Iranian Journal of Ergonomics | ISSN: 2345-5365

Original Research

Analysis of Occupational Accidents Based on the Human Factors Analysis and Classification System (HFACS): A Case Study in a Copper Mine

Amin Amiri Ebrahimabadi[1], Ahmad Soltanzadeh[2*], Samira Ghiyasi[3]

1. MSc, Department of Health, Safety, and Environment, Faculty of Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Occupational Safety & Hygiene Engineering, Research Center for Environmental Pollutants, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
3. Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article Info

Received: 2020/02/08;
Accepted: 2020/06/06;
ePublished: 2020/07/03

10.30699/jergon.8.1.12

Use your device to scan and read the article online

Corresponding Author
Ahmad Soltanzadeh
Assistant Professor, Department of Occupational Safety & Hygiene Engineering, Research Center for Environmental Pollutants, Faculty of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
Tel: 09120187486
Email:
soltanzadeh.ahmad@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objectives: Occupational accidents are recognized as one of the major concerns in the mining industry. The purpose of this study was to analyze the incidence of occupational accidents in a mine for 10 years using Human Factor Analysis and Classification System (HFACS).

Methods: This cross-sectional study was carried out on 664 mining accidents during 2009-2018. The tools used in this study included accident reporting checklists, human factors analysis and classification system (HFACS), and a team approach to analyze these accidents. Data analysis was performed using SPSS 23.

Results: The accident frequency rate (AFR) was 15.10±3.34. The results of 10-years accident analysis in this mine based on HFACS model showed that the highest contribution of each parameter to the four layers including unsafe acts, preconditions for unsafe acts, unsafe supervision and organizational influences were respectively devoted to perceptual error (64.4%), Physical environment (29.5%), inadequate supervision (59.6%), and organizational process (65.6%). The results of structural equation modeling showed that the AFR is directly and indirectly affected by the layers of the HFACS model (P<0.05). The most significant impact on the AFR was related to the unsafe acts layer.

Conclusion: The findings of this study indicated that all four causal layers of human factors were effective in mine accidents. Since the HFACS model is highly effective for unsafe acts-based accidents analysis, it can be used for future planning to reduce accidents in the mining sector.

Keywords: Occupational accidents, Mine, Human factor analysis and classification system, Structural equation modeling

Copyright © 2020, 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:

Amiri Ebrahimabadi A, Soltanzadeh A, 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

مجله ارگونومی | سال ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹ | E-ISSN: 2345-5365

مقالهٔ پژوهشی

واکاوی حوادث شغلی براساس سیستم تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی عوامل انسانی (HFACS)

مطالعهٔ موردی: معدن مس

امین امیری ابراهیم‌آبادی[۱]، احمد سلطان‌زاده[۲]*، سمیرا قیاسی[۳]

۱. کارشناسی ارشد، گروه بهداشت، ایمنی محیط‌زیست (HSE)، دانشکدهٔ فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم‌پزشکی قم، قم، ایران
۳. استادیار، گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۹
پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۷
انتشار آنلاین: ۱۳۹۹/۰۴/۱۳

نویسندهٔ مسئول:
احمد سلطان‌زاده
استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم‌پزشکی قم، قم، ایران
تلفن: ۰۹۱۲۰۱۸۷۴۸۶
پست الکترونیک:
soltanzadeh.ahmad@gmail.com

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

خلاصه

زمینه و هدف: حوادث شغلی یکی از نگرانی‌های اصلی در صنعت معدن است. این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل حوادث شغلی طی ۱۰ سال در یکی از معادن با استفاده از سیستم تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی عوامل انسانی انجام شده است.

روش‌کار: مطالعهٔ مقطعی حاضر به بررسی ۶۶۴ حادثهٔ شغلی طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ در یک معدن پرداخته است. ابزار مورد استفاده در این مطالعه شامل چک‌لیست گزارش حوادث، الگوریتم سیستم تجزیه و تحلیل طبقه‌بندی عوامل انسانی (HFACS) و رویکرد تیمی برای تحلیل این حوادث بود. تجزیه و تحلیل داده‌های این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS AMOS نسخهٔ ۲۳ انجام شده است.

یافته‌ها: شاخص تکرار حادثه در این مطالعه ۱۵/۱۰±۳/۳۴ حادثه بود. نتایج تحلیل این حوادث نشان می‌دهد بیشترین میزان مشارکت هر یک از پارامترها در لایه‌های چهارگانهٔ اعمال ناایمن، پیش‌شرایطی برای اعمال ناایمن، نظارت ناایمن و تأثیرات سازمانی به‌ترتیب به 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) اختصاص داشت. نتایج مدل‌یابی معادلات ساختاری نشان می‌دهد شاخص تکرار حادثه به‌طور مستقیم و غیرمستقیم متأثر از لایه‌های مدل HFACS است. بیشترین تأثیرگذاری بر شاخص AFR به لایه اعمال ناایمن مربوط بود.

