Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.8, No.1, Spring 2020

Case Study

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

Alireza Askarian[1], Mahnaz Mirza Ebrahim Tehrani[2*], Seyed Mohammad Taghi Sadatipour[2], Seyed Ali jozi[2], Reza Marandi[2]

1- PhD Student, Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, iran
2- Department of Environment, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, iran
*** Corresponding Author:** Tehrani.mah@gmail.com

Abstract

Background and Objectives: Incidents are one of the most important causes of damages in an organization often occurring due to a chain of minor and trivial errors. Therefore, recognizing the pattern and root causes of the errors are an important approach in understanding and improving safety management in the industry. This study aimed to identify human errors leading to incidents in a gas refinery using human factors analysis and classification system (HFACS).

Methods and Matereals: The present study for conducted for the event of stopping the production of gas extraction in the gas sweetening unit of the refinery. So, a team consisted of six senior refinery engineers, first the analysis of root causes of events with Fishbone Diagram was prepared. Then, by combining the HFACS method and FAHP theory, the probability of occurrence of each of the reasons was analyzed.

Results: Analyzing the worksheets of 128 activities in four levels of HFACS showed, that the highest errors rate were the first level use of Use low-quality equipment (p=6.8%) and Failure to properly analyze budget for overhaul maintenance (p=6.2%), the 2nd level of the sub-group of inadequate supervision of the maintenance supervisor (p=3.59%), the 3rd subgroup of Task-related human factors (p=3.25%) and the 4th sub-category of (p=3.2%) and Inaccuracy of the contractor in completing the checklist Contractor knowledge-based error (p=2.31%) with the most probability impact in trip gas sweetening unit incident.

Conclusions: The results show that errors have various causes, including individual, activity, situational, and organizational errors that require careful planning and management to eliminate or reduce these errors. Increasing the training effectiveness of operators and supervision improvement respectively are the most important measures in decreasing human error-induced incidents in refinery industry maintenance.

Keywords: Gas sweetening; Fishbone method; Human error; HFACS technique; FAHP technique; Gas refinary

How to cite this article: Askarian A, Mirza Ebrahim Tehrani M, Seyed Mohammad Taghi Sadatipour SM, jozi SA, Marandi A. 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. J Saf Promot Inj Prev. 2020; 8(1):46-57.

مطالعه موردی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره۸. شماره ۱. بهار ۱۳۹۹، صفحات ۴۶ تا ۵۷

بررسی نقش متغیرهای پنهان در توقف استحصال گازترش بر اساس روش تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و سیستم طبقه بندی و مبتنی بر تئوری سلسله مراتب فازی (مطالعه موردی صنعت پالایشگاه گاز)

علیرضا عسکریان[۱]، مهناز میرزا ابراهیم طهرانی[۲*]، سید محمدتقی ساداتی پور[۲]، سید علی جوزی[۲]، رضا مرندی[۲]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ، ایران
۲- گروه مدیریت محیط زیست، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ، ایران

چکیده

سابقه و هدف: حوادث یکی از مهم‌ترین علل بروز خسارت در یک سازمان می‌باشند که به‌واسطه سلسله‌ای از خطاهای اغلب جزئی و کم‌اهمیت یک فرد و یا یک مجموعه رخ می‌دهند. بنابراین شناخت الگو و ریشه‌یابی علل بروز خطا یک رویکرد مهم در درک و بهبود مدیریت ایمنی در صنایع می‌باشد. این مطالعه باهدف شناسایی خطاهای انسانی منجر به حوادث با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و سیستم طبقه بندی (HFACS) و تئوری تحلیل سلسله مراتب فازی (FAHP) از پالایشگاه‌های گاز انجام شد.

روش بررسی: پژوهش حاضر برای حادثه توقف تولید استحصال گاز در واحد شیرین‌سازی پالایشگاه گاز انجام شد. بدین منظور با تشکیل یک تیم از ۶ نفر مهندسین ارشد پالایشگاه، ابتدا تحلیل علت‌های ریشه‌ای رویدادها با متد نمودار استخوان ماهی تهیه گردید. سپس با ادغام روش تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و سیستم طبقه بندی و تئوری تحلیل سلسله مراتب فازی احتمال رخداد هر یک از علت‌ها تجزیه‌وتحلیل گردید.

نتایج: نتایج حاصل از تحلیل برگه‌های کار ۱۲۸ فعالیت تعمیراتی نشان داد که در سطوح۴ گانه روش تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و سیستم طبقه بندی ، بیشترین خطای رخداد در سطح اول استفاده از قطعه کیفیت پایین (p=٪۶,۸) و عدم تحلیل صحیح بودجه موردنیاز تعمیرات (p=٪۲,۶) است، سطح دوم زیرگروه نظارت ناکافی سرپرست تعمیرات (p=٪۳,۵۹)، در سطح سوم زیرگروه فاکتورهای انسانی مرتبط با وظیفه (p=٪۳,۲۵) و در سطح ۴ زیرگروه خطای مبتنی بر دانش پیمانکار (p=٪۳,۲) و عدم دقت پیمانکار در تکمیل چک‌لیست (p=٪۲,۳۱) بیشترین احتمال تأثیر علت در رخداد رویداد توقف واحد و استحصال گازترش را دارند.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر نشان داد علت‌های مختلفی از جمله فردی، وابسته به فعالیت (وظیفه) موقعیتی و سازمانی دارند که برای حذف و یا کاهش این خطاها نیازمند برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح و دقیق می‌باشد. افزایش اثربخشی آموزش کارکنان و بهبود نظارت بر عملکرد کارکنان به ترتیب بیشترین نقش را در کاهش وقوع رویدادهای ناشی از خطای انسانی در عملیات‌های تعمیر و نگهداری پالایشگاه دارند.

واژگان کلیدی: شیرین سازی گاز؛ Fishbone method؛ خطای انسانی; تکنیک HFACS، تکنیک FAHP

مقدمه

یکی از مهم‌ترین دلایل بروز خسارت در یک سازمان حوادث می‌باشند که به صورت مستقیم و غیرمستقیم سبب بروز خسارات مالی و جانی در یک سازمان تولیدی می‌شوند .حوادث به‌ندرت محصول (صرفاً) 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. کنترل حوادث یکی از چالش‌هایی است که امروزه ذهن اکثر مدیران را به خود اختصاص داده است. با تعیین علل حوادث و ریشه‌های آن‌ها می‌توان آن‌ها را به‌طور اساسی کنترل نمود و از بروز دوباره آن‌ها جلوگیری کرد [۱]. مدیریت بهره‌وری و پالایش استحصال گاز در پالایشگاه مجموعه‌ای از فعالیت‌های فنی، نظارتی و مدیریتی در چرخه عمر سیستم است که به‌منظور استفاده بهینه از منابع و افزایش بهره‌وری سیستم می‌باشد. خطا در برنامه‌ریزی، اجرا یا نظارت بر انجام عملیات روتین و یا تعمیر و نگهداری می‌تواند سبب

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: Tehrani.mah@gmail.com

نقص سیستم شود و در نتیجه در توقف عملیات واحد و وقوع حوادث بزرگ نقش به سزایی دارد.

بر اساس آمارهای منتشرشده، هر ساله در محیط‌های شغلی تعداد زیادی از کارگران جان خود را از دست می‌دهند. سازمان بین‌المللی کار طی گزارشی در سال ۲۰۱۵ اعلام نمود که سالیانه حدود۶۴۰۰ هزار کارگر در سراسر دنیا جان خود را بر اثر حوادث حین انجام کار از دست می‌دهند [۲]. برخی پژوهش‌ها خطای انسانی را عامل اصلی نشت هیدروکربن‌ها در صنایع فرایندی می‌دانند [۳] مطالعات انجام شده در زمینه حوادث صنعتی حاکی از آن هستند که عامل انسانی مهم‌ترین و اصلی‌ترین نقش را در بروز حوادث ایفا می‌کند؛ به‌طوری که ۶۰ تا ۹۰ درصد از حوادث به‌طور مستقیم از خطاها و اشتباهات انسانی ناشی می‌شوند [۴].

