Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 8, Issue 2, Summer 2021, Pages: 9-14

Original Article

doi: 10.52547/johe.8.2.9

Investigation of the Relationship among Human Factors in Mining Accidents Using a Systematic Approach

Mostafa Mirzaei Aliabadi[1], Taleb Askaripoor[2], Hamed Aghaei[3,*]

[1] *Center of Excellence for Occupational Health (CEOH) and Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*
[2] *Research Center for Health Sciences and Technologies, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran*
[3] *Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran*

**** Corresponding Author**: Hamed Aghaei, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran. Email: Hamedaghaeih@gmail.com*

Received: 08/04/2020
Accepted: 23/05/2020

How to Cite this Article:
Mirzaei Aliabadi M, Askaripoor T, Aghaei H. Investigation of the Relationship among Human Factors in Mining Accidents Using a Systematic Approach. *J Occup Hyg Eng*. 2021; 8(2): 9-14. DOI: 10.52547/johe.8.2.9

Abstract

Background and Objective: Systematic analysis of accidents in sociotechnical systems, such as mining industry, is very important to reduce accidents. The present study aimed to analyze the relationship among human factors in mining accidents using a systematic approach.

Materials and Methods: The accidents occurred during seven years in a large iron ore mine complex in the south of Iran were collected, and the most important events were selected subsequently. Afterward, all contributing factors in each accident were identified using an accident analysis team by Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) framework. A total of 154 accidents were collected, and the data were analyzed in SPSS Software (version 16) using logistic regression.

Results: Skill-based errors were the most frequent among the unsafe acts. Furthermore, the deficiencies in physical environment, as well as inappropriate operations and organizational procedures were the most frequently identified deficiency in the selected accidents. Throughout the overall system, the existence of some deficiencies in upper levels predicted those in lower levels, which included organizational climate, inadequate supervision, organizational procedures and inappropriate operations, inadequate supervision and physical environment, as well as inappropriate operations and physical environment.

Conclusion: Skill-based errors, supervision problems, and organizational procedures are the most common deficiencies in mining industry accidents. Analysis of the relationship among the causal factors at different levels of HFACS is necessary to adopt appropriate strategies to reduce the accidents.

Keywords: Human Factors; Human Factors Analysis and Classification System; Mining Accidents

Copyright © 2021 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

مقاله پژوهشی

doi: 10.52547/johe.8.2.9

بررسی ارتباط عوامل انسانی تأثیرگذار در حوادث معدن با استفاده از رویکرد سیستمی

مصطفی میرزایی علی‌آبادی[۱]، طالب عسکری‌پور[۲]، حامد آقائی[۳،*]

[۱] دانشیار، قطب علمی بهداشت حرفه‌ای و مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

[۲] استادیار، مرکز تحقیقات علوم و فناوری‌های بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران

[۳] استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران

* **نویسنده مسئول:** حامد آقائی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران. ایمیل: Hamedaghaeih@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۰۳

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: بررسی سیستماتیک حوادث در سیستم‌های فنی-اجتماعی مانند صنعت معدن در کاهش حوادث اهمیت دارد. در این مطالعه قصد داریم ارتباط میان عوامل انسانی مشارکت‌کننده در حوادث معدن را با رویکرد سیستماتیک بررسی کنیم.

مواد و روش‌ها: به‌منظور انجام این پژوهش، حوادث رخ‌داده در یک مجتمع بزرگ معدن سنگ آهن واقع در جنوب کشور در یک دوره ۷ ساله جمع‌آوری و سپس مهم‌ترین حوادث غربال شد. با کمک تیم تحلیل حادثه و بر اساس چارچوب تجزیه‌وتحلیل عوامل انسانی و طبقه‌بندی آن، عامل هر حادثه شناسایی و طبقه‌بندی شد. در مجموع داده‌های مربوط به ۱۵۴ حادثه جمع‌آوری شد. در ادامه، داده‌ها با استفاده از رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ تحلیل شد.

یافته‌ها: خطاهای مبتنی بر مهارت بیشترین فراوانی را در بین اعمال ناایمن به خود اختصاص داد. نواقص محیط فیزیکی، طراحی نامناسب عملیات و فرایندهای سازمانی بیشترین فراوانی شناسایی در عوامل سازمانی حوادث منتخب بودند. در کل سیستم، وجود برخی نواقص در سطوح بالایی، نقص در سطح پایین‌تر را پیش‌بینی می‌کرد که شامل جوّ سازمانی و نظارت ناکافی، فرایندهای سازمانی و طراحی نامناسب عملیات، نظارت ناکافی و محیط فیزیکی، طراحی نامناسب عملیات و محیط فیزیکی بود.

نتیجه‌گیری: خطاهای مبتنی بر مهارت، مشکلات نظارتی و فرایندهای سازمانی جزء نواقص با فراوانی زیاد در ایجاد حوادث در صنعت معدن هستند. تحلیل ارتباط میان فاکتورهای علیتی در سطوح مختلف در اتخاذ استراتژی‌های مناسب برای کاهش حوادث اهمیت دارد.

واژگان کلیدی: عوامل انسانی؛ تجزیه‌وتحلیل عوامل انسانی و طبقه‌بندی آن؛ حوادث معدن

مقدمه

مطالعات نشان داده است کارگران معدن در مقایسه با کارگران سایر صنایع با محیط کار نسبتاً خطرناک‌تری روبه‌رو هستند. برای مثال، نرخ صدمات کشنده برای کارگران معدن بین ۷ تا ۱۰ برابر میانگین جمعیت کارگری در ایالات متحده، استرالیا و نیوزلند گزارش شده است [۱]. علاوه بر درد و رنج که اجتناب‌ناپذیر است، هزینه‌های مالی مراقبت‌های پزشکی و کاهش بهره‌وری به دلیل آسیب‌دیدگی نیز در معادن قابل توجه است. بر اساس نتایج تجزیه وتحلیل در آمریکا، معادن استخراج زغال سنگ از نظر میانگین هزینه به‌ازای هر کارگر برای هزینه آسیب‌های منجر به جراحت و مرگ در رتبه دوم قرار دارد [۲]. این داده‌ها نیاز به تلاش بیشتر را برای درک عوامل ایجاد صدمه به کارگران معدن مطرح می‌کند.

در حوزه معدن می‌توان از رویکردهای جدید عوامل انسانی در زمینه ایمنی سیستم استفاده کرد که برای ارائه بینش بیشتر درباره علل حوادث در بسیاری از حوزه‌های مهم ایمنی استفاده شده است. این مدل‌های خطای انسانی در سیستم‌های سازمانی از رویکرد سیستمی استفاده و خاطرنشان می‌کنند که می‌توان حوادث را به ترکیبی از خطاهای فعال (در سطح اپراتور) و پنهان (شرایط ناایمن) نسبت داد که در کل سیستم وجود دارند [۳]. چنین مدل‌هایی با استفاده از چندین روش بررسی و تجزیه‌وتحلیل حوادث توسعه یافته‌اند تا بتوانند نواقص مختلف را در حوادث شناسایی و تحلیل کنند. تجزیه‌وتحلیل عوامل انسانی و طبقه‌بندی آن (HFACS: Human Factors Analysis and

Classification System) [۴] یکی از رویکردهایی است که بسیار استفاده می‌شود.

تجزیه‌وتحلیل عوامل انسانی و طبقه‌بندی آن شامل ۱۸ فاکتور علیتی است که در چهار سطح قرار گرفته‌اند. این چهار سطح شامل اعمال ناایمن، پیش‌شرایط برای اعمال ناایمن، نظارت‌های ناایمن و تأثیرات سازمانی است [۱۲]. اعمال ناایمن به اقداماتی اشاره دارد که بلافاصله قبل از حادثه رخ می‌دهد و مستقیماً باعث رویداد نامطلوب می‌شود. اعمال ناایمن شامل خطاها (مبتنی بر مهارت، تصمیم‌گیری و ادراک) و تخلف‌هاست. پیش‌شرایط برای اعمال ناایمن شرایط روانی و محیطی را توصیف می‌کند که موجب بروز یک عمل ناایمن می‌شود. این شرایط شامل محیط فیزیکی و تکنولوژیکی، ارتباطات و هماهنگی، تناسب با وظیفه، محدودیت‌های جسمی و روانی، شرایط روحی-روانی و حالت‌های فیزیولوژیکی نامطلوب است. نظارت‌های ناایمن به مجموعه اقدامات و تصمیمات ناظران اشاره می‌کند. نظارت‌های ناایمن شامل زیرشاخه‌های نظارت ناکافی، انحرافات رهبری و نظارت، عدم اصلاح مشکلات شناسایی‌شده و برنامه‌ریزی نامناسب عملیات است. تأثیرات سازمانی به مشکلات و کاستی‌ها در سطح مدیریت و سازمان اشاره دارد که ممکن است در بروز اعمال ناایمن توسط کارکنان تأثیرگذار باشد.

درحالی‌که تجزیه‌وتحلیل عوامل انسانی و طبقه‌بندی آن به‌عنوان یک ابزار بررسی حادثه استفاده می‌شود، می‌توان از آن برای تجزیه‌وتحلیل گذشته‌نگر حوادث در صنایع مختلف مانند تحلیل حوادث دریایی [۵،۶]، خطاهای پزشکی [۷،۸] و حوادث ریلی [۹،۱۰] استفاده کرد. استفاده از این رویکرد برای تجزیه‌وتحلیل ایمنی سیستم در حوادث معدن کمتر مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات انجام‌شده با استفاده از رویکرد HFACS در حوزه حوادث صنعت معدن بیشتر بر پیش‌شرایط برای اعمال ناایمن متمرکز بوده است. در خصوص شناسایی نقش عوامل سازمانی و نظارتی در ایجاد حوادث معدن مطالعات اندکی انجام شده است. عواملی که نشان داده شده است، با شدت آسیب‌ها و افزایش خطر حوادث ارتباط دارند.

تأثیر عوامل سازمانی بر پیامدهای ایمنی در حوزه صنعت معدن نیز اهمیت دارد. برداشت کارگران از متغیرهایی مانند نارضایتی شغلی، تعهد مدیریتی ضعیف و فشار زمان پیش‌بینی‌کننده‌های مهمی در حوادث محیط کار و خطای انسانی هستند [۱۱]. تأثیر فرهنگ ایمنی و خط‌مشی‌های سازمان بر ایمنی سازمان‌ها و رفتار کارکنان به اثبات رسیده است [۱۲]. این یافته‌ها در مجموع نشان می‌دهد تدوین اقدامات کنترلی مؤثر باید بر چارچوب جامعی مبتنی باشد که شامل عوامل سطح بالاتر مانند فرهنگ سازمانی و تیمی، طراحی محیط کار و فرآیندهای تصمیم‌گیری کارکنان می‌شود.

هدف مطالعه حاضر تجزیه‌وتحلیل داده‌های مربوط به حوادث صنعت معدن در چند معدن منتخب با استفاده چارچوب HFACS است. در این مطالعه عوامل حوادث معدن بر اساس چارچوب HFACS شناسایی و طبقه‌بندی شده است و در ادامه با استفاده از تحلیل آماری، وجود ارتباط میان خطاها و نواقص در سطوح مختلف HFACS بررسی می‌شود.

روش کار

فرایند کدگذاری

در مطالعه حاضر از پایگاه داده مربوط به حوادث صنعت معدن استفاده شد که منجر به پیامد نامطلوب مانند فوت و آسیب‌های ناتوان‌کننده شده است. داده‌های حوادث از یک معدن سطحی استخراج سنگ آهن در جنوب کشور جمع‌آوری شد که پنج سایت استخراج داشت. این شرکت یک تیم تجزیه‌وتحلیل حادثه متشکل از متخصصان مختلف دارد که بعد از وقوع حادثه با پیامد نامطلوب قابل توجه، به شناسایی عوامل مؤثر در آن حادثه می‌پردازند. فرایند تجزیه‌وتحلیل حوادث بر اساس روش تحلیل علل ریشه‌ای (Root Cause Analysis) انجام می‌شود. تحلیل علل ریشه‌ای یک روش حل مسئله است که به‌منظور شناسایی علل ریشه‌ای مسائل استفاده می‌شود [۱۳]. نتایج مربوط به روش تحلیل علل ریشه‌ای به همراه گزارش مربوط به حوادث و تصاویر ثبت‌شده از هر حادثه به‌عنوان منابع این مطالعه استفاده شد.

به‌منظور کدگذاری عوامل شناسایی‌شده به‌عنوان عوامل تأثیرگذار در هر حادثه، از دو متخصص استفاده شد که سابقه شناسایی و طبقه‌بندی حوادث را بر اساس HFACS داشتند. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری‌شده برای هر حادثه، وجود یا نبود هر کدام از ۱۸ عامل HFACS ارزیابی و پایگاه داده ایجاد شد. در این مرحله به‌منظور افزایش قابلیت اطمینان بینابینی (Inter-rater reliability)، از توافق و اجماع میان دو متخصص استفاده شد [۱۴،۱۵].

تجزیه‌وتحلیل آماری

ارزیابی‌های اولیه از ویژگی‌های هر حادثه و داده‌های HFACS با استفاده از شمارش تعداد عئامل مشارکت‌کننده انجام شد. بررسی ارتباط میان هر سطح از HFACS با سطح بالاتر، در صورت وجود، با استفاده از رگرسیون لجسیک انجام شد. برای ارزیابی قدرت، ارتباط نسبت شانس (OR: Odds Ratio) محاسبه شد. تجزیه‌وتحلیل با استفاده از بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۱۶ انجام شد.

نتایج

در این مطالعه در مجموع ۱۵۴ حادثه با پیامد قابل توجه از یک شرکت بزرگ استخراج سنگ آهن در جنوب کشور در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ جمع‌آوری و با استفاده از HFACS بررسی شد. جدول ۱ فراوانی و درصد حضور

جدول ۱: فراوانی و درصد حضور فاکتورهای علیتی در هر سطح از HFACS برای حوادث

سطح HFACS	زیرگروه (علیتی)	فراوانی	درصد از کل حوادث
تأثیرات سازمانی	فرایندهای سازمانی	۴۱	۲۶/۶
	جوّ سازمانی	۲۸	۱۸/۲
	مدیریت منابع	۳۶	۲۳/۳
نظارت‌های ناایمن	طراحی نامناسب عملیات	۶۱	۳۹/۶
	انحرافات رهبری و نظارت	۱۵	۹/۷
	عدم اصلاح مشکلات شناسایی‌شده	۱۱	۷/۱
	نظارت ناکافی	۵۴	۳۵
پیش‌شرایط برای اعمال ناایمن	محیط تکنولوژیکی	۵۴	۳۵
	محیط فیزیکی	۵۸	۳۷/۶
	حالت ذهنی نامطلوب	۳۳	۲۱/۴
	حالت فیزیولوژیکی نامطلوب	-	-
	محدودیت‌های فیزیکی و ذهنی	۱۳	۸/۴
	تناسب با وظیفه	۱۶	۱۰/۴
	ارتباطات و هماهنگی	۱۱	۷/۱
اعمال ناایمن	خطاهای ادراکی	۵	۳/۲
	خطاهای مبتنی بر مهارت	۶۸	۴۴/۱
	خطاهای تصمیم‌گیری	۲۱	۱۳/۶
	تخلف	۲۸	۱۸/۲

جدول ۲: نسبت شانس برای ارتباط بین سطوح HFACS

پیش‌شرایط برای اعمال ناایمن (سطح ۲)	اعمال ناایمن (سطح ۱)	OR*,**	سطح اطمینان ۹۵ درصد
محیط تکنولوژیکی	خطاهای تصمیم‌گیری	۳/۵۷۵*	۱۱/۶۴۱-۱/۰۹۸
محیط فیزیکی	خطاهای تصمیم‌گیری	۱/۶۱۵*	۲/۱۴۷-۱/۰۳۵
محیط فیزیکی	خطاهای مبتنی بر مهارت	۴/۴۰۶**	۱۰/۲۹۹-۱/۸۸۵
نظارت ناایمن (سطح ۳)	**پیش‌شرایط برای اعمال ناایمن (سطح ۲)**	**OR*,** **	**سطح اطمینان ۹۵ درصد**
نظارت ناکافی	محیط فیزیکی	۲/۵۵۷*	۵/۸۱۸-۱/۱۲۴
نظارت ناکافی	ارتباطات و هماهنگی	۶/۱۹۵**	۳۴/۱۱۷-۱/۱۲۵
طراحی نامناسب عملیات	محیط فیزیکی	۴/۳۵۳*	۹/۹۳۸-۱/۹۰۷
طراحی نامناسب عملیات	حالت روانی نامناسب	۲/۷۴۷*	۶/۸۶۷-۱/۰۹۹
تأثیرات سازمانی (سطح ۴)	**نظارت ناایمن (سطح ۳)**	**OR*,** **	**سطح اطمینان ۹۵ درصد**
جوّ سازمانی	نظارت ناکافی	۳/۷۲۸*	۹/۴۱۰-۱/۴۷۷
فرایندهای سازمانی	طراحی نامناسب عملیات	۳/۷۷۳	۹/۳۶۸-۱/۵۱۹
فرایندهای سازمانی	انحرافات رهبری و نظارت	۵/۵۸۲	۲۷/۴۶۵-۱/۱۳۴

OR:Odds Ratio, * p < .05, ** p < .001

فاکتورهای علیتی در هر سطح از HFACS را نشان می‌دهد. در میان فاکتورهای علیتی سطح تأثیرات سازمانی، فرایندهای سازمانی با ۲۶/۶ درصد (۴۱ حادثه) بیشترین فراوانی را در حوادث منتخب داشتند. طراحی نامناسب عملیات از سطح نظارت ناایمن در ۶۱ مورد از حوادث حضور داشت که دارای بیشترین فراوانی بود. وجود نقص در محیط فیزیکی در ۵۸ مورد از حوادث شناسایی شد که بیشترین فراوانی را در میان فاکتورهای علیتی در سطح پیش‌شرایط برای اعمال ناایمن داشت. خطاهای مبتنی بر مهارت از سطح اعمال ناایمن در ۶۸ مورد از حوادث شناسایی شد که بیشترین فراوانی را داشت.

همان‌گونه که پیش‌تر ذکر شد، هدف این مطالعه بررسی ارتباط نواقص شناسایی‌شده در میان سطوح HFACS و تعیین این بود که حضور یک فاکتور علیتی در سطح بالاتر چگونه حضور یک فاکتور علیتی را در سطح پایین‌تر در حوادث پیش‌بینی می‌کند. جدول ۲

مقادیر OR را که از نظرآماری معنی‌دار بودند و حدود اطمینان ۹۵ درصد را برای فاکتورهای علیتی سطح بالاتر با فاکتورهای علیتی سطح پایین‌تر نشان می‌دهد. حدود اطمینان ۹۵ درصد تخمینی از محدوده مقادیر واقعی قابل قبول را نشان می‌دهد که نسبت شانس در آن نهفته است و نسبت شانس ۱ به معنای عدم ارتباط است.

نبود ارتباط میان فاکتورهای علیتی در سطح بالاتر با فاکتورهای علیتی سطوح پایین‌تر نشان‌دهنده مهم‌نبودن آن فاکتور علیتی نیست، بلکه توجه به رفع همه نواقص شناسایی‌شده در سطوح مختلف برای کاهش حوادث در محیط کار ضروری است.

سطح ۴: تأثیرات سازمانی: در این سطح، جوّ سازمانی با نظارت ناکافی ارتباط دارد (OR: ۳/۷۲۸). همچنین فرایندهای سازمانی با فاکتورهای علیتی طراحی نامناسب و انحرافات رهبری و نظارت ارتباط معناداری دارد.

سطح ۳: نظارت ناایمن: فاکتور نظارت ناکافی با فاکتورهای ارتباطات و هماهنگی و محیط فیزیکی ارتباط معناداری دارد. همچنین فاکتور طراحی نامناسب عملیات با فاکتورهای محیط فیزیکی و حالت روانی نامناسب کارکنان ارتباط معناداری دارد.

سطح ۲: فاکتورهای محیط تکنولوژیکی و محیط فیزیکی با خطای تصمیم‌گیری ارتباط دارد و فاکتور محیط تکنولوژیکی پیش‌بینی‌کننده قوی‌تری است (OR: ۳/۵۷۵). همچنین فاکتور محیط فیزیکی پیش‌بینی‌کننده خطاهای مبتنی بر مهارت است (OR: ۴/۴۰۶).

بحث

این مطالعه با هدف تجزیه‌وتحلیل حوادث با استفاده از HFACS و بررسی ارتباط میان فاکتورهای علیتی بین سطوح مختلف این چارچوب در یکی از بزرگ‌ترین معادن استخراج سنگ آهن انجام شد. نتایج نشان داد برخی از نواقص مانند خطاهای مبتنی بر مهارت، فاکتورهای محیطی، طراحی نامناسب عملیات و فرایندهای سازمانی در سطوح مختلف HFACS با فراوانی زیادی حضور دارند. نتایج این مطالعه با مطالعات قبلی انجام‌شده در صنایع معدن [۱۶،۱۷]، هوایی [۱۸] و حمل‌ونقل ریلی [۸] که خطاهای مبتنی بر مهارت را جزء اعمال ناایمن با فراوانی زیاد گزارش کرده بودند، همسو است. نرخ بالای نقایص مربوط به فاکتورهای محیطی در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است [۱۶،۱۷]. به دلیل ماهیت خشن صنعت معدن و همچنین تغییرات مداومی که در آن رخ می‌دهد، می‌توان انتظار داشت محیط فیزیکی و تکنولوژیکی سهم قابل‌توجهی در بروز حوادث در این صنعت داشته باشند. نرخ بالای نقایص شناسایی‌شده در طراحی نامناسب عملیات در مطالعه Lenné و همکاران [۱۷] گزارش شده است. همچنین فرایندهای سازمانی به‌عنوان عاملی با بیشترین احتمال پیشین در میان عوامل سطح تأثیرات سازمانی شناخته شده است. این نتایج با مطالعه Lenné و همکاران [۱۷] سازگاری دارد.

مدافعان تئوری سیستم‌ها مانند Reason [۳] و Wiegmann و Shappell [۴] اعتقاد دارند حذف نواقص پنهان در سیستم‌های فنی-اجتماعی رویکرد مناسبی برای کاهش خطاها در سطح اپراتور است. با تمرکز بر کل سیستم مشاهده می‌شود که میان فاکتورهای محیطی (تکنولوژیکی و فیزیکی) و خطاهای از نوع مبتنی بر مهارت و تصمیم‌گیری ارتباط وجود دارد. عوامل محیطی مانند عدم آسایش حرارتی، آلودگی صوتی و وجود گردوغبار در محیط کار موجب نقصان در حافظه و توجه، ایجاد خستگی در افراد و بروز خطاهای مبتنی بر مهارت می‌شود [۱۹]. در مطالعه Lenné و همکاران [۱۷] فاکتورهای محیطی (تکنولوژیکی) با خطاهای تصمیم‌گیری ارتباط داشت که با نتایج مطالعه حاضر همسو است. نتایج این مطالعه نشان داد نقص در رهبری و نظارت ناکافی و طراحی نامناسب عملیات از سطح ۳ با محیط فیزیکی از سطح ۲ ارتباط دارد. نتایج مشابه در مطالعات Lenné و همکاران [۱۷] مشاهده شد. همچنین در این مطالعه مشخص شد جوّ سازمانی با نظارت ناکافی ارتباط دارد که در مطالعات دیگر مانند ElBardissi و همکاران [۲۰]، Li و Harris [۲] نیز این ارتباط دیده شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد خطاهای مبتنی بر مهارت، مشکلات نظارتی و فرایندهای سازمانی جزء نواقص با فراوانی زیاد در ایجاد حوادث در صنعت معدن هستند. تحلیل ارتباط میان فاکتورهای علیتی در سطوح مختلف در اتخاذ استراتژی‌های مناسب برای رفع نواقص موجود در کل سیستم بسیار مهم است و موجب کاهش حوادث می‌شود.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر با شماره طرح ۹۶۰۲۲۶۱۱۹۱ در دانشگاه علوم پزشکی همدان تصویب شده است.

تضاد منافع

نویسندگان در این مطالعه تضاد منافع نداشته اند.

ملاحظات اخلاقی

در این پژوهش، کلیه ملاحظات اخلاقی مورد تایید دانشگاه علوم پزشکی همدان رعایت و اطلاعات گردآوری شده از صنعت به صورت محرمانه حفظ شده است.

کد اخلاق : IR.UMSHA.REC.1395.45

سهم نویسندگان

تمام نویسندگان در مطالعه اولیه، تعیین موضوع، اجرای فرایندها، تحلیل دادهها، نگارش مقاله و گزارش نهایی مشارکت داشته اند.

حمایت مالی

تمام حمایتهای مالی این طرح به عهده دانشگاه علوم پزشکی همدان بوده است.

REFERENCES

1. Feyer AM, Williamson AM, Stout N, Driscoll T, Usher H, Langley JD. Comparison of work-related fata injuries in the United States, Australia, and New Zealand: Method and overall findings. *Inj Prev*. 2001;**7**(1):22–8. PMID: 11289530 DOI: 10.1136/ip.7.1.22
2. Li WC, Harris D. Pilot error and its relationship with higher organizational levels: HFACS analysis of 523 accidents. *Aviat Sp Environ Med*. 2006;**77**(10):1056-61. PMID: 17042251
3. Reason J. Human error. Cambridge: Cambridge University Press; 1990. P. 1056-7.
4. Wiegmann DA, Shappell SA. A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system. London: Routledge; 2012. P. 1-165.
5. Chen ST, Wall A, Davies P, Yang Z, Wang J, Chou YH. A human and organisational factors (HOFs) analysis method for marine casualties using HFACS-Maritime Accidents (HFACS-MA). *Saf Sci*. 2013;**60**:105-14. DOI: 10.1016/j.ssci.2013.06.009
6. Wang YF, Xie M, Chin KS, Fu XJ. Accident analysis model based on bayesian network and evidential reasoning approach. *J Loss Prev Process Ind*. 2013;**26**(1):10–21. DOI: 10.1016/j.jlp.2012.08.001
7. Mitchell RJ, Williamson A, Molesworth B. Application of a human factors classification framework for patient safety to identify precursor and contributing factors to adverse clinical incidents in hospital. *Appl Ergon*. 2016;**52**:185-95. PMID: 26360210 DOI: 10.1016/j.apergo.2015.07.018
8. Diller T, Helmrich G, Dunning S, Cox S, Buchanan A, Shappell S. The human factors analysis classification system (HFACS) applied to health care. *Am J Med Qual*. 2014;**29**(3):181-90. PMID: 23814026 DOI: 10.1177/1062860613491623
9. Zhan Q, Zheng W, Zhao B. A hybrid human and organizational analysis method for railway accidents based on HFACS-Railway Accidents (HFACS-RAs). *Saf Sci*. 2017;**91**:232-50. DOI: 10.1016/j.ssci.2016.08.017
10. Reinach S, Viale A. Application of a human error framework to conduct train accident/incident investigations. *Accid Anal Prev*. 2006;**38**(2):396-406. PMID: 16310153 DOI: 10.1016/j.aap.2005.10.013
11. Paul PS, Maiti J. The synergic role of sociotechnical and personal characteristics on work injuries in mines. *Ergonomics*. 2008;**51**(5):737-67. PMID: 18432449 DOI: 10.1080/00140130701747483
12. Alper SJ, Karsh BT. A systematic review of safety violations in industry. *Accid Anal Prev*. 2009;**41**(4):739-54. PMID: 19540963 DOI: 10.1016/j.aap.2009.03.013
13. Wilson PF, Dell LD, Anderson GF. Root cause analysis : a tool for total quality management. Mexico: ASQC Quality Press; 1993. P. 216.
14. 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*. 2018;**26**(4):670-77. PMID: 29560801 DOI: 10.1080/10803548.2018.1455411
15. Mirzaei Aliabadi M, Aghaei H, Kalatpour O, Soltanian AR, SeyedTabib M. Effects of human and organizational deficiencies on workers' safety behavior at a mining site in Iran. *Epidemiol Health*. 2018;**40**:e2018019. PMID: 29807409 DOI: 10.4178/epih.e2018019
16. 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
17. 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
18. 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. DOI: 10.1080/10803548.2018.1455411
19. Patterson JM. Human error in mining : a multivariable analysis of mining accidents / incidents in queensland, Australia and the united states of America using the human factors analysis and classification system framework. Clemson, South Carolina: Clemson University; 2009.
20. ElBardissi AW, Wiegmann DA, Dearani JA, Daly RC, Sundt TM. Application of the human factors analysis and classification system methodology to the cardiovascular surgery operating room. *Ann Thorac Surg*. 2007;**83**(4):1412-8. PMID: 17383348 DOI: 10.1016/j.athoracsur.2006.11.002