سطح داخلی نظیر مدیریت کارایی هزینه‌ها، دارایی کنترلی و مدیریت تعهدات، مدیریت کیفیت، مدیریت رضایت مشتری و ... در سطح خارجی متأثر از تحولات بازار و ریسک‌های غیرقابل کنترل بوده که اهتمام به در نظر گرفتن توازن در قبال درآمدها و هزینه‌ها است که بتواند موفقیت بالایی را از لحاظ سودآوری و بهره‌وری ایجاد نماید (۵). افزایش سطح بهره‌وری وابسته به عملکرد صحیح تجهیزات، کاهش خطای انسانی، تعمیرات و نگهداری مناسب و کاهش حوادث است که این موارد جزء ریسک‌های سیستم می‌باشد (۷,۶) مدیریت بهره‌وری و پالایش استحصال گاز در پالایشگاه مجموعه‌ای از فعالیت‌های فنی، نظارتی و مدیریتی در چرخه عمر سیستم است که به منظور استفاده بهینه از منابع و افزایش بهره‌وری سیستم می‌باشد (۲). خطا در برنامه‌ریزی، اجرا یا نظارت بر انجام عملیات روتین، خطای انسانی، حوادث و یا تعمیر و نگهداری مناسب می‌تواند سبب نقص سیستم شود (۸) و در نتیجه در توقف عملیات واحد نقش به سزایی دارد که این موارد جزء ریسک‌های سیستم می‌باشد (۳). ازآنجاکه ریسک‌های فرآیند پالایش در گروه‌های مختلفی اتفاق می‌افتد و تولید محصول را متأثر می‌کند، شناسایی و دسته‌بندی آن‌ها به‌منظور شناسایی موقعیت‌هایی که خطا در آن‌ها رخ دهد اهمیت بسیار بالایی دارد (۴). از طرفی در فرایند مدیریت ریسک اتخاذ تصمیماتی جهت حذف کردن و یا کاهش ریسک به کمک مداخلات مناسب از نظر جنبهٔ آگاهی از سطح و نوع ریسک‌ها بسیار حیاتی است و می‌تواند باعث افزایش اثربخشی پتانسیل کاهش خطا در سیستم باشد (۹). اگر دیدگاه کارکنان پالایش نسبت به مدیریت ریسک شناخته شود استراتژی پاسخ به ریسک با توجه به شرایط تصمیم‌گیری کارکنان در سطوح مختلف سازمان به نحو مطلوب قابل طراحی است. مطالعه‌ای در صنعت فولاد کشور جهت شناسایی ریسک‌های واحد انجام شده که در آن ۱۵۸ حادثه مربوط به صنایع فولاد اهواز با روش آنالیز گردید. نتایج نشان داد که بیشترین ریسک‌های مؤثر در وقوع حوادث در سطح ۱، خطای مبتنی بر مهارت، در سطح ۲ محیط فیزیکی، در سطح ۳ نظارت ناکافی و در سطح ۴ مدیریت منابع است. این تحقیق نشان داد که علل اصلی و ریشه‌ای حوادث را می‌توان شناسایی کرد و برنامه‌ریزی سیستماتیک از تکرار این حوادث و عواملی که منجر به بروز حادثه می‌شوند، جلوگیری نمود. همچنین از نتایج حاصل از آنالیز این روش می‌توان به منظور تدوین و پی‌ریزی استراتژی‌های پیشگیری حوادث در آینده در صنعت مذکور استفاده کرد (۱۰). به‌هرحال فهرستی ساده از منشأهای ریسک اگر تنها تا یک سطح نفوذ کند، همهٔ مزایای شکست ریسک را در پی نخواهد داشت. برای شناسایی اکثر ریسک‌های مدیریت تولید، لازم است سطوح ریزتر و جزئی‌تر بررسی شود تا نواحیِ در معرض ریسک به‌صورت کامل مشخص گردد. مدیریت ریسک در حال حاضر به یک فاکتور حیاتی برای موفقیت مدیریت پالایش، پالایشگاه تبدیل شده است؛ زیرا که واحدهای صنعتی امروزی به مراتب پیچیده‌تر و با محیطی متغیرتری مواجه بوده و همچنین میزان رقابت بین سازمان‌ها به شدت افزایش یافته است (۱۱). از آنجا که ریسک‌ها توسط اثر بالقوه‌شان بر اهداف تولید محصول پالایشگاه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرند، می‌توان این‌گونه

برداشت کرد که ارتباط مستقیمی میان مدیریت ریسک کارا و موفقیت پالایش و استحصال گاز وجود دارد (۴). اثرات این ریسک‌ها می‌توانند مثبت یا منفی باشند و موجب انحراف پالایش گاز از اهداف از پیش تعیین شده باشند (۹).

روش‌های مختلفی برای تجزیه‌وتحلیل دلایل حوادث طراحی و توسعه داده شده‌اند؛ اما هریک از روش‌های موجود دارای نقاط قوت و ضعف می‌باشند و روشی که بتواند تمام معیارهای مورد نظر یک سازمان را پوشش دهد، وجود ندارد (۳). در این راستا در مطالعه‌ای که Strömgren و همکاران انجام دادند، نه روش تجزیه‌وتحلیل حادثه را بر اساس معیارهایی مانند فرمت خروجی، اعتبار روش، میزان آموزش مورد نیاز برای کار با روش و میزان راهنمایی‌هایی که یک روش برای فازهای مختلف پژوهش حادثه ارائه می‌دهد، مورد مقایسه قرار دادند (۱۲). Dien و همکاران نیز در مطالعه خود به وضعیت و محدودیت برخی از روش‌های تجزیه‌وتحلیل حادثه شامل: CREAM، Acci map، MORT، MTO، TRIPOD و SOLاشاره کردند (۱۳). علاوه بر این، نصرآبادی و نعمت‌اللهی با استفاده از روش ترکیبی Ishikawa و SCAT(Systematic Cause Analysis Technique) اصلی‌ترین علت واسط بروز حوادث منجر به قطع عضو در کار با دستگاه‌های پرس در یک شرکت خودروسازی را مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند که عجله و شتاب در کار از اصلی‌ترین دلایل واسط در بروز حوادث می‌باشند (۱۴). همت‌جو و همکاران نیز با بررسی دلایل ریشه‌ای حوادث به روش SCAT در کارخانجات ریخته‌گری آذربایجان شرقی به این نتیجه رسیدند که سیستم حفاظتی نامناسب، بی‌احتیاطی و سرپرستی نامناسب عمده‌ترین دلایل ریشه‌ای حوادث می‌باشند (۱۵). مطالعه کریمی و همکاران در سال ۲۰۱۹ دلایل حادثه بحرانی پروژه سدسازی با استفاده از روش TRIPOD-SCAT تجزیه‌وتحلیل شدند. علت‌های ریشه‌ای حادثه در شش گروه با روش SCAT طبقه‌بندی گردید و از مجموع موارد شناسایی شده، مدیریت تعمیر و نگهداری با ۲۵ درصد و آموزش با ۲۶ درصد و دستورالعمل‌های اجرایی با ۵ درصد کمترین علت در رخداد حادثه می‌باشند. لذا با نتایج به دست آمده در این مطالعه ترکیب روش اسکات با سایر روش‌ها در آنالیز دلایل حوادث سدسازی پیشنهاد گردید (۱۶). در کشور ما مطالعات گوناگونی درزمینه بررسی دلایل بروز حوادث در صنایع مختلف از قبیل خودروسازی، نفت، گاز و غیره انجام شده است، اما با توجه به بررسی‌های انجام شده، تاکنون هیچ پژوهش مدونی در ارتباط با پیشنهاد روش تجزیه‌وتحلیل علت‌های ریشه‌ای حوادث صنعتی در پالایشگاه گاز صورت نگرفته است و متأسفانه سیستم منسجمی به منظور ریشه‌یابی حوادث توقف واحد به ویژه در صنایع پالایشگاه گاز وجود ندارد. لذا جهت ریشه‌یابی علل وقوع حوادث و کنترل آن‌ها نیاز به استفاده از روش یا روش‌هایی مبتنی بر سیستم می‌باشد تا ضمن شناسایی و تحلیل علل اولیه و ریشه‌ای حوادث، گامی اساسی جهت کنترل اصولی آن‌ها برداشته شود. با استفاده از روش SCAT علل مستقیم و غیرمستقیم و ریشه‌ای حوادث مورد بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد و درنهایت بهترین راهکارها جهت افزایش ایمنی سیستم و کاهش حوادث شغلی ارائه می‌شود (۱۷).