آنالیز ۲۰۰۰ حادثه در استرالیا در سال ۲۰۱۴ نشان داد که میزان تکرار عامل خطای انسانی در حوادث ۸۳ درصد می‌باشد. همچنین در مطالعه‌ای که در دانشگاه فنی برلین انجام شد، مشاهده گردید که۶۴ درصد از کل حوادث به دلیل خطای انسانی رخ می‌دهند [۵] تقریباً در تمامی حوادث اخیر که در سطح وسیعی منتشر شده‌اند؛ به‌عنوان مثال انفجار کارخانه تولید آفت‌کش در بوپال، فاجعه استادیوم فوتبال هیلزبورو، تصادف قطار پدینگتون و ساوت هال، فجایع چرنوبیل و تری مایل آیلند و فجایع شاتل فضایی چلنجرردپایی از خطای انسانی مشاهده می‌شود [۱]، با توجه به پیچیده‌ترشدن روزبه‌روز سیستم‌ها و فرآیندهای صنعتی، پدید آمدن تکنولوژی‌ها و فرایندهای پرخطر، خصلت خطاپذیری و غیرقابل پیش‌بینی بودن انسان و اینکه مهم‌ترین علت بروز حوادث صنعتی خطای انسانی است، شناسایی و آنالیز خطاهای انسانی و یا پیش‌گیری از پیامدهای ناگوار آن‌ها امری ضروری می‌باشد [۶] ویژگی‌های عمومی صنایع بزرگ مانند صنایع نفت و گاز این است که در آن‌ها مقادیر زیادی از مواد خطرناک در یک واحد متمرکز هستند و توسط چند اپراتور کنترل می‌شوند. حوادث عمده‌ترین و بارزترین علل ایجادکننده هزینه‌های هنگفت در صنایع نفت و گاز و مگا پروژه‌های کشور ما هستند، مطالعات انجام شده در چندین کشور از جمله بریتانیا و ایالات متحده آمریکا تعداد بالایی از عوارض و پیامدهای نامطلوب ایمنی و بهداشتی را به صنعت نفت و گاز نسبت داده است [۷]. طی سال‌های اخیر تمرکز بر خطای انسانی در زمینه حوادث صنعتی نشان داده است که علاوه بر کمبود مهارت، تصمیم‌گیری، نگرش، عواملی نظیر فرهنگ سازمانی و عوامل نظارتی نیز به‌عنوان عوامل دخیل در حوادث شناسایی شده‌اند [۸]. بر اساس مطالعه دککر ، خطاهای انسانی به‌طور سیستماتیک به ویژگی‌های ابزارها و وظایف اپراتورها بستگی داشته و ریشه در سیستم سازمانی دارد [۹]. بیشتر خطاهای انسانی در صنعت نفت و گاز ناشی از نقص در طراحی تجهیزات، نقص در سیستم‌های مدیریتی یا فرایندهای کاری است. شناسایی موقعیت‌هایی که خطا می‌تواند در آن‌ها رخ دهد و حذف کردن آن‌ها به کمک مداخلات مناسب، می‌تواند پتانسیل خطای انسانی را کاهش دهد [۱۰].

در مطالعه فگتتر هدف از بررسی حوادث، جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل دقیق از اطلاعات مربوط به خطای انسانی برای به دست آوردن درک کاملی از شرایط پیرامون حادثه می‌باشد. در این مطالعه اطلاعات مربوط به تعدادی از حوادث و سوانح، و عوامل به‌وجودآورنده حادثه پیش‌بینی شده و استراتژی بهبود که سیستم را توسعه می‌بخشد شناسایی می‌شوند [۱۱]. بررسی نقش خطای انسانی در حوادث صنایع نیروگاهی کشور نشان می‌دهد که سه پارامتر رعایت اصول ایمنی، سن و آموزش مهم‌ترین عوامل در بروز خطاهای انسانی مؤثر در حوادث بوده‌اند و۶۲٪ حوادث، ناشی از خطای انسانی است [۱۲].

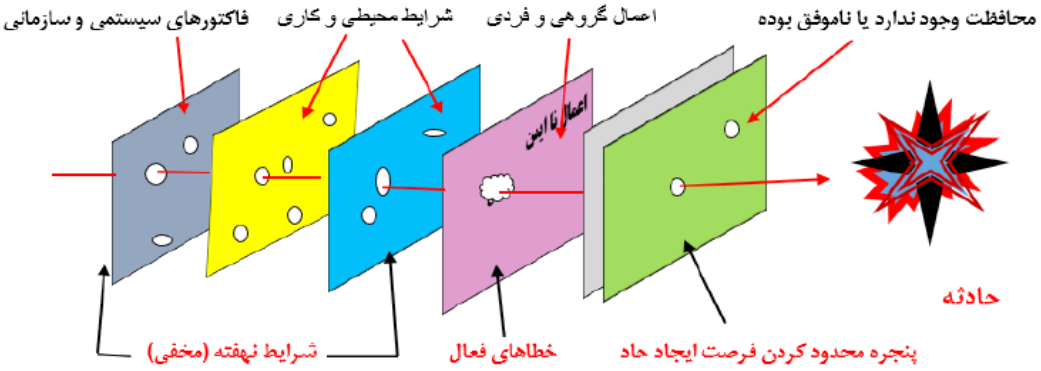
از مدل‌های مختلفی برای شناسایی و کاهش خطاهای انسانی استفاده شده است. یکی از این روش‌ها، چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم[1] می‌باشد. این مدل در اصل برای آنالیز و طبقه‌بندی خطاهای اپراتور در حوادث حمل‌ونقل هوایی و دریایی توسعه یافته است؛ با این حال نسخه پیشرفته روش چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم بر اساس مدل ریاسون برای بررسی خطای انسانی در حوادث استفاده می‌شود .مدل ریاسون در سال ۱۹۹۰ برای شناسایی خطای انسانی در سوانح هوایی ارائه شده بود؛ اما هیچ راه‌حل اصلاحی در آن پیشنهاد نشده بود [۱۳]. از نظر ریاسون خطاها به دو گروه تقسیم می‌شوند: خطاهای فعال[2] که همان خطاهای کاربر هستند و خطاهای پنهان [3]که نقایص سازمانی می‌باشند که می‌توانند تا مدت‌ها به‌صورت پنهان باقی بمانند و در یک شرایط حاد سبب ایجاد یک حادثه ناخوشایند گردند. ریاسون نقص‌های سازمانی و مدیریت در تصمیم‌گیری را عوامل بیماری‌زای سازمانی می‌داند (شکل ۱).

1 Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)

2 Active Failure

3 Latent Failure

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. مدل پنیر سویسی[۱۳]

لزوم پیش‌گیری از بروز حوادث یک ضرورت برای بقای سازمان‌ها محسوب می‌شود که مستلزم ریشه‌یابی دلایل وقوع حوادث می‌باشد. یکی از روش‌هایی که می‌تواند در جهت کاهش حوادث مؤثر باشد، روش چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم است .طبق این مدل، خطای انسانی از چهار سطح دارای نقص تشکیل شده است که هر سطح بر سطح بعدی تأثیر می‌گذارد. این سطوح عبارت هستند از سطح۱: اعمال ناایمن اپراتور و خطای فعال که اکثر تحقیقات بر این سطح متمرکز شده‌اند .این سطح به دو دسته خطا و تخطی طبقه‌بندی می‌گردد؛ سطح۲ : پیش شرایط برای اعمال ناایمن و خطای نهفته / خطای فعال؛ سطح۳ : نظارت ناایمن و خطای نهفته که زنجیره‌ای از رویدادهای به وجود آورنده اعمال ناایمن تا سطحی از اقدام اپراتورها می‌باشد؛ سطح ۴: تأثیرات سازمانی .خطای نهفته علت تصمیم‌گیری نامطلوب سطح مدیریت است که به‌طور مستقیم اعمال نظارت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم در شکل ۲ ارائه شده است. شایان ذکر می‌باشد که چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم توسط دککر به‌عنوان یکی از قوی‌ترین ابزارها برای بررسی انواع مختلف حوادث شناخته شد [۱۴]. به‌عنوان یک برنامه عملی، بوگووت و همکاران یک روش چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم را برای شرح خطاهای نهفته و فعالی که باعث ایجاد حوادث حمل‌ونقل فوریت‌های پزشکی می‌شوند، طراحی کردند [۱۵].

