Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.9, No.1, Spring 2021

Original Article

Modeling the Causes of Fuel Oil Tank Fire in an Industrial Plant Using Tripod Beta Method

Abolfazl Ghahramani*, Hamideh Zavvar, Rasoul Hemmatjo

Occupational health and safety at work Engineering Group, School of Public Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran.
* Corresponding author:Ghahramani@umsu.ac.ir

Abstract

Background and objectives: The use of fossil fuels in industries has the potential to the occurrence of accidents such as fires and explosions. The occurrence of these accidents will have irreparable financial, human, and environmental consequences, which can be prevented by identifying and controlling their contributing factors. This study aimed to identify and model the factors affecting the fire incident of fuel oil tanks in an industrial plant.

Materials and Methods: This cross-sectional study was performed on fuel oil tanks of an industrial plant using the Tripod Beta method in 2020. The necessary data for modeling were collected using methods of interview, observation of operations, and review of documents. Then main risk factors, preconditions, and hidden causes as well as the existing protective barriers were identified and an accident tree was drawn.

Results: The results of this study identified 19 main risk factors and showed that the highest share was related to controlling methods and equipment (36.8%) and the lowest was related to design and hardware (5.2%). Failure of escape and rescue methods and equipment and inadequate supervision was identified as the widespread prerequisites, and failure to appropriately or adequately define the current monitoring method of work activities in the company as the common latent problems.

Conclusions: The results showed that the methods and equipment of defense, training, and organization had the greatest role in causing fuel tank fires, respectively. Therefore, it is necessary to use appropriate methods and equipment for improving safety, as well as train the managers and employees for the safe performance of the work activities, and organize safety affairs for reducing the risk of fire in the fuel tanks of the company.

Keywords: Accident Modeling, Tripod Beta, Fuel Tanks, Unsafe Acts

How to cite this article: Ghahramani A, Zavvar H, Hemmatjo R. Modeling the Causes of Fuel Oil Tank Fire in an Industrial Plant Using Tripod Beta Method. J Saf Promot Inj Prev. 2021; 9(1):44-54.
https://doi.org/10.22037/meipm.v9i1.32471

مقاله پژوهشی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره ۹. شماره ۱. بهار ۱۴۰۰، صفحات ۴۴ تا ۵۴

مدل‌سازی علل آتش‌سوزی مخازن مازوت در یک کارخانه صنعتی با استفاده از روش Tripod Beta

ابوالفضل قهرمانی *، حمیده زوار، رسول همت جو

گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران

چکیده

سابقه و هدف: کاربرد سوخت‌های فسیلی در صنایع می‌تواند پتانسیل وقوع حوادثی مانند آتش‌سوزی و انفجار را در پی داشته باشد. وقوع این حوادث عواقب جبران‌ناپذیر مالی، انسانی و زیست‌محیطی خواهد داشت که با شناسایی و کنترل عوامل ایجادکننده می‌توان از بروز بسیاری از حوادث بالقوه پیشگیری نمود. این مطالعه باهدف شناسایی و مدل‌سازی عوامل مؤثر بر وقوع حادثه آتش‌سوزی مخازن مازوت در یک کارخانه صنعتی انجام گردید.

روش بررسی: مطالعه حاضر به‌صورت مقطعی- توصیفی در سال ۱۳۹۸ بر روی مخازن مازوت در یک کارخانه صنعتی با استفاده از روش Tripod Beta انجام شد. داده‌های ضروری برای مدل‌سازی با استفاده از روش‌های مصاحبه، مشاهده عملیات و بررسی اسناد جمع‌آوری شد. سپس عوامل ریسک اصلی، پیش‌شرط‌ها و علت‌های پنهان و همچنین موانع حفاظتی موجود شناسایی و درختواره حادثه ترسیم شد.

نتایج: نتایج حاصل از این پژوهش با شناسایی ۱۹ عامل ریسک اصلی نشان داد که بیشترین سهم مربوط به روش‌ها و تجهیزات دفاعی (۳۶/۸٪) و کمترین مربوط به طراحی و سخت‌افزار (۵/۲٪) بود. شکست روش‌ها و تجهیزات تدافعی در فرار و نجات و نظارت نامناسب به‌عنوان شایع‌ترین پیش شرایط و مناسب یا کافی تعریف نشدن روش رایج نظارت بر فعالیت‌های کاری در شرکت نیز به‌عنوان متداول‌ترین اشکال پنهان شناسایی شد.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش حاکی از آن بود که روش‌ها و تجهیزات دفاعی، آموزش و سازمان به ترتیب بیشترین نقش را در ایجاد آتش‌سوزی مخازن مازوت داشتند. ازاین‌رو استفاده از روش‌ها و تجهیزات دفاعی مناسب برای ارتقا ایمنی و همچنین آموزش مدیران و کارکنان به‌منظور انجام ایمن فعالیت‌های کاری و سازمان‌دهی مناسب امور ایمنی برای کاهش ریسک آتش‌سوزی مخازن مازوت در شرکت موردمطالعه ضروری است.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی حوادث، Tripod Beta، مخازن مازوت، اعمال ناایمن

مقدمه

سازمان بین‌المللی کار[۱] تخمین می‌زند که هرساله بیش از ۲/۸ میلیون نفر در سراسر جهان در اثر حوادث و بیماری‌های ناشی از کار جان خود را از دست می‌دهند. بعلاوه سالانه حدود ۳۷۴ میلیون آسیب شغلی با بیش از ۴ روز کاری ازدست‌رفته در دنیا اتفاق می‌افتد (۱). گزارش سازمان بین‌المللی کار نشان می‌دهد که تعداد حوادث منجر به مرگ به‌ویژه در برخی از کشورهای آسیایی به دلیل گزارش ضعیف، توسعه سریع و فشارهای رقابتی قوی برای جهانی‌شدن، در حال افزایش است (۲). بررسی‌های به‌عمل‌آمده در ایران نیز حکایت از ابعاد وسیع خسارات انسانی و مالی ناشی از حوادث دارد. به گزارش اداره کل روابط عمومی و امور بین‌الملل سازمان پزشکی قانونی کشور، مرگ‌های ناشی از حوادث کار طی سال‌های گذشته در ایران روند صعودی داشته، به‌طوری‌که از ۱۲۲۵ مورد فوتی این حوادث در سال ۱۳۸۸ به ۱۶۷۵ مورد در سال ۱۳۹۶ رسیده است و طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶ تعداد ۱۵۹۹۷ نفر جان خود را ازدست‌داده‌اند (۳). تجزیه‌وتحلیل سناریوهای حوادث نشان می‌دهد که این رویدادها نتیجه نقص‌های موجود در سطوح مختلف سازمانی و فنی هستند (۴). عوامل فردی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی، سهم چشمگیری در بروز حوادث شغلی داشته که شامل مجموعه‌ای از عوامل روانی، شخصیت، فشار کاری ادراک‌شده و اعمال ناایمن و رفتارهای شغلی کارکنان است (۵). نتایج اغلب مطالعات نشان می‌دهد که مهم‌ترین عامل بروز حوادث، رفتارهای ناایمن انسان هست (۶). به‌عنوان‌مثال هاینریش معتقد است که اعمال ناایمن در وقوع ۸۸٪ حوادث نقش دارند (۷)؛ بنابراین پیشگیری از آن‌ها یک چالش اساسی است و باید با استفاده از رویکردهای مختلف صورت گیرد که در میان این

۱. International Labour Organization(ILO)

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: Ghahramani@umsu.ac.ir

رویکردها، تشخیص زودهنگام نقش مهمی را ایفا می‌کند (۴). حوادث به‌ندرت نتیجه یک اشتباه بزرگ هستند و معمولاً به‌واسطه سلسله‌ای از خطاهای اغلب جزئی و کم‌اهمیت یک فرد یا تعدادی از افراد و یا یک مجموعه رخ می‌دهند (۸).