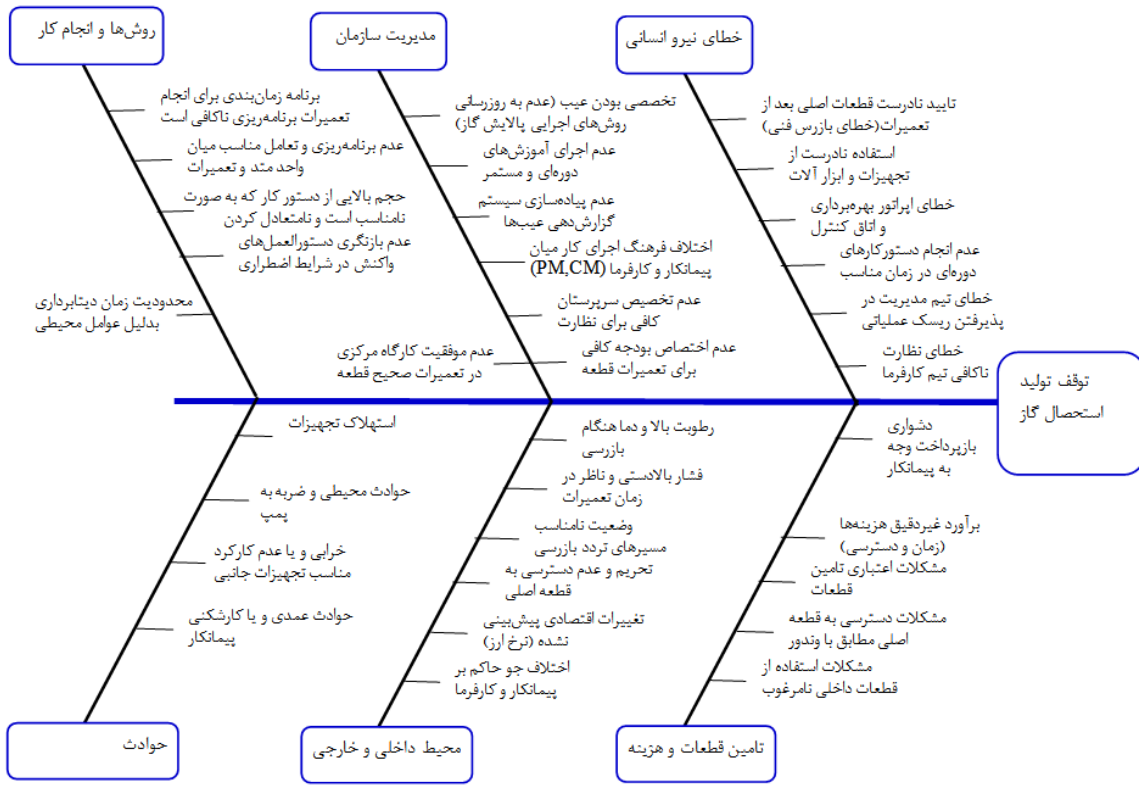
با توجه به مرور پیشینه صورت گرفته تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای جهت آنالیز متغیرهای مدیریت ریسک پالایش گاز در صنایع نفت و گاز ایران با استفاده از ترکیب دو روش Fishbone و SCAT انجام نشده است و یا تنها تعدادی شاخص را لیست کرده‌اند و یا آزمون نشده است که این شکاف در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به حساسیت بالا در تولید گاز مصرفی کشور در پالایشگاه گاز و با درنظرگرفتن گستره وسیع پیامدها و خسارت بالا، نیاز به پایش مستمر، تقویت شناسایی، ارزیابی، کاهش عوامل ریشه‌ای در بروز حوادث صنعتی در صنعت پالایشگاه است (۱۸)؛ بنابراین با توجه به اهمیت ارتباط مدیریت ریسک و مدیریت پالایش استحصال گاز ترش در تحقیق حاضر متغیرهای مستقل مختلفی در مدیریت ریسک وجود دارد که می‌بایستی اثر آن‌ها در شاخص توقف سیستم تولید مورد بررسی قرار گیرد (۱۹).

در این ارتباط، پژوهش حاضر با هدف استفاده از ترکیب دو روش Fishbone و SCAT به منظور شناسایی و علت‌های ریشه‌ای یک حادثه منجر به توقف واحد که منجر به خسارت مالی به پالایشگاه گاز گردیده است پرداخته شده و علت‌های ریشه‌ای حادثه در عمق لایه‌های سازمانی ردیابی شده است و برای جلوگیری از وقوع حوادث تکراری و مشابه، اقدامات اصلاحی و راه‌کارهایی به منظور کاهش علل ریشه‌ای رخداد حادثه در آینده و پیشگیری از وقوع مجدد آن ارائه شده است؛ به عبارت دیگر، نتایج این پژوهش تعیین می‌کنند که چگونه این فاکتورها در سطوح بالای مدیریت و در قالب زیرگروه‌ها در سطوح عملیاتی تأثیر می‌گذارند.

روش بررسی

این مطالعه تحلیلی-مقطعی در سال ۱۳۹۹ بر اساس روش SCAT (Systematic Cause Analysis Technique) در واحد شیرین‌سازی گاز پالایشگاه اول گازی عسلویه انجام شد. با مطالعه مستندات شبه حوادث‌ها و حوادث بحرانی فرآیند سال‌های اخیر در مجتمع پالایشگاه گاز مورد مطالعه حادثه بحرانی توقف تولید واحد شیرین‌سازی گاز انتخاب گردید. حادثه توقف واحد منجر به هدایت تمام گاز به سمت فلر شده که باعث خسارت مالی، کاهش درآمد پالایشگاه، افزایش هزینه‌ها و آلودگی هوای منطقه می‌گردد. لذا بر این اساس ابتدا، پارامترهای مؤثر بر حادثه توقف سیستم تولید گاز با استفاده از ترکیب دو روش Fishbone و SCAT توسط یک گروه متشکل از ۶ نفر از مدیران و مهندسان ارشد واحد تحلیل گردید و سپس علت مستقیم، علت واسط، علت‌های ریشه‌ای و اقدامات کنترلی در جدول SCAT جایگذاری شد. در گام بعدی گروه تخصصی بررسی‌کننده حوادث، از روی این جدول پرسشنامه با منطق لیکرت را که حداقل شامل ۵ گویه از علل واسط، ریشه‌ای و اقدام کنترلی پیشنهادی است طراحی و در جامعه آماری متشکل از مدیران، سرپرست‌های و اپراتورهای واحد شیرین‌سازی گاز توزیع گردید.

