علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره دو، اردیبهشت ماه ۱۴۰۰

تجزیه و تحلیل سوابق حوادث ناشی از کار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ ایران با رویکرد ایمنی

فاطمه نوروز[۱]

هانیه نیکومرام[۲*]

hani.nikoo@gmail.com

فرهاد غفاری[۳]

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۳۰ **تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۶**

چکیده

زمینه و هدف: کار در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ به دلیل شرایط کاری خاص، وجود ریسک فاکتورهای فراوان و رخداد حوادث متعدد، درزمره یکی از پرمخاطره‌ترین مشاغل قرار دارد. این مطالعه با هدف بررسی و اولویت‌بندی علل حوادث در معادن زیرزمینی زغال سنگ ایران انجام گرفته است.

روش بررسی: پژوهش حاضر توصیفی- تحلیلی است که با بررسی ۲۴۷ گزارش حادثه در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ در سه استان کشور طی یک دوره ۱۱ ساله (۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴)، به منظور بررسی و رتبه‌بندی علل حوادث انجام یافت. در این مطالعه طبقه‌بندی حوادث عمدتا براساس راهنمای اداره ایمنی و بهداشت معادن آمریکا صورت گرفت، همچنین تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS انجام پذیرفت.

یافته ها: ۷۶ و ۲۴ ٪ از حوادث مورد بررسی به ترتیب در بخش استخراج و آماده‌سازی کارگاه استخراج اتفاق افتاده بودند، به‌طوری‌که بیشترین درصد فراوانی رخداد حوادث مربوط به ریزش سقف و کمر بالای کار بوده است. ریزش سقف به هنگام استخراج، نصب استحکامات و تعمیرات به عنوان مهم‌ترین علل اصلی و عدم انجام مطالعات شناسایی خطر به عنوان مهم‌ترین علل ریشه‌ای وقوع حوادث گزارش شدند.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت محیط‌زیست (HSE)، دانشکده منابع‌طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲- استادیار، دانشکده منابع‌طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

بحث و نتیجه گیری: عدم پایداری سقف کارگاه به عنوان مهم‌ترین علت واسطه‌ای وقوع حوادث را می‌توان با تقویت سیستم‌های نگه‌داری و اصلاح تکنولوژی موجود به‌طور موثر بهبود بخشید. همچنین نهادینه کردن فرآیند شناسایی خطرات و به‌کارگیری اقدامات کنترلی موثر و مناسب به منظور جلوگیری از وقوع حوادث و کاهش پیامدهای آن در راس برنامه‌های مدیریت معادن ضروری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: معدن زیرزمینی، زغال‌سنگ، تجزیه و تحلیل حادثه، علت حادثه.

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 2, May, 2021

Analysis of the Records of Work-Related Accidents in the Iranian Underground Coal Mines Form the Safety Point of View

Fatemeh Norooz[1]
Hanieh Nikoomaram[2*]
hani.nikoo@gmail.com
Farhad Ghaffari[3]

Admission Date:June 27, 2018 Date Received: May 20, 2018

Abstract

Background and Objective: Working in underground coal mines is considered as one of the most dangerous jobs due to the special work conditions, existence of too many risk factors and also the occurrence of various accidents. The aim of this study was to investigate and prioritize the causes of the accidents happened in underground coal mines in Iran.

Method: In this descriptive-analytical study, 247 accidents occurred in the underground coal mines of three Iranian provinces during an 11-year period (2004-2015) were assessed to analyze and prioritize the causes of the accidents. The accidents were classified based on the US Mine Safety and Health Administration (MSHA) handbook and the data were analyzed using SPSS software tool.

Findings: 76% and 24% of the accidents were occurred in the exploration phase and in the preparation of exploration workshop, respectively, where the highest percentage frequency of the accidents was related to the roof fall. According to results, roof fall in the exploration phase, the installation of fortification and maintenance activities were reported as the most important immediate causes of the accidents. Lack of hazard identification studies was also reported as the most important root cause of the accidents occurrence.

Discussion and Conclusion: Instability of the workshop roof, as the most important intermediate cause, could effectively be improved by strengthening the roof support system and modifying the existing technology in mines. It is also necessary to highlight the hazard identification process and the implementation of control measures in mine management plan to prevent the occurrence of the accidents and to reduce their consequences.

Keywords: Underground Mine, Coal, Accident Analysis, Accident Cause.

1- MSc., Environmental Management (HSE), Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *(Corresponding Author)
3- Associate Professor, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

مقدمه

معدنکاری به ویژه در معادن زغال‌سنگ به دلیل ماهیت و شرایط کاری خاص همواره جزء مشاغل خطرناک بوده است، به‌طوری‌که مخاطرات شغلی در این معادن می‌تواند زندگی کارگران را تهدید نماید (۱). خطرات معدنکاری زغال‌سنگ را می‌توان به خطرات ذاتی مانند سقوط سقف، انفجار و نقص تجهیزات نسبت داد (۲). در این معادن که به‌طور عمده استخراج با استفاده از تجهیزات ابتدایی و به روش سنتی انجام می‌گیرد، سطح ایمنی و همچنین بهره‌وری از معادن مکانیزه کمتر می‌باشد. به دلیل خطرات منحصر به فرد موجود در چنین معادنی مانند وجود گاز متان، حفاری‌های زیرزمینی، عملیات انفجاری، استفاده از ماشین‌آلاتی نظیر ناوهای زنجیری و نوارهای نقاله، فضاهای محصور، فشار بالا، ریزش سقف و فرایندهای اکسیداسیون زغال‌سنگ همواره حوادث بزرگی در کمین است (۳). به عنوان مثال، در معادن زغال‌سنگ ترکیه طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۴ میلادی اکثریت حوادث اتفاق افتاده مربوط به ریزش سقف و انفجار گاز متان گزارش شده است (۴). تلفات ناشی از معدنکاری در ایالات متحده آمریکا از بیش از ۳۰۰۰ نفر در سال ۱۹۱۰ به ۵۵ نفر در سال ۲۰۰۴ کاهش یافته است. با این حال آمار مرگ و میر در معادن آمریکا هنوز شش برابر بیشتر از سایر بخش‌های عمومی صنعت بوده و میزان ریسک مجروح شدن نیز دو برابر سایر بخش‌های صنعتی می‌باشد (۵). بیش از ۸۰ ٪ مرگ‌های ناشی از کار، در کشور چین در معادن زغال‌سنگ رخ می‌دهد، به‌طوری‌که علت رخداد ۸۵ ٪ از این حوادث، عوامل انسانی گزارش شده است. این موضوع بیانگر وجود کاستی‌های قابل توجهی در مدیریت رفتار ایمنی در معادن زغال‌سنگ می‌باشد (۶).

براساس نتایج آمار سال ۱۳۹۲، ایران با ۵۴۴۵ معدن در حال بهره‌برداری جزو ۱۵ کشور نخست دارای ذخایر معدنی دنیاست که بیش از ۶۰ نوع کانی از معادن آن استخراج می‌شود و در صنعت معدنکاری کشور بیش از ۱۰۰ هزار نفر به طور مستقیم و حدود ۲ میلیون نفر به صورت غیرمستقیم مشغول به‌کار هستند. با این حال، تنها ۷۳۹ معدن (۱۳/۶ ٪) در کشور دارای واحد ایمنی و بهداشت می‌باشند. این در حالی است که در ۴۴۳ معدن در حال بهره‌برداری در سال ۱۳۹۲، ۱۶۸۱ مورد حادثه اتفاق افتاد و ۱۷۷۱ نفر دچار آسیب شدند (۷).

با توجه به موارد بالا، انجام مطالعات گسترده در حوزه ایمنی معادن امری ضروری است. در این راستا، مطالعات متعددی در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ از جمله تجزیه و تحلیل حوادث معادن زغال‌سنگ با استفاده از معادلات ساختاری (۸)، بررسی حوادث انفجار گاز در معادن زغال‌سنگ و عوامل موثر در بروز این حوادث (۹ و ۱۰)، بررسی روند حوادث در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ و نقش عوامل انسانی و نقاط ضعف سیستم در رخداد آنها (۱۱-۱۴)، تجزیه و تحلیل حوادث منجر به فوت و بررسی نقش تجهیزات و ماشین‌آلات معدنکاری (۱۵) در کشورهای مختلف انجام شده است. ثبت و تجزیه و تحلیل آمار حوادث ناشی از کار با هدف بررسی و رتبه‌بندی مهم‌ترین علل (اصلی، واسطه‌ای و ریشه‌ای) ایجاد چنین حوادثی در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ اولین و مهم‌ترین گام در ارزیابی و مدیریت ریسک‌های ایمنی این گروه از معادن می‌باشد (۱۶ و ۱۷). با توجه به اهمیت پیشگیری از وقوع مجدد حوادث معدنی، ضرورت تحلیل علل مختلف وقوع حوادث و برنامه‌ریزی جهت بهبود وضعیت ایمنی در صنایع معدنی به ویژه در معادن زغال‌سنگ، این پژوهش با هدف بررسی و اولویت‌بندی علل حوادث در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ ایران انجام پذیرفته است.

روش بررسی

در این مطالعه توصیفی- تحلیلی، ۲۴۷ گزارش حادثه در معادن زیرزمینی زغال سنگ در سه استان خراسان جنوبی، سمنان و کرمان طی یک دوره ۱۱ ساله (۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴) که توسط تیم‌های کارشناسی در ادارات کل بازرسی کار استان مربوط تجزیه و تحلیل و ثبت شده بود، به منظور بررسی و اولویت-بندی علل حوادث در سال ۱۳۹۵ جمع‌آوری شد و مورد مطالعه قرار گرفت. شایان ذکر است در پژوهش حاضر تمام گزارش‌های حوادث اتفاق افتاده به صورت سرشماری در معادن زغال‌سنگ سه استان طی این دوره ۱۱ ساله مورد بررسی قرار گرفت.

استان‌های یاد شده نیز به دلیل دارا بودن بیشترین تعداد معادن زغال‌سنگ در مقایسه با سایر استان‌ها و همچنین کثرت وقوع حوادث در آنها (براساس گزارش مرکز آمار و اطلاعات راهبردی وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی (۷)) انتخاب شدند.

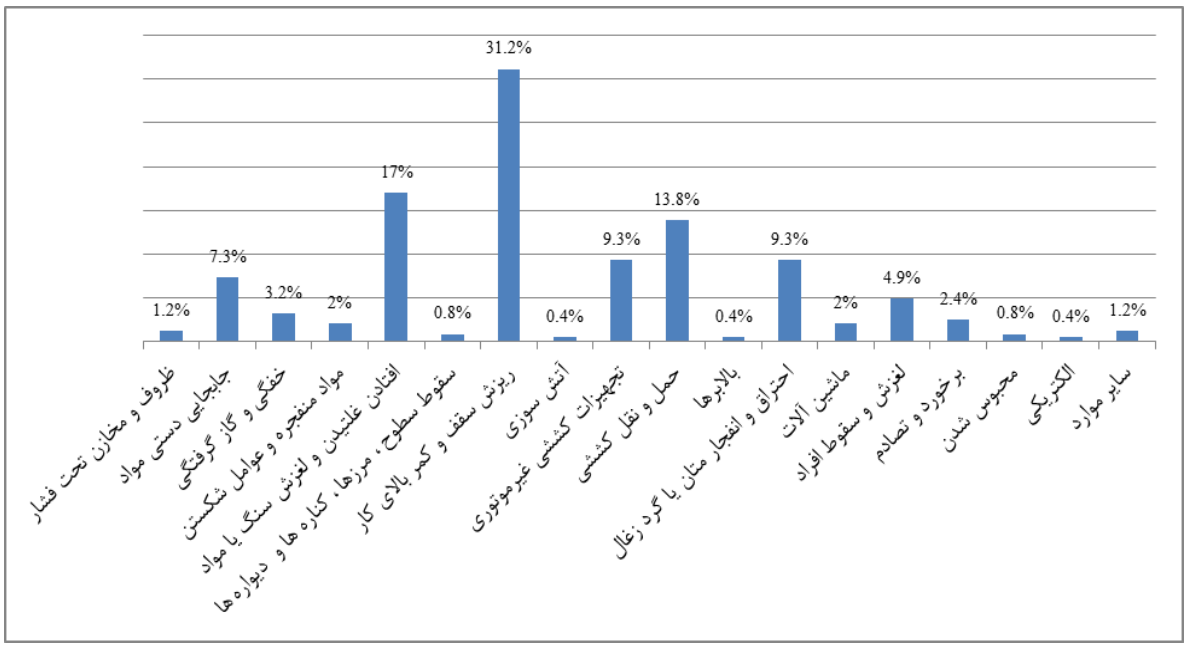
به منظور جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، پس از مطالعه چند نمونه از گزارش‌های تحلیل حوادث، چک‌لیست کدگذاری شده‌ای در نرم‌افزار EXCEL طراحی و با حضور در مراکز استان و مطالعه مستندات تکمیل گردید. داده‌های چک‌لیست شامل داده‌های کلی (از قبیل نوع فعالیت معدنی و شغل حادثه‌دیده) از سامانه ثبت گزارش بازرسی کار، داده‌های تخصصی (از قبیل پیامد حادثه و شدت آسیب‌ها) براساس گزارش‌های پزشکی قانونی و داده‌های مربوط به علل وقوع و طبقه‌بندی حادثه با استفاده از تحلیل کارشناسی گزارش‌های حوادث استخراج گردید. شایان ذکر است در گزارش‌های ثبت شده، حوادث به صورت فنی و علمی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته، علل اصلی، واسطه‌ای (اعمال و شرایط ناایمن) و علل ریشه‌ای موثر در بروز حوادث مشخص گردیده بود. همچنین در این مطالعه تنها حوادثی مورد بررسی قرار گرفت که به دلیل شکایت کارگر یا به دستور مرجع قضایی ثبت و مورد تحلیل قرار گرفته بود.

. با توجه به نتایج استخراج شده از گزارش حوادث، طبقه‌بندی حوادث از نظر نوع براساس راهنمای اداره ایمنی و بهداشت معادن آمریکا (MSHA)[1] (۱۸)، طبقه‌بندی حوادث با توجه به عضو آسیب‌دیده براساس سیستم طبقه‌بندی مطرح شده در راهنمای اداره آمار کار آمریکا (OIICS)[2] (۱۹) و در نهایت پیامد حوادث با توجه به طبقه‌بندی HSE-UK[3](۲۰)، انجام یافت. در پایان، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون رتبه‌بندی کروسکال والیس انجام پذیرفت.

یافته‌ها

براساس نتایج به‌دست آمده، ۷۶ و ۲۴ ٪ از حوادث در بخش استخراج و آماده‌سازی قبل از استخراج رخ داده‌اند، به‌طوری‌که ۴۱، ۲۹، ۲۳، ۲، ۱/۶، ۱/۶ و ۱/۲ ٪ از این حوادث به ترتیب مربوط به فعالیت‌های معدنی از جمله استخراج، حمل و نقل، نصب و تعمیر و نگه‌داری سقف کارگاه، حفاری، تعمیر تجهیزات، آتشباری و نصب و راه‌اندازی تجهیزات می‌باشند. همچنین ۵۰، ۳۶ و ۱۳ ٪ از این حوادث به ترتیب در نوبت کاری اول (صبح)، نوبت کاری دوم (بعد از ظهر) و نوبت کاری سوم (شب) رخ داده‌اند. طبقه‌بندی حوادث مورد بررسی براساس راهنمای MSHA در نمودار ۱ آورده شده است، به‌طوری‌که ریزش سقف و کمر بالای کار، افتادن/غلتیدن و لغزش سنگ یا مواد و حمل و نقل کششی به ترتیب با ۳۱، ۱۷ و ۱۴٪ دارای بیشترین درصد فراوانی حوادث بودند.

