# ارزیابی ریسک و آنالیز حوادث ناشی از استخراج معادن زغال­سنگ ایران طی دوره زمانی 10 ساله 1388 - 1397

# مسعود فتوت1\*، آریو برزن مافی2

1. کارشناس ارشد، مهندسی استخراج معدن، شرکت زغال­سنگ پروده طبس، fotowat.masoud@gmail.com

# 2- کارشناسی ارشد، زمین شناسی، مدیر عامل شرکت پویشگران زرین پارت

# \* نویسنده مسئول مکاتبات

|  |  |
| --- | --- |
| **چکیده** | **کلمات کلیدی** |
| معدن بي ترديد يكي از منابع مادر و بسيار مهم هر كشوري به شمار مي­آيد. هر چند ممكن است، سهم معادن در توليد ناخالصي ملي به ظاهر اندك باشد، اما رونق آن در افزايش ميزان توليد صنايع ديگر تأثير فراوان دارد و بسياري از اين صنايع بدان وابسته­اند. به همين جهت توجه خاص به معادن، تأثير قابل ملاحظه بر وضعيت اقتصادي كشور ما مي­گذارد. در ايران اين موضوع اهيمت دو چندان دارد زيرا رونق معادن اقتصاد كشور را از حالت تك محصول ( وابستگي به نفت ) بودن نيز خارج مي­كند. نیروی انسانی به عنوان سرمایه­ای ارزشمند در مسیر توسعه اقتصادی کشور تلقی می­گردد. تامین و حفظ سلامت کارگران که قشر عظیمی از جامعه را تشکیل می­دهد، علاوه بر اینکه یک وظیفه انسانی است، نقش کلیدی در حفظ و افزایش نیروی کاری و ازدیاد سرمایه ملی است. این در حالی است که همه ساله تعداد زیادی از کارگران به علت حوادث مختلف محیط کاری، جان خود را از دست داده و یا دچار آسیب دیدگی­های جدی می­شوند. در این مقاله به بررسی شناسایی مخاطرات، تجزیه و تحلیل، ارزیابی ریسک و همچنین آنالیز حساسیت حوادث ناشی از استخراج معادن زغال­سنگ ایران در طی دوره 10 ساله از سال 1388 لغایت 1397 پرداخته شده است. نتایج نشان می­دهد که در طول دوره ده ساله، تعداد 466 نفر از کارگران در معادن ایران و تعداد 120 نفر در معادن زغال­سنگ ایران، جان خود را از دست داده­اند (% 7/25 فوت شدگان معادن ایران) که بطور میانگین به ترتیب 6/46 و 12 نفر در هر سال می­باشد. متاسفانه در معادن زغال­سنگ از سال 1388 لغایت 1397 به صورت میانگین هر ماه یک نفر فوت نموده است. | معادن زغال­سنگ،  حوادث،  ارزیابی ریسک،  آنالیز حساسیت،  شناسایی خطرات. |

**1- مقدمه**

زغال­سنگ چندین قرن قبل از میلاد مسیح شناخته شده بود ولی برای اولین بار چینی­ها از آن به عنوان سوخت استفاده کردند. مارکوپلو در سال 1280 میلادی از زغال­سنگ به عنوان یکی از عجایب، یاد کرده و نام آنتراکس را که در زبان یونانی، جسم سوزنده و شعله­ور معنی می­دهد و توسط یکی از شاگردان ارسطو، مطرح و بعدها نام آنتراسیت از آن مشتق شده است را به زغال داد[1].

با افزایش فعالیت­های صنعتی و گسترش فناوری و افزایش کاربرد ماشین­آلات، روند بروز حوادث در محیط­های صنعتی نیز فزونی یافته است. در سیستم­های سنتی، پس از وقوع حوادث و بروز خسارات جبران ناپذیر، اقدام به بررسی علل حوادث و سپس نقایص یک سیستم یا فرآیند تعیین می­گردید. اما امروزه به دلیل وجود انواع مختلف روش­های شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک، قبل از وقوع حوادث می­توان نقاط حادثه خیز و بحرانی را مشخص کرد و نسبت به پیشگیری از وقوع حوادث و کنترل آن­ها اقدام نمود. شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک روشی سازمان یافته و نظام­مند برای رتبه بندی و اولویت ریسک­ها و تصمیم­گیری در راستای کاهش ریسک به میزان قابل قبول است. کلیه عملیات و فعالیت­های تولیدی و صنعتی نیازمند الزاماتی است که قصور از هر کدام می­تواند به بروز پیامدهای ناخواست­های در قالب جراحات به پرسنل و مشتریان داخلی و خارجی، صدمه به فرآیندها و محصولات تولیدی، خدمات ارائه شده، صدمات زیست محیطی، خدشه به اعتبار و آبروی سازمان، و سایر دارایی­های با اهمیت بیانجامد[2].

**2- زغال­سنگ و کاربرد آن**

به سنگ­ها و مواد فسیلی باقیمانده از بقایای گیاهی و جانوری بیولیت[[1]](#footnote-1) یا سنگ زیستی می­گویند. بیولیت­ها خود به دو گروه قابل سوختن و یا غیرقابل سوختن تقسیم می­شوند. بیولیت­های قابل سوختن را اصطلاحا کاستوبیولیت[[2]](#footnote-2) یا سنگ­های قابل اشتعال می­گویند. زغال­سنگ در واقع از بیولیت­های نوع قابل سوختن است. از طرفی بیولیت­ها شامل دو گروه بقایای گیاهی و جانوری هستند. اندام­های گیاهی در نهایت به تورب، بیتومین و زغال­سنگ و اندام­های جانوری به هیدروکربورها، نفت، گاز و شیل نفتی تبدیل می­شوند[3].