مدل‌سازی حوادث روشی است که برای ارتباط علل و پیامدهای رویدادهایی که منجر به حادثه می‌شوند بکار می‌رود. درواقع مدل‌سازی یکی از نتایج تحلیل‌های مهندسی ایمنی است که می‌توان با استفاده از آن قسمت اعظم حوادث را پیش‌بینی کرد (۹). مدل‌سازی به‌طور مؤثر به دنبال پاسخ دادن به دو سؤال اصلی چرایی و چگونگی وقوع حوادث است. توسعه روش‌های مدل‌سازی حوادث به سال ۱۹۴۱ بازمی‌گردد که هاینریش نظریه دومینو را معرفی کرد (۱۰). روش‌های مدل‌سازی حوادث از بسیاری جهات قابل‌طبقه‌بندی هستند. قریشی در سال ۲۰۰۷ تقسیم‌بندی کاملاً منطقی‌ای ارائه نمود که در این طبقه‌بندی مدل‌ها را به دو گروه سنتی و مدرن تقسیم‌بندی کرد. در رویکرد سنتی علل حوادث بیشتر به‌صورت متوالی (مانند مدل دومینو) و اپیدمیولوژیک (مانند مدل پنیر سوئیسی) طبقه‌بندی می‌شود. درحالی‌که طبقه‌بندی مدرن شامل سه روش رسمی و منطقی برای پشتیبانی از تحلیل حادثه (مبتنی بر ریاضی بوده و چارچوبی سخت‌گیرانه و منظم برای مشخصات، طراحی و تائید سامانه‌های رایانه‌ای را شامل می‌شود)، مدل‌های احتمالی علت (تمرکز بر روی شناسایی توالی قطعی روابط علت و معلولی دارند و اعتبار سنجی در آن‌ها دشوار است) و روش آنالیز علت و چرایی (تکنیک‌هایی رسمی مبتنی بر توضیح و منطق رسمی هستند که حوزه‌های توضیحی بر اساس زمان، علت و معلولیت از هم جدا می‌شود) است (۱۱). در میان روش‌های مدل‌سازی حادثه، Tripod Beta روشی برای آنالیز حادثه است که بر روی موانع ایمنی تمرکز دارد و جزو مدل‌های توالی علت در رده‌بندی بالا است (۱۲). آنالیز Tripod Beta به دنبال یافتن دلایل اصلی زنجیره‌ای حادثه است و چگونگی اتفاق افتادن حادثه و نقص موانع را نشان می‌دهد. این روش چگونگی رخ دادن یک حادثه، موانعی که دچار نقص شده‌اند و چگونگی نقص این موانع را نشان می‌دهد. هدف استفاده از این روش کشف عیب‌ها و نقص‌های پنهان در یک سازمان است (۱۳). این روش چگونگی کاهش نقص‌های سامانه‌ها را درنتیجه اقدامات کنترلی مورد ارزیابی قرار می‌دهد و تمرکز آن بر روی اعمال ناایمن بر مبنای این حقیقت استوار است که تنها ۱۰٪ از حوادث مربوط به شرایط ناایمن بوده و بیش از ۹۰٪ آن‌ها ناشی از اعمال ناایمن است. در تکنیک Tripod Beta علل اعمال ناایمن ریشه‌یابی شده و درصد اعمال ناایمن ارادی و غیرارادی مشخص می‌شود. بدین طریق می‌توان در خصوص نقش افراد و دخالت آن‌ها در وقوع حادثه منطقی‌تر تصمیم گرفت. در مقایسه‌ای که بین روش‌های Tripod Beta و آنالیز مدیریت خطا و درخت خطا[۲] برای تجزیه‌وتحلیل دقیق از حوادث بزرگ به‌منظور شناسایی تمام علل احتمالی حادثه، ازجمله خطاهای انسانی و خرابی تجهیزات انجام شد، استفاده صحیح از هر دو تکنیک در آنالیز حوادث صنعتی توصیه گردیده است (۱۴). در مقایسه روش‌های دیگر آنالیز حوادث، Tripod Beta به‌عنوان روش بهینه برای بررسی علل حوادث انتخاب گردید (۱۵).

در صنایع شیمیایی اغلب از مواد شیمیایی خطرناک استفاده می‌شود و واحدهای عملیاتی معمولاً تحت شرایط دما و فشار بالا در راکتورها و مخازن ذخیره کار می‌کنند، بنابراین احتمال وقوع حوادثی از قبیل انفجار، آتش‌سوزی و نشت مواد سمی در آن‌ها وجود دارد (۱۶). به‌طوری‌که در چند دهه اخیر وقوع حوادثی از قبیل بوپال هندوستان با ۲۰۰۰ نفر کشته، سکوی پایپر آلفا با ۱۶۸ نفر کشته، چرنوبیل اوکراین با ۳۸ نفر کشته و فلیکس بورو انگلستان با بیش از ۲۰ نفر کشته، توجه عموم را به صنایع شیمیایی و ریسک‌های موجود جلب کرده و ضرورت تجزیه‌وتحلیل حوادث احتمالی و ایمنی فرآیندهای مختلف را در فرایندهای شیمیایی افزایش داده است (۱۷). حوادث شیمیایی می‌تواند پیامدهای فاجعه‌بار بزرگی را نه‌تنها برای کارکنان صنایع شیمیایی، بلکه برای سایر ساکنان و محیط‌زیست به همراه داشته باشد. علاوه بر این ضررهای مالی ناشی از خسارت تأسیسات بسیار زیاد هست و شروع مجدد عملیات ممکن است به مدت‌زمان طولانی نیاز داشته باشد. این تأثیرات منجر به عواقب جدی دیگری مانند مشکلاتی در تأمین منابع در صنایع مرتبط می‌شود (۱۸). در میان حوادث مختلف آتش‌سوزی و انفجار از حوادث شدیدی هستند که می‌توانند پیامدهای جبران‌ناپذیری برجای بگذارند. عسگری پور و همکارانش در مطالعه‌ای که در یک نیروگاه سیکل ترکیبی انجام دادند دریافتند که انفجار و آتش‌سوزی توربین گازی و ترکیدگی لوله‌های بخار تحت‌فشار به‌عنوان مهم‌ترین حادثه ناشی از خطرات شناسایی‌شده بود (۱۹). بلایای طبیعی نیز می‌تواند منجر به بروز حوادث بزرگ در تأسیسات شیمیایی شود که در این میان برخورد صاعقه بیشترین علت حوادث عمده ناشی از حوادث طبیعی است (۲۰). تجزیه‌وتحلیل حوادث گذشته یکی از اعمال سودمندی است که غالباً هدف آن به دست آمدن عللی است که باعث بروز حوادث در فرآیندهای شیمیایی می‌شود (۲۱). بررسی آتش‌سوزی گاز متان با استفاده از تجزیه‌وتحلیل خطر، مدل‌سازی و ارزیابی پیامدهای احتمالی آن نشان داد که عوامل مکانیکی، انسانی و فرآیندی در نشت گاز مؤثر بودند و در این راستا برگزاری دوره‌های آموزشی و اقدامات مؤثر در پیشگیری و اطفاء حریق، اجرای قوانین ایمنی و برطرف کردن نقایص در اسرع وقت در جهت کاهش خسارت‌ها پیشنهاد شد (۲۲). بررسی حوادث آتش‌سوزی و انفجار یک مخزن استوانه‌ای

۲. The Management Oversight and Risk Tree(MORT)

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

ذخیره[۳] در یک شرکت نفت و گاز نشان داد که پیامد آتش ناشی از ترکیدگی مخزن احتمال آسیب عمده به تجهیزات فرآیندی، تخریب سازه‌ها و مرگ‌ومیر قطعی افراد حاضر در این ناحیه را دارد (۲۳). تجزیه‌وتحلیل وقایع نشت گاز در پالایشگاه با استفاده از روش‌های Tripod Beta و تحلیل دلیل ریشه ای[۴] نشان داد که خطرات مربوط به‌سلامتی انسان با میانگین ۷۸/۳ در مقایسه با تجهیزات و خطرات زیست‌محیطی مهم‌ترین خطر است و مهم‌ترین تهدید برای تجهیزات، خرابی آشکارسازها و انفجار گسترده است (۲۴).

