مجله علمی – تحقیقی علوم انجنیری پوهنتون بغلان
د بغلان پوهنتون د انجنيري علومو علمي او څېړنيزه مجله
https://baghlan.edu.af -/ volume (1) , Issue (1), 2024

رتبه‌بندی عوامل مؤثر بروز احتراق در گدام‌های معادن زغال‌سنگ زیرزمینی آهندره و خورددره با استفاده از روش SAW

[1]پوهنمل دیپلوم انجنیر صالح محمد صالحی عضو کادر علمی پوهنحی انجنیری پوهنتون بغلان

Abstract

Ahandara and Khorddara coal mines are among the old mines in the coal-rich area of Pol-e- Khomri, where mining has been going on for a long time. Since a large part of the coal produced in this mine is consumed by Ghori cement factories, it is more important to study the causes of fires in the coal warehouses of the mentioned mine. The main goal of this research is to find out the factors that cause fires in the warehouses or coal piles of Ahandara and Khorddara mines. Since fires are among the harmful phenomena in mining processes that always target the mining system inside and outside the mine. Therefore, identification and ranking of such factors is a necessary matter in mining affairs and regulating warehouses. In this research, firstly, all the aspects of Ahandara and Khorddara coal mines were studied in detail, and then the criteria and factors that cause open fire were listed. By using the Simple Additive Weighting method (SAW), the weights of the factors were calculated based on the impact of the criteria on the effective factors, and according to their weight, the position of each factor in the occurrence of fire was identified. From the results of this research, it appears that the coal specification factor with a weight of 0.244 is in the first place and the extraction technology factor with a weight of 0.185 is in the last rank and the rest of the factors are placed in different positions based on their weights.

Key words: Ahandara and Khorddara, coal, criteria, fires, ranking, Simple Additive Weighting method

[1] *E-mails: s.salehy123@gmail.com , s.salehy123@baghlan.edu.af*
Mob : (0093)707070017

چکیده

معدن زغال‌سنگ آهندره و خورددره از جمله معادن کهن در حوزه زغال خیز پلخمری بوده که از دیرزمان بدینسو معدنکاری در آن جریان دارد. از آنجای که قسمتی بزرگ زغال‌سنگ تولید شده در این معدن به فابریکات سمنت غوری به مصرف میرسد، بناء مطالعه عوامل بروز حریق‌ها در گدام‌های معدن نامبرده از اهمیت بیشتری برخودار می باشد. هدف اساسی این تحقیق دست یابی به عوامل که باعث بروز احتراق در گدام‌ها یا انباشت‌های زغال‌سنگ معدن آهندره و خورد دره می شود، می باشد و از طرف دیگر حریق‌ها از جمله پدیده‌های مضر در پروسه‌های معدنکاری بوده که همواره پروسه‌های معدنکاری را در داخل و خارج از معدن هدف قرار می دهند، از اینرو شناسایی و رتبه بندی چنین عوامل یک امر ضروری در امور معدنکاری و تنظیم گدام‌ها می باشد. در این پژوهش نخست تماما جوانب معدن زغال سنگ آهندره و خورد دره به طوری مفصل مطالعه گردیده و سپس معیارها و عواملی که باعث بروز حریق‌های باز می شوند، لیست گردیده است. با استفاده از روش وزن دهی تجمعی ساده SAW[2] اوزان عوامل برمبنای میزان تاثیرات معیارها بر عوامل موثر محاسبه گردیده و با توجه به وزن آنها جایگاه هر یکی از عوامل در وقوع آتش سوزی شناسایی شده است. از نتایج تحقیق هذا چنین بر میآید که عامل مشخصات زغال سنگ با وزن ۰,۲۴۴ در جایگاه نخست و عامل تکنالوژی استخراج با وزن ۰,۱۸۵ در رتبه اخیر و بقیه عوامل برمبنای میزان اوزان شان در جایگاه های مختلف قرار گرفته اند.

کلمات کلیدی: آهندره و خورد دره ، حریق‌ها ، رتبه بندی ، زغال سنگ ، روش وزن دهی تجمعی ساده، معیارها و معادن

۱. مقدمه

حریق از جمله حوادث عمده در تمام معادن زغال سنگ اعم از روباز و زیرزمینی است، که یکی از مسائل جدی در کشورهای تولیدکننده زغال سنگ محسوب می شود (امدادی, یزدان مهر, & برناتی, ۱۳۹۹, ص. ۱۴۲). حریق‌های معادن زیرزمینی، به مراتب جدیتر و خطرناکتر از حریق‌های سطحی هستند زیرا گرما و محصولات ناشی از احتراق، در محل محصوری جمع می شوند و بنابر این به مخاطره افتادن جان افرادی که در چنین محیط های محدودی کار می کنند افزایش می یابد و از سوی دیگر، خطر انفجار نیز وجود دارد (صدیقی, ۱۳۹۹, ص. ۱۲۳).

علی‌رغم افزایش توجه به منابع تجدیدپذیر، انرژی فسیلی مثل زغال‌سنگ نقش عمدهای در تأمین انرژی صنایع دارد. با این حال حریق- های زیرزمینی به طور گسترده صنعت معدن زغال سنگ را تهدید میکند، بنابر این ارزیابی خطر حریق در معادن زغال سنگ یک نیاز اصلی است که باید طی عمر یک معدن مد نظر قرار بگیرد. زیرا این موضوع از لحاظ ایمنی، اقتصادی و زیست محیطی بسیار

[2] *Simple Additive Weighting*

مهم است (یزدی, ۱۳۸۸, ص. ۲۲۱). تاکنون مطالعات زیادی در مورد روشهای ارزیابی حریق انجام شده است که به برخی از تحقیقات محققان اشاره می شود: موهلک در سال ۲۰۱۶م ، بررسی روش های تجربی برای تعیین حساسیت احتراق خود به خودی زغال‌سنگ – در هندوستان وابسته به شرایط معدنکاری ارائه کرد (Mohlik, Lester, & Lowndes, 2016, p. 301)؛ سفری و همکاران در سال ۲۰۱۷ م، ارائه یک سیستم طبقه‌بندی مهندسی برای پتانسیل احتراق خود به خود زغال سنگ با استفاده از تجارب معدنکاری ارائه کردند (saffari, Sereshki, Ataei, & Ghanbari, 2017, p. 110)، در سال ۲۰۲۲م ، سو و همکاران شناسایی ریسک احتراق خود به خود زغال‌سنگ بر اساس مدل ابر وزنی ترکیبی COWA اصلاح شده G_1 برای ارزیابی خطر خودسوزی ارائه داد (Baoshan Jia, Ru Zhang , & Shen , 2022). حریق های معدنی یکی از شاخص های قابل توجه معدنکاران بوده که بشکل باز و بسته پروسه های معدنکاری را مورد تهدید قرار می دهد.

معدن زیرزمینی زغال سنگ آهندره و خورد دره از جمله معادن کوچک مقیاس در کشور بوده که از چندین سال بدینسو معدنکاری در آن جریان دارد. معدن نامبرده یکی معادن در حوزه زغال خیز پلخمری بوده که همه ساله صدها تن زغال سنگ از آن استخراج می گردد و مواد سوخت فابرکات سمنت غوری را تامین می نماید. حریق های معدنی در معدن آهندره و خورد دره بشکل باز و بسته عمل نموده و باعث مختل شدن روند معدنکاری می شود. از آنجای بیشترین حریق ها در معدن نامبرده از نوع باز می باشد، بناء تمرکز بیشتر این تحقیق بر عوامل که باعث بروز حریق های در گدام ها می شود، می باشد. قابل تذکر است که تا هنوز در زمینه عوامل مؤثر بر حریق های معدنی در معدن آهندره و خورد دره کدام تحقیق انجام نیافته است. در این تحقیق معیارها و عوامل در قالب مقایسات زوجی در پرسشنامه‌ها ترتیب یافته و با تعدادی از خبرگان ، متخصصان و انجنیران مسلکی مصاحبه صورت گرفته است. برای تجزیه و تحلیل نتایج پرسشنامه ها از روش وزن دهی تجمعی (SAW) استفاده شده است.

۲. پیشینه تحقیق

خود سوزی یک فعل یا انفعال فزیکی و کیمیاوی است که از اکسدیشن فاز بخار ترکیبات آلی(مواد که از بقایای ارگانیسم های مرده از جمله گیاهان و جانوران تشکیل می شوند) در هوا یا اکسیجن بوجود میاید. در ابتدا زغال اکسیجن را بطور سطحی جذب و با نفوذ اکسیجن به داخل زغال باعث

افزایش درجه حرارت می شود. چنانچه حرارت ایجاد شده خنک نگردد، اکسیجن فعل و یا انفعال کیمیاوی ایجاد می کند و در نتیجه آن گاز های مثل کاربن مونواکساید، کاربن دای اکساید، میتان، هایدروجن و هایدروکاربن های مختلف ایجاد می شود. در بعضی مواقع درجه حرارت حاصله به قدری افزایش میابد که موجب آتش سوزی می شود. شرایط لازم برای این فرایند وجود اکسیجن کافی برای ایجاد خود سوزی و فقدان یک سیستم صحیح تهویه است تا گرمای حاصله را انتقال دهد.

مهار خودسوزی خیلی مشکل است، زیرا حتی در مواردی که غلظت اکسیجن ۶ درصد باشد، خودسوزی هم چنان به طور خفیف حفظ شده و به محض تهویه مجدد ساحه و افزایش غلظت اکسیجن، به سرعت دوباره آغاز می شود. خودسوزی را تنها می توان با انجام عملیات که بر اساس حذف اکسیجن از ساحه در حال خودسوزی و یا سرد کردن ساحه استوار است، مهار کرد (O'Driscoll & Smith, 2019, p. 1293) آتش سوزی از جمله حوادث خطرناک در معادن است که می تواند موجب تلفات جانی و سبب خسارات مالی فراوان گردد. بررسی های نشان داده است که هزینه اقدامات مربوط به پیشگیری از حریق به مراتب کمتر از زیان های ناشی از آتش سوزی است.

از مهم ترین عواملی که سبب رخداد آتش سوزی یا تشدید پیامدهای ناشی از آن در معادن می شود، می توان از طراحی نامناسب شبکه تهویه، وجود تجهیزات الکتریکی، ماشین الات، افراد و نیز فقدان آمادگی جهت مبارزه با حریق نام برد. طبق آمار منتشر شده از ۲۳۶ فقره آتش سوزی که در مدت هفت سال در معادن زغال سنگ ناحیه روهر آلمان رخ داده است حدودی ۱۸۹ فقره (۸۰ درصد) در اثر خودسوزی زغال و ۴۷ فقره (۲۰ درصد) در اثر عوامل خارجی بوده است و در کل ۸۰ درصد حریق های خارجی نیز از آتش سوزی کنویرها گزارش گردیده است (طایفه & جهانگیری, ۱۳۹۵, ص. ۱۷۴). حریق های باز نوعی از حریق های معدنی است که موجب خسارات هنگفت مالی و جانی در معادن می گردند. در زیر تعدادی از این حریق ها که با تفکیک زمان ، محل و علل آن در دنیا به اتفاق افتیده است، درج جدول شماره ۱ بیان شده است.

جدول ۱: نمونه ای از حریق های باز در معادن زغال سنگ دنیا (Jan, 2008, ص. ۳۳۲)

زمان	محل حریق باز	علل حریق باز
۱۹۰۷	معدن زغال سنگ Monogah در ایالات متحده امریکا	انفجار گرد زغال و گاز میتان
۱۹۱۳	معدن زغال سنگ Senghenydd در ایالات کینگ دام	انفجار گاز میتان و جرقه برقی ناشی از تجهیزات

۱۹۴۲	معدن زغال سنگ Honkeiko در کشور چین	انفجار ناشی از مخلوط گاز و گرد زغال
۱۹۸۱	معدن زغال سنگ کرکر در ولایت بغلان افغانستان	انفجار گاز میتان
۲۰۱۴	معدن زغال سنگ سوما در غرب ترکیه	جریان الکتریکی در ترانسفرماتورهای برق

در رابطه به حریق های معدنی در معدن زغال سنگ آهندره و خورد دره تا هنوز کدام تحقیق، مطالعه، ارزیابی و یا بررسی انجام نیافته است. البته قابل ذکر است که در زمینه حریق ها ، انواع و منابع تولید آنها مطالعات چشمگیری در دنیا انجام یافته است. اما تحقیق هذا به عنوان نخستین مطالعه در زمین عوامل بروز حریق ها در معدن نامبرده خواهد بود. تصویر ۱ طرق مجادله با حریق های باز در گدام ها و معادن سطحی را نشان میدهد.

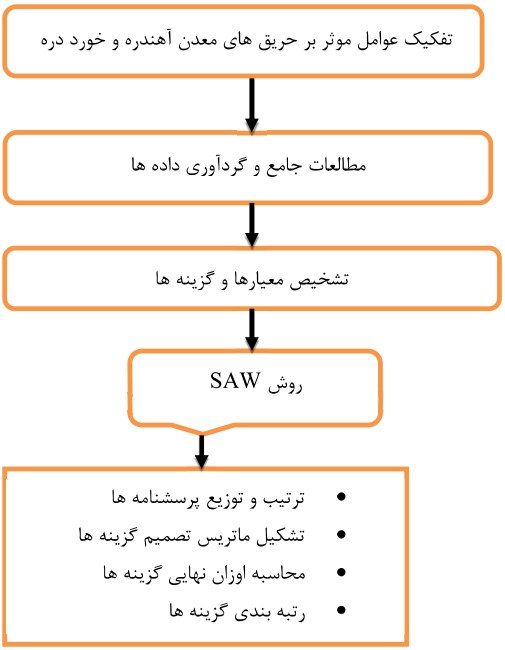
تصویر ۱: طرق مجادله فعال با حریق های باز در گدام ها و معادن سطحی (Bustamante Rúa, Daza Aragón, Osorio Botero, 2019 & ,Bustamante Baena, ص. ۷۳۱)

از آنجای که هدف اساسی این تحقیق شناسایی و رتبه بندی عوامل مؤثر بر حریق های معدنی بخصوص حریق های باز که در گدام های معدن آهندره و خورد دره بوقوع می پیوندد، می باشد. بناء یکی از عوامل مهم که در توسعه و گسترش حریق های جایگاه اساسی را دارند، میزان اکسیجن می باشد، از اینرو حریق های که در گدام های زغال سنگ در فضای باز و رسش کامل اکسیجن انجام میابد، جلوگیری قبلی از آنها خیلی دشوار خواهد بود.

۳. مواد و روش تحقیق

۳-۱. ساختار کلی تحقیق

در این قسمت با توجه به روند انجام تحقیق، ساختاری کلی آن از تسلسل پروسه‌ها تا نتایج به تصویر کشیده شده که در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل ۲ : ساختار کلی تحقیق

۳-۲. روش وزن دهی تجمعی ساده (SAW)

روش SAW یکی از ساده ترین و معمولی ترین روش های مربوط به MADM می باشد. این روش برای اولین بار در سال ۱۹۷۳ توسط مک کریمون ابداع شده است. در روش SAW تصمیم گیرنده به هر از معیارها یک وزن تخصیص می دهد که نشان دهنده اهمیت آن معیار می باشد (Ibrahim & Surya, 2018, ص. ۷).

روش SAW بدلیل سهولتی که دارد محبوب ترین و رایج‌ترین روش در MADM است. روش SAWرا می‌توان ساده‌ترین و مستقیم‌ترین روش برای مواجهه با مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفت؛ بنابر در این روش از یک تابع افزایشی خطی برای نمایش ترجیحات تصمیم‌گیرندگان

استفاده می‌شود. با این حال این تکنیک زمانی کاربرد پیدا می‌کند که فرض کنیم ترجیحات مستقل و یا مجزا از هم هستند (Ruuhwan, 2020 & Sudiarjo, ص. ۲۵).

برای نشان دادن ارزیابی نهایی مطابق معیارها، تصمیم گیرنده یک مقیاس عددی (کمی) از ارزش داخلی معیارها را ایجاد می کند. تصمیم گیرنده سپس می تواند به سادگی با ضریب نرخ مقیاس برای هر ارزش معیار با اهمیت وزن نشان دهنده معیار و جمع آن ها یک مقیاس نهایی برای هر آلترناتیو را ایجاد می کند. روش SAW که مخفف Simple Additive Weighting است، امتیاز کلی یک راه حل کاندید با مجموع وزنی تمام مقادیر ویژگی تعیین می شود. روش ساده وزنی به دلیل سهولتی که دارد محبوب ترین و رایج ترین روش در MADM است (Biswas & Chaki , 2022, p. 830).

در این روش جهت تصمیم گیری، تنها به ماتریس تصمیم گیری و بردار وزن شاخص های ارزیابی نیاز است. این روش مانند روش ویکور و تاپسیس عمل می کند. در این روش که با نام روش ترکیب خطی وزن دار نیز شناخته می شود، پس از بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم، با استفاده از ضرایب وزنی معیارها، ماتریس تصمیم بی مقیاس وزن دار به دست آمده و با توجه به این ماتریس، امتیاز هر گزینه محاسبه می شود. بعد از اینکه وزن نهایی هر آلترناتیو تخمین زده می شود، آلترناتیو با بالاترین وزن (بالاترین متوسط وزن) برای تصمیم گیرنده ایجاد می شود.

مراحل این روش عبارت اند از:

- تشکیل ماتریس تصمیم
- بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم گیری با استفاده از روش نرمال سازی خطی
- تشکیل ماتریس موزون
- انتخاب گزینه برتر

در این قسمت نخست تماما مواد مورد ضرورت تحقیق در روش SAW شناسایی گردیده و سپس با توجه به مراحل روش عملیات انجام میابد. به منظور شناسایی معیارها و عوامل موثر که باعث ایجاد حریق های در گدام های معدن زیرزمینی زغال سنگ آهندره و خورد دره می شود، مصاحبه با انجنیران و کارگران صورت گرفته و در نتیجه آن جداول معیارها و عوامل ترتیب گردیده است.

جدول ۲ : معیارها و عوامل مؤثر بر ایجاد حریق های معدنی در گدام های زغال سنگ معدن آهندره و خورد دره

معیارها				گزینه ها(عوامل)
سیستم بارگیری (D)	سیستم تهویه (C)	نوع کندنکاری (B)	نوع روش استخراج (A)	تکنالوژی استخراج
گرما (H)	رطوبت(G)	میزان بارندگی (F)	میزان اکسیجن (E)	آب و هوای منطقه
خود سوزی (L)	مقدار کالوری (K)	میزان سلفر داری (J)	میزان خاکستری داری(I)	مشخصات زغال سنگ
انبار های زیرزمینی (P)	انبارهای نیمه باز و بسته (O)	انبار های بسته (N)	انبار های باز (M)	نوع انبار
مدت انباشت بیشتر از ۲ سال (T)	مدت انباشت ۱ تا ۲ سال (S)	مدت انباشت ۶ تا ۱۲ ماه(R)	مدت انباشت ۱ تا ۶ ماه (Q)	زمان انباشت

بعد از شناسایی معیارها و عوامل مؤثر بر ایجاد حریق های در گدام های معدن زیرزمینی زغال سنگ آهندره و خورد دره، نیاز است تا میزان اهمیت معیارها نسبت به عوامل را برمنبای عبارات کلامی و عددی تعریف نمایم تا خبرگان و متخصصان بر اساس آن پرسشنامه ها را تکمیل نمایند. عبارات کلامی و عددی به منظور شناسایی میزان اهمیت معیارها نسبت به عوامل در قالب جدول (۳) توضیح یافته است.

جدول ۳ : عبارات کلامی و اعداد تعریف شده جهت ارزیابی اهمیت معیارها نسبت به گزینه ها

توضیحات	میزان اهمیت
مساوی	۱
نسبتاً	۲
بسیار	۳
بسیار زیاد	۴
فوق العاده زیاد	۵

بعد از ترتیب و توزیع پرسشنامه های که نمونه آن در جدول ۱ پیوست ۱ توضیح یافته است، خبرگان اهمیت معیارها را نسبت به گزینه ها برمبنای اعداد تعریف شده تعیین نموده و ماتریس تصمیم با توجه به نتایج پرسشنامه ها و استفاده از رابطه ۱ تشکیل گردیده که شامل جدول شماره ۲ پیوست ۱ می باشد.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \qquad ۱$$

در رابطه بالا، D ماتریس تصمیم، x_{ij} مشخصه مطلوبیت شاخص j ام برای گزینه i ام، m گزینه‌های کاندید، n عوامل مؤثر بر گزینه‌ها می باشد. بعد از تشکیل ماتریس تصمیم، ماتریس مزبور را با توجه به معیارهای مثبت و منفی و استفاده از روابط ۲ و ۳ نرمال سازی نموده و نتایج آن درج جدول شماره ۳ پیوست ۱ می باشد که در روابط نامبرده r_{ij} نشان دهنده ارزش شاخص j ام برای گزینه i ام است.

- برای معیارهای مثبت

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{max}} \qquad i = 1, \dots 5, \qquad j = 1, \dots .15 \qquad ۲$$

- برای معیارهای منفی

$$r_{ij} = \frac{x_j^{min}}{x_{ij}} \qquad i = 1, \dots 5, \qquad j = 1, \dots .15 \qquad ۳$$

با توجه به نتایج ماتریس نورمالیزه شده و استفاده از رابطه ۴ ، ماتریس وزنی گزینه ها تشکیل گردیده و برمبنای آن اوزان نورمال‌شده گزینه‌ها محاسبه شده است که در رابط نامبرده، A_i ماتریس وزنی شاخص j ام برای گزینه i ام و W_j اهمیت وزنی شاخص‌ها می باشد و نتایج آن شامل جدول شماره ۴ پیوست ۱ می باشد.

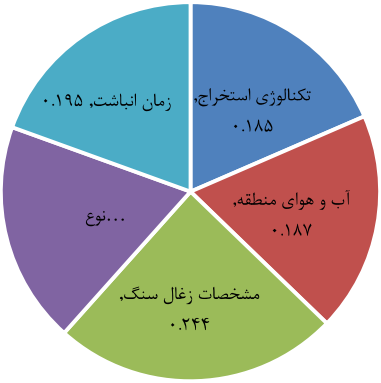
$$A_i = \sum_{j=1}^{m} W_j \times \left(X_{ij}\right)_{normal} \qquad i = 1, \dots .5, \qquad j = 1, \dots 15 \qquad ۴$$

۴. نتایج تحقیق

در اخیر رتبه بندی گزینه ها با توجه به مقدار اوزان نورمال شده آنها انجام یافته که درج جدول شماره ۴ می باشد و هم چنان درصد میزان تاثیرات عوامل مربوطه بالای ایجاد حریق های در گدام های معدن زیرزمینی زغال سنگ آهندره و خورد دره در شکل ۳ توضیح یافته است.

جدول ۴ : رتبه بندی عوامل مؤثر بر ایجاد حریق ها در گدام های معدن آهندره و خورد دره بر مبنای اوزان نرمال شده

گزینه ها	اوزان نرمال شده گزینه ها	رتبه بندی گزینه ها
تکنالوژی استخراج	۰,۱۸۵	۵
آب و هوای منطقه	۰,۱۸۷	۴
مشخصات زغال سنگ	۰,۲۴۴	۱
نوع انبار	۰,۱۸۹	۳
زمان انباشت	۰,۱۹۵	۲



شکل ۳ : درصد میزان تاثیرات عوامل مختلف بالای احتراق زغال سنگ در گدام های معدن آهندره و خورد دره

۵. نتیجه‌گیری

حریق‌ها یکی از مسایل مهم و قابل بحث در معادن بخصوص معادن زغال سنگ می باشد. از آنجای که معدن زغال سنگ آهندره و خورد دره از جمله معادن کهن در کشور بوده که از چندین سال

بدینسو معدنکاری در آن جریان دارد. بطور عمومی حریق های معدنی بدو دسته باز و بسته تقسیم می گردند که مربوط به دو عامل از جمله امپولس خارجی و داخلی می شوند. از آنجای که زغال سنگ معدن آهندره و خورد دره در ترکیب خویش میزان سلفر و شاخص خودسوزی بیشتری را دارا است، از اینرو زمانیکه در محیط آزاد در داخل تونل ها یا در گدام های بیرونی در فضای باز قرار می گیرد، با اکسیجن داخل تعامل شده و در نتیجه اشتعال و سپس حریق های فعال سرمیزند.

با توجه به مطالعات انجام شده به تعداد پنج مورد به عنوان گزینه های(عوامل) مؤثر بر احتراق شناسایی گردیده و برمبنای آن به تعداد ۲۰ شاخص به عنوان معیارهای موثر انتخاب گردیده است. بعد از تکمیل پرسشنامه‌ها، مصاحبه با خبرگان بر اساس قواعد روش SAW انجام یافته است. متخصصین داوری را برمبنای اعداد تعریف شده که درج جدول ۳ می باشد، انجام داده اند. با توجه به نتایج پرسشنامه ها و مراحل روش SAW نخست ماتریس تصمیم تشکیل گردیده و سپس نورمالیزه گردیده است و هم چنان تاثیرات منفی و مثبت معیار ها بالای عوامل تشخیص گردیده و به عنوان مورد تاثیرگذار در ستون معیارها نوشته شده که شامل جدول ۳ پیوست ۱ می باشد.

رتبه بندی عوامل موثر بر مبنای اوزان گزینه ها انجام یافته است که در نتیجه عامل مشخصات زغال سنگ با کسب وزن ۰,۲۴۴ به عنوان نخستین گزینه و عامل تکنالوژی استخراج با کسب وزن ۰,۱۸۵ به عنوان آخرین گزینه و بقیه عوامل با توجه به میزان اوزان آنها در جایگاه های مختلف تاثیرات قرار گرفته است و رتبه بندی گزینه های در جدول ۴ نشان داده شده است. هم چنان میزان درصد تاثرات عوامل بر احتراق گدام های زغال سنگ معدن آهندره و خورد دره در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به نتایج تحقیق هذا بروز حریق ها در گدام های معدن زیرزمینی زغال سنگ آهندره و خورد دره مربوط به عوامل بیشماری می شود، اما بیشترین آن مربوط به مشخصات زغال سنگ ، زمان نگهداری زغال سنگ در گدام ها و نوعیت گدام (گدام باز) می باشد. با توجه به مشخصات زغال سنگ که قابل تغییر نیست، از اینرو نیاز است تا زغال سنگ بعد از استخراج به زودترین زمان مورد استفاده قرار گیرد. از طرف دیگر از گدام های بسته دور از رسش اکسیجن استفاده صورت گیرد. هم چنان نیاز است تا به هر روش امکان پذیر منفذهای نفوذپذیر هوا مسدود گردد تا از ورود هوا در خالیگاه های میان توته های زغال جلوگیری گردد.

۶. فهرست منابع

1. Baoshan Jia, G., Ru Zhang , P., & Shen , Z. (2022). Risk identification of coal spontaneous combustion based on COWA modified G1 combination weighting cloud model. Lingquan: Springer Nature.
2. Ibrahim, A., & Surya, R. A. (2018). The Implementation of Simple Additive Weighting (SAW) Method in Decision Support System for the Best School Selection in Jambi. *The 2nd International Conference on Applied Sciences Mathematics and Informatics* (pp. 1-7). Bandar Lampung, Indonesia: IOP Publishing Ltd.
3. Jan, W. (2008). Analysis of underground fires in Polish hard coal mines. *Journal of China University of Mining and Technology*, 332-336.
4. Biswas , T. K., & Chaki , S. (2022). Applications of Modified Simple Additive Weighting Method in Manufacturing Environment. *international journal of Engineering*, 830-836.
5. Bustamante Rúa, M. O., Daza Aragón, A. J., Bustamante Baena, P., & Osorio Botero, J. D. (2019). Statistical analysis to establish an ignition scenario based on extrinsic and intrinsic variables of coal seams that affect spontaneous combustion. *International Journal of Mining Science and Technology*, 731-737.
6. Mohlik, N. K., Lester, E., & Lowndes, I. S. (2016). Review of experimental methods to determine spontaneous combustion susceptibility of coal – Indian context. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 301-332.
7. O'Driscoll , B., & Smith, R. (2019). Oxygen Use in Critical Illness. *National Library of Medicine*, 1293-1307.
8. saffari, A., Sereshki, F., Ataei, M., & Ghanbari, K. (2017). Presenting an engineering classification system for coal spontaneous combustion potential. *International Journal of Coal Science & Technology* , 110-128.
9. Sudiarjo, A., & Ruuhwan. (2020). Application of the Simple Additive Weigthing Method in the selection of housing in the city of Tasikmalaya. *Journal of Physics: Conference Series,* (pp. 25-32). Bandar Lampung, Indonesia: IOP Publishing Ltd.

۱۰. امدادی, م., یزدان مهر, ب & ., برناتی, ت .(۱۳۹۹) .مدیریت عملیات اطفای حریق های زیرزمینی .نشریه *علمی رویکردهای پژوهشی نوین مدیریت و حسابداری*.۱۵۰-۱۴۱ ,

۱۱. صدیقی, م .(۱۳۹۹) .*تخنیک بی خطر در معادن* .کابل: پولی تخنیک کابل.

۱۲. طایفه, ج. ر & ., جهانگیری, م .(۱۳۹۵) .*ایمنی و بهداشت در معدن و معدن‌کاری* .تهران: فدک ایساتیس.

۱۳. یزدی, م .(۱۳۸۸) .*زغال سنگ (از منشاء تا اثرات زیست محیطی)* .تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

پیوست ۱ :

جدول ۱ : نمونه از پرسشنامه‌های روش تصمیم‌گیری SAW

معیارها /گزینه ها	نوع روش استخراج (A)	نوع کندنکاری (B)	سیستم تهویه (C)	سیستم بارگیری (D)	میزان اکسیجن (E)	میزان باردگی (F)	رطوبت(G)	گرما (H)	میزان خاکستری داری(I)	میزان سلفر داری (J)	مقدار کالوری (K)	خود سوزی (L)	انبار های باز (M)	انبار های بسته (N)	انبارهای نیمه باز و بسته (O)	انبار های زیرزمینی (P)	مدت انباشت ۱ تا ۶ ماه (Q)	مدت انباشت ۶ تا ۱۲ ماه(R)	مدت انباشت ۱ تا ۲ سال (S)	مدت انباشت بیشتر از ۲ سال (T)
تکنالوژی استخراج																				
آب و هوای منطقه																				
مشخصات زغال سنگ																				
نوع انبار																				
زمان انباشت																				

جدول ۲ : ماتریس تصمیم

معیارها /گزینه ها	نوع روش استخراج (A)	نوع کندنکاری (B)	سیستم تهویه (C)	سیستم بارگیری (D)	میزان اکسیجن (E)	میزان بارندگی (F)	رطوبت(G)	گرما (H)	میزان خاکستری داری(I)	میزان سلفر داری (J)	مقدار کالوری (K)	خود سوزی (L)	انبار های باز (M)	انبار های بسته (N)	انبارهای نیمه باز و بسته (O)	انبار های زیرزمینی (P)	مدت انباشت ۱ تا ۶ ماه (Q)	مدت انباشت ۶ تا ۱۲ ماه(R)	مدت انباشت ۱ تا ۲ سال (S)	مدت انباشت بیشتر از ۲ سال (T)
Max/Min	min	min	min	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	min	min	min	min	min	max	max
تکنالوژی استخراج	۵	۴	۴	۳	۳	۱	۲	۳	۱	۱	۱	۵	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۱
آب و هوای منطقه	۱,۴	۱,۸	۲,۸	۲	۴,۲	۳,۶	۳,۲	۴,۲	۱,۶	۲	۱,۸	۴,۶	۳,۸	۳,۶	۳,۲	۲,۴	۳,۲	۳,۲	۳,۴	۳,۸
مشخصات زغال سنگ	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۳	۵	۳	۴	۵	۵	۲	۱	۱	۱	۴	۴	۵	۵
نوع انبار	۲	۳	۲,۸	۳,۲	۳	۳	۲	۱,۸	۱	۲	۳	۴,۶	۳,۸	۲,۴	۲	۱,۸	۳,۲	۳,۲	۳,۴	۳,۸
زمان انباشت	۲	۳	۳,۴	۳,۶	۳	۳	۲	۱,۴	۱	۲	۳	۴,۸	۴,۴	۲,۲	۲	۱,۴	۳,۶	۳,۶	۴,۲	۴,۴
Max/Min	۱	۱	۱	۱	۴,۲	۱	۲	۵	۱	۴	۵	۵	۴,۴	۱	۱	۱	۲	۱	۵	۵

جدول ۳ : ماتریس تصمیم نورمالیزه شده

معیارها /گزینه ها	نوع روش استخراج (A)	نوع کندنکاری (B)	سیستم تهویه (C)	سیستم بارگیری (D)	میزان اکسیجن (E)	میزان بارندگی (F)	رطوبت(G)	گرما (H)	میزان خاکستری داری(I)	میزان سلفر داری (J)	مقدار کالوری (K)	خود سوزی (L)	انبار های باز (M)	انبار های بسته (N)	انبارهای نیمه باز و بسته (O)	انبار های زیرزمینی (P)	مدت انباشت ۱ تا ۶ ماه (Q)	مدت انباشت ۶ تا ۱۲ ماه(R)	مدت انباشت ۱ تا ۲ سال (S)	مدت انباشت بیشتر از ۲ سال (T)
Max/Min	min	min	min	min	max	min	min	max	min	max	max	max	max	min	min	min	min	min	max	max
تکنالوژی استخراج	۰,۲۰	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۳۳	۰,۷۱	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۶۰	۱,۰۰	۰,۲۵	۰,۲۰	۱,۰۰	۰,۲۳	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۴۰	۰,۲۰
آب و هوای منطقه	۰,۷۱	۰,۵۶	۰,۳۶	۰,۵۰	۱,۰۰	۰,۲۸	۰,۶۳	۰,۸۴	۰,۶۳	۰,۵۰	۰,۳۶	۰,۹۲	۰,۸۶	۰,۲۸	۰,۳۱	۰,۴۲	۰,۶۳	۰,۳۱	۰,۶۸	۰,۷۶
مشخصات زغال سنگ	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۴۸	۱,۰۰	۰,۶۷	۱,۰۰	۰,۳۳	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۴۵	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۰,۵۰	۰,۲۵	۱,۰۰	۱,۰۰
نوع انبار	۰,۵۰	۰,۳۳	۰,۳۶	۰,۳۱	۰,۷۱	۰,۳۳	۱,۰۰	۰,۳۶	۱,۰۰	۰,۵۰	۰,۶۰	۰,۹۲	۰,۸۶	۰,۴۲	۰,۵۰	۰,۵۶	۰,۶۳	۰,۳۱	۰,۶۸	۰,۷۶
زمان انباشت	۰,۵۰	۰,۳۳	۰,۲۹	۰,۲۸	۰,۷۱	۰,۳۳	۱,۰۰	۰,۲۸	۱,۰۰	۰,۵۰	۰,۶۰	۰,۹۶	۱,۰۰	۰,۴۵	۰,۵۰	۰,۷۱	۰,۵۶	۰,۲۸	۰,۸۴	۰,۸۸

جدول ۴ : ماتریس وزنی و اوزان نرمال شده گزینه‌ها

معیارها /گزینه‌ها	نوع روش استخراج (A)	نوع کندنکاری (B)	سیستم تهویه (C)	سیستم بارگیری (D)	میزان اکسیجن (E)	میزان بارندگی (F)	رطوبت(G)	گرما (H)	میزان خاکستری داری (I)	میزان سلفر داری (J)	مقدار کالوری (K)	خود سوزی (L)	انبار های باز (M)	انبار های بسته (N)	انبارهای نیمه باز و بسته (O)	انبار های زیرزمینی (P)	مدت انباشت ۱ تا ۶ ماه (Q)	مدت انباشت ۶ تا ۱۲ ماه(R)	مدت انباشت ۱ تا ۲ سال (S)	مدت انباشت بیشتر از ۲ سال (T)	اوزان گزینه ها	اوزان نرمال شده گزینه ها
اوزان نرمال شده معیارها	۰.۰۴۲	۰.۰۱۵	۰.۰۴۳	۰.۰۳۱	۰.۱۱۰	۰.۰۳۹	۰.۱۳۱	۰.۱۲۵	۰.۰۳۳	۰.۱۳۲	۰.۱۲۲	۰.۱۳۶	۰.۱۳۱	۰.۰۶۵	۰.۰۵۰	۰.۰۵۵	۰.۰۴۵	۰.۰۵۵	۰.۱۳۲	۰.۱۳۶		
تکنالوژی استخراج	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۸	۰.۰۴	۰.۱۳	۰.۰۸	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۱۴	۰.۰۳	۰.۰۶	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۹۱	۰.۱۸
آب و هوای منطقه	۰.۰۳	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۱۱	۰.۰۱	۰.۰۸	۰.۱۱	۰.۰۲	۰.۰۷	۰.۰۴	۰.۱۳	۰.۱۱	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۰۳	۰.۰۴	۰.۹۲	۰.۱۹
مشخصات زغال سنگ	۰.۰۴	۰.۰۲	۰.۰۴	۰.۰۳	۰.۰۵	۰.۰۴	۰.۰۹	۰.۱۳	۰.۰۱	۰.۱۳	۰.۱۲	۰.۱۴	۰.۰۶	۰.۰۶	۰.۰۵	۰.۰۵	۰.۰۳	۰.۰۱	۰.۰۵	۰.۰۵	۱.۲۰	۰.۲۴
نوع انبار	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۰۸	۰.۰۱	۰.۱۳	۰.۰۵	۰.۰۳	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۱۳	۰.۱۱	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۰۳	۰.۰۴	۰.۹۳	۰.۱۹
زمان انباشت	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۸	۰.۰۱	۰.۱۳	۰.۰۴	۰.۰۳	۰.۰۷	۰.۰۷	۰.۱۳	۰.۱۳	۰.۰۳	۰.۰۳	۰.۰۴	۰.۰۳	۰.۰۱	۰.۰۴	۰.۰۴	۰.۹۶	۰.۱۹
																					۴.۹۱	۱.۰۰