در روش نمودار استخوان ماهی با رویکرد ارتباط علت و معلول، مشکلات را به صورت سیستماتیک به چند علت اصلی تقسیم‌بندی نموده و علل‌های ریشه‌ای مشکل با روشی ساختارمند و غیر پیچیده شناسایی می‌شوند (۲۰). نکته مهم در طراحی نمودار علت و معلول (Couse and Effect Diagram) دلایل بالقوه ایجاد مشکل بر اساس 6m method که شامل عوامل دسته مدیریت، نیروی انسانی، ماشین‌آلات و تجهیزات، روش‌ها، مواد و محیط طبقه‌بندی می‌شوند که در این مطالعه با توجه به اهمیت شناسایی کلیه عوامل مرتبط با حادثه، این روش مفید بوده و در میان علل نیز، دلایل مهم‌تر به سر ماهی نزدیک‌تر و دلایل کم‌اهمیت‌تر نزدیک‌تر به دم ماهی رسم می‌شوند. همچنین در هر شاخه نیز دلایل مهم‌تر که نیاز به تحلیل بیشتر دارند مجدداً نمودار استخوان ماهی برای آن رسم می‌گردد (۱۴). علت‌های مستقیم، غیرمستقیم و ریشه‌ای از طریق طوفان فکری و مصاحبه با کارشناسان و تکنسین‌های واحد، به ۶ دسته مدیریت، نیروی انسانی، ماشین‌آلات و تجهیزات، روش‌ها، مواد و محیط تقسیم شد (۲۱) که ۱۲ نمودار علت و معلول در توقف واحد شیرین‌سازی گاز ترسیم شد و ۳۴۹ علل ریشه‌ای شناسایی آن گردید (شکل ۱).



شکل ۱: نمودار علت و معلول استخوان ماهی حادثه توقف واحد

در روش استخوان ماهی برخی از علل‌های ریشه‌ای در هر نمودار تکرار می‌گردند که باعث افزایش تعداد علل‌های مشترک شناسایی شده می‌شود (۵) که با اجماع نظر خبرگان (گروه ۶ نفرِ) علت‌هایی که بیشترین تأثیر و فراوانی در توقف سیستم تولید شیرین‌سازی گاز را دارند شناسایی گردید و در جدول SCAT به صورت علت مستقیم، علت واسط، علت‌های ریشه‌ای و اقدامات کنترلی در جدول جایگذاری شده و با استفاده از این روش، راستی آزمایی گردیدند. در روش اسکات یک نمودار با پنج بلوک ترسیم می‌شود که بلوک اول مربوطه به توصیف حادثه، بلوک دوم دسته‌بندی‌های رایج علت‌های غیرمستقیم که می‌توانند منجر به بروز حادثه گردند، بلوک سوم دسته‌بندی دلایل بروز حادثه به صورت دو دسته کلی اعمال ناایمن و شرایط ناایمن بلوک چهارم به شناسایی علت پایه‌ای حادثه می‌پردازد که شامل دو بخش فاکتورهای شخصی و فاکتورهای شغلی می‌باشد. بلوک پنجم یا پایانی نیز اقدامات کنترلی ضروری را که برای پیشگیری از وقوع مجدد حادثه لازم می‌باشند، ارائه می‌نماید (۱۶). شاخص‌های اصلی حادثه در شش گروه مرتبط با متغیر محیط داخلی و خارجی سازمان، پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی، تأمین قطعات و هزینه، روش‌ها و انجام کار، خطای انسانی و حوادث برای حادثه توقف تولید در واحد شیرین‌سازی گاز عامل‌بندی شد. با اجماع نظر خبرگان علت‌های ریشه‌ای تکراری و با احتمال رخداد بسیار ضعیف در هر شاخص حذف گردید و علت‌های ریشه‌ای در هر شاخص که گویه‌های پرسشنامه را تشکیل می‌دهند مشخص شد. در این میان ۶ شاخص مرتبط با (متغیر محیط داخلی و خارجی سازمان)، ۸ شاخص مرتبط با (پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی)، ۵ شاخص مرتبط با (تأمین قطعات و هزینه)، ۵ شاخص مرتبط با (روش‌ها و انجام کارها)، ۶ شاخص مرتبط با

(خطای انسانی) و ۴ شاخص مرتبط با (متغیر حوادث) شناسایی شد. همچنین مطابق با ستون اقدامات کنترلی روش SCAT اقدامات کنترلی پیشنهادی شامل: اقدامات کنترلی فنی مهندسی و مدیریتی با هدف پیشگیری از وقوع حوادث مشابه مجدد با استفاده از نظر خبرگان واحد تعیین گردید که در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: جدول علت و معلولی SCAT حادثه توقف واحد شیرین‌سازی گاز

حادثه	علل واسطه	کد	علل ریشه‌ای (گویه‌های پرسشنامه)	روش‌های پیشنهادی
حادثه توقف تولید گاز	متغیر مرتبط با محیط داخلی و خارجی	E1	رطوبت بالا و دمای بالا برای بازرسی و بررسی قطعات و پر کردن چک‌لیست	بهبود هماهنگی و ارتباطات درونی و بیرونی با سایر سازمان‌ها اصلاح یا تدوین دستورالعمل‌های کاری
		E2	وضعیت نامناسب مسیرهای تردد جهت دسترسی به کلیه نقاط برای بازرسی	
		E3	تحریم و عدم دسترسی به قطعه مناسب مطابق با وندور	
		E4	تغییرات اقتصادی پیش‌بینی نشده (مانند تغییر نرخ ارز، تغییر نرخ مالیات)	
		E5	فشار بالا دستی و پذیرش ریسک توسط مدیریت برای تعمیر قطعه با کیفیت پایین	
		E6	اختلاف فرهنگ کار میان کارفرما و پیمانکار	
	متغیر مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی	M1	ضعف مدیریت در اختصاص تعداد مناسب از سرپرستان ارشد	ارتقاء اثربخشی آموزش کارکنان تهیه و استفاده از چک‌لیست مدیریت اثربخش منابع انسانی اصلاح یا تدوین دستورالعمل‌های کاری
		M2	برنامه مدیریتی پیمانکار برای اقدامات PMو CA مناسب نمی‌باشد	
		M3	عدم در نظر گرفتن هزینه‌ها کافی برای انجام تعمیرات اساسی قطعه	
		M4	ضعف در تعهد و پایبندی پیمانکار برای اجرای کار	
		M5	روش اجرایی گزارش‌دهی پیمانکار برای مشخص کردن عیب‌های قطعات مناسب نیست	
		M6	عدم موفقیت گروه تعمیرات کارگاه مرکزی مجتمع در تعمیرات صحیح قطعه	
		M7	تخصصی بودن برای عیب‌یابی و یا تعمیر تخصصی عیب	
		M8	عدم پیاده‌سازی برنامه‌های آموزشی مستمر برای کارکنان	
	متغیر مرتبط با تأمین قطعات و هزینه	C1	دشواری بازپرداخت وجه به پیمانکار	بهبود هماهنگی و ارتباطات درونی و بیرونی با سایر سازمان‌ها اصلاح یا تدوین دستورالعمل‌های کاری
		C2	برآورد غیردقیق هزینه‌ها (تخمین اشتباه زمان و دسترسی به قطعات)	
		C3	مشکلات اعتباری تأمین قطعات	
		C4	مشکلات دسترسی به قطعات اصلی مطابق با وندور	
		C5	مشکلات استفاده از قطعات داخلی به‌جای قطعات خارجی	
	متغیر مرتبط با انجام کار و روش‌ها	D1	برنامه زمان‌بندی برای انجام تعمیرات برنامه‌ریزی ناکافی است	بهبود روش‌های اخذ مجوز کار بهبود و ارتقاء برنامه کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری اصلاح یا تدوین روش‌های اجرایی کار (گردش کار)
		D2	عدم برنامه‌ریزی و تعامل مناسب میان واحد متد و تعمیرات برای نگهداری و اقدام اصلاحی تجهیزات	
		D3	حجم بالایی از دستور کار که به صورت نامناسب است و متعادل کردن کارها در طی دو نوبت‌کاری متوالی صورت نگرفته.	
		D4	عدم بازنگری دستورالعمل‌های واکنش در شرایط اضطراری برای اتاق کنترل و سایت من	
		D5	محدودیت زمان دیتا برداری به دلیل عوامل محیطی عدم بازنگری دستورالعمل‌های واکنش در شرایط اضطراری	
	متغیر مرتبط با خطای انسانی	H1	خطای اپراتور اتاق کنترل و توقف اضطراری پمپ (خواندن ولتاژ مصرفی موتور، فشار لاین خروجی)	اصلاح یا تدوین روش‌های اجرایی کار (گردش کار) مدیریت اثربخش منابع انسانی ارتقاء اثربخشی آموزش کارکنان
		H2	خطای نظارت ناکافی کارفرما در انجام کار نصب	
		H3	خطای بازرس فنی در تأیید قطعه تعمیر شده (قطعه صحیح تعمیر نشده است)	
		H4	خطای مدیریت در قبول ریسک قطعات تعمیر شده	
		H5	استفاده نادرست از تجهیزات و دستگاه‌های پایش	
		H6	خطا در انجام دستور کارهای صادرشده در زمان مناسب	