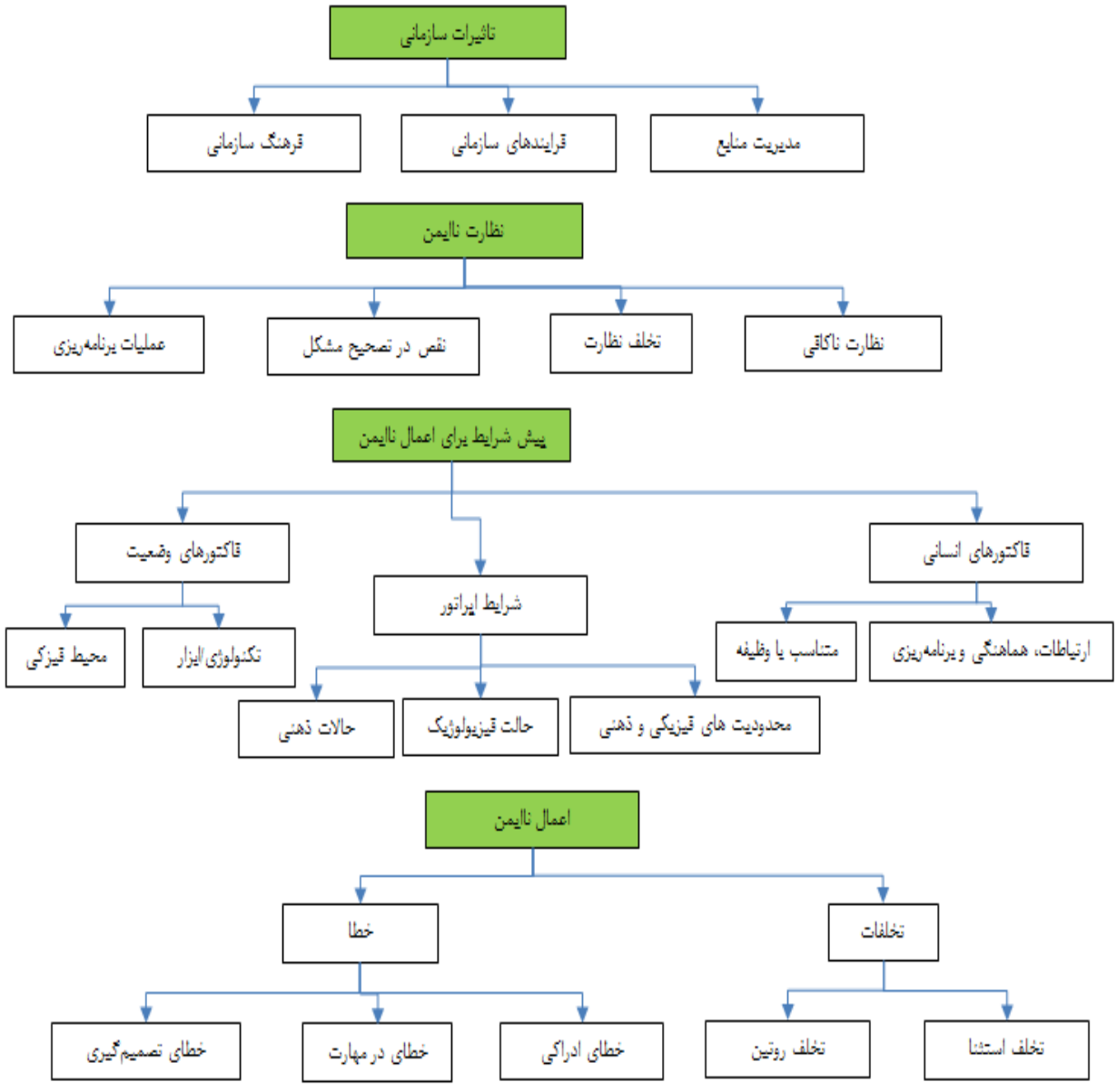
ویگمن و شاپل عنوان کردند که چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم ارتباط بین تئوری و عمل را مشخص می‌کند و برای شناسایی و طبقه‌بندی خطاهای انسانی در حوادث حمل‌ونقل هوایی استفاده می‌شود. روش چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم بر هر دو خطای انسانی نهفته و فعال، روابط بین آن‌ها و شناسایی علل خطای انسانی تمرکز دارد. با این وجود، در حوادث هوایی همواره این چالش برای محققان وجود دارد که چگونه حوادث به بهترین شکل شناسایی گردند و توالی علی رویدادهایی که منجر به حادثه می‌شوند کاهش یابد، شایان توجه است که با بررسی مناسب است یا خیر می‌توان به کاهش حوادث حمل‌ونقل هوایی کمک کرد [۱۶]. چایو و هسیه در پژوهشی به بررسی فاکتورهای خطای انسانی پنهان در صنعت هوانوردی با استفاده از چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم و تحلیل علت ریشه [۴] پرداختند. هدف این پژوهش، بررسی فاکتورهای مرتبط با خطای انسانی در تهیه یک استراتژی مؤثر بهبود بود. نتایج این تحقیق نشان داد که به ترتیب ۱) وضعیت‌های فیزیولوژیکی نامطلوب ۲) محدودیت‌های جسمانی/ذهنی و ۳) هماهنگ‌سازی، ارتباطات و برنامه‌ریزی، می‌بایست به شکلی آسان و کارآمد مورد بررسی قرار گیرند [۱۷].

اومولی و همکاران در مطالعه‌ای بر روی حوادث حمل‌ونقل فراساحلی با استفاده از روش چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم با رویکرد سیستمی و با تمرکز بر شرایط کاری و فرایندهای سازمانی انجام دادند. در این مطالعه تأثیرات بیرون سازمانی شامل دولت، قانون‌گذار، تولیدکننده، تأثیرات اجتماعی، زیست‌محیطی، سیاسی، اقتصادی، مشتری و غیره که سبب بروز خطا و ایجاد اعمال و موقعیت‌های ناایمن می‌شود در چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم گنجانده شد. نتایج بیان داشت که به کار بردن فاکتورهای علتی بیرون سازمانی طی فرایند تحقیق و بررسی حوادث می‌تواند سودمند باشد [۱۸].

دارامولا برای ارزیابی عملکرد ایمنی در صنایع حمل‌ونقل هوایی نیجریه، حوادث و نرخ مرگ‌ومیر را با سطوح متوسط جهانی طی سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۸ مقایسه کرد و با تجزیه‌وتحلیل محتوای گزارش‌های حوادث با استفاده از روش چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم نشان داد که اغلب خطای مهارتی، محیط فیزیکی و نظارت ناکافی باعث ایجاد حادثه می‌شوند و روابط بین گروه‌های چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و

4. Root Cause Analysis (RCA)

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.



شکل۲. چهارچوب روش فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم [۱۴]

طبقه‌بندی سیستم با استفاده از آزمون‌های آماری معنادار نمی‌باشد. بر اساس این پژوهش به ترتیب در بالاترین سطح تخطی نظارتی، مدیریت منابع و خطای تصمیم قوی‌ترین حالت وقوع حوادث هستند [۱۹]. علاوه براین، لی یانگ تینگ و همکاران، با استفاده از روش چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم، ۵۴۵حادثه را بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۸ تجزیه‌وتحلیل کردند و دریافتند که سطح اول به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر سطح دوم و سطوح سازمانی و نظارتی قرار دارد؛ به‌طوری که تصمیمات خطاپذیر در سطوح بالای مدیریت، شیوه نظارتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و برای اعمال ناایمن، پیش شرایط ایجاد می‌کنند؛ از این رو عملکرد خلبانان را دچار اختلال نموده و منجر به حادثه می‌شوند [۲۰]. شیرعلی و همکاران از این روش به عنوان روشی مؤثر و سودمند جهت مطالعه خطای انسانی در صنایع نام برده‌اند که می‌تواند از تکرار حوادث و عواملی که منجر به حادثه می‌شوند جلوگیری نماید. علاوه براین، می‌توان از این روش در پی ریزی استراتژی‌های پیشگیری از حوادث در صنایعی همچون فولاد استفاده کرد [۲].

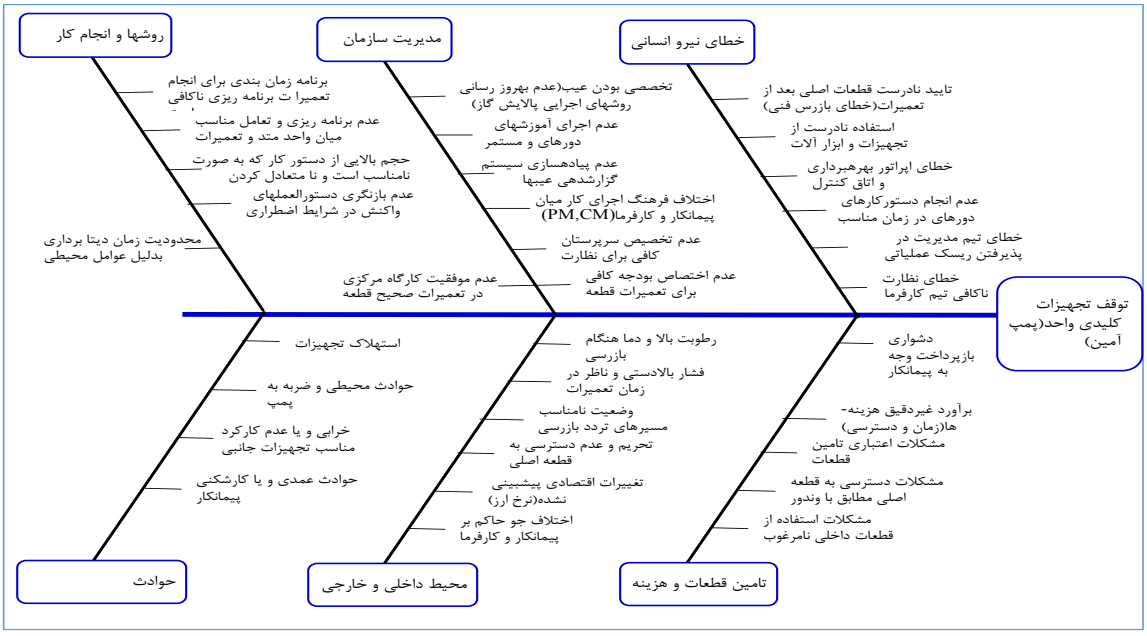
چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم یکی از قدرتمندترین ابزارهای بازسازی نقش انسان در حوادث مختلف است و به صورت تئوریک خطاها را شناسایی و طبقه‌بندی کرده و پلی بین تئوری و عمل ایجاد می‌کند و بر روی هر دوی

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.