اندام­های گیاهی دارای اکسیژن زیاد، صمغ و رزین بوده و معمولا حالت جامد دارند و بقایای نیمه تجزیه شده اندام­های گیاهی هستند و از قسمت سلولزی گیاهان به وجود می­آیند. زغال­سنگ، نفت، گاز و شیل نفتی از جمله سوخت­های فسیلی و کانسارهای رسوبی بیوشیمیایی هستند که از تجمع و مدفون شدن باقیمانده گیاهان و جانوران در زیر رسوبات قدیمی و در حوضه­های رسوبی کم عمق حاصل شده­اند و معمولا در محیط­های بسته تشکیل می­شوند؛ به این دلیل اندام­های گیاهی کاملا تجزیه نمی­شوند و اکسیژن آن­ها آزاد نمی­شود که در نتیجه زغال­سنگ­ها حاصل از تجمع اندام­های گیاهی می­باشند. زغال­سنگ درگذشته فقط به عنوان نخستین منبع تامین انرژی کاربرد داشته است، ولی امروزه زغال­سنگ مصارف بسیار متعددی در دنیا پیدا نموده است. مهم‌ترین کاربرد زغال­سنگ برای تولید انرژی و تهیه‌ی کک برای صنایع فولاد سازی است، به طوری که حدود70 درصد فولاد دنیا با مصرف زغال­سنگ تولید می‌شود[3].

**2-1- ذخایر زغال­سنگ ایران**

طبق آخرین آمار میزان ذخایر قطعی زغال­سنگ ایران 1/1 میلیارد تن، ذخایر احتمالی آن 7/1 میلیارد تن و میزان ذخایر زمین­‌شناسی نیز در حدود ١٤ میلیارد تن برآورد شده است. بر این مبنای، کشور ایران به عنوان بزرگترین دارنده ذخایر زغال­سنگ خاورمیانه، از نظر ذخایر قطعی زغال­سنگ در رتبه ٢٦ و بر اساس میزان کلی ذخایر در رتبه ١٢ مخازن زغال­سنگ جهان قرار دارد[4].

زغال‌های ایران در سه محدود البرز (شامل سه ناحیه البرز غربی، البرز مرکزی و البرز شرقی)، طبس (شامل چهار ناحیه پروده، نایبند، مزینو و آبدوغی) و کرمان (شامل دو ناحیه درون ناودیس و بیرون ناودیس) پراکنده است که 55 درصد ذخایر شناخته شده ایران در ناحیه طبس قرار دارد. در جدول 1 میزان ذخایر قطعی ایران به تفکیک استان ارایه شده است[4].

**جدول 1: میزان ذخایر قطعی ایران به تفکیک استان**[4].

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **استان** | **ميزان ذخاير قطعي (هزار تن)** | | | **میزان تولید (هزار تن)** | | |
| **كك شو** | **حرارتي** | **جمع** | **کک­شو** | **حرارتی** | **جمع** |
| **آذربايجان شرقي** | **7/992** | **376** | **7/1368** | **03/0** | **5/1** | **53/1** |
| **آذربايجان غربي** | **210** | **-** | **210** | **-** | **-** | **-** |
| **البرز** | **63** | **-** | **63** | **-** | **-** | **-** |
| **تهران** | **42** | **-** | **42** | **-** | **-** | **-** |
| **خراسان جنوبي** | **61665** | **3/249817** | **3/865482** | **2/987** | **6/16** | **8/1003** |
| **خراسان رضوي** | **520** | **-** | **520** | **22** | **-** | **22** |
| **خراسان شمالي** | **-** | **60** | **60** | **-** | **-** | **-** |
| **سمنان** | **16478** | **3/491** | **3/16969** | **5/242** | **2/4** | **7/246** |
| **كرمان** | **8/106264** | **6/1015** | **4/107280** | **1/828** | **7/46** | **8/874** |
| **گلستان** | **7/18607** | **157** | **7/18764** | **5/254** | **6/4** | **1/259** |
| **گيلان** | **5/1521** | **-** | **5/1521** | **5/4** | **-** | **5/4** |
| **مازندران** | **8/152268** | **3/3204** | **1/155473** | **3/171** | **6/30** | **9/201** |
| **جمع** | **5/912633** | **4/255121** | **9/1167754** | **1/2510** | **1/104** | **2/2614** |

**2-2- روش­های استخراج زغال­سنگ**

*روش­های استخراج زغال­سنگ در هر معدنی با توجه به شرایط زمین­شناسی و مهندسی آن انتخاب می­شود. در کشور ما با توجه به این مطلب که اغلب حوضه­های زغال­دار دارای ساختمان پیچیده از نظر زمین­شناسی و مهندسی هستند، اغلب معادن زغال­سنگ در کشور ما به صورت زیرزمینی از نوع پلکانی و گزنگی استخراج می­شوند اما یکی از روش­های استخراج زیرزمینی که در پروده طبس استفاده می­شود، روش استخراج جبهه­کار طولانی می­باشد که در سال 98 تولید تقریبا 2/2 میلیون تن زغال خام را داشته است، که به طور خلاصه به آن پرداخته می­شود*[5]*.*

***2*-2-1- روش استخراج جبهه­کار طولانی**

*تمامی معادن مکانیزه و نیمه سنتی منطقه پروده از روش جبهه کار طولانی استفاده می­کنند که با این روش استخراج با توجه به تولید اشاره شده، نقش بسزایی در تولید زغال­سنگ ایران دارند. این روش، نوعی روش استخراج بزرگ مقیاس است که در لایه­های کم شیب، نسبتا نازک (1 تا 4 متر) به کار گرفته می­شود و در آن جبهه کار در عرض یک پهنه، بین دو راهرو اصلی و فرعی ایجاد و استخراج برش­های کم عرض (حدود 6/0 متر) به صورت پیشرو و یا پسرو انجام می­شود. همزمان با پیشروی جبهه­کار، سقف یا کمربالای لایه زغال­سنگ در پشت جبهه کار به طور کامل تخریب می­شود*[5]*.*

