Iranian Journal of Ergonomics | ISSN: 2345-5365

Original Research

Identification and Assessment of Human Error during the Process of Operating Various Types of Fire Apparatus

Tahmineh Moradi Tamadon[1], Fakhradin Ghasemi[2], Iraj Mohammadfam[3], Omid Kalatpour[4*]

1. MSc, Department of Ergonomics, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Ergonomics, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Professor, Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
4. Assistant Professor, Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Article Info

Received: 2020/08/20;
Accepted: 2020/12/28;
ePublished: 2020/12/28

10.30699/jergon.8.4.85

Use your device to scan and read the article online

Corresponding Author
Omid Kalatpour
Assistant Professor, Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Email:
kalatpour@umsha.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objectives: Firefighting is a difficult and dangerous job. This job requires decision-making and speed in action in critical situations. Such conditions increase the probability of human error in the firefighting activities. Setting up fire operators as the first step of emergency response is associated with high criticality. The purpose of this study is identification and assessment of the risk of human error while setting up and operating fire operators.

Methods: This descriptive cross-sectional study was performed in 2019. Tasks related to the operation of industrial firefighting operators were studied and analyzed by Hierarchical Task Analysis. Then, human errors in the operation of fire operators were identified and analyzed using the systematic human error reduction and prediction approach (SHERPA). Finally, appropriate prevention solutions were proposed to reduce the risk of errors.

Results: A total of 480 errors were detected for 130 tasks as 49.58% of them were action errors, 39.17% check type, 10.42% communication and 0.83% were selective errors and no retried error was observed. According to the results of risk assessment, 8.33% of the errors were unacceptable, 24.17% were undesirable, and 48.33% were acceptable risks but needed to be revised and 19.17% were acceptable without the need for revision.

Conclusion: The process of operating fire operators can be associated with human errors and prevent successful firefighting operations. Therefore, these errors should be identified and controlled using appropriate methods.

Keywords: Human error, Hierarchical tasks analysis (HTA) Systematic human error reduction and prediction approach (SHERPA), Fire operators, Emergency situation

Copyright © 2021, This is an original open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute of the material just in noncommercial usages with proper citation.

How to Cite This Article:

Moradi Tamadon T, Ghasemi F, Mohammadfam I, Kalatpour O. Identification and Assessment of Human Error during the Process of Operating Various Types of Fire Apparatus. Iran J Ergon. 2020; 8 (4) :85-102

Extended Abstract

Introduction

Firefighting is a difficult and dangerous job. This job requires decision-making and speed in action in critical situations. Such conditions increase the probability of human error in the firefighting activities. Setting up fire operators as the first step of emergency response is associated with high criticality. The purpose of this study is identification and assessment of the risk of human error while setting up and operating fire operators.

Methods

This descriptive cross-sectional study was performed in 2019. Tasks related to the operation of industrial firefighting operators were studied and analyzed by Hierarchical Task Analysis. Then, human errors in the operation of fire operators were identified and analyzed using the systematic human error reduction and prediction approach (SHERPA). Finally, appropriate prevention solutions were proposed to reduce the risk of errors.

Table 1. Remedy analysis

Danger intensity / Probability of occurrence	Disastrous 1	Critical 2	Close 3	Minor 4
Frequent A	A1	A2	A3	A4
Probable B	B1	B2	B3	B4
Occasional C	C1	C2	C3	C4
Very low D	D1	D2	D3	D4
Unlikely D	E1	E2	E3	E4
Unacceptable: A3, B 2, C 1, B 1, A 1; Undesirable: C3, B3, D2, C2, D1; Acceptable need for revision: B4, A4, E3, D3, E2, E1; Acceptable without revision: E4, D4, C4				

Results

A total of 480 errors were detected for 130 tasks as 49.58% of them were action errors, 39.17% check type, 10.42% communication and 0.83% were selective errors and no retried error was observed. According to the results of risk assessment, 8.33% of the errors were unacceptable, 24.17% were undesirable, and 48.33% were acceptable risks but needed to be revised and 19.17% were acceptable without the need for revision.

Table 2. General status and frequency of errors

Duty number	Job Duty	Operational		investigation		Recovery		Communicational		Optional		Total number of errors	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1	Commissioning and decommissioning of a Benz truck water pump	16	38.10	19	45.24	0	0	7	16.67	0	0	42	18.42
2	Commissioning and decommissioning of a Benz truck foam pump	37	50.00	28	37.84	0	0	7	9.46	2	2.70	74	32.46
3	Commissioning and decommissioning of a Benz truck monitor (water extinguishing agent)	16	40.00	19	47.50	0	0	5	12.50	0	0	40	17.54

Duty number	Job Duty	Operational		investigation		Recovery		Communicational		Optional		Total number of errors	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
4	Commissioning and decommissioning of a Benz truck monitor (foam extinguishing agent)	39	54.17	28	38.89	0	0	5	6.94	0	0	72	31.58
	Total Benz truck errors	108	47.37	94	41.23	0	0	24	10.53	2	0.88	228	100
5	Commissioning and decommissioning of a Volvo truck water pump	20	43.48	19	41.30	0	0	7	15.22	0	0	46	18.25
6	Commissioning and decommissioning of a Volvo truck foam pump	34	47.89	28	39.44	0	0	7	9.86	2	2.82	71	28.17
7	Commissioning and decommissioning of a Volvo truck monitor (water extinguishing agent)	30	54.55	19	34.55	0	0	6	10.91	0	0	55	21.83
8	Commissioning and decommissioning of a Volvo truck monitor (foam extinguishing agent)	46	57.50	28	35.00	0	0	6	7.50	0	0	80	31.75
	Total Volvo truck errors	130	51.59	94	37.30	0	0	26	10.32	2	0.79	252	100
Total detected errors		238	49.58	188	39.17	0	0	50	10.42	4	0.83	480	100

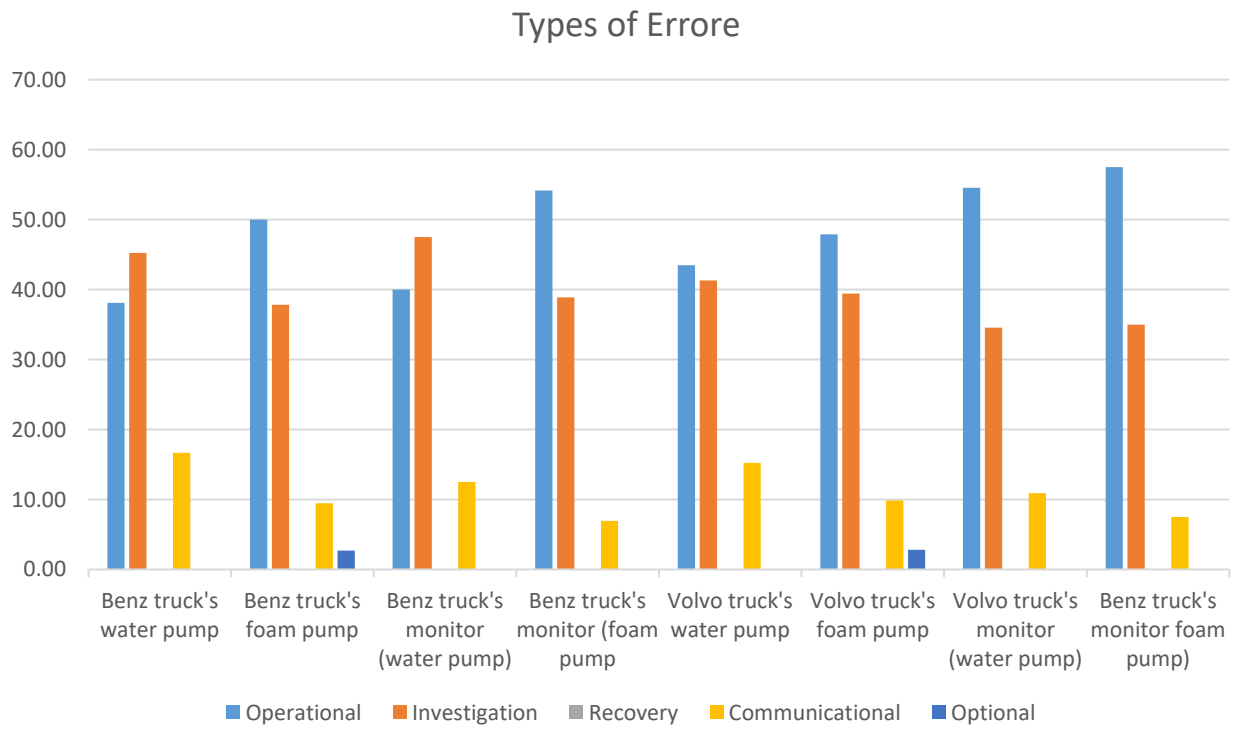


Figure 1. Types of errors detected for operations

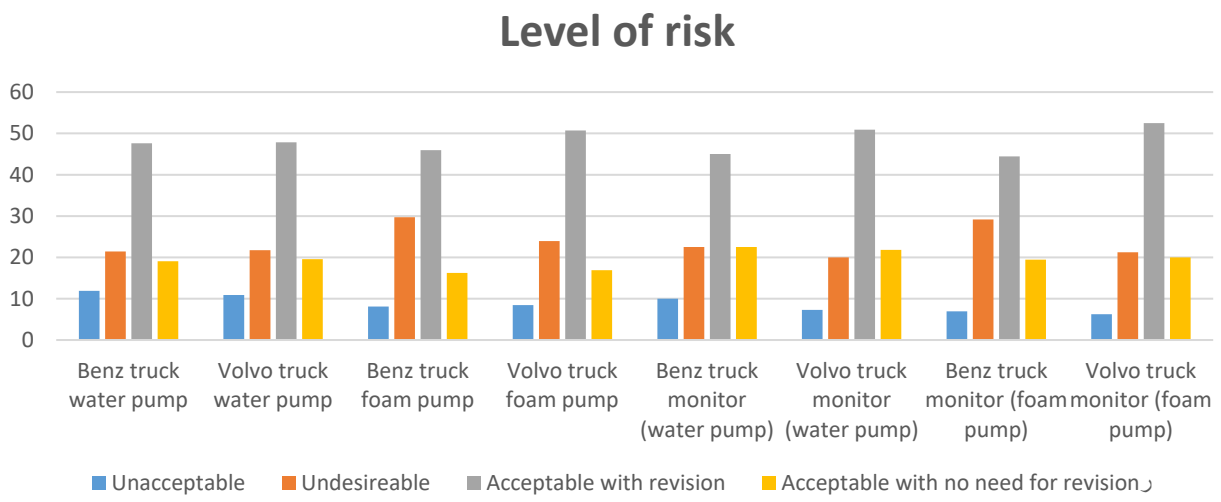


Figure 2. Frequency of error risk level for operations

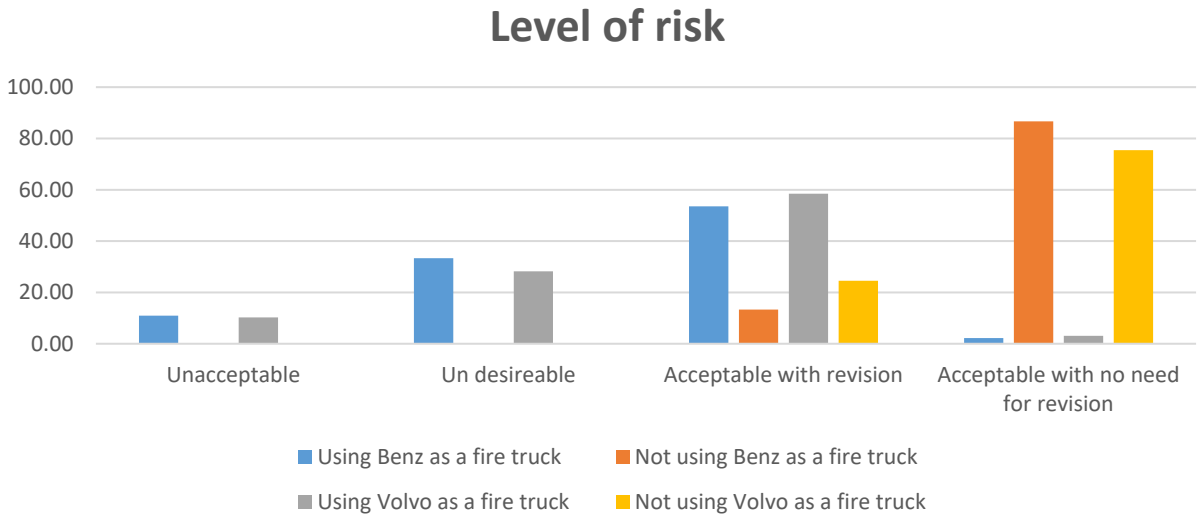


Figure 3. Frequency of risk level of "commissioning" and "decommissioning" errors

Discussion

In the present study, human errors in the operation of fire trucks were identified and classified. According to the results of this study, most of the operational errors of firefighting vehicles were in the group of performance errors and inspection. The nature of the firefighting job requires firefighters to go through the process with great speed and to observe the gauges continuously and very carefully. This seems to be the reason for the large number of performance and review errors. These findings are consistent with similar studies; including a study by Borgheipour *et al.* conducted in 2020 which assessed human error among tower crane operators [21].

According to the results of the risk assessment, the acceptable level of risk that needed to be reconsidered for the four critical tasks of both vehicles was most frequent. In the study of Azarnia Ghavam *et al.*, which was conducted in 2019 with the aim of identifying human errors in activities related to the operation of power facilities, the highest percentage of low-pressure maneuvering errors were at an acceptable risk level but needed to be revised and then at an undesirable level. Also,

most of the identified errors were functional and review, which is consistent with the results of the present study [28].

The results showed that the commissioning errors were more than the decommissioning errors. Also, commissioning tasks were more risky than decommissioning tasks. Simultaneous activities are one of the characteristics and requirements of emergencies. Work and time stress is more at the beginning of the operation than at the end of the operation. This seems to be due to the higher number of errors detected and the level of risk.

Due to the identified human errors, it seems that to reduce operational errors in emergencies, operational trainings such as maneuvers, training courses using simulation systems, the use of experienced human resources and the development of standard instructions can be recommended. In order to reduce errors caused due to forgetting, checklists should be prepared for inspection and monitoring of equipment. In addition, it is essential to develop programs to reduce stress and to monitor and supervise more error-prone startup operations. It goes without saying that continuous monitoring of tasks is of particular importance to prevent the level of risk from changing from acceptable to unacceptable. Also, modifications can be applied in the design of some equipment, such as the use of sirens, lights and level indicator for gauges, color separation and numbering labels for valves, switches and gauges. Due to the identification of critical communication errors, which can be caused by the presence of background noise in the operation scene, more practical wireless or wireless phones connected to the operator's helmet can be used.

Conclusion

The process of operating fire operators can be associated with human errors and prevent successful firefighting operations. Therefore, these errors should be identified and controlled using appropriate methods.

Acknowledgement

In the end, we thank the esteemed director of the fire department of Kermanshah Petrochemical Company and the esteemed director of the HSE department and all the hard-working and valuable firefighters of the company who helped the researchers in conducting the research.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.

مجله ارگونومی | سال ۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹ | E-ISSN: 2345-5365

مقالهٔ پژوهشی

شناسایی و ارزیابی خطای انسانی در فرایند عملیاتی‌سازی انواع خودروهای آتش‌نشانی

تهمینه مرادی تمدن[۱]، فخرالدین قاسمی[۲]، ایرج محمدفام[۳]، امید کلاتپور[۴*]

۱. کارشناسی ارشد، گروه ارگونومی، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۲. استادیار، گروه ارگونومی، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳. استاد، قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای کشور، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۴. استادیار، قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای کشور، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

اطلاعات مقاله

دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۳۰
پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۸
انتشار آنلاین: ۱۳۹۹/۱۰/۰۸

نویسندهٔ مسئول:
امید کلاتپور
استادیار، قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای کشور، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
پست الکترونیک:
kalatpour@umsha.ac.ir

برای دانلود این مقاله، کد زیر را با موبایل خود اسکن کنید.

خلاصه

زمینه و هدف: آتش نشانی حرفه ای دشوار و خطرناک و نیازمند تصمیم گیری و سرعتِعمل در شرایط اضطراری است. چنین وضعیتی احتمال بروز خطاهای انسانی را افزایش می دهد. عملیات راه اندازی خودروهای آتش نشانی اولین مرحلهٔ اجرایی پاسخ اضطراری است که کاری بسیار حساس به‌شمار می آید. هدف از این مطالعه شناسایی و ارزیابی ریسک خطاهای انسانی اپراتورهای خودروهای آتش شانی حین فرایند عملیاتی سازی این خودروها بود.

روش‌کار: پژوهش حاضر به صورت توصیفی و مقطعی در سال ۱۳۹۸ انجام شد. در آغاز کار، وظایف مربوط به عملیاتی‌کردن خودروهای آتش نشانی صنعتی با روش تجزیه وتحلیل سلسله‌مراتبی تحلیل شد. سپس، خطاهای انسانی عملیات راه اندازی خودروهای آتش نشانی با استفاده از رویکرد سیستماتیک پیش بینی و کاهش خطای انسانی (SHERPA) شناسایی و تجزیه وتحلیل شد. درپایان نیز، راهکارهای کنترلی مناسب برای کاهش ریسک خطاها ارائه شد.

یافته‌ها: درمجموع، ۴۸۰ خطا برای ۱۳۰ وظیفهٔ مطالعه‌شده شناسایی شد که ۴۹/۵۸درصد خطاها از نوع عملکردی، ۳۹/۱۷درصد از نوع بازبینی، ۱۰/۴۲درصد از نوع ارتباطی و ۰/۸۳درصد از نوع انتخابی بود و خطایی از نوع بازیابی مشاهده نشد. باتوجه‌به نتایج، ۸/۳۳درصد غیرقابل‌قبول، ۲۴/۱۷درصد نامطلوب، ۴۸/۳۳درصد قابل‌قبول ولی نیاز به تجدیدنظر و ۱۹/۱۷درصد سطح ریسک قابل‌قبول بدون نیاز به تجدیدنظر ارزیابی شد.

نتیجه گیری: فرایند عملیاتی سازی خودروهای آتش شانی می تواند با خطاهای انسانی همراه باشد و از عملیات موفق آتش نشانی جلوگیری کند؛ به‌همین‌دلیل، با استفاده از روش های مناسب این خطاها باید شناسایی و مهار شوند.

کلیدواژه‌ها: خطای انسانی، آنالیز سلسله‌مراتبی وظایف (HTA)، رویکرد سیستماتیک پیش بینی و کاهش خطای انسانی (SHERPA)، خودروهای آتش شانی، شرایط اضطراری

مقدمه

حوادث صنعتی ازقبیل آتش‌سوزی و انفجار ممکن است به تحمیل تلفات و خسارات اقتصادی زیادی به شرکت‌های صنعتی منجر شود و عملیات عادی سازمان‌ها را مختل و حتی حیات آن‌ها را تهدید کند. بررسی روند بروز حوادث نشان می‌دهد که با وجود افزایش دانش فنی و سیستم‌های کنترلی، حوادث بزرگ صنعتی همچنان در حال روی‌دادن هستند. به‌عنوان مثال، انفجار بندر تیانجین در سال ۲۰۱۶ خسارت اقتصادی مستقیمی معادل ۶.۸۶۶میلیارد یوان به‌وجود آورد [۱]. همچنین سال ۲۰۱۵، انفجاری در واحد تولید شناور در بخش ساحلی برزیل ۹ کشته برجای گذاشت [۲] و انفجار رخداده در یکی از پالایشگاه‌های نفت انگلیس به کُشته‌شدن ۱۵ نفر و زخمی‌شدن ۱۸۰ نفر و ۱۵میلیارد دلار خسارت منجر شد [۳]. در ایران نیز، روند بروز حوادث در حال رشد است. دراین‌میان، به حادثهٔ آتش‌سوزی پتروشیمی بندر امام‌خمینی ماهشهر و آتش‌سوزی مهیب مخزن پتروشیمی بوعلی

و وقوع ۱۲ حادثه در بازهٔ زمانی ۱۵۶ روز در صنایع فرایندی پتروشیمی در سال ۱۳۹۵ می‌توان اشاره کرد [۴]. بررسی‌ها نشان می‌دهند که خطای انسانی دلیل بیش از ۸۰درصد حوادث صنایع فرایندی و پتروشیمی [۵] و نیز بسیاری از حوادث فاجعه‌بار تاریخ بوده است. ازجملهٔ این حوادث می‌توان به انفجار کارخانهٔ تولید آفت‌کش در بوپال هند، فاجعهٔ ورزشگاه فوتبال هیلزبورو (Hillsborough)، تصادف قطار پدینگتون (Paddington) و ساوت‌هال (Southall) و فجایع چرنوبیل و تری‌مایل آیلند و شاتل فضایی چلنجر (Challenger shuttle) اشاره کرد [۶].

افزایش بروز حوادث صنعتی با نیاز به فعال‌شدن عملیات پاسخ اضطراری و عملیات آتش‌نشانی‌های صنعتی و شهری همراه است. در حوادث صنعتی، آتش‌نشانان وظایف بسیار حیاتی ازجمله اطفای حریق و فعالیت‌های جست‌وجو و نجات و انتقال قربانیان حادثه به منطقه‌ای امن را برعهده دارند [۷]. آتش‌نشانان اغلب با وضعیت پویا و پیچیده‌ای مواجه‌اند و تجربه و دانش کافی را برای ارزیابی آن باید داشته باشند تا به‌درستی بتوانند تصمیم‌گیری و رفتار کنند؛ بنابراین، باید تعادلی سازگار بین نیازها و اولویت‌ها و منابع برای پاسخ‌های پویا به‌وجود آورند و نقش خود و اعضای دیگر گروه را به‌اندازهٔ کافی بشناسند [۸]. عملیات اطفای حریق، وظیفهٔ اصلی آتش‌نشانان، به‌دلیل دید کم و حرارت زیاد و محیط‌های پر از دود بسیار خطرناک است. تخمین زده شده که در ایالات متحدهٔ آمریکا در سال ۲۰۱۸، حدود ۵۸،۲۵۰ نفر آتش‌نشان حین اطفای حریق زخمی شدند و در سال ۲۰۱۹، ۴۸ نفر از آنان جان خود را از دست دادند [۹ و ۱۰]. طبق بررسی‌ها، خطاهای انسانی یکی از عوامل مهم ایجادکنندهٔ آسیب و مرگ آتش‌نشانان حین انجام وظایف در ایالات متحدهٔ آمریکاست [۱۱]. باتوجه‌به پیامدهای بالقوه و جدی بروز خطای انسانی در عملیات آتش‌نشانی، مدیریت خطاهای انسانی در این شغل بسیار ضروری است.

شرایط اضطراری یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر خطای انسانی به‌شمار می‌آید. به‌دلیل محدودیت زمان در شرایط اضطراری، میزان بار ذهنی وارده بر فرد و به‌دنبال آن احتمال بروز خطای انسانی افزایش می‌یابد [۱۲]. در زمینهٔ خطای انسانی در شرایط اضطراری، مطالعات زیادی انجام شده است که می‌توان به مطالعهٔ Akyuz و همکاران اشاره کرد که سال ۲۰۱۷، خطای انسانی سیستماتیک در مراحل عملیاتی‌سازی پمپ آتش‌نشانی اضطراری در کشتی را پیش‌بینی کردند [۱۳]. Deacon و همکاران نیز در سال ۲۰۱۰ با کمک روش ارزیابی ریسک تصادفی برای صنایع (ARAMIS: Accidental Risk Assessment Methodology for Industries) خطای انسانی در شرایط اضطراری تأسیسات فراساحلی را واکاوی کردند [۱۴]. سال ۲۰۱۱، DiMattia مطالعه‌ای با بهره‌جستن از روش شاخص احتمال موفقیت (SLIM: Success Likelihood Index Methodology) برای پیش‌بینی خطای انسانی در جمع‌آوری مخازن گاز طبیعی مایع در شرایط اضطراری انجام داد [۱۵]. افزون‌براین سال ۲۰۱۸، De Felice و همکاران پژوهشی با استفاده از مدل ترکیبی مبتنی‌بر شبیه‌ساز برای ارزیابی احتمال خطای انسانی در شرایط اضطراری در یکی از کارخانه‌های پتروشیمی انجام دادند [۱۶]. در سال ۱۳۹۷ در ایران، Borgheipour و همکاران خطاهای انسانی در شرایط اضطراری را با استفاده از روش HEPI در صنعت فراساحل بررسی کردند [۱۷].

به‌طورکلی، تاکنون روش‌های متعددی برای شناسایی خطاهای انسانی معرفی شده‌اند؛ ازجمله روش تشخیص و کاهش خطای انسانی (HEART: Human Error Assessment and Reduction Technique)، آنالیز خطاهای شناختی و قابلیت اطمینان انسان (CREAM: Cognitive Reliability Error Analysis Method)، تکنیک تحلیل رویداد انسانی (ATHEANA: A Technique for Human Error Analysis) و رویکرد سیستماتیک پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی (SHERPA: Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach). هرکدام از روش‌های موجود ضعف‌ها و قوت‌های خاص خود را دارند. انتخاب تکنیک مناسب گام اول در مطالعات ارزیابی ریسک خطاهای انسانی است[۱۸]. یکی از روش‌های شناسایی و ارزیابی معتبر روش SHERPA است که خطاها را برمبنای اصول روان‌شناسی انسانی حاصل از آنالیز وظایف تشخیص می‌دهد. سال ۱۹۸۶، امبری این روش را طراحی و معرفی کرد و سال ۱۹۹۴، تکمیل شد. SHERPA در ارائه‌ی راهکارهای کنترلی عملی متناسب با نوع خطای شناسایی‌شده دقیق عمل می‌کند [۱۹] .

باتوجه‌به اینکه در مطالعات شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی اپراتورهای خودروهای آتش‌نشانی در شرایط اضطراری پژوهشی انجام نشده است، هدف از این مطالعه شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی طی فرایند عملیاتی‌سازی خودروهای آتش‌نشانی در شرایط اضطراری با استفاده از تکنیک SHERPA بود.