نتیجه گیری: یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد چهار لایهٔ عوامل انسانی در بروز حوادث مورد مطالعه در معدن تأثیرگذار است. همچنین مدل HFACS برای تحلیل حوادث بر مبنای اعمال ناایمن بسیار کارا و اثربخش است و می‌توان از آن برای برنامه‌ریزی‌های آینده به‌منظور کاهش حوادث در بخش معدن استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: حوادث شغلی، معدن، سیستم تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی عوامل انسانی، مدل‌یابی معادلهٔ ساختاری

مقدمه

حوادث صنعتی یکی از مشکلات عمدهٔ جوامع امروزی است. مطالعات انجام‌شده در زمینهٔ حوادث نشان می‌دهد مهم‌ترین و اصلی‌ترین علت در بروز حوادث عامل انسانی است [۴-۱]. براساس مطالعات گذشته، عامل بیش از ۸۰ درصد حوادث در صنایع مختلف خطای اپراتور است. همچنین دلیل بیش از ۹۰ درصد حوادث صنعتی اعمال و فعالیت‌های کارکنان است. همچنین گزارش‌ها نشان می‌دهد هزینهٔ این حوادث بسیار قابل‌توجه است؛ به‌طوری‌که خسارت‌های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از حوادث برابر با ۲/۶ درصد تا ۳/۸ درصد از کل تولید ناخالص داخلی (GNP)[۱] است و این مقدار رقمی برابر با ۱۲۷ میلیارد دلار است [۵].

تلفات ناشی از فعالیت‌های موجود در معادن و معدن‌کاری در ایالت متحده از بیش از ۳ هزار نفر در سال ۱۹۸۰ به ۵۵ نفر در

[1]. Gross National Product

سال ۲۰۰۴ کاهش یافته است. با این حال نرخ مرگ‌ومیر در معادن هنوز شش برابر بیشتر از سایر بخش‌های صنعت است. کم‌توجهی به اصول ایمنی و گاهی اوقات آشنانبودن با تجهیزات، روش‌ها و خطرات معدن کاری به از دست رفتن سلامتی و زندگی هزاران نفر در معادن سطحی و زیرزمینی، از بین رفتن حجم عظیمی از دارایی‌ها، ورود صدمات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست و خدشه‌دارشدن اعتبار چندین سالهٔ معادن منجر شده است [۶].

در مطالعهٔ Aghilinejad و همکاران تعداد حوادث شدید گزارش‌شده در معادن و صنایع معدنی ایران در دورهٔ ۱۲ ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۲) ۱۰.۰۳۲ مورد و تعداد مرگ ۱۹۷ مورد بوده است [۷]. همچنین، بررسی اپیدمیولوژی حوادث ناشی از کار در کارگران معادن زغال‌سنگ استان کرمان در طول سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۵ نشان می‌دهد، درمجموع ۳۶۴۲ مورد حادثه و به‌طور متوسط در هر سال ۲۲۸ حادثه رخ داده است [۸]؛ بنابراین اگرچه اطلاعات مربوط به این حوادث در بسیاری از کشورهای جهان و به‌ویژه کشورهای درحال‌توسعه مانند ایران به‌دلیل نبود سیستم‌های ثبت و تحلیل مناسب حوادث و گزارش استاندارد شده نیست، اما همین میزان اطلاعات ارائه‌شده نیز می‌تواند پایه و اساس فعالیت‌های ایمنی در محیط‌های صنعتی باشد [۹].

نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد نقش عوامل انسانی در بروز انواع حوادث و آسیب‌های مختلف در بخش معدن بسیار مهم است [۱۰-۱۳]. یافته‌های این مطالعات نشان می‌دهد که نبود سیستم جامع سازمانی برای ایجاد فرهنگ ایمنی در بین کارکنان معدن که بیشتر دارای سطح سواد و تحصیلات پایین هستند و در زمینهٔ رفتارهای ایمنی فقر فرهنگی دارند، یکی از علل عمدهٔ بروز انواع حوادث شغلی در بخش معدن و فعالیت‌های معدن‌کاری است. این مطالعات نشان می‌دهد بیشتر حوادث یا به‌طور مستقیم درنتیجهٔ رفتار ناایمن کارگران، یا به‌واسطهٔ عوامل محیطی و سازمانی تأثیرگذار بر رفتارهای ایمنی کارگران رخ می‌دهد [۱۰-۱۲]؛ بنابراین، با توجه به این موضوع بسیار مهم که حوادث مرتبط با کار در معدن را می‌توان جزء جدایی‌ناپذیر از این صنعت دانست و اینکه این حوادث افزون بر سلامت جسمانی، سلامت روانی فرد را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد و با تحمیل هزینه و صرف زمان، خسارت‌هایی را به کارگران، کارفرما و جامعه وارد می‌کند، این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل حوادث شغلی در بخش معدن براساس نقش عوامل انسانی و اعمال ناایمن در بروز این حوادث و بر مبنای سیستم تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی عوامل انسانی (HFACS)[2] به‌عنوان یکی از معتبرترین روش‌های شناسایی و تجزیه و تحلیل اعمال ناایمن و خطای انسانی طراحی و انجام شده است.

روش‌کار

مطالعهٔ حاضر توصیفی-تحلیلی است که داده‌های حوادث شغلی را طی یک بازهٔ ده‌ساله (۱۳۸۸-۱۳۹۷) در یکی از معادن بزرگ ایران و با استفاده از الگوریتم سیستم تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی عوامل انسانی (HFACS) براساس رویکرد تیمی طی سال ۱۳۹۸ بررسی کرده است.

جامعه و نمونهٔ مطالعه

جامعهٔ آماری این مطالعه شامل ۷۶۸ حادثه در معدن مورد مطالعه طی ۱۰ سال مطالعه بود. روش جمع‌آوری داده‌ها نیز به‌کمک سرشماری صورت گرفت. معیار ورود به این مطالعه ارائه و در دسترس بودن گزارش تفصیلی حوادث بود. بر این اساس، درنهایت ۶۶۴ حادثه به‌عنوان نمونه برای این مطالعه در نظر گرفته شد.

جمع‌آوری و تحلیل فنی داده‌ها

ابزار جمع‌آوری داده‌ها در این مطالعه شامل چک‌لیست و گزارش تفصیلی حوادث مورد مطالعه و همچنین آمار مربوط به فراوانی این حوادث طی ده سال مورد مطالعه بود. تجزیه و تحلیل فنی داده‌ها در این مطالعه با استفاده از الگوریتم سیستم تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی عوامل انسانی (HFACS) و تحلیل جامع این حوادث بر مبنای این الگوریتم با استفاده از رویکرد تیمی صورت گرفت. تیم مطالعه شامل ۸ نفر (۴ متخصص در زمینهٔ ایمنی و ۴ متخصص در زمینهٔ معدن) بودند. تیم مطالعه براساس چک‌لیست و گزارش تفصیلی حوادث مورد مطالعه، داده‌های مورد نظر برای تجزیه و تحلیل را استخراج کردند. در صورت بروز هرگونه اختلاف‌نظر در برداشت متخصصان از گزارش‌های مورد نظر، تنها مواردی پذیرفته شد که حداقل نسبت ۵ به ۳ در آرای آن‌ها رعایت شده بود. همچنین، شرط دیگر در این زمینه نظر موافق حداقل ۳ متخصص ایمنی بود.

عملکرد ایمنی در این مطالعه نیز با استفاده از شاخص تکرار حادثه (AFR)[3] ارزیابی شد. برای تعیین AFR در این مطالعه، تعداد حوادث ثبت‌شده منجر به از دست دادن زمان کاری در دورهٔ زمانی معین یک‌ساله بر تعداد واقعی ساعت

[2]. Human Factors Analysis and Classification System

[3]. Accident Frequency Rate (AFR)

کاری کارکنان برای همان دورهٔ زمانی شده و سپس در ۲۰۰ هزار ضرب شده است [۱۴].

$$AFR = \frac{Numbers\ of\ Registerd\ Accidents \times 2 \times 10^5}{total\ Hrs\ of\ Workers}$$

با توجه به بزرگی معدن و گستردگی فعالیت‌ها در بخش‌های مختلف، شاخص AFR برای هر بخش معدن و براساس سال و میزان ساعات کاری کارکنان در هر سال محاسبه شده است. در مدل‌سازی نیز هر حادثه با شاخص متناظر آن تجزیه و تحلیل شد.

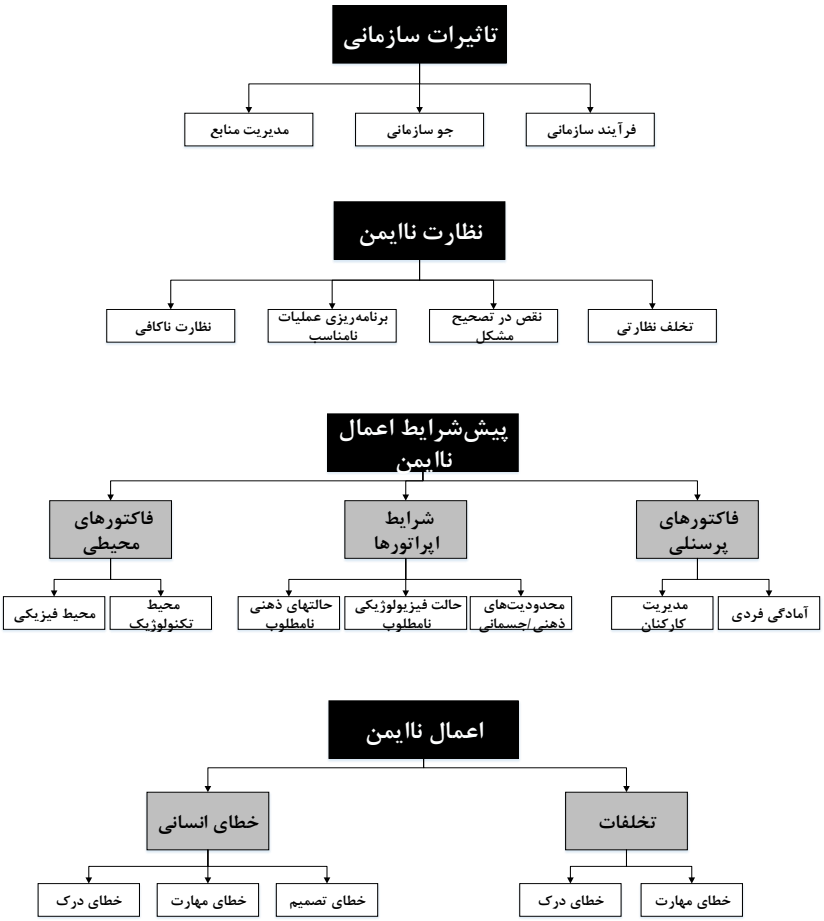
مدل HFACS در سال ۲۰۰۰ را Shappell و Wiegmann معرفی کردند. این روش در مطالعات مختلف ارزیابی شده و در بیشتر این مطالعات به‌عنوان روشی خوب و کاربردی برای تجزیه و تحلیل حوادث با رویکرد منابع انسانی و فرهنگ ایمنی دارای پایایی و قابلیت کاربردی شناخته شده است [۱۵]. این مطالعه مبتنی بر چارچوب الگوریتم HFACS و شامل سطوح زیر انجام شده است:

سطح اول (اعمال ناایمن): نزدیک‌ترین سطح به بروز حوادث و شامل دو زیر سطح خطای انسانی و تخلفات است. زیرسطح خطای انسانی شامل سه بخش خطای درک، خطای مهارت و خطای تصمیم‌گیری و زیرسطح تخلفات شامل دو بخش تخلفات روتین و استثنایی است.

سطح دوم (پیش‌شرایط برای اعمال ناایمن): سطح شرطی بروز اعمال ناایمن و شامل سه زیرسطح فاکتورهای محیطی، شرایط اپراتورها و فاکتورهای پرسنلی است. زیرسطح فاکتورهای محیطی شامل بخش‌های محیط فیزیکی و محیط صنعتی، زیرسطح شرایط اپراتورها شامل حالت‌های ذهنی نامطلوب، حالت‌های روان‌شناختی نامطلوب و محدودیت‌های ذهنی یا فیزیکی و زیرسطح فاکتورهای پرسنلی شامل مدیریت کارکنان (منابع انسانی) و آمادگی فردی است.

سطح سوم (نظارت ناایمن): سطح نظارت و سرپرستی ناایمن شامل چهار زیرسطح نظارت ناکافی و ناکارآمد، برنامه‌ریزی عملیات نامناسب و ناکارآمد، شکست یا نقص در تصحیح مشکل و تخلفات در فعالیت‌های نظارتی است.

سطح چهارم (تأثیرات سازمانی): سطح تأثیرات سازمانی ریشه‌ای‌ترین سطح در بروز حوادث و اعمال ناایمن و شامل سه زیرسطح مدیریت منابع، جو سازمانی و فرایند سازمانی است (شکل ۱).



شکل ۱. مدل HFACS

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های این مطالعه براساس رویکرد مدل‌یابی معادلات ساختاری (SEM)[۴] و به‌کمک نرم‌افزار آماری SPSS (SPSS Inc., Chicago, Ill., USA) نسخهٔ ۲۳ انجام شده است. سطح معنی‌داری همهٔ آزمون‌ها در این مطالعه ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است. نیکویی برازش[۵] در این مطالعه با استفاده از شاخص‌های کلی χ^2/df (۳-۲) و RMSEA[۶] (۰/۰۸-۰/۰۵) و شاخص‌های تطبیقی CFI[7] (۱/۰-۰/۹۵)، NFI[۸] (۱/۰-۰/۹۵) و NNFI[۹] یا TLI[۱۰] (۱/۰-۰/۹۵) انجام شد. مدل‌یابی معادلات ساختاری تکنیک تحلیل چندمتغیری بسیار کلی و نیرومندی از خانوادهٔ رگرسیون چندمتغیری است که می‌تواند ارتباطات پیچیدهٔ متغیرها را آشکار کند؛ زیرا این مدل توانایی به‌کارگیری و اجرای ارتباط هم‌زمان عوامل داخلی و خارجی را دارد و علاوه بر این می‌تواند عوامل و متغیرهای پنهان را وارد مدل کند. استفاده از SEM برای درک ارتباطات پیچیدهٔ متغیرها و عوامل مختلفی که مستقیم و غیرمستقیم، پنهان و آشکار در بروز حوادث دخیل بوده و مشارکت دارند بسیار سودمند است [۱۶].

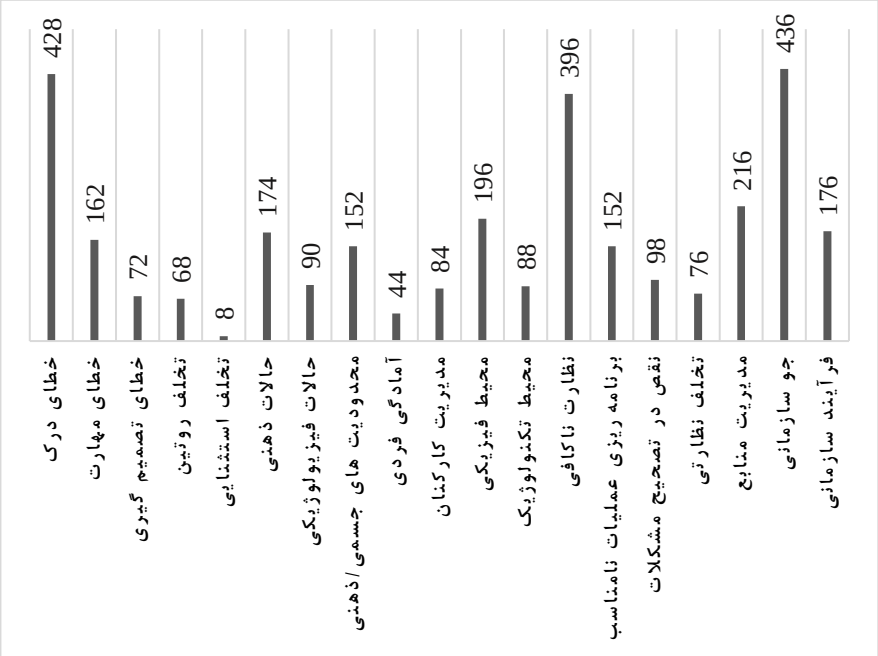
یافته‌ها

نتایج ۶۶۴ حادثه طی ده سال، نشان می‌دهد که در این حوادث ۷۱۲ نفر آسیب دیده‌اند. میزان شاخص تکرار حادثه نیز ۳/۳۴±۱۵/۱۰ بود. نتایج مربوط به میانگین و انحراف معیار سن و سابقهٔ شغلی افراد حادثه‌دیده در حوادث شغلی معدن مورد مطالعه به‌ترتیب ۶/۴۵±۳۶/۱۲ و ۶/۷۷±۷/۳۴ سال است. حدود سه‌چهارم افراد حادثه‌دیده سطح تحصیلاتی دیپلم و پایین‌تر داشتند و حدود ۶۰ درصد افراد آنها مجرد بودند. نتایج بررسی توصیفی لایهٔ اعمال ناایمن در بروز حوادث در معدن مورد مطالعه نشان می‌دهد که هر یک از عوامل سه‌گانهٔ خطای انسانی و عامل دوگانهٔ تخلفات در بروز اعمال ناایمن و حوادث مورد مطالعه مشارکت داشتند. خطای درک، خطای مبتنی بر مهارت و خطای تصمیم‌گیری به‌ترتیب در ۶۴/۴، ۲۴/۴ و ۱۰/۸ درصد حوادث نقش داشتند. مشارکت تخلفات روتین و استثنایی در بروز این حوادث به‌ترتیب ۱۰/۲ و ۱/۲ درصد بود. نتایج بررسی توصیفی لایهٔ پیش‌شرایط برای اعمال ناایمن در بروز حوادث مورد مطالعه در معدن نشان می‌دهد همهٔ پارامترهای هفت‌گانهٔ آن در بروز اعمال ناایمن و درنتیجه وقوع حوادث مورد مطالعه تأثیرگذارند. همچنین پارامترهای فاکتورهای محیطی شامل محیط فیزیکی و محیط فناورانه به‌ترتیب در ۲۹/۵ و ۱۳/۳ درصد حوادث تأثیرگذار بوده‌اند. پارامترهای شرایط اپراتورها شامل حالات ذهنی، حالات فیزیولوژیکی و محدودیت‌های جسمی/ ذهنی به‌ترتیب در ۲۶/۲، ۱۳/۵ و ۲۲/۹ درصد حوادث نقش داشته و فاکتورهای پرسنلی شامل مدیریت کارکنان و آمادگی فردی به‌ترتیب در ۶/۶ و ۱۲/۷ درصد حوادث مشارکت داشته‌اند. نتایج لایهٔ نظارت ناایمن در بروز حوادث معدن مورد مطالعه نشان می‌دهد که هر یک از عوامل چهارگانهٔ این لایه شامل نظارت و سرپرستی ناکافی و ناکارآمد، برنامه‌ریزی عملیات نامناسب، نقص در تصحیح مشکلات شناسایی‌شده و تخلف نظارتی به‌ترتیب در ۵۹/۶، ۲۲/۹، ۱۴/۸ و ۱۱/۴ درصد این حوادث تأثیرگذار بوده‌اند. نتایج مربوط به لایهٔ تأثیرات سازمانی در بروز اعمال ناایمن و حوادث معدن مورد مطالعه نشان می‌دهد هر یک از این پارامترها شامل مدیریت منابع، جو سازمانی و فرایند سازمانی به‌ترتیب در ۳۲/۵، ۲۶/۵ و ۶۵/۶ درصد این حوادث نقش داشته‌اند (شکل ۲).

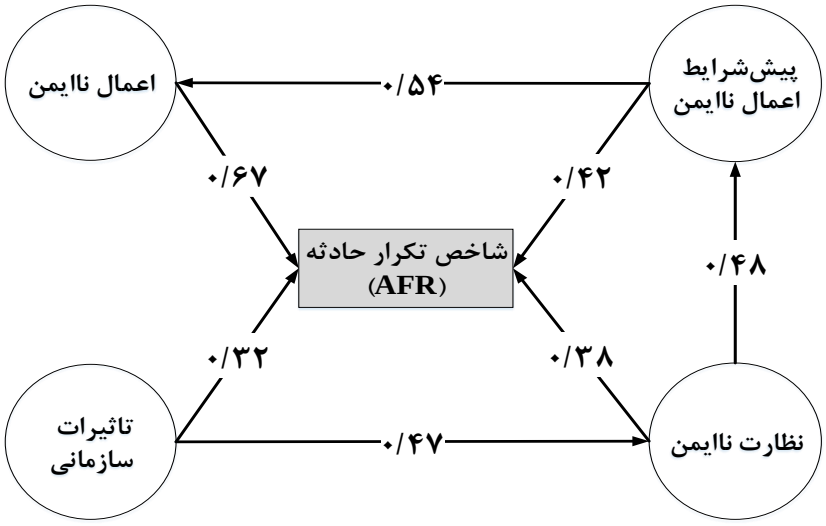
یافته‌های تحلیلی این مطالعه به ارزیابی ارتباط لایه‌های مدل HFACS و شاخص تکرار حوادث مورد مطالعه (AFR) مربوط است (شکل ۳).

نتایج مدل‌سازی براساس مدل‌یابی معادلات ساختاری نشان می‌دهد همهٔ لایه‌های مدل HFACS به‌عنوان لایه‌های علی و تأثیرگذار بر فراوانی و تکرار حوادث معدن مورد مطالعه شناخته می‌شوند ($P<0/05$). همچنین این نتایج نشان می‌دهد شاخص تکرار حادثه به‌طور مستقیم و غیرمستقیم متأثر از لایه‌های علی مدل HFACS است. بیشترین و کمترین تأثیرگذاری بر شاخص AFR به لایهٔ اعمال ناایمن (ضریب تأثیر= ۰/۶۷) و تأثیرات سازمانی (ضریب تأثیر= ۰/۳۲) مربوط بود. نتایج مربوط به سنجش شاخص‌های نیکویی برازش مدل‌یابی معادلهٔ ساختاری شاخص تکرار حادثه نیز نشان می‌دهد مقادیر شاخص‌های $\chi2/df$، RMSEA، CFI و NNFI (TLI) به‌ترتیب ۲/۰۸۱، ۰/۰۳۴، ۰/۹۸۲ و ۰/۹۹۰ درصد برآورد شده است؛ بنابراین براساس این نتایج و مقایسهٔ آن با معیارهای مورد نظر، این مدل قابل‌قبول و مناسب است (جدول۱).

4. Structural Equation Modeling (SEM)
5. Goodness of Fit
6. Root Mean Square Error of Approximation
7. Comparative Fit Index
8. Normed-Fit Index
9. Non-Normed Fit Index
10. Tucker-Lewis Index



شکل ۲. نتایج توصیفی میزان مشارکت عوامل انسانی در بروز حوادث معدن براساس مدل HFACS



شکل ۳. نتایج مدل‌یابی معادلات ساختاری ارتباط شاخص AFR و لایه‌های HFACS

جدول ۱. نتایج توصیفی مطالعهٔ بخش داده‌های فردی (۷۱۲ نفر)

متغیر		فراوانی (درصد)
سن (سال)		۳۶/۱۲±۶/۴۵
سابقهٔ کار (سال)		۷/۳۴±۶/۷۷
سطح تحصیلات	دیپلم و پایین‌تر	۵۱۲ (۷۱/۹)
	لیسانس و بالاتر	۲۰۰ (۲۸/۱)
وضعیت تأهل	متأهل	۲۸۸ (۴۰/۴)
	مجرد	۴۲۴ (۵۹/۶)

بحث

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد میزان شاخص تکرار حادثه بالاتر از مقادیر قابل‌قبول تعیین‌شده برای این شاخص است [۱۸-۱۷]؛ بنابراین میزان تکرارپذیری این حوادث بسیار است و باید اقدامات لازم برای مدیریت ایمنی در معدن مورد مطالعه با رویکرد توجه به علل بروز این حوادث طراحی و انجام شود. همچنین یافته‌های دموگرفیک افراد آسیب‌دیدهٔ ناشی از حوادث مورد مطالعه نیز نشان می‌دهد جمعیت حادثه‌دیده در این مطالعه نسبتاً جوان و دارای تجربه نسبتاً کمی هستند که این یکی از دلایل بالابودن شاخص تکرار حادثه است [۱۹].

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد چهار لایهٔ علی عوامل انسانی در مدل الگوریتم سیستم تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی عوامل انسانی و پارامترهای نوزده‌گانهٔ آن در بروز حوادث مورد مطالعه در معدن مشارکت داشته و تأثیرگذار بوده‌اند. یافته‌های مربوط به لایهٔ اعمال ناایمن بیانگر این بود که نقش خطای انسانی بسیار بیشتر از تخلفات در بروز حوادث در معدن بوده است. همچنین خطای درک که بیشتر به‌دلیل نبود آگاهی یا کمبود آن و به‌واسطهٔ آموزش ناکافی بروز می‌کند، بیشترین مشارکت را در بروز این حوادث دارد. در بسیاری از مطالعات مرتبط، نبود آگاهی یا آگاهی کم افراد به مسائل ایمنی یکی از عواملی است که با حوادث مرتبط معنی‌دار است. سطح مورد نظر تخصص در ارتباط با مسائل ایمنی به‌صورت ترکیبی از پارامترهای مختلف در نظر گرفته شده است. افرادی که مواجههٔ مستقیم با انواع مخاطرات شغلی دارند، باید آموزش‌های لازم را ببینند و توانایی کافی برای استفاده و بهره‌گیری از این آگاهی‌های به‌دست‌آمده را کسب کرده باشند. همچنین به‌روزکردن آموزش‌ها و افزایش آگاهی کارگران یکی از پارامترهای مهم کاهش نرخ بروز و شدت حوادث است [۲۰]. نتایج مربوط به لایهٔ پیش‌شرایط برای اعمال ناایمن در بروز حوادث معدن نشان می‌دهد که محیط فیزیکی در یک‌سوم این حوادث تأثیرگذار بوده است. با توجه به اینکه کار در معدن در بسیاری از متون، سخت‌ترین و زیان‌آورترین شغل شناخته می‌شود، این یافته نیز مورد تأیید قرار می‌گیرد که محیط فیزیکی و شرایط موجود در آن یکی از مهم‌ترین ریسک فاکتورها در بروز حوادث در معدن شناخته و ارزیابی می‌شود [۲۱]. یافته‌های لایهٔ نظارت و سرپرستی ناایمن در بروز حوادث معدن نشان می‌دهد که نظارت و سرپرستی ناکافی و ناکارآمد در بیش از نیمی از این حوادث مشارکت دارد. همچنین بررسی‌های میدانی در این مطالعه نشان می‌دهد که ساختار مدونی برای نظارت بر ایمنی و ایمنی مبتنی بر رفتار در این صنعت وجود ندارد. همان‌طور که در برخی مطالعات نیز نشان داده شده است که نظارت و سرپرستی ناکارآمد از نظر کمی و کیفی می‌تواند بر تکرارپذیری رفتارهای ناایمن تأثیرگذار و به‌طور غیرمستقیم بر میزان حوادث مؤثر باشد [۲۲]. همچنین نتایج مربوط به لایهٔ تأثیرات سازمانی به‌عنوان ریشه‌ای‌ترین لایه در بروز اعمال ناایمن و حوادث معدن مورد مطالعه، دیگر یافته‌های این مطالعه را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد فرایندهای سازمانی بیشترین نقش را در بروز اعمال ناایمن، خطای انسانی و درنتیجه حوادث دارد [۲۳].

نتایج این مطالعه با استفاده از رویکرد مدل‌یابی معادلات ساختاری نشان می‌دهد که شاخص تکرار حادثه به‌طور مستقیم و غیرمستقیم متأثر از لایه‌های علی در مدل HFACS است. همچنین این نتایج بیانگر این است که بیشترین تأثیرگذاری بر شاخص AFR به لایهٔ اعمال ناایمن به‌دلیل نزدیک‌بودن و بی‌واسطه‌بودن آن با بروز حوادث مربوط است. براساس مدل HFACS، تنها لایهٔ اعمال ناایمن اثری مستقیم بر حوادث دارد و لایه‌های سه‌گانهٔ دیگر تأثیرات غیرمستقیمی دارند. در این مطالعه، علاوه بر بررسی این فرضیهٔ مشخص، فرضیهٔ دیگری آزموده شد که نشان‌دهندهٔ اثر مستقیم لایه‌های تأثیرات سازمانی، فاکتور سرپرستی و نظارت و همچنین فاکتور پیش‌شرایط ناایمن است؛ بنابراین نتایج نشان می‌دهد که این لایه‌ها علاوه بر نقش غیرمستقیم بر حوادث، تأثیرات مستقیمی بر حوادث دارند. همچنین، یافته‌های این مدل‌سازی بیانگر این است که هرچه از لایهٔ اعمال ناایمن دور می‌شویم، میزان تأثیرگذاری لایه‌های غیرمستقیم کمتر می‌شود و به‌کمک تأثیرات غیرمستقیم بر حوادث مؤثر است. این یافته با نتایج برخی مطالعات هم‌خوانی مناسب دارد [۲۴]. اعمال ناایمن جزء مهم و لاینفک حوادث شغلی است که به‌صورت گسترده از سوی محققین مطالعه و بررسی شده است. اعمال ناایمن دارای بیشترین سهم در حوادث شغلی و خطای انسانی یکی از دلایل کلیدی حوادث در بخش معدن است [۲۵]. نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد کارگر یا تیم کاری در ۷۰ درصد حوادث به‌دلیل بروز انواع خطای انسانی و اعمال ناایمن نقشی مستقیم دارند. رفتارهای فردی ناایمن می‌تواند متأثر از دیگر فاکتورهای مهم مانند لایه‌های علی پیش‌شرایط اعمال ناایمن، فاکتورهای نظارت و سرپرستی و

همچنین تأثیرات سازمانی باشد [۲۷-۲۶]. هنگامی که رفتار ایمن موضوعی مهم تلقی شود، باید توجه به بحث فرهنگ یا جو ایمنی در هر سازمان بیشتر شود. به عبارت دیگر موضوعاتی مانند نگرش ایمنی، رفتار ایمنی، جو و فرهنگ ایمنی هرکدام بخش‌هایی از یک زنجیرهٔ کامل هستند که باید به همهٔ آنها در یک چهارچوب توجه و آن را بررسی کرد [۲۸].

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، یافته‌های این مطالعه که به‌کمک بررسی تیمی حوادث و مدل‌سازی بروز این حوادث انجام شد، بیانگر این بود که حوادث شغلی در معدن می‌تواند تحت تأثیر پارامترهای مختلف عوامل انسانی شامل اعمال ناایمن و به‌ویژه خطای انسانی، پیش‌شرایط به‌وجودآورندهٔ اعمال ناایمن مانند محیط فیزیکی، نظارت و سرپرستی ناایمن به‌ویژه نبود نظارت یا نظارت ناکافی و ناکارآمد و همچنین تأثیرات سازمانی اعم از فرهنگ سازمانی یا فرایندهای موجود در سازمان رخ دهد. همچنین یافته‌های این مطالعه بیانگر این بود که با استفاده از روش HFACS می‌توان اعمال ناایمن و خطای انسانی به‌وجودآورندهٔ حوادث شغلی و همچنین علل بروز این اعمال ناایمن را شناسایی و براساس آن اقدامات پیشگیرانه را برنامه‌ریزی کرد.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست (HSE) در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی است. نویسندگان مراتب قدردانی خود را از معاونت پژوهش این دانشگاه و همچنین مدیریت HSE، متخصصان شرکت‌کننده در مطالعه و کارکنان معدن مورد مطالعه اعلام می‌کنند.

تعارض منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

منابع مالی

منابع مالی این مطالعه توسط نویسندگان تامین شده است.

References

1. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, MOGHIM BA, Akbarzadeh M. Studying disabling occupational accidents in the construction industry during two years.
2. Mohammadi H, Soltanzadeh A, Heidari H, Mohammadbeygi A, Mahdinia M, Rahimi J. Factor Analysis of Risk Variables Affecting Occupational Injuries: A Field Study in Construction Projects. Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume. 2019 Mar 1;5(4):50-6. [DOI:10.29252/johe.5.4.50]
3. Arassi M, Mohammadi H, Motamedzade M, Kamalinia M, Mardani D, Mohammadi Beiragani M, et al. The Association between psychosocial factors and Occupational Accidents among Iranian Drilling Workers. Journal of Ergonomics. 2014;2(1):36-45.
4. Pakdel E, Omidvari M. Investigating the Effects of Human Personality on Human Reliability and Accident Frequency Using DISC and HEART Technique in Automotive Industries. Iranian Journal of Ergonomics. 2017 Jun 15;5(1):26-35. [DOI:10.21859/joe-05014]
5. Santos AJ, Rebelo EL, Mendes JC. Towards better prevention of fatal occupational accidents in Portugal. International Labour Review. 2018 Sep;157(3):409-33. [DOI:10.1111/ilr.12114]
6. Homer AW. Coal mine safety regulation in China and the USA. Journal of Contemporary Asia. 2009 Aug 1;39(3):424-39. [DOI:10.1080/00472330902944511]
7. Aghilinejad M, Kouhpayezade J, Kazem Noori M, Golabadi M. Association of age and work experience with work-related injuries in mining and mineral industries in Iran 2003-2011. Razi Journal of Medical Sciences. 2013 Feb 1;19(104).
8. Khodabandeh S, Haghdoost A, Khosravi Y. Epidemiology of work-related Accidents in Kerman Coal Mines during 1991-2006. Iran Occupational Health. 2012 Jan 1;8(4).
9. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Moghimbeygi A, Ghiasvand R. Exploring causal factors on the severity rate of occupational accidents in construction worksites. International journal of civil engineering. 2017 Oct 1;15(7):959-65. [DOI:10.1007/s40999-017-0184-9]
10. Simpson G, Horberry T. Understanding human error in mine safety. CRC Press; 2018 Apr 17. [DOI:10.1201/9781315549194]
11. Palka D. The role and importance of training for improving the safety and awareness of the technical staff in the mining plant. InCBU International Conference Proceedings 2017 Sep 24 (Vol. 5, pp. 1195-1198). [DOI:10.12955/cbup.v5.1095]
12. 12. Papic L, Kovacevic S. Human factor in mining machines maintenance operations. In2016 Second International Symposium on Stochastic Models in

Reliability Engineering, Life Science and Operations Management (SMRLO) 2016 Feb 15 (pp. 456-465). IEEE. [DOI:10.1109/SMRLO.2016.80]

13. Samadi H, Kalantari R, Mostafavi F, Zanjirani fFarahani A, Bakhshi E. Using the Need for Recovery Scale to Assess Workload in Mine Workers and Its Relationship With Demographics. Iranian Journal of Ergonomics. 2017 Mar 15;4(4):1-7. [DOI:10.21859/joe-04041]
14. Anastasopoulos PC. Random parameters multivariate tobit and zero-inflated count data models: addressing unobserved and zero-state heterogeneity in accident injury-severity rate and frequency analysis. Analytic methods in accident research. 2016 Sep 1;11:17-32. [DOI:10.1016/j.amar.2016.06.001]
15. Shappell SA, Wiegmann DA. Applying Reason: The human factors analysis and classification system (HFACS). Human Factors and Aerospace Safety. 2001.
16. Xia Y, Yang Y. RMSEA, CFI, and TLI in structural equation modeling with ordered categorical data: The story they tell depends on the estimation methods. Behavior research methods. 2019 Feb 15;51(1):409-28. [DOI:10.3758/s13428-018-1055-2] [PMID]
17. Lim S, Oh AR, Won JH, Chon JJ. Improvement of inspection system for reduction of small-scale construction site accident in Korea. Industrial health. 2018 Jun 23. [DOI:10.2486/indhealth.2018-0033] [PMID] [PMCID]
18. Soltanzadeh A, Heidari HR, Mahdinia M, Mohammadi H, Mohammadbeigi A, Mohammadfam I. Path analysis of occupational injuries based on the structural equation modeling approach: a retrospective study in the construction industry. Iran Occupational Health. 2019;16(3):47-57.
19. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Akbarzadeh M. Modeling of individual and organizational factors affecting traumatic occupational injuries based on the structural equation modeling: a case study in large construction industries. Archives of trauma research. 2016 Sep;5(3). [DOI:10.5812/atr.33595] [PMID] [PMCID]
20. Leão CP, Costa S. Safety Training and Occupational Accidents-Is There a Link?. InInternational Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2019 Jul 24 (pp. 536-543). Springer, Cham. [DOI:10.1007/978-3-030-20145-6_53]
21. Bonsu J, Van Dyk W, Franzidis JP, Petersen F, Isafiade A. A systemic study of mining accident causality: an analysis of 91 mining accidents from a platinum mine in South Africa. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2017 Jan;117(1):59-66. [DOI:10.17159/2411-9717/2017/v117n1a9]
22. Liu R, Cheng W, Yu Y, Xu Q. Human factors analysis of major coal mine accidents in China based on the HFACS-CM model and AHP method. International journal of industrial ergonomics. 2018 Nov 1;68:270-9. [DOI:10.1016/j.ergon.2018.08.009]
23. 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. International journal of occupational safety and ergonomics. 2018 Apr 25:1-8. [DOI:10.1080/10803548.2018.1455411] [PMID]
24. Zhang Y, Jing L, Bai Q, Liu T, Feng Y. A systems approach to extraordinarily major coal mine accidents in China from 1997 to 2011: an application of the HFACS approach. International journal of occupational safety and ergonomics. 2019 Apr 3;25(2):181-93. [DOI:10.1080/10803548.2017.1415404] [PMID]
25. 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 Mar 1;123:104555. [DOI:10.1016/j.ssci.2019.104555]
26. 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 Dec 15;3(3):45-54.
27. Harris D, Li WC. Using Neural Networks to predict HFACS unsafe acts from the pre-conditions of unsafe acts. Ergonomics. 2019 Feb 1;62(2):181-91. [DOI:10.1080/00140139.2017.1407441] [PMID]
28. Rubin M, Giacomini A, Allen R, Turner R, Kelly B. Identifying safety culture and safety climate variables that predict reported risk-taking among Australian coal miners: An exploratory longitudinal study. Safety Science. 2020 Mar 1;123:104564. [DOI:10.1016/j.ssci.2019.104564]