نقص‌های آشکار و پنهان بررسی حوادث هوایی و صنعت هوانوردی، حوادث کارخانه‌های کشتی‌سازی و تحقیقات سوانح ریلی استفاده می‌شود و به عنوان چهارچوبی برای بررسی حوادث صنعتی پیشنهاد شده است [۲۱]. همچنین از آنجایی که صنایع گاز یکی از مهم‌ترین قطب‌های اقتصادی و درآمدی کشور می‌باشند و با توجه به اینکه تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای جهت آنالیز حوادث مرتبط با تولید در صنایع نفت و گاز ایران با استفاده از چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم انجام نشده است، جهت شناسایی هر دو خطای انسانی نهفته و فعال، بررسی روابط بین آن‌ها و شناسایی علل خطای انسانی تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم در یکی از پالایشگاه‌های گاز جنوب کشور در بخش شیرین‌سازی گاز که منجر به توقف استحصال گاز شیرین از گازترش شده است، اجرا گردید. در مجموع هدف از انجام پژوهش حاضر، آنالیز و درک بهتر حوادث ایجاد شده در ۴ سطح و تعامل بین سطوح مذکور با سطوح بالاتر می‌باشد؛ به عبارت دیگر، نتایج این پژوهش تعیین می‌کنند که چگونه این فاکتورها در سطوح بالای مدیریت و درقالب زیرگروه‌ها در سطوح عملیاتی تأثیر می‌گذارند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در واحد شیرین‌سازی پالایشگاه گازی جنوب کشور در سال ۱۳۹۸ انجام شد. جهت تجزیه‌وتحلیل علت‌های مستقیم، غیرمستقیم و ریشه‌ای یک تیم متشکل از ۶ نفر از مدیران و مهندسان ارشد واحد تشکیل شد و سپس با استفاده از روش نمودار استخوان ماهی[5] و از طریق طوفان فکری و مصاحبه با کارشناسان و تکنسین‌های واحد، عوامل حادثه به۶ دسته مدیریت، نیروی انسانی، ماشین‌آلات و تجهیزات، روش‌ها، مواد و محیط تقسیم شد [۲۲]، که ۱۲ نمودار علت و معلول استخوان ماهی جهت تجزیه‌وتحلیل علت‌های توقف واحد شیری‌سازی گاز ترسیم شد که ۳۴۹ علت ریشه‌ای، علل غیرمستقیم و مستقیم شناسایی گردید (شکل ۳).



شکل ۳. نمودار علت و معلول استخوان ماهی حادثه توقف واحد

با استفاده ازچک لیست چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم و تکمیل برگه‌های کاری عوامل به‌وجودآورنده خطا (شکل ۲) در این واحد مشخص گردید. چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم یک چهارچوب سازمانی برای آنالیز حوادث می‌باشد [۵] که علل انسانی یک حادثه را شناسایی کرده و ابزاری جهت کمک به فرایند تحقیق، آموزش و اقدامات پیشگیرانه است. چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم مبتنی بر مدل خطای انسانی معروف به پنیر سوئیسی است که خطاهای فعال و نقایص نهفته را در چهار سطح اعمال ناایمن (خطاها و تخلفات) ، پیش شرایط اعمال ناایمن (عوامل محیطی، شرایط کاروَر، عوامل فردی) ، نظارت و سرپرستی ناایمن و تأثیرات سازمانی بررسی می‌کند. چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم چهارچوب جامعی از خطای انسانی است که ۱۹ گروه علتی را در چهار سطح اشاره شده تعریف می‌کند (شکل۲). این گروه‌ها عبارت‌اند از: خطاهای مهارتی، خطاهای تصمیم‌گیری، خطاهای ادراکی، تخلفات روتین، تخلفات استثنایی، محیط فیزیکی، محیط تکنولوژیکی، حالت ذهنی نامطلوب، حالت فیزیولوژیکی نامطلوب، محدودیت‌های جسمانی/ذهنی، مدیریت منابع انسانی،

5. Fishbone Diagram

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.

آمادگی فردی، سرپرستی و نظارت ناکافی، برنامه‌ریزی نامناسب عملیات، عدم اصلاح مشکل شناخته شده، تخلف نظارتی، مدیریت منابع، جوسازمانی، فرایند عملیاتی [۱۶].

وزن دهی داده‌ها با استفاده از روش فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی فازی[۶] مثلثی انجام گرفت که احتمال رخداد هر یک از علت‌ها و درصد تأثیر بر وقوع رویداد اصلی محاسبه گردید و در نهایت پیشنهادهایی برای استراتژی بهبود ارائه شد. نظریه مجموعه‌های فازی توسط پرفسور لطفی‌زاده مطرح شده است. این تئوری قادر است بسیاری از مفاهیم و عبارات را با زبان ریاضی بیان کند و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد [۲۳].

انتخاب خبرگان و تعین وزن آن‌ها: درزمان عدم وجود داده ازنظر خبرگان استفاده می‌نماییم [۲۴]؛ که در این مطالعه شش خبره جهت تعیین وزن انتخاب گردید. خبره در این مطالعه به کسی گفته شد که دارای اطلاعات کافی از سیستم مورد ارزیابی و آشنا با روش تجزیه‌وتحلیل سیستم بوده است. برای تعیین وزن اهمیت متخصصان از روش ارائه شده توسط لواسانی ارائه شده است استفاده گردید که در جدول ۱ شیوه امتیازدهی و اهمیت وزنی ۶ خبرگان نشان داده شده است.

اجماع نظر خبرگان: محاسبه درجه تشابه (درجه توافق). $S_{UV}(\widetilde{R_U}.\tilde{R}_V)$ به‌عنوان عقاید (درجه توافق) بین هر یک از متخصصان Eu و Ev تعریف شده است. با توجه به این ، در نظر گرفتن $\tilde{A}=(a_1.a_2.a_3)$ و $\tilde{B}=(b_1.b_2.b_3)$ دو عدد فازی مثلثی استاندارد و درجه عملکرد توافق S با استفاده از رابطه ۱ تعریف شده است [۲۵].

رابطه ۱
$$S(\tilde{A},\tilde{B})=1-\frac{1}{J=4}\sum_{i=1}^{4}|a_i-b_i|i=1,2,3$$

6 . fuzzy analytic hierarchy process (FAHP)

هنگامی که $(\tilde{A}.\tilde{B})\in[0.1]$، مقدار آن بیشتر از $S(\tilde{A}.\tilde{B})$ است از نظر تعداد کارشناسان با توجه به اعداد فازی ، A و B شباهت بالاتری دارد. بر این اساس ، برای دو عدد فازی ذوزنقه‌ای، در معادله فوق محاسبه میانگین نظرات(AA) درجه (E_u) AA نظرات کارشناسان با استفاده از رابطه ۲ قابل انجام است[۲۵].

رابطه ۲
$$AA(E_u)=\frac{1}{m-1}\sum_{\substack{u\neq v\\ v=1}}^{J}S(\tilde{R}u,\tilde{R}v)$$

محاسبه درجه توافق نسبی (Eu) RA از همه کارشناسان مطابق با رابطه ۳ قابل انجام است[۲۵].

رابطه ۳
$$E_u(u=1,2,\dots,m)\ \ as\ \ RA(E_u)=\frac{AA(E_u)}{\sum_{u=1}^{m}AA(E_u)}$$

فازی و دفازی کردن نظر خبرگان: برآورد درجه ضریب اجماع (CC)، (E_u) CC مطابق با نظرات کارشناسان،(E_u(u=۰,۱,۲,…,j مطابق با رابطه ۴ محاسبه می‌گردد[۲۵].

رابطه ۴
$$CC(E_u)=\beta\cdot W(E_u)+(1-\beta)\cdot RA(E_u)$$

نتیجه جمع‌بندی شده از داوری متخصصان $\widetilde{R_{AG}}$، با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌گردد[۲۵].

رابطه ۵
$$\tilde{R}_{AG}=CC(E_1)\times\tilde{R}_2+CC(E_2)\times\tilde{R}_2+\dots+CC(E_m)\times\tilde{R}_M$$

سرانجام، نرخ تأثیر(IR) با استفاده از رابطه‌های (۶) و (۷) پیشنهاد شده توسط Onisawa (۱۹۹۰) - به احتمال تبدیل می‌شود [۲۵].

رابطه ۶ و۷
$$probability\ of\ IR=\begin{cases}1/10^{k} & IR\neq 0\\ 0 & IR=0\end{cases}$$

$$k=2.301\times[(1-IR)/IR]^{1/3}$$

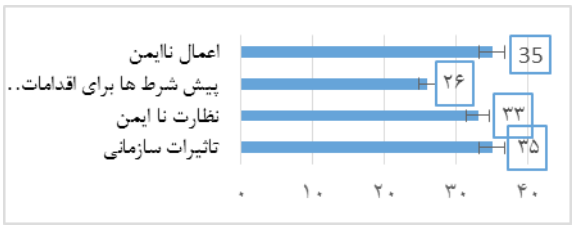
جدول ۱. شیوه امتیازدهی و اهمیت وزنی خبرگان

	کد	عنوان شغل	سن	مدرک	تجربه	اهمیت وزنی
گروه خبرگان	E۱	سرپرست تعمیرات پالایشگاه	۵۰	کارشناسی ارشد	۲۷	۰،۲۰۵
	E۲	سرپرست مهندسی پالایشگاه	۴۴	کارشناسی ارشد	۱۶	۰،۱۷
	E۳	سرپرست شیفت پالایشگاه	۴۰	کارشناسی ارشد	۱۲	۰،۱۷
	E۴	سایت من ارشد سایت شیرین سازی گاز	۳۴	کارشناس	۸	۰،۱۲۵
	E۵	سرپرست شیفت واحد الکتریکال تعمیرات	۳۶	دکتری	۱۰	۰،۱۵۹
	E۶	سرپرست پیمانکار تعمیرات نگهداری	۵۱	کارشناسی ارشد	۲۶	۰،۱۷

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.