روش‌کار

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۸ به روش توصیفی-مقطعی در واحد آتش‌نشانی شرکت پتروشیمی کرمانشاه انجام شد. جمعیت موردمطالعه کلیه اپراتورهای دو خودرو آتش‌نشانی آتگو بنز تک ۱۸۲۸ و ولوو ۳۴۰FM ده چرخ بودند که به روش سرشماری هشت نفر انتخاب شدند. پس از ارائه توضیحات لازم در خصوص مطالعه و کسب رضایت اپراتورها، به‌منظور تجزیه‌وتحلیل وظایف عملیاتی‌سازی خودروهای آتش‌نشانی با اپراتورهای خودروها، افسران شیفت و مدیریت واحد آتش‌نشانی مصاحبه انجام شد. دستورالعمل‌ها، اسناد و مدارک فنی موردبررسی قرار گرفت و با مشورت متخصصان آتش‌نشانی، چهار عملیات بحرانی (برای هر خودرو به‌صورت جداگانه) که مستعد خطای انسانی بیشتری بودند، به‌صورت زیر انتخاب شدند:

- عملیات به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن پمپ آب خودرو بنز و ولوو
- عملیات به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن پمپ فوم خودرو بنز و ولوو
- عملیات به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن مانیتور خودرو بنز و ولوو (مادهٔ خاموش‌کنندهٔ آب)
- عملیات به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن مانیتور خودرو بنز و ولوو (مادهٔ خاموش‌کنندهٔ فوم)

در این پژوهش، به‌منظور تسهیل مطالعه دو فرض پذیرفته شدند: ۱. عملیات‌ها مستقل از یکدیگر است و در یک حادثه، هم‌زمان از دو روش اطفای حریق استفاده نمی‌شود؛ ۲. پس از آنکه آتش‌نشانان عملیات را به‌پایان می‌رسانند، بلافاصله وارد عملیات جدید نشوند و فرصت بازیابی داشته باشند. پس از انتخاب وظایف نیازمند تحلیل بیشتر، خطاهای انسانی بالقوه در هریک از این وظایف با استفاده از روش SHERPA شناسایی شد. این روش از برنامه‌ای حساب‌شده از جریان عادی پرسش‌وپاسخ تشکیل شده است که خطاهای مشابه را در هر مرحله از وظایف شغلی تجزیه‌وتحلیل می‌کنند [۲۰]. برای اجرای کامل این تکنیک، هشت مرحلهٔ انجام شد که درادامه، به آن‌ها اشاره می‌کنیم.

۱. آنالیز سلسله‌مراتبی وظایف (HTA: Hierarchical Tasks Analysis): در مرحلهٔ اول، وظیفهٔ بررسی‌شده به جزئیات و زیروظیفه‌های لازم برای انجام آن فعالیت تجزیه شد و پایین‌ترین زیروظیفه که از این بیشتر تقسیم‌پذیر نبود، برای آنالیز با روش **SHERPA** در نظر گرفته شد.

۲. طبقه‌بندی وظایف (Tasks Classifcation): در مرحلهٔ دوم، هریک از وظایف شناسایی‌شده در قالب یکی از گروه‌های وظایف عملکردی، بازیابی، بررسی، انتخابی و ارتباطی طبقه‌بندی شدند.

۳. شناسایی خطاهای انسانی (HEI: Human Errors Identifcation): در این مرحله، خطاهای انسانی بالقوهٔ اپراتور شناسایی و برحسب دستورالعمل اجرای تکنیک مطابق جدول ۱ نوع آن‌ها تعیین شد.

جدول ۱. طبقه‌بندی انواع خطاهای انسانی در روش SHERPA

نوع خطا	شناسه خطا	توصیف خطا
خطاهای عملکردی (Action Errors)	A1	عمل خیلی زود یا دیر انجام شود.
	A۲	عمل مدنظر بی‌موقع انجام شود.
	A3	عمل مدنظر در جهت اشتباه انجام شود.
	A4	عمل کمتر یا بیش‌ازحد لازم انجام شود.
	A5	عمل تغییر انجام می‌شود.
	A6	عمل صحیح روی گزینهٔ اشتباه انجام شود.
	A7	عمل اشتباه روی گزینهٔ صحیح انجام شود.
	A8	انجام عمل مدنظر فراموش شود.
	A9	عمل به‌طور ناقص انجام می‌شود.
	A10	عمل اشتباه روی گزینهٔ اشتباه انجام می‌شود.

نوع خطا	شناسه خطا	توصیف خطا
خطای بازدید (Checking Errors)	C1	بررسی فراموش می‌شود.
	C2	بررسی به‌طور ناقص انجام می‌شود.
	C3	بررسی صحیح روی گزینهٔ اشتباه انجام می‌شود.
	C4	بررسی اشتباه روی گزینهٔ صحیح انجام می‌شود.
	C5	بررسی در زمان نامناسب انجام می‌شود.
	C6	بررسی اشتباه روی گزینهٔ اشتباه انجام می‌شود.
خطای بازیابی (Retrieval Errors)	R1	اطلاعات لازم دردسترس نیست.
	R2	اطلاعات به‌صورت اشتباه ارائه‌شده است.
	R3	بازیابی اطلاعات ناقص انجام می‌شود.
خطای ارتباطاتی (Communication Errors)	I1	تبادل اطلاعات انجام نمی‌شود.
	I2	اطلاعات اشتباه تبادل می‌شود.
	I3	تبادل اطلاعات به‌طور ناقص انجام می‌شود.
خطای انتخاب (Selection Error)	S1	انتخاب حذف می‌شود.
	S2	انتخاب اشتباه انجام می‌شود.

۴. آنالیز پیامد (Consequence Analysis): در مرحلهٔ چهارم، شرح کاملی از نتایج و پیامدهای هریک از خطاها روی سیستم ارائه شد.

۵. آنالیز بازیابی (Recovery Analysis): در این مرحله، ظرفیت سیستم برای پوشش و کنترل خطاهای شناسایی‌شده بررسی شد.

۶. آنالیز احتمال خطا (Analysis Ordinal probability): در این مرحله، احتمال خطاها در گروه‌های مکرر، محتمل، گاه‌به‌گاه، خیلی کم و غیرمحتمل طبقه‌بندی شد.

۷. آنالیز بحرانی (Criticality Analysis): در این مرحله، خطرها ازنظر شدت پیامد در یکی از چهار گروه فاجعه‌بار، بحرانی، مرزی و جزئی طبقه‌بندی شدند. پس از جمع‌آوری داده‌ها، سطح ریسک با استفاده از روش ارزیابی کیفی از تلفیق احتمال و شدت هریک از خطاها مطابق با ماتریس ریسک ۵ در ۵ (جدول ۲) برآورد شد. سپس با بهره‌جستن از استاندارد MIL-STD88213، خطرها طبقه‌بندی شدند. این استاندارد براساس سطح ریسک به‌دست‌آمده معیار تصمیم‌گیری سطح ریسک را مطابق جدول ۲ به غیرقابل‌قبول، نامطلوب، قابل‌قبول ولی نیاز به تجدیدنظر و قابل‌قبول بدون نیاز به تجدیدنظر مشخص کرد. درنهایت، سرپرست شیفت و مدیر واحد آتش‌نشانی تمامی مراحل روش را اصلاح و تأیید کردند.

۸. آنالیز اقدامات کنترلی و اصلاحی (Remedy Analysis): در این مرحله، راهکارهای کنترلی و کاهش خطا (تجهیزاتی، آموزشی، دستورالعمل‌ها، مدیریتی و سازمانی) پیشنهاد و در فرم مرتبط ثبت شدند.

جدول ۲. Error! No text of specified style in document.

شدت خطر / احتمال وقوع		فاجعه‌بار	بحرانی	مرزی	جزئی
		1	2	3	4
مکرر	A	1A	2A	3A	4A
محتمل	B	1B	2B	3B	4B
گاه‌به‌گاه	C	1C	2C	3C	4C
خیلی کم	D	1D	2D	3D	4D
غیرمحتمل	E	1E	2E	3E	4E

غیرقابل‌قبول: 1A,1B,1C,2A,2B,3A نامطلوب: 1A,1B,1C,2A,2B,3A

قابل‌قبول نیازمند به تجدیدنظر: 1E,2E,3E,3D,4A,4B قابل‌قبول بدون نیاز به تجدیدنظر: 4C,4D,4E

یافته‌ها

نمونه‌ای از HTA و برگهٔ کار SHERPA تکمیل‌شده برای چهار وظیفهٔ بحرانی اپراتورهای خودروهای آتش‌نشانی در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است.

درمجموع، برای هر دو خودرو تعداد ۴۸۰ خطا شناسایی شد که ۲۲۸ خطا به وظایف اپراتور خودرو بنز و ۲۵۲ خطا به وظایف اپراتور خودرو ولوو مربوط بود (جدول ۵). بیشترین خطا با ۱۶/۶۷درصد به وظیفهٔ به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن مانیتور خودرو ولوو (مادهٔ خاموش‌کنندهٔ فوم) و کمترین خطا با ۸/۳۳درصد به وظیفهٔ به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن پمپ آب خودرو بنز مربوط بود. بیشترین خطا با نوع عملکردی (۴۹/۵۸درصد) و سپس بررسی (۳۹/۱۷درصد) و کمترین خطا با نوع بازیابی (۰درصد) مرتبط بود. به‌تفکیک خودروها، بیشترین خطا برای خودرو بنز با ۳۲/۴۶درصد متعلق به وظیفهٔ به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن پمپ فوم و برای خودرو ولوو با ۳۱/۷۵درصد متعلق به وظیفهٔ به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن مانیتور (مادهٔ خاموش‌کنندهٔ فوم) بود. بیشترین خطا برای خودرو بنز و ولوو به نوع عملکردی به‌ترتیب با ۴۷/۳۷ و ۵۱/۵۹درصد و سپس بررسی به‌ترتیب با ۴۱/۲۳ و ۳۷/۳۰درصد مربوط بود (شکل ۱). ناگفته نماند که خطای فراموشی (A8+C1) نیز بخش عمده‌ای از خطاها را (۲۶/۲۵درصد) ازآنِ خود کرد.

جدول ۳. نمونه‌ای از آنالیز وظیفه به روش HTA

وظیفه	زیروظیفه
B1. عملیات به سرویس درآوردن پمپ فوم خودرو بنز **طرح ۰: ابتدا مراحل ۱ تا ۸ را به هر ترتیبی و سپس مراحل ۹ و ۱۰ را به‌ترتیب و مراحل ۱۱ و ۱۲ را درصورت نیاز انجام دهید.**	
۱. آماده‌سازی مخزن آب **طرح ۱: مراحل ۱.۱ و ۲.۱ را به هر ترتیبی انجام دهید.**	۱.۱ بازکردن ولو مسیر آب از مخزن به پمپ
	۲.۱ چک‌کردن مسیر بای‌پَس (باید در حالت نیمه‌باز باشد)
۲. راه‌اندازی مخزن فوم **طرح ۲: مراحل ۱.۲ تا ۳.۲ را به هر ترتیبی انجام دهید.**	۱.۲ بازکردن ولو درگیری مکش فوم
	۲.۲ بازکردن ولو مکش فوم
	۳.۲ بازکردن ولو برگشت فوم به مخزن
۳. درگیری پمپ آب و فوم **طرح ۳: مراحل ۱.۳ تا ۴.۳ را به‌ترتیب انجام دهید.**	۱.۳ فشردن پدال کلاچ
	۲.۳ روشن‌کردن شاسی آب
	۳.۳ روشن‌کردن شاسی فوم

وظیفه	زیروظیفه
	۴.۳ آزادکردن کلاچ
۴. کوپل‌کردن هوز **طرح ۴: مراحل ۱.۴ و ۲.۴ را به‌ترتیب انجام دهید.**	۱.۴ بازکردن درپوش خروجی آب
	۲.۴ وصل‌کردن هوزمیل به فیمیل خروجی
۵. به سرویس درآوردن هایدرانت **طرح ۵: مرحلهٔ ۱.۵ و سپس مراحل ۲.۵ تا ۴.۵ را به هر ترتیبی و سپس مراحل ۵.۵ و ۶.۵ را به‌ترتیب انجام دهید.**	۱.۵ دریافت دستور راه‌اندازی هایدرانت از افسر شیفت
	۲.۵ اطمینان از بازبودن باتر فلای ولو
	۳.۵ چک‌کردن محکم‌بودن گلوولوی که باید بسته بماند
	۴.۵ چک‌کردن خروجی هایدرانت
	۵.۵ وصل‌کردن هوز به خروجی هایدرانت
	۶.۵ اتصال هوز به لاین پرکن آب خودرو
۶. خلأگیری **طرح ۶: مراحل ۱.۶ و ۲.۶ را به‌ترتیب انجام دهید.**	۱.۶ بازوبسته‌کردن ولو هواگیری آب
	۲.۶ بازوبسته‌کردن ولو هواگیری فوم
۷. راه‌اندازی بالانسر برای بالانس اتوماتیک **طرح ۷: مراحل ۱.۷ و ۲.۷ را به هر ترتیبی انجام دهید.**	۱.۷ بازکردن ولو ورودی بالانسر
	۲.۷ بازکردن ولو خروجی بالانسر
۸. فوم رسانی **طرح ۸: مراحل ۱.۸ تا ۶.۸ را به‌ترتیب انجام دهید.**	۱.۸ دریافت دستور آب‌باز از نازل من
	۲.۸ انتخاب درصد فوم موردنیاز
	۳.۸ بازکردن ولو خروجی آب خودرو
	۴.۸ بازکردن هندویل هایدرانت
	۵.۸ بازکردن گلو ولو هایدرانت
	۶.۸ بازکردن ولو پرکن آب خودرو
۹. راه‌اندازی پنل **طرح ۹: مراحل ۱.۹ تا ۳.۹ را به‌ترتیب انجام دهید.**	۱.۹ روشن‌کردن برق پنل
	۲.۹ دریافت اطلاعات از نازل من دربارهٔ میزان فشار موردنیاز
	۳.۹ بالابردن فشار آب
۱۰. پایش پنل **طرح ۱۰: مراحل ۱.۱۰ و ۲.۱۰ را به هر ترتیبی و سپس مراحل ۳.۱۰ تا ۸.۱۰ را هم‌زمان انجام دهید.**	۱.۱۰ چک‌کردن سطح روغن
	۲.۱۰ چک‌کردن ولتاژ باتری
	۳.۱۰ پایش گیج خلأ
	۴.۱۰ پایش گیج سطح آب
	۵.۱۰ پایش گیج سطح فوم (درصورت اندک‌بودن تغذیهٔ مخزن فوم)
	۶.۱۰ پایش گیج فشار آب (تغییر فشار مطابق دستور آتش‌کار)
	۷.۱۰ پایش گیج مرکب
	۸.۱۰ پایش گیج دور موتور
۱۱. عملیات تغذیهٔ مخزن فوم	۱.۱۱ اطمینان از بسته‌بودن تمامی ولوها

وظیفه	زیروظیفه
(اگر در مرحلهٔ ۵.۱۰ سطح فوم کم باشد) طرح ۱۱: مراحل ۱.۱۱ تا ۴.۱۱ را به‌ترتیب و سپس مراحل ۵.۱۱ و ۶.۱۱ را به هر ترتیبی انجام دهید.	۲.۱۱ قراردادن بشکهٔ فوم نزدیک خودرو
	۳.۱۱ اتصال ساکشن بارگیری فوم به لاین پرکن فوم
	۴.۱۱ انداختن انتهای ساکشن در مخزن فوم
	۵.۱۱ بازکردن ولو پرکن فوم
	۶.۱۱ بازکردن ولو ورودی لاین فوم
۱۲. راه‌اندازی دستی بالانسر (اگر در مرحلهٔ ۷.۱۰ گیج مرکب به‌صورت خودکار بالانس نبود) طرح ۱۲: مراحل ۱.۱۲ و ۲.۱۲ را به‌ترتیب انجام دهید.	۱.۱۲ بستن ولوهای ورود و خروج بالانسر
	۲.۱۲ بازکردن ولو دستی بالانسر

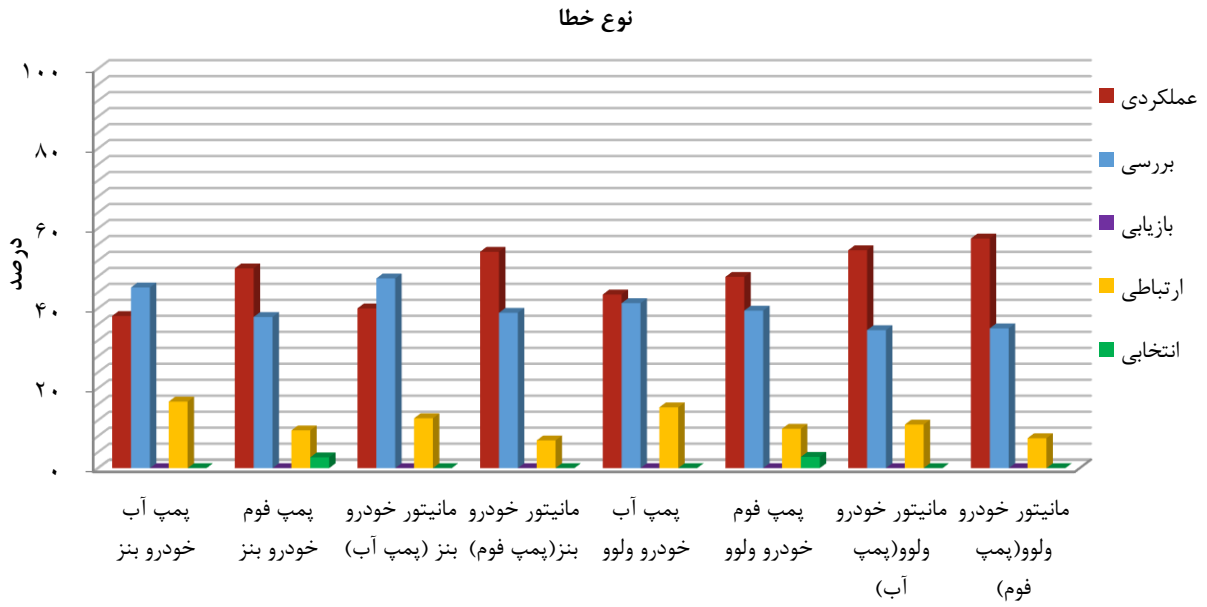
جدول ۴. بخشی از برگهٔ کار SHERPA

ردیف	وظیفهٔ شغلی	نوع خطا	توصیف خطا	پیامد ناشی از خطا	سطح ریسک	بازیابی	راهکار کنترلی
B1. عملیات به سرویس درآوردن پمپ فوم خودرو بنز							
۱.۱	بازکردن ولو مسیر آب از مخزن به پمپ	A8	بازکردن ولو مسیر آب فراموش شود	• عملیات راه‌اندازی نمی‌شود • آسیب به پمپ • تأخیر در اطفا و تشدید حریق	2D	دارد	**مانور و تکرار چک‌لیست**
۲.۱	چک‌کردن مسیر بای‌پَس (باید در حالت نیمه‌باز باشد)	C1	مسیر بای‌پَس بسته بماند	• صدمه به پمپ • ترک‌خوردگی پوسته پمپ • فشار نامناسب در هوزها • تأخیر در اطفا و تشدید حریق	3A	دارد	**مانور و تکرار چک‌لیست**
۱.۲	بازکردن ولو درگیری مکش فوم	A8	ولو درگیری مکش فوم باز نشود	• فوم وارد سرویس نمی‌شود • تأخیر در اطفا و تشدید حریق	2D	ندارد	**مانور و تکرار چک‌لیست و آموزش صحیح طبق دستورالعمل و طراحی مجدد**

جدول ۵. وضعیت کلی و فراوانی خطاها

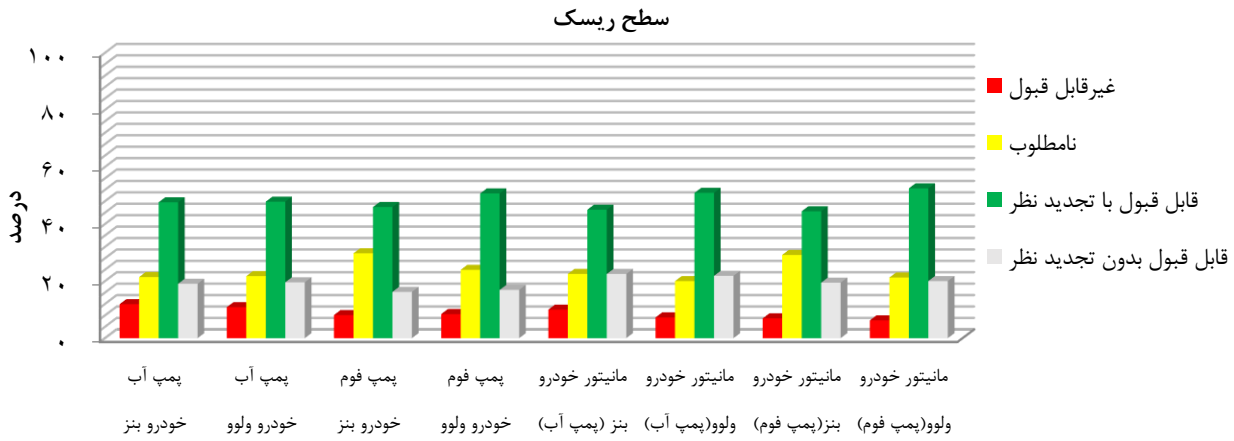
شمارهٔ وظیفه	وظیفهٔ شغلی	عملکردی		بررسی		بازیابی		ارتباطی		انتخابی		تعداد کل خطاها	
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
۱	به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن پمپ آب خودرو بنز	۱۶	۳۸/۱۰	۱۹	۴۵/۲۴	۰	۰	۷	۱۶/۶۷	۰	۰	۴۲	۱۸/۴۲
۲	به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن پمپ فوم خودرو بنز	۳۷	۵۰/۰۰	۲۸	۳۷/۸۴	۰	۰	۷	۹/۴۶	۲	۲/۷۰	۷۴	۳۲/۴۶
۳	به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن	۱۶	۴۰/۰۰	۱۹	۴۷/۵۰	۰	۰	۵	۱۲/۵۰	۰	۰	۴۰	۱۷/۵۴

شمارهٔ وظیفه	وظیفهٔ شغلی	عملکردی		بررسی		بازیابی		ارتباطی		انتخابی		تعداد کل خطاها	
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
	مانیتور خودرو بنز (مادهٔ خاموش‌کنندهٔ آب)												
۴	به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن مانیتور خودرو بنز (مادهٔ خاموش‌کنندهٔ فوم)	۳۹	۵۴/۱۷	۲۸	۳۸/۸۹	۰	۰	۵	۶/۹۴	۰	۰	۷۲	۳۱/۵۸
	کل خطاهای خودرو بنز	۱۰۸	۴۷/۳۷	۹۴	۴۱/۲۳	۰	۰	۲۴	۱۰/۵۳	۲	۰/۸۸	۲۲۸	۱۰۰
۵	به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن پمپ آب خودرو ولوو	۲۰	۴۳/۴۸	۱۹	۴۱/۳۰	۰	۰	۷	۱۵/۲۲	۰	۰	۴۶	۱۸/۲۵
۶	به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن پمپ فوم خودرو ولوو	۳۴	۴۷/۸۹	۲۸	۳۹/۴۴	۰	۰	۷	۹/۸۶	۲	۲/۸۲	۷۱	۲۸/۱۷
۷	به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن مانیتور خودرو ولوو (مادهٔ خاموش‌کنندهٔ آب)	۳۰	۵۴/۵۵	۱۹	۳۴/۵۵	۰	۰	۶	۱۰/۹۱	۰	۰	۵۵	۲۱/۸۳
۸	به سرویس درآوردن و از سرویس خارج‌کردن مانیتور خودرو ولوو (مادهٔ خاموش‌کنندهٔ فوم)	۴۶	۵۷/۵۰	۲۸	۳۵/۰۰	۰	۰	۶	۷/۵۰	۰	۰	۸۰	۳۱/۷۵
	کل خطاهای خودرو ولوو	۱۳۰	۵۱/۵۹	۹۴	۳۷/۳۰	۰	۰	۲۶	۱۰/۳۲	۲	۰/۷۹	۲۵۲	۱۰۰
کل خطاهای شناسایی‌شده		۲۳۸	۴۹/۵۸	۱۸۸	۳۹/۱۷	۰	۰	۵۰	۱۰/۴۲	4	۰/۸۳	۴۸۰	۱۰۰



شکل ۱. انواع خطاهای شناسایی‌شده برای عملیات‌ها

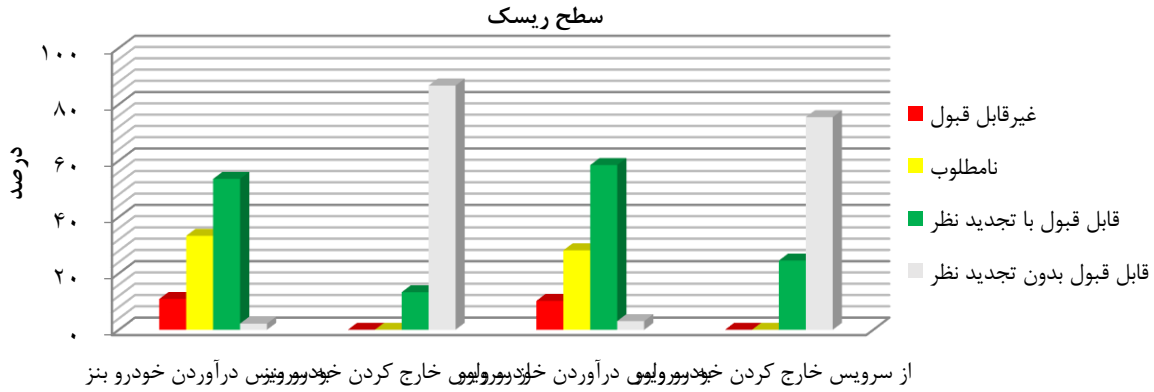
شکل ۲ نتایج ارزیابی ریسک برای چهار وظیفهٔ بحرانی را نشان می‌دهد. در هر دو خودرو ۴۸/۳۳درصد خطاها در سطح ریسک قابل‌قبول نیازمند به تجدیدنظر، ۱۹/۱۷درصد قابل‌قبول بدون نیاز به تجدیدنظر، ۲۴/۱۷درصد نامطلوب و ۸/۳۳درصد در سطح ریسک غیرقابل‌قبول قرار داشت. به‌تفکیک خودرو بنز و ولوو، بیشترین ریسک در سطح قابل‌قبول نیازمند به تجدیدنظر به‌ترتیب با ۴۵/۶۱ و ۵۰/۷۹درصد و کمترین ریسک در سطح غیرقابل‌قبول به‌ترتیب با ۸/۷۷ و ۷/۹۴درصد قرار داشتند. شایان ذکر است بیش از ۵۰درصد خطاهای اپراتورهای هر دو خودرو آتش‌نشانی شدت سطح بحرانی و فاجعه‌بار داشتند؛ ولی چون احتمال وقوع آن‌ها در سطح خیلی کم و غیرمحتمل است، در سطح ریسک نامطلوب و غیرقابل‌قبول قرار نگرفتند.



شکل ۲. فراوانی سطح ریسک خطاها برای عملیات‌ها

در این مطالعه، خطاهای شناسایی‌شده برای دو مرحلهٔ «به سرویس درآوردن» و «از سرویس خارج‌کردن» خودروهای آتش‌نشانی ارزیابی شد. به‌طورکلی، خطاهای شناسایی‌شده برای وظایف به سرویس درآوردن برای خودرو بنز و ولوو به‌ترتیب با ۸۰/۲۶ و ۷۷/۳۸درصد بیشتر از خطاهای شناسایی‌شده برای وظایف از سرویس خارج‌کردن به‌ترتیب با ۱۹/۷۴ و ۲۲/۶۲درصد

بود. همچنین، برای وظیفهٔ به سرویس درآوردن خودرو بنز و ولوو بیشترین ریسک در سطح قابل‌قبول نیازمند به تجدیدنظر به‌ترتیب با ۵۳/۵۵ و ۵۸/۴۶درصد قرار داشت؛ درحالی‌که بیشترین ریسک برای وظیفهٔ از سرویس خارج‌کردن به سطح قابل‌قبول بدون تجدیدنظر به‌ترتیب با ۸۶/۶۷ و ۷۵/۴۴درصد مربوط بود. شکل ۳ سطح ریسک این ارزیابی را نشان می‌دهد.



شکل ۳. فراوانی سطح ریسک خطاهای «به سرویس درآوردن» و «از سرویس خارج‌کردن»

بحث

در مطالعهٔ حاضر، خطاهای انسانی در عملیات خودروهای آتش‌نشانی شناسایی و طبقه‌بندی شد. براساس نتایج این پژوهش، بخش عمدهٔ خطاهای عملیاتی‌سازی خودروهای آتش‌نشانی در گروه خطاهای عملکردی و بازبینی قرار داشتند. ماهیت شغل آتش‌نشانی ایجاب می‌کند که اپراتورهای آتش‌نشانی با سرعتِ‌عمل زیاد مراحل انجام کار را پیش ببرند و به‌طورمداوم و با دقت بسیار گیج‌ها را رصد کنند. به‌نظر می‌رسد دلیل فراوانی خطاهای عملکردی و بازبینی ناشی از همین موضوع است. این یافته‌ها با مطالعات مشابه همخوانی دارد؛ ازجمله تحقیق Borgheipour و همکاران که در سال ۲۰۲۰ برای ارزیابی خطای انسانی در بین اپراتورهای جرثقیل برج انجام شد [۲۱]. در پژوهشی که Robson و همکاران در سال ۲۰۱۸ برای پیش‌بینی و مدیریت خطاهای انسانی در عملیات برگشت فشار هواپیما برای وظایف اپراتور هدست و راننده یدک‌کش انجام دادند، بیشترین خطا از نوع عملکردی و بررسی و عمدهٔ آن از نوع فراموشی اعلام شد [۲۲]. سال ۲۰۱۸، Ernstsen نیز در مطالعه‌ای خطای انسانی را در عملیات دریایی بررسی کرد. همچنین، Khandan و همکاران سال ۲۰۱۷ خطای انسانی را در بین پرستاران واکاوی و بیشترین خطا را از نوع عملکردی عنوان کردند [۲۳ و ۲۴].

در مطالعهٔ Ghasemi و همکاران که سال ۱۳۹۰ در یکی از صنایع پتروشیمی و در پژوهش Karimi و همکاران که در سال ۱۳۹۸ با هدف شناسایی و ارزیابی خطا در آتش‌باری معدن سنگ‌آهن انجام شد، به خطای عملکردی و بررسی به‌عنوان بیشترین خطای شناسایی‌شده اشاره شد [۲۵ و ۲۶]. افزون‌براین، در مطالعه‌ای که Habibi و همکاران در اتاق کنترل پالایشگاه نفت اصفهان انجام دادند، بیشترین خطاها از نوع عملکردی بود [۲۷]. ناگفته نماند نوع محیط کاری این پژوهش‌ها با مطالعهٔ حاضر شباهتی ندارد؛ اما باتوجه‌به کمبود مطالعات در زمینهٔ ارزیابی خطا در مشاغل آتش‌نشانی، به‌ویژه اپراتورهای خودرو آتش‌نشانی، سعی شد تاحدممکن از مطالعات مشابه انجام‌شده به روش SHERPA استفاده شود.

باتوجه‌به نتایج ارزیابی ریسک، سطح ریسک قابل‌قبول نیازمند به تجدیدنظر برای چهار وظیفهٔ بحرانی هر دو خودرو بیشترین فراوانی را داشتند. در مطالعهٔ Azarnia Ghavam و همکاران که سال ۱۳۹۸ با هدف شناسایی خطاهای انسانی در فعالیت‌های مربوط به بهره‌برداری از تأسیسات برق انجام شد، بیشترین درصد خطاهای مأمور مانور فشار ضعیف در سطح ریسک قابل‌قبول ولی نیازمند به تجدیدنظر و سپس در سطح نامطلوب قرار داشتند. همچنین، بیشتر خطاهای شناسایی‌شده از نوع عملکردی و بررسی بود که با نتایج پژوهش محققان همخوانی دارد [۲۸]. در مطالعهٔ Kermani و همکارانش که سال ۱۳۹۱ روی پرستاران بخش اورژانس انجام گرفت، عمدهٔ خطاها از نوع عملکردی و بازبینی بود و در سطح ریسک قابل‌قبول نیازمند به تجدیدنظر و سپس نامطلوب قرار داشت که با مطالعهٔ حاضر مطابقت دارد [۲۹]. در مطالعه‌ای که Adistiara و همکاران سال ۲۰۱۹ روی خطاهای احتمالی رانندگان تاکسی انجام دادند، بیشترین خطاها را بررسی و عملکردی و از نوع فراموشی اعلام کردند؛ البته احتمال بروز

خطاها بسیار کم بود که با نتایج پژوهش حاضر همسوست [۳۰]. سال ۲۰۱۹، Parnell و همکاران در مطالعه‌ای خطای ناشی از طراحی در عرشهٔ پرواز (سناریوِ نشت روغن موتور هواپیما) را پیش‌بینی کردند و علاوه‌بر معرفی نوع عملکردی به‌عنوان بیشترین خطا، نشان دادند که هیچ خطای بسیار بحرانی و محتمل وجود ندارد و رایج‌ترین امتیاز خطا از نوع احتمال کم، اما بحرانی‌بودن متوسط بود که تا حدودی با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد [۳۱].

یافته‌ها نشان داد خطاهای وظایف به سرویس درآوردن از خطاهای وظایف از سرویس خارج‌کردن بیشتر بود. همچنین، این وظایف درمقایسه‌با وظایف از سرویس خارج‌کردن ریسک‌های بیشتری داشت. انجام فعالیت‌های هم‌زمان یکی از مشخصات و نیازمندی‌های شرایط اضطراری است. استرس و فشار کاری و زمانی در ابتدای عملیات درمقایسه‌با پایان عملیات بیشتر است. به‌نظر می‌رسد بیشتربودن تعداد خطاهای شناسایی‌شده و سطح ریسک ناشی از همین مسئله باشد. سال ۲۰۱۸، Akyuz و همکاران مطالعه‌ای با هدف پیش‌بینی خطای انسانی سیستماتیک در مراحل عملیاتی‌سازی پمپ آتش‌نشانی اضطراری در کشتی انجام و نشان دادند احتمال خطای انسانی در مرحلهٔ آماده‌سازی بیشتر از مرحلهٔ از سرویس خارج‌کردن پمپ آتش‌نشانی است [۱۳]. در مطالعه‌ای دیگر که همین نویسنده سال ۲۰۱۵ در فرایند سوخت‌گیری تانکرهای نفت بر عرشهٔ کشتی انجام داد، نتایج مشابهی به‌دست آمد که با یافته‌های مطالعهٔ حاضر همخوانی دارد [۳۲].

باتوجه‌به خطاهای انسانی شناسایی‌شده، پیشنهاد می‌شود برای کاهش خطاهای عملکردی در شرایط اضطراری، آموزش‌ها به‌سمت آموزش‌های عملیاتی مانند برگزاری مانور، دوره‌های آموزشی با استفاده از سیستم‌های شبیه‌ساز، به‌کارگیری منابع انسانی مجرب و تدوین دستورالعمل‌های استاندارد هدایت شود. به‌منظور کاهش خطاهای فراموشی، چک‌لیست‌هایی برای بازرسی و پایش تجهیزات تهیه شود. افزون‌براین، تدوین برنامه‌هایی برای کاهش استرس و نظارت و سرپرستی حین عملیات راه‌اندازی مستعد خطای بیشتر امری ضروری است. ناگفته نماند که پایش مداوم وظایف برای جلوگیری از تغییر سطح ریسک از وضعیت قابل‌قبول به غیرقابل‌قبول اهمیت ویژه‌ای دارد. همچنین، در طراحی برخی تجهیزات اصلاحاتی می‌توان اِعمال کرد؛ مانند استفاده از آژیر و چراغ و لِوِل‌سنج برای گیج‌ها، تفکیک رنگ و برچسب شماره‌گذاری برای ولوها، کلیدها و گیج‌ها. باتوجه‌به شناسایی خطاهای بحرانی از نوع ارتباطی که از عوامل بروز آن وجود صدای زمینه در صحنهٔ عملیات می‌تواند باشد، از بی‌سیم‌هایی کاربردی‌تر یا از گوشی‌های بی‌سیم متصل به کلاه اپراتور می‌توان بهره برد. علاوه‌براین، پیشنهاد می‌شود مطالعات بعدی در سایر انواع خودروها، عملیات‌ها، کارکنان واحد آتش‌نشانی و با دیگر روش‌های ارزیابی خطای انسانی انجام شود.

نتیجه‌گیری

آتش‌نشانی حرفه‌ای دشوار و پیچیده و با خطاهای انسانی فراوانی همراه است که نادیده‌گرفتن آن‌ها احتمال دارد پیامدهای بسیار جدی به‌همراه داشته باشد؛ ازاین‌رو، این خطاها باید به‌درستی شناسایی و تحلیل شود. برای شناسایی انواع خطاهای انسانی در فرایندهایی مانند عملیاتی‌سازی خودروهای آتش‌نشانی که در آن پیچیدگی وظیفه و بحران زمان وجود دارد، روش SHERPA به‌خوبی می‌تواند اجرا شود.

در انجام این پژوهش، محدودیت‌های نیز وجود داشت که ازجملهٔ آن‌ها می‌توان به ناآشنایی گروه مطالعه‌شده با این گونه مطالعات، نبود فرهنگ مفیدبودن تحقیق حاضر در بین آن‌ها، انجام‌نشدن عملیات واقعی در زمان مراجعه، مشکلات مربوط به هماهنگی با مسئولان، مقطعی‌بودن مطالعه، کوچک‌بودن نمونهٔ بررسی‌شده، نبود مطالعات در زمینه‌ی خطای انسانی در عملیات اطفای حریق اشاره کرد.

تقدیر و تشکر

در پایان، از مدیر محترم بخش آتش‌نشانی شرکت پتروشیمی کرمانشاه و مدیر محترم بخش HSE و تمامی آتش‌نشانان پرتلاش و گران‌قدر شرکت سپاسگزاریم که یاریگر محققان در اجرای پژوهش بودند.

تعارض منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

منابع مالی

منابع مالی این مطالعه توسط نویسندگان تامین شده است.

References

1. Fire Department of Ministry of Public Security. 2017-06-15. http://www119govcn/xiaofang/hafx/34542htm.
2. Vinnem JE. FPSO Cidade de São Mateus gas explosion-Lessons learned. Safety Sci. 2018;101:295-304. [DOI:10.1016/j.ssci.2017.09.021]

3. Isimite J, Rubini P. A dynamic HAZOP case study using the Texas City refinery explosion. J Loss Prev Process Ind. 2016;40:496-501. [DOI:10.1016/j.jlp.2016.01.025]

4. Meshkati N. Human factors in large-scale technological systems' accidents: Three Mile Island, Bhopal, Chernobyl. Ind Crisis Q. 1991;5(2):133-54. [DOI:10.1177/108602669100500203]

5. Kletz T. An engineer's view of human error. 3rd ed. Boca Raton, Florida: CRC Press; 2001.

6. Feyer A-M, Williamson AM, Cairns DR. The involvement of human behaviour in occupational accidents: errors in context. Safety Sci. 1997;25(1-3):55-65. [DOI:10.1016/S0925-7535(97)00008-8]

7. Fushimi M. Posttraumatic stress in professional firefighters in japan: Rescue efforts after the Great East Japan Earthquake (higashi nihon dai-shinsai). Prehosp Disaster Med. 2012;27(5):416. [DOI:10.1017/S1049023X12001070] [PMID]

8. Branlat M, Fern L, Voshell M, Trent S. Understanding coordination challenges in urban firefighting: A study of critical incident reports. Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet. 2009;53(4):284-88. [DOI:10.1177/154193120905300426]

9. Fahy RF, Petrillo JT, Molis JL. Firefighter fatalities in the United States, 2019. National Fire Protection Association; 2020.

10. Campbell R, Evarts B, Molis JL. United States Firefghter Injury Report in 2018. National Fire Protection Association; 2019.

11. Moore-Merrell L, Zhou A, McDonald-Valentine S, Goldstein R, Slocum C. Contributing factors to firefighter line-of-duty injury in metropolitan fire departments. Washington, D.C.: International Association of Firefighters; 2008.

12. Kim JW, Jung W, Ha J. AGAPE-ET: A methodology for human error analysis of emergency tasks. Risk Anal. 2004;24(5):1261-77. [DOI:10.1111/j.0272-4332.2004.00524.x] [PMID]

13. Akyuz E, Celik E, Celik M. A practical application of human reliability assessment for operating procedures of the emergency fire pump at ship. Ships Offshore Struc. 2018;13(2):208-16. [DOI:10.1080/17445302.2017.1354658]

14. Deacon T, Amyotte PR, Khan FI. Human error risk analysis in offshore emergencies. Safety Sci. 2010;48(6):803-18. [DOI:10.1016/j.ssci.2010.02.013]

15. DiMattia D. Predicting human error probabilities for muster actions during LNG tanker emergencies. International Gas :union: Research Conference, Canada; 2011.

16. De Felice F, Petrillo A, Zomparelli F. Human factors challenges in disaster management scenario. In: Human factors and reliability engineering for safety and security in critical infrastructures. Berlin: Springer; 2018. p. 171-87. [DOI:10.1007/978-3-319-62319-1_7] [PMID]

17. Borgheipour H, Tehrani GM, Eskandari D, Golmohammadi MR, Mohammadfam I. Assessment of human error probability in emergency evacuation using HEPI method in offshore industry. J Occup Hyg Eng. 2018;5(2):28-38. [DOI:10.21859/johe.5.2.28]

18. Arnold I, GGBOM F, Aluminum A. Occupational Health and Safety in the Mining industry in Canada. Minesafe international 1996: conference proceedings2005.

19. Stanton N, Salmon P, Baber C. Human factors design & evaluation methods review-Human error identifcation techniques. Canada. Appl Ergon. 2004.

20. Stanton NA. Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions. Appl Ergon. 2006;37(1):55-79. [DOI:10.1016/j.apergo.2005.06.003] [PMID]

21. Borgheipour H, Tehrani G, Madadi S, Mohammadfam I. Identification and assessment of human errors among tower crane operators using SHERPA and CREAM techniques. J Health Safety Work. 2020;10(1):5-8.

22. Ng YSR, Rashid H. Enhancing human performance reliability in aircraft pushback operations. Int J Qual Reliab Manag. 2019;46(4):485-509. [DOI:10.1108/IJQRM-01-2018-0008]

23. Ernstsen J, Nazir S. Human error in pilotage operations. TransNav: Int J Marine Nav Safety Sea Transport. 2018;12(1):49-56. [DOI:10.12716/1001.12.01.05]

24. Khandan M, Yusefi S, Sahranavard R, Koohpaei A. SHERPA technique as an approach to healthcare error management and patient safety improvement: A case study among nurses. Health Scope. 2017;6(2): e37463. [DOI:10.5812/jhealthscope.37463]

25. Ghasemi M, Saraji G, Zakerian A, Azhdari M. Control of human errors and comparison of risk levels after correction action with the SHERPA method in a control room of petrochemical industry. Iran Occup Health J. 2011;8(3):14-22.

26. Karimi S, Mirzaei Aliabadi M, Mohammad FI. Using SHERPA to identify and assess human errors during blasting in an iron ore mine. J Occup Hyg Eng. 2015;2(1):57-65.

27. Habibi E, Gharib S, Mohammadfam I, Rismanchian M. Human Error Assessment and Management among Isfahan Oil Refinery Control Room Operators by SHERPA Technique. Int J Environ Health Eng. 2013;2(1):25. [DOI:10.4103/2277-9183.113214]

28. Azarnia Ghavam M, Mazloumi A, Hosseini MR. Identifcation and assessment of human error in electrical installation work of electricity distribution

company in Tehran province using SHERPA technique. J Health Safety Work. 2019;9(4):339-51.

29. Kermani A, Mazloumi A, NaslSeraji J, GhasemZadeh F. Identification and evaluation of human errors using SHERPA technique among nurses at emergency ward of an educational hospital in Semnan city, Iran. Tibbi-i-kar. 2013;4(4):29-43.

30. Adistiara C, Iftadi I, Jauhari WA. Human error analysis using systematic human error reduction and prediction approach (SHERPA) on operation process of Taksi Kosti Solo. U.S.: AIP Conference Proceedings; 2019. [DOI:10.1063/1.5098207]

31. Parnell KJ, Banks VA, Plant KL, Griffin TG, Beecroft P, Stanton NA. Predicting design-induced error on the flight deck: An aircraft engine oil leak scenario. Hum Factors. 2019:0018720819872900. [DOI:10.1177/0018720819872900] [PMID]

32. Akyuz E. Quantification of human error probability towards the gas inerting process on-board crude oil tankers. Safety Sci. 2015;80:77-86. [DOI:10.1016/j.ssci.2015.07.018]