بررسی یافته‌های مطالعات قبلی نشان داد که در مدل‌سازی حوادث انفجار و آتش‌سوزی مخازن سوخت بیشتر با استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز انجام‌شده و روش Tripod Beta به‌ندرت برای مدل‌سازی حوادث صنعتی به‌ویژه در صنایع معدنی مورداستفاده قرارگرفته است. ازاین‌رو این مطالعه باهدف شناسایی و مدل‌سازی عوامل مؤثر بر وقوع حادثه آتش‌سوزی مخازن مازوت در یک کارخانه صنعتی انجام گردید. این مخازن حاوی حجم زیادی از مواد هیدروکربنی باقابلیت اشتعال بالابودند که می‌تواند باعث به وجود آمدن حوادثی نظیر آتش‌سوزی و آلودگی محیط‌زیست گردد در مطالعه حاضر علل حادثه آتش‌سوزی در مخازن مازوت شناسایی و سپس علل مؤثر در بروز حادثه با استفاده از روش Tripod Beta مدل‌سازی و اولویت‌بندی شد. از نتایج این مطالعه می‌توان در تعیین اولویت‌بندی نقص‌های مختلف در فرایند تولید و پیشنهاد روش‌هایی برای پیشگیری از بروز نواقص و حوادث احتمالی استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه حادثه آتش‌سوزی مخازن مازوت در یک کارخانه استحصال طلا موردبررسی قرار گرفت. این کارخانه یک مجموعه صنعتی است که با استفاده از فرآیندهای شیمیایی به استحصال طلا از ماده معدنی می‌پردازد و دارای ۷ واحد اصلی شامل خردایش و همگن‌سازی، آسیا، اکسیداسیون، فروشویی، الوشن، اتاق طلا و فیلتراسیون به همراه سد باطله و تعدادی واحد جانبی شامل مخازن مازوت و پست‌های برق، تصفیه‌خانه، سیستم آب برگشتی، واحد تولید هوای فشرده، واحد تولید و انتقال بخار گرم است. مخازن موردنظر شامل دو مخزن به قطر تقریبی ۱۲ متر و ارتفاع ۹ متر و به حجم مفید تقریبی ۱۳۳ مترمکعب بوده و مازوت تحویلی از نزدیک‌ترین پالایشگاه، در این دو مخزن ذخیره می‌گردند. انرژی حاصل از سوختن مازوت صرف گرم کردن آب می‌شود. نزدیکی مخازن مازوت به تأسیسات بویلر و اکسیداسیون، همچنین تأسیسات برق که در شعاع کمتر از ۸۳ متری آن قرار داشته و به‌عنوان تأسیسات حیاتی شرکت نقش عمده‌ای در تولید محصول دارند، انجام اقدامات ایمنی در راستای حفاظت از این مخازن را ضروری می‌نماید. ازاین‌رو بررسی دقیق شرایط مخازن مازوت و ارزیابی ایمنی این مخازن حیاتی است.

مدل‌سازی حادثه آتش‌سوزی مخازن مازوت با استفاده از روش Tripod Beta و نمودارهای مربوطه برای هر حادثه با به‌کارگیری نرم‌افزار Investigator 3.6 رسم گردید. Tripod Beta روشی است که در شناسایی علل ریشه‌ای حوادث کاربرد دارد. این روش ساختار درختواره‌ای دارد که پیکره آن از سه قسمت ترکیب‌شده است. پس از ایجاد پیکره اصلی، موانع و اقدامات کنترلی ضروری که یا وجود نداشته و یا اشتباه عمل کرده‌اند به آن اضافه می‌شوند. در فاز نهایی مسیرهای علت بروز حادثه (علت مستقیم یا بی‌واسطه، پیش‌شرط‌ها و علل ریشه‌ای یا پنهان) برای هر رویداد شناسایی و در درختواره نشان داده می‌شوند (۲۵). در این مطالعه روش Tripod Beta به‌صورت مراحل زیر مورداستفاده قرار گرفت:

۱- جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از شواهد مستند: جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از روش‌های مصاحبه، مشاهده عملیات و بررسی اسناد صورت گرفت. مصاحبه با کارشناسان، تکنسین‌ها، سر شیفت‌ها و مهندسین بهره‌برداری، کارکنان اتاق کنترل، اپراتورها، کارشناسان ایمنی و بهداشت، کارشناسان تعمیر و نگهداری و هر فرد مرتبط با فرآیند انجام شد و سؤالاتی درزمینه‌ی حوادث و شبه حوادث رخداده، علل نقص‌های رخداده، مشخصات فنی مخازن، تجهیزات حفاظتی و ایمنی موجود، نحوه آموزش و سیستم واکنش در شرایط اضطراری پرسیده شد. مشاهده شامل مشاهده مستقیم عملیات، فرآیندها، مشاغل و محیط کار بود. بررسی اسناد نیز شامل بررسی سوابق رویدادها، نمودارهای جریان فرآیندی، نقشه‌های لوله‌کشی و تجهیزات[۵]، روش‌های اجرایی و دستورالعمل‌ها، برگه‌های تعمیر و نگهداری و سایر اسناد و مدارک فنی بود.

۲-ارزیابی (مرحله ترسیم درختواره Tripod Beta**):** در طی این مرحله دیاگرام Tripod Beta رسم شد که هسته درخت ارزیابی سه‌گانه، مکانیسم بروز حادثه را نشان می‌دهد و شامل سه مرحله بود:

۲-۱- ایجاد هسته نمودار: این دیاگرام شامل تعدادی اتصالات سه‌گانه است که هر یک شامل سه بخش خطر[۶] (یک منبع انرژی، ماده یا شرایطی که پتانسیل ایجاد صدمه، آسیب یا خسارت را دارد)، هدف[۷] (جزئی که توسط خطر تغییر پیداکرده یا پتانسیل تغییر را دارا است) و رویداد[۸] (تغییر حالتی که از طریق خطر بر روی هدف تأثیرگذار است) است.

۳. Liquified petroleum gas (LPG)
۴. Root Cause Analysis (RCA)
۵. Piping & Instrumentation Diagram (P&ID)
۶. Agent of change
۷. Object
۸. Event

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

۲-۲-شناخت موانع: پس از رسم دیاگرام، درختواره موانع و اقدامات کنترلی ضروری[۹] که ممکن است وجود نداشته و یا اشتباه عمل کرده باشند به دیاگرام اضافه گردید. موانع به شرح زیر مشخص شدند:

- مانع معیوب (شکست‌خورده)[۱۰]: این مانع زمانی نمایش داده می‌شود که عامل تغییر و هدف از طریق شکاف و نارسایی در مانع از آن عبور کنند و به هم برسند که نتیجه این ملاقات ایجاد واقعه است.
- مانع مؤثر: این گره مانعی را نشان می‌دهد که دچار شکست نشده است و در کنترل بهبودی و بازگرداندن شرایط مؤثر بوده، همچنین از بروز صدمات و خسارات تبعی و غیرمستقیم که به دنبال واقعه حقیقی و پس‌ازآن رخ می‌دهند جلوگیری کرده است.
- مانع مفقود: مانعی که هرگز درجایش نبوده، اما انتظار بر آن بود که آنجا باشد و شناسایی کسی که می‌بایست مانع را طراحی یا اجرا می‌کرده، غیرممکن است. درصورتی‌که مانع مفقود (که قبلاً موجود بوده) برداشته‌شده باشد یا امکان شناسایی کسی که می‌بایست مانع را طراحی می‌کرده است، وجود داشته باشد آن مانع به‌عنوان مانع شکست‌خورده مطرح می‌شود.
- مانع نامناسب: مانعی که توسط سازمان به‌عنوان اقدام کنترلی مدیریتی تشخیص و بنانهاده می‌شود، اما نمی‌تواند از آزاد شدن عامل تغییر جلوگیری کند و دچار نقص می‌شود (مثل حصاری که برای جلوگیری از عبور و مرور ساخته‌شده باشد اما به‌اندازه کافی بلند نباشد و افراد از آن بالا بروند و از مانع عبور کنند). علامت نشان‌دهنده این مانع با مانع مفقودی فرقی ندارد (۲۶).