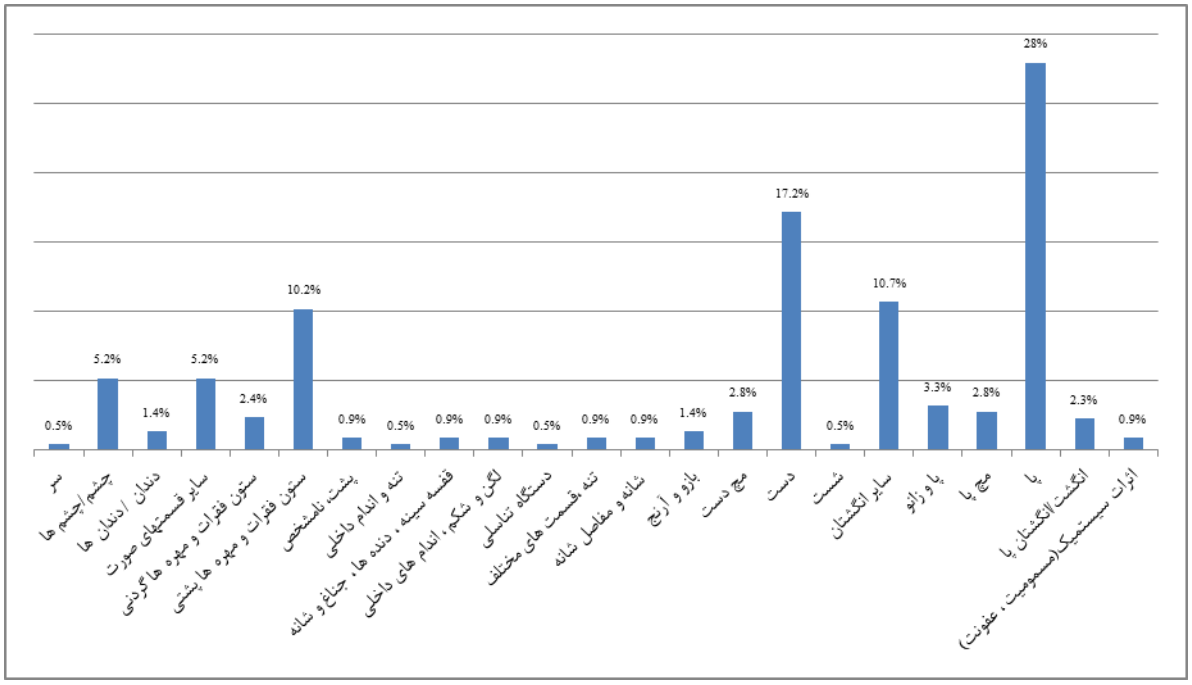
1- Mine Safety and Health Administration
2- Occupational Injury and Illness Classification System
3- Health and Safety Executive - United Kingdom



نمودار ۱- نتایج طبقه‌بندی حوادث بررسی شده براساس راهنمای MSHA

Diagram 1. Results of Accidents Classification as per MSHA Guideline

طبقه‌بندی حوادث مورد بررسی با توجه به عضو آسیب‌دیده براساس طبقه‌بندی OIICS در نمودار ۲ آمده است، به‌طوری‌که پا، دست و انگشتان دست به ترتیب دارای بیشترین تعداد حادثه بودند.



نمودار ۲- نتایج طبقه‌بندی حوادث مورد بررسی براساس عضو حادثه دیده

Diagram 2. Results of Accidents Classification based on the Body Part Affected

پیامد حوادث مورد بررسی با توجه به طبقه‌بندی HSE-UK، نشان داد که ۵/۵، ۵۶، ۲۵ و ۱۳/۵ ٪ از حوادث به ترتیب دارای آسیب جزئی، آسیب عمده، آسیب جدی و مرگ بودند. همچنین با توجه به گزارش حوادث مورد بررسی سهم اعمال

ناایمن، شرایط ناایمن و اعمال و شرایط ناایمن به‌صورت توام در رخداد این حوادث به ترتیب برابر با ۲۵، ۲۵/۵ و ۵۰ ٪ گزارش شد.

میانگین رتبه ۸ گروه علل اصلی وقوع حوادث با استفاده از آزمون کروسکال والیس در جدول ۱ نشان داده شده است. براساس نتایج، ریزش سقف به هنگام استخراج، نصب استحکامات و تعمیرات و سقوط و پرتاب مواد یا بار به ترتیب به عنوان مهم‌ترین علل اصلی در بروز حوادث مورد بررسی گزارش شدند.

جدول ۱- نتایج رتبه‌بندی علل اصلی وقوع حوادث

Table 1. Ranking Results of the Accidents' Immediate Causes

ردیف	علل اصلی وقوع حادثه	تعداد	میانگین رتبه
۱	ریزش سقف به هنگام استخراج ، نصب استحکامات و تعمیرات	۱۱۷	۱۸۹
۲	سقوط یا پرتاب مواد یا بار	۵۵	۱۰۳
۳	خروج یا حرکت ناگهانی واگن از ریل و برخورد به کارگر	۳۲	۵۹/۵۰
۴	سقوط و لغزش کارگر	۱۴	۳۶/۵۰
۵	گیر کردن دست بین تجهیزات	۱۱	۲۴
۶	خفگی یا گازگرفتگی	۱۰	۱۳/۵۰
۷	انفجار گاز متان در کارگاه استخراج	۵	۶
۸	انفجار مواد منفجره	۳	۲
جمع		۲۴۷	-

میانگین رتبه ۸ گروه علل واسطه‌ای (شرایط ناایمن) وقوع حوادث با استفاده از آزمون کروسکال والیس در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس نتایج، سیستم نگه‌داری ضعیف (عدم تحکیم جبهه کار)، ایمن نبودن محل تردد و استخراج و نقص فنی تجهیزات به ترتیب به عنوان مهم‌ترین علت‌های واسطه‌ای (شرایط ناایمن) گزارش شدند.