حادثه	علل واسطه	کد	علل ریشه‌ای (گویه‌های پرسشنامه)	روش‌های پیشنهادی
		A1	استهلاک تجهیزات (خرابی قطعات داخلی) کارکرد زیاد- PM زائد انجام‌نشده	مدیریت اثربخش منابع انسانی
		A2	حوادث محیطی و ضربه به پمپ	ارتقاء اثربخشی آموزش
	متغیر حوادث	A3	خرابی و یا عدم کارکرد مناسب تجهیزات جانبی پمپ و توقف پمپ	کارکنان
		A4	حوادث عمدی و کارشکنی پیمانکار در تعمیر	اصلاح یا تدوین
				دستورالعمل‌های کاری

در نهایت با توجه به جدول علت و معلولی SCAT و با استفاده از نظرات خبرگان، پرسشنامه‌ای با منطق پنج درجه‌ای لیکرت (کاملاً موافقم، موافقم، نظری ندارم، مخالفم و کاملاً مخالفم) تدوین گردید. برای تعیین جامعه آماری مورد استفاده در این مطالعه و همچنین حجم نمونه مورد نیاز نظریه‌های آماری مختلفی بررسی گردید. بر اساس نظریه لی و همکاران حجم نمونه ۷۵ نفر تعیین شد (۲۲). بر این اساس تعداد اعضای جامعه آماری مورد تحقیق ۱۰۰ نفر بوده، لذا با توجه به فرمول کوکران برای تعیین حجم نمونه برابر ۷۵ می‌باشد. در این مطالعه از پرسشنامه پنج درجه‌ای لیکرت (کاملاً موافقم، موافقم، نظری ندارم، مخالفم و کاملاً مخالفم) استفاده شد و پایایی پرسشنامه با استفاده از روش اندازه‌گیری آلفای کرونباخ برای نمونه پیش‌آزمون معادل ۰/۹۲۸ به دست آمده است. جامعه آماری مورد بررسی شامل کارکنان قسمت‌های مختلف پالایشگاه گاز است. پرسشنامه بین کارکنان بخش گروه‌های هدف بهره‌بردار و کارکنان بخش تعمیرات و مکانیک شامل مدیران واحد، سرپرست‌های واحدهای مختلف و سرپرست و جانشین پیمانکار تعمیرات، سایت من‌های واحد، اپراتورها و تکنسین‌های پیمانکار واحد شیرین‌سازی گاز توزیع گردید. سؤالات نیازمند دانش سیستمی و مدیریتی از سیستم مدیریت جاری در واحد شیرین‌سازی گاز می‌باشد لذا این پرسشنامه بین کارکنان با سمت‌های اداری پایین در واحدها توزیع نشد و کارشناسان و کارگرها و استادکارها و مکانیک‌های پایه در این مطالعه نمی‌باشند. پایایی پرسشنامه نیز با استفاده از روش آلفای کرونباخ معادل ۰/۹۵ در نظر گرفته شده است.

فرمول ۱:

$$n=\frac{\frac{z^2pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left(\frac{z^2pq}{d^2}-1\right)}$$

n: حجم نمونه N: حجم جمعیت آماری Z: درصد خطای معیار ضریب اطمینان قابل‌قبول

P: نسبتی از جمعیت فاقد صفت معین q= (1-p) d: درجه اطمینان

d معادل ۰/۰۵ یا ۰/۰۱ و Z نیز معمولاً معادل ۱/۹۶ و مقدار p و q برابر با ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. پس از تکمیل و اطمینان از صحت اطلاعات برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های گردآوری‌شده این مطالعه از نرم‌افزار آماری SPSS-24 استفاده شد.

یافته‌ها

جدول ۲ توزیع فراوانی دلایل مستقیم حادثه را نشان می‌دهد و همان‌گونه که مشاهده می‌شود، سطح و معناداری آزمون کای دو در تمامی موارد از مقدار ۰/۰۵ کمتر می‌باشد که نشان‌دهنده وجود تفاوت معنادار در فراوانی پاسخ‌های ارائه‌شده افراد در مورد تأثیر هریک از دلایل سطحی حادثه منجر به توقف واحد است. با توجه به فراوانی‌ها مشخص شد که از دیدگاه افراد پاسخ‌دهنده، تمامی موارد بالا در بروز حادثه نقش مثبت داشته‌اند. در ادامه، دلایل واسطه حادثه (دلایل غیرمستقیم) به‌منظور تعیین میزان اهمیت آن‌ها رتبه‌بندی گردید. همان‌طور که در جدول ۳ مشخص می‌باشد، سطح معناداری آزمون Friedman کمتر از ۰/۰۵ است؛ بنابراین در سطح خطای ۰/۰۵ و از دیدگاه افراد پاسخ‌دهنده، میزان تأثیر دلایل مستقیم در بروز حادثه یکسان و مشابه نمی‌باشد. با توجه به مقادیر ستون میانگین رتبه مشخص شد که عامل متغیر مرتبط با محیط داخلی و خارجی با میانگین ۴/۳۵، متغییر

مرتبط با تأمین قطعات و هزینه با میانگین ۴/۱۹، متغیر مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی با میانگین ۳/۴۳، متغیر مرتبط با انجام کار و روش‌ها با میانگین ۳/۲۵، متغیر مرتبط با خطای انسانی با میانگین ۲/۹۶، متغیر حوادث با میانگین ۲/۸۲ به ترتیب بیشترین تا کمترین تأثیر را در علل مستقیم حادثه دارند.