۲-۳-شناسایی علل بی‌واسطه و مستقیم و پیش‌شرط‌ها و علت‌های پنهان:

درنهایت در درخت Tripod Beta مسیرهای علت بروز یک حادثه (علت مستقیم یا بی‌واسطه، پیش‌شرط‌ها و علت ریشه‌ای یا پنهان) برای هر رویداد نشان داده شدند. شرح هرکدام از علت‌ها و پیش‌فرض‌ها به ترتیب زیر است:

علت بی‌واسطه (مستقیم): اقدام، غفلت یا نقص فنی است که موجب شکست مانع شده و به‌طور مستقیم به آن وصل می‌شود شامل انجام اعمال ناایمن توسط افراد و شرایط ناایمن مثل تجهیزات معیوب و نقص فنی می‌شود. همیشه فقط یک علت بی‌واسطه متصل به شکست مانع وجود دارد که نشان‌دهنده علت شکست است. پیش‌شرط‌ها جو ایمنی محیطی، روانی و موقعیتی سیستم و سازمان هستند که به رشد علت‌های بی‌واسطه کمک می‌کنند. به عبارت ساده‌تر می‌توان پیش‌شرط را با پرسیدن این سؤال پیدا کرد (چرا فرد یا گروهی از افراد مسبب شکست بوده‌اند، این باور یا برداشت را داشته‌اند که عملشان ستودنی، اجتناب‌ناپذیر، عادی و معمولی بوده است؟). علت ریشه‌ای (پنهان): یک علت پنهان منشأ یک پیش‌شرط سازمانی است با این تعریف علت پنهان یک گره پایانی خواهد بود. تعداد زیادی از علت‌های پنهان می‌توانند به هر پیش‌شرط متصل شده باشد. عوامل ریسک پایه‌ای یا اصلی[۱۱] یا ارجاع به عناصر سیستم مدیریتی به‌عنوان علت‌های پنهان قلمداد می‌شوند. در روش Tripod Beta با تمرکز بر روی انواع نقص‌ها، کلیه نقص‌های پنهان به ۱۱ نوع عوامل ریسک اصلی شامل: سخت‌افزار (تأسیسات، تجهیزات، ابزار)، طراحی، مدیریت تعمیر و نگهداری، روش‌های اجرایی، شرایط ایجادکننده خطا، نظم و نظافت در محیط کار، اهداف ناسازگار، ارتباطات، سازمان، آموزش، روش‌ها و تجهیزات دفاعی تقسیم‌بندی می‌شود که هر دسته از آن‌ها سطح متمایزی از فعالیت‌های مدیریت را پوشش می‌دهد. پس از شناسایی عوامل ریسک اصلی و پیش شرایط و علت‌های پنهان، درختواره‌های Tripod Beta رسم گردید (۲۶).

۳- ارائه اقدامات اصلاحی

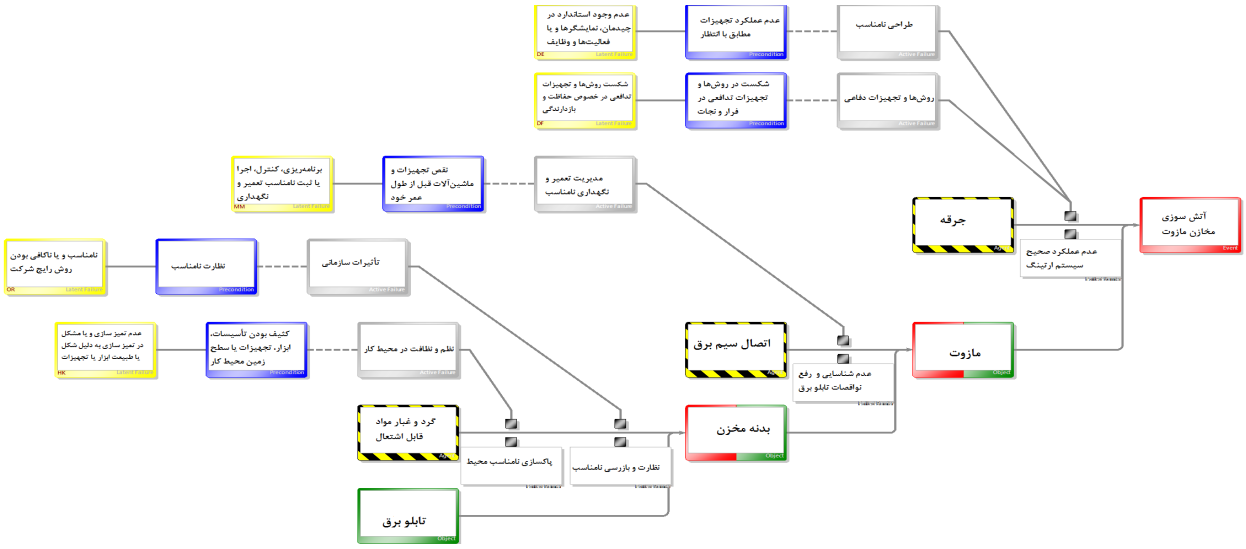
در این مرحله برای مانع‌های معیوب یا مفقود پنهان، حداقل یک توصیه یا پیشنهاد ارائه گردید.

یافته‌ها

پس از شناسایی عوامل اصلی ریسک و پیش شرایط و علت‌های پنهان، درختواره اصلی مطابق با تکنیک Tripod Beta رسم گردید. در مطالعه حاضر سه سناریو محتمل وقوع آتش‌سوزی در مخازن مازوت در اثر نقص و خوردگی دیواره مخازن، اتصال سیم برق و وجود گردوغبار قابل‌احتراق و همچنین صاعقه مدل‌سازی شدند. در شکل۱ آتش‌سوزی مخازن مازوت در اثر اتصال سیم برق و وجود گردوغبار قابل‌احتراق در صورت عدم عملکرد سامانه اتصال زمین نشان داده‌شده است.

۹. Barrire
۱۰. Failed Barrier
۱۱. Basic Risk Factors (BRFs)

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.



شکل ۱- آنالیز حادثه منجر به آتش‌سوزی مخازن مازوت به روش Tripod Beta

گردوغبار قابل‌احتراق در صورت پاک‌سازی نامناسب محیط کار، نظارت و بازرسی نامناسب می‌تواند در صوت وجود منابع جرقه باعث ایجاد آتش‌سوزی در بدنه مخازن شود. پاک‌سازی نامناسب محیط کار مربوط به نظم و نظافت نامناسب در محیط کار (HK) است که پیش شرایط مربوطه شامل کثیف بودن تأسیسات، ابزار، تجهیزات یا سطح زمین در محیط کار، ناخوانا بودن ابزارهای سنجش، عدم دسترسی سریع به مواد (۶A) است. علت پنهان تأثیرگذار نیز عدم تمیز سازی و یا مشکل در تمیز سازی به دلیل شکل یا ماهیت ابزار یا تجهیزات (۶-۱) است. نظارت و بازرسی نامناسب نیز مربوط به تأثیرات سازمانی (OR) و در اثر علت بی‌واسطه نظارت نامناسب شامل غیبت سرپرستان یا مشغله زیاد آن‌ها، کامل کردن نامناسب مجوز کار (۹A) و علت پنهان نامناسب و یا ناکافی بودن روش رایج شرکت (۹-۳) است.

اتصال سیم برق نیز می‌تواند در اثر مدیریت تعمیر و نگهداری نامناسب (MM) به وجود آید که پیش شرایط مربوطه شامل شکست تجهیزات و ماشین‌آلات قبل از طول عمر خود و یا سطح خوردگی و خرابی بیش‌ازحد قابل‌قبول (۳A) می‌باشد. علت پنهان تأثیرگذار نیز برنامه‌ریزی، کنترل، اجرا یا ثبت نامناسب تعمیر و نگهداری (۳-۱) است. عدم عملکرد سیستم ارتینگ نیز در اثر طراحی نامناسب و تجهیزات و روش‌های دفاعی اتفاق می‌افتد. طراحی نامناسب (Design) در اثر پیش شرایط مربوطه شامل عدم عملکرد تجهیزات مطابق با انتظار (2A) و علت پنهان نیز عدم وجود استاندارد در چیدمان، نمایشگرها و یا فعالیت‌ها و وظایف (۲-۱) است. روش‌ها و تجهیزات دفاعی (Defenses) نیز در اثر پیش شرایط شکست در روش‌ها و تجهیزات تدافعی در فرار و نجات (11A) و علت پنهان شکست روش‌ها و تجهیزات تدافعی در خصوص حفاظت و بازدارندگی (۱۱-۳) رخ می‌دهد.

جدول ۱. عوامل ریسک اصلی آتش‌سوزی مخازن مازوت

عوامل ریسک اصلی	فرکانس	درصد
مدیریت تعمیر و نگهداری	۲	۱۰/۵
شرایط ایجادکننده خطا	-	-
نظم و نظافت در محیط کار	۲	۱۰/۵
سخت‌افزار (تأسیسات، تجهیزات، ابزار)	۱	۵/۲
آموزش	۳	۱۵/۸
روش‌های اجرایی	-	-
روش‌ها و تجهیزات دفاعی	۷	۳۶/۸
سازمان	۳	۱۵/۸
اهداف ناسازگار	-	-
طراحی	۱	۵/۲
ارتباطات	-	-

در این مطالعه ۱۹ مورد از عوامل ریسک اصلی شناسایی شد. در میان عوامل ریسک اصلی بیشترین سهم مربوط به روش‌ها و تجهیزات دفاعی (۳۶/۸٪) و پس‌ازآن به ترتیب آموزش و سازمان (۱۵/۸٪)، نظم و نظافت در محیط کار و مدیریت تعمیر و نگهداری (۱۰/۵٪) و درنهایت طراحی و سخت‌افزار (۵/۲٪) بود (جدول ۱).

بررسی پیش شرایط و اشکالات پنهان هر نقص نشان داد که شکست روش‌ها و تجهیزات تدافعی در فرار و نجات (۱۱A) و نظارت نامناسب (۹A) به‌عنوان بیشترین پیش شرایط و تعریف نشدن روش رایج شرکت به‌طور مناسب یا کافی (۹-۳) به‌عنوان بیشترین اشکال پنهان شناسایی شد (جدول ۲).

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

جدول۲. پیش شرایط و اشکالات پنهان شناسایی‌شده مربوط به آتش‌سوزی مخازن مازوت

نقص و شکست اجزاء	عامل ریسک اصلی	پیش شرایط	اشکالات پنهان
کثیفی سطح صاعقه گیر و عمل نکردن	نظم و نظافت در محیط کار	کثیفی تأسیسات، ابزار، تجهیزات یا سطح زمین محیط کار	عدم تمیزسازی و یا تمیزسازی ناکافی محیط کار
در مدار نبودن سیستم صاعقه گیر در اثر آسیب ناشی از برخورد صاعقه	روش‌ها و تجهیزات دفاعی	ناکافی و نامناسب بودن مهار عواقب و پیامدهای ناشی از حادثه	شکست روش‌ها و تجهیزات تدافعی در خصوص حفاظت و بازدارندگی
نقص و خوردگی اجزای سیستم صاعقه گیر و یا سطحی که روی آن نصب‌شده	مدیریت تعمیر و نگهداری	نقص و شکست تجهیزات و ماشین‌آلات قبل از طول عمر مورد انتظار دچار	نامناسب بودن استراتژی تعمیر و نگهداری
خوردگی الکترودهای زمین صاعقه گیر	سخت‌افزار	نقص و شکست تجهیزات و ماشین‌آلات قبل از طول عمر مورد انتظار دچار	تعمیر و نگهداری ضعیف: برنامه‌ریزی، کنترل، اجرا یا ثبت نامناسب تعمیر و نگهداری تجهیزات
عدم پیروی از استانداردها و قوانین مهندسی در طراحی سیستم صاعقه گیر	طراحی	عمل نکردن تجهیزات مطابق با انتظار	عدم برقراری ارتباط مناسب بین طراح کاربر در فاز طراحی، مرحله اصلاح یا تحویل گیری
عدم کارایی کارکنان آتش‌نشانی شرکت در اطفاء حریق	روش‌ها و تجهیزات دفاعی	در دسترس نبودن، عدم استفاده و یا ناکافی بودن طرح‌های شرایط اضطراری	شکست روش‌ها و تجهیزات تدافعی در شناسایی و هشدار خطر
خطر آتش‌سوزی و یا انفجار به‌موقع شناسایی و پاسخ داده نشده		ناکافی یا نامناسب بودن مهار عواقب و پیامدهای ناشی از حادثه	اجرای نامناسب و ناکافی طرح‌های شرایط اضطراری آموزشی
نظارت ناکافی بر جوشکاری و تعمیرات و عدم استفاده از سیستم مجوز کار	سازمان	نظارت نامناسب	تعریف نامناسب یا ناکافی روش رایج شرکت
عدم درک صحیح کارکنان نسبت به سطح ریسک کار و عدم استفاده از تجهیزات و ابزار مجاز	آموزش	بهره مند نبودن کارکنان از دانش کافی یا بینش کافی نسبت به نوع کار و چگونگی انجام وظیفه	نبود راهنمای مناسب برای حداقل آموزش و تجربه‌های موردنیاز برای یک شغل خاص و نیز الزامات آموزش و دوره‌های آموزشی
عدم فراگیری ملاحظات ایمنی توسط کارکنان	آموزش	عدم تجربه کافی کارکنان نسبت به انجام‌وظیفه	ضعف مدیریت و سازمان‌دهی آموزش
نبود نظارت ناکافی بر بازرسی و بازدید از مخازن	سازمان	نظارت نامناسب	تعریف نامناسب یا ناکافی روش رایج شرکت
عدم کارایی کارکنان آتش‌نشانی شرکت در اطفاء حریق	روش‌ها و تجهیزات دفاعی	ناکافی و نامناسب بودن مهار عواقب و پیامدهای ناشی از حادثه	شکست روش‌ها و تجهیزات تدافعی در شناسایی و هشدار خطر
خطر آتش‌سوزی به‌موقع شناسایی و پاسخ داده نشده	روش‌ها و تجهیزات دفاعی	نقص و شکست تجهیزات و ماشین‌آلات قبل از طول عمر مورد انتظار دچار	اجرای نامناسب و ناکافی طرح‌های شرایط اضطراری آموزشی
طراحی نادرست سیستم ارتینگ و عدم عملکرد صحیح	طراحی	عمل نکردن تجهیزات مطابق با انتظار	عدم وجود استاندارد در چیدمان، نمایشگرها و یا فعالیت‌ها و وظایف)
عدم عملکرد صحیح سیستم ارتینگ	روش‌ها و تجهیزات دفاعی	در دسترس نبودن، عدم استفاده و یا ناکافی بودن طرح‌های شرایط اضطراری	شکست روش‌ها و تجهیزات تدافعی در خصوص حفاظت و بازدارندگی
عدم شناسایی نواقص مربوط به تابلو برق	مدیریت تعمیر و نگهداری	نقص و شکست تجهیزات و ماشین‌آلات قبل از طول عمر مورد انتظار دچار	برنامه‌ریزی،کنترل، اجرا یا ثبت نامناسب تعمیر و نگهداری تجهیزات
نبود نظارت کافی و عدم بازرسی از سطح مخازن	سازمان	نظارت نامناسب	تعریف نامناسب یا ناکافی روش رایج شرکت

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

بحث

در این مطالعه ۱۹ عامل ریسک اصلی شناسایی شد که مهم‌ترین آن روش‌ها و تجهیزات دفاعی بوده و سخت‌افزار و طراحی دارای کمترین اهمیت بود. روش‌ها و تجهیزات دفاعی به‌عنوان مهم‌ترین عامل ریسک اصلی می‌تواند در اثر عوامل ایجاد نقص در سامانه‌ها و تجهیزات کنترل خطرات منجر به آتش‌سوزی مانند سیستم اتصال زمین یا صاعقه گیر در مخازن به وجود آید که این سامانه‌ها به‌عنوان مانع حفاظتی اصلی در مقابل ایجاد آتش‌سوزی هستند و در صورت نقص این سامانه‌ها پتانسیل تبدیل خطر به حادثه به حداکثر مقدار خود می‌رسد. یافته‌های مطالعه‌ای بر روی مخازن ذخیره‌سازی نشان داد که علل پنج واقعه با احتمال ایجاد آتش‌سوزی و انفجار شامل بالاتر از حد انفجار بودن گاز، تهویه ضعیف، مخزن غیرمجاز، دستگاه بدون بازرسی منظم و نبود سیم اتصال به زمین دستگاه بود که یافته‌های این مطالعه نیز در تجهیزات دفاعی، طراحی و سخت‌افزار و مدیریت تعمیر و نگهداری مشابه تحقیق حاضر است (۲۷). روش‌ها و تجهیزات دفاعی همچنین می‌تواند ناشی از شکست در کاهش پیامدهای ناشی از نواقصی مانند عدم واکنش مناسب تیم شرایط اضطراری و آتش‌نشانی به حادثه رخ دهد. در سایر مطالعات نیز آخرین سطح حفاظتی یک واحد فرآیندی برنامه شرایط اضطراری بیان‌شده که هدف از این برنامه ایجاد سازمان‌دهی قابلیت بالای آمادگی در شرایط اضطراری جهت پیشگیری و کاهش میزان خسارت احتمالی است (۲۸). این یافته با نتایج مطالعه کاریزنوی و همکاران که بیان کردند برنامه جامع واکنش در شرایط اضطراری مانند وقوع آش سوزی در اولویت نخست واحد ایمنی قرار گیرد، تطابق دارد (۲۳). لذا با توجه به مشکلات موجود در آمادگی و واکنش در شرایط اضطراری پیشنهاد می‌گردد یک برنامه جامع آمادگی و واکنش در شرایط اضطراری در شرکت تدوین شود تا از طریق آموزش‌های مدون و برگزاری مانورها بتوان آمادگی لازم برای واکنش به شرایط اضطراری مانند آتش‌سوزی در مخازن را داشت و احتمال وقوع و پیامدهای ناشی از حادثه را به حداقل رساند.

پس از روش‌ها و تجهیزات دفاعی، آموزش به‌عنوان دومین عامل اصلی ریسک شناسایی شد. آموزش نامناسب شامل مواردی است که کارکنان صلاحیت و تجربه کافی نداشته و یا فرآیند آموزش در سازمان نامناسب باشد که می‌تواند ناشی از نامناسب بودن فرآیند استخدام، عدم وجود استاندارد آموزشی، عدم ارزیابی اثربخشی آموزشی، عدم اختصاص منابع کافی، نبود پرونده آموزشی و بالاخره نبود راهنمای مناسب آموزشی باشد. آموزش اثربخش می‌تواند با عنایت به تعیین درست نیازهای آموزشی ایمنی، روش‌های بهینه آموزش و ارزیابی اثربخشی دوره‌ها نقش به سزایی در تقویت فرهنگ ایمنی و متعاقباً کاهش حوادث و کنترل ضایعات و خسارات را داشته باشد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که آموزش ایمنی به‌طور مثبت با بهبود مشارکت ایمنی، آگاهی، دانش، رفتار و انگیزه ارتباط دارد (۲۹) و آموزش ایمنی می‌تواند به‌طور مستقیم بر روی فرهنگ ایمنی و کاهش حوادث تأثیرگذار باشد (۳۰). همچنین فرهنگ ایمنی خوب نیاز به سرمایه‌گذاری، آموزش و ارتقاء انگیزه‌های ایمنی دارد (۳۱). تاکنون مطالعات متعددی در خصوص مخازن سوخت در صنایع مختلف مانند پتروشیمی‌ها و پالایشگاه‌ها انجام‌شده است که نتایج مشابهی داشته است. مقایسه نتایج مطالعه حاضر با تحقیقات شاهدی علی‌آبادی و همکاران در بررسی ارزیابی پیامد حریق گاز متان با استفاده از تجزیه‌وتحلیل خطر، مدل‌سازی و ارزیابی پیامدهای احتمالی نشان داد که تطابق نسبتاً یکسانی بین نتایج دو تحقیق وجود دارد. در این تحقیق عوامل مکانیکی، انسانی و فرآیندی در نشت گاز مؤثر شناخته شد که در این راستا برگزاری دوره‌های آموزشی و اقدامات مؤثر در پیشگیری و اطفاء حریق، اجرای قوانین ایمنی، برطرف کردن نقایص در اسرع وقت و برگزاری دوره‌های آموزشی را در جهت کاهش تعداد تلفات پیشنهاد دادند که در تحقیق حاضر نیز آموزش در رده دوم عوامل ریسک اصلی قرار داشت (۲۲). ازاین‌رو اهمیت دادن به امر آموزش‌های ایمنی کارکنان می‌تواند درک آن‌ها را از امور ایمنی و خطرات موجود در محل کار افزایش داده و از طریق کاهش اعمال ناایمن آن‌ها، میزان احتمال وقوع حوادث و پیامدهای ناشی از آن‌ها را کاهش دهد.

سازمان‌دهی نامناسب در محل موردمطالعه اعم از توزیع نامناسب منابع سازمانی و نبود منابع کافی جهت ایمن‌سازی محیط و نیز نظارت ناکافی بر روی اعمال کارکنان سبب می‌شود که رفتارهای ناایمن پنهان مانده و برخورد مناسبی با افرادی که رفتار ناایمن داشته‌اند صورت نگیرد و فرهنگ ایمنی لازم ایجاد نگردد که در اثر این اولویت‌دهی نامناسب منابع، شرایط ایجادکننده‌ی حوادث رخ می‌دهد. در پژوهشی که درزمینه‌ی ارزش برنامه‌های ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست بر روی محیط کار و نیروی کار انجام گرفت نتایج نشان داد که در اولویت گذاشتن برنامه‌های ایمنی در سیاست‌های اصلی سازمان باعث افزایش بهره‌وری و بالا بردن روحیه کارکنان و احساس مسئولیت‌پذیری آن‌ها می‌شود که با نتایج این مطالعه همسو است (۳۲). لذا نقص در ساختار، فلسفه و فرآیندهای سازمانی یا استراتژی مدیریت منجر به ابهام در مسئولیت‌های ایمنی و کاهش اثربخشی مدیریت در محیط کار می‌شود که می‌توان با تخصیص مناسب منابع و انجام فعالیت‌های نظارتی مناسب و نیز بسترسازی جهت ایجاد فرهنگ ایمنی از ایجاد حوادث جلوگیری نمود.

در مطالعه حاضر مدیریت تعمیر و نگهداری در محیط کار از عناصر کلیدی مؤثر دیگر در بروز حادثه است. نواقص موجود در مدیریت تعمیر و نگهداری شامل برنامه‌ریزی، کنترل، اجرا یا ثبت نامناسب

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

تعمیر و نگهداری تجهیزات بود که در اثر وجود محدودیت در تعداد کارکنان، زمان و تأمین منابع مالی جهت انجام عملیات تعمیر و نگهداری، ابزار و تجهیزات به‌درستی عمل‌نکرده و نقص خوردگی و مشکلات موجود اصلاح نمی‌شود که درنهایت می‌تواند منجر به بروز حوادث گردد. در مطالعات قبلی نقش مثبت پیاده‌سازی سیستم مدیریت تعمیر و نگهداری در کاهش حوادث و ارتقاء شاخص‌های ایمنی و قابلیت اطمینان سیستم مورد تأکید قرارگرفته که همسو با یافته‌های مطالعه حاضر است (۳۳ و ۳۴). در مطالعه دیگری رابطه مستقیم بین بهبود شاخص‌های تعمیر و نگهداری بر شاخص‌های ایمنی نشان داده‌شده است که همانند یافته‌های این مطالعه نقش تعمیر و نگهداری را در بهبود سیستم ایمنی مشخص می‌کند (۳۵). نتایج این مطالعه همچنین با یافته‌های پژوهش جیمز و همکاران که تعمیر و نگهداری و عملکرد ضعیف را در وقوع حوادث مخازن تأسیسات صنعتی مؤثر شناسایی کردند مطابقت دارد (۳۶). لذا لازم است ضمن تشریح چگونگی انجام فعالیت‌های تعمیر و نگهداری، شرایط لازم جهت برنامه‌ریزی، کنترل و هدایت برنامه‌های تعمیر و نگهداری به‌صورت دوره‌ای در تأسیسات، تجهیزات و ماشین‌آلات را به نحوی فراهم آورد که بتوان با رعایت نکات ایمنی در جهت کنترل و کاهش حوادث گام برداشت.

نظم و انضباط در محیط کاری موردمطالعه از عوامل مؤثر دیگر در بروز شرایط ایجادکننده حادثه بود. این عامل به عدم توجه کافی به تمیز یا مرتب نگه‌داشتن محیط کار و نظم و نظافت مربوط می‌شود که منجر به کثیف، نامرتب بودن و چیدمان نامناسب تأسیسات، ابزار و تجهیزات می‌شود که ناشی از ناکافی بودن فضا و یا عدم تخصیص برنامه‌های نظافتی مناسب است. کثیف بودن سطوح تجهیزات و عدم نظافت می‌تواند باعث عملکرد نامناسب و یا عدم عملکرد تجهیزات حفاظتی و ایمنی شود. در مطالعه‌ای باهدف بررسی اثر بازخورد مثبت نظم و انضباط صنعتی بر تعداد حوادث و با پیگیری دوساله شاخص نظم و انضباط کاری در محیط کار نشان داده شد که به دلیل بهبود این شاخص حوادث ۷۰ تا ۹۰٪ کاهش یافت (۳۷) که بیانگر اهمیت نظم و انضباط در محیط کار بوده و همسو با نتایج مطالعه حاضر است. لذا پیشنهاد می‌گردد ضمن تدوین برنامه نظافتی مناسب برای کلیه تجهیزات و تأسیسات و ماشین‌آلات، بازرسی‌های دوره‌ای از وضعیت نظم و انضباط به عمل آید تا در صورت جود نقص بتوان با مشاهده و اصلاح به‌موقع از بروز حوادث جلوگیری به عمل آورد.

طراحی نامناسب ابزار یا تجهیزات به‌طوری‌که کاربر به‌راحتی قادر به استفاده صحیح از آن‌ها نباشد به‌عنوان عامل ریسک اصلی بعدی شناسایی شد. نقص در طراحی سبب عدم عملکرد صحیح و مشکل بودن کاربری تجهیزات شده و نیاز به استفاده از یک روش عملیاتی اصلاح‌شده را ضروری می‌کند. طراحی نامناسب ناشی از وجود محدودیت‌های مالی و زمانی، عدم ارتباط بین کاربر و طراح و عدم رعایت استانداردها است. امروزه به‌کارگیری تکنیک‌های ایمنی ذاتی به‌منظور طراحی فرآیند صنعتی به‌صورت گسترده موردقبول قرارگرفته است (۳۸). نتایج یک مطالعه نشان داد که مهم‌ترین تصمیمات در رابطه با اصول طراحی ذاتاً ایمن‌تر و کاربرد آن در خلال فرآیند می‌بایست در همان فازهای اولیه طراحی مفهومی فرآیند و توسعه آن اتخاذ گردد (۳۹) که اهمیت طراحی درست را بیان می‌کند. طراحی ذاتاً ایمن‌تر اشاره به خواص و ویژگی‌های ذاتی فرآیند دارد به‌گونه‌ای که با توجه به آن‌ها و بدون استفاده از ابزارهای کمکی بتوان خطرات شناسایی‌شده را حذف و کنترل نمود (۴۰). بنابراین باید ضمن رعایت استانداردها و اصول قانونی موردنیاز، طراحی اصولی و ایمن ابزار و تجهیزات در فازهای اولیه سیستم نیز انجام پذیرد.

سخت‌افزار نیز آخرین عامل مؤثر در بروز حادثه آتش‌سوزی مخازن مازوت است که شامل شرایط و کیفیت نامطلوب، در دسترس نبودن و یا نامناسب بودن ماشین‌آلات، ابزار و تجهیزات بود که ناشی از عدم اختصاص منابع، تعمیر و نگهداری نامناسب، استفاده نادرست از تجهیزات و یا گزارش دهی اشتباه وضعیت تجهیزات بوده است. مطالعات قبلی نشان داده است که اگر استفاده از ابزار و وسایل غیراستاندارد یک مورد افزایش یابد، اعداد حوادث شغلی منجر به فوت ۰/۱۱۲۸ واحد افزایش می‌یابد (۴۱) که اهمیت استفاده از سخت‌افزار استاندارد را همانند نتایج این مطالعه بیان می‌کند. با مطلوب بودن شرایط ابزار و تجهیزات درنتیجه‌ی تعمیر و نگهداری مناسب و استفاده صحیح و اصولی از آن‌ها و همچنین داشتن برنامه‌های نظارتی مناسب می‌توان از بروز حوادث جلوگیری نمود.

روش بکار رفته در این مطالعه Tripod Beta است که این روش به‌طور گرافیکی تمامی اهداف، عامل‌ها و اتفاقات موجود هر حادثه و تمامی موانع شکست‌خورده و یا مانع مفقود را نشان می‌دهد و با نمایش مسیرهای علت حادثه درک روشنی از حوادث ارائه می‌دهد. این روش را می‌توان بدون نیاز به نرم‌افزار نیز اجرا و پیاده‌سازی نمود و نیازمند آموزش‌های سخت و پیچیده نیست. روش Tripod Beta سطوح تجزیه‌وتحلیل نسبتاً گسترده‌ای را ارائه می‌دهد؛ اما توانایی پوشش علل خارج سازمانی را ندارد (۴۲). ازجمله ضعف‌های مدل Tripod Beta تمرکز آن بر رویدادهاست و کمتر به لایه‌های فنی- اجتماعی که به این رویدادها منجر می‌شوند، می‌پردازد (۴۳). مدل‌سازی علل حادثه آتش‌سوزی مخازن مازوت شناسایی فاکتورهای مؤثر در بروز حادثه را ممکن ساخت که یافته‌های این مطالعه می‌تواند در شرکت مطالعه و شرکت‌های مشابه برای شناخت بهتر فاکتورهای مؤثر در وقوع حادثه و همچنین پیشگیری از آن مورداستفاده قرار گیرد. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به طولانی بودن زمان جمع‌آوری

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

و واکاوی داه ها برای مدل‌سازی حادثه اشاره کرد چراکه وقت زیادی صرف جمع‌آوری و بررسی مستندات کاغذی، هماهنگی و گفتگو با کارکنان شرکت شد. همچنین در دسترس نبودن مستندات دقیق مربوط به تجهیزات از محدودیت‌های انجام مطالعه بود که از طریق مصاحبه با افراد و بررسی سوابق تعمیر و نگهداری این مسئله برطرف گردید.

به طور کلی، نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که روش‌ها و تجهیزات دفاعی، آموزش و سازمان به ترتیب بیشترین نقش را در ایجاد آتش‌سوزی مخازن مازوت داشتند. توجه بیشتر به روش‌ها و تجهیزات دفاعی در کنار عوامل سازمانی و آموزش کارکنان در جهت پیشگیری و کاهش خطرات در این‌گونه حوادث ضروری است. به‌طوری‌که با استفاده از روش‌ها و تجهیزات حفاظتی، اطلاع‌رسانی کافی در مورد خطرات موجود در محیط کار به کارکنان، اجرای مناسب و کافی طرح‌های شرایط اضطراری، به‌کارگیری کارکنان بادانش، تجربه و آموزش کافی و تخصیص بودجه کافی جهت آموزش کارکنان بر اساس استانداردهای آموزشی و بررسی اثربخشی آموزشی می‌توان از وقوع حادثه آتش‌سوزی پیشگیری کرد. همچنین پیشنهاد می‌گردد نظارت مناسب بر فعالیت‌های کارکنان و ارزیابی عملکرد آن‌ها انجام و برنامه‌ریزی فعالیت‌ها و تخصیص منابع مناسب به‌درستی انجام شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته ارگونومی و طرح پژوهشی مصوب دانشگاه علوم پزشکی ارومیه با کد اخلاق IR.UMSU.REC.۱۳۹۸.۱۸۲ است. نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از مدیریت محترم شرکت، کارکنان واحد (سلامتی ، ایمنی، محیط زیست و انرژی) و کارکنان شرکت معدنی مورد مطالعه به سبب همکاری‌هایشان اعلام می‌دارند.

References

1. https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--en/index.htm.

2.http://en.imo.ir.

3-http://www.ilo.org/global/about-the-ilo/news room/features/WCMS_075615/langen/index. htm.

4. Paltrinieri N, Øien K, Cozzani V. Assessment and comparison of two early warning indicator methods in the perspective of prevention of atypical accident scenarios. Reliability Engineering & System Safety. 2012;108:21-31.

5. Brown S, Inskip H, Barraclough B. Causes of the excess mortality of schizophrenia. The British journal of psychiatry. 2000;177(3):212-7.

6. Rasmussen K, Glasscock DJ, Hansen ON, Carstensen O, Jepsen JF, Nielsen KJ. Worker participation in change processes in a Danish industrial setting. American journal of industrial medicine. 2006 Sep;49(9):767-79.

7. Shin M, Lee HS, Park M, Moon M, Han S. A system dynamics approach for modeling construction workers' safety attitudes and behaviors. Accident Analysis & Prevention. 2014 Jul 1;68:95-105.

8. 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. Safety Promotion and Injury Prevention. 2020;8(1):46-57.

9. Mohammadi G, Azimi Y, Sarkheil H, Bodaghjamali J. Modeling and Evaluation of the Benzene Leakage Consequences in the Coking Plant of Isfahan Steel Company. Safety Promotion and Injury Prevention. 2019 Dec 22;7(1):10-9.

10. Al-Shanini A, Ahmad A, Khan F. Accident modelling and analysis in process industries. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2014 Nov 1;32:319-34.

11. Qureshi ZH. A review of accident modelling approaches for complex critical sociotechnical systems. Deffence Science and Technology Organization Edinburg (Ausralia) Command Control Communicationsand Intelligency Div; 2008.

12. Edwards DR. Tripod Beta: Guidance on Using Tripod Beta in the Investigation and Analysis of

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

accidents triggered by lightning. Journal of hazardous materials. 2010;184(1-3):42-8.

21. Tauseef SM, Abbasi T, Abbasi SA. Development of a new chemical process-industry accident database to assist in past accident analysis. Journal of loss prevention in the process industries. 2011;24(4):426-31.

22. Assari MJ, Kalatpour O, Zarei E, Mohammadfam I. Consequence modeling of fire on Methane storage tanks in a gas refinery. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2016;3(1):51-9.

23. Kariznovi H, Farshad AA, Yarahmadi R, Khosravi Y, Yari P. Consequence Analysis of fire and explosion of a cylindrical LPG tank in a selected industry of oil and gas. Iran Occupational Health. 2017;14(3):37-45.

24. Gashtasebi E, Givehchi S, Nasrabadi M. Analysis of Gas Leak Events through the Combination of Tripod Beta and RCA Methods (Case Study: Fifth Refinery of South Pars Gas Complex). European Online Journal of Natural and Social Sciences. 2016;5(3)851-63.

25. Gower-Jones AD, van der Graf GC. Experience with Tripod BETA incident analysis. InSPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production 1998 Jan 1. Society of Petroleum Engineers.

26. Wagenaar WA, Groeneweg J, Hudson PT, Reason JT. Promoting safety in the oil industry. The ergonomics society lecture presented at the ergonomics society annual conference, Edinburgh, 13-16 April 1993. Ergonomics. 1994;37(12):1999-2013.

27. Hongguang A. Fault Tree Analysis of the Storage Tanks in the Chemical Industry. In2014 Fourth International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control 2014 Sep 18 (pp. 928-931). IEEE.

28. Center for Chemical Process Safety Staff. Guidelines Incidents, Accidents and Business Losses. Energy Institute; 2017.

13. Fam IM, Kianfar A, Faridan M. Application of tripod-beta approach and map–overlaying technique to analyze occupational fatal accidents in a chemical industry in Iran. International journal of occupational hygiene. 2010:30-6.

14. Poursoleiman MS, Mohammadfam I. derakhshanjazari M. Comparing the two techniques Tripod Beta and Mort at a critical accident analysis in power plant construction. Journal of Engineering Research and Applications. 2015;5(6):101-5.

15. 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;14(2):166-80.

16. Rikhardsson PM, Impgaard M. Corporate cost of occupational accidents: an activity-based analysis. Accident Analysis & Prevention. 2004;36(2):173-82.

17. Adl J, Ghahramani A. Risk assessment in a sweetening unit in an Iranian Gas Refinery. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2005;3(4):1-2.

18. Lee K, Kwon HM, Cho S, Kim J, Moon I. Improvements of safety management system in Korean chemical industry after a large chemical accident. Journal of loss prevention in the process industries. 2016;42:6-13.

19. Askaripoor T, Kazemi E, Aghaei H, Marzban M. Evaluating and comparison of fuzzy logic and analytical hierarchy process in ranking and quantitative safety risk analysis (case study: a combined cycle power plant). Safety Promotion and Injury Prevention. 2015;3(3):169-74.

20. Renni E, Krausmann E, Cozzani V. Industrial

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

36. Chang JI, Lin CC. A study of storage tank accidents. Journal of loss prevention in the process industries. 2006 Jan 1;19(1):51-9.

37. Saari J, Näsänen M. The effect of positive feedback on industrial housekeeping and accidents; a long-term study at a shipyard. International Journal of Industrial Ergonomics. 1989;4(3):201-11.

38. Shariff AM, Leong CT, Zaini D. Using process stream index (PSI) to assess inherent safety level during preliminary design stage. Safety science. 2012 ;50(4):1098-103.

39. Hurme M, Rahman M. Implementing inherent safety throughout process lifecycle. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2005 ;18(4-6):238-44.

40.Sarkheil H,Tavakoli J,Rezvani S.Inherent safety process assessment in the initial phase of the chemical design process: the case of acetic acid production process. Safety Promotion and Injury Prevention. 2016 ;4(1):63-8.

41. Mortazavi B, Zaraenejad A, Khavanin A, Asilian Mahabadi H. Study of Factors Related to Accidents Occuring during the Construction Phase of Oil, Gas and Petrochemical Projects. JSSU. 2008; 15 (4) :75-83

42. Sklet S. Comparison of some selected methods for accident investigation. Journal of hazardous materials. 2004;111(1-3):29-37.

43. 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.

on Technical Planning for On-site Emergencies. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers; 1995.

29. Lingard H. The effect of first aid training on Australian construction workers' occupational health and safety motivation and risk control behavior. Journal of safety research. 2002 ;33(2):209-30.

30. Choudhry RM, Fang D, Mohamed S. Developing a model of construction safety culture. Journal of management in engineering. 2007;23(4):207-12.

31. Teo EA, Ling FY. Developing a model to measure the effectiveness of safety management systems of construction sites. Building and Environment. 2006 ;41(11):1584-92.

32. Loomes G. (How) Can we value health, safety and the environment?. Journal of economic psychology. 2006 ;27(6):713-36.

33. Vatn J, Aven T. An approach to maintenance optimization where safety issues are important. Reliability Engineering & System Safety. 2010 ;95(1):58-63.

34. Macchi M, Garetti M, Centrone D, Fumagalli L, Pavirani GP. Maintenance management of railway infrastructures based on reliability analysis. Reliability Engineering & System Safety. 2012 ;104:71-83.

35. Martorell S, Sanchez A, Muñoz A, Pitarch JL, Serradell V, Roldan J. The use of maintenance indicators to evaluate the effects of maintenance programs on NPP performance and safety. Reliability engineering & System safety. 1999 ;65(2):85-94.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.