Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol. 14, No.1, Spring 2022
Pages: 40-56.

فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ۱۴ ، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱
صفحه: ۵۶-۴۰.

تجزیه و تحلیل علل ریشه ای حوادث ناشی از کار منجر به فوت در یک پالایشگاه گازی با استفاده از روش Tripod-Beta

عبدالرضا مشروفه [۱*]، محمد علی بلبلی [۲]، علی پوربااندری [۳]، حسن شروفه [۴]، سعید کریمی [۵]

چکیده

زمینه: بخش اعظم حوادث مهم در صنایع مختلف نه تنها قابل پیشگیری می‌باشند، بلکه شدت آن‌ها نیز قابل پیش بینی است؛ مشروط بر آنکه آنالیز حوادث با رویکرد پیشگیرانه و بر مبنای یافته های درست، به صورت اصولی ریشه یابی و تدابیر ایمنی در خصوص حوادث انجام گیرد.

روش بررسی: این پژوهش از نوع توصیفی- تحلیلی بوده و با استفاده از روش Tripod-Beta حوادث شغلی منجر به فوت ثبت شده در یک دوره ۱۰ ساله در بخش خشکی یکی از پالایشگاه های طرح توسعه پارس جنوبی، مورد آنالیز قرار گرفتند و عوامل ریسک اصلی، علل سطحی، پیش شرط‌ها و علت های پنهان و همچنین موانع حفاظتی موجود شناسایی و درختواره هر حادثه ترسیم گردید.

یافته ها: نتایج حاصل از آنالیز حوادث شغلی منجر به فوت نشان داد که ۲۶ علت سطحی، ۳۹ پیش شرایط و ۵۰ علل پنهان در بروز آن حوادث دخیل بوده است. ۶ عامل ریسک اساسی شامل نقص در مسئولیت پذیری (با ۵۷/۸ درصد)، آموزش (با ۲۲/۲ درصد)، تجهیزات، ابزارآلات و سخت‌افزار (۶/۷ درصد)، مدیریت نگهداری (۶/۷ درصد)، روش‌های اجرایی (۴/۴ درصد) و نقض در شرایط تقویت کننده خطا (۲/۲ درصد) بیشترین سهم را در وقوع حوادث داشتند.

نتیجه گیری: با اصلاح دو عامل اصلی مسئولیت‌پذیری و آموزش می‌توان بیش از ۸۰٪ از حوادث شغلی منجر به فوت را کنترل نمود. بنابراین، پیاده سازی سیستم نظارت موثر بر کار کارکنان، بکارگیری کارکنان دارای دانش و مهارت کافی و ارتقاء شاخص‌های آموزش باعث بالا رفتن درک و شناخت منابع خطر، بهبود ایمنی و کاهش بروز حوادث می گردد.

واژه های کلیدی: صنعت نفت و گاز، جراحات شغلی، حوادث صنعتی، آنالیز، مدل

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی پردیس نور، دانشگاه تربیت مدرس، مازندران، ایران
[۲] کارشناسی ارشد مهندسی HSE، گروه برنامه ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشکده مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[۳] کارشناسی ارشد مدیریت محیط زیست، گرایش مدیریت HSE ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، خوزستان، ایران
[۴] کارشناسی مهندسی بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)، دانشگاه علمی کاربردی لوله سازی اهواز، خوزستان، ایران
[۵] استادیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران
* (نویسنده مسئول)؛ تلفن تماس: ۹۱۰۶۴۰۲۸۰۱ (۹۸+)، پست الکترونیک: A.r.mashrofe@gmail.com
تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۱۰/۲۰ تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۱/۳۰

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]
[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

مقدمه

یکی از صنایع مهم کشور، صنعت نفت، گاز و پتروشیمی است. عوامل متعددی از قبیل استفاده از تجهیزات و ماشین آلات متنوع با ساختارهای ساده و پیچیده، منابع انسانی فراوان از فرهنگ ها و قومیت های متفاوت، گستردگی و پیچیدگی فعالیتها و عملیات های کاری، موقعیت مکانی و جغرافیایی، حضور گسترده مشاغل مختلف کاری، نوبت کاری های مختلف و غیره سبب شده است تا این صنعت از کانون های مهم حوادث شغلی تلقی گردد (۲,۱). حوادث شغلی یکی از مهمترین مشکلات کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه محسوب می شود و از نظر روانشناختی، سلامتی، اجتماعی، اقتصادی و سازمانی پیامدهای مهمی را به همراه دارند (۴,۳). براساس آمارهای ارائه شده توسط سازمان بین المللی کار سالانه حدود ۲۵۰ میلیون حادثه شغلی منجر به آسیب و ۳۵۰ هزار حادثه شغلی منجر به فوت در جهان رخ می دهد (۵)، بررسی های به عمل آمده در ایران نیز حکایت از ابعاد وسیع خسارات و آسیب های انسانی ناشی از این نوع حوادث دارد. به عنوان نمونه در فاصله سال های ۱۳۹۳ لغایت ۱۳۹۷ تعداد ۱۵۰۰۸۳ معاینه مرتبط با حوادث کار در سازمان پزشکی قانونی کشور صورت گرفته که از این تعداد ۱۴۱۷۵۴ معاینه سهم حوادث شغلی منجر به مصدومیت (غیرفوتی) و ۸۳۲۹ معاینه مربوط به حوادث شغلی منجر به فوت بوده است (۷,۶). در حال حاضر حوادث ناشی از کار به عنوان سومین عامل مرگ و میر در جهان و دومین عامل مرگ و میر در ایران بعد از حوادث جاده ای و حمل و نقلی محسوب می شوند (۸,۳). میزان بروز حوادث شغلی منجر به فوت در کشورهای در حال توسعه ۳ تا ۴ برابر کشورهای توسعه یافته صنعتی است (۳). در کنار خسارات مالی منتج از این نوع حوادث، مرگ زودرس، قطع عضو یا از کار افتادگی موقت یا دائمی کارگران در اثر حوادث ناشی از کار موجب اتلاف منابع انسانی به عنوان اصلی ترین سرمایه های سازمان می‌گردد (۴). سرمایه‌هایی که شاید بتوان در ظاهر و به صورت فیزیکی آن‌ها را جایگزین نمود؛ لیکن در حقیقت، از دست دادن آن‌ها قابل جبران یا تکرارپذیر نیست زیرا هر فرد دارای توانمندی، استعداد، دانش، مهارت و تجارب مختص به خود است.

حوادث ناشی از کار و تجزیه و تحلیل ریشه‌ای آن‌ها از جمله مهمترین موضوعات در زمینه ایمنی صنعتی به شمار می رود (۲). شناسایی دلایل و عوامل موثر در ایجاد حوادث موضوعی مهم و اساسی در پیشگیری از وقوع مجدد آن‌ها می باشد. به گونه ای که پیاده سازی تدابیر مدیریتی و مهندسی، مستلزم شناخت مهمترین و بیشترین علل موثر در وقوع حوادث است. تجزیه و تحلیل سناریوهای حوادث نشان می‌دهد که این رویدادها نتیجه نقص های موجود در سطوح مختلف سازمانی و فنی هستند (۸). عوامل فردی به عنوان یکی از عوامل اصلی، سهم چشمگیری در بروز حوادث شغلی داشته که شامل مجموعه‌ای از عوامل روانی، شخصیتی، فشار کاری ادراک شده، اعمال ناایمن و رفتارهای شغلی کارکنان است (۹,۸). نتایج اغلب مطالعات نشان می دهد که مهمترین عامل بروز حوادث، اعمال و رفتارهای ناایمن می باشد (۱۰,۹)، اما آنچه حائز اهمیت است دستیابی به عللی است که خود سبب بروز اعمال ناایمن شده است (۹,۸). جهت دستیابی به علل اصلی و ریشه یابی حوادث، یکی از مراحل اساسی و مهم کسب اطلاعاتی دقیق و استفاده از مدل های مناسب است تا با به بکارگیری آنها، احتمال وقوع حوادث مشابه در آینده کاهش یابد (۹). از جمله تکنیک هایی که حوادث شغلی را به صورت ریشه ای مورد تجزیه و تحلیل قرار می دهند، می توان به نمودار پارتو (اصل ۲۰-۸۰)، نمودار استخوان ماهی (ایشیکاوا / علت و معلولی)، اثرات دومینو، STEP (Sequential Timed Events Plotting)، MORT (Management Oversight and Risk Tree)، FTA (Fault Tree Analysis)، ETA (Event Tree Analysis)، DMAA (Data Mining for Accident Analysis)، SCAT (Systematic Cause Analysis Technique)، Accident-Map، Bow-Tie، Tripod-Beta و ... اشاره نمود (۱۳,۱۲,۱۱,۱۰,۹). پس از مطالعه و بررسی روش و تکنیک های موجود، روش تریپود بتا به لحاظ هزینه، زمان اجرا، سادگی، سهولت نمایش ارتباط بین خطاهای انسانی، آموزش، قابلیت اجرا و پیاده سازی بدون نیاز به نرم افزار، شرح گرافیکی واقعه و آنالیز حوادث از دو بعد کنترلی و دفاعی، انتخاب شد (۱۵,۱۴). تئوری این روش بر مبنای مدل پنیر سوئیسی است و به دلیل دارا بودن متدلوژی و جداول استاندارد به صورت گسترده در سازمان و صنایع مختلف مورد استفاده و استناد قرار می گیرد، قابلیت شناسایی و نمایش توالی زمانی و مکانی و همچنین علل مختلف وقوع حوادث را به طور نسبتاً جامع فراهم می کند. با بکارگیری این روش، می توان علل سطحی، پیش شرایط و علل پنهانی را که سبب وقوع رفتار و شرایط ناایمن شده‌اند، را شناسایی، مسیر وقوع حادثه را مشخص و نقص های موجود در سیستم های کنترلی و دفاعی را که در اثر عمل نکردن به موقع

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

سبب وقوع حادثه شده اند، بیان نمود (۱۶,۱۵,۱۴,۹).