جدول ۲: توزیع فراوانی دلایل مستقیم حادثه

گویه سؤالات	فراوانی	کاملامخالف	مخالف	بی‌نظر	موافق	کاملاموافق	آماره	df	p-value
متغیر مرتبط با محیط داخلی و خارجی	فراوانی	۴	۵	۲۴	۱۳	۲۱	۲۴/۵۶	۴	۰/۰۰۰۱
	درصد	۵/۹۷	۷/۴۶	۳۵/۸۲	۱۹/۴۰	۳۱/۳۴			
متغیر مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی	فراوانی	۶	۴	۲۳	۱۵	۱۹	۲۰/۹۰	۴	۰/۰۰۰۱
	درصد	۸/۹۶	۵/۹۷	۳۴/۳۳	۲۲/۳۹	۲۸/۳۶			
متغییر مرتبط با تأمین قطعات و هزینه	فراوانی	۵	۲	۲۵	۱۴	۲۱	۲۹/۳۴	۴	۰/۰۰۰۲
	درصد	۷/۴۶	۲/۹۹	۳۷/۳۱	۲۰/۹۰	۳۱/۳۴			
متغیر مرتبط با انجام کار و روش‌ها	فراوانی	۲	۹	۱۵	۲۲	۱۹	۱۹/۱۹	۴	۰/۰۰۰۱
	درصد	۲/۹۹	۱۳/۴۳	۲۲/۳۹	۳۲/۸۴	۲۸/۳۶			
متغیر مرتبط با خطای انسانی	فراوانی	۱	۳	۱۹	۱۴	۳۰	۴۲/۴۷	۴	۰/۰۰۰۱
	درصد	۱/۴۹	۴/۴۸	۲۸/۳۶	۲۰/۹۰	۴۴/۷۸			
متغیر حوادث	فراوانی	۸	۲	۱۷	۱۷	۲۳	۲۰/۶۸	۴	۰/۰۰۰۱
	درصد	۱۱/۹۴	۲/۹۹	۲۵/۳۷	۲۵/۳۷	۴۳/۳۳			

جدول ۳: نتایج آزمون Friedman برای رتبه‌بندی دلایل مستقیم حادثه

گویه سؤالات	میانگین رتبه	آماره	p-value	رتبه تأثیرگذاری
متغیر مرتبط با محیط داخلی و خارجی	۴/۳۵	۶۸/۶۵	۰/۰۰۰۱	۱
متغیر مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی	۳/۴۳		۰/۰۰۰۱	۳
متغییر مرتبط با تأمین قطعات و هزینه	۴/۱۹		۰/۰۰۰۲	۲
متغیر مرتبط با انجام کار و روش‌ها	۳/۲۵		۰/۰۰۰۱	۴
متغیر مرتبط با خطای انسانی	۲/۹۶		۰/۰۰۰۱	۵
متغیر حوادث	۲/۸۲		۰/۰۰۰۱	۶

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، سطح معناداری آزمون کای دو در تمامی موارد به جز متغیر مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی و متغیر حوادث برابر ۰/۰۰۱ می‌باشد که نشان‌دهنده وجود تفاوت معنادار بین فراوانی پاسخ‌های ارائه شده توسط افراد در مورد تأثیر هریک از دلایل ریشه‌ای در بروز حادثه توقف تولید واحد می‌باشد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۴ دریافت می‌شود که سطح معناداری آزمون Friedman کوچک‌تر از مقدار ۰/۰۵ می‌باشد، بنابراین در سطح خطای ۰/۰۵، میزان تأثیر دلایل ریشه‌ای بر بروز حادثه یکسان نمی‌باشد.

باتوجه به میانگین رتبه می‌توان گفت در متغیر مرتبط با متغیر محیط داخلی و خارجی (E) شاخص تغییرات اقتصادی پیش‌بینی نشده (مانند تغییر نرخ ارز، تغییر نرخ مالیات) (E4=4.45)، شاخص تحریم و عدم دسترسی به قطعه مناسب مطابق با وندور (E3=3.44)، شاخص رطوبت بالا و دمای بالا برای بازرسی بررسی قطعات و پر کردن چک‌لیست (E1=3.54) و شاخص وضعیت نامناسب مسیرهای تردد جهت دسترسی به کلیه نقاط برای بازرسی (E2=3.31) به ترتیب بیشترین اولویت‌ها در بین علل ریشه‌ای این متغیر است. در متغیر علل واسطه‌ای مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی

(M) شاخص عدم پیاده‌سازی برنامه‌های آموزشی مستمر برای کارکنان (M8=5.05) و شاخص عدم برنامه مدیریتی مناسب پیمانکار برای اقدامات (M2=4.94) CA, PM به ترتیب بیشترین اولویت‌ها می‌باشد. در متغیر علل واسطه‌ای مرتبط با تأمین قطعات و هزینه(C) شاخص برآورد غیر دقیق هزینه‌ها (C2=3.67) دارای بیشترین اولویت می‌باشد. در متغیر علل واسطه‌ای مرتبط با انجام کار و روش‌ها (D) شاخص عدم برنامه زمان‌بندی کافی برای انجام تعمیرات برنامه‌ریزی (D1=3.41) دارای بیشترین اولویت می‌باشد. در متغیر علل واسطه‌ای مرتبط با خطای انسانی (H) شاخص خطای بازرس فنی در تأیید قطعه تعمیر شده (قطعه صحیح تعمیر نشده است) (H3=3.16) و در متغیر علل واسطه‌ای حوادث (A) شاخص استهلاک تجهیزات (A1=2.69) دارای بیشترین اولویت می‌باشد.

جدول ۴: نتایج آزمون Friedman برای رتبه‌بندی دلایل ریشه‌ای حادثه

علل واسطه	کد	آماره	میانگین رتبه	p-value	df	رتبه تأثیرگذاری
متغیر مرتبط با محیط داخلی و خارجی	E1	۶۸/۶۵	۳/۴۴	۰/۰۰۱	۴	۳
	E2		۳/۳۱		۴	۴
	E3		۳/۵۴		۴	۲
	E4		۴/۴۵		۴	۱
	E5		۳		۴	۶
	E6		۳/۲۶		۴	۵
متغیر مرتبط با پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریتی	M1	۷۴/۱۹	۴/۶۸	۰/۰۰۰	۷	۴
	M2		۴/۹۵		۷	۲
	M3		۴/۳۳		۷	۶
	M4		۳/۷۱		۷	۸
	M5		۴/۴۹		۷	۵
	M6		۴/۱۳		۷	۷
	M7		۴/۷۳		۷	۳
	M8		۴/۹۷		۷	۱
متغییر مرتبط با تأمین قطعات و هزینه	C1	۵۵/۴۹	۲/۹۳	۰/۰۰۱	۴	۴
	C2		۳/۶۷		۴	۱
	C3		۳/۰۷		۴	۳
	C4		۳/۱۲		۴	۲
	C5		۲/۲۲		۴	۵
متغیر مرتبط با انجام کار و روش‌ها	D1	۵۱/۳۸	۳/۴۱	۰/۰۰۱	۴	۱
	D2		۳/۲۹		۴	۲
	D3		۲/۵۲		۴	۵
	D4		۳/۱۴		۴	۳
	D5		۲/۶۴		۴	۴
متغیر مرتبط با خطای انسانی	H1	۶۵/۹۵	۳/۳۳	۰/۰۰۱	۴	۳
	H2		۴/۲۹		۴	۲
	H3		۴/۱۶		۴	۱
	H4		۳/۸۵		۴	۴
	H5		۲/۴۵		۴	۶
	H6		۲/۹۲		۴	۵

علل واسطه	کد	آماره	میانگین رتبه	p-value	df	رتبه تأثیرگذاری
متغیر حوادث	A1	۴۷/۹۳	۲/۶۹	۰/۰۰۰۱	۳	۱
	A2		۲/۱۴		۳	۴
	A3		۲/۶۱		۳	۲
	A4		۲/۵۶		۳	۳

در جدول ۵ و ۶ اقدامات پیشنهادی کنترلی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت است و همان‌طور که در این جداول مشخص می‌باشد، سطح معناداری آزمون Friedman کوچک‌تر از مقدار ۰/۰۵ است بنابراین در سطح خطای ۰/۰۵ و از دیدگاه افراد پاسخ‌دهنده، میزان تأثیر راه‌کارهای پیشنهادی بر پیشگیری از بروز حادثه مجدد یکسان نمی‌باشد؛ از این رو با توجه به مقادیر میانگین رتبه می‌توان گفت که ارتقاء اثربخشی آموزش کارکنان با میانگین (۵/۰۵)، بهبود نظارت بر عملکرد کارکنان (۴/۹۴)، اصلاح یا تدوین دستورالعمل‌های کاری (۴/۸۶)، بهبود روش‌های اخذ مجوز کار (۴/۷۴)، اصلاح یا تدوین روش‌های اجرایی و گردش کار (۴/۴۰)، مدیریت اثربخش منابع انسانی (۴/۲۷)، بهبود و ارتقاء برنامه کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری (۴/۱۷)، بهبود هماهنگی و ارتباطات درونی و بیرونی با سایر سازمان‌ها (۳/۵۷) به ترتیب از بیشترین تا کمترین اولویت را برای اقدامات کنترلی پیشگیری از حادثه دارند.