با توجه به تغییر و تحولات در روش جبهه کار طولانی، این روش را می­توان به سه دسته جبهه کار ساده، جبهه کار طولانی نیمه مکانیزه و جبهه کار طولانی مکانیزه تقسیم بندی کرد که وسایل و روش­های حمل و نقل کارگاهی، نگهداری و کنترل سقف در هر یک از روش­ها در جدول 2 درج شده است[6]*.*

**جدول 2: تقسیم بندی روش­های استخراج جبهه کار طولانی**[6]*.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **ساده** | **نیمه مکانیزه** | **مکانیزه** |
| **کندن** | **پیکور** | **چالزنی و آتشباری** | **رنده، شیرر** |
| **حمل و نقل کارگاهی** | **ناو زنجیری، نیروی ثقل** | **AFC** | **AFC** |
| **نگهداری** | **پایه­­های چوبی و فلزی** | **تک پایه­های فلزی** | **نگهدارنده­های قدرتی** |
| **کنترل سقف** | **پرکردن، تخریب، به هم رسیدن سقف و کف** | **پرکردن، تخریب، به هم رسیدن سقف و کف** | **تخریب** |

**3- مخاطرات معادن زغال­سنگ**

استخراج زيرزميني زغال­سنگ بدلیل شرایط کاری، همواره به عنوان يکي از پرمخاطره­ترين فعاليت­هاي معدني شناخته مي­شود. خطرات ناشي از وقوع حوادث احتمالي در اين معادن مي­تواند باعث صدمات جبران ناپذير جاني، خرابي و از بين رفتن تجهيزات و همچنين ايجاد وقفه در فرآيند توليد معدن شود. تجربیات تلخ حاصل از بررسی تحلیل حوادث معادن زغال­سنگ ایران در یک دوره ده ساله (88 لغایت 97) و تکرار این حوادث، نشان می­دهد که عمده حوادث حوزه معادن زغال­سنگ مرتبط با مسایل نگهداری، انفجار ناگهانی گاز متان و ریزش می­باشد.

گاز موجود در زغال­سنگ عمدتا شامل متان (معمولاً 80 الی 95 درصد)، دیگر گازهای هیدروکربنی، نیتروژن و دی اکسید کربن می­باشد. به مخلوط متان، بخار آب، هوا و محصولات اکسیداسیون دیگر که در معادن زغال­سنگ وجود دارند گاز معدن می­گویند.

**3-1- انفجار ناگهانی گاز متان**

به طور کلی سه عامل فشار بالای گاز، حجم بالای گاز و انتشار اولیه گاز باعث بالا رفتن احتمال انفجار ناگهانی گاز خواهد شد. پدیده انفجار ناگهانی گاز متان[[3]](#footnote-3) داراي فازهاي زير مي­باشد[7]*:*

1. سنگ حاوی گاز متان هنگامیکه تحت تاثیر تنش قرار می­گیرد، نسبت به تنش محصورکننده حساسیت بیشتری نشان می­دهد. اين حجم از سنگ در اثر برخي عوامل تکتونیکی زمين­شناسي (مانند گسل) كه از قبل وجود دارند و يا به علت تنش حاصل از معدنكاري،‌ به شدت خرد مي­شود.
2. گازي كه در ماسه سنگ يا سنگ­هاي تبخيري جذب شده وجود دارد، به سرعت در داخل شكستگي­هايي كه خالي از گاز هستند، آزاد مي­شود. هنگامی­که گاز بيشتري وارد فضاي شكستگي مي­شود، در نتیجه مي­تواند از داخل توده سنگ با نفوذپذيري كمتر انتقال يابد. حالت تنش ناشي از فشار گاز مي­تواند به مقداری برسد كه دیگر توده سنگ نمی­تواند حجم زیادی از سنگ شکسته شده حاصل از تنش را در خود نگهدارد[7]*.*
3. هنگامی­كه توده­ سنگ ديگر نتواند ­سنگ شكسته شده حاصل از تنش را در خود نگهدارد، باعث می­شود تا توده­ی سنگ خرد شده و گاز به سمت یک حفره (مانند بازكننده­ی حفریات معدني يا گمانه) با فشار حرکت کند.
4. بعد از جابجايي ماسه سنگ خردشده و گاز، جريان گاز از ناحيه­ی شكسته شده تحت تاثیر انفجار ناگهانی گاز که به شكل حفره درآمده است، منتشر می­شود. دبی جريان گاز با گذشت زمان كاهش مي‌­يابد[7]*.*

**3-2- ریزش در معادن زیرزمینی**

حوادث معدنی می­تواند دلایل مختلفی داشته باشد که شامل نشت گازهای سمی مانند سولفید هیدروژن یا انفجار گاز­های طبیعی بویژه خروج یا انفجار گاز متان است. اما غالباً وسیع­ترین منبع تخریب در معدن ناشی از فروپاشی زغال یا حفرات داخل آن است که در آن ساختار چاه معدن بخودی خود موجب محبوس شدن کارگران در زیر آوار می­گردد[8 و 9]*.*

دلایل ایجاد حفرات ریزشی[8 و 9]:

الف) انفجار گرد و غبار زغال ب)زلزله ج)استفاده نادرست از مواد منفجره و توسعه­ی آن د) صدمه در اثر نقص یا ضعف تجهیزات مورد استفاده ه)ریزش کارگاه­های معدنی خ)سیل یا سایر بلایای طبیعی ر)عدم پایداری دیواره حفرات معدنی

صدمات ناشی از استخراج معادن و حوادث ریزش[8 و 9]:

الف) شکستن استخوان ب)آسیب مغزی ج)استنشاق دود د)قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی و سمی ه)آسیب نخاعی خ)فلج

**4-تحلیل حوادث معادن زغال­سنگ ایران در یک دوره ده ساله 1388 - 1397**

مرکز آمار ایران هر سال اقدام به انتشار گزارشی تحت عنوان (نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره­برداری کشور) می­نماید که زمان آماری این طرح­ها از اول فروردین تا آخر اسفند هر سال می­باشد و زمان آمارگیری این طرح­ها از اول خردادماه تا نیمه مرداد ماه سال بعد انجام می­شود[10]*.* بطور مثال برای سال 97 زمان آماری از اول فروردین تا آخر اسفند 97 بوده و زمان آمارگیری از اول خرداد تا نیمه مرداد 98 انجام می­شود. گردآورنده اقدام به استخراج گزارشات در 10 سال اخیر را نمود. براساس مرکز آمار ایران، حوادث معادن در چهار زمینه شامل: علت آسیب، نوع آسیب، اعضای آسیب دیده و وضعیت فرد آسیب دیده طبقه بندی شده است که در جداول 3 تا 6 آورده شده است.

**جدول 3: علت حادثه معادن زغال­سنگ ایران بین سال­های 88 الی 97**



**جدول 4: نوع آسیب معادن زغال­سنگ بین سال­های 88 الی 97**



**جدول 5: اعضای آسیب دیده کارگران معادن زغال­سنگ بین سال­های 88 الی 97**



**جدول 6: مقایسه وضعیت فرد آسیب دیده کارگران زغال سنگ ایران در پایان سال بین سال های 88 الی 97**



در سال­های 88 و 89 حوادث براساس نوع (شامل: انفجاری، آواری و تخریب، تصادف و برخورد و سقوط اشخاص) و نتیجه حوادث (شامل: فوت، قطع عضو و معلولیت، سوختگی و بریدگی، شکستگی و در رفتگی و برق گرفتگی و شوک الکتریکی) طبقه­بندی شده است ولیکن از سال 90 تا 97 به شرح زیر تغییر کرده است[10]:

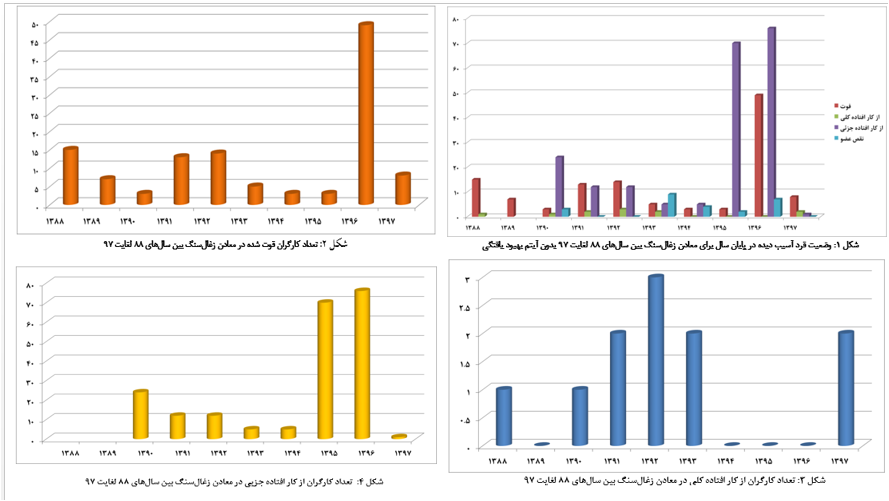
1. علت حادثه: انفجاری، تصادف و برخورد (تبدیل به تصادم یا تصادف با اجسام در حال حرکت در سال 97) ، سقوط اشخاص، برق گرفتگی و شوک الکتریکی (تبدیل به تماس با جریان الکتریکی، دما و مواد خطرناک در سال 97)، حوادث ماشین آلات معدنی، تماس با اشیاء تیز و برنده و آوار و تخریب. (موارد اضافه شده در سال 97: خفگی، مدفون یا محبوس شدن/ برخورد عمودی یا افقی با اجسام در حال سکون/ گیر کردن، له شدن بین یا درون اجسام/ فشار فیزیکی یا روحی منتهی به درمان/ گزیده شدن، گاز گرفته شدن، ضذبه خوردن (از سوی انسان یا حیوان)[9]*.*

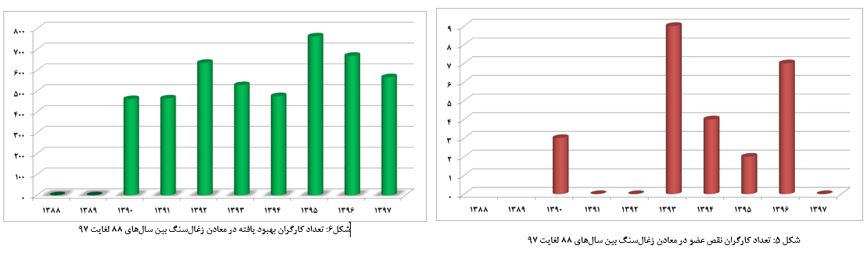
2. نوع آسیب وارده: آسیب های درونی و ضربه مغزی، قطع عضو، شکستگی، سوختگی، مسمومیت و عفونت شدید، رگ به رگ شدن و در رفتگی و آسیب دیدگی سطحی و زخم باز.

3. اعضای آسیب دیده: سر،گردن، پشت، تنه و اعضای داخلی، قسمت فوقانی (بالا تنه)، قسمت تحتانی (پایین تنه) و کل بدن و چند موقعیتی.

4. وضعیت فرد آسیب دیده: فوت، از کار افتاده کلی، از کار افتاده جزئی، نقص عضو و بهبود کامل[10]*.*

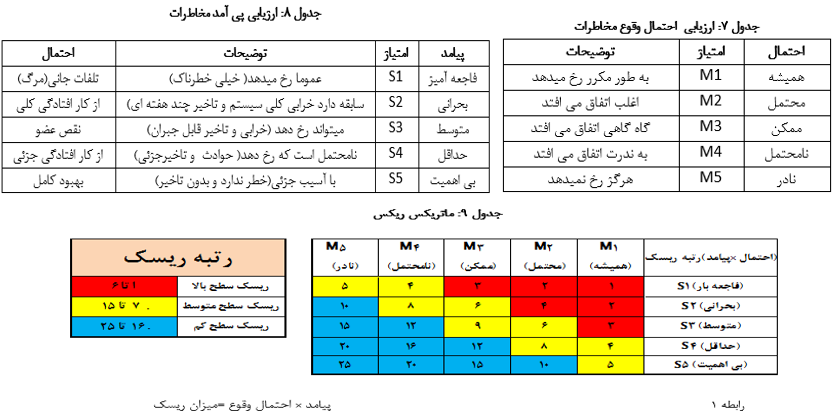
در طبقه بندی عوامل علت حادثه نشان می­دهد که دو عامل (تصادف و برخورد) و (آوار و تخریب) بیشترین علل حوادث در معادن زغال­سنگ ایران بوده است. در سال 91 و 96 به ترتیب در معادن یال شمالی (منطقه معدنی پروده طبس) و زمستان یورت (گلستان) بر اثر انفجار گاز متان تعداد 50 نفر جان خود را از دست داده­اند. در شکل­های 1 تا 6 وضعیت فرد آسیب دیده در پایان سال، فوت، از کار افتاده کلی و جزیی و نقص عضو بصورت نمودار آورده شده است[10]*.*





**5-اهميت انجام ارزيابي ريسك**

*ارزيابي ريسك به بهره بردار معدن كمك مي­كند تا سطوح مختلف ریسک (بالا، متوسط و كم) را شناسايي و از اين طريق نسبت به اولويت بندي سطح ريسك­ها و دستيابي به اطلاعات مورد نياز به منظور كنترل ريسك­ها و ارتقاي ايمني محيط كار اقدام نمايد .ارزيابي ريسك به روند شناخت مخاطرات و ريسك­ها، ارزيابي پي آمدهاي بالقوه شان و احتمال پيشامد آن­ها، به اضافه راه كارهايي براي پيشگيري، گفته مي­شود*[11]*. در روش ماتريس ارزيابي ريسك، همانند جدول 7 ليستي از مخاطرات تهيه مي­شود و آن­ها را در پنج گروه طبقه­بندي می­شوند. در نهايت اطلاعات كيفي به صورت كمي تبديل و مورد ارزيابي قرار مي­گيرد (همانند جدول 8). با توجه به احتمال وقوع مخاطرات، مي­توان پي آمد مخاطرات را از بيشتر تا كمتر همانند جدول 8 درج­ بندي نمود. اين تحليل باعث مي­شود تا قابليت اطمينان بهبود يابد و سطح ايمني سيستم بالا رود. سطوح مذكور را مي توان به صورت كمي نشان داد.* از تركيب پارامترهاي مذكور، ماتريسي ايجاد مي­شود كه به آن ماتريس ارزيابي ريسك گفته مي­شود. با توجه به رابطه 1 انديس ريسك مقداري بين 1 تا 25 خواهد داشت. در جدول 9 می­توان ماتريس ارزيابي ريسك را مشاهده نمود.



**5-1- شناسایی خطرات استخراج معادن زغال­سنگ**

استخراج معادن به دلیل ویژگی­های خاص خود از جمله صنایع پر مخاطره بوده و ارزیابی ریسک یکی از مهمترین مراحل مدیریت پروژه محسوب می­شود. بنابراین در ارزیابی ریسک ایتدا باید خطرات مربوط به استخراج معادن را شناسایی کرد. پس از شناسایی خطرات برنامه کنترل خطرات اجراء می‌شود تا خطرات شناسایی شده به کلی از بین برده شده یا به نوعی تحت کنترل در آیند. اینکه برنامه کنترل خطر را باید از کدام خطر یا خطرات آغاز نمود نیاز به تعیین اولویت‌های خطرات دارد. در جدول 7 مخاطراتی که می­تواند برای استخراج معادن زغال­سنگ اتفاق بیفتد، آورده شده است.

**جدول 7: مهمترین مخاطرات برای استخراج معادن زغال­سنگ**

|  |  |
| --- | --- |
| **ردیف** | **مخاطرات** |
| **1** | **انفجاری** |
| **2** | **برق گرفتگی و شوک الکتریکی** |
| **3** | **آوار و تخریب و سقوط اشخاص** |
| **4** | **تصادف و برخورد و حوادث ماشین آلات معدنی** |
| **5** | **تماس با اشیاء تیز و برنده + سایر** |

**5-2- بررسی میانگین سطح ریسک برای استخراج معادن زغال­سنگ**

آنالیز ریسک برآورد کمی ریسک است که بر اساس ارزیابی مهندسی و تکنیک­هاي ریاضی با برآورد احتمال و پیامد حادثه و ترکیب آنها صورت می­گیرد. به عبارت دیگر کاربرد نظام­مند اطلاعات موجود براي تعیین تکرار و شدت پیامد وقایع خاص می­باشد[12]*.* همانند جدول 8 پس از بررسی­های انجام شده مشخص گردید که میانگین ریسک برابر با 10 حاصل شده است. این میانگین ریسک از بازه 0 تا 25 می­باشد که رتبه ریسک در سطح ریسک متوسط می­باشد. با توجه به مخاطرات در نظرگرفته شده، مشخص می­شود که مخاطرات مربوط به انفجاری با میزان ریسک 4 که مقدار آن بین 1 تا 6 می­باشد از ریسک سطح بالایی برخوردار می­باشد و در صورت عدم کنترل و ایجاد پیامد آن می­تواند جان نفرات را بگیرید.

**جدول 8: مقدار ریسک برای استخراج معادن زغالسنگ**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **رتبه** | **مخاطرات** | **وضعیت** | **احتمال** | **پیامد** | **ریسک** |
| **1** | **انفجاری** | **تلفات جانی(مرگ)** | **4** | **1** | **4** |
| **2** | **برق گرفتگی و شوک الکتریکی** | **از کار افتادگی کلی** | **4** | **2** | **8** |
| **3** | **آوار و تخریب و سقوط اشخاص** | **نقص عضو** | **3** | **4** | **12** |
| **4** | **تصادف و برخورد و حوادث ماشین آلات معدنی** | **از کار افتادگی جزئی** | **2** | **3** | **6** |
| **5** | **تماس با اشیاء تیز و برنده + سایر** | **بهبود کامل** | **4** | **5** | **20** |
| **میانگین سطح ریسک** | | |  | **10** | |

***6-آنالیز حساسیت مدل شبکه عصبی با استفاده از روش میدان کسینوسی***

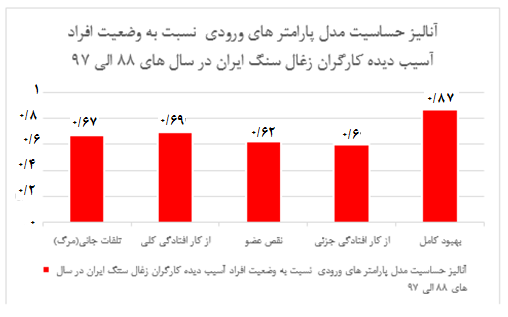
روشی برای محاسبه است که بر پایه اتصال به هم پیوسته چندین واحد پردازشی ساخته می­شود. شبکه از تعداد دلخواهی سلول یا گره یا واحد یا نرون تشکیل می­شود که مجموعه ورودی را به خروجی ربط می­دهند. شــبکه عصبــي مجموعــه­هاي از عناصــر ســاده محاســباتي متصــل بــه نــام نــرون اســت کــه قابليــت يادگيـري منحصـر بـه فـرد آن، بـه ايـن سيسـتم توانايـي مي­دهــد تــا روابــط پيچيــده را بيامــوزد. قدرتمندترین شبکه­های عصبی، شبکه­های عصبی بیولوژیک می­باشند. مغز انسان به او این امکان را می­دهد که از تجارب خود استفاده کرده و آن­ها را تعمیم دهد. شبکه­ها از ارتباطات عصبی موجود در مغز انسان الهام گرفته و آن­ها را روی کامپیوترهای دیجیتال پیاده­سازی می­کنند. در واقع از مغز و نحوه کار آن بمنظور ساخت کامپیوتر الگوبرداری می­نماید[12]*.*

***6-1- آنالیز حساسیت مدل پارامتر های ورودی نسبت به وضعیت افراد آسیب دیده کارگران زغال سنگ ایران در سال های 88 الی 97***

با توجه به جدول 6 که وضعیت افراد آسیب دیده کارگران معادن زغال­سنگ و معادن ایران در پایان بین سال­های 88 الی 97 می­باشد، می­توان آنالیز حساسیت هر کدام از پارامترها را مورد بررسی قرار داد. به بیان ساده تر می­توان گفت آنالیز حساسیت تعیین می­کند که چگونه مقادیر مختلف یک متغیر مستقل بر یک متغیر خاص وابسته تحت مجموعه­ای از مفروضات تاثیر می­گذارد. این تکنیک در مرزهای خاصی استفاده می­شود. برای انجام آنالیز حساسیت نرم افزار اکسل می­تواند یک گزینه خوب باشد. تمامی پارامترهای ورودی می­تواند شامل مواردی چون مرگ، از کار افتادگی، نقص عضو و بهبود کامل در اثر مخاطرات استخراج معادن باشد. جدول 9 میزان حساسیت پارامترهای ورودی را نسبت به وضعیت آفراد آسیب دیده کارگران معادن زغال­سنگ در سال­های 1388 لغایت 1397 دیده می­شود. نتایج مربوط به آنالیز حساسیت نسبت به وضعیت افراد آسیب دیده به صورت نمودار در شکل 8 نشان داده شده است.

**جدول 9: آنالیز حساسیت مدل پارامتر های ورودی نسبت به وضعیت افراد آسیب دیده کارگران زغال سنگ ایران در سال های 88 الی 97 با استفاده از روش میدان کسینوسی**

|  |  |
| --- | --- |
| **پارامتر ورودی** | **میزان حساسیت** |
| **تلفات جانی(مرگ)** | **67/0** |
| **از کار افتادگی کلی** | **69/0** |
| **نقص عضو** | **62/0** |
| **از کار افتادگی جزئی** | **60/0** |
| **بهبود کامل** | **87/0** |



**شکل 8: نتایج مربوط به آنالیز حساسیت نسبت به وضعیت افراد آسیب دیده**

میزان خطای محاسباتی بین 60/0 تا 87/0 صدم بوده و نشان می­دهد که شبکه آموزش دیده به همگرایی نسبتا مطلوبی رسیده است. میزان آنالیز حساسیت برای افراد آسیب دیده مزبور از بین پارامترهای ورودی به کار رفته، شدیدا تحت تاثیر افرادیست که دارای بهبودیت کامل هستند، می­باشد. بیشترین حساسیت و کمترین حساسیت مربوط به پارامترهای ورودی به ترتیب بهبود کامل و از کار افتادگی جزیی می­باشد.

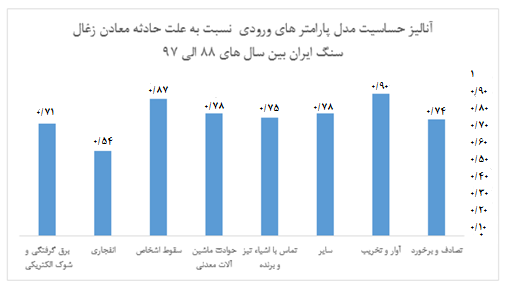
***6-2- آنالیز حساسیت علت حادثه معادن زغال­سنگ ایران بین سال های 88 الی 97***

با توجه به جدول 8 که 5 علت اصلی مخاطرات معادن زغال­سنگ ایران بین سال های 88 الی 97می­باشد، می­توان آنالیز حساسیت هر کدام از پارامترها را همانند جدول 10 مورد بررسی قرار داد.

**جدول 10: آنالیز حساسیت مدل پارامتر های ورودی نسبت به علت حادثه معادن زغال سنگ ایران بین سال های 88 الی 97 با استفاده از روش میدان کسینوسی**

|  |  |
| --- | --- |
| **پارامتر ورودی** | **میزان حساسیت** |
| **تصادف و برخورد** | **74/0** |
| **آوار و تخریب** | **90/0** |
| **سایر** | **78/0** |
| **تماس با اشیاء تیز و برنده** | **75/0** |
| **حوادث ماشین آلات معدنی** | **78/0** |
| **سقوط اشخاص** | **87/0** |
| **انفجاری** | **54/0** |
| **برق گرفتگی و شوک الکتریکی** | **71/0** |

میزان خطای محاسباتی بین 54/0 تا 90/0 صدم بوده و نشان می­دهد که شبکه آموزش دیده به همگرایی بسیار مطلوبی رسیده است. میزان آنالیز حساسیت برای علت حادثه مزبور از بین پارامترهای ورودی به کار رفته، شدیدا تحت تاثیر پارامتر ورودی آوار و تخریب هستند، می­باشد. بیشترین حساسیت و کمترین حساسیت مربوط به پارامترهای ورودی به ترتیب آوار وتخریب و انفجاری می­باشد. شکل 8 نتایج مربوط به آنالیز حساسیت، نسبت به علت حادثه معادن زغال­سنگ ایران بین سال­های 1388 الی 1397 را نمایش می­هد.



**شکل 8: نتایج مربوط به آنالیز حساسیت نسبت به علت حادثه معادن زغال سنگ ایران**

***7-بررسی درصد فوت شدگان، قطع عضویت و شکستگی معادن زغال­ و سایر معادن***

با توجه به جدول 11 تعداد کارگران معادن زغال و معادن ایران، سه مورد فوت، قطع عضویت و معلولیت و شکستگی و در رفتگی که بیشترین تبعات اقتصادی و اجتماعی را بهمراه دارد، آورده شده است. آمار فوت شدگان معادن زغال­سنگ نسبت به در اختیار داشتن نیرو نسبت به سایر معادن ایران بالا می­باشد.

**جدول11: تعداد کارگران زغال­ و سایر معادن و درصد فوت شدگان، قطع عضویت و شکستگی بین سال­های 88 الی 97**



**8- نتيجه‌گيری و جمع‌بندي**

فعالیت معدنی در معادن زیرزمینی زغال­سنگ در مقایسه با سایر فعالیت­های معدنی دارای تفاوت­هایی است که عمدتا ناشی از ماهیت و شرایط حاکم بر کار در این معادن می­باشد. وجود تجهیزات خاص مورد استفاده در کارگاه­های استخراج و دیگر محیط­های کاری در این معادن از یک سو و نیاز به سیستم­های تهویه، بارگیری و باربری و شرایط پایدارسازی و تحکیم ویژه در این مکان­ها از سوی دیگر، شرایط کاری متفاوتی را نسبت به سایر فعالیت­های کاری ایجاد می­کند. این مساله حتی در معادن زغال­سنگ بدلیل سایر محدودیت­های عملیاتی، مانند تجمع گرد زغال در هوای معدن و پتانسیل انفجار ناشی از آن، وجود گاز متان در لایه­های زغالی و به تبع آن احتمال انفجار گاز متان، سفره­های آب زیرزمینی، نور ناکافی محیطی و شیب زیاد لایه­های زغالی شرایط به مراتب حادتری را از نظر ایمنی در عملیات استخراج، پیش روی معدن­کاران این بخش قرار می­دهد. از همه مهمتر عدم نهادینه شدن قوانین و دستورالعمل­های ایمنی و عدم داشتن واحد HSEE در معادن کوچک مقیاس و متوسط با ظرفیت تولید پایین و عدم توجه کارفرمایان در بخش خصوصی به مسایل ایمنی و آموزش بدلیل تفاوت فاحش بین قیمت زغال­سنگ در بازار داخلی با قیمت بازارهای جهانی و واگذاری­های انجام شده معادن به بخش­های خصوصی غیر متخصص و عدم مکانیزاسیون معادن و استخراج روش­های سنتی موجب بروز حوادث می­باشد. تجربیات تلخ حاصل از بررسی حوادث معادن زغال­سنگ در دوره ده ساله و تکرار این حواث و عدم کاهش آن و حتی افزایش آن را می­توان ریشه­یابی و درمان نمود ولیکن بطور خلاصه بخش اعظم نیروی کار معادن، کارگران ساده­ای هستند که حتی از ابتدایی­ترین آموزش­ها برخوردار نبوده و تمام امور مربوط به معدن را به صورت تجربی فرا گرفته­اند.

هنگام وقوع حادثه در معادن زغال­سنگ که بیشترین حوادث بر اثر ریزش کمربالای کارگاه استخراج بدلیل عدم رعایت ساپورت آن (شامل عمق برش استخراج، ابعاد ستون، جرز و سرلا و جرزبندی در کارگاه استخراج) بدلیل محدودیت فضای کاری و فعالیت همزمان نیروهای انسانی، امکان افزایش تلفات و یا مصدومیت وجود دارد. (بعنوان مثال در یک کارگاه استخراج نیمه سنتی به ابعاد 100 متر طول کارگاه، 2 متر ارتفاع زغال و 1 متر فاصله ستون تا لایه زغال؛ تعداد 24 نفر کارگر مشغول کار می­باشند که به ازای هر نفر 12/0 متر مربع فضا در اختیار دارد).

در طول دوره ده سال تعداد 466 نفر از کارگران در معادن ایران و تعداد 120 نفر در معادن زغال­سنگ جان خود را از دست داده­اند (% 7/25 فوت شدگان معادن ایران مربوط به معادن زغال­سنگ) که بطور میانگین به ترتیب 6/46 و 12 نفر در هر سال می­باشد. متاسفانه در معادن زغال­سنگ از سال 1388 لغایت 1397 به صورت میانگین هر ماه یک نفر فوت نموده است.

با توجه به جدول 11 علاوه بر تعداد کارگران معادن زغال و معادن ایران؛ سه مورد فوت، قطع عضویت و معلولیت و شکستگی و در رفتگی که بیشترین تبعات اقتصادی و اجتماعی را بهمراه دارد، آورده شده است. آمار فوت شدگان معادن زغال­سنگ نسبت به در اختیار داشتن نیرو نسبت به سایر معادن ایران بالا می­باشد. بر اساس خبر منشر شده در سایت خبری گسترش نیوز با موضوع تحلیل حوادث معدنی سال 98 ایران که در 2/2/1399 با کد خبر 94820 منتشر گردیده است، تعداد 41 نفر در معادن جان خود را از دست داد­ه­اند که سهم معادن زغال­سنگ 22 نفر و سهم % 7/115 را به خود اختصاص داده است. این وضعیت اسفناک باعث به صدا درآمدن زنگ خطر برای مدیریت و ایمنی معادن ایران و همچنین سازمان­ها و ارگان­های زیربط شده است. در پایان نوشتن این مقاله، متاسفانه حادثه تراکم و انفجار گاز در معدن قیر طبیعی (بیتومین) هوراگه برگه واقع در گیلانغرب (استان کرمانشاه) در 13/4/99 منجر به کشته شدن یک نفر و مصدومیت 6 نفر گردید که حال دو نفر از کارگران وخیم گزارش شده است.

**مراجع**

[1] هاشمی، سید محمد. " زمین­شناسی زغال­سنگ­ها " انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، چاپ اول، 1395

[2] مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار، "شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک ویژه مسئولین ایمنی کارگاه­ها"، سال 1396 ص 4-5.

[3] فتوت، مسعود، ، 1399. " بررسی حوادث ناشی از استخراج معادن زغال­سنگ ایران طی دوره زمانی 10 ساله" ، پایان نامه، کارشناس رسمی دادگستری، ص 3-4.

[4] مرکز آمار ایران، 1393. " نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره­برداری کشور" ، تهران، صفحه 357.

[5] اورعی، کاظم. 1398 " روش­های استخراج زیرزمینی (زغال­سنگ) " انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ پنجم.

[6] عطایی، محمد. 1394 " روش­های تخریبی در معدنکاری زیرزمینی " انتشارات دانشگاه شاهرود، چاپ اول.

[7] فتوت، مسعود. 1398 پایان نامه کارشناسی ارشد، " بررسی پدیده انفجار ناگهانی گاز متان و روش­های پیش­بینی و جلوگیری از آن با نگاهی به بررسی فنی و اقتصادی عملیات گاززدایی (مطالعه موردی: معدن شماره یک شرکت زغالسنگ پروده طبس) " ، دانشگاه بیرجند.

[8]. <https://www.arnolditkin.com/industrial-injury/coal-mining-accidents>

[9] میرزایی، مهدی و همکاران،1391، " ریزش در معادن زیرزمینی، عوامل ایجاد و راهکارهای پیشگیری (معدن زغال­سنگ داربید خون) " اولین کنگره ملی زغال­سنگ، 8 – 10 شهریور ماه.

[10] <https://www.amar.org.ir/> سایت مرکز آمار ایران

[11] فتوت، مسعود و همکاران، " ارزيابي ريسك ژئوتكنيكي در انتخاب سیستم نگهداری تونل­های معدن زغال­سنگ طبس( مطالعه موردی: تونل آماده سازی Z7 W2 M.G) " همایش ملی مدیریت ریسک و تاب آوری در صنایع معدنی، 2 و 3 تیرماه 1398، دانشگاه صنعتی شاهرود.

[12] فرامرز، امین. 1395 پایان نامه کارشناسی ارشد، " ارزیابی عملکرد ماشین حفاری بازویی با نگرشی ویژه به معدن زغال­سنگ پروده طبس" ، دانشگاه شهید باهنر کرمان. ص 90 – 93.

**Risk assessment and analysis of accidents caused by Iran's coal mining over a period of 10 years 1388 - 1397**

**Masoud Fotowat1\*, Ario Barzan Mafi 2**

1- Master, Mining Engineering, Birjand University, masoud.fotowat@gmail.com

2- Master of Science in Geology, CEO of Pooyeshgaran Zarrin Part\* Corresponding Author

|  |  |
| --- | --- |
| **Abstract** | **Keywords** |
| Mining is undoubtedly one of the mother and very important resources of any country. Although the share of mines in GDP may seem small, its prosperity has a significant effect on increasing the output of other industries, and many of these industries depend on it. Therefore, special attention to mines has a significant impact on the economic situation of our country. In Iran, this issue is doubly important because the prosperity of the country's mines also takes the country out of being a single product (dependence on oil). Manpower is considered as a valuable asset in the path of economic development of the country. Providing and maintaining the health of workers, who constitute a large segment of society, in addition to being a human duty, plays a key role in maintaining and increasing the workforce and increasing national capital. This is while every year a large number of workers lose their lives or suffer serious injuries due to various accidents in the workplace. In this article, hazard identification, analysis, risk assessment and also sensitivity analysis of accidents caused by mining in Iranian coal mines during a 10-year period from 1387 to 1397 have been studied. The results show that during the ten-year period, 466 workers lost their lives in Iran's mines, and 120 people lost their lives in coal mines, (25.7% of deaths in Iran's mines) which averages 46.6 and 12 people per year, respectively. Unfortunately, in coal mines from 2009 to 1397, an average of one person has died every month. | Coal mines,  Accidents,  Risk Assessment,  Sensitivity analysis,  Identify hazards |

1. **Biolith** [↑](#footnote-ref-1)
2. **Castobiolith** [↑](#footnote-ref-2)
3. - outburst [↑](#footnote-ref-3)