جدول ۲- نتایج رتبه‌بندی علل واسطه‌ای (شرایط ناایمن) وقوع حوادث

Table 2. Ranking Results of the Accidents' Intermediate Causes (Unsafe Conditions)

ردیف	علل واسطه‌ای (شرایط ناایمن)	تعداد	میانگین رتبه
۱	سیستم نگه‌داری ضعیف (عدم تحکیم جبهه کار)	۷۱	۱۵۰
۲	ایمن نبودن محل تردد و استخراج	۳۳	۹۸
۳	نقص فنی تجهیزات	۲۸	۶۷/۵۰
۴	کمبود نیروی انسانی و تجهیزات	۲۳	۴۲
۵	شکستگی سقف کارگاه به دلیل وجود گسل یا فشار آب لایه‌ها	۱۶	۲۲/۵۰
۶	تهویه نامناسب و تجمع گاز متان	۷	۱۱
۷	نقص در سیستم اتصال به زمین (ارتینگ)	۶	۴/۵۰
۸	وجود چال‌های منفجر نشده	۱	۱
جمع		۱۸۵	-

میانگین رتبه ۷ گروه علل واسطه‌ای (اعمال ناایمن) وقوع حوادث با استفاده از آزمون کروسکال والیس در جدول ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج، انجام کار به روش ناایمن معمول در کارگاه، عدم رعایت مفاد قانونی و نکات ایمنی به عنوان مهم‌ترین علل واسطه‌ای (اعمال ناایمن) گزارش شدند.

جدول ۳- نتایج رتبه‌بندی علل واسطه‌ای (اعمال ناایمن) وقوع حوادث

Table 3. Ranking Results of the Accidents' Intermediate Causes (Unsafe Acts)

ردیف	علل واسطه ای (اعمال ناایمن)	تعداد	میانگین رتبه
۱	انجام کار با روش نا ایمن معمول در کارگاه	۸۵	۱۴۴
۲	عدم رعایت مفاد قانونی و نکات ایمنی و دستورالعمل ها	۵۲	۷۵/۵۰
۳	عدم لق گیری کامل قبل از نصب استحکامات و شروع استخراج	۱۷	۴۱
۴	عدم نصب به موقع استحکامات	۱۳	۲۶
۵	عدم بررسی چال های منفجر نشده پس از آتشباری	۹	۱۵
۶	عدم استفاده از تجهیزات ایمنی و وسایل حفاظت فردی	۶	۷/۵۰
۷	عدم گاز سنجی مستمر بر اساس شرایط گازخیزی معدن	۴	۲/۵۰
جمع		۱۸۶	-

میانگین رتبه ۱۰ گروه علل ریشه‌ای وقوع حوادث با استفاده از آزمون کروسکال والیس در جدول ۴ نشان داده شده است. براساس نتایج، عدم انجام مطالعات شناسایی خطر، نظارت ناایمن و عدم بازرسی مستمر به عنوان مهمترین علل ریشه‌ای حوادث گزارش شدند.

جدول ۴- نتایج رتبه‌بندی علل ریشه‌ای وقوع حوادث

Table 4. Ranking Results of the Accidents' Root Causes

ردیف	علل ریشه‌ای وقوع حادثه	تعداد	میانگین رتبه
۱	عدم انجام مطالعات شناسایی خطر	۱۰۸	۶۴۶/۵۰
۲	نظارت ناایمن	۱۰۳	۵۴۱
۳	عدم بازرسی مستمر	۹۲	۴۴۳/۵۰
۴	دستورالعمل‌ها و رویه‌های کاری ناکافی	۸۸	۳۵۳/۵۰
۵	اجرای نامناسب محیط کار	۸۷	۲۶۶
۶	عدم برگزاری دوره‌های آموزشی تخصصی و ایمنی	۷۹	۱۸۳
۷	برنامه‌ریزی نامناسب در سطح مدیریت	۵۶	۱۱۵/۵۰
۸	تصمیم‌گیری اشتباه در سطح مدیریت	۵۳	۶۱
۹	تعمیر و نگه‌داری ضعیف	۲۶	۲۱/۵۰
۱۰	عدم تطابق نیروی کار و سخت افزار	۸	۴/۵۰
جمع		۷۰۰	-

میانگین رتبه فروانی وقوع حوادث در بین ۱۲ گروه شغلی مختلف با استفاده از آزمون کروسکال والیس در جدول ۵ نشان داده شده است. براساس نتایج، کارگران استخراج، کارگران پیشروی و خدمات فنی به عنوان مشاغل با بیشترین حادثه گزارش شدند.

جدول ۵- نتایج رتبه‌بندی فراوانی رخداد حوادث در بین مشاغل معادن

Table 5. Ranking Results of the Frequency of Accidents Occurred in Different Mining Jobs

ردیف	شغل	تعداد	میانگین رتبه
۱	کارگر استخراج	۱۶۵	۲۰۹
۲	کارگر پیشروی	۴۷	۱۰۳
۳	کارگر خدمات فنی	۱۸	۷۰/۵۰
۴	اپراتور لوکوموتیو	۱۶	۵۳/۵۰
۵	استادکار	۱۲	۳۹/۵۰
۶	کارگر تعمیرات	۱۰	۲۸/۵۰
۷	ریل‌کش (ریل‌بند)	۸	۱۹/۵۰
۸	کارگر تخریب (تخریب‌چی)	۵	۱۳
۹	کارگر رفاه و خدمات	۴	۸/۵۰
۱۰	آتشبار	۳	۵
۱۱	کارگر ایمنی	۲	۲/۵۰
۱۲	سرپرست معدن	۱	۱
جمع		۲۹۱	-

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، ۷۶ ٪ از حوادث مورد بررسی در بخش استخراج و ۲۴ ٪ در بخش آماده‌سازی کارگاه استخراج اتفاق افتاده بودند، به‌طوری‌که طبقه‌بندی حوادث مورد بررسی براساس راهنمای MSHA نشان داد که بیشترین درصد فراوانی رخداد حوادث مربوط به ریزش سقف و کمر بالای کار، افتادن/غلتیدن و لغزش سنگ یا مواد و حمل و نقل کششی می‌باشد. شیبانی و همکاران در مطالعه خود، ریزش سقف و دیواره‌ها را به عنوان جدی‌ترین علت حوادث در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ گزارش کردند و عوامل زمین‌شناسی، عوامل طراحی و عوامل مدیریتی را به عنوان علل این ریزش اعلام کردند (۲۱). همچنین براساس نتایج مطالعه‌ای که توسط قاسمی و همکاران در زمینه ارزیابی ریسک خطرات در معادن شمال شرق شاهرود انجام یافت، مشخص گردید که ریزش سقف و دیوارها به عنوان خطری با بالاترین سطح ریسک شناسایی و گزارش شد (۲۲)، همان‌گونه که مشاهده می‌شود، این نتایج با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی دارند. بنابراین برای پیشگیری از بروز حوادث مرتبط با ریزش سقف و دیوارها در نظر گرفتن عوامل زمین‌شناسی، طراحی کارگاه استخراج و عوامل مدیریتی مانند نصب صحیح استحکامات سقف کارگاه استخراج و بالابردن سطح مهارت کارکنان ضروری به نظر می‌رسد.

براساس طبقه‌بندی OIICS در بین حوادث مورد بررسی، پا، دست و انگشتان دست به ترتیب دارای بیشترین تعداد حادثه بودند (به علت ریزش سقف کارگاه). همچنین پیامد ۵/۵، ۵۶،

۲۵ و ۱۳/۵ ٪ از حوادث مورد بررسی به ترتیب برابر با آسیب جزئی، آسیب عمده، آسیب جدی و مرگ مطابق با طبقه‌بندی HSE-UK گزارش شد، به‌طوری‌که سهم اعمال ناایمن، شرایط ناایمن و اعمال و شرایط ناایمن به صورت توام در رخداد این حوادث به ترتیب برابر با ۲۵، ۲۵/۵ و ۵۰ ٪ گزارش شد. در این مطالعه مشخص شد که بیشترین حوادث در نوبت کاری اول (صبح) اتفاق افتاده است. نتایج مطالعه Stojadinović و همکاران در معادن زغال‌سنگ کشور صربستان در یک بازه زمانی ۱۰ ساله طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ میلادی نشان داد که بیشترین آسیب‌ها مربوط به اندام فوقانی (دست و انگشتان دست) و اندام تحتانی (پا، مچ پا و زانو) می‌باشد. همچنین در مطالعه یاد شده سهم اعمال ناایمن و شرایط ناایمن در بروز حوادث یکسان و بیشترین حوادث نیز مربوط به نوبت کاری صبح بوده است، به‌طوری‌که این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. همچنین از مهم‌ترین دلایل رخداد بیشتر حوادث در نوبت کاری صبح، می‌توان به حجم کار بالای فعالیت‌ها و کارهای معدنی در این نوبت کاری اشاره کرد. در مطالعه Stojadinović و همکاران شدت آسیب جزئی، ۹۱/۴ ٪ گزارش شده است (۳)، در حالی‌که در پژوهش حاضر تنها ۵/۵ ٪ از حوادث دارای شدت آسیب جزئی بودند؛ شاید بتوان چنین استنباط نمود که مجهز بودن به تجهیزات حفاظت فردی مناسب و امدادرسانی به موقع بعد از رخداد حوادث علت تفاوت در نتایج شدت آسیب‌ها در این دو مطالعه می‌باشد.

در مطالعه حاضر، ریزش سقف به هنگام استخراج و نصب استحکامات به ترتیب به عنوان مهم‌ترین علل اصلی وقوع حوادث مورد بررسی گزارش شد؛ به‌طوری‌که بیشترین فروانی وقوع حوادث در بین ۱۲ گروه شغلی مختلف، مربوط به کارگران استخراج، کارگران پیشروی و کارگران خدمات فنی بود. به عبارت دیگر، ریزش سقف بالاترین رتبه رخداد حادثه را دارد و کارگران استخراج بالاترین رتبه را در بین مشاغل داشته‌اند. آزاد و آزاد در مطالعه خود، مهمترین عامل ایجاد حوادث معدن زغال‌سنگ را برخورد سنگ و ریزش سقف به دلیل فقدان نگه‌داری مناسب گزارش کردند (۲۳). Jiang و همکاران در مطالعه خود مهم‌ترین منابع خطر ریزش سقف کارگاه‌های استخراج را نبود سیستم نگه‌داری در مناطق وسیع کارگاه‌ها و کیفیت پایین سیستم‌های نگه‌داری از نظر مهندسی گزارش کردند (۲۴). این در حالی است که Chen و همکاران در یک مطالعه ۱۰ ساله در کشور چین مهم‌ترین علت حوادث در معادن زغال‌سنگ را به ترتیب انفجار گاز و گرد زغال، حوادث طغیان آب و ریزش از سقف کارگاه استخراج (با ۱۵/۶۳ ٪) گزارش کردند (۱۱). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که همواره ریزش سقف در کارگاه‌های استخراج به عنوان یکی از مهم‌ترین علل وقوع حوادث بوده است.

براساس نتایج پژوهش حاضر سیستم نگه‌داری ضعیف (عدم تحکیم جبهه کار)، ایمن نبودن محل تردد و استخراج و نقص فنی تجهیزات به ترتیب به عنوان مهم‌ترین علت‌های واسطه‌ای (شرایط ناایمن) وقوع حوادث مورد بررسی گزارش شدند. انجام کار به روش ناایمن در کارگاه، عدم رعایت مفاد قانونی و نکات ایمنی دستورالعمل‌ها و عدم لق‌گیری کامل قبل از نصب استحکامات و شروع استخراج به عنوان مهم‌ترین علل واسطه‌ای (اعمال ناایمن) وقوع حوادث مورد بررسی گزارش شدند. همچنین عدم انجام مطالعات شناسایی خطر، نظارت ناایمن و عدم بازرسی مستمر به عنوان مهمترین علل ریشه‌ای وقوع حوادث شناسایی شدند. در حالی‌که Wang و همکاران با بررسی حوادث معادن زغال‌سنگ چین در یک بازه زمانی ۵ ساله، علت اصلی و مهمترین علت واسطه‌ای بروز حوادث را به ترتیب انفجار گاز و فقدان تهویه مناسب گزارش کردند، همچنین در این مطالعه ضعف سیستم مدیریت ایمنی به عنوان مهم‌ترین علت ریشه‌ای بروز حوادث انفجار گاز بیان شده است (۱۰). Chen و همکاران در مطالعه خود مهم‌ترین علت واسطه‌ای بروز حوادث معدن زغال سنگ را عوامل انسانی (۹۴ ٪) گزارش کردند، به‌طوری‌که نقض عمدی مقررات، سوء مدیریت و نقص طراحی را به ترتیب با ۳۵، ۵۵ و ۳/۵ ٪ به عنوان مهمترین عوامل انسانی رخداد این حوادث بیان کردند. همچنین علت ریشه‌ای و کلیدی حوادث معدن زغال‌سنگ چین در این مطالعه شیوه عملیاتی و مدیریت نامناسب با روش‌های ناایمن گزارش شده است (۱۱). Zhang و همکاران در بررسی ۳۲۰ حادثه معدن زغال‌سنگ در چین نشان دادند که آموزش،

قوانین و مقررات و نظارت و بازرسی نقش کلیدی در پیشگیری از حوادث دارد (۸).

در این مطالعه، مهم‌ترین علت واسطه‌ای ریزش سقف کارگاه، عدم پایداری سقف کارگاه در نتیجه طراحی نامناسب سیستم نگه‌داری گزارش شده است؛ به‌طوری‌که می توان با تقویت سیستم‌های نگه‌داری، افزایش استفاده از سیستم‌های نگه‌داری متحرک، بهبود عملیات و روش‌های کاری در بازیابی کارگاه‌های استخراج (۲۵)، اصلاح تکنولوژی موجود (تغییر آن از سنتی به مکانیزه) در معادن و ارتقای سطح رفتار ایمن در کارکنان معدن (۲۶ و ۲۷)، آمار ریزش را به‌طور موثر کاهش داد. اساس پیشگیری از حوادث شناسایی به موقع خطرات و اقدام موثر و مناسب می باشد، بنابراین شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک مستمر و به‌کارگیری لایه‌های حفاظتی و پیشگیرانه از جمله تدوین دستورالعمل‌های کاری براساس قوانین ایمنی در معادن برای فعالیت‌های مختلف (۲۸)، سرمایه‌گذاری در زمینه آموزش و ارتقای سطح دانش و مهارت ایمنی، بهبود تجهیزات و شرایط محیطی و عملیاتی، توسعه روش‌ها و تجهیزات امداد و نجات از عوامل موثر در پیشگیری از وقوع و کاهش اثرات حوادث در معادن زیرزمینی می‌باشد (۱۴ و ۲۹).

تشکر و قدردانی

در پایان لازم می‌دانیم از کارشناسان دپارتمان معدن مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار (وزارت کار)، بازرسان کار استان‌های خراسان جنوبی، سمنان و کرمان و همچنین جناب آقای مهندس کرامت قنبری مدیر محترم HSE شرکت زغال‌سنگ البرز شرقی به خاطر حمایت‌های بی-دریغ و همکاری صمیمانه ایشان تشکر و قدردانی نماییم.

Reference

1. Liang K, Liu J, Wang C. The coal mine accident causation model based on the hazard theory. Procedia Engineering. 2011; 26: 2199-2205.
2. Sari M, Duzgun H.S.B, Karpuz C, Selcuk AS. Accident analysis of two Turkish underground coal mines. Safety Science. 2004; 42(8): 675-690.
3. Stojadinović S, Svrkota I, Petrović D, Denić M, Pantović. R, Milić V. Mining injuries in Serbian underground coal mines a 10-year study. Injury. 2012; 43: 2001-2005.
4. Onder M, Adiguzel E. Evaluation of occupational fatalities among underground coal mine workers through hierarchical loglinear models. Industrial Health. 2010; 48(6):872-878.
5. Ebrahimi H, Mirzakhani A, Amjad H. Safety in mines. Fanavaran Publication. 2011; 20-50 (In Persian).
6. Li J, Li Y, Liu X. Development of a universal safety behavior management system for coal mine workers. Iranian Journal of Public Health. 2015; 44(6):759-771.
7. Iranian Ministry of Cooperatives, Labor, and Social Welfare, Report of the Center for Strategic Statistics and Information, 2015. (In Persian)
8. Zhang Y, Shao W, Zhang M, Li H, Yin S, Xu Y. Analysis 320 coal mine accidents using structural equation modeling with unsafe conditions of the rules and regulations as exogenous variables. Accident Analysis and Prevention. 2016; 92: 189-201.
9. Yin W, Fu G, Yang C, Jiang Z, Zhu K, Gao Y. Fatal gas explosion accidents on Chinese coal mines and the characteristics of unsafe behaviors: 2000-2014. Safety Science. 2017; 92:173-179.
10. Wang L, Cheng Y-P, Liu H-Y. An analysis of fatal gas accidents in Chinese coal mines. Safety Science. 2014; 62:107-113.
11. Chen H, Qi H, Long R, Zhang M.

Research on 10-year tendency of China coal mine accidents and the characteristics of human factors. Safety Science. 2012; 50(4):745-750.
12. Patterson J.M, Shappell S.A. Operator error and system deficiencies: analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS. Accident Analysis and Prevention. 2010; 42(4):1379-1385.
13. Asfaw A, Mark C, Pana-Cryan R. Profitability and occupational injuries in US underground coal mines. Accident Analysis and Prevention. 2013; 50:778-786.
14. Lirong W, Zhongan J, Weimin C, Xiuwei Z, Dawei L, Yujing Y. Major accident analysis and prevention of coal mines in China from the year of 1949 to 2009. Mining Science and Technology (China). 2011; 21(5):693-699.
15. Kecojevic V, Komljenovic D, Groves W.A, Radomsky M. An analysis of equipment-related fatal accidents in US mining operations: 1995-2005. Safety Science. 2007; 45(8):864-874.
16. Poplin G.S, Miller H, Sottile J, Hu C, Hill J.R, Burgess J.L. Enhancing severe injury surveillance: the association between severe injury events and fatalities in US coal mines. Journal of Safety Research. 2012; 44:31-35.
17. Saeedi G, Bahri Najafi A, Ebrahimi M. Study and statistical analysis of the main accidents in Kerman coal mines and risk assessment of accidents. 4th Iranian Mining Engineering Conference. 2012, May 22, Tehran, Iran. (In Persian)
18. US Department of Labor, Mine Safety and Health Administration. Accident/illness investigations procedures handbook. Handbook number: PH11-I-1. 2011.
19. US Department of Labor, Bureau of Labor Statistics. Occupational injury and illness classification manual. Version 2.01. 2012.
20. UK Health and Safety Executive. Investigating accidents and incidents. HSG245. 2004.
21. Heidari Sheibani R, Ataei M, Kakaei R. Presentation of the failure tree of roof falling in the coal mine excavation workshop. 3rd Iranian National Coal Conference. 2016, August 30, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. (In Persian)
22. Ghasemi A, Taji M, Qazvini MR. Evaluation and comparison of risks in the mines of Industrial and Mineral Company of north east Shahrood. 3rd Iranian National Coal Conference. 2016, August 30, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. (In Persian)
23. Azad M, Azad A. Statistical study of the Razi coal mine accidents. 2nd Iranian National Coal Conference. 2014, September 8, Shahrood University of Technology and Kerman Coal Mines, Shahrood, Iran.(In Persian)
24. Jiang W, Qu F, Zhang L. Quantitative identification and analysis on hazard sources of roof fall accident in coal mine. Procedia Engineering. 2012; 45:83-88.
25. Mark C, Gauna M. Preventing roof fall fatalities during pillar recovery: a ground control success story. International Journal of Mining Science and Technology. 2017;

27(1):107-113.
26. Liu Q, Meng X, Hassall M, Li X. Accident-causing mechanism in coal mines based on hazards and polarized management. Safety Science. 2016; 85:276-281.
27. Bazdar H, Agah A. Management and risk assessment of the coal mines accidents. 2nd Iranian National Coal Conference. 2014, September 8, Shahrood University of Technology and Kerman Coal Mines, Shahrood, Iran. (In Persian)
28. Sanmiquel L, Freijo M, Edo J, Rossell J.M. Analysis of work related accidents in the Spanish mining sector from 1982-2006. Journal of Safety Research. 2010; 41(1):1-7.
29. Wang L, Cao Q, Zhou L. Research on the influencing factors in coal mine production safety based on the combination of DEMATEL and ISM. Safety Science. 2018; 103:51-61.