جدول ۵: توزیع فراوانی اقدامات کنترلی پیشنهادی به منظور جلوگیری از وقوع حادثه مجدد

گویه سؤالات	فراوانی	کاملامخالف	مخالف	بی‌نظر	موافق	کاملاموافق	آماره	df	P-value
بهبود هماهنگی و ارتباطات درونی و بیرونی با سایر سازمان‌ها	فراوانی	۶	۷	۷	۳۰	۱۵	۲۷/۳۳	۸	۰/۰۰۰
	درصد	۹/۲۳	۱۰/۷۷	۱۰/۷۷	۴۶/۱۵	۲۳/۰۸			
ارتقاء اثربخشی آموزش کارکنان	فراوانی	۳	۲	۳	۲۳	۳۴	۵۹/۹۳	۱	۰/۰۰۰
	درصد	۴/۶۲	۳/۰۸	۴/۶۲	۳۵/۳۸	۵۲/۳۱			
مدیریت اثربخش منابع انسانی	فراوانی	۴	۲	۱۴	۲۴	۲۱	۲۵/۹۷	۶	۰/۰۰۰
	درصد	۶/۱۵	۳/۰۸	۲۱/۵۴	۳۶/۹۲	۳۲/۳۱			
اصلاح یا تدوین دستورالعمل‌های کاری	فراوانی	۶	۲	۵	۱۵	۳۷	۵۷/۸	۳	۰/۰۰۰
	درصد	۹/۲۳	۳/۰۸	۷/۶۹	۲۳/۰۸	۵۶/۹۲			
بهبود و ارتقاء برنامه کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری	فراوانی	۶	۴	۱۳	۱۲	۳۰	۳۰/۲۹	۷	۰/۰۰۰
	درصد	۹/۲۳	۶/۱۵	۲۰/۰۰	۱۸/۴۶	۴۶/۱۵			
اصلاح یا تدوین روش‌های اجرایی کار (گردش کار)	فراوانی	۴	۱	۱۴	۲۳	۲۳	۲۸/۶۹	۵	۰/۰۰۰
	درصد	۶/۱۵	۱/۵۴	۲۱/۵۴	۳۵/۳۸	۳۵/۳۸			
بهبود نظارت بر عملکرد کارکنان	فراوانی	۳	۱	۴	۲۶	۳۱	۵۶/۲۲	۲	۰/۰۰۰
	درصد	۴/۶۲	۱/۵۴	۶/۱۵	۴۰/۰۰	۴۷/۶۹			
بهبود روش‌های اخذ مجوز کار	فراوانی	۴	۳	۸	۱۶	۳۴	۴۶/۵۳	۴	۰/۰۰۰
	درصد	۶/۱۵	۴/۶۲	۱۲/۳۱	۲۴/۶۲	۵۲/۳۱			

جدول ۶: رتبه‌بندی اقدامات کنترلی پیشنهادی به منظور پیشگیری از وقوع حادثه مجدد

گویه سؤالات	میانگین رتبه	رتبه‌تاثیرگذاری	آماره	df	P-value
بهبود هماهنگی و ارتباطات درونی و بیرونی با سایر سازمان‌ها	۳/۷۵	۸	۸۶/۳۶	۷	۰/۰۰۰
ارتقاء اثربخشی آموزش کارکنان	۵/۰۵	۱			
مدیریت اثربخش منابع انسانی	۴/۲۷	۶			
اصلاح یا تدوین دستورالعمل‌های کاری	۴/۸۶	۳			
بهبود و ارتقاء برنامه کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری	۴/۱۸	۷			
اصلاح یا تدوین روش‌های اجرایی کار (گردش کار)	۴/۴۰	۵			
بهبود نظارت بر عملکرد کارکنان	۴/۹۴	۲			
بهبود روش‌های اخذ مجوز کار	۴/۷۴	۴			

به منظور بررسی همبستگی و ارتباط بین علل واسطه و ریشه‌ای حادثه از آزمون همبستگی Spearman استفاده‌شده است که سطح معناداری آزمون معادل ۰/۰۰۱ محاسبه گردید. ازآنجایی‌که این مقدار از ۰/۰۵ کوچک‌تر می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که بین علت‌های مستقیم و ریشه‌ای در حادثه مذکور ارتباط معناداری وجود دارد. همچنین ازآنجایی‌که ضریب همبستگی معادل ۰/۸۴۷ است این رابطه همسو و مثبت می‌باشد.

جدول ۷: نتایج آزمون همبستگی بین علل مستقیم و ریشه‌ای

نوع حادثه	ضریب همبستگی	p-value	نتیجه آزمون
توقف تولید واحد شیرین‌سازی گاز	۰/۸۴۷	۰/۰۰۱	وجود رابطه معنادار

بحث

مطابق با داده‌های آماری و از دیدگاه افراد تکمیل‌کننده پرسشنامه، مهم‌ترین علت‌های مستقیم بروز حادثه، متغیر مرتبط با محیط داخلی و خارجی و متغییر مرتبط با تأمین قطعات و هزینه می‌باشد. از طرفی مهم‌ترین علت‌های ریشه‌ای حادثه، تغییرات اقتصادی پیش‌بینی نشده مانند تغییر نرخ ارز، تغییر نرخ مالیات، عدم پیاده‌سازی برنامه‌های آموزشی مستمر برای کارکنان، برآورد غیر دقیق هزینه‌ها، برنامه زمان‌بندی ناکافی برای انجام تعمیرات، خطای بازرس فنی در تأیید قطعه تعمیر شده (قطعه صحیح تعمیر نشده است)، استهلاک تجهیزات (خرابی قطعات داخلی) می‌باشد. مهم‌ترین اقدامات کنترلی پیشنهادی ارتقاء اثربخشی آموزش کارکنان می‌باشد. در مطالعه رضا قلیان نیز خود به نتایج مشابهی دست‌یافته و بیان داشته است که اساس کنترل حوادث، ایجاد سیستم‌های کنترلی و دفاعی مناسب می‌باشد؛ به نحوی که از تلاقی، برخورد و برهم‌کنش عوامل خطر و هدف جلوگیری گردد. بدیهی است در مواقعی که این سیستم‌های کنترلی و دفاعی موجود نبوده و یا از عملکرد مناسب برخوردار نباشند، امکان برهم‌کنش دو عامل مذکور فراهم شده و رویداد اتفاق می‌افتد (۲۳). شایان ذکر است که در پژوهش حاضر ارتباط معناداری بین دلایل ریشه‌ای و سطحی حادثه مشاهده گردید، در مطالعات رضا قلیان (۲۳) و نعمت‌اللهی (۱۴) نیز نتایجی مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر گزارش گردیده است. همچنین در پژوهش حاضر مشخص شد که تأثیر دلایل ریشه‌ای و واسط بر رخداد حادثه یکسان نمی‌باشد که این مهم با نتایج مطالعات گل‌محمدی (۲۴) و نعمت‌اللهی (۱۴) همسویی دارد. این درحالی است که نتایج پژوهش همت‌جو و همکاران حاکی از عدم وجود ارتباط بین دلایل حوادث بودند (۱۵).

پس از رخداد حادثه تجزیه‌وتحلیل و بررسی علت‌ها جهت

دستیابی به عوامل ریشه‌ای (پایه‌ای) ایجادکننده حادثه از اهمیت به سزایی برخوردار است. در حقیقت، تمامی مدارک و اطلاعات پس از وقوع حادثه جهت تجزیه‌وتحلیل حادثه با هدف رسیدن به عوامل ریشه‌ای انجام می‌شود؛ بنابراین، هر سازمانی به یک روش سیستماتیک و یکسان جهت تجزیه‌وتحلیل و ریشه‌یابی حوادث نیاز دارد (۱۴).

روش Fishbone به صورت گرافیکی با تقسیم کردن مشکل به چند علت اصلی و شناسایی علل ریشه‌ای به صورت ساختارمند و غیر پیچیده، علت‌های ریشه‌ای مشکل را ارائه می‌کند. از نظر نیاز آموزشی، این روش نیازمند آموزش‌های پیچیده نبوده و سطوح تجزیه‌وتحلیل نسبتاً گسترده‌ای را ارائه می‌دهد؛ اما بر اساس مطالعه‌ای که Sklet انجام داده است، این روش توانایی پوشش دلایل خارجی سازمان را ندارد (۵). از ضعف دیگر این روش، تمرکز آن بر رویدادها و کمتر پرداختن به لایه‌های فنی-اجتماعی که منجر به این رویدادها می‌شوند، می‌باشد (۱۷). در روش Fishbone علت‌های ریشه‌ای حوادث بر اساس 6m method تقسیم‌بندی می‌شوند که در ترسیم و تحلیل هر نمودار مشکل به نمودار جزئی‌تر، برخی از علل‌های ریشه‌ای در هر نمودار تکرار می‌گردند که باعث افزایش فراوانی تعداد علل‌های شناسایی شده می‌شود (۲۵) و علاوه بر این، این روش راهکاری پیشنهادی برای جلوگیری از حوادث مشابه را ارائه نمی‌دهد از دیگر کاستی‌های این روش، نپرداختن آن به موارد خارج سازمانی دخیل در حادثه می‌باشد (۲۶). از سوی دیگر، روش Fishbone برای شناسایی نواقص عملکردی، کنترلی، دفاعی و فعال به شدت نیازمند نظرات کارشناسی می‌باشد و در صورت شناسایی صحیح این عوامل، امکان شناسایی پیش شرایط و اشکالات پنهان را مطابق با چک لیست‌های مشخص به صنعت ارائه می‌دهد و در صورت عدم شناسایی صحیح و کامل عوامل مذکور، امکان دستیابی به تمامی دلایل ریشه‌ای دخیل در حادثه فراهم نمی‌گردد (۲۷)؛ از این رو برای پوشاندن این کاستی‌ها می‌توان این روش را در ترکیب با روشی مانند اسکات مورد استفاده قرار داد. روش اسکات روشی سیستماتیک و نظام‌مند می‌باشد که در آن با تکیه بر چک لیست‌های مدون، دلایل مستقیم، غیرمستقیم و ریشه‌ای حوادث مورد بررسی و تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرند و در نهایت بهترین راهکارها به منظور افزایش ایمنی سیستم و کاهش حوادث شغلی ارائه می‌گردد؛ بنابراین، روش SCAT از قابلیت پوشش‌دهی نواقص و ضعف‌های روش Fishbone برخوردار می‌باشد. از سوی دیگر، ضعف گرافیکی نبودن روش SCAT در ترکیب با Fishbone رفع می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش و مطالعات مشابه می‌توان گفت که هرکدام از روش‌های تحلیل حادثه، توانمندی‌ها و کارایی‌های متفاوتی دارند و از زوایای مختلفی می‌توان از این روش‌ها برای تجزیه‌وتحلیل دلایل حوادث استفاده نمود؛ بنابراین با ترکیب نمودن دو روش Fishbone و SCAT، قابلیت شناسایی دلایل ریشه‌ای افزایش می‌یابد.

در این مطالعه مهم‌ترین و اصلی‌ترین دلایل مستقیم، غیرمستقیم، ریشه‌ای و اقدامات کنترلی حادثه شناسایی شدند و علل رخداد حادثه بررسی و اولویت‌بندی گردیدند. در نهایت، اقدامات کنترلی و اصلاحی به منظور جلوگیری از رخداد مجدد با استفاده از روش ترکیبی Fishbone و اسکات ارائه شدند. روش ترکیبی ارائه شده در این مطالعه در بسیاری از موارد نیاز سازمان‌های مختلف را برآورده نموده و در حال حاضر به عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌های ریشه‌یابی حوادث محسوب می‌شود. رضا قلیان نیز در مطالعه خود به نتایجی مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر دست یافته است (۲۳). همچنین در پژوهشی دیگر نیز مشخص شده است" عدم استفاده از یک روش مبتنی بر سیستم منجر به انفعالی عمل کردن، تحمیل خسارات فراوان به اقتصاد سازمان، کم اثر بودن و عدم تضمین برای اجتناب از وقوع حوادث مشابه در آینده می‌باشد. برمبنای رویکرد سیستمی از سه زاویه باید به بحث حوادث توجه نمود تا ظرفیت و امکان آشنایی مسئولین ایمنی واحدهای صنعتی با این موضوع مهم را فراهم آورد: الف: روش‌ها و مدل‌های علل وقوع حوادث ب: روش‌ها و مدل‌های تجزیه‌وتحلیل حوادث ج:

فنون پیشگیری و مدیریت حوادث (۲۵).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی و آنالیز رخداد حادثه توقف واحد شیرین‌سازی گاز به کمک روش ترکیبی Fishbone و SCAT نشان از نیاز به استقرار سیستم مدیریت پالایش پویا در سازمان دارد، به نحوی که نداشتن رویه‌ای شفاف در شناسایی و کنترل ریسک‌های سازمان و عدم استفاده از روشی مبتنی بر سیستم در تجزیه‌وتحلیل علل وقوع رخداد حوادث برای استخراج اقدامات کنترلی، منجر به افزایش میزان حادثه و تحمیل هزینه‌های مستقیم و پنهان به سازمان شده است. مطابق با پیشنهادهای کنترلی استقرار سیستم‌های مدیریتی بر مبنای استانداردهای بین‌المللی مانند سیستم مدیریت کیفیت (ISO9001) و استاندارد سیستم مدیریت کیفیت با گرایش‌های تخصصی نفت، گاز و پتروشیمی (ISO TS29001) در مدیریت پالایش گاز راهگشای تفکر سیستمی مبتنی بر بهبود مستمر فرایندهای کاری و پویایی مدیریت پالایش گاز با دیدی جامع و سیستماتیک از تأثیر و تأثر فرایندها می‌باشد. با توجه به آزمون‌های آماری، متغیر محیط (درونی و بیرونی) و فاکتورهای تصمیم‌گیری افراد (پذیرش ریسک، فاکتورهای شغلی) بین علل ریشه‌ای و علل واسط حادثه، ارتباط سیستماتیک و معنادار وجود دارد. از این رو به نظر می‌رسد که انجام این مطالعه و مطالعات مشابه دیگر (از قبیل ترکیب روش SCAT با سایر روش‌ها) در راستای تجزیه‌وتحلیل دلایل حوادث در پالایشگاه‌های نفت و گاز مفید باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مطالعه بر خود لازم می‌دانند از مدیریت واحد پالایش شرکت پالایشگاه گاز اول عسلویه و گروه بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست دانشگاه آزاد تهران شمال که در این پژوهش همکاری لازم داشته‌اند تقدیر و تشکر نماید.

منابع

1. Mir I. Identification and Evaluation of Human Errors Leading to Incidents in a Gas Refinery using Human Factors Analysis and Classification System. Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume. 2018; 4(4):1-1.
2. Askarian A, Tehrani MM, Sadatipour SM. Study of the Role of Latent Variables in the Trip Gas Sweetening unit by using Human Factor Analysis and Based on Fuzzy Hierarchy Theory: aCase Study in the Gas Refinery. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. 2020; 8(1). [Persian]
3. Attwood DA, Deeb JM, Danz-Reece ME. Ergonomic solutions for the process industries. Elsevier; 2004.
4. Asgharizadeh A, Saeidi A. Cost Risk Assessment of Power Plant Projects Based on Three-Dimensional Model. Industrial Management. 2019; 4(8): 1-14. [Persian]
5. Sklet S. Comparison of some selected methods for accident investigation. Journal of hazardous materials. 2004; 111(1-3): 29-37.
6. Katsakiori P, Sakellaropoulos G, Manatakis E. Towards an evaluation of accident investigation methods in terms of their alignment with accident causation models. Safety Science. 2009; 47(7): 1007-15.
7. Saaty TL. Fundamentals of the analytic network process—Dependence and feedback in decision-making with a single network. Journal of

Systems science and Systems engineering. 2004; 13(2): 129-57.

8. Psillaki M, Tsolas IE, Margaritis D. Evaluation of credit risk based on firm performance. European journal of operational research. 2010; 201(3): 873-81.
9. Aras SA, Amirhosseini Z. Identify and prioritize risks of construction projects based on fuzzy logic (Case Study: Construction project of Iranian investment and sustainable development company). Modern Applied Science. 2016; 10(12): 197.
10. Chiu MC, Hsieh MC. Latent human error analysis and efficient improvement strategies by fuzzy TOPSIS in aviation maintenance tasks. Applied ergonomics. 2016; 54: 136-47.
11. Khoshghalb, A. (2011). Identification and Ranking of Risk Based on PMBOK Standard by Grey Topsis Method. M.Sc Thesis. University of Tehran. 2011; 5: 46-115. [Persian]
12. Strömgren M, Bergqvist A, Andersson R, Harms-Ringdahl L. A process-oriented evaluation of nine accident investigation methods. Safety Science Monitor. 2015; 19(1).
13. Dien Y, Dechy N, Guillaume E. Accident investigation: From searching direct causes to finding in-depth causes–Problem of analysis or/and of analyst? Safety science. 2012; 50(6): 1398-407.
14. Nematolahi J, Nasrabadi M, Givehchi S. Analysis of accidents leading to amputations associated with operating with press machines, using Ishikawa and SCAT Combined method in a car manufacturing company. Health and Safety at Work. 2015; 5(4): 23-36. [Persian]
15. Hematjoo Y, Seidan H, Hoveidi H, Givechi S. "The root causes examine of accidents in the Association between work stress and accidents in an automobile manufacturing company.Behbood: 2009; 8-16. [Persian]
16. Karimi S, Jafari H, Anbardan SA, Kashitarash Z. Analysis of the Amputation-leading Accidents during a Mechanical Excavator Repair Using the Tripod Beta and SCAT Combined Method in a Dam Construction Project. Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume. 2019; 6(3): 9-19. [Persian]
17. Coccia M. Fishbone diagram for technological analysis and foresight. International Journal of Foresight and Innovation Policy. 2020; 14(2-4): 225-47.
18. Khodeir LM, Mohamed AH. Identifying the latest risk probabilities affecting construction projects in Egypt according to political and economic variables. From January 2011 to January 2013. HBRC journal. 2015; 11(1): 129-35.
19. Xie G, Yue W, Wang S, Lai KK. Dynamic risk management in petroleum project investment based on a variable precision rough set model. Technological Forecasting and Social Change. 2010; 77(6): 891-901.
20. Dey PK. Managing project risk using combined analytic hierarchy process and risk

map. Applied Soft Computing. 2010; 10(4): 990-1000.

21. Hamdar SH, Mahmassani HS, Chen RB. Aggressiveness propensity index for driving behavior at signalized intersections. Accident Analysis & Prevention. 2008; 40(1): 315-26.
22. Camrey AL, Lee HB. A First Course in Factor Analysis. Hillsdale, NJ: L.
23. REZAGHOLIAN A, MANSOURI N, Tooraj DA. Analysis of the Death-Leading Accident in Working with Boom Reclaimer Device using the Tripod beta and SCAT Combined Method in a Steel Company. Occupational Hygiene and Health Promotion. 2018 Nov 14. [Persian]
24. Gol mohammadi, Aziz. Familiarity to methods and models of accident management in Industries. Second national conference of security in seaports. 2006: 15-25. [Persian]
25. Ahmadi O, Mortazavi SB, Khavanin A. Selection of the optimal method for analysis of accidents in petroleum industry using fuzzy ANP and TOPSIS multi–criteria decision methods. Iran occupational health. 2017 Jun 10;14(2):166-80. [Persian]
26. Kuswardana A, Mayangsari NE, Amrullah HN. Analisis Penyebab Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode RCA (Fishbone Diagram Method and 5–Why Analysis) di PT. PAL Indonesia. InSeminar K3. 2017; 1(1): 141-146.
27. Rahmadhani FP, Handoko L, Dhani MR. Analisis Kecelakaan Pada Pekerjan Loading Unloading Menggunakan Metode Fishbone Diagram Dan Scat. InSeminar K3. 2018; 2(1): 287-292.

Evaluation of the Pause of Production and the Parameters Affecting it in the Gas Refinery Using Fishbone and SCAT Combined Method

Alireza ASKARIAN[1], Mahnaz MIRZA-EBRAHIM-TEHRANI[2]*, Seyed Mohammad TAGHI-SADATIPOUR[3], Seyed Ali JOZI[4], Reza MARANDI[5]

Abstract

Introduction: Analyzing the causes of accidents in order to control and prevent their recurrence is of utmost importance. The aim of this study was to combine the two methods of Fishbone and SCAT to analyze the root cause of the accidents, address them in details, and track them in the depth of organizational structures.

Methods: This study analyzed the data about accidents using a Fishbone and SCAT Combined Method. Initially, the interface and root causes obtained by the Fishbone Method, as well as control measures were entered into SCAT cause and effect table. The results of the questionnaires were collected, and the causes of accidents were investigated using the Chi-Square test. Data analysis was done using SPSS software version 24.

Results: The findings indicated that the most important direct cause of the accidents was the the variable related to indoor and outdoor environment of the refinery, and the most important root cause of the accident was “unforeseen economic changes such as changing exchange rate, tax rate”, and “lack of a continuous planning for the staff's training” .Increasing the efficiency of training the staff is the most important control measure suggested. There was also a significant relationship between surface and root causes.

Conclusions: According to the statistical test, a systematic connection between root causes and intermediate causes of the accident were found. The combined method presented in this study can meet the needs of different organizations regarding the causes of accidents in many cases, and is currently one of the most important methods. Therefore, it is suggested to combine the SCAT with other methods to analyze the causes of accidents in refinery plants.

Keywords: SCAT, Fishbone, Accident Analysis, Industrial Accident, Gas Sweeting Unit

Original Article

Received: 2020/07/19

Accepted: 2021/01/28

Citation:

ASKARIAN A, MIRZA-EBRAHIM-TEHRANI M, TAGHI-SADATIPOUR SM, JOZI SA, MARANDI R. Evaluation of the Pause of Production and the Parameters Affecting it in the Gas Refinery Using Fishbone and SCAT Combined Method. Occupational Hygiene and Health Promotion 2021; 5(4): 334-349.

[1] Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
*(Corresponding Author: Tehrani.mah@gmail.com)
[3] Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[4] Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[5] Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran