Archive of SID

نشریه علمی-پژوهشی "مهندسی معدن"

Iranian Journal of Mining Engineering (IRJME)

دوره پنجم، شماره دهم، سال 1389، صفحه 73 تا 79

Vol. 5, No. 10, 2010, pp.73-79

اولویت‌بندی حوادث رخ‌داده در معادن زغال‌سنگ البرزشرقی با استفاده از روش RPN

سمیه بهرفتار[1]، محمدفاروق حسینی*[2]، عزالدین بخت آور[3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی معدن، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

2- دانشیار دانشکده مهندسی معدن، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران ، Email: mfarogh@ut.ac.ir

3- استادیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی ارومیه

(دریافت 3 آذر 1387 ، پذیرش 12 اردیبهشت 1389)

چکیده

رخداد حوادث احتمالی در معادن زیرزمینی زغال سنگ و خطرات ناشی از آن، محیط کاری ناامنی را برای کارگران و تجهیزات عملیاتی ایجاد کرده است. بر اثر این حوادث ممکن است آسیب های جانی و مالی قابل ملاحظه‌ای به صورت مرگ، از کارافتادگی یا نقص عضو و شکستگی‌های گوناگون، خرابی و از بین رفتن تجهیزات معدن، بسته شدن کارگاه‌های استخراج و گالری‌ها وارد شوند. در این مقاله، با توجه به اهمیت موضوع مذکور به‌ویژه در معادن زغال سنگ البرز شرقی و با هدف کاهش خطرات وارده، بر اساس احتمال وقوع حادثه، شدت و نتایج حاصل از آن طی سال‌های 1382 الی 1386 ریسک‌های مربوطه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بدین منظور، نخست یک‌سری جدول‌های استاندارد در ارتباط با شدت و احتمال وقوع حادثه تنظیم و پایه‌گذاری شد. سپس،، عدد اولویت ریسک (RPN) تعیین و به واسطه‌ی آن موثرترین عامل ایجاد عدم قطعیت در معادن مورد بررسی شناسایی شد. با استفاده از روش مذکور نتیجه‌گیری شد که مؤثرترین عامل ایجاد عدم قطعیت در معادن زغال‌سنگ البرزشرقی عوامل ژئوتکنیکی می‌باشند، به‌طوری‌که نمره RPN برای این حوادث 690 از 1000 است.

کلمات کلیدی

تحلیل ریسک، عدد اولویت ریسک، عدم قطعیت، معادن شرکت زغال‌سنگ البرزشرقی

* نویسنده مسئول و عهده‌دار مکاتبات

www.SID.ir

Archive of SID

1- مقدمه

کارهای معدنی از جمله فعالیت‌هایی است که رعایت اصول ایمنی در آنها تأثیر قابل توجهی بر بازدهی و اقتصاد سازمان یا شرکت دارد. این مسأله به این علت که فعالیت‌های معدن‌کاری بخصوص در معادن زیرزمینی دارای گسترش و تنوع زیادی است و علاوه بر آن اختلال و یا توقف در یک فعالیت می‌تواند باعث اختلال کلیه فعالیت‌های دیگر شود، حائز اهمیت است.

از طرف دیگرفضاهای زیرزمینی به علت این‌که در محیطی با عدم قطعیت بالا هستند، ریسک‌های بالایی را نیز به دنبال دارند؛ از جمله دلایل ریسک‌های بالا در سازه‌های زیرزمینی می‌توان به ناشناخته بودن زمین، وجود آب‌های زیرزمینی، محدود بودن فضای در دسترس، سنگین وزن بودن فعالیت‌های حمل‌ونقل، تاریک بودن فضای کاری، محدود بودن هوای تازه و غیره اشاره کرد[1].

ریسک به عنوان بزرگی یا اندازه‌ی خطر یا حادثه تعریف می‌شود که از ضرب احتمال وقوع حادثه در شدت آن حاصل می‌شود. معادن زغال‌سنگ البرزشرقی که در این مقاله مورد مطالعه قرار گرفت دو محدوده اصلی معدنی به نام‌های طزره و اولنگ را در اختیار دارد که ذخایر قطعی و احتمالی آن به ترتیب 18 و 101 میلیون تن ارزیابی شده است[2].

آمار ارائه شده توسط اداره آمار آمریکا نشان می‌دهد که نرخ تلفات در حوادث معادن زغال بیش از حوادث در سایر معادن و یا صنایع خصوصی است. همچنین میزان مرگ و میر در معادن زیرزمینی آمریکا دو برابر معادن روباز است. در چین که تولیدکننده ۳۵٪ کل زغال‌سنگ جهان در سال ۲۰۰۴ بوده، ۸۰٪ از موارد تلفات در معادن زغال روی داده است. این مسئله اهمیت توجه به حوادث در معادن زغال‌سنگ را نشان می‌دهد. حوادثی که در یک معدن زغال ممکن است رخ دهند عبارت است از: انفجار، ریزش، آتش‌سوزی، گاز گرفتگی، خفگی، هجوم آب به داخل، شکستن سد باطله و سایر خطراتی که منجر به تلفات جانی می‌شوند[۳].

کارهالک در سال ۱۹۸۱ بیان کرد که ۳۴٪ مرگ و میر در معادن زغال‌سنگ ایالت متحده در سال ۱۹۸۰ در نتیجه‌ی گسل‌های زیرزمینی رخ داده است. علاوه بر این اداره سلامتی و ایمنی ایالات متحده(MSHA[1]) گزارش کرده که ۷۰٪ کل مرگ و میرها در کارهای زیرزمینی در اثر ریزش سقف است[۴].

در زمینه‌ی ارزیابی ریسک به‌ویژه ریسک‌های ریزش سقف (به عنوان اصلی‌ترین ریسک ژئوتکنیکی در معادن زغال سنگ) و صدمات ناشی از آنها در معادن تحقیقاتی به شرح زیر انجام گرفته است:

نخست، با تاکید بر ارایه‌ی راه‌کاری کاربردی به‌منظور مدیریت ریسک‌های مرتبط با ریزش سقف یکسری تحقیقات در ارتباط با چند معدن خاص زغالی انجام گرفت، که درنهایت نتایج حاصل از این مطالعات برای معادن مورد بررسی مفید واقع شد[۵] و [۶].

در سال ۱۹۸۴ با رگرسیون‌گیری لگاریتمی از اطلاعات حوادث معادن زغال سنگ بیتومینه‌ی آمریکا طی سال‌های ۱۹۷۵ الی ۱۹۸۱ به ارزیابی شدت صدمات وارده پرداخت شد[۷].

برخی از محققان در سال ۱۹۹۶ با استفاده از رگرسیون چندمتغیره، فاکتورهای مرتبط با شدت صدمات کاری در صنعت معدن‌کاری زغال‌سنگ استرالیا را ارزیابی کردند[۸].

در سال ۱۹۹۹ از طریق تحلیل ریاضی چند جمله‌ای، ریسک ناشی از صدمات کاری وارده به معدن‌کاران معادن زیرزمینی زغال‌سنگ هندوستان مورد ارزیابی قرار گرفت[۹]. سپس در سال ۲۰۰۳ و در ادامه‌ی کار قبلی اندیس‌های ریسک مربوط به معدن‌کاران با بکارگیری متغیرهای غیر وابسته‌ی محیط کاری و گوناگونی افراد و با تکیه بر تحلیل رگرسیون محاسباتی، توسعه داده شد[۱۰].

در سال ۲۰۰۴، با بکارگیری داده‌های جمع‌آوری‌شده در ارتباط با میزان تولید، صدمات و ایمنی در معدن زیرزمینی زغال‌سنگ مطالعه‌ی گسترده‌ای انجام گرفت که در پی آن یک مدل رگرسیون پیچیده‌ی اقتصادی از ارتباط بین تعداد بازدیدها از معدن و نتایج حاصل از آن در میزان ایمنی ارایه شد[۱۱].

در سال ۲۰۰۶ با تاکید بر صدمات مرگبار و غیر مرگبار ناشی از کار در معادن زغال‌سنگ و کارخانه‌ی زغال‌شویی کرمان طی سال‌های ۱۹۹۷ الی ۲۰۰۵ به تحلیل آماری و ارزیابی ریسک‌های ناشی از حوادث کاری پرداخته شد[۱۲].

به‌منظور مدل کردن صدمات و تلفات و همچنین مقایسه‌ی آنها در معادن زیرزمینی زغالی و غیرزغالی طی سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۰۴، با بهره‌گیری از توزیع بتا روشی در سال ۲۰۰۷ توسط محققان بنا نهاده شد[۱۳].

www.SID.ir

Archive of SID

در سال ۲۰۰۷، طی تحقیقی که بر روی ریزش سقف در معدن‌کاری زیرزمینی کارگاهی انجام گرفت، راه‌کاری معرفی شد و به‌واسطه‌ی آن این امکان وجود خواهد داشت که بتوان طراحی‌ها را همسو و سازگار با ریسک‌های قابل قبول و از پیش تعیین شده توسط مدیریت، انجام داد. بکارگیری این راه‌کار می‌تواند بر کاستی‌های مربوط به شیوه‌های طراحی سیستم نگهداری غلبه کند[۱۴].

همان‌گونه که از روند و ابزارهای بکار گرفته شده طی تحقیقات پیشین مشخص است، به‌منظور ارزیابی و درنتیجه مدیریت مناسب ریسک‌ها به‌ویژه در معادن زغالی زیرزمینی بکارگیری یک ابزار و رویکرد مناسب ضروری است. بدان معنا که برای ریشه‌یابی بهتر علل حوادث و برطرف کردن منابع ایجاد حادثه، مهندس طراح نیاز به ابزارهایی دارد تا بدین وسیله بتواند منابع اصلی حادثه‌آفرینی را شناسایی، ریشه‌یابی، رده‌بندی و چاره‌جویی کند، از جمله این ابزارها می‌توان به اولویت‌بندی حوادث اشاره کرد.

از این‌رو، در این مقاله برای اولویت‌بندی ریسک حوادث در معادن زغال‌سنگ البرزشرقی با توجه به حوادث رخداده در این معادن از سال ۱۳۸۲ الی ۱۳۸۶ از روش عدد اولویت ریسک[2] استفاده شده است. تا کنون از این روش به‌طور عملی در معادن ایران استفاده نشده که پس از یک‌سری استاندارد سازی در مبنای کار توسط مولفان این مقاله به‌عنوان یک روش پیشنهادی برای ارزیابی اولیه از انواع ریسک‌های رخداده در معادن قابل کاربرد است.

2- سیستم رده‌بندی

برای این‌که کمّی کردن میزان ریسک آسان شود، استفاده از روش اختیاری درجه‌بندی مفید است. در این روش، احتمال خطرهای مختلف درجه‌بندی می‌شود. بدین منظور، خطرهای مختلف را از ۱ (کمترین احتمال) تا ۱۰ (بیشترین احتمال)، درجه‌بندی می‌کنند. این روش بر مبنای عقیده و تجربه استوار است و نباید با روش‌های آماری اشتباه شود[۱۵].

پی‌آمدهای حاصله از بروز حوادث نیز در جدولی از شماره‌ی ۱ تا ۱۰۰ درجه‌بندی می‌شوند. به‌عنوان مثال پیچ‌خوردگی پا در جدول با عدد یک نشان داده شده است و عدد ۱۰۰ یعنی کشته شدن یک یا چند نفر. این درجه‌بندی، ضروری است چون در غیر این صورت، ممکن است میزان ریسک حادثه‌ای که احتمال بروز و پی‌آمد حاصل از آن متوسط است، با میزان ریسک حادثه‌ای که احتمال وقوع آن کم و پی‌آمدهای آن زیاد است، اشتباه شود. بدین ترتیب، این روش درجه‌بندی، بر اساس پی‌آمدهای حاصل از حوادث، وزن‌گذاری آماری شده است.

بر این اساس، میزان ریسک را می‌توان به صورت حاصل‌ضرب احتمال بروز یک حادثه در پی‌آمد حاصل از بروز آن، تعریف کرد. با این تعریف میزان ریسک خطری که احتمال وقوع آن ۱ و در صورت وقوع، درجه‌ی پی‌آمدهای حاصل از آن ۸ است، برابر ۸ خواهد شد، حال آن که ریسک خطری که احتمال نسبی وقوع آن ۲ و نتیجه‌ی آن با عدد ۲۰ درجه‌بندی شده، برابر ۴۰ است.

این روش یک برخورد آماری نیست و هدف آن، آسان‌تر کردن شرایط تخمین است. در واقع، به جای این‌که گروه‌هایی از قبیل "ناچیز تا کم" برای احتمال و رده‌های "متوسط تا جدی" برای پی‌آمدها در نظر گرفته شود میزان ریسک، بر مبنای درجه‌ی خطر و پی‌آمدهای حاصل از بروز حادثه در صورت وقوع، محاسبه می‌شود. با این روش می‌توانیم ریسک‌های رخداده در معادن زیرزمینی را اولویت‌بندی کنیم.

3- درصد هریک از انواع حوادث در معادن البرزشرقی

انواع حوادث در معادن زیرزمینی ایران در شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران به‌صورت زیر طبقه‌بندی شده است.

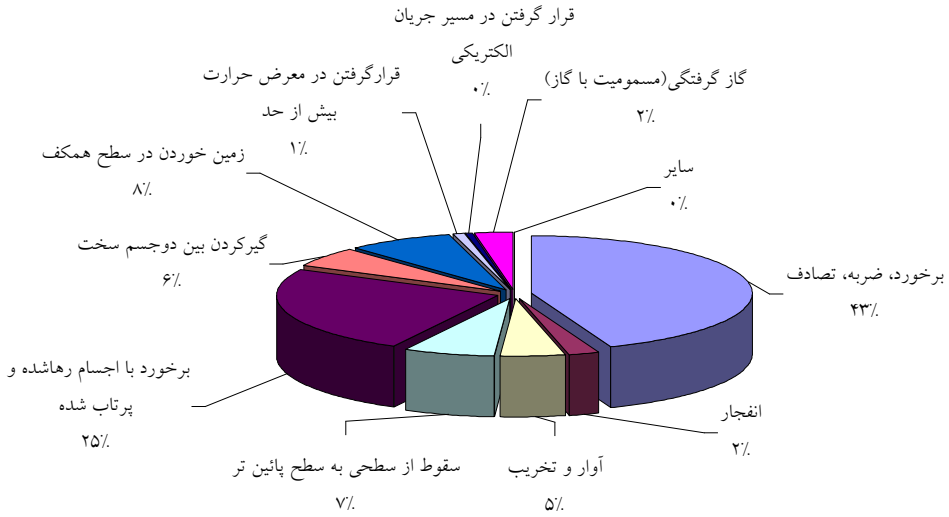
1- برخورد، ضربه، تصادف
2- انفجار
3- آوار و تخریب
4- سقوط از سطحی به سطح پائین تر
5- برخورد با اجسام رهاشده و پرتاب شده
6- گیرکردن بین دوجسم سخت
7- زمین خوردن در سطح همکف
8- قرارگرفتن در معرض حرارت بیش از حد
9- قرار گرفتن در مسیر جریان الکتریکی
10- گاز گرفتگی(مسمومیت با گاز)
11- سایر

شکل 1 توزیع آمار حوادث بر حسب نوع حوادث در معادن زغال‌سنگ مورد مطالعه از سال 1382 الی 1386 را نشان داده است. همانطور که مشاهده می‌شود در معادن زغال‌سنگ مورد مطالعه بیشترین آمار حوادث مربوط به برخورد، ضربه و تصادف

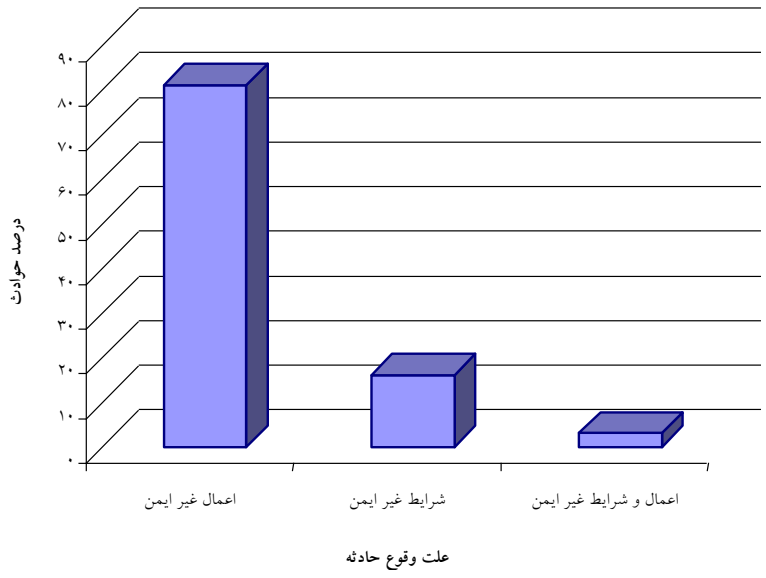
www.SID.ir

Archive of SID

با اجسام و وسایل در حال حرکت است. این حوادث عمدتاً به‌علت بی‌دقتی کارگران و عدم رعایت اصول ایمنی رخ می‌دهند. شکل 2 مطلب فوق را تأیید می‌کند، همانطور که مشاهده می‌شود 81٪ از حوادث به علت اعمال غیر ایمن و 3٪ از حوادث نیز به علت اعمال و شرایط غیر ایمن رخ می‌دهد. با رعایت مسائل ایمنی تا حد زیادی می‌توان از بروز این حوادث نیز جلوگیری کرد، بنابراین می‌توان گفت در مجموع 84٪ از حوادث در معادن البرز شرقی به علت عدم رعایت اصول ایمنی توسط کارگران رخ می‌دهد.



شکل ۱: توزیع آمار حوادث بر حسب نوع حوادث در معادن زغال‌سنگ البرزشرقی از سال ۱۳۸۲ الی ۱۳۸۶



شکل 2: توزیع آمار حوادث با توجه به علت وقوع حادثه در طی سال‌های 1382 الی 1386

www.SID.ir

Archive of SID

4- اولویت بندی حوادث رخداده در معادن زغال‌سنگ البرزشرقی

اثرات ریسک با دو عامل احتمال و پی‌آمد تعیین می‌شود. پی‌آمد حادثه شامل صدمات جانی و از کارافتادگی است که عملاً خسارات مالی را نیز دربرمی‌گیرند. هر حادثه بالقوه و اثرات آن با درجه احتمال و پی‌آمد با مقیاسی از ۱ تا ۱۰ از کوچک به بزرگ درجه‌بندی می‌گردد. با ضرب کردن درجات داده شده عدد اولویت ریسک (که از ۱ تا ۱۰۰۰ برای هر حالت خطا تغییر می‌کند) تعیین می‌شود. عدد اولویت ریسک برای تشخیص میزان نیاز به اقدامات اصلاحی برای حذف یا کاهش حالات بالقوه خطا مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱۶].

در مورد معدن و کارهای معدنی برای به دست آوردن عدد اولویت ریسک از یک سری جدول‌هایی استفاده شده است. این جدول‌ها با توجه به انواع حوادث رخداده در معادن زیرزمینی ایران تنظیم شده‌اند. در این جدول‌ها احتمال وقوع، شدت صدمات جانی و تعداد روزهای ازکارافتادگی از ۱ تا ۱۰ درجه‌بندی شده‌اند (جدول‌های ۱ و۲ و ۳). لازم به ذکر است که این جدول‌ها با توجه به انواع حوادث معادن زغال‌سنگ و پی‌آمدهای آنها از سال ۱۳۸۲ الی ۱۳۸۶ تنظیم شده و قابل تعمیم به همه معادن زغال‌سنگ زیرزمینی هستند.

به کمک جدول‌های ۱ و ۲ و ۳ عدد اولویت ریسک برای انواع حوادث رخداده در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ البرزشرقی در جدول ۴ محاسبه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در بین حوادث برخورد با اجسام رها شده و پرتاب شده، گیر کردن بین دو جسم سخت و آوار و تخریب عدد اولویت ریسک بالایی را دارند.

جدول ۱: جدول تنظیم شده برای احتمال وقوع

تواتر وقوع	درجه
بیش از یک وقوع در هر روز	10
بیش از یک وقوع در هر هفته	9
یک وقوع در هر هفته	8
بیش از یک وقوع در هر ماه	7
یک وقوع در هر ماه	6
بیش از یک وقوع در هر 6 ماه	5
بیش از یک وقوع در هر سال	4
بیش از یک وقوع در هر دو سال	3
یک وقوع در هر 2 تا 5 سال	2
یک وقوع در بیش از 5 سال	1

عوامل ژئوتکنیکی که عمدتاًریزش سقف بوده است باعث وقوع این حوادث شده است. به طوریکه مجموع نمره عدد اولویت ریسک با توجه به جدول‌های تنظیم شده برای حوادث رخ داده به علت ریزش در معادن زغال‌سنگ البرزشرقی ۶۹۰ از ۱۰۰۰ بوده است. این امر نشانگر اهمیت توجه به ریزش سقف و پیشگیری از آن است. البته با رعایت مسائل ایمنی توسط کارگران ضرایب شدت صدمات جانی و روزهای از کارافتادگی به طور چشمگیری کاهش می‌یابد.

جدول ۲: جدول تنظیم شده برای شدت صدمات جانی

نوع صدمه	درجه
مرگ	10
قطع عضو	9
سوختگی‌ها	8
شکستگی‌ها و در رفتگی‌ها	7
پارگی وصدمه احشاء داخلی و خونریزی داخلی	6
برق گرفتگی و شوک الکتریکی	5
ضرب‌دیدگی، کوفتگی و پیچ‌خوردگی	4
مسمومیت	3
بریدگی و جراحت	2
ضایعات حاصل از حمل بار سنگین	1

جدول ۳: جدول تنظیم‌شده برای روزهای از کارافتادگی در اثر وقوع حادثه

میزان ازکارافتادگی	درجه
دائمی	10
دو سال الی سه سال	9
یک سال تا دو سال	8
6ماه تا یکسال	7
سه ماه تا 6ماه	6
یک ماه تا سه ماه	5
یک هفته تا یک ماه	4
یک روز تا یک هفته	3
یک شیفت تا یک روز	2
بدون از کارافتادگی	1

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴: عدد اولویت ریسک برای هر یک از انواع حوادث رخداده در معادن زغال‌سنگ البرزشرقی از سال ۱۳۸۲ الی ۱۳۸۶

نوع حادثه	درجه احتمال	درجه متوسط شدت صدمات جانی	درجه از کارافتادگی	عدد اولویت ریسک
گاز گرفتگی	3	10	9	270
گیر کردن بین دو جسم سخت	4	6	10	240
آوار و تخریب	4	7	8	224
برخورد با اجسام رها شده و پرتاب شده	6	4	9	216
سقوط از سطحی به سطح پایین‌تر	5	5	7	175
انفجار	3	4	10	120
زمین خوردن در سطح همکف	5	3	7	105
قرار گرفتن در مسیر جریان الکتریکی	1	4	10	40
قرار گرفتن در معرض حرارت بیش از حد	2	3	5	30
برخورد، ضربه، تصادف با اجسام و وسایل در حال حرکت	7	4	1	28

5- نتایج

کمی‌سازی ریسک‌های وابسته معادن زغال‌سنگ زیرزمینی، مهندس معدن را برای ارزیابی کارایی در گذشته و حال توانا می‌سازد. علاوه بر این بسته به میزان ریسک، راه‌کار مناسب انتخاب شده و موقعیت چنین راه‌کارهایی می‌تواند با استفاده از آنالیز تصمیم‌گیری ارزیابی شود. چهارچوب پیشنهاد شده برای ارزیابی ریسک یک روند کلی است که قابل استفاده برای انواع حوادث رخ داده در معادن است. با استانداردسازی جدول‌های تنظیم شده در این مقاله می‌توان جدول‌ها را در تمام معادن روباز و زیرزمینی ایران به کار برده و حوادث را طبقه‌بندی کرد. در کل نتایج زیر از تحلیل حوادث در معادن البرز شرقی حاصل شد.

- با استفاده از داده‌های مربوط به حوادث رخداده در معادن البرزشرقی در طی سال‌های ۱۳۸۲ الی ۱۳۸۶ نتیجه شد که ۸۴٪ از حوادث در معادن مورد مطالعه به علت عدم رعایت اصول ایمنی رخ می‌دهند و باید با آموزش‌های مناسب کارگران و نظارت دقیق بر رعایت مسائل ایمنی توسط کارگران از میزان وقوع این حوادث کاست.

www.SID.ir

Archive of SID

- با استفاده از روش RPN در معادن زغال‌سنگ البرزشرقی نتیجه شد که مؤثرترین عامل ایجاد عدم قطعیت در این معادن عوامل ژئوتکنیکی با عدد اولویت ریسک ۶۹۰ از ۱۰۰۰ است. با توجه به عامل وقوع این حوادث که عمدتاً ریزش سقف می‌باشد باید از روش‌های مناسب برای پیشگیری از وقوع این حوادث استفاده کرد.

منابع

[1] Moegeli, A., "*Integrated Management System for Tunneling projects*", (http://www.moergeli.com).

[۲] شرکت تهیه و تولید مواد معدنی (بخش HSE)،۱۳۸۷، **آمار مربوط به حوادث معادن زیرزمینی ایران**.

[3] Shahriari, M., 2005, "*risk assessment and management in mining, An approach to improve safety*", 20th World Mining Congress, Tehran, Iran.

[4] Http://www.msha.gov/s%26hinfo/roofrib/roofrib.com

[5] Smith, A. D., 1984, "*Relationships of assumed condition of mine roof and the occurrence of roof falls in eastern Kentucky coal fields*", In: A. B. Szwilski, and C. O. Brawner, 2nd International Conference on Stability in Underground Mining, SME Publisher, New York, pp. 329– 345.

[6] Schaller, S. and Savidis, G. M., 1986, "*Roof falls in Australian Longwalls*", In: N. I. Aziz, Symposium on Ground Movement and Control Related to Coal Mining, Australia, Illawarra Branch, August 1986, Published by Parkville, Vic.: Australasian Institute of Mining and Metallurgy, c1986, pp. 214–225.

[7] Bennett, J. D., and Passmore, D. L., 1984, "*Probability of Death, Disability, and Restricted Work Activity in United States Underground Bituminous Coal Mines, 1975–1981*", J Safety Res, 15, 2, pp. 69-76.

[8] Hull, B. P., Leigh, J., Driscoll, T. R. and Mandryk, J., 1996, "*Factors Associated with Occupational Injury Severity in the New South Wales Underground Coal Mining Industry*", Saf Sci, 21, 3, pp. 191-204.

[9] Maiti, J., and Bhattacharya, A., 1999, "*Evaluation of Risk of Occupational Injuries Among Underground Coal Mine Workers Through Multinomial Logit Analysis*", J Safety Res., 30, 2, pp. 93-101.

[10] Maiti, J., 2003, "*Technical Note: Development of Risk Indices for Underground Coal Mine Workers in India*", Trans. Inst. Min. Metall. A., Maney Publishing, 112, 2, pp.119–124.

[11] Kniesner, T. J., and Leeth, J. D., 2004, "*Data Mining Mining Data: MSHA Enforcement Efforts, Underground Coal Mine Safety, and New Health Policy Implications*", J. Risk and Uncertainty, 29, 2, pp. 83-111.

[12] Shahriar, K., Bakhtavar, E.and Saeedi, G., 2006, "*Statistical analysis and risk assessment of working accidents at the Kerman Coal Mines*", In: M. Geniş and A. Özarslan, 15th Turkish Coal Congress, Zonguldak, Turkey, 07-09 June 2006, Kozan offset, Matbaa cilik San.ve Tic.Ltd. Sti. Ankara, pp. 181-187.

[13] Coleman, P. J. and Kerkering, J. C., 2007, "*measuring mining safety with injury statistics: Lost workdays as indicators of risk*", J Safety Res., 38, 5, pp. 523–533.

[14] Stacey, T. R. and Gumede, H., 2007, "*Evaluation of risk of rock fall accidents in gold mine stopes based on measured joint data*", JS Afr Inst Min Metall., 107, pp. 345–350.

[15] مدنی، حسن، ۱۳۷۳ "**بازرسی در معادن**"، انتشارات مؤسسه آموزشی پژوهشی وزارت معادن و فلزات، چاپ اول، تهران.

[۱۶] قراچورلو، نجف، ۱۳۸۴، "**ارزیابی و مدیریت ریسک**"، انتشارات علوم و فنون، چاپ اول.

پی‌نوشت

[1] Mine Safety and Health Administration
[2] Risk Priority Number

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir