JOHE
Journal of Occupational Hygiene Engineering
J Occup Hyg Eng, 2024; 11(1): 42-51 Doi: 10.32592/joohe.11.1.42
https://johe.umsha.ac.ir

Case Report

Investigating Occupational Accidents based on the Human Factors Analysis and System Classification method: A Case Study in an Industrial and Mining Company

Ali Naeimi[1], Mehran Kamani[1], Hassan Ahmadi[1], Mohsen Arefi[2], Mehran Maleki Roveshti[2*]

1. Deputy of Health, Safety and Enviroment, Industry and Mining Group, Tehran, Iran
2. Management of Health, Safety and Enviroment, Rahsazi and Omran Iran, Tehran, Iran

Article history:
Received: 29 December 2023
Revised: 18 August 2024
Accepted: 30 August 2024
ePublished: 01 September 2024

*Corresponding author: Mehran Maleki Roveshti, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

E-mail:
mehranmaleki383@gmail.com

Abstract

Background and Objective: Human errors are a significant issue in various work environments, including industry and mining. The present study aimed to assess occupational accidents in a large industrial mining company using the human factors analysis and classification system (HFACS) method.

Materials and Methods: This study conducted a retrospective longitudinal analysis of 253 mining industrial accidents from 2011 to 2019 using the HFACS. Descriptive statistics, such as frequency and percentage of subgroups at each level, were calculated using the HFACS method and SPSS software. Inferential statistics, including analysis of variance, t-tests, and chi-square tests, were performed with a significance level of 0.05.

Results: The type of accident was related to throwing/collision or contact with a foreign object, which resulted in a total of 232 injuries and one death. Statistical analysis demonstrated no significant link between the accident type and the educational levels of those involved, as indicated by a P-value greater than 0.05. Still, it pointed to a significant relationship with three other demographic variables: age, marital status, and work experience ($P<0.05$). The highest frequency and percentage of the causes of accidents were also due to organizational effects and unsafe practices.

Conclusion: As evidenced by the obtained results, the frequency of human errors in the levels of unsafe supervision and unsafe practices significantly contributed to the occurrence of occupational accidents in the company. Analyzing accidents and understanding the relationship between causal factors at the four levels of the HFACS method is vital for implementing effective strategies to reduce accidents.

Keywords: HFACS, Human error, Human factors, Mining industry, Occupational accident

Please cite this article as follows: Naeim A, Kamani M, Ahmadi H, Arefi M, Maleki Roveshti M. Investigating Occupational Accidents based on the Human Factors Analysis and System Classification method: A Case Study in an Industrial and Mining Company. J Occup Hyg Eng. 2024; 11(1): 42-51. DOI: 10.32592/joohe.11.1.42

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2024-11-23]
[DOI: 10.32592/joohe.11.1.42]

Copyright © 2024 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

Extended Abstract

Background and Objective

Industry and mining are among the main driving forces of Iran's economy. Many minerals are extracted through surface and underground methods, which involve a wide range of hazards [1]. However, due to the high frequency of occupational accidents, this sector is considered one of the most dangerous industries in Iran [2]. Although Iran's health system has defined protocols and training for responding to natural disasters, it does not apply to industrial and human-made disasters [3]. The evaluation of performance and the optimization of safety factors is a vital necessity for almost all industries. This need is particularly highlighted in critical industries such as the mining industry [4].

Human error is one of the main causes of occupational accidents across various industrial and mining activities. Effective accident prevention requires the integration of human factors into accident analysis models [5, 6]. Given the complex work operations, various processing equipment, and related organizational factors in industrial-mining systems, these are considered complex and high-risk systems [7-11]. The nature of these accidents is multi-faceted, and it is likely that a combination of many technological, organizational, personal, situational, and environmental factors contributed to their occurrence. Among the factors influencing accidents, human and organizational factors often play a crucial role [12].

Understanding the extent of error or probabilities is essential for prioritizing them and is a prerequisite for designing human error control measures to enhance system safety [13]. Traditional approaches estimate the rate of human error based on expert judgment, which is subject to the inherent uncertainty of human judgment [14-21]. This study proposes a method for estimating the human error rate based on a retrospective analysis of accident reports using the HFACS method. The proposed approach utilizes the accident reports from a large industrial-mining company to assess the rate of human error and also suggests some error-reduction strategies in accidents.

Materials and Methods

The present study is a retrospective longitudinal type conducted in 2023 (1402 in the Persian calendar) to examine occupational accidents using the HFACS method in a specialized industrial-mining holding company. The company's subsidiary projects were located in seven provinces: Isfahan, Yazd, Kerman, Sistan and Baluchestan, East Azerbaijan, West Azerbaijan, and Zanjan. The accident reports used in this analysis were extracted from the safety, health, environment, and security system database of the specialized industrial-mining holding company (underground and open-pit mines and industrial plants), covering the period from 2020 to 2022 (1399 to 1401). These reports included adverse outcomes such as fatalities and disabling injuries. Only the complete texts of the accident reports were included in the study, and any reports with incomplete details were excluded.

With the increasing number of models and analytical methods, studies were conducted to group analysis methods to facilitate the selection and implementation of the most relevant ones for use in accident/incident investigations. Based on James Reason's Swiss Cheese Model [22], the HFACS method is a general approach for investigating human error [23]. In the Swiss Cheese Model, which forms the foundation of HFACS, events leading to accidents are classified into four distinct levels. For coding the factors identified as contributing to each accident, a committee of six safety experts (decision-makers) carried out the identification and classification of accident causes.

A systematic database was created using Microsoft Excel, tabulating accident data in a textual format. This database included components such as the date and time of the accidents, the location, type and nature of the incidents, the severity of the accidents, as well as the number of fatalities, injuries, and accident causes. The coding process was divided into two stages: conceptual analysis and classification analysis. The frequency of each error at every level was determined and recorded in the Excel worksheet. Subsequently, using SPSS software version 20, descriptive statistics, including frequency and percentage of subgroups at each HFACS level, were calculated. Inferential statistics included ANOVA tests, t-tests, and chi-square tests, with the significance level set at 0.05.

Results

The results of the study showed that over a period of three years, from 2020 to 2022 (1399–1401 in the Persian calendar), a total of 253 human and machinery-related accidents occurred in the holding company of an industrial-mining firm.

The findings indicated that age, marital status, and work experience of the victims had a significant relationship with the type of accident (P-value = 0.001). However, no significant relationship was observed between the victims' educational level and the type of accident (P-value = 0.08). The frequency and percentage values were calculated based on four levels (organizational influences, unsafe supervision, preconditions for unsafe acts, and unsafe acts) and 19 causal factors, as reported in Table 1. Perceptual errors, with a frequency of 106 (41%), were the most common causes of accidents,

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.32592/joohe.11.1.42]

while task suitability, with a frequency of 4 (1%), was the least common cause in the specialized industrial-mining holding company.

Discussion

Studies indicate that human errors account for a significant proportion of the factors causing accidents. The occurrence of occupational accidents highlights the fact that human errors are not limited to carelessness, negligence, inattention, or the incompetence of individuals involved in the incident. In fact, human errors stem from organizational and structural deficiencies. The findings showed that the most common type of accident was due to being struck by, or coming into contact with, foreign objects, resulting in a total of 232 injured victims and 1 fatality.

Len and colleagues, in a study titled "A Systemic Approach to the Causes of Accidents in Mining Using the HFACS Method," found that the majority of accidents in operations were related to the use of mobile surface equipment (38%) and working at heights (21%) [24]. Ebrahimiabadi and colleagues, in a study analyzing occupational accidents using the HFACS method in a copper mine, identified the causes of accidents as perceptual error (64.4%), physical environment (29.5%), inadequate and ineffective supervision (59.6%), and organizational processes (65.6%) [25]. The results of both studies clearly show the high prevalence of perceptual errors among workers in mining environments.

In a study by Aliabadi and colleagues, which examined the relationship between human factors influencing mining accidents using a systemic approach, skill-based errors (46 cases), inadequate supervision (80 cases), and operational processes (29 cases) played a significant role in causing accidents, which is consistent with the findings of Aliabadi et al.'s study [26]. Different forms of human error require various types of interventions. Knowing the most common forms of error enables safety experts to develop targeted interventions [27].

The study titled "Risk Assessment of Human Factors in Open-Pit Mining Using the Analytical Hierarchy Process" showed that organizational climate, poor defect correction performance, resource management, and decision-making errors are the most prominent factors leading to occupational accidents in mines [28]. At level one, in the error category, the subgroup "perceptual error" had the highest frequency. At level two, the subgroup "human resource management" stood out, while at levels three, four, and five, the highest percentages were found in the categories of "inadequate supervision," "safety culture," and "regulatory framework," respectively [29], which aligns with the results of the present study.

For future studies, the integration of robust quantitative tools, which allow for a more logical and impartial assessment, is suggested to enhance the capability of the HFACS method.

Conclusion

Accidents can be prevented by correctly analyzing and inferring employees' ability to perceive real situations, accurately interpret information, and retain work-related information that aids in understanding issues. Additionally, employing qualified supervisors, providing accurate project data, adhering to organizational rules and regulations during supervisory missions, allowing sufficient time for work-rest systems, offering specialized guidance and general training, continuous leadership and supervision, and conducting daily and periodic inspections of work fronts at job sites can help achieve the ideal goal of reducing occupational accidents in the industrial and mining sectors.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.32592/joohe.11.1.42]

JOHE
مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۱۱، شماره ۲، بهار ۱۴۰۳، صفحات: ۵۱-۴۲
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

مقاله موردی

بررسی حوادث شغلی بر اساس روش تجزیه و تحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم (HFACS): مطالعه‌ی موردی در یک شرکت صنعتی و معدنی

علی نعیمی[۱]، مهران کمانی[۱]، حسن احمدی[۱]، محسن عارفی[۲]، مهران ملکی روشتی[۲*]

۱. معاونت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، هلدینگ تخصصی صنعت و معدن، تهران، ایران
۲. مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست، شرکت راهسازی و عمران ایران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۰۸
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۰۹
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** مهران ملکی روشتی، ایمنی و محیط زیست، شرکت راهسازی و عمران ایران، تهران، ایران
ایمیل:
mehranmaleki383@gmail.com

چکیده

سابقه و هدف: خطاهای انسانی یک مسئله‌ی مهم در محیط‌های کاری مختلف از جمله صنعت و معدن است. هدف مطالعه‌ی حاضر، بررسی حوادث شغلی یک شرکت بزرگ صنعتی - معدنی بر اساس روش تجزیه و تحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم (HFACS) است.

مواد و روش‌ها: مطالعه‌ی حاضر از نوع طولی گذشته‌نگر است و تعداد ۲۵۳ حادثه‌ی صنعتی - معدنی در سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۱ با استفاده از سیستم تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی عوامل انسانی (HFACS) تجزیه و تحلیل شد. آمار توصیفی شامل فراوانی و درصد زیرگروه‌ها در هر سطح از روش HFACS و با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه شد. آمار استنباطی شامل آزمون‌های آنالیز واریانس، تی تست و کای اسکوئر است و سطح معناداری مطالعه نیز ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: بیشترین نوع حادثه‌ی به‌وقوع‌پیوسته مربوط به پرتاب/ برخورد یا تماس با جسم خارجی است که در مجموع تعداد ۲۳۲ نفر از حادثه‌دیدگان مجروح و ۱ نفر فوتی در پی داشته است. از نظر آماری، ارتباطی با نوع حادثه و مدرک تحصیلی دیده نشد (P-Value>0/05)؛ اما با ۳ متغیر دموگرافیکی دیگر شامل سن، وضعیت تاهل و سابقه‌ی کار رابطه‌ی معناداری نشان داد (P-Value<0/05). بیشترین فراوانی و درصد علل به‌وجودآورنده‌ی حوادث نیز در سطوح تاثیرات سازمانی و اعمال ناایمن است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد فراوانی خطاهای انسانی در سطوح نظارت ناایمن و اعمال ناایمن در وقوع حوادث شغلی در شرکت نقش بسزایی ایفا کرده است. تحلیل لایه‌ای حوادث و ارتباط میان فاکتورهای علیتی از میان سطوح چهارگانه‌ی روش HFACS، در به‌کارگیری راهبردهای مناسب برای کاهش حوادث اهمیت دارد.

واژگان کلیدی: حوادث شغلی، صنعت معدن، خطای انسانی، عوامل انسانی، HFACS

استناد: نعیمی، علی؛ کمانی ،مهران؛ احمدی، حسن؛ عارفی، محسن؛ ملکی روشتی، مهران. بررسی حوادث شغلی بر اساس روش تجزیه و تحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم (HFACS): مطالعه‌ی موردی در یک شرکت صنعتی و معدنی. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، بهار ۱۴۰۳؛۱۱(۱): ۵۱-۴۲

مقدمه

صنعت و معدن یکی از اصلی‌ترین پیشرانه‌های اقتصاد کشور ایران است. بسیاری از مواد معدنی به روش‌های سطحی و زیرزمینی استحصال می‌شود که دارای طیف وسیعی از خطرات هستند [۱]. با این حال، این بخش با توجه به فراوانی حوادث شغلی، یکی از خطرناک‌ترین صنایع در ایران به شمار می‌آید [۲]. اگرچه نظام سلامت ایران پروتکل‌ها و آموزش‌های لازم برای پاسخگویی به بلایای طبیعی را تعریف کرده است، اما درباره‌ی بلایای صنعتی و انسانی کاربرد ندارد [۳]. ارزیابی عملکرد و بهینه‌سازی فاکتورهای ایمنی تقریباً برای همه‌ی صنایع یک نیاز حیاتی است. این نیاز در برخی از صنایع حیاتی مانند صنعت معدن برجسته شده است. زیان‌های بهداشتی و اقتصادی در حوادث معدن، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که فاقد فناوری‌های مدرن هستند، قابل توجه است [۴].

عامل خطای انسانی یکی از دلایل اصلی بروز حوادث شغلی در گستره‌ی فعالیت‌های صنعتی و معدنی است. پیشگیری موثر از حوادث، نیاز به ادغام عوامل انسانی در مدل‌های تجزیه و تحلیل

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2024-11-23]
[DOI: 10.32592/joohe.11.1.42]

حوادث دارد [۵، ۶]. با توجه به عملیات کاری گوناگون، تجهیزات فرایندی مختلف و عوامل سازمانی مرتبط در سیستم های صنعتی - معدنی، این نوع سیستم ها یک سیستم پیچیده و پرخطر در نظر گرفته می شوند.[۷]. در چنین سیستم پرخطری، خطای انسانی یکی از علل مهم مرگ و جراحت کارکنان است. انفجار در معدن زغال‌سنگ زمستان یورت در شمال ایران [۸]، حوادث معادن زغال‌سنگ البرز شرقی [۹]، حادثه‌ی معدن سوما در ترکیه [۱۰]، معدن سن خوزه در شیلی و معدن سنگ‌آهن برزیل [۱۱] نمونه‌ای از حوادث معدنی به شمار می‌آیند؛ بنابراین، به حداقل رساندن آثار خطای انسانی و همچنین افزایش سطح ایمنی برای به حداقل رساندن حوادث مرتبط با خطای انسانی در صنعت و معدن بسیار مهم است. ماهیت این حوادث، چند عاملی است و احتمالاً ترکیب بسیاری از عوامل فناورانه، سازمانی، شخصی، موقعیتی و محیطی در ایجاد آن نقش داشته‌اند. در میان عوامل موثر در بروز حوادث، عوامل انسانی و سازمانی در بیشتر موارد نقش اساسی را ایفا می‌کنند [۱۲].

خطای انسانی یکی از علل اصلی حوادث در محل کار و تهدیدی جدی برای ایمنی سیستم است. مدیریت و کنترل خطاهای انسانی نیازمند شناسایی آن‌ها در فعالیت‌های سیستم و اولویت‌بندی خطاها است. آگاهی از میزان خطا یا احتمالات برای اولویت‌بندی آن‌ها ضروری است و پیش‌نیازی برای طراحی اقدامات کنترلی خطای انسانی برای افزایش ایمنی سیستم است [۱۳]. رویکردهای سنتی، میزان خطای انسانی را بر اساس نظر کارشناسان تخمین می‌زنند که دچار عدم قطعیت ذاتی قضاوت‌های انسانی است. این تحقیق، روشی را برای تخمین میزان خطای انسانی از تحلیل گذشته‌نگر گزارش‌های حوادث با استفاده از روش HFACS پیشنهاد می‌کند. رویکرد پیشنهادی از گزارش‌های حوادث یک شرکت بزرگ صنعتی - معدنی برای ارزیابی میزان خطای انسانی استفاده می‌کند. همچنین برخی از راهبردهای کاهش خطا را در حوادث ارائه می‌کند.

در میان تکنیک‌های تحلیل ریسک برای عوامل خطای انسانی، روش تجزیه و تحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی عوامل انسانی HFACS (Human Factor Analysis and Classification System) به دلیل مزیت آن در طبقه‌بندی شکست احتمالی، یکی از باارزش‌ترین رویکردها در نظر گرفته شده است [۱۴]. با این حال، HFACS تنها تمرکز انحصاری بر عوامل انسانی و سازمانی در بروز حوادث است. HFACS که در ابتدا برای هوانوردی با شاپل و ویگمن در سال ۲۰۰۰ میلادی توسعه داده شد، کاربرد خود را در بسیاری از حوزه‌های دیگر گسترش داد [۱۵]. HFACS شامل ۱۹ فاکتور علّی است که در ۴ سطح قرار گرفته‌اند. روش HFACS با آنالیز حوادث شغلی در گذشته، می‌تواند خطاهای انسانی را در صنعت و معدن واکاوی کند. تفاوت اصلی بین HFACS و دیگر مدل‌های علیت حوادث در این است که این مدل نقش مدیریت و سازمان را در جایگاه بخشی از سیستم ایمنی به صورت ویژه نشان می‌دهد. در مقایسه با سایر تکنیک‌های تحلیل ریسک برای عوامل خطای انسانی، مانند تحلیل خطای قابلیت اطمینان شناختی (CREAM) [۱۶]، رویکرد سیستماتیک پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی (SHERPA) [۱۷]، چارچوب تخمین و بازیابی خطای انسانی (HERA) [۱۸]، تکنیکی برای تحلیل خطای انسانی (ATHENA) [۱۹]، HFACS دارای مزیت طبقه‌بندی است. این مزیت آن را قادر می‌سازد تا عوامل خطای انسانی را در چهار سطح، یعنی اعمال ناایمن، پیش‌شرط اعمال ناایمن، نظارت ناایمن و تاثیرات سازمانی شناسایی کند [۱۵].

در ایران، صنعت و معدن با چندین حادثه‌ی فاجعه‌بار همراه بوده است [۲۰]. بر اساس آمار سازمان تامین اجتماعی در سال ۱۴۰۱، ۳۸۷۳۴ نفر دچار حادثه‌ی شغلی شده‌اند که از این توزیع، ۳۸٪/۸ از حوادث مربوط به بخش صنعت و معدن بوده است [۲۱]. در مطالعه‌ی حاضر از روش HFACS برای تجزیه و تحلیل حوادث شغلی در صنعت و معدن استفاده شده است. اگرچه روش HFACS در صنایع مختلف به کار گرفته شده ، اما در بخش صنعت و معدن به طور گسترده استفاده نشده است. افزون بر این، توجه کافی به تعیین روابط متنوع درهم‌تنیده و پیچیده که منجر به بروز حوادث می‌شود، نشده است. این عوامل متنوع شامل عوامل انسانی، محیطی، ماشین‌آلات و ابزارها است که بر ایمنی در گستره‌ی صنعت و معدن اثرگذارند و نقش خطاهای انسانی قابل توجه بوده و بر اساس آن ضروری است که حوادث شغلی مرتبط با آن به صورت جداگانه بررسی شود؛ بنابراین، پژوهش حاضر با هدف ریشه‌یابی علل خطاهای انسانی به منظور بهبود ایمنی پروژه‌ها و کاهش حوادث شغلی بر اساس روش تجزیه و تحلیل فاکتورهای انسانی و طبقه‌بندی سیستم (HFACS) انجام گرفت.

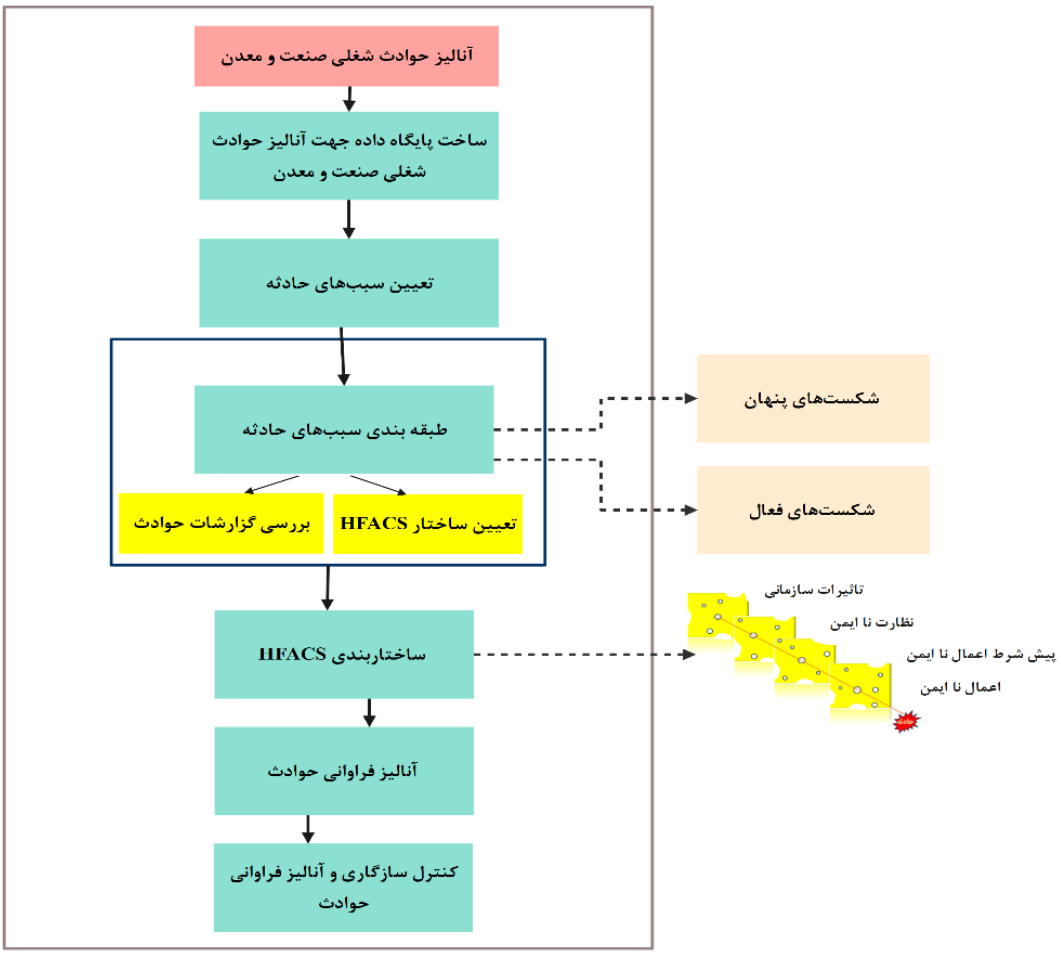
روش کار

طراحی مطالعه

مطالعه‌ی حاضر از نوع طولی گذشته‌نگر بوده که به منظور بررسی حوادث شغلی با روش HFACS در یک هلدینگ تخصصی صنعتی - معدنی که پروژه‌های زیرمجموعه‌ی آن در ۷ استان اصفهان، یزد، کرمان، سیستان و بلوچستان، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و زنجان قرار داشتند، در سال ۱۴۰۲ انجام گرفت. شرح گزارش‌های حوادث استفاده‌شده در این تحلیل از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ از پایگاه داده‌ی مربوط به سامانه‌ی ایمنی، بهداشت، محیط زیست و اقدامات تامینی هلدینگ تخصصی صنعت - معدن (معادن زیرزمینی و روباز و کارخانه‌های صنعتی) که منجر به پیامد نامطلوب مانند فوت و آسیب‌های ناتوان‌کننده بود، استخراج شد. متن کامل هر یک از گزارش‌های حوادث، جزو معیارهای ورود به مطالعه تعیین شد و هر یک از حوادث که دارای جزئیات ناقصی بودند از مطالعه کنار گذاشته شدند. در شکل (۱)، روش اجرای مطالعه‌ی حاضر نشان داده شده است.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2024-11-23]

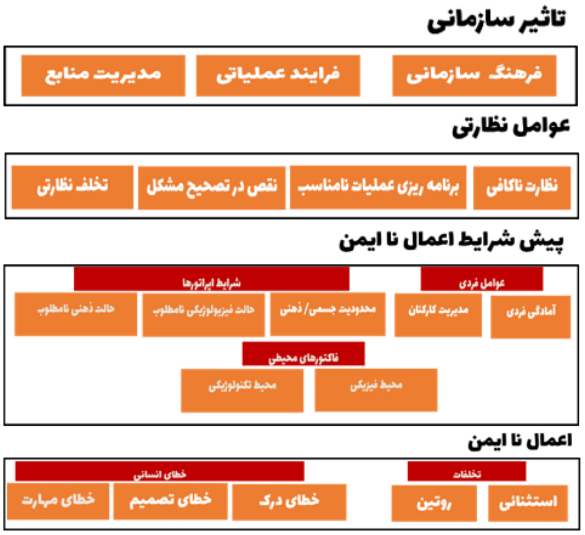
[DOI: 10.32592/joohe.11.1.42]



شکل ۱. فلوچارت روش اجرای پژوهش

ساختاربندی HFACS

با افزایش تعداد مدل ها و روش های تحلیل، مطالعاتی برای گروه بندی روش های تجزیه و تحلیل، برای تسهیل انتخاب و اجرای مرتبط ترین روش ها برای استفاده در بررسی های حوادث شغلی صنعت و معدن انجام شد. بر اساس مدل پنیر سوئیسی جیمز ریزن [۲۲]، روش HFACS یک روش عمومی برای بررسی خطای انسانی است [۲۳]. در مدل پنیر سوئیسی، که شالوده‌ی چارچوب اصلی HFACS را تشکیل می‌دهد، رویدادهایی که باعث حوادث می‌شوند در چهار سطح متنوع طبقه‌بندی می‌شوند و این سطوح در دو عنوان اصلی، یعنی خرابی‌های پنهان و خرابی‌های فعال دسته‌بندی می‌شوند. طبق مدل ریزن، حوادث به دلیل نقص در سه سطح اول رخ می‌دهد که راه را برای اعمال ناایمن در سطح چهارم، یعنی اعمال و رفتار ناایمن اپراتورها هموار می‌کند. این سطوح از بالا به پایین عبارتند از: تاثیرات سازمانی، نظارت ناایمن، پیش‌شرط اعمال ناایمن و رفتارهای ناایمن. هر سطح به چندین سطح فرعی تقسیم می‌شود که از تعریف آن‌ها برای طبقه‌بندی عوامل علّی شناسایی‌شده استفاده می‌شود [۲۳]. توضیحات سطوح مختلف روش HFACS در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲. سطوح و زیرسطوح چارچوب HFACS

کدگذاری سطوح HFACS

جهت کدگذاری عوامل شناسایی‌شده به‌عنوان فاکتورهای تأثیرگذار در هرحادثه، شناسایی و طبقه‌بندی علل حوادث با هیئتی متشکل از ۶ نفر از متخصصان ایمنی (تصمیم‌گیرندگان) انجام شد.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.32592/joohe.11.1.42]

این متخصصان سابقه‌ی شناسایی و طبقه‌بندی حوادث را بر اساس HFACS داشتند؛ از این رو، انتظار می‌رود نتایجی با سطح قابل قبولی از سازگاری به دست آورد. گروه کارشناسی با مطالعه‌ی تمامی گزارش‌های حوادث لازم، برای انجام دقیق‌ترین طبقه‌بندی کوشیده است. بهمنظور تسهیل این فرایند، یک پایگاه داده‌ی سیستماتیک، با استفاده از مایکروسافت اکسل، با جدول‌بندی داده‌های حوادث در قالب متنی ایجاد شد. این پایگاه داده، شامل اطلاعات مولفه‌های تاریخ و زمان وقوع حوادث، محل حادثه، نوع و ماهیت حادثه، شدت حوادث و همچنین تعداد فوتی‌ها و مجروحان و علل حوادث است. کدگذاری به دو مرحله تقسیم شد: تحلیل مفهومی و تحلیل طبقه‌بندی. اولین گام تحلیل مفهومی، مفهوم‌سازی داده‌های اصلی با جداسازی داده‌ها و استفاده از جملات دقیق‌تر برای بیان معنای جمله‌ی اصلی است. در این مرحله، عبارات مشابه و یکسان در مطالب اصلی با هم ترکیب شدند، برخی جملات مستقیم و مبهم حذف و فقط عبارات مرتبط با موضوع حفظ شدند. مرحله‌ی دوم تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی بر اساس موضوع اصلی عوامل خطر اقدامات نا ایمن کارکنان، طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل انواع و عوامل خطر اقدامات ناایمن ناشی از داده‌های مصاحبه و گزارش حوادث به صورت جمله به جمله بود.

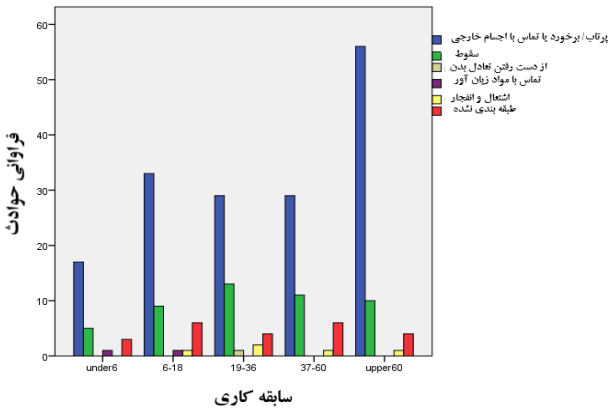
تجزیه و تحلیل داده‌ها

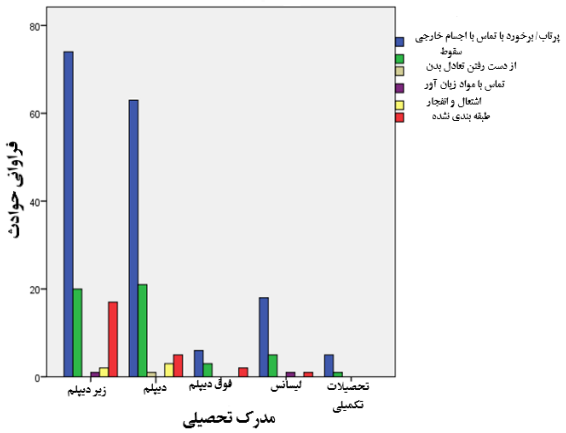
فراوانی بروز هر خطا در هر سطح تعیین و در کاربرگ اکسل ثبت شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۰، آمار توصیفی شامل فراوانی و درصد زیرگروه‌ها در هر سطح از روش HFACS محاسبه شد. آمار استنباطی شامل آزمون‌های آنالیز واریانس، تی تست و کای اسکوئر بود و سطح معناداری مطالعه نیز ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج حاصل از مطالعه نشان داد در طی ۳ سال یعنی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۹، در مجموع ۲۵۳ حادثه‌ی انسانی و ماشین‌آلاتی در هلدینگ یک شرکت صنعتی - معدنی رخ داده است. پیامد وقوع این حوادث، جراحت ۲۳۲ نفر (۹۹/۶٪) و فوت ۱ نفر (۰/۴٪) را در پی داشته است. ۸۱ حادثه (۳۲٪) مربوط به سال ۱۳۹۹، ۸۶ حادثه (۳۴٪) مربوط به سال ۱۴۰۰ و ۸۶ حادثه (۳۴٪) مربوط به سال ۱۴۰۱ بوده است. جنسیت کل افراد حادثه‌دیده مرد و ۳۷ نفر (۱۴٪/۸۵)از افراد مجرد و ۲۱۲ نفر (۸۵/۱۵٪) دیگر متاهل بوده‌اند. ۱۱۴ نفر (۴۵٪) از افراد حادثه‌دیده دارای مدرک تحصیلی زیر دیپلم، ۹۳ نفر (۳۷٪) دیپلم، ۱۱ نفر (۴٪) فوق دیپلم، ۲۵ نفر (۱۰٪) لیسانس و ۶ نفر (۲٪) دارای تحصیلات تکمیلی بودند. ۲۶ نفر (۱۰٪) دارای سابقه‌ی کار زیر ۶ ماه، ۵۰ نفر (۲۰٪) دارای سابقه‌ی کاری بین ۶ تا ۱۸ ماه، ۴۹ نفر (۲۰٪) دارای سابقه‌ی کاری بین ۱۹ تا ۳۶ ماه، ۴۷نفر (۱۹٪) دارای سابقه‌ی کاری ۳۷-۶۰ ماه و ۷۱ نفر (۲۹٪) دارای سابقه‌ی کاری بالای ۶۰ ماه بودند. ۲۳۴ نفر (۹۴٪) از افراد حادثه‌دیده از کارکنان شرکت و ۱۵ نفر (۶٪) جزو پیمانکاران بودند. همچنین میانگین و انحراف معیار سن حادثه‌دیدگان ۷ ± ۳۷ سال گزارش شد. در شکل (۳)، نمودار فراوانی حوادث بر اساس نوع آن با مدرک تحصیلی، سابقه‌ی کاری، وضعیت تاهل و پیامد نشان داده شده است.

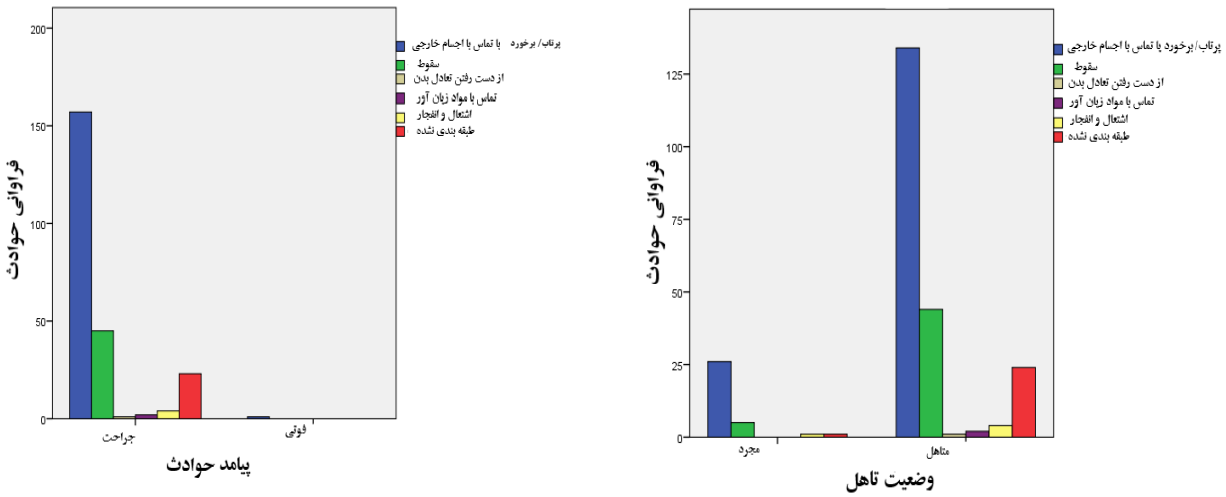
نتایج نشان داد سن، وضعیت تاهل و سابقه‌ی کار حادثه‌دیدگان با نوع حادثه ارتباط معناداری دارد (P-value=0/001). همچنین بین مدرک تحصیلی حادثه‌دیدگان با نوع حادثه ارتباطی مشاهده نشد (P-value=0/08). مقادیر فراوانی و درصد بر اساس ۴ سطح (تاثیرات سازمانی، نظارت ناایمن، پیش‌شرط اعمال ناایمن و اعمال ناایمن) و ۱۹ فاکتور علّی محاسبه و در جدول (۱) گزارش شد. خطاهای ادراکی با فراوانی ۱۰۶ (۴۱٪) بیشترین و تناسب وظیفه با فراوانی ۴ (۱٪) کمترین علل ایجادکننده‌ی حوادث در هلدینگ تخصصی صنعت و معدن بودند. در سطح پیش‌شرط اعمال ناایمن، فاکتورهای شرایط اپراتورها، نقشی در علل حادثه نداشتند و وارد مراحل تجزیه و تحلیل نشدند.





[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.32592/joohe.11.1.42]



شکل ۳. ارتباط نوع حوادث با متغیرهای وضعیت تاهل، پیامد حوادث، سابقه‌ی کاری و مدرک تحصیلی

جدول ۱. فراوانی عوامل ایجادکننده‌ی حوادث در هلدینگ تخصصی صنعت و معدن

روش HFACS در تجزیه تحلیل حوادث شغلی (N*=۲۵۳)			فراوانی (درصد)
سطح ۱: تاثیرات سازمانی		جو سازمانی	۱۶ (٪۶)
		فرایند عملیاتی	۲۹ (٪۱۱)
		مدیریت منابع	۲۳ (٪۹)
سطح ۲: نظارت ناایمن		نظارت ناکافی	۸۰ (٪۳۱)
		برنامه‌ریزی ناکافی عملیات	۲۵ (٪۹)
		خطا در تصحیح مشکلات	۲۳ (٪۹)
		تخلف نظارتی	۹ (٪۳)
سطح ۳: پیش‌شرط اعمال ناایمن	عوامل محیطی	محیط تکنولوژیکی	۱۶ (٪۶)
		محیط فیزیکی	۴۵ (٪۱۷)
	شرایط اپراتور	شرایط روانی نامطلوب	-
		شرایط فیزیولوژیکی نامطلوب	-
		محدودیت جسمی/ روانی	-
	عوامل فردی	ارتباط، هماهنگی و برنامه‌ریزی	۱۲ (٪۴)
		تناسب وظیفه	۴ (٪۱)
سطح ۴: اعمال ناایمن	خطاها	خطای تصمیم‌گیری	۲۹ (٪۱۱)
		خطای مبتنی بر مهارت	۴۶ (٪۱۸)
		خطاهای ادراکی	۱۰۶ (٪۴۱)
	تخلفات	تخلفات روتین	۱۵ (٪۵)
		تخلفات استثنایی	۸ (٪۳)

*N: مجموع کل حوادث بررسی‌شده

بحث

رشد فزاینده‌ی صنعت تولید و عملیات معدن‌کاری می‌تواند چالش‌های گوناگونی، از جمله وقوع حوادث شغلی در حوزه‌ی ایمنی معادن به همراه داشته باشد. ارتقای سطح ایمنی کار در بخش صنعت و معدن کشور برای حفظ سلامت نیروی کار و کاهش هزینه‌های حوادث شغلی امری ضروری است. بررسی‌ها نشان می‌دهند که خطاهای انسانی درصد عمده‌ای از عوامل بروز حوادث را به خود اختصاص داده است. بروز حوادث شغلی به این حقیقت اشاره دارد که خطاهای انسانی، محدود به بی‌مبالاتی، سهل‌انگاری، بی‌توجهی و شایسته نبودن افراد درگیر در صحنه‌ی حادثه نیست. در واقع خطاهای انسانی ریشه در نارسایی‌های تشکیلاتی و سازمانی دارد. بررسی‌های دقیق، علاوه بر شناسایی خطاهای افراد در صحنه‌ی وقوع حادثه، عوامل نهفته‌ی سازمانی در سطوح بالاتر مدیریتی و نظارتی و دور از صحنه را آشکار می‌کند. یافته‌ها نشان داد بیشترین نوع حادثه‌ی به‌وقوع‌پیوسته مربوط به پرتاب/ برخورد یا تماس با جسم خارجی بوده است که در مجموع تعداد ۲۳۲ نفر

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2024-11-23]
[DOI: 10.32592/joohe.11.1.42]

از حادثه‌دیدگان مجروح و ۱ نفر فوتی در پی داشته است. از نظر آماری، ارتباطی با نوع حادثه و مدرک تحصیلی دیده نشد (P-Value>0/05)؛ اما با ۳ متغیر دموگرافیکی دیگر شامل سن، وضعیت تاهل و سابقه‌ی کار رابطه معناداری نشان داد (P-Value<0/05). بیشترین فراوانی و درصد علل به‌وجودآورنده‌ی حوادث نیز در سطوح تاثیرات سازمانی و اعمال ناایمن است. لن و همکاران در مطالعه ای با عنوان کاربرد روش HFACS در رویکرد سیستمی به علت حوادث در معدن به نتایجی دست یافتند که نشان داد سهم بیشتر حوادث در این صنعت، مربوط به استفاده از تجهیزات سیار سطحی (٪ ۳۸) و کار در ارتفاع (٪۲۱) بود. [۲۴]. نتایج مطالعه‌ی حاضر نیز سهم حوادث سقوط از ارتفاع را ٪۲۰/۱ به دست آورد که نشان‌دهنده‌ی پرخطر بودن فعالیت کار در ارتفاع است. ابراهیم‌آبادی و همکاران در مطالعه‌ای با واکاوی حوادث شغلی با روش HFACS در یک معدن مس، علل به‌وجودآورنده‌ی حوادث را به ترتیب خطای درک (۶۴/۴ درصد)، محیط فیزیکی (۲۹/۵ درصد)، نظارت و سرپرستی ناکافی و ناکارآمد (۵۹/۶ درصد) و فرایند سازمانی (۶۵/۶ درصد) شناسایی کردند [۲۵]. نتایج هر دو مطالعه به‌وضوح نشان‌دهنده‌ی بالا بودن خطای درک کارکنان در محیط کار معدن است. در مطالعه‌ی علی‌آبادی و همکاران که با بررسی ارتباط عوامل انسانی تأثیرگذار در حوادث معدن با استفاده از رویکرد سیستمی انجام شد، نتایج نشان داد خطاهای مبتنی بر مهارت، مشکلات نظارتی و فرایندهای سازمانی جزء نواقص با فراوانی زیاد در ایجاد حوادث در صنعت معدن هستند [۲۶]. در مطالعه‌ی حاضر نیز خطاهای مبتنی بر مهارت با ۴۶ مورد، نظارت ناکافی با ۸۰ مورد و فرایندهای عملیاتی با ۲۹ مورد، سهم بسزایی در ایجاد حوادث ایفا کردند که با نتایج حاصل از مطالعه‌ی علی‌آبادی و همکاران همخوانی دارد. پترسون و شاپل در تجزیه و تحلیل ۵۰۸ حادثه‌ی معدن کوئینزلند استرالیا با استفاده از HFACS به این نتیجه پی بردند که اشکال مختلف خطای انسانی به انواع مختلفی از مداخلات نیاز دارد؛ دانستن رایج‌ترین اشکال خطا، متخصصان ایمنی را قادر می‌سازد تا مداخلات هدفمند را توسعه دهند [۲۷]؛ بنابراین، نیاز است به عوامل ایجادکننده‌ی حوادث در سطوح تاثیرات سازمانی و اعمال ناایمن بیشتر توجه شود. مطالعه‌ی موسوی و کامیاب با عنوان «ارزیابی خطر عوامل انسانی در معدن‌کاری روباز با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی» نشان داد که عوامل جو سازمانی، عملکرد نامناسب اصلاح عیوب، مدیریت منابع و خطای تصمیم‌گیری، شاخص‌ترین عوامل منجر به حوادث شغلی در معادن است [۲۸]. همچنین برون و همکاران مطالعه‌ای با عنوان «بررسی عوامل انسانی مؤثر بر بروز خطا از طریق روش‌های RCA و HFACS-OGI» در یک شرکت گاز انجام دادند. نتایج نشان داد در سطح یک، بخش خطا، زیرگروه «خطای ادراکی» و در سطح دوم زیرگروه «مدیریت منابع انسانی»، در سطح سوم «نظارت ناکافی»، در سطح چهارم بخش « فرهنگ ایمنی» و در سطح پنجم «چارچوب قانونی»،بیشترین درصد فراوانی خطای انسانی را داشته است [۲۹] که با نتایج مطالعه‌ی حاضر همخوانی دارد.

بزرگ‌ترین محدودیت این مطالعه استفاده از داده‌های ثبت‌شده در سامانه بود؛ این امر صحبت با افراد درگیر در هر حادثه یا حادثه‌دیدگان را غیرممکن می‌کرد. بیشتر گزارش‌های حوادث به صورت ناقص بود که نمی‌توانست به اندازه‌ی کافی ماهیت واقعی حوادث رخداده را منعکس کند. در این مطالعه روش HFACS دارای کاستی‌هایی از جمله: نبودکفایت برای تجزیه و تحلیل کمّی عوامل خطای انسانی، نبود انعکاس روابط تعاملی بین عوامل خطای انسانی و قابل اعتماد نبودن اولویت‌بندی‌های ارزیابی ریسک بود؛ بنابراین، در مطالعات آتی، به‌کارگیری تلفیقی ابزارهای کمّی قدرتمند که امکان ارزیابی منطقی‌تر و بی‌طرفانه‌تر را فراهم کند، برای افزایش قابلیت HFACS پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

در مطالعه‌ی حاضر، ۲۵۳ حادثه در یک شرکت بزرگ صنعتی-معدنی طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۱ بر اساس روش HFACS تجزیه و تحلیل شد. علل فعال و شکست‌های پنهان تحت ساختار HFACS طبقه‌بندی شدند. بیشترین نوع حادثه‌ی رخداده مربوط به پرتاب/ برخورد یا تماس با اجسام خارجی با ۱۶۶ مورد (٪۶۶) و کمترین نوع حادثه از دست رفتن تعادل بودن بدن تنها با ۱ مورد (۰/۳۹) است. خطاهای ادراکی با فراوانی ۱۰۶ مورد (٪۴۱) و نظارت ناکافی با فراوانی ۸۰ مورد (٪۳۱) بیشتر از سایر فاکتورها از مهم‌ترین علل به‌وجودآورنده‌ی حوادث شغلی هستند. می‌توان با تجزیه و تحلیل و استنتاج درست از توانایی کارکنان در درک موقعیت واقعی، برداشت درست از اطلاعات و حفظ کردن اطلاعات کاری که به فهم مسائل کمک کند، از بروز حوادث پیشگیری کرد. همچنین با به‌کارگیری ناظران صلاحیت‌دار، ارائه‌ی داده‌های صحیح از پروژه، پیروی از قوانین و مقررات سازمانی حین ماموریت نظارتی، در نظر گرفتن زمان کافی برای سیستم کار-استراحت، راهنمایی‌های تخصصی و آموزش‌های عمومی، رهبری و نظارت مستمر، بازرسی از جبهه ها و سایت های کاری به صورت روزانه، می‌توان به هدف ایده‌آل در کاهش حوادث شغلی در حوزه‌ی صنعت و معدن دست یافت.

تشکر و قدردانی

از همکاری و زحمات کلیه‌ی همکاران جهت پیشبرد اهداف پژوهش، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنیم.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی بین نویسندگان مقاله گزارش نشده است.

ملاحظات اخلاقی

کلیه اطلاعات حادثه‌دیدگان و گزارش‌های حوادث ثبت‌شده در هلدینگ تخصصی صنعت و معدن محرمانه باقی ماند.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.32592/joohe.11.1.42]

سهم نویسندگان

همه نویسندگان سهم یکسانی در اجرای پژوهش و تهیه مقاله داشته اند.

حمایت مالی

مطالعه‌ی حاضر با حمایت مادی و معنوی هلدینگ تخصصی صنعت و معدن انجام شده است.

REFERENCES

1. Mirzaei Aliabadi M, Aghaei H, Kalatpour O, Soltanian AR, Nikravesh A. Analysis of human and organizational factors that influence mining accidents based on Bayesian network. *Int J Occup Saf Ergon*. 2020;**26**(4):670-7. PMID: 29560801 DOI: 10.1080/10803548.2018.1455411
2. Rahimdel M-J. Injury Analysis of Iran's Mining Workplaces. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*. 2021;**36**(1). DOI: 10.17794/rgn.2021.1.2
3. Izadi N, Aminian O, Esmaeili B. Occupational Accidents in Iran: Risk Factors and Long Term Trend (2007-2016). *J Res Health Sci*. 2019;**19**(2):e00448. PMID: 31278218
4. Babajani R, Abbasi M, Azar AT, Bastan M, Yazdanparast R, Hamid M. Integrated safety and economic factors in a sand mine industry: a multivariate algorithm. *Inte J of Computer Applications in Technology*. 2019;**60**(4):351-9. DOI:10.1504/IJCAT.2019.101180
5. Islam R, Khan F, Abbassi R, Garaniya V. Human Error Probability Assessment During Maintenance Activities of Marine Systems. *Safety and Health at Work*. 2018;**9**(1):42-52. DOI: 10.1016/j.shaw.2017.06.008
6. Islam R, Khan F, Abbassi R, Garaniya V. Human error assessment during maintenance operations of marine systems – What are the effective environmental factors? *Safety Science*. 2018;**107**:85-98. DOI: 10.1016/j.ssci.2018.04.011
7. Maleki roveshti M, Naghavi Konjin Z, Yazdani Charati J, Etemadinezhad S. An Overview of Traditional Approaches towards Workplace Safety in High-Risk Industries. *J Health Res Commun*. 2021;**7**(3):78-88. Link
8. Sarani M, Honarvar M, Sahebi A, Safi-Keykaleh M, Nateghinia S, Jahangiri K. Challenges Facing the Health System in Responding to Mining Accidents: The Case of the Zemestan-Yurt Mine Explosion in Iran (2017). *J Occup Health Epidemiol* .2021; **10** (3) :204-8. DOI: 10.52547/johe.10.3.204
9. Behraftar, S., Faroghhoseini, M., Bakhtavar, E. Assessment of Risk Creating Factors in East Alborz Coal Mines Company. *Journal of Mining Engineering.* 2010; **5**(10): 73-9. Link
10. Düzgün HS, Leveson N. Analysis of soma mine disaster using causal analysis based on systems theory (CAST). *Safety science*. 2018;**110**:37-57. DOI: 10.1016/j.ssci.2018.07.028
11. França JE, Hollnagel E. Analyzing human factors and complexities of mining and O&G process accidents using FRAM: Copiapó (Chile) and FPSO CSM (Brazil) cases. *Process safety progress*. 2023;**42**:S9-18. DOI: 10.1002/prs.12428
12. Ghasemi F, Gholamizadeh K, Farjadnia A, Sedighizadeh A, Kalatpour O. Human and organizational failures analysis in process industries using FBN-HFACS model: Learning from a toxic gas leakage accident. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2022;**78**:104823. DOI: 10.1016/j.jlp.2022.104823
13. Kumar P, Gupta S, Gunda YR. Estimation of human error rate in underground coal mines through retrospective analysis of mining accident reports and some error reduction strategies. *Safety science*. 2020;**123**:104555. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.104555
14. Shirali GA, Karami E, Goodarzi Z. Human errors identification using the human factors analysis and classification system technique (HFACS). *J Health Saf Work*. 2013;**3**(3):45-4. Link
15. Shappell SA. The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS.2000. Link
16. Taheri MR, Mortazavi SB, Asilian H, Ahmadi O, Sogandi F. Investigating human error in Iran's copper mines using the CREAM based on human cognitive reliability analysis. *Int J Occup Saf Ergon*. 2023;**29**(4):1423-8. PMID: 36221322 DOI: 10.1080/10803548.2022.2135259
17. Maulidya A, Oginawati K, Suharyanto S. Analysis of Human Error Potential as a Cause of Work Accident using Sherpa and Heart Method in The Cement Industry. *Journal of World Science*. 2023;**2**(9):1387-97. DOI: 10.58344/jws.v2i9.408
18. Joe-Asare T, Amegbey N, Stemn E. Human Factor Analysis Framework for Ghana's Mining Industry. *Ghana Mining Journal*. 2020;**20**(2):60-76. DOI: 10.4314/gm.v20i2.8
19. Cooper SE, Ramey-Smith A, Wreathall J, Parry G. A technique for human error analysis (ATHEANA). Nuclear Regulatory Commission. 1996. Link
20. Raeisi AR, Mohajervatan A, Mehraein Nazdik Z. Mass Casualty Response to Mine Explosion: A Case Report in Iran. *Health in Emergencies and Disasters Quarterly*. 2019;**4**(3):173-8. Link
21. Delazimi Farida ... ao. Statistical yearbook of the Ministry of Cooperation, Labor and Social Welfare for the year 1401. Tehran: Ministry of Cooperation, Labor and Social Welfare, Center for Statistics and Strategic Information: Manager of the Strategic Information and Statistics Center. Islamic Republic of IRAN. 2023. Link
22. Reason J. Human error: models and management. *West J Med*. 2000;**172**(6):393-6. PMID: 10720363 DOI: 10.1136/bmj.320.7237.768
23. Weigmann DA, Shappell SA. Human Factors Analysis of Postaccident Data: Applying Theoretical Taxonomies of Human Error. The International Journal of Aviation Psychology. 1997;7(1):67-81. DOI: 10.1207/s15327108ijap0701_4
24. Lenné MG, Salmon PM, Liu CC, Trotter M. A systems approach to accident causation in mining: An application of the HFACS method. *Accid Anal Prev*. 2012;**48**:111-7. PMID: 22664674 DOI: 10.1016/j.aap.2011.05.026
25. Amiri Ebrahimabadi A SA, Ghiyasi S. Analysis of Occupational Accidents Based on the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS): A Case Study in a Copper Mine. *Iran J Ergon*. 2020;**8**(1):12-20. DOI:10.30699/jergon.8.1.12
26. Mirzaei Aliabadi M, Askaripoor T, Aghaei H. Investigation of the Relationship among Human Factors in Mining Accidents Using a Systematic Approach. *johe*. 2021;**8**(2):8-15. DOI: 10.52547/johe.8.2.8
27. Patterson JM, Shappell SA. Operator error and system deficiencies: Analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS. *Accid Anal Prev*. 2010;**42**(4):1379-85. PMID: 20441855 DOI: 10.1016/j.aap.2010.02.018
28. Moosavi SA, Kamyab S. Risk Safety Assessment of Human Factors Using Analytical Hierarchy Process Approach. *johe*. 2022;**9**(2):111-9. DOI: 10.52547/johe.9.2.111
29. boroun S, gholamnia R, Jabari M. Analysis of Human Factors Influencing Error Occurrence Using RCA and HFACS-OGI in a Gas Company. *ohhp*. 2022; **5**(4):295-307. DOI: 10.18502/ohhp.v5i4.8457

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.32592/joohe.11.1.42]