در کشور ما، با استفاده از روش Tripod-Beta مطالعات گوناگونی به منظور بررسی و ریشه یابی حوادث ناشی از کار در صنایع مختلف از قبیل ریشه یابی حوادث شغلی در نیروگاه (۱۷,۱۶)، حوادث ترافیکی/جاده‌ای (۱۸)، نیروگاه سیکل ترکیبی (۱۹)، صنعت خودروسازی (۲۰,۹)، آتش سوزی مخازن مازوت کارخانه صنعتی (۸)، صنعت فولاد سازی (۱۴)، صنعت نفت، گاز و پتروشیمی (۲۳,۲۲,۱۵,۴)، پروژه سد سازی (۲۴)، صنایع شیمیایی (۲۵) و حوادث محیط زیستی ناشی از فعالیت های ساخت و بهره برداری نیروگاه گاز و بخار (۲) انجام گرفته است. این محققین اعلام نمودند که روش Tripod-Beta می تواند به عنوان یک روش نسبتاً کارآمد برای تجزیه و تحلیل حوادث استفاده نمود.

بخش اعظم حوادث مهم در صنایع نه تنها قابل پیشگیری می-باشد بلکه شدت آن‌ها نیز قابل پیش بینی و به تبع آن آسیب ها و خسارات مترتب نیز قابل کنترل است؛ مشروط بر آنکه تجزیه و تحلیل حوادث با رویکرد پیشگیرانه به درستی مدیریت شود و بر مبنای یافته های درست، به صورت اصولی و واقع بینانه علل بروز حوادث ریشه یابی و اقدامات اصلاحی و تدابیر ایمنی لازم به کارگیری شود. همچنین استفاده از فرایند مدیریت دانش و درس آموزی از حوادث به منظور روش مکمل در جهت پیشگیری از تکرار حوادث مشابه بسیار موثر می باشد. بنابراین این مطالعه با هدف ارزیابی جامع و تجزیه و تحلیل ریشه‌ای حوادث شغلی منجر به فوت که طی یک دوره زمانی ده ساله (۱۳۹۰ لغایت ۱۳۹۹) در یکی از پروژه های ساخت پالایشگاه های گازی پارس جنوبی به وقوع پیوسته است، با استفاده از روش Tripod-Beta طراحی و به اجرا در آمده است.

مواد و روش ها

جامعه آماری و منطقه مورد مطالعه: پالایشگاه‌های گاز پارس جنوبی مجموعه‌ای از ۱۴ پالایشگاه گازی است که برای پالایش گاز طبیعی حاصل از میدان گازی مشترک پارس جنوبی بوجود آمده است. این پالایشگاه‌ها در محدوده شهرهای عسلویه، کنگان و تمبک واقع شده‌اند. این مجموعه متشکل از ۲۴ فاز می‌باشد که با عنوان طرح توسعه پارس جنوبی از تاریخ مهر ۱۳۷۶ خورشیدی آغاز به کار نموده است (۲۶). در این تحقیق کلیه اطلاعات حوادث شغلی منجر به فوت (جامعه آماری ۳ حادثه شغلی در مجموع ۵ فوتی) در یک دوره ۱۰ ساله از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۹ در بخش خشکی پروژه ساخت یکی از پالایشگاه های طرح توسعه پارس جنوبی به وقوع پیوسته و ثبت شده، به عنوان مورد مطالعاتی انتخاب گردیده و مورد بررسی قرار گرفته است. در گام اول اطلاعات و داده های مورد نیاز و مرتبط با حوادث منجر به فوت از طریق مطالعه مستندات مربوطه از قبیل گزارش حادثه، اظهارات شهود حاضر در صحنه حادثه، گزارش کارشناسان مدیریت HSE، گزارش واحد بهداری و گزارش کارشناس بازرس اداره کار و نماینده دادستان شهرستان کنگان جمع آوری گردید. در گام دوم سایر اسناد، مدارک و مستندات شامل سوابق رویدادها، وجود و کفایت روش-های اجرایی و دستورالعمل‌ها، وجود و اعتبار گواهی سلامت فنی و کالیبراسیون تجهیزات دخیل و یا مورد استفاده در زمان وقوع حادثه، اسناد و فرم های تکمیل گردیده "تعمیر و نگهداری" و سایر اسناد و مدارک فنی مورد بررسی قرار گرفت.

متدلوژی روش Tripod-Beta:

این روش در اواسط دهه ۱۹۹۰ میلادی در یک پروژه مشارکتی توسط دانشگاه لیدن (Leiden) هلند و دانشگاه منچستر انگلستان به منظور استفاده در صنعت نفت توسعه داده شد (۲۷). این روش به شرح جنبه‌های مختلف مدیریت خطر در بروز حوادث می پردازد و تمرکز آن بر خطای انسانی و چگونگی کاهش آن است و با ساختار درختواره ای که دارد مکانیسم حادثه و روابط بین آن‌ها را نمایش می دهد (۲۷,۸).

این روش با ساختاری درختواره‌ای و طی مراحل ذیل مورد بررسی و آنالیز قرار می گیرد:

۱) در فاز اول رسم درختواره، سه عامل مخاطره (عنصری که باعث ایجاد آسیب گشته) (Agent of Change)، هدف (عنصر آسیب دیده در این رویداد) (Object) و رویداد (Event) تعیین گردید.

۲) در فاز دوم رسم درختواره، موانع و اقدامات کنترلی ضروری که وجود نداشته و یا اشتباه عمل نموده اند، به آن اضافه شد. موانع به شرح ذیل مشخص گردید (۲۷,۸):

- مانع معیوب (Failed Barrier): این مانع زمانی نمایش داده می شود که عامل تغییر و هدف از طریق شکاف و نارسایی در مانع از آن عبور کنند و به یکدیگر برسند که نتیجه این تلاقی ایجاد واقعه است.
- مانع موثر (Effective Barrier): این گره مانعی را نشان می دهد که دچار شکست نشده است و در کنترل بهبودی و بازگرداندن شرایط موثر بوده است، همچنین از بروز صدمات و خسارات تبعی و غیر مستقیم که به دنبال واقعه حقیقی و پس از

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]
[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

آن رخ می دهند، جلوگیری کرده است.

❷ مانع مفقود (Missing Barrier): مانعی که هرگز در محلش قرار نداشته، در حالیکه انتظار بر آن بود که باشد و شناسایی کسی که می بایست مانع را طراحی یا اجرا می کرده، غیرممکن است. در صورتی که مانع مفقود (که قبلاً موجود بوده) برداشته شده باشد یا امکان شناسایی کسی که می بایست مانع را طراحی می کرده است، وجود داشته باشد آن مانع به عنوان مانع شکست خورده مطرح می شود.

❷ مانع نامناسب (Inadequate Barrier): مانعی که توسط سازمان به عنوان اقدام کنترلی مدیریتی تشخیص و بنا نهاده می شود، اما نمی تواند از آزاد شدن عامل تغییر جلوگیری کند و دچار نقص می شود. عامل نشان دهنده این مانع با مانع مفقودی فرقی ندارد.

۳) در فاز نهایی، مسیرهای دلایل بروز حادثه (دلایل مستقیم یا بی واسطه، پیش شرط ها و دلایل ریشه ای یا پنهان) برای هر رویداد نشان داده می شود. طبقه بندی دلایل پنهان در این روش به صورت زیر می باشد (۲۸,۲۶,۱۳):

۳-۱) طراحی (Design): نقص در چیدمان یا طراحی تاسیسات، تجهیزات، دستگاه ها، ایستگاه ها و ابزارها که منجر به استفاده نادرست یا رفتار غلط شده و احتمال رفتار اشتباه را افزایش می دهد.

۳-۲) سخت افزار / ابزار و تجهیزات (Hardware or Tools & Equipment): به خرابی های مربوط به کیفیت نامناسب مواد یا ساختار، در دسترس نبودن سخت افزارهای لازم و خطاهای مربوط به فرسودگی سیستم

۳-۳) مدیریت نگهداری (Maintenance Management): خطاهای سیستم برای حصول اطمینان از یکپارچگی فنی و صحت تاسیسات، تسهیلات، دستگاه ها، تجهیزات و ابزار مانند پایش شرایط، موانع ایجاد شده برای خوردگی، آزمون و تایید تجهیزات و غیره خطاهای مربوط به اجرای تعمیرات نگهداری در سایر دلایل پنهان جای می گیرند.

۳-۴) ضبط و ربط کارگاهی (Housekeeping): نقایص مربوط به نظم و انضباط در محیط کار، تامین فضا و منابع کافی، جمع آوری ضایعات، تابلوها یا نشانگرهای هشداری یا اخباری و غیره.

۳-۵) شرایط تقویت کننده خطا (Error Enforcing Conditions): فاکتورهایی مانند فشار و استرس زمانی و تغییر در الگوها و شرایط فیزیکی کار (گرما، سرما، سروصدا و غیره) که بتوانند بر عملکرد فرد تاثیر بگذارند و احتمال بروز خطا را افزایش دهند.

۳-۶) روش های اجرائی (Procedure): عدم شفافیت، غیرقابل استفاده، نادرست بودن یا غیرقابل استفاده دستورالعمل های مربوط به اصول کار استاندارد که برای دستیابی به یک نتیجه مطلوب ایجاد شده است.

۳-۷) آموزش (Training): نقص در سیستم برای تامین آگاهی، دانش و مهارت لازم در افراد برای انجام وظیفه در سازمان

۳-۸) ارتباطات (Communication): مربوط به خطا در انتقال اطلاعات لازم برای اجرای ایمن و موثر فعالیت ها و سازماندهی وظایف به شکل شفاف و غیر مبهم

۳-۹) اهداف ناسازگار (Incompatible Goals): خطا در مدیریت تضادها و اهداف سازمانی مانند سطوح تولید و ایمنی؛ این ناسازگاری ممکن است بین روش های اجرایی مکتوب و روش واقعی انجام کار نیز مشاهده شود

۳-۱۰) سازمان (Organization): نقص و خطا در ساختار شرکت یا روش انجام کار که سبب ابهام در مسئولیت ها و عدم توجه به هشدارها گردد.

