

مقاله پژوهشی

## تحلیل ریسک ایمنی در معادن طلای اردستان و موته

حسن قاسم زاده<sup>۱</sup>، حسن مدنی<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی دکترا دانشکده معدن و متالورژی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ایران، h.ghasemzadeh@aut.ac.ir  
۲. استادیار دانشکده معدن و متالورژی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، hmadani@aut.ac.ir

(دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱ - پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱)

## چکیده

در حین کار در معادن همواره پرسنل با خطرات زیادی مواجه‌اند، بنابراین مطالعات مربوط به حفظ ایمنی و سلامتی پرسنل و بهبود مدیریت ایمنی در حال گسترش است. برای کاهش آسیب‌ها حین معدنکاری باید به طور پیوسته ارزیابی ریسک انجام گیرد. بدین منظور ارزیابی ریسک ایمنی پرسنل، برای دو معدن طلای اردستان و موته اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. در اولین مرحله ارزیابی ریسک، اطلاعات خطرات موجود در معادن جمع‌آوری شد. در مرحله دوم، احتمال وقوع و شدت اثر هر یک از آن‌ها بررسی و ارزیابی شد. سپس با استفاده از منطق فازی و شباهت به گزینه ایده‌آل، میزان ریسک برای هر کدام از خطرات احتمالی تعیین شده و رتبه‌بندی برای ارزیابی خطرات موجود برای پرسنل دو معدن طلای یاد شده انجام گرفت. در پژوهش حاضر، ریسک‌های عملیات استخراج و تغلیظ کانسنگ در هشت گروه ریسک فیزیکی، شیمیایی، کار با سیانید، ترابری، الکتریکی، تعمیرگاه، انسانی و ایمنی جمع‌آوری شد. به طور مجموع در این دو معدن ۱۳۶ مورد احتمال خطر وجود داشت. با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش، ریسک‌های موجود در معادن طلای اردستان و موته در پنج گروه طبقه‌بندی شدند. اولین گروه که بیشترین ریسک را به همراه داشت، شامل انفجارهای پیش‌بینی نشده، مواد منفجره غیراستاندارد، شکست سد باطله، نشت مواد سیانیدی، سقوط افراد در سد باطله، برق‌گرفتگی هنگام کار با تجهیزات، لغزش یا سرخوردن، عدم استفاده از لباس ایمنی، ورود غیر مجاز به ناحیه استخراجی و انفجار در هنگام اطفای حریق بود. در نهایت با توجه به اولویت‌بندی در ریسک‌های بدست آمده پاسخ مناسبی برای کنترل اولین گروه ریسک ارائه شد.

## کلمات کلیدی

ارزیابی ریسک، معدن طلای اردستان، معدن طلای موته اصفهان، ایمنی پرسنل، منطق فازی Fuzzy Logic، شباهت به گزینه ایده‌آل TOPSIS.

\* نویسنده مسئول مکاتبات.

## ۱- مقدمه

شکست ریسک و برای رتبه‌بندی از روش Fuzzy TOPSIS استفاده شده است [۸].

همچنین میبیدیان و همکاران در سال ۲۰۰۹ آسیب‌پذیری دیواره غربی معدن روباز مس سرچشمه در اثر ریسک زمین لرزه را تحلیل کردند [۹]. گریسون و همکاران در سال ۲۰۰۹ با استفاده از بانک اطلاعاتی اداره ایمنی و بهداشت، تلفات ناشی از خطرات آتش‌سوزی و انفجارهای ناخواسته را مورد بررسی دقیق قرار دادند [۱۰]. پاول در سال ۲۰۰۹ تحلیل ریسکی با استفاده از مطالعه داده‌های تاریخی برای پیش‌بینی تلفات در بین کارگران معدن با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک چندمتغیره گام به گام انجام داد [۱۱]. کولیمن و کرکینگ در سال ۲۰۰۷ با استفاده از یک تحلیل آماری، میزان ایمنی در معادن را بررسی کردند [۱۲]. دوزگون و انیشتین در سال ۲۰۰۴ یک روش تحلیل ریسک را برای مدیریت ریسک مرتبط با ریزش سقف در معادن زغال‌سنگ زیرزمینی با استفاده از توزیع‌های نمایی و پواسون ارائه دادند [۱۳]. بر طبق مقررات بهداشت و ایمنی معادن استرالیا لازم است در معادن منابع خطر شناسایی و ارزیابی ریسک انجام شود و تصمیم‌گیری‌های لازم برای جلوگیری از وقوع حوادث و کاهش هزینه‌ها بررسی شود [۱۴-۱۵].

ارزیابی ریسک با شناسایی خطرات شروع شده و بر طبق راهنمای سازمان استانداردسازی، یک رویداد آغازین به عنوان منبع آسیب‌های احتمالی تعریف می‌شود. بر طبق تعریف مدیریت دانش پروژه، ریسک، یک واقعه یا شرایط نامشخص است که در صورت وقوع، تأثیرات مثبت یا منفی روی هدف، زمان، هزینه، کیفیت، منابع انسانی، ارتباطات هر پروژه می‌گذارد [۱۶-۱۷]. ریسک را می‌توان از طریق احتمال وقوع و پیامد حاصل از آن، اندازه‌گیری کرد و در آن منابع احتمالاتی خطر شناسایی و شدت و نوع تاثیر آن روی پروژه مشخص شود [۱۸].

مدیریت ریسک شامل کلیه اقدامات و فعالیت‌هایی است که بین فرصت‌ها و تهدیدها در هر پروژه تعادل ایجاد می‌کند. هدف اصلی از مدیریت ریسک، کاهش احتمال وقوع حوادث و تلفات جانی و مالی پروژه است [۱۹]. به طور کلی، صنعت معدنکاری پتانسیل ذاتی برای وقوع حوادثی را دارد که می‌تواند منجر به تلفات جانی، آسیب به محیط زیست، ایجاد ضرر جدی در تولید معدن، افزایش هزینه و کاهش سودآوری پروژه شود، بنابراین نیاز ویژه‌ای به مدیریت صحیح ریسک وجود دارد. تشخیص ریسک به عنوان بخش اصلی از

به دلیل اهمیت ایمنی و سلامتی پرسنل در هنگام کار و جلوگیری از وقوع آسیب‌های احتمالی، پژوهش‌های متعددی روی شناسایی این خطرها انجام شده است. تاکنون پژوهشگران متعددی در حوزه شناسایی و تحلیل ریسک مطالعه کرده‌اند، در این پژوهش چندین مقاله که بعد از سال ۲۰۰۰ منتشر شده‌اند، آورده شده است.

عامری و همکاران در سال ۲۰۱۹ به دلیل آمار بالای آسیب در بین افراد فعال در معادن روباز کرومیت فاریاب، مدیریت ریسک ایمنی با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در این معادن انجام دادند. در این معادن ۷۸ احتمال خطر شناسایی شد و خطرهای موجود در ۶ گروه زمین‌شناسی، حفاری و انفجار، حمل و نقل، ماشین‌آلات و تجهیزات، قوانین و مقررات و خطاهای فردی قرار گرفت [۱]. بخت‌آور در سال ۲۰۱۷ ارزیابی ریسک لرزش زمین ناشی از آتشفباری با استفاده از رویکرد FMEA در شرایط عدم قطعیت و اثرات آن بر روی سنگ‌شکن، تیکنر، سایت صنعتی، کارخانه تغلیظ، کلیدخانه، پمپ بنزین، تصفیه‌خانه، نیروگاه برق و انبار مواد ناریه در معدن روباز مس سونگون را بررسی کرد [۲]. در سال ۲۰۱۸ نخعی و همکاران ارزیابی ریسک ایمنی خطرات مربوط به کار با دستگاه سیم برش برای پرسنل به روش درخت خطای فازی و همچنین به کارگیری برخی از روش‌های تعدیل برای کاهش این خطرات در معادن سنگ ساختمانی را انجام دادند [۳]. جهانبانی و همکاران در سال ۲۰۱۷ ریسک خودسوزی زغال‌سنگ در انباشت‌گاه‌های زغالی موجود در سطح زمین در مجموعه معادن زغال‌سنگ البرز شرقی را به روش تحلیل درخت خطای فازی ارزیابی کردند [۴]. در سال ۲۰۱۶، اکبری و محمدی تحلیل ریسک روی عدم قطعیت قیمت مس در معدن روباز سرچشمه را انجام دادند. هدف از انجام این پژوهش رسیدن به محدوده نهایی معدن با استفاده از معیار ارزیابی عاری ریسک برای دستیابی به توسعه پایدار بود [۵]. وزیری و همکاران در سال ۲۰۱۸ یک رویکرد مبتنی بر GIS برای ارزیابی خطرات زمین‌شناسی در معادن زغال‌سنگ ارائه کردند [۶]. در سال ۲۰۱۶ قاسمی برای ایمنی پرسنل و تجهیزات معدن روباز مس سونگون و کاهش ریسک حوادث ناشی از پرتاب سنگ در آتشفباری با استفاده از روش درختی MSP پرتاب سنگ را پیش‌بینی کرد [۷]. صیادی و همکاران در سال ۲۰۱۴ رویکردی در جهت شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌ها در معادن روباز ارائه کردند. برای شناسایی ریسک‌ها از روش ساختار

$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^+ + d_i^-)} \quad \begin{matrix} C_i = 1 & \text{if } A_i = A^+ \\ C_i = 0 & \text{if } A_i = A^- \end{matrix} \quad (3)$$

روش Topsis به عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) است که با محاسبه فاصله از راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی، در بین گزینه‌های ممکن، بهترین انتخاب را انجام می‌دهد. روش Topsis در شرایط عدم قطعیت قابل کاربرد نیست. از طرفی ریسک در معدن همراه با احتمال وقوع است. بدین منظور از منطق فازی برای در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت در این تحقیق استفاده شده است. روش فازی به جای بیان کمی، از متغیرهای زبانی استفاده می‌کند. این روش، یک مفهوم بسیار مفید برای مقابله با موقعیت‌هایی است که بسیار پیچیده یا به اندازه کافی تعریف نشده‌اند [۲۱].

برای انجام فرآیند مدیریت ریسک، روش‌های مختلفی وجود دارد. به طور کلی یک فرآیند مدیریت ریسک شامل سه بخش برنامه‌ریزی، تشخیص ریسک و واکنش به ریسک است [۱۵]. در این تحقیق، روش مدیریت ریسک به کار برده شده شامل شش مرحله اعم از دسته‌بندی، شناسایی، تحلیل و ارزیابی ریسک، طبقه‌بندی ALARP و واکنش به ریسک است.

#### ۲-۱- طبقه‌بندی عوامل ریسک

در گام نخست فرآیند مدیریت ریسک، هدف از تحلیل مشخص می‌شود. سپس فهرستی از عوامل ایجاد ریسک تعیین شده و مراحل کلی انجام فرآیند تحلیل ریسک برنامه‌ریزی می‌شود. طبقه‌بندی عوامل براساس شرایط محیطی و کاری پرسنل معدن بوده و با توجه به آن، مدیریت ریسک انجام می‌شود. به طور کلی معمولاً محدودیت‌هایی از جمله کمبود منابع، داده و زمان در هنگام تدوین تابع هدف و عوامل ریسک وجود دارد. در این تحقیق از داده‌های دو معدن طلای اردستان و موته اصفهان استفاده شده است.

#### ۲-۲- شناسایی، تحلیل و ارزیابی ریسک

تشخیص ریسک شامل سه مرحله، شناسایی ریسک، تحلیل و ارزیابی ریسک است. مراحل انجام فرآیند تشخیص ریسک نیز بدین صورت است که ابتدا منابع مخاطره‌آمیز شناسایی شده، سپس احتمال وقوع و شدت خطرها برآورد شده و در نتیجه پیامدها محاسبه می‌شود. در نهایت، با مقایسه میزان ریسک برآورد شده و معیارهای تعیین شده با توجه به اهمیت آن، ارزیابی ریسک انجام می‌شود.

در فرآیند مدیریت ریسک، می‌توان با جمع‌آوری اطلاعات،

فرآیند تحلیل ریسک شامل ارزیابی و تحلیل ریسک، فرآیندی است که برای تعیین اولویت‌های مدیریت ریسک از طریق ارزیابی و مقایسه در برابر استانداردهای از پیش تعیین شده است. بنابراین تشخیص ریسک شامل یک بررسی دقیق و منظم از فعالیت‌های مختلف برای شناسایی خطرات است. برای انجام فرآیند تشخیص ریسک، روش‌های متعددی وجود دارد که هر یک از آن‌ها در شرایط خاص می‌توانند به کار روند. در حالی که هیچ روش واحدی برای هر شرایطی صحیح نیست، با این حال مهندسان باید شرایط خاص معادن را در نظر داشته باشند و لازم است تا روش مناسبی را برای انجام یک تشخیص ریسک خوب اتخاذ کنند. میزان ریسک در هر پروژه از طریق دو مولفه احتمال وقوع ریسک و پیامد ناشی از آن محاسبه می‌شود، در نتیجه در شرایطی که احتمال وقوع زیاد و سطح خطر بالا باشد، نیاز است که با مدیریت ریسک، تصمیم‌گیری‌های مناسب و چالشی انتخاب شود و تا حد ممکن احتمال بروز ریسک و پیامدهای شدید مربوط به آن، کنترل یا به حداقل برسد.

#### ۲- روش‌شناسی

اولین بار روش Topsis در تصمیم‌گیری چندمعیاره توسط هوانگ ارایه و توسط چن توسعه داده شد. منطق فازی نیز یک ابزار ریاضی قدرتمند برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان بود. مفاهیم ریاضی روش Fuzzy Topsis توسط چن در سال ۲۰۰۰ ارایه شد. محاسبات روش در زیر به صورت روابط ۱ تا ۳ آورده شده است. بعد از بررسی احتمال و شدت اثر هر پارامتر و نرمال کردن مقادیر فازی، میزان اعداد فازی ریسک محاسبه شد. در رابطه ۱ با محاسبه جواب ایده‌آل مثبت و منفی با نمادهای  $A^+$  و  $A^-$ ، سپس در رابطه ۲ مقادیر فاصله از هر جواب با  $d^+$  و  $d^-$  بدست آمد. در نهایت در رابطه ۳ با استفاده از روش Topsis اولویت‌بندی شاخص  $C_i$  ریسک انجام شد [۲۰].

(۱)

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \tilde{v}_3^+, \dots, \tilde{v}_n^+) = \left\{ \max_i v_{ij} \mid (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \right\}$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \tilde{v}_3^-, \dots, \tilde{v}_n^-) = \left\{ \min_i v_{ij} \mid (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \right\}$$

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad (2)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$$

$$d_v(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2]}$$

تصادف ماشین‌آلات، آسیب جسمی یا لرزش مداوم بدن هنگام کار با تجهیزات، برق گرفتگی، آلودگی صوتی، دود ماشین‌آلات، قرار گرفتن در معرض بخار سمی و فلزات سنگین وجود دارد.

از آنجا که نیاز بود تا یک تحقیق گسترده در زمینه ریسک ایمنی این معادن انجام پذیرد باید طبقه‌بندی جامعی برای انواع ریسک‌های موجود در این معادن انجام می‌گرفت. هر ریسک در صورت اتفاق افتادن یک رویداد آغازین محسوب می‌شود، بنابراین برای جلوگیری از یک رویداد آغازین می‌توان با برنامه‌ریزی مناسب موانعی را برای جلوگیری از تشکیل آن برای مثال رعایت ایمنی انفجار در جلوگیری از انفجارهای ناخواسته در نظر گرفت. همچنین در صورت وقوع رویداد آغازین (ریسک) باید مدیریت مناسبی اتخاذ شود تا عواقب نتایج نامطلوب تعدیل یابد. بنابراین نمودار پایبونی آسیب‌دیدگی یا تلفات پرسنل دو معدن یاد شده در شکل ۱ ارائه شده است.

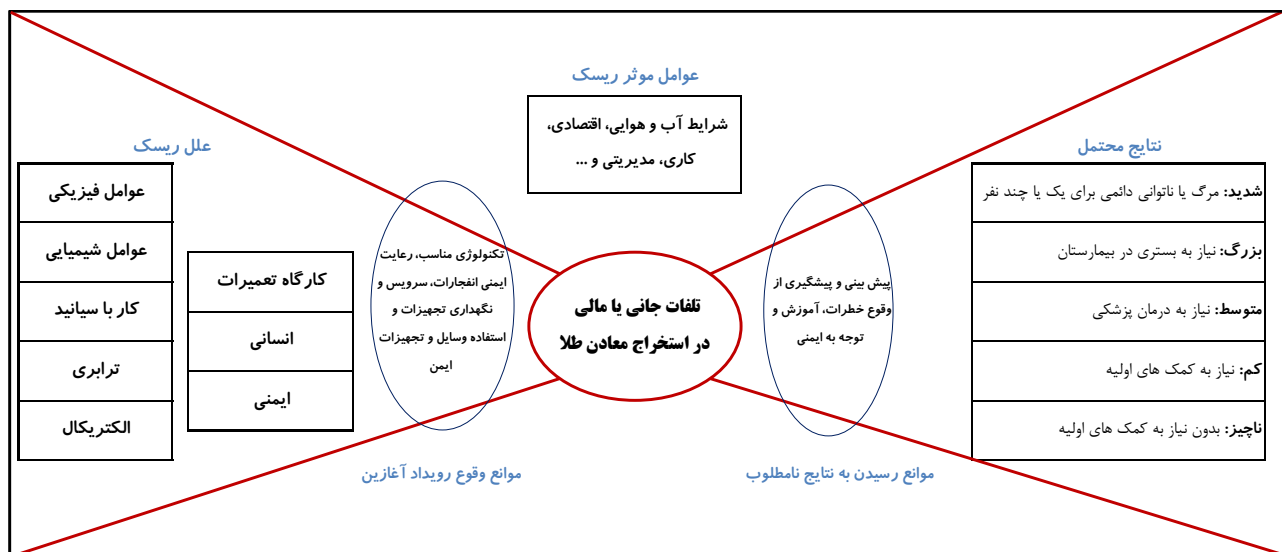
در این پژوهش، گردآوری ریسک‌ها از طریق گزارش‌های ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح بهره‌برداری از معدن طلای کوه دم شمال شرقی [۲۳]، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی توسعه استخراج طلا در کانسار دره اشکی مجتمع طلای موه [۲۴] و استفاده از کارشناسان با تجربه و قضاوت مهندسی بوده است.

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، هشت گروه از رویداد آغازین یا علل ریسک شامل ریسک فیزیکی، شیمیایی، کار با سیانید، الکتریکال، کارگاه تعمیرات، خطاهای انسانی و ایمنی با توجه به نوع ریسک‌ها و قضاوت مهندسی طبقه‌بندی شده است. در این شکل نتایج نامطلوب نیز به پنج گروه تقسیم شده است.

ریسک‌های موجود را شناسایی کرد و با استفاده از تحلیل آن، به این نتیجه رسید که یک خطر چه موقع اتفاق می‌افتد یا میزان شدت آن چه میزان خواهد بود.

در اولین گام از انجام فرآیند تشخیص ریسک، می‌توان به شناسایی ریسک‌های موجود مرتبط با فعالیت بخش‌های مختلف معدن اشاره کرد. به طور کلی شناسایی ریسک شامل شناسایی خطرات و موقعیت‌هایی است که می‌تواند باعث ایجاد تلفات جانی و مالی شود که گاهی اوقات "حوادث ناخواسته" هم نامیده می‌شوند [۲۲].

در ابتدای گردآوری اطلاعات ایمنی از معادن طلای اردستان و موه اصفهان، مخاطرات مهم در این معادن، بنابر نظر کارشناسان، کار با مواد منفجره در بخش استخراج، کار با مواد سمی و شیمیایی در بخش آزمایشگاه و فرآوری و خطرهای احتمالی تجهیزات مکانیکی و الکتریکی نام برده شد. همچنین شکست دیواره‌های پله‌های معدن، سد باطله و نشت فلزات سنگین را جزو مخاطرات مهم این معادن در نظر گرفته شده بود. از طرف دیگر با توجه به قضاوت هندسی در محیط‌های کاری معادن روباز و کار با ماشین‌آلات همواره ریسک ایمنی وجود دارد. برخی تلفات جانی و مالی در معادن روباز متأثر از انفجارهای یا آتش‌سوزی‌های ناخواسته، ناپایداری‌ها و نشت مواد است. همچنین تغییرات شدید آب و هوایی، گرما و سرما در فصل‌های زمستان و تابستان، گرد و غبار و دود حاصل از انفجار، سر و صدای زیاد ماشین‌آلات تولیدی و تجهیزات فرآوری، نبود نور کافی در شب در ایمنی پرسنل تاثیرگذار است. همچنین عوامل خطرهای دیگری مانند



شکل ۱- نمودار پایبونی تلفات جانی یا مالی پرسنل استخراج معادن طلای اردستان و موه.

با توجه به نمودار پاپیونی و توضیحات فوق پس از گردآوری اطلاعات، انواع مختلف ریسک در دو معدن طلای اردستان و موته در جدول ۱ آورده شده است. در این جدول تعداد ۱۳۶ مورد ریسک در ۸ گروه شناسایی و طبقه‌بندی شده است. شناسایی ریسک‌ها از طریق جمع‌آوری اطلاعات از گزارش‌های محیط زیستی، طبق نظر کارشناسان و قضاوت مهندسی بوده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی انواع مختلف ریسک.

نوع ریسک	کد	عنوان ریسک
فیزیکی	PH1	ریزش سنگ از دیواره
	PH2	آتش‌سوزی پیش‌بینی نشده
	PH3	انفجارهای پیش‌بینی نشده
	PH4	افتادن از بلندی
	PH5	برق‌گرفتگی
	PH6	سیل
	PH7	اصابت صاعقه به انبار مواد منفجره
	PH8	سر و صدای سنگ شکن‌ها و آسیا با تراز ۹۵-۱۱۰ دسی بل
	PH9	سر و صدای پمپ‌های هیدرولیکی و تغذیه‌کننده‌های فشار قوی در فلوتاسیون ۸۰-۱۰۰ دسی بل
	PH10	سر و صدای کمپرسورها در فلوتاسیون ۸۵-۱۰۰ دسی بل
	PH11	سر و صدای دریل کاری و آسیب شنوایی
	PH12	سر و صدای انفجار و آسیب شنوایی
	PH13	سر و صدای ماشین آلات ترابری و آسیب شنوایی
	PH14	گرمزدگی در گرمای تابستان
	PH15	لرزش دستگاه‌های حفاری
	PH16	شکست دیواره پله
	PH17	پرتاب سنگ از انفجار
	PH18	لرزش زمین
PH19	انفجار هوا	
شیمیایی	CH20	گرد و غبار چالزنی
	CH21	انفجار ناقص (چال دزدی)
	CH22	اکسیژنه نبودن انفجار
	CH23	مواد منفجره غیر استاندارد
	CH24	گازهای سمی تولید شده ناشی از عملیات آتشباری
	CH25	گرد و غبار خاکریزی و خاکبرداری
	CH26	گرد و غبار سرندهای خشک در واحد فرآوری
	CH27	گرد و غبار خروجی از سنگ شکن در واحد فرآوری
	CH28	گرد و غبار خروجی از آسیا شامل آرسنیک، جیوه، آنتیموان و نظایر آن
	CH29	گرد و غبار محل تخلیه و انباشت
	CH30	گازهای H <sub>2</sub> S و HCN خروجی از تانک در فرآیند تانک لیچینگ
	CH31	اسید سولفوریک H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> و دی‌اکسید سولفور SO <sub>2</sub> و نمک‌های سولفات
	CH32	کلکتور C-4132 در مرحله فلوتاسیون
	CH33	پساب‌های نیمه صنعتی حاصل از شست و شو
	CH34	شکست سد باطله

## ادامه جدول ۱- طبقه‌بندی انواع مختلف ریسک.

نوع ریسک	کد	عنوان ریسک
شیمیایی	CH35	گرد و غبار ناشی از عملیات ترابری
	CH36	انتشار ذرات ریز و معلق (سیلیکوزیس)
	CH37	گازهای سمی هیدروژن سیانید
	CH38	اسید هیدروفلوریدریک
	CH39	بخار جیوه
	CH40	اکسیدهای نیتروژن دود آگزوز ماشین آلات
	CH41	اسید نیتریک و اسید نیتره
کار با سیانید	CY42	نشت مواد سیانیدی
	CY43	پساب فلوتاسیون آلوده به سیانید سدیم
	CY44	نشت یا تراوش ترکیبات کمپلکسی سیانید مس، آهن، نیکل، روی و آرسنیک ناشی از لیچینگ و هیپ لیچینگ
	CY45	ترکیبات کمپلکس طلا- سیانید، سیانید آزاد و آهک در کیک فیلتر تیکنر
	CY46	اکسیداسیون پیریت یا پیروتیت و تشکیل سولفات
	CY47	تشکیل زهاب اسیدی ناشی از بارندگی
	CY48	نشت انبار ضایعات و باطله‌های آسیا
	CY49	ترکیب سیانید با دی‌اکسید کربن هوا
	CY50	تماس سیانید با عرق دست و تشکیل اسید سیانیدریک
	ترابری	TR51
TR52		کف لغزنده
TR53		گیر کردن در مسیرهای خاک رسی
TR54		برخورد خودرو با عابر پیاده
TR55		تصادف ماشین‌آلات متحرک
TR56		زمین‌خوردگی در مسیرهای صاف یا شیب‌دار
TR57		ناآشنایی با محل‌های رفت و آمد
TR58		نورزدگی و گرم‌زدگی (تابش، انعکاس و درخشندگی بیش از حد)
TR59		مناطق کم نور و مشکلات روشنایی
TR60		لغزش یا سرخوردن هنگام سوار یا پیاده شدن از ماشین‌آلات
TR61		ترکیدن لاستیک
TR62		شرایط مه‌آلود و دودی
TR63		سقوط در سد باطله
TR64		نشیمنگاه‌های قدیمی ماشین‌آلات
TR65		آتش‌سوزی بی‌دلیل ماشین‌آلات
TR66		افتادن پا در چال‌های انفجار/ پیچ‌خوردگی پا
الکتريکال		EL67
	EL68	قطع برق
	EL69	برق‌گرفتگی هنگام بستن کابل‌های تغذیه موتور
	EL70	برخورد با پست‌های برق در شب
	EL71	برق‌گرفتگی در اثر یکسره بودن فیوزها

## ادامه جدول ۱- طبقه‌بندی انواع مختلف ریسک.

عنوان ریسک	کد	نوع ریسک
برق‌گرفتگی در عملیات حفاری و انفجار	EL72	الکتريکال
برق‌گرفتگی به دلیل نبود زمین ارت روی تجهیزات برقی	EL73	
استفاده نکردن از لاستیک عایق مناسب هنگام کار روی تجهیزات برقی	EL74	
عبور و مرور وسایل نقلیه با بار بیش از ارتفاع مجاز	EL75	
آتش‌سوزی در اثر اتصال برق در سیستم‌های کامپیوتری	EL76	
بررسی و تست تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی در تابلوهای برق و جریان‌ات قوی	EL77	
سقوط در هنگام تعویض چراغ‌های برق	EL78	
ناایمن بودن ترمینال‌ها	EL79	
سقوط اجسام در کارگاه‌های تعمیرات برقی	EL80	
قدیمی بودن سویچ‌ها	EL81	
پرتوهای یونیزان	EL82	
نشستن مداوم روی صندلی	EL83	
بیماری‌های چشمی و مچ دست در اثر کار زیاد با کامپیوتر	EL84	
آسیب شنوایی در واحدهای تجهیزات برقی پرسروصدا	EL85	
بخارهای الکترولیت و تماس با مواد اسیدی و بازی هنگام تعمیر/تعویض باتری‌ها	EL86	
هل دادن و جابه‌جا کردن تجهیزات سنگین	EL87	
جابه‌جایی باتری‌ها بدون احتیاط	EL88	
تعمیر الکتروموتورها	EL89	
سنگ زدن فلزات و پرتاب ذرات داغ فلزی	MA90	
لغزش یا سرخوردن هنگام تعمیرات یا کار	MA91	
تصادف گازهای سمی هنگام جوشکاری	MA92	
برخورد و تماس با عوامل سمی	MA93	
صدمات ناشی از برخورد (گیر کردن) با تجهیزات برنده	MA94	
پرتاب ذرات فلزی هنگام استفاده از ماشین تراش	MA95	
پاشیدن آب با فشار بالا در هنگام تست کردن شیرهای اطمینان	MA96	
شوک الکتریکی در تماس با کابل‌های ارتباطی جوشکاری و انبر الکترو	MA97	
ترکیدن مخازن تحت فشار	MA98	
تکان ناگهانی و لرزش بدن به وسیله دستگاه‌ها	MA99	
خطرات هنگام نگهداری و تعمیرات	MA100	
انفجار سیلندر در مواقع جوشکاری با گاز	MA101	
استفاده از برق ۲۲۰ در کارگاه‌های نوسازی امکان برق‌گرفتگی	MA102	
سیستم مدیریت ضعیف	HU103	انسانی
آموزش نامناسب	HU104	
اورگونومی ضعیف	HU105	
سیگار کشیدن در هنگام سوخت‌گیری	HU106	
توجه نکردن به علائم ایمنی	HU107	
استفاده نکردن از لباس ایمنی	HU108	

## ادامه جدول ۱- طبقه‌بندی انواع مختلف ریسک.

عنوان ریسک	کد	نوع ریسک
استفاده از هوای فشرده برای تمیز کردن لباس	HU109	انسانی
اصابت صاعقه به افراد	HU110	
خستگی یا بیماری	HU111	
قرار دادن مواد منفجره در جیب	HU112	
حمل و نقل دستی مواد	HU113	
ایستگاه‌های کار	HU114	
کنترل دستی نامناسب	HU115	
موقعیت‌های نامناسب محل‌های کار و ماشین‌ها	HU116	
ناجور بودن کار با قابلیت‌های فیزیکی افراد	HU117	
ساعت و شیفت‌های کاری طولانی	HU118	
طراحی شغل و سازماندهی نامناسب	HU119	
موضوعات طراحی کار	HU120	
برخورد یا پرت شدن انواع ظروف یا کپسول‌های گاز صنعتی و آزمایشگاهی	HU121	
نشت یا ریزش مواد قابل احتراق و آلاینده	HU122	
نشت یا ریزش انواع اسیدها و بازها در هنگام جابه‌جایی	HU123	
نشت حلال‌ها، چسب‌ها، الکل‌ها و سایر مواد آلی قابل احتراق در هنگام جابه‌جایی	HU124	
کمبود لباس و کلاه ایمنی	HS125	ایمنی
کمبود تجهیزات آتش‌نشانی	HS126	
ورود غیرمجاز به ناحیه استخراجی	HS127	
کمبود یا خرابی دستگاه‌های مخابراتی	HS128	
عدم دانش و دسترسی به کمک‌های اولیه	HS129	
احتراق در حین حمل و در انبار و موقع کار با مواد منفجره	HS130	
مسمومیت ناشی از آتش‌سوزی و مونوکسید کربن	HS131	
انفجار در هنگام اطفای حریق	HS132	
گاز گرفتگی، سوختگی و سرمازدگی در هنگام اطفای حریق	HS133	
بازدید از خاموش‌کننده‌های دستی در ارتفاعات	HS134	
بازدید فنی و پرکردن خاموش‌کننده‌های پودری	HS135	
ترکیدن کپسول‌های هوا	HS136	

معدن طلای موته اصفهان آورده شده است.

آنومالی طلای کوه دم اردستان در فاصله ۱۱۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان اردستان در استان اصفهان واقع شده است. محدوده در موقعیت جغرافیایی به طول ۵۲ درجه ۴۵ دقیقه ۱۵ ثانیه و عرض ۳۳ درجه ۵۴ دقیقه ۰ ثانیه قرار دارد. مجموع ذخایر قطعی و احتمالی کانسنگ طلا با عیار حد ۰/۱ گرم بر تن و عیار میانگین ۰/۶۶ گرم بر تن حدود ۴۰۰ هزار تن بوده و نسبت باطله‌برداری ۱۱/۳ به ۱ است.

برای کلیه خطرهای شناسایی شده احتمال وقوع و شدت اثر در نظر گرفته شده و با استفاده از روش Fuzzy TOPSIS برآورد ریسک انجام شد.

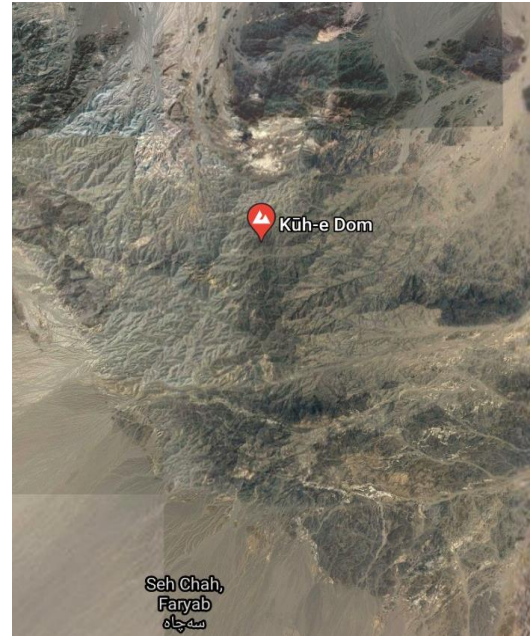
### ۳- کاربرد روش انتخابی

در مقاله حاضر دو معدن طلای اردستان و موته برای تعیین ریسک تلفات جانی و مالی انتخاب شده است. در شکل ۲-الف موقعیت جغرافیایی معدن طلای اردستان و در شکل ۲-ب





شکل ۲- ب- موقعیت جغرافیایی معدن روباز طلای موته اصفهان.



شکل ۲- الف - موقعیت جغرافیایی معدن روباز طلای اردستان.

صورت L1 تا L5 آورده شده است. احتمال وقوع در گروه اول با نماد L1 به صورت قطعی بیان شده است بدین معنی که به احتمال خیلی زیاد در بیشتر شرایط محیطی اتفاق می‌افتد. گروه دوم احتمال وقوع محتمل بوده است و به احتمال زیاد در بیشتر شرایط محیطی اتفاق می‌افتد. گروه سوم احتمال وقوع ممکن بوده و به احتمال متوسط در برخی شرایط محیطی اتفاق می‌افتد. گروه چهارم احتمال وقوع غیرمحتمل بوده به احتمال کم در برخی شرایط محیطی اتفاق می‌افتد. در گروه پنجم احتمال وقوع نادر بوده و به احتمال خیلی کم در برخی شرایط محیطی اتفاق می‌افتد.

جدول ۲- توضیح مقداری احتمال وقوع خطر [۱۹، ۲۵].

توضیح	احتمال وقوع	نماد احتمال وقوع
به احتمال خیلی زیاد در بیشتر شرایط محیطی اتفاق می‌افتد.	قطعی	L1
به احتمال زیاد در بیشتر شرایط محیطی اتفاق می‌افتد.	محتمل	L2
به احتمال متوسط در برخی شرایط محیطی اتفاق می‌افتد.	ممکن	L3
به احتمال کم در برخی شرایط محیطی اتفاق می‌افتد.	غیرمحتمل	L4
به احتمال خیلی کم در برخی شرایط محیطی اتفاق می‌افتد.	نادر	L5

نداشته و نیاز به بستری در بیمارستان است. گروه سوم شدت وقوع متوسط بوده و نیاز به درمان پزشکی در بیمارستان دارد. گروه چهارم شدت وقوع کم بوده و نیاز به کمک‌های اولیه دارد. در گروه پنجم شدت وقوع ناچیز بوده و نیاز به کمک‌های اولیه هم ندارد.

کانسارهای طلای موته در شهرستان شاهین‌شهر و میمه در داخل پناهگاه حیات وحش موته قرار گرفته است. این مجموعه در ۲۳۰ کیلومتری شمال‌غربی اصفهان در رشته کوه‌های نسبتاً پست واقع در جنوب دلیجان- شمال‌غربی میمه و شمال‌شرقی گلپایگان قرار دارد. کانسار دره اشکی موته در موقعیت جغرافیایی به طول ۳۳ درجه ۴۲ دقیقه و ۲۹٫۸ ثانیه و عرض ۵۰ درجه ۴۵ دقیقه ۲۰٫۳ ثانیه است. این کانسار دارای ذخیره قطعی ۱۲۹۰۰۰ تن کانسنگ با عیار حد ۱/۱ گرم بر تن و نسبت باطله‌برداری ۱۰ به ۱ و در بردارنده ۳۵۰ کیلو فلز طلا است.

در جدول ۲ طبقه‌بندی مقادیر احتمال وقوع و نماد آن به

در جدول ۳ طبقه‌بندی مقادیر شدت وقوع خطر و نماد آن به صورت C1 تا C5 آورده شده است. شدت وقوع در گروه اول با نماد C1 به صورت شدید است که باعث مرگ یا ناتوانی دائمی پرسنل می‌شود. گروه دوم شدت وقوع بزرگ بوده و تلفات جانی

جدول ۳- توضیح مقداری شدت وقوع خطر [۱۹، ۲۵].

نماد شدت وقوع	شدت وقوع	توضیح
C1	شدید	تلفات منجر به مرگ یا ناتوانی دایمی می شود.
C2	بزرگ	تلفات نیاز به بستری در بیمارستان دارد.
C3	متوسط	تلفات نیاز به درمان پزشکی در بیمارستان دارد.
C4	کم	تلفات نیاز به کمک‌های اولیه دارد.
C5	ناچیز	تلفات نیاز به کمک‌های اولیه ندارد.

در جدول ۴ پنج گروه عدد فازی برای احتمال و شدت وقوع خطر انجام شده است. اعداد فازی مربوط به هر گروه از احتمال و شدت وقوع به ترتیب از بالاترین به کم‌ترین شامل