یافته‌ها

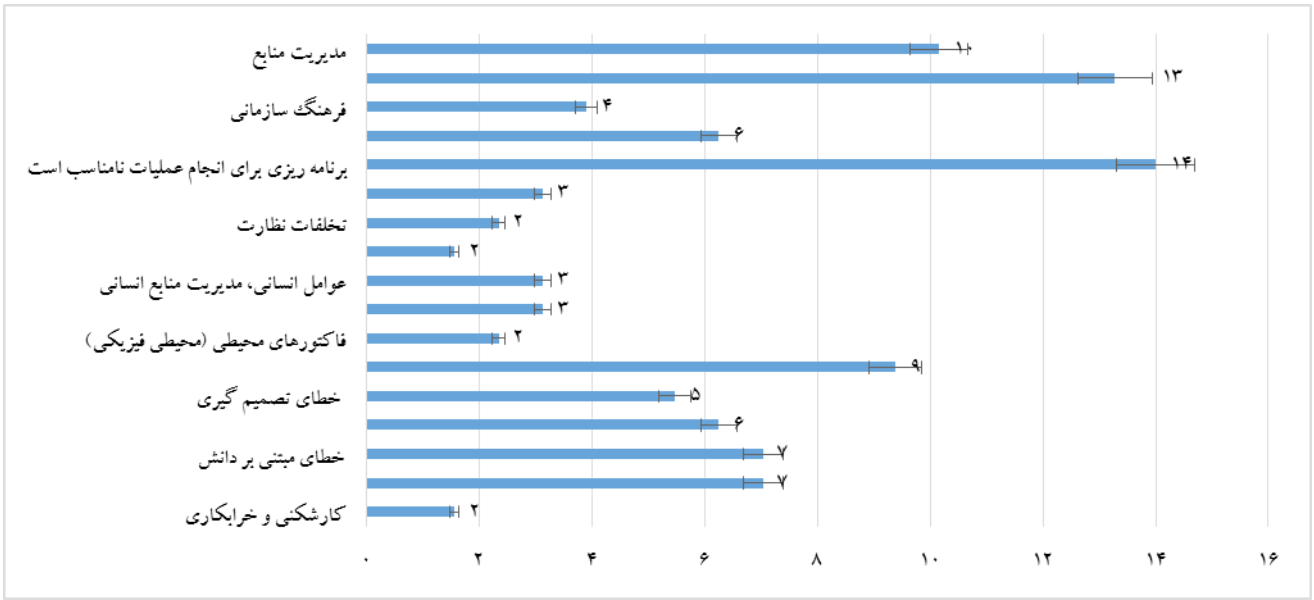
برای شناخت همه عوامل مؤثر در سناریوی حادثه فوق، از چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم استفاده شد. از طریق پنج جلسه بهداشت و ایمنی با حضور کارشناسان مختلفی از جمله سرپرست تعمیرات پالایشگاه، سرپرست مهندسی پالایشگاه، سرپرست شیفت پالایشگاه، سایت من ارشد سایت شیرین سازی گاز، سرپرست شیفت واحد الکتریکال تعمیرات، سرپرست پیمانکار تعمیرات نگهداری، درمجموع ۱۲۸ عامل نقص شناسایی شد. طبق رویکرد چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم ، این نارسایی‌ها شامل تأثیرات سازمانی (N=۳۵)، نظارت ناایمن (N=۳۳)، پیش‌شرط برای اقدامات ناایمن (N=۲۶) و اعمال ناایمن (N=۳۵) بود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود که تأثیرات سازمانی و اعمال ناایمن به ترتیب بیشترین فراوانی را به عنوان عوامل مؤثر در این حادثه دارند (شکل ۴). همه عوامل شناسایی شده بر اساس چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم به همراه نمادها و توضیحات کامل در جدول ۲ نشان داده شده است.



شکل ۴. درصد فراوانی علل خطاهای انسانی در سطوح ۴ گانه چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم

همچنین همان‌طور که در شکل ۵و جدول ۲ نشان می‌دهند، مدیریت منابع (۱۰,۱۶٪)، روش اجرایی و فرآیند عملیاتی (۱۳,۲۸٪)، عدم برنامه‌ریزی مناسب برای اجرای فعالیت‌ها (۱۴,۶٪)، فاکتورهای محیطی (۹,۶٪)، خطای مبتنی بر دانش (۷,۰۳٪) و تخلفات غیرعادی (غیر روتین)(۷,۰۳٪) به ترتیب بیشترین علل رویدادهای ناشی از خطای انسانی را تشکیل می‌دهند.

در جدول ۲ احتمال رخداد علت‌های ریشه‌ای در هر یک از زیرگروهای چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم نشان داده شده است. در این جدول از میان ۱۲۸ علت شناسایی شده، علت‌هایی که بیشترین احتمال رخداد بر توقف واحد شیرین سازی گاز را داشتند نمایش داده شده است.



شکل ۵. درصد فراوانی علل خطاهای انسانی در تعمیر و نگهداری در زیرگروه‌های چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم

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.

جدول ۲. احتمال رخداد علت‌های ریشه‌ای خطای انسانی در توقف واحد شیرین سازی گاز

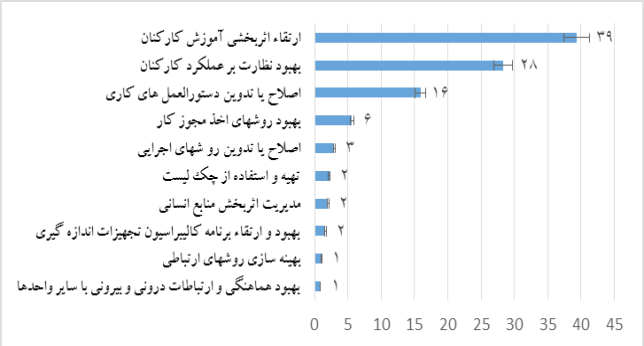
عوامل HFACS	زیرمجموعه	کد	توضیحات علت‌های ریشه‌ای خطای انسانی	نظرات خبرگان واحد						احتمال رخداد علت	درصد تأثیر بر رخداد حادثه
				E۱	E۲	E۳	E۴	E۵	E۶		
تأثیرات سازمانی (D)	مدیریت منابع D۱	D۱،۱	ضعف مدیریت در زمان‌بندی تعمیرات و نصب	H	L	M	VL	H	L	۰،۰۰۳۲۲۰۷	۱،۰۲
		D۱،۲	عدم انتخاب پیمانکار مناسب برای PM,CM	M	M	VH	H	H	L	۰،۰۱۰۳۰۰۲	۳،۸۵
		D۱،۳	استفاده از قطعه کیفیت پایین به دلیل عدم دسترسی به قطعه استاندارد	H	VH	L	M	H	VH	۰،۰۱۸۳۹۸	۶،۸۷
		D۱،۴	ضعف مدیریت در اختصاص تعداد مناسب از سرپرستان ارشد	L	H	VL	H	L	H	۰،۰۰۴۰۳۶۶	۱،۵۱
		D۱،۵	عدم پیاده‌سازی آموزش دوره‌ای و مستمر	VH	H	M	H	M	M	۰،۰۱۳۶۱۵۱	۵،۰۹
		D۱،۶	عدم تحلیل صحیح بودجه کافی تعمیرات	VH	M	VH	M	VH	L	۰،۰۱۶۷۱۳۲	۶،۲۴
		D۱،۷	ارتباط، هماهنگی مدیر سایت و کارمندان اتاق کنترل.	H	VH	M	L	H	L	۰،۰۰۸۶۰۷۳	۳،۲۱
		D۱،۱۱	قبول ریسک تعمیرات ناکافی بعد از انجام تعمیرات	M	VL	M	VL	H	VH	۰،۰۰۴۳۱۱۳	۱،۶۱
	روش اجرایی و فرآیند عملیاتی D۲	D۲،۱	عدم بازنگری دستورالعمل تعمیرات پمپ	M	H	VL	H	H	VL	۰،۰۰۴۸۶۱۸	۱،۸۲
		D۲،۶	روش اجرایی برای کنترل الکتروموتور در زمان شرایط اضطراری	VH	VL	VH	L	VL	H	۰،۰۰۵۵۶۲۷	۲،۰۸
		D۲،۷	روش اجرایی نظارت و سرپرستی ناظر بر انجام کار	H	M	H	L	L	M	۰،۰۰۵۴۱۵۱	۲،۰۲
		D۲،۸	دستور نصب الکتروموتور طبق Vendor انجام نمی‌شود	H	VL	H	VL	H	L	۰،۰۰۳۸۱۸۱	۱،۴۳
		D۲،۹	روش ساختاری برای شناسایی عیب‌های الکتروموتور نامناسب است	H	L	H	L	VL	VH	۰،۰۰۵۴۵۱۳	۲،۰۴
		D۲،۱۲	سیستم گزارش دهی نامناسب به تعمیرات	H	VL	H	VL	H	VH	۰،۰۰۹۶۱۶۲	۳،۵۹
		D۲،۱۳	نیازسنجی دوره‌های اپراتور اتاق کنترل صورت نگرفته است	M	H	VL	H	VL	H	۰،۰۰۵۰۱۷۱	۱،۸۷
		D۲،۱۴	عدم تصحیح و به‌روز کردن روش اجرایی مطابق با MOC	L	H	VL	H	L	H	۰،۰۰۴۰۳۶۶	۱،۵۱
	فرهنگ‌سازمانی D ۳	D۳،۱	فرهنگ متفاوت پیگیری برای نگهداری و تعمیرات و بازرسی در کارفرما	H	VL	H	VH	VL	H	۰،۰۰۸۷۱۳۴	۳،۲۵
		D۳،۵	فرهنگ ضعیف پیمانکار در ارائه گزارش و عیب‌های الکتروموتور	H	L	H	L	M	L	۰،۰۰۳۷۵۵۷	۱،۰۴
نظارت ناایمن ©	نظارت ناکافی C ۱	C۱،۳	انجام کار بازرسی بدون حضور نفر دوم در بالای سرکار	H	VL	H	VL	H	VH	۰،۰۰۹۶۱۶۲	۳،۵۹
	برنامه‌ریزی برای انجام عملیات نامناسب است ۲C	C۲،۳	Plan نشدن انتخاب و تائید شرکت مجاز برای کالیبراسیون دستگاه‌ها	VL	H	L	H	L	H	۰،۰۰۳۹۵۱۸	۱،۴۸
		C۲،۹	باوجود نشت روغن از روز گذشته، هیچ اقدامی به‌موقع انجام نشده است.	H	VL	H	L	H	L	۰،۰۰۴۵۷۲۶	۱،۷۱
	شکست در شناخت صحیح مشکل C ۳	C۳،۱	خطا در ارزیابی صحیح خطاهای گزارش شده به کارفرما	H	VL	H	VH	H	H	۰،۰۰۸۷۱۳۴	۳،۲۵
		C۳،۴	عدم تمایل تکنسین‌های پیمانکار و تیم‌های نظارتی برای گزارش	H	L	M	L	L	H	۰،۰۰۳۸۰۷۲	۱،۴۲
پیش شرط‌هایی برای عمل ناایمن (B)	وضعیت اپراتورها B ۱	B۱،۲	شرایط نامتعارف عصبی اپراتور برای رسیدگی به اشکالات فنی به‌موقع	H	L	M	L	L	H	۰،۰۰۳۸۰۷۲	۱،۴۲
	مدیریت منابع انسانی B ۲	B۲،۲	عدم موفقیت کار تیمی تعمیرات کارگاه مرکزی در تعمیرات صحیح پیرینگ	H	VL	H	L	H	VL	۰،۰۰۳۶۹۴۷	۱،۳۸
	فاکتورهای انسانی مرتبط با وظیفه B ۳	B۳،۱	هماهنگی و پیگیری بالای اپراتور اتاق کنترل و سایت من	L	H	H	VL	H	M	۰،۰۰۶۳۴۸۵	۲،۳۷
		B۳،۳	تکراری و بیهوده بودن ثبت دیتاهای لرزش و گرما سنجی از جانب تکنسین پیمانکار	H	VL	H	VH	VL	H	۰،۰۰۸۷۱۳۴	۳،۲۵
	فاکتورهای محیطی (محیطی فیزیکی) B ۴	B۴،۲	وضعیت نامناسب مسیرهای تردد جهت دسترسی به کلیه نقاط برای بازرسی	H	L	M	L	L	H	۰،۰۰۳۸۰۷۲	۱،۴۲
	فاکتورهای محیطی (فنی و تکنولوژی) B ۵	B۵،۳	قدیمی بودن دستگاه ارتعاش سنج و گرماسنج	VL	VL	VH	H	L	H	۰،۰۰۳۷۰۵۴	۱،۳۸
		B۵،۴	خرابی دستگاه تست لرزش و گرمای موتور	L	H	L	H	VL	H	۰،۰۰۴۰۶۵۲	۱،۵۲
		B۵،۵	سنسورهای سنجش گرما و ارتعاش موتور خراب است	H	L	H	VL	H	L	۰،۰۰۴۶۹۹۷	۱،۷۶
		B۵،۷	خرابی سیستم خنک کاری (نرسیدن روغن به یاتاقان)	L	H	L	H	VL	H	۰،۰۰۴۰۶۵۲	۱،۵۲
		B۵،۸	محدودیت زمان انجام کار به دلیل نداشتن (PPEانجام بازرسی با تعداد کمتر)	H	L	H	VL	H	L	۰،۰۰۴۶۹۹۷	۱،۷۶
		B۵،۱	لرزش بیش‌ازحد پمپ	VL	H	M	VL	M	H	۰،۰۰۳۵۶۵۷	۱،۳۳
اعمال ناایمن (A)	خطای تصمیم‌گیری A ۱	A۱،۵	خطای تصمیم‌گیری اپراتور اتاق کنترل و خاموش کردن اضطراری الکتروموتور	H	L	L	H	L	M	۰،۰۰۳۴۹۴۵	۱،۳۱
		A۱،۶	تصمیم‌گیری در ثبت نتایج اشتباه به دست آمده بدون هماهنگی با ناظر کارفرما	VL	L	H	L	H	H	۰،۰۰۴۲۰۷۶	۱،۵۷
	خطای مبتنی بر مهارت A ۲	A۲،۱	خطای اپراتور اتاق کنترل در خواندن ولتاژ مصرفی موتور	L	H	L	H	H	L	۰،۰۰۴۶۱۱۷	۱،۷۲
		A۲،۶	خطا در خواندن اطلاعات اشتباه به سایت من (ارسال خطای اشتباه)	L	H	L	H	VL	H	۰،۰۰۴۰۶۵۲	۱،۵۲
		A۲،۷	خطا در ارتباط گرفتن اپراتور اتاق کنترل با سایت من برای پایش سیستم	H	L	H	VL	H	L	۰،۰۰۴۶۹۹۷	۱،۷۶
	خطای مبتنی بر دانش A ۳	A۳،۱	خطابه دلیل دانش کم تکنسین‌های پیمانکار برای سرهم‌بندی قطعه‌ها	VL	H	M	VL	M	H	۰،۰۰۸۵۶۵۷	۳،۰۲
		A۳،۵	دانش کار با دستگاه لرزش و گرما توسط پیمانکار به‌درستی انجام نشده است	VL	H	L	VL	H	H	۰،۰۰۳۵۷۲۵	۱،۳۳
	تخلفات غیر روتین (غیرعادی) A ۴	A۴،۲	عدم دقت در شناسایی عیب‌های ظاهری (تکمیل چک‌لیست) پیمانکار	H	L	L	H	H	VL	۰،۰۰۶۱۹۶۱	۲،۳۱
		A۴،۳	عدم تمیزکاری گلندهای برق الکتروموتور و ایجاد	L	H	M	H	VL	H	۰،۰۰۳۸۶۰۲	۱،۴۴
		A۴،۴	نصب نامناسب الکتروموتور توسط پیمانکار	H	VL	VH	L	L	M	۰،۰۰۳۶۵۹۴	۱،۳۷
		A۴،۶	خطای تکنسین در تعویض و یا شارژ روغن پمپ	L	H	H	L	M	L	۰،۰۰۳۵۲۱۷	۱،۳۲

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.

در سطح یک چهارچوب تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم، عدم دسترسی به قطعه اصلی و تأثیرات سازمانی تصمیم‌گیری مدیریت در خصوص استفاده از قطعه مصرفی که مطابق با دستورالعمل وندور نمی‌باشند اولویت اول و عدم آنالیز صحیح در محاسبه میزان بودجه موردنیاز برای تعمیرات اساسی و مهم اولویت دوم و عدم پیاده‌سازی آموزش‌های دوره‌ای و مستمر اولویت سوم و عدم انتخاب پیمانکار مناسب برای نگهداری و تعمیرات پمپ (PM,CM) اولویت چهارم در احتمال رخداد یک حادثه را تأثیرات سازمانی دارند. در سطح اول و در روش‌های اجرایی و عملیاتی، مبهم بودن روش ساختاری به‌صورت روشی سخت و پیچیده برای گزارش دهی اقدامات اصلاحی تعمیرات و نگهداری اولویت بیشتری برای رخداد حادثه دارد. در سطح اول و در فرهنگ‌سازمانی پالایشگاه، سیستم بازرسی، نگهداری و تعمیرات قطعات بیشترین اولویت رخداد حادثه را دارد. در سطح دو انجام کار بازرسی بدون حضور نفر دوم در شرایط مهم دیتا برداری و خطا در ارزیابی صحیح خطاهای گزارش شده به کارفرما اولویت‌های مهم در علل رخداد حادثه توقف واحد می‌باشند. در سطح سوم، نیاز به هماهنگی بالا میان اپراتور اتاق کنترل و سایت من باعث خطا در چک کردن سطح روغن پمپ و اختلاف دمای ثبت شده در اتاق کنترل و نمایشگرهای نصب شده در محیط اولویت‌های مهم در رخداد حادثه می‌باشند. در سطح چهار، دانش کم تکنسین پیمانکار برای سرهم‌بندی قطعات و عدم دقت در شناسایی عیب‌های ظاهری (چک‌لیست هفتگی) توسط پیمانکار اولویت‌های مهم در رخداد حادثه می‌باشند (جدول ۲).

در این مطالعه اقدامات اصلاحی و پیشنهادی به‌منظور پیشگیری یا کاهش بروز علل رویدادهای ناشی از خطای انسانی بر اساس فراوانی خطاها و اولویت ریسک آن‌ها، در ۱۰ گروه طبقه‌بندی گردید. این اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه به ترتیب فروانی عبارت‌اند از:

۱- ارتقاء اثربخشی آموزش کارکنان (۳۹،۳۷٪)،
۲-بهبود نظارت بر عملکرد کارکنان (۲۸،۳۱٪)،
۳-اصلاح یا تدوین دستورالعمل‌های کاری (۱۵،۹۲٪)،
۴-بهبود روش‌های اخذ مجوز کار (۵،۶۴٪)،
۵-اصلاح یا تدوین روش‌های اجرایی (۲،۹۸٪)،
۶-تهیه و استفاده از چک‌لیست (۲،۱۹٪)،
۷-مدیریت اثربخش منابع انسانی (۲،۰۴٪)،
۸-بهبود و ارتقاء برنامه کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری (۱،۶۴٪)،
۹-بهینه‌سازی روش‌های ارتباطی (۱،۰۲٪)،
۱۰-بهبود هماهنگی و ارتباطات درونی و بیرونی با سایر واحدها (۰،۸۶٪)، شکل ۵.



شکل ۵. فراوانی عناوین پیشنهادی جهت برنامه‌ریزی مدیریتی و اولویت‌بندی اجرای اصلاحات

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که سطح یک روش تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم (تأثیرات سازمانی) بیشترین علت را در بروز رویدادهای ناشی از خطای انسانی در توقف واحد به خود اختصاص می‌دهد و پس‌ازآن سطح دو (نظارت سرپرستی ناایمن) و سطح چهار (اعمال ناایمن) و سطح سه (پیش‌شرط‌های اعمال ناایمن) این روش، به ترتیب بیشترین احتمال رخداد رویدادهای ناشی از خطای انسانی را تشکیل می‌دادند. دلایل بیشترین فراوانی در سطح یک (تأثیرات سازمانی)، می‌تواند وجود تحریم‌ها، شرایط اقتصادی نامتعادل، فشارهای بالادستی و عدم ممیزی مراقبتی خارجی از سیستم‌های مدیریتی در حال اجرا باشد که بیشترین تأثیررا بر خطاهای مدیریتی پالایشگاه می‌گذاشت و باعث افزایش ساعت تعمیرات قطعات و به‌تبع آن باعث استهلاک بیشتر قطعات می شد.

در پژوهش شیرالی و همکارانش که به شناسایی خطاهای انسانی در صنایع فولاد با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم پرداخته‌اند نیز، اعمال ناایمن اپراتورها بیشترین خطاها را به خود اختصاص داده بودند و بیشترین خطاهای انسانی در سطح۱ خطای مبتنی بر مهارت (۵۱/۲۹ درصد)، در سطح ۲ محیط فیزیکی (۲۹/۱ درصد)، در سطح ۳ نظارت ناکافی (۳۶/۸ درصد) و در سطح ۴ مدیریت منابع (۲۲/۱ درصد) علت اصلی وقوع حوادث در صنایع فولاد بودند [۲].

در سطح دوم (نظارت و سرپرستی ناایمن) بیشترین احتمال رخداد عوامل رویداد شامل کوتاهی سرپرستان در راهنمایی، آموزش، رهبری و انگیزش به‌منظور اطمینان از اجرای ایمن کار و مشاهده مواردی که در آن قوانین و مقررات موجود عمداً توسط سرپرستان نادیده گرفته می‌شود به‌عنوان مثال عدم اعمال قوانین و مقررات ایمنی، مجاز دانستن کار باوجود شرایط مخاطره‌آمیز یا مستندسازی ناکافی از دلایلی است که سبب شده در رتبه بعدی به لحاظ فراوانی قرار بگیرد. در مطالعه‌ای که توسط لی یانگ تینگ و مین دای انجام

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.

شد، با استفاده از روش‌های آماری ارتباط بین سطوح تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم در ۵۴۵ گزارش حادثه بین سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۸ میلادی در صنعت هوانوردی بررسی شد و به این نتیجه رسیدند که تصمیم‌گیری‌های اشتباه در سطوح بالاتر مدیریت با ایجاد پیش شرایط برای وقوع اعمال ناایمن و ناشایستگی‌ها در سطوح دوم تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی خطای انسانی در سطح اول داشته است. طبق نتایج به‌دست‌آمده اثر تأثیرات سازمانی شامل رویدادها ناشی از نظارت و سرپرستی ۱۲/۹٪ ناایمن بوده است که با مقایسه آن با نتایج مطالعه حاضر درمی‌یابیم که در هر دو مطالعه نظارت و سرپرستی ناایمن به همراه پیش شرایط اعمال ناایمن، بیش از نیمی از علل را به خود اختصاص داده‌اند [۲۰]. در تحقیق دیگری که توسط متین سلیک و سلجوق انجام شد، حادثه انفجار بویلر یک کشتی باری به کمک روش تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم به‌منظور تعیین نقش خطاهای انسانی در حوادث کشتیرانی بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در سطح ۱ خطاهای مهارتی، در سطح ۲ محیط تکنولوژیکی، در سطح ۳سرپرستی و نظارت ناکافی و در سطح ۴ فرایندهای سازمانی اصلی‌ترین علل حادثه را تشکیل می‌دادند [۲۶].

در سطح سوم با توجه به تکراری بودن وظیفه دیتا بردار که کارشناسان واحد پیمانکار می‌باشد و همچنین وظیفه آنالیز دیتاهای توسط مهندس تعمیرات پالایشگاه صورت می‌گیرد که نظرسنجی و بازخوردی از آنالیز دیتاها به تکنسین‌های پیمانکار ارائه نمی‌شود و می‌تواند باعث ثبت دیتاهای اشتباه در چک‌لیست شود. به دلیل حساسیت بالای در اندازه‌گیری فشار، دما و فلوی آمین در لاین پمپ به برج جذب باعث گردیده است که ارتباط و هماهنگی بالایی میان اپراتور اتاق کنترل و سایت من باشد و عدم هماهنگی و ارتباط مناسب در پایش سیستم لاین آمین مهم‌ترین عامل‌ها در پیش‌فاکتورهای خطای انسانی می‌باشد. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه با نتایج بررسی ۵۰۸ رویداد و حادثه در معادن کوییزلند استرالیا که با استفاده از تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم انجام گرفت، نشان می‌دهد که در هر دو مطالعه، اعمال ناایمن و پیش شرایط اعمال ناایمن درصد بالایی از علل در رخداد حوادث و رویدادها دارند. نیز درصد خود اختصاص می‌دهد [۲۷]. گونگ و فن روش تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم را برای آنالیز یکی از حوادث صنعت پتروشیمی(انفجار کارخانه-Bi Benzen) باهدف آنالیز حادثه و طبقه‌بندی فاکتورهای مؤثر در بروز حادثه به کاربردند و نشان دادند که روش تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم برای آنالیز حادثه بسیار مفید و عملی بوده و عوامل انسانی را به‌منظور تحلیل علت وقوع به‌وضوح طبقه‌بندی کرده است .در پژوهش آن‌ها عللی در هر چهار سطح تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم شناسایی شد[۵].

در سطح چهار تصمیمات غلط اپراتور بر مبنای اطلاعات درک شده اشتباه ناشی از عدم کسب مهارت، تجربه یا دانش کافی (نبود آموزش یا پایین بودن اثربخشی آموزش) و نادیده گرفته شدن برخی از تخلفات اپراتورها توسط سازمان باشد که آن‌ها را به‌عنوان عادات رفتاری پذیرفته است. نتایج مطالعه حاضر مشابه نتایج حاصل از تحقیق امول و واکر است که بر روی حوادث حمل‌ونقل فراساحلی گزارش‌شده در دو کشور نیجریه و انگلستان با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم انجام شد و در آن بیشترین علل بروز خطاهای منجر به حادثه را اعمال ناایمن تشکیل می‌داد [۱۸].

همانگونه که شکل ۵نشان می‌دهد، خطاها، تخلفات و سرپرستی و نظارت ناکافی عمده‌ترین دلایل بروز رویدادهای ناشی از، خطای انسانی را تشکیل داده‌اند. همچنین مطابق شکل ۵ بهبود و ارتقاء اثربخشی آموزش کارکنان، بهبود نظارت بر عملکرد کارکنان و اصاح و تدوین دستورالعمل های کاری عمده‌ترین اقدامات اصلاحی را به‌منظور پیشگیری یا کاهش بروز خطای انسانی در تعمیر و نگهداشت تشکیل می‌دهند. مطالعات نشان می‌دهد که افزایش آگاهی و دانش کارکنان نسبت به موضوعات ایمنی منجر به افزایش رفتارهای ایمن آن‌ها در محیط کار می‌شود [۶]. در این میان نقش آموزش و نظارت بسیار برجسته‌تر است که لزوم توجه بیشتر به آن‌ها خصوصاً توجه به افزایش اثربخشی آموزش‌های تخصصی را نشان می دهد. قاسمی و همکارانش خطاهای انسانی در فرایند صدور پروانه کار جهت فعالیت های تعمیر و نگهداری در یک شرکت پتروشیمی را مورد مطالعه و طبقه‌بندی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که حدود۴۰ درصد از کل خطاها، رفتاری و ناشی از کمبود مهارت است لذا توجه به مهارت‌های رفتاری در آموزش‌ها و افزایش اثربخشی در این حوزه تأثیرگذار است [۲۸]. با در نظر گرفتن ساختار سازمانی واحد پالایش بهره‌وری گاز در پالایشگاه گاز، نظارت دائم و مستقیم سرپرستان فعالیت‌های اجرایی نقش بسیار مهمی در رعایت الزامات و پیروی کامل از دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی دارد. کاربرد تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم در این پژوهش بیشتر متکی بر اقدامات یا اعمال آشکار و توالی اعمال اپراتورها، تکنسین‌های واحدهای تعمیرات و بهره‌برداری و سرپرستان و روسای واحدها بوده است. یک از محدودیت‌های مطالعه موجود، زمان‌بر بودن اجرا به دلیل نیاز به وجود داده‌های دقیق و با جزئیات بود. همچنین داشتن دانش کافی و تخصصی از فرایندهای تعمیر و نگهداری ایجاب می‌کرد که از نظرات کارشناسان این حوزه استفاده شود که در برخی از فعالیت‌ها این دانش به طورکامل کسب نگردید.

به طور کلی، ازآنجایی‌که صنایع پالایش گاز یکی از مهم‌ترین

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.

قطب‌های اقتصادی و درآمدی کشور محسوب می‌شود که کاهش تولید و یا توقف پروسه شیرین‌سازی گاز در یک ساعت باعث کاهش درآمد پالایشگاه گاز می‌شود و بنا بر اهمیت این موضوع با توجه به ارتباط رویدادها با نیروی انسانی، در پژوهش حاضر روش کاربردی تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم جهت آنالیز حوادث یکی از پالایشگاه‌های گاز جنوب کشور به‌منظور شناسایی هر دو خطای انسانی نهفته و فعال، بررسی روابط بین آن‌ها و شناسایی علل خطای انسانی اجرا گردید. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه مشخص شد که تصمیم‌گیری‌ها در سطوح بالای سازمان به‌طور مستقیم سطح متوسط شیوه‌های نظارتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و پیش‌شرایط برای اعمال ناایمن منجر به بروز خطا و حادثه می‌گردد. پیشگیری و کاهش بروز خطاهای انسانی از طریق بهبود آموزش، نظارت و استفاده از دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی، سه اصل مهم و اساسی در پیشگیری یا کاهش بروز خطاهای انسانی است. این مطالعه نشان داد که به‌کارگیری چهارچوب و سطوح مختلف تجزیه‌وتحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم و تئوری تجزیه‌وتحلیل سلسله مراتبی فازی برای شناسایی خطاهای انسانی مسبب حوادث در صنایع پالایش گاز، با رویکرد پیش‌بینی و شناسایی علل خطاهای انسانی نهفته و فعال که منجر به بروز رویدادها و حوادث صنعتی و انسانی می‌گردند مؤثر باشد و به‌عنوان روشی مؤثر و مفید جهت مطالعه خطاهای انسانی در سایر صنایع فرایندی به کار گرفته شود و از تکرار حوادث و عواملی که منجر به بروز حوادث در آینده می‌شوند، جلوگیری نماید.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دانشجویی می‌باشد و نویسندگان این مقاله از همکاری مسئولان محترم شرکت پالایشگاه گاز اول عسلویه و گروه بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست دانشگاه آزاد تهران شمال تشکر و قدردانی ویژه می‌نمایند.

REFERENCES

1. Shirali G, Jahani F, Shakib M, Mir I. Identification and Evaluation of Human Errors leading to incidents in a gas refineries using Human Factors Analysis and Classification System: Case study gas refinery. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2018;4(4):1-11.

2. Shirali GA, Karami E, Goodarzi Z. Human errors identification using the human factors analysis and classification system technique (HFACS). Health and Safety at Work. 2013;3(3):45-54.

3. Peng G. On human errors in maintenance: risk potential and mitigation (Master's thesis, University of Stavanger, Norway).

4. Kletz T. An Engineer's View of Human Error, Rugby: Institution of Chemical Engineers. 1993 Lessons from Disaster: How Organizations Have No Memory and Accidents Recur. Houston.

5. Gong Y, Fan Y. Applying HFACS approach to accident analysis in petro-chemical industry in China: Case study of explosion at Bi-benzene Plant in Jilin. InAdvances in Safety Management and Human Factors 2016 (pp. 399-406). Springer, Cham.

6. Mohammadfam I, Ghasemi F, Kalatpour O, Moghimbeigi A. Constructing a Bayesian network model for improving safety behavior of employees at workplaces. Applied ergonomics. 2017;58:35-47.

7. Delatour G, Laclemence P, Calcei D, Mazri C. Safety performance indicators: a questioning diversity.

8. Wong DB, Lee SG. Modelling the predictors of intention in workplace safety compliance of a multi-ethnic workforce. Safety science. 2016 Oct 1;88:155-65.

9. Dekker SW. The disembodiment of data in the analysis of human factors accidents. Human Factors and Aerospace Safety. 2001;1(1).

10. Attwood DA, Deeb JM, Danz-Reece ME. Ergonomic Solutions For The Process Industries. Elsevier; 2004.

11. FEGGETTER A. The development of an intelligent human factors data base as an aid for the investigation of aircraft accidents. InInternational Symposium on Aviation Psychology, 6 th, Columbus, OH 1991 (pp.

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.

624-629).

12. Omidvari M, Gharmaroudi MR. Analysis of human error in occupational accidents in the power plant industries using combining innovative FTA and meta-heuristic algorithms. Health and Safety at Work. 2015;5(3):1-2.

13. Reason J. Human error. Cambridge university press; 1990.

14. Dekker SW. Reconstructing human contributions to accidents: the new view on error and performance. Journal of Safety Research. 2002;33(3):371-85.

15. Boquet A, Detwiler C, Shappell S. A human factors analysis of US emergency medical transport accidents. Air Medical Journal. 2004;23(5):34.

16. Shappell SA, Wiegmann DA. Applying Reason: The human factors analysis and classification system (HFACS). Human Factors and Aerospace Safety. 2001.

17. Chiu MC, Hsieh MC. Latent human error analysis and efficient improvement strategies by fuzzy TOPSIS in aviation maintenance tasks. Applied ergonomics. 2016;54:136-47.

18. Omole H, Walker G. Offshore transport accident analysis using HFACS. Procedia Manufacturing. 2015;3:1264-72.

19. Daramola AY. An investigation of air accidents in Nigeria using the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) framework. Journal of Air Transport Management. 2014;35:39-50.

20. Ting FA, Dai SB. The identification of human errors leading to accidents for improving aviation safety. In2011 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) 2011 Oct 5 (pp. 38-43). IEEE.

21. Krulak DC. Human factors in maintenance: impact on aircraft mishap frequency and severity. Aviation, space, and environmental medicine. 2004;75(5):429-32.

22. Nematolahi J, Nasrabadi M, Givehchi S. Analysis of accidents leading to amputations associated with operating with press machines, using Ishikawa and SCAT Combined method in a car manufacturing company. Health and Safety at Work. 2015;5(4):23-36.

23. Zadeh LA, Klir GJ, Yuan B. Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers. World Scientific; 1996.

24. Lavasani SM, Yang Z, Finlay J, Wang J. Fuzzy risk assessment of oil and gas offshore wells. Process Safety and Environmental Protection. 2011;89(5):277-94.

25. Onisawa T. An application of fuzzy concepts to modelling of reliability analysis. Fuzzy sets and Systems. 1990;37(3):267-86.

26. Celik M, Cebi S. Analytical HFACS for investigating human errors in shipping accidents. Accident Analysis & Prevention. 2009 Jan 1;41(1):66-75.

27. Patterson JM, Shappell SA. Operator error and system deficiencies: analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS. Accident Analysis & Prevention. 2010;42(4):1379-85.

28. Ghasemi A, Atabi F, Golbabaei F. Human Error Classification for the Permit to Work System by SHERPA in a Petrochemical Industry. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2015;2(3):66-73.

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.