۳-۱۱) لایه های دفاعی و واکنش در شرایط اضطراری (Defenses): عدم حفاظت کافی و اثربخش از افراد، مواد و محیط زیست در مقابل اختلالات عملیاتی

لازم به ذکر است که حوادث منتخب با استفاده از روش مذکور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و دلایل وقوع به تفکیک سطوح شناسایی، مشخص و تقسیم بندی شدند.

نتایج

اطلاعات حوادث ناشی از کار منجر به فوت در پالایشگاه گاز در جدول شماره (۱) ارائه گردیده است. پس از تجزیه و تحلیل ریشه-ای حوادث و شناسایی علل موثر در بروز حوادث و شناسایی عوامل سطحی (خطای فعال)، پیش شرایط و علت های پنهان دخیل در بروز هر یک از حوادث شغلی منجر فوت، درختواره هر حادثه مطابق با تکنیک Tripod Beta رسم گردید. نتایج حاصل از آنالیز سه حادثه نشان می دهد که در وقوع حادثه سقوط از ارتفاع ۱۰ علت سطحی، ۱۷ پیش شرایط و ۲۴ علل پنهان، در وقوع حادثه زمین خوردن غیرهمسطح ۵ علت سطحی، ۸ پیش شرایط و ۱۱ علل پنهان؛ در وقوع حادثه برخورد لوله به شخص ۱۱ علت سطحی، ۱۴ پیش شرایط و ۱۵ علل پنهان دخیل بوده است.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

همانگونه که مشاهده می نماید براساس نتایج تجزیه و تحلیل ریشه ای حوادث به روش Tripod Beta ، ۶ عامل ریسک اساسی (BRFs; Behavioral Risk Factor) بیشترین سهم را در بروز حوادث دارا هستند که عبارتند از:

- مسئولیت پذیری / تاثیرات سازمانی به میزان ۵۷/۸ درصد
- آموزش به میزان ۲۲/۲ درصد
- مدیریت نگهداری و تعمیرات به میزان ۶/۷ درصد
- تجهیزات، ماشین آلات و ابزار به میزان ۶/۷ درصد
- روش های اجرایی به میزان ۴/۴ درصد
- شرایط تقویت کننده خطا به میزان ۲/۲۰ درصد

جدول ۱. اطلاعات کامل حوادث شغلی منجر به فوت رخ داده در سال های ۱۳۹۰ لغایت ۱۳۹۹ در بخش خشکی پالایشگاه گاز

ردیف	نوع حادثه	ساعت وقوع حادثه	نتیجه حادثه	سابقه کار در شغل	میزان تحصیلات	سن (سال)	نوع شغل	تعداد نفرات حادثه دیده
۱	سقوط از ارتفاع	۱۰:۴۵	فوت	۱۰سال ۴/۵ سال ۲ سال	سیکل سیکل سیکل	۴۰ ۵۰ ۴۱	مونتاژ کار جوشکار کمکی	۳ نفر
۲	بر هم خوردن تعادل و سقوط غیر همسطح	۱۲:۰۵	فوت	۷ سال	بی سواد	۳۹	کاندوئیت کار	۱ نفر
۳	برخورد جسم به فرد	۱۰:۱۷	فوت	۴ سال	سیکل	۳۶	راننده پایه ۱	۱ نفر

★ شرح حادثه سقوط از ارتفاع/تاریخ وقوع فروردین ۱۳۹۷

بعد از وقفه حدود ۱۶ ماه، کار بر روی جداره یک مخزن پروپان شروع می شود. کار بین دو جداره مخزن شامل اندازه گیری، نصب ساپورت ها و تک گذاری به منظور عایق گذاری بین دو جداره مخزن بوده است. طریقه کار به این صورت بوده است که مونتاژ ساپورت ها از سمت پایین دیواره مخزن شروع می شود و تا بالاترین ارتفاع ادامه می یابد و دوباره این روال انجام می شود. با توجه به ارتفاع ۳۱ متری مخزن، آخرین ساپورت در ارتفاع حدود ۲۸ متری نصب می شود. بعد از نصب ساپورت در اولین ردیف در ارتفاع ۲۸ متری، طبق روال، باید در جهت افقی حرکت می کرد تا دوباره به سمت پایین آمده و نصب ساپورت ها را از سمت پایین شروع نماید که در حین حرکت افقی، در اثر پاره شدن زنجیر، سبد حمل نفر به همراه کارکنان داخل آن سقوط می کند (تیم نصاب متشکل از سه نفر نیرو به شرح یک نفر مونتاژ کار، یک نفر جوشکار و یک نفر کمکی (کنترل کننده ریموت بالابر زنجیری سقفی Chain Hoist بود)) و منجر به فوت هر سه نفر حاضر در سبد می گردد (شکل ۱).

★ شرح حادثه زمین خوردن غیر همسطح / تاریخ وقوع خرداد ۱۳۹۹

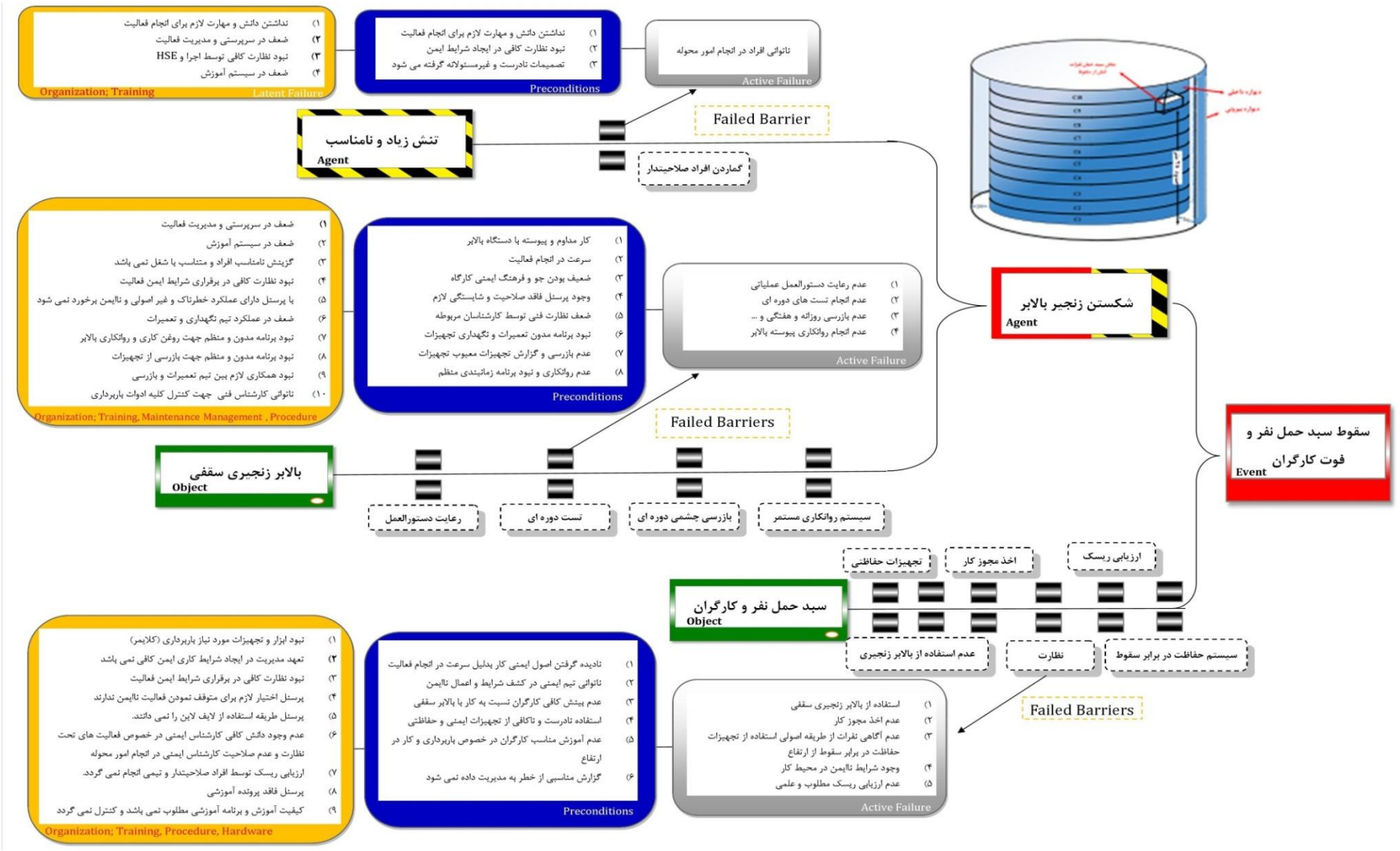
مقارن با ساعت ۱۲:۰۵ و پایان زمان اول کاری، شخص حادثه دیده پس از ثبت خروج اقدام به ترک واحد کاری (Unit) می نماید، با مشاهده درب باز اتوبوس در حال حرکت، با شتاب زدگی شروع به دویدن پشت اتوبوس می نماید تا خود را به سرویس ایاب و ذهاب (اتوبوس) در حال حرکت رسانده و سوار شود، با توجه به رسیدن اتوبوس به شیب ده درجه ای و سرعت کم آن، فرد در هنگام سوار شدن در رکاب اتوبوس تعادل خود را از دست داده و با شدت از ناحیه سر و صورت با آسفالت برخورد می نماید که متاسفانه منجر به فوت وی می گردد (شکل ۲).

★ شرح حادثه برخورد جسم با شخص/تاریخ وقوع مرداد ۱۳۹۰

در انبار کالا پروژه، عملیات بارگیری و انتقال لوله های فلزی ۱۲ متری توسط یک دستگاه لیفتراک و کفی تریلر صورت می گیرد. طریق کار بدین صورت است که در ردیف اول ۱۰ عدد لوله در کنار هم چیده می شود و پس از آن ردیف دوم لوله ها بارگیری می شود. پس از چیدن ردیف لوله ها به منظور استحکام لوله ها ، راننده کفی تریلر با چکش اقدام به ضربه زدن به گوه های چوبی می نماید که در این حین گوه شکسته و لوله فلزی غلت می خورد و به سر و بدن راننده برخورد می کند و متاسفانه سبب فوت شخص مذکور می گردد. (شکل ۳).

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

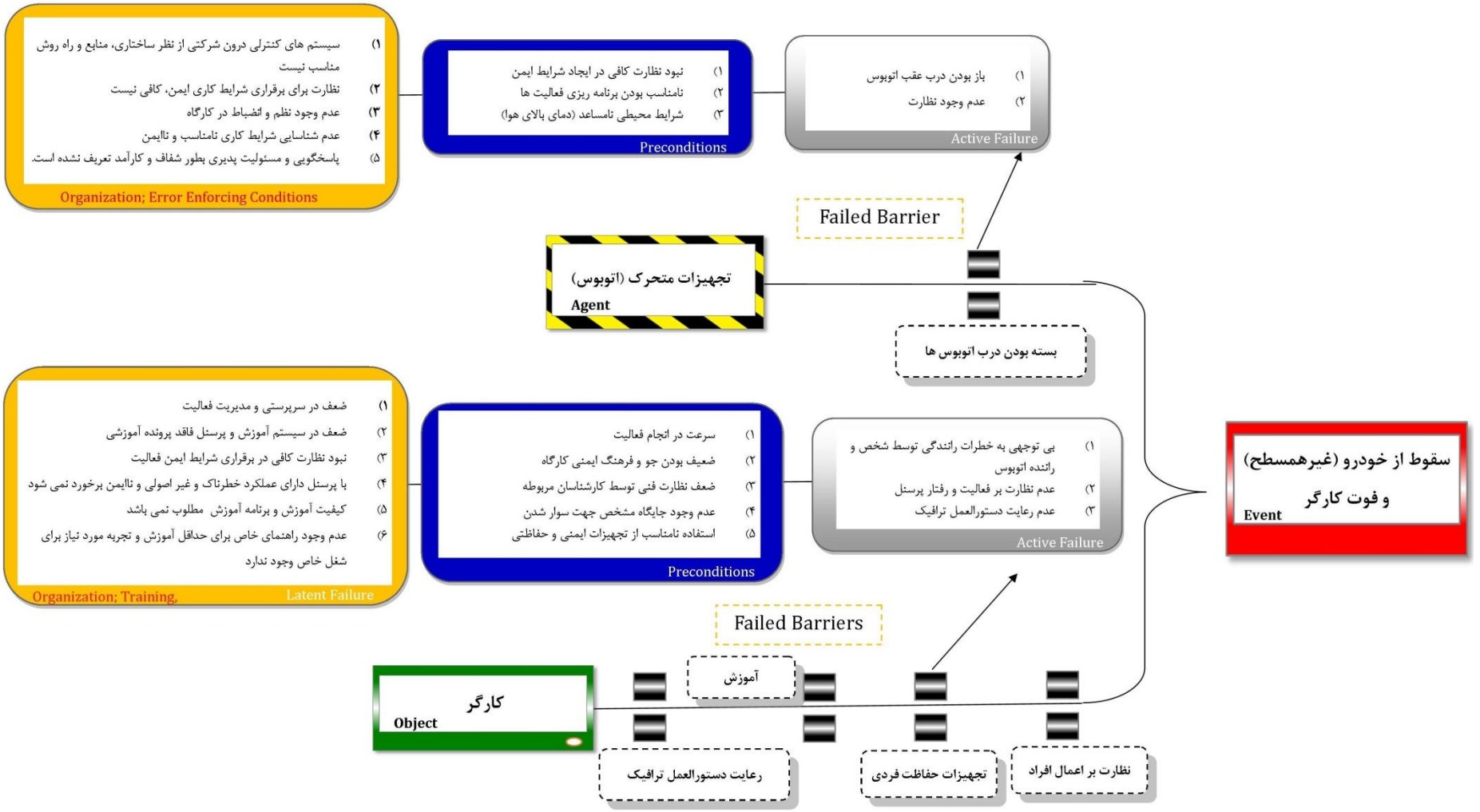
[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]



شکل ۱. آنالیز ریشه ای حادثه سقوط از ارتفاع با روش Tripod Beta

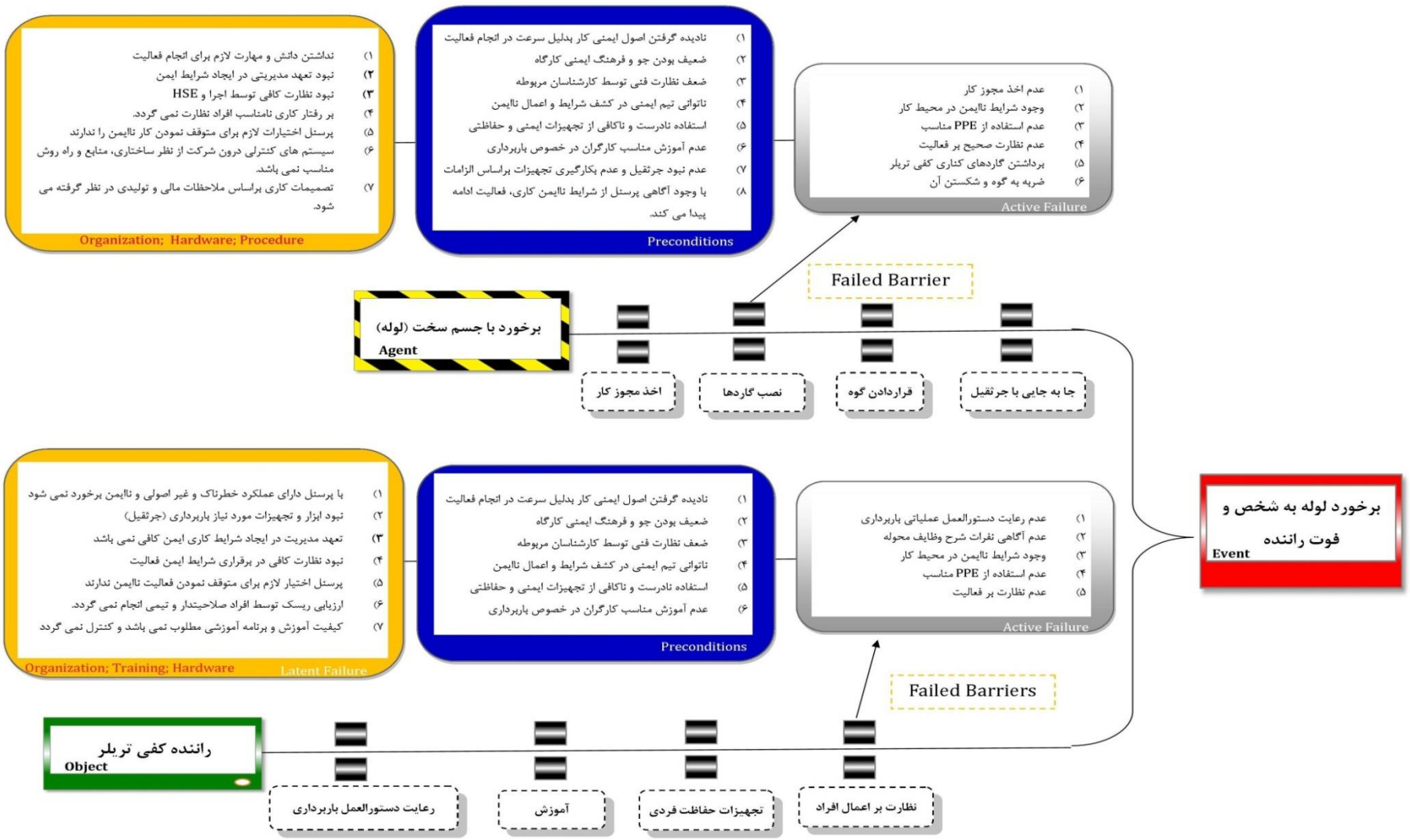
[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]



شکل ۲. آنالیز ریشه ای حادثه زمین خوردن غیر همسطح (سقوط از اتوبوس) با روش Tripod Beta

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]
[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]



شکل ۳. آنالیز ریشه ای حادثه برخورد جسم به شخص (برخورد لوله با شخص) با روش Tripod Beta

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

بحث و نتیجه گیری

اگرچه هدف اصلی در استقرار شرایط ایمن جلوگیری از تشکیل زنجیره عوامل بروز حوادث است، لیکن پس از وقوع یک حادثه بایستی رویکرد علت یابی در راستای جلوگیری از بروز حوادث مشابه در دستور کار قرار گیرد. از اینرو دستیابی به عوامل ریشه‌ای ایجاد کننده حادثه از اهمیت بسزایی برخوردار است. در حقیقت، تمامی مدارک و اطلاعات جمع آوری شده پس از وقوع حادثه از گزارش نویسی تا بررسی و آنالیز حادثه با هدف رسیدن به عوامل ریشه ای صورت می پذیرد. بنابراین هر سازمانی به یک روش سیستماتیک و پوشش دهنده نیازمندی ها و فاز اجرایی آن صنعت، جهت تجزیه و تحلیل و ریشه یابی حوادث نیاز دارد.

در خصوص حادثه سقوط از ارتفاع: ۵ عامل ریسک اصلی شناسایی شده که در مکانیزم‌های کنترلی عامل مسئولیت پذیری و سازماندهی (OR)، سخت افزار، تجهیزات، ماشین آلات و ابزار آلات (HW)، مدیریت نگهداری (MM)، روش‌های اجرایی (PR) و در نقض کننده مکانیزم‌های دفاعی به عامل آموزش (TR) می توان اشاره نمود. در وقوع این حادثه مهمترین و موثرترین نقص مکانیزم‌های کنترلی عامل مسئولیت پذیری و سازماندهی (۵۰ درصد) و در درجه دوم عامل مدیریت نگهداری و تعمیرات (۱۲/۵ درصد) بوده است، که شامل سازماندهی نامناسب اعم از توزیع نامناسب و نامتناسب منابع سازمانی، نبود منابع کافی جهت ایمن سازی محیط، عدم استقرار سیستم تشویق و تنبیه اثربخش و نیز نظارت ناکافی بر روی اعمال پرسنل سبب می شود رفتارهای ناایمن پنهان مانده و برخورد مناسبی با افرادی که رفتار ناایمن داشته‌اند، صورت نگیرد و به تبع آن فرهنگ HSE لازم به صورت کارا و اثربخش اشاعه نگردد که در اثر این اولویت دهی نامناسب منابع، شرایط ایجاد کننده‌ی حوادث فرصت بروز می یابد. در پژوهشی که در زمینه‌ی ارزش برنامه های HSE بر روی محیط کار و نیروها انجام گرفت، نتایج نشان داد که در اولویت قرار دادن برنامه های HSE در خط‌مشی اصلی سازمان، باعث افزایش بهره‌وری، احساس دیده شدن و تاثیر گذار بودن، بالا رفتن روحیه و انگیزه کارکنان و در مجموع، تشدید احساس مسئولیت پذیری در افراد می گردد (۲۹). مطالعات پیشین، نقص در سیستم سازماندهی و مسئولیت پذیری را به عنوان اصلی ترین عامل تاثیر گذار در بروز حوادث شغلی بیان نموده اند (۹,۸,۲).

همچنین نتایج این مطالعه با نتایج تحقیق اخوان و همکاران در خصوص تجزیه و تحلیل عوامل ریشه ای حوادث منجر به پیامدهای شدید در شرکت نفت لیان همسو می باشد (۱۵). در مطالعه ای که ابوترابی و همکاران در سال ۱۳۹۳ در خصوص عوامل موثر در بروز حوادث شغلی در صنعت ساختمان انجام دادند، بیان نمودند که از بین عوامل موثر در بروز حوادث، عوامل مدیریتی دارای اهمیت بیشتری است و باید به منظور پیشگیری از وقوع حوادث شغلی اقدامات کنترلی روی آن صورت پذیرد (۳۰). اقدامات کنترلی در خصوص عوامل مدیریتی شامل نظارت موثر بر کار کارکنان، آموزش مفید و کاربردی به کارکنان، بکارگیری کارکنان دارای دانش و مهارت کافی، نظارت موثر از سوی ناظران و کارشناسان HSE کارفرما، تامین وسایل حفاظت فردی، آموزش اصولی طریقه استفاده صحیح از تجهیزات حفاظت فردی، نظارت موثر از سوی نهادهای مسئول (وزارت کار، وزارت بهداشت و درمان و غیره) بر کارگاه ها و پروژه ها می باشد.

در مطالعه حاضر یکی دیگر از عناصر کلیدی موثر در بروز حادثه، مدیریت تعمیر و نگهداری در محیط کار است. نواقص موجود در مدیریت تعمیر و نگهداری شامل برنامه ریزی، کنترل، اجرا و نظارت بر حسن رعایت اصول فنی، مهندسی و HSE طی انجام این امور یا ثبت نامناسب تعمیر و نگهداری تجهیزات بود. در مطالعات قبلی نقش مثبت پیاده سازی سیستم مدیریت نگهداری و تعمیر در کاهش حوادث و ارتقاء شاخص های ایمنی و قابلیت اطمینان سیستم مورد تاکید قرار گرفته که همسو با یافته های حاضر است (۳۱). قهرمانی و همکاران در تحقیق خود، عدم توجه و رعایت مدیریت نگهداری و تعمیرات را به عنوان یکی از تاثیرگذارترین علل وقوع حادثه معرفی نموده اند (۸). همچنین شفیعی و همکاران در مطالعه خود، نقص در سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات را به عنوان سومین عامل تاثیر گذار در بروز حوادث شغلی بیان کرده اند (۹).

از دیگر عامل نقص کننده مکانیزم‌های کنترلی، عامل سخت افزار، تجهیزات، ماشین آلات و ابزار آلات تجهیزات می باشد که شامل کیفیت و شرایط نامناسب، در دسترس نبودن ماشین-آلات و تجهیزات مربوطه با نوع فعالیت، تجهیزات، ماشین‌آلات، ابزارآلات فاقد تناسب با عملیات اجرای مربوطه بود که ناشی از

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]
[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

عدم اختصاص منابع مالی لازم، تعمیر و نگهداری نامناسب، استفاده نادرست از تجهیزات، ماشین آلات، و ابزارآلات و یا گزارش دهی اشتباه وضعیت تجهیزات بوده است. استفاده از بالابر زنجیری سقفی (Chain Hoist) به دلیل نداشتن حداقل الزامات قیده شده در آئین نامه جرثقیل ها و بالابرهای وزارت کار برای جا به جایی و حمل سبد حمل نفر (Man Basket) ممنوع است و کاربرد تجهیز مذکور صرفاً انتقال ابزار یا ورقه های فلزی دیواره مخازن و مواد اینچنینی در زمان نصب در ارتفاع می باشد و در این راستا بالابر زنجیری سقفی با تناژهای سه و پنج تن در بالای مخازن روی یک رینگ حلقه‌ای با قابلیت حرکت طولی و عرضی در فضای بین دو جداره (بتنی و فلزی) مخازن تعبیه و نصب می گردد. شایان ذکر است عمدتاً موضوع حمل سبد حمل نفر در کاتالوگ یا راهنمای کاربری این بالابرهای زنجیری قید می گردد. بالابرهای زنجیری مورد نظر دارای یک مخزن جهت جمع آوری و روغنکاری همزمان زنجیر با هدف حرکت روان در گیربکس و ممانعت از بروز خستگی و تنش بیش از حد به حلقه های زنجیر بوده است. این بالابر های زنجیره ای می بایست در دوره‌ی زمانی منظم و همچنین بازرسی های چشمی کوتاه مدت مورد بررسی و تکمیل چک لیست های مربوطه توسط افراد ذیصلاح و ذی‌ربط داخل و خارج از سازمان قرار گیرند. بررسی سلامت گیربکس، قطع‌کن ها، ریموت کنترل زنجیر می بایست توسط افراد صلاحیتدار و متخصص صورت پذیرد و کلیه این موارد صراحتاً در دفترچه راهنمای دستگاه قید گردیده است که متاسفانه هیچگونه مستنداتی در این خصوص وجود ندارد. 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 می یابد (۳۲). که اهمیت استفاده از سخت افزار استاندارد را همانند نتایج این مطالعه بیان می کند. محمودی هریس و همکاران در تحقیق خود، سخت افزار را به عنوان یکی از تاثیرگذارترین علل وقوع حادثه معرفی نموده اند (۲).

از مهمترین و موثرترین دلایل نقص مکانیزم‌های دفاعی عدم تناسب، عدم کفایت و عدم اطمینان از درک موضوع توسط دانش پذیران طی آموزش‌ها و پس از آن نقص در لایه‌های دفاعی (تمرکز صرف بر وسایل حفاظتی) شناسایی شد. آموزش غیر اثربخش، غیر کاربردی و غیرعملیاتی شامل مواردی است که کارکنان صلاحیت و شایستگی لازم را نداشته یا فرآیند آموزش در سازمان ارتباط دو سویه، ورودی به روز و متناسب به رخدادهای جاری در سایت را ندارد و این امر می تواند ناشی از نامناسب بودن فرآیند استخدام، عدم وجود استانداردهای آموزشی، عدم ارزیابی اثربخشی آموزشی، عدم اختصاص منابع کافی، عدم وجود یا ناقص بودن سوابق و پرونده های آموزشی، نبود راهنمای مناسب آموزشی و از همه مهمتر نبودن اهتمام عملی و حمایت مدیریتی باشد. در برخی از مطالعات اذعان شده است که پارامترهای چون تخصص کارگران، آموزش ناکافی و نامناسب آنها، و همچنین ناآگاهی و یا آگاهی ضعیف سرپرستان و مسئولان اجرا، دانش ایمنی ضعیف مدیران ارشد نقش مهم و تعیین کننده‌ای را در بروز حوادث در صنعت ایفا می کنند (۳۶,۳۵,۳۴,۳۳). اغلب کارگران در پروژه های ساخت و ساز برای یک فعالیت خاص آموزش می بینند، بنابراین با مواد، تجهیزات، ابزارآلات دیگری که در پروژه وجود دارد، ناآشنا بوده و همین عامل می تواند در بروز حوادث دخیل باشد (۳۵,۳۳). از طرف دیگر ارتقاء نفرات به سمت‌های سوپروایزر ارشد، سرپرست یا مدیر صرفاً بر مبنای سوابق اجرایی افراد انجام می‌گیرد و این در حالی است که با رشد افراد در سازمان از زمان حضور آن‌ها در دوره‌های آموزشی (به ویژه دوره‌های مرتبط با HSE) کاسته می‌شود و صرفاً مهارت‌های اجرایی ایشان بدون در نظر گرفتن توان روحی، روانی، جسمی، دانش فنی، همکاری گروهی و HSE مورد ارزیابی و بازخورد قرار می‌گیرد. لذا در سازمان‌ها با مدیرانی مواجه می‌شویم که اعتقاد کلامی به اعتقادات عملی ایشان در خصوص موضوعات مرتبط با حوزه HSE نسبت عکس دارد؛ آموزش اثربخش می تواند نقش بسزایی در تقویت فرهنگ HSE و متعاقباً کاهش حوادث داشته باشد (۸). مطالعات پیشین نشان داده اند که آموزش HSE به طور مثبت با بهبود مشارکت HSE، آگاهی، دانش، رفتار و انگیزه ارتباط دارد (۳۴,۳۳) و آموزش ایمنی و سلامت شغلی می تواند بطور مستقیم بر روی فرهنگ HSE و کاهش حوادث تاثیرگذار باشد (۳۵,۸). نتیجه پژوهش مینو و همکاران نشان می دهد افزایش آگاهی پرسنل، بهبود نظام انگیزشی (تشویق و تنبیه)، مدیریت مشارکت HSE کارکنان، ایجاد توازن و تعادل در کار و زمان می تواند در راستای اعتلای نگرش کارکنان در خصوص مسائل مرتبط با حوزه HSE، اهتمام به رعایت الزامات و اصول فنی و HSE و در نهایت کاهش زمینه

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

های بروز رفتارهای ناایمن و به تبع آن کاهش حوادث تاثیرگذار باشد (۳۵). بنابراین، توجه ویژه به آموزش HSE و ارتقاء شاخص های آموزش باعث بالا رفتن درک و شناخت منابع خطر، ریسک های موجود در سایت، بهبود ایمنی و کاهش بروز انواع آسیب می گردد.

در خصوص حادثه زمین خوردن غیرهمسطح: ۳ عامل ریسک اصلی شناسایی شده که نقص کننده مکانیزم‌های کنترلی عامل مسئولیت پذیری و سازماندهی (OR) و شرایط تقویت کننده خطا (EC) و نقص کننده مکانیزم‌های دفاعی عامل آموزش (TR) می باشد. که با نتایج تحقیق احمدی و همکاران که مسئولیت پذیری را یکی از دلایل اصلی بروز حوادث عنوان نمودند، همخوانی دارد (۲۲). علاوه بر این، پژوهش لینه و همکاران در سال ۲۰۱۱ که به منظور درک بهتر از عوامل سیستماتیک دخیل در حوادث معدنی انجام شد، نقص نظارتی و سازمانی را پیش بینی نموده اند (۳۷). همچنین نعمت الهی و همکاران در پژوهش خود با موضوع بررسی و آنالیز حوادث منجر به قطع عضو در یک شرکت خودروسازی، اعلام نموده اند که نظارت غیراثربخش بر رفتار ناایمن پرسنل از سوی سرپرستان و مسئولان اجرا از علل ریشه ای بروز حوادث می باشد (۱). نتایج مطالعه مرتضوی و همکاران اثبات نموده است که اگر عملکرد ناایمن یک مورد افزایش یابد، تعداد حوادث شغلی منجر به فوت ۰/۱۵۹۹ واحد افزایش می یابد (۳۲). یافته پژوهش قدس و همکاران در کارخانه تولید لوله نشان داده است که بی احتیاطی ۶۲/۷ درصد بعنوان مهمترین عامل بروز حوادث می باشد (۳۸).

شرایط تقویت کننده خطا (پارامترهای هواشناسی و شرایط اقلیمی منطقه) یکی دیگر از عوامل موثر در بروز حادثه می باشد. طی یک بررسی در یک صنعت در ماه های گرم سال، میزان شیوع حوادث شغلی به طرز معناداری در مقایسه با دیگر ماه های سال بالاتر بوده، به گونه‌ای که با بالا رفتن میزان گرما تا ۴۲ الی ۴۸ درجه سانتیگراد ریسک حوادث شغلی افزایش چشمگیری می یافت (۳۹). برخی مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که کار در مناطق دارای آب و هوای گرم منجر به افزایش خستگی ذهنی و جسمی، حواس پرتی، کاهش هوشیاری، عدم تمرکز در حین کار، کاهش قدرت تصمیم گیری، تخطی از دستورالعمل های ایمنی و در نهایت باعث افزایش احتمال بروز خطای انسانی و انجام اعمال ناایمن توسط کارگران می گردد (۴۰,۳۹) که این عامل از عوامل اصلی در افزایش نرخ بروز حوادث به شمار می رود. همچنین در مطالعه ای توسط شیرالی و همکاران با هدف شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی منجر به حوادث در یکی از پالایشگاه های گازی انجام شد، بیان نمودند که شرایط نامناسب اقلیمی بویژه کار کردن در هوای گرم از موثرترین فاکتورها در بروز خطای انسانی می باشد (۴۱). محمدفام و همکاران در پژوهش خود، شرایط تقویت کننده خطا را بعنوان یکی از تاثیرگذارترین علل وقوع حوادث معرفی کردند (۴۲). همچنین در تحقیق شفیعی و همکاران، شرایط تقویت کننده خطا را بعنوان دومین عامل موثر در بروز حوادث شناسایی کردند (۹) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

در خصوص حادثه برخورد جسم سخت به شخص: ۴ عامل ریسک اصلی که نقص مکانیزم‌های کنترلی عامل مسئولیت پذیری و سازماندهی (OR)، سخت افزار، تجهیزات، ماشین آلات و ابزار آلات (HW)، روش های اجرایی (PR) و در مکانیزم‌های دفاعی به عامل آموزش (TR) دخیل بوده، شناسایی شدند. شرایط ناایمن بویژه در مرحله ساخت و ساز پروژه ها به عنوان یکی از عوامل مهم در تحلیل علیت آسیب های شغلی به شمار می رود (۴۳). بعلاوه، همانطور که نتایج این مطالعه نشان می دهد که برخی از فاکتورها مانند مدیریت ریسک ایمنی ناقض و غیر کاربردی و عامل سازمانی نیز می توانند در ایجاد و تشدید این شرایط ناایمن موثر و تاثیر گذار باشند (۴۳,۳۵). رفتارهای ناایمن می توانند تحت تاثیر متغییرها و فاکتورهای مهم مانند فاکتور فردی و آموزش ایمنی نیز باشند (۳۶,۳۵,۳۴,۳۳). فاکتور فردی یکی از علل مهم در حوادث شغلی و به ویژه در مرحله ساخت و ساز پروژه ها مطرح می باشد (۴۳,۹,۸). بعلاوه آرکیویلوس و همکاران نشان دادند که حوادث ساخت و ساز با متغییرهایی مانند سن و همچنین انحراف از فعالیت های محول شده به افراد مرتبط می باشد (۴۴). عدم توجه به نقص تجهیزات، ماشین آلات و ابزارآلات، استفاده نامناسب از تجهیزات، ماشین آلات، ابزارآلات، عدم کنترل، بازبینی و بازرسی تجهیزات، ماشین آلات و ابزارآلات قبل از شروع به کار و انجام کار به شیوه ناایمن به عنوان تکرار پذیرترین علل شناخته شدند که با مطالعه شفیعی و همکاران در خصوص بررسی علل ریشه ای حوادث ناشی از کار در صنعت خودروسازی همسو و همخوانی دارد (۹). همچنین از

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]
[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

عواملی که سبب بروز حوادث می شوند، می توان به برنامه ریزی نامناسب، عدم شفافیت نقش ها و مسئولیت‌ها، ارائه آموزش نامناسب، ناکافی بودن دوره های استراحت، عدم پیگیری عملکرد کارکنان، به کارگیری سرپرستان آموزش ندیده و فاقد تجارب کافی، حجم بالای کار، عدم آشنایی مسئول محوطه و مسئول اجرای کار بر ماهیت کار و محدودیت های زمانی در انجام کار، اشاره نمود.

مرحله ساخت و ساز (Construction) پروژه‌ها، به دلیل پویایی و پیچیدگی مترتب از عملیات ها و فعالیت های متنوع و ماهیت موقتی بودن آن یکی از خطرناک‌ترین و پرحادثه‌ترین مرحله از میان مراحل شش‌گانه آماده سازی و زیرسازی سایت (Site Preparation)، ساخت و ساز، پیش راه‌اندازی (Pre-commissioning)، فعالیت‌های همزمان (Simultaneous Operation)، راه اندازی (Commissioning) و بهره برداری است و این نرخ بالای بروز حوادث و به تبع آن فوت ناشی کار در این مرحله از پروژه‌ها همواره توجه ویژه محققین، دولت‌ها و ارگان‌های ذی‌صلاح و ذی‌ربط را به خود معطوف نموده است (۴۶,۴۵). در مطالعه حاضر با توجه به داده‌های یک دهه حوادث ثبت شده در دوره زمانی مورد مطالعه فقط ۳ حادثه منجر به فوت رخ داده است، گروه بندی سنی حوادث شغلی منجر به فوت نشان دهنده رخداد ۸۰ درصدی حوادث در محدوده سنی ۳۹ الی ۵۰ سال است؛ در آمریکا بالاترین میانگین وقوع حوادث منجر به فوت در محدوده سنی ۳۵ الی ۵۴ (۴۷/۹ درصد) گزارش شده است، همچنین در کره جنوبی ۳۹/۹ درصد در محدوده محدوده سنی ۵۰ الی ۵۹ سال و ۲۷/۴ درصد در محدوده سنی بالای ۶۰ سال (به عبارت دیگر در کره جنوبی حدود ۷۰ درصد حوادث شغلی منجر به فوت برای کارگران بالای ۵۰ سال) ثبت و گزارش شده است (۴۶). چیانگ و همکاران با بررسی حوادث شغلی منجر به فوت در هنگ کنگ نشان دادند که بین گروه‌های سنی و تعداد کل حوادث منجر به فوت با ضریب همبستگی ۰/۸۲۹ و در سطح معنی داری ۰/۰۱ ارتباط وجود دارد و گروه سنی ۴۰ تا ۵۹ سال بالاترین میانگین حوادث منجر به فوت با ۶۵/۲ درصد (تعداد ۱۶۷ حادثه) را به خود اختصاص داده است (۴۷).

در تحقیق حاضر در پالایشگاه پایش گازی از نظر نوع حادثه، پراکنش علل حوادث را می‌توان به سه دسته کلی شامل ۶۰ درصد سقوط از ارتفاع ، ۲۰ درصد برخورد (Struck by) و حوادث خودرویی ۲۰ درصد تقسیم نمود. در چین بین سال های ۲۰۱۱ الی ۲۰۱۵ بالاترین نرخ حوادث شغلی منجر به فوت حدود ۵۰ درصد به دلیل سقوط از ارتفاع و در کره جنوبی حدود ۵۴ درصد گزارش و ثبت شده است. در آمریکا نیز سهم حوادث سقوط از ارتفاع ۳۶ درصد، حمل و نقل ۲۹ درصد و برخورد اشیاء حدود ۱۶ درصد گزارش و ثبت شده است (۴۶). نتایج این مطالعات با نتایج مطالعه ما همخوانی دارد. براساس OSHA سقوط از ارتفاع علت اصلی فوت ناشی از کار در مرحله ساخت و ساز پروژه‌ها و صنایع می باشد، این در حالی است که عامل سکندری خوردن و لغزش (slips and trips) یکی دیگر از عوامل دارای فراوانی بالا و منجر به بروز جراحات شغلی می باشد (۴۸). همچنین در مطالعه تحلیلی که توسط گرانت و هینزه با هدف تجزیه و تحلیلی حوادث فاجعه بار در صنایع ساخت و ساز در سال ۲۰۱۴ انجام شد، نشان دادند که بیشتر حوادث در این زمینه مربوط به سقوط از ارتفاع بوده است (۴۹). حوادث سقوط از ارتفاع می تواند در نتیجه استفاده نادرست و غیر اصولی از تجهیزات ایمنی، نقص در تجهیزات مرتبط با باربرداری و ارتباطات ضعیف میان اعضای تیم کاری مختلف رخ دهد.

از آنجایی که صنایع گاز یکی از مهمترین قطب های اقتصادی کشور محسوب می شود، لذا ریشه یابی و آنالیز حوادث شغلی به منظور شناسایی علل فعال، پیش شرایط ها، علل پنهان و بررسی روابط بین آنها بسیار حائز اهمیت می باشد. به طور کلی، نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که در رخداد حوادث شغلی منجر به فوت در بخش خشکی مرحله ساخت و ساز پالایشگاه گازی، مسئولیت پذیری / تاثیرات سازمانی (با ۵۷/۸ درصد)، آموزش (۲۲/۲ درصد)، تجهیزات، ماشین آلات و ابزار به (۶/۷ درصد)، مدیریت نگهداری و تعمیرات (۶/۷ درصد)، روش های اجرایی (۴/۴ درصد) و شرایط تقویت کننده خطا (۲/۲ درصد) بیشترین نقش را داشتند. با اصلاح دو عامل اصلی مسئولیت پذیری و سازماندهی و آموزش می توان بیش از ۸۰ درصد از حوادث شغلی منجر به فوت را کنترل نمود. توجه بیشتر به این عوامل نقض کننده مکانیزم های کنترلی و دفاعی در جهت پیشگیری از بروز حوادث مشابه ضروری است.

مطالعه حاضر همچون مطالعات دیگر با یک سری محدودیت های مواجهه بود که مهمترین محدودیت فرهنگ نادرست و

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

متعارف، خصوصی تلقی کردن اطلاعات و جزییات این حوادث در سازمان‌ها منتج به خودداری یا مقاومت افراد یا سازمان‌ها در انتقال یافته‌های خود و به تبع آن بروز کندی و موانعی در دسترسی به آمار، اطلاعات و جزییات گردید. برای مقابله با این مشکل، به کلیه افراد اطمینان داده شد که این اطلاعات و فرم های تکمیل شده بی نام و محرمانه خواهد بود. در ضمن در هنگام تکمیل فرم ها، راهنمایی های لازم به افراد داده شد. محدودیت دیگر عدم وجود مدل بومی سازی شده تریپود بتا و مشابه آن می تواند بر اثربخشی این پژوهش تاثیر گذارد.

کنترل های پیشنهادی

۱) انجام نیاز سنجی آموزشی و تدوین برنامه آموزشی مدون، شناسنامه آموزشی و تشکیل پرونده آموزشی برای کلیه مشاغل و فعالیت های اجرایی و همچنین افزایش آگاهی و شایستگی پرسنل اجرایی در خصوص موضوعات ایمنی و سلامت شغلی، آموزش ها بایستی توسط یا تحت نظارت مراجع ذیصلاح و دارای مجوز از اداره کار، تعاون و رفاه اجتماعی، وزارت بهداشت و درمان و غیره صورت پذیرد و نیز آموزش های درون کارگاهی بایستی بصورت مستمر و اثربخش اجراء و مستندات ثبت گردد. برای هر کارگر به تناسب شغل و خطرات پیرامون آن، آموزش های لازم را تدوین و پرونده و کارت آموزشی برای هر کارگر ایجاد گردد.

۲) استخدام افراد متخصص و با تجربه جهت نظارت مستمر بر رعایت ضوابط و دستورالعمل های ایمنی در فعالیت های اجرایی و کنترل عملیات های کاری و بررسی صلاحیت افراد پیش از استخدام به منظور تطبیق توانمندی های جسمی و روانی افراد با شغل و محیط کار

۳) سیستم مجوزهای کار (Permit To Work) در کارگاه ها و پروژه ها متناسب با شرایط فعلی و پیش‌روی پروژه بروزرسانی، راه اندازی و اجرا گردد.

۴) برنامه مدیریت ریسک در پروژه ها و کارگاه ها به نحو مطلوب و اثربخش و مطابق با الزامات و قوانین پیاده سازی و بروز رسانی گردد.

۵) راه اندازی سیستم نگهداری و تعمیرات (نت) در مدیریت پشتیبانی پروژه و تدوین روش های اجرایی و چک لیست های مربوطه، به منظور جلوگیری از ورود یا کدگذاری و خارج از دسترس قرار دادن کلیه تجهیزات، ماشین آلات، تاسیسات و ابزارآلاتی که از لحاظ فنی و ساختاری با الزامات و قوانین ایمنی همخوانی ندارد. تهیه کارتکس تعمیرات تکمیل آن جهت کلیه تجهیزات و ابزارآلات و نصب برچسب وضعیت سالم / معیوب شوند.

۶) ایجاد کارگروه تجزیه و تحلیل رویدادها (حوادث، شبه حوادث و موارد عدم انطباق ها) در مدیریت HSE پروژه و تدوین کتابچه عبرت آموزی از حوادث و باز نشر دوره ای آن متناسب با فعالیت ها و عملیات های جاری و آتی سازمان

۷) استفاده از خروجی عبرت آموزی به عنوان ورودی‌های تعهدآور در زمان عقد قراردادهای فی ما بین، علاوه بر افزایش پویایی و اثربخشی در خصوص رعایت الزامات فنی، مهندسی و HSE، به شدت می تواند از اختلاف نظر و تفاسیر آتی در حوزه حدود مسئولیت و تعهدات کارفرما و پیمانکار بکاهد.

سپاس گزاری

مقاله حاضر منتج از داده ها و آمار ثبت شده در بخش خشکی یکی از پالایشگاه های پارس جنوبی واقع در استان بوشهر می باشد. بر این اساس از کلیه همکاران و بزرگواران که با سعه صدر اطلاعات را در اختیار اینجانبان قرار دادند، صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.

References

1. 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***. Journal Health and Safety at Work. 2015; 5(4): 23-36. [Persian]
2. Mahmoudi-Herris S, Nikoomaram H, Ghaffari F, Miri-Lavasani M. ***Identification and Assessment of the Effective Factors on the Occurrence of the Environmental Events Caused by the Construction and Operation of Gas and Steam Power Plants (Case Study: MAPNA Group)***. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2020; 6(4): 10-17. [Persion]
3. HashemiNejad N, Mohammadfam I, JafariNodoshan R, Dortaj Rabori E, Kakaei H, Kakaei H. ***Assessment of unsafe behavior types by safety behavior sampling method in oil refinery workers in 2009***

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

and suggestions for control. Tibbi- i- kar Journal. 2012; 4 (1 and 2): 25-33. [Persian].
4. Jahed A, Nikoomaram H, Ghaffari F. ***Analysis of the causes affecting the occurrence of occupational accidents in fly-in/fly-out workers of a gas pipeline dispatching project***. Journal of Health and Safety at Work. 2020; 10(3): 9-12.
5. Hämäläinen P, Takala J, Kiat T. ***Global estimates of occupational accidents and work-related illnesses 2017***. Finland: Workplace Safety and Health Institute. 2017; 1-21.
6. Hajimaghsoudi M, Dehghani MH, Sadooghian M. ***Occupational accidents in Yazd University of Medical Sciences hospitals***. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2021; 13(2): 11-19. [Persian]
7. Sarkheil H, Alavi-Tabar A, Shayan Fard P. ***An Innovative Method for Identifying and Detecting Factors and indication of Fraud Occurrences in Health, Safety and Environmental Management System Audits***. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. 2019; 7(2):95-105. [Persian]
8. Ghahramani A, Zavvar H, Hemmatjo R. ***Modeling the Causes of Fuel Oil Tank Fire in an Industrial Plant Using Tripod Beta Method***. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. 2021; 9(1):44-54. [Persian]
9. Shafiei P, Jabbari M , Tehrani MME. ***Investigation of Root Cause of Work-related Accidents in a Vehicle Manufacturing Company Using Tripod-Beta Method***. Journal of Health and Safety at Work 2021; 11(2): 309-326. [Persian]
10. Omidvari M, Gharmaroudi M. A***nalysis of human error in occupational accidents in the power plant industries using combining innovative FTA and meta-heuristic algorithms***. Journal of Health and Safety at Work. 2015; 5(3): 1-12. [Persian]
11. Johnson CW. Failure in safety-critical systems. ***A Handbook of Accident and Incident Reporting*** University of Glasgow Press, Glasgow, Scotland, October 2003. ISBN 0-85261-784-4.
12. Sklet S. ***Comparison of some selected methods for accident investigation***. Journal of hazardous materials. 2004; 111(1-3): 29-37.
13. Mohammadfam I, Nikoomaram H. ***FTA vs. Tripod-Beta, which seems better for the analysis of major accidents in process industries?***. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2013; (26): 52-58.
14. Lali-Dastjerdi E, Mohammadfam I. ***Comparison of two techniques of fault tree analysis and Tripod-Beta using the analytic hierrarchy process for accidents analysis in a steel-manufacturing industry***. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2012; 10(1): 43-52. [Persian]
15. Akhavan A, Salehi Reyhani SH, Halvani Gh. ***Analysis of Fractures and Disability Defects Accidents by Tripod-Beta Method (Case Study: Lian Oil Company)***. Occupational Medicine Quarterly Journal 2021:13(1): 1-10. [Persian]
16. Alizadeh FA, Taghdisi MH, Mirilavasani MR. ***A study of the logical tree method of MORT and TRIPOD-Beta in causal analysis of incident events by combining hierarchical model***. Journal of Health and safety at work. 2014; 4(4): 48-39. [Persian]
17. Akhavan A, Karimi H, Halvani GH. ***Comparison of Error Tree Analysis and TRIPOD BETA in Accident Analysis of a Power Plant Industry Using Hierarchical Analysis***. Occupational Medicine Quarterly Journal. 2020:12(1): 53-63. [Persian]
18. Ebrahemzadih M, Giahi O, Foroginasab F. ***Analysis of Traffic Accidents Leading to Death Using Tripod Beta Method in Yazd, Iran***. Safety and Security in Traffic Review. 2016; 28(3): 291-297. [Persian]
19. Radmanfar R, Haji-Hosseini R, Nodoushan RJ. ***Determining the Optimal Method for Analyzing Specific Accidents (Case study: Falling accidents in the construction project of a combined cycle power plant)***. Occupational Hygiene and Health Promotion. 2021; 5(1): 21-32. [Persian]
20. 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***. Journal of Health and Safety at Work. 2016; 5(4): 23-37. [Persian]
21. Rezagholian A, Mansouri N, Dana T. ***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 Journal. 2018; 2(3): 178-91. [Persian]
22. 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

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

Health. 2017; 14(2):166-180.
23. 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.
24. Karimi S, Jafari H, Alizadeh Anbardan S, Kashitarash Esfahani Z, Nasrabadi T. ***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. 2019; 6 (3): 9-19.
25. Mohammadfam I, 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; 2(1): 33-39.
26. Pars Oil and Gas Company (**POGC**). 2019. Available: https://www.pogc.ir/Default.aspx?tabid=57. [Persian]
27. 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.
28. Reason J. ***TRIPOD–A principled basis for accident prevention. Manchester***: University of Manchester.1988:23.
29. Loomes G. ***(How) Can we value health, safety and the environment?***. Journal of economic psychology. 2006; 27(6): 713-36.
30. Aboutorabi SM, Mehrno H, Omidvari M. ***Presenting a model for risk assessment of safety in the construction industry using grey multiple attribute decision making***. Journal of Health and Safety at Work. 2014; 4(3): 67-74. [Persian]
31. 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.
32. Mortazavi B, Zaraenejad A, Khavanin A, Asilian Mahabadi H. ***Study of Factors Related to Accidents Occurring during the Construction Phase of Oil, Gas and Petrochemical Projects***. JSSU. 2008; 15(4):75-83. [Persian]
33. 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.
34. Kiyantaj R, Ramezani A, Amrolahi N. ***Knowledge management as a tool to enhance the safety culture in organizations***. Iran Occupational Health.2020; 16(5): 1-13. [Persian]
35. Aghajani Aliabadi Z, Soltanzadeh A, Ghiyasi S. ***Effectiveness of Contractor Safety Training in the Reduction of Work-related Accidents***. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2021; 7(4): 27-34. [Persian]
36. Minoo AR, Mohseni H, Hashemvand SY. ***Investigation the Relationship between Attitude to Safety with Demographic Factors and Safe Behaviors of SAIPA Company's Manufacturing Staff***. The First International Conference of Safety, Health and Environmental Place in Organizations. Isfahan, Iran. 2008. [Persian]
37. Lenné MG, Salmon PM, Liu CC, Trotter M. ***A systems approach to accident causation in mining: An application of the HFACS method***. Accident Analysis Prevention. 2012; 48: 111-7.
38. Ghods K, Shahinfar H, Razavi M, Mirmohammadkhani M, Pahlevan D. ***Assessment the occupational accidents and its related factors in an industrial pipe factory: A case - control study in Iran***. Koomesh. 2016; 17 (4): 856-862. [Persian]
39. Chen ML, Chen CJ, Yeh WY. ***Heat Stress evaluation worker fatigue in a steel plant. AIHA J (Fairfax, VA)***. 2003; 64(3): 352-359.
40. Mansouri N, Farsi E. ***Effect of meteorological parameters on Accident rates in petrochemical industries***. Journal of Environmental Science and Technology. 2016; 18(2): 19-30.
41. Shirali GA, Nakhaei -pour M, Jahani F, Shakib M, 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. 2018; 4(4): 1-11. [Persian]
42. Mohammad Fam I, Zamanparvar E. ***The study on unsafe acts workers casting factories in Year 2000, Hamadan***. Scientific Journal of Hamadan University of Medical Science. 2002; 23(1): 51-6.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

43. Soltanzadeh A, Heidari H, Mahdinia M, Mohammadbeigi A, Mohammadfam I. ***Path analysis of occupational injuries based on the structural equation modeling approach: a retrospective study in the construction industry***. Iran Occupational Health. 2019:16(3): 47-57. [Persian]
44. Arquillos AL, Romero JCR, Gibb A. ***Analysis of construction accidents in Spain, 2003-2008***. Journal of Safety Resources. 2012; (5): 381-388.
45. Occupational Safety and Health Administration - OSHA, 2017. ***Construction Industry***. U.S. Department of Labor. Available from: https://www.osha.gov/doc/index.html accessed 1.30.18.
46. Choi SD, Guo L, Kim J, Xiong S. ***Comparison of fatal occupational injuries in construction industry in the United States, South Korea, and China***. International Journal of Industrial Ergonomics. 2019; 71: 64–74.
47. Chiang YH, Wong FKW, Liang S. ***Fatal Construction Accidents in Hong Kong***. Journal of Construction Engineering and Management. 2018; 144(3).
48. Occupational Safety and Health Administration - OSHA, 2011. ***Construction Focus Four: Fall Hazards***. U.S. Department of Labor. Available from: https://www.osha.gov/dte/outreach/construction/focus_four/falls/falls_ig.pdf accessed 1.31.18.
49. Grant A, Hinze J. ***Construction worker fatalities related to trusses: An analysis of the OSHA fatality and catastrophic incident database***. Safety Science. 2014; 65: 54-62.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]

Analysis of Root Cause of the Fatal Occupational Accidents in a Gas Refinery Using the Tripod-Beta Method

Mashroofeh A [1*], Bolboli MA [2], Pourbandori A [3], Shorofeh H [4], Karimi S [5]

[1] Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resource, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran
[2] M.Sc. in HSE Engineering, Environmental Planning, Management & Education Dep., University of Tehran, Tehran, Iran
[3] M.Sc. in HSE Management, Department of Environmental Management-HSE, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Khuzestan, Iran
[4] Bachelor in HSE Engineering, University of Applied Science and Technology, Ahvaz, Khuzestan, Iran
[5] Assistant Professor Faculty of Environment University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

***Introduction*:** Most critical accidents in different industries are observable, but their severity is also predictable and can be controlled. Provided that accident analysis is properly managed with a preventive approach and based on correct findings, in a principled and realistic manner, root causes, corrective actions, and safety measures regarding accidents are performed.

Material and Methods: The present research was a descriptive-analytic study, and the reported and recorded fatal occupational accidents were analyzed in the onshore section of one of the construction refinery projects in the South Pars Gas Refinery over a decade using the Tripod Beta method and then main risk factors, pre-conditions, and underlying causes, as well as the existing protective barriers, were identified, and an accidents tree was drawn.

Results: The analysis of fatal occupational accidents showed that 26 immediate causes, 39 preconditions, and 50 underlying causes were involved in those accidents. Six key risk factors include lack of responsibility/organizational impact (57.8%), training (22.2%), hardware or tools and equipment (6.7%), maintenance management (6.7%), work procedures (4.4%), and Error Enforcing conditions (2.2%) had the largest share of the occurrence of accidents.

Conclusion: More than 80% of fatal occupational accidents can be controlled by modifying the two main factors, responsibility and organization and training. Therefore, implementing the total productive maintenance method, effective monitoring of staff work, hiring staff with sufficient knowledge and skills, and improving training indicators will increase understanding of hazard sources, improve safety and reduce accidents.

Keywords: Oil and Gas Industry, Occupational Injuries, Industrial Accidents, Analysis, Model

This paper should be cited as:
Mashroofeh A, Bolboli MA, Pourbandori A, Shorofeh H, Karimi S. ***Analysis of Root Cause of the Fatal Occupational Accidents in a Gas Refinery Using the Tripod-Beta Method.*** Occupational Medicine Quarterly Journal. 2022:14(1):40-56.

Corresponding author
Email:A.r.mashrofe@gmail.com
Tel: + 98 9106402801
Received: 2022.01.10 ***Accepted: 2022.04.19***

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-02-20]

[DOI: 10.18502/tkj.v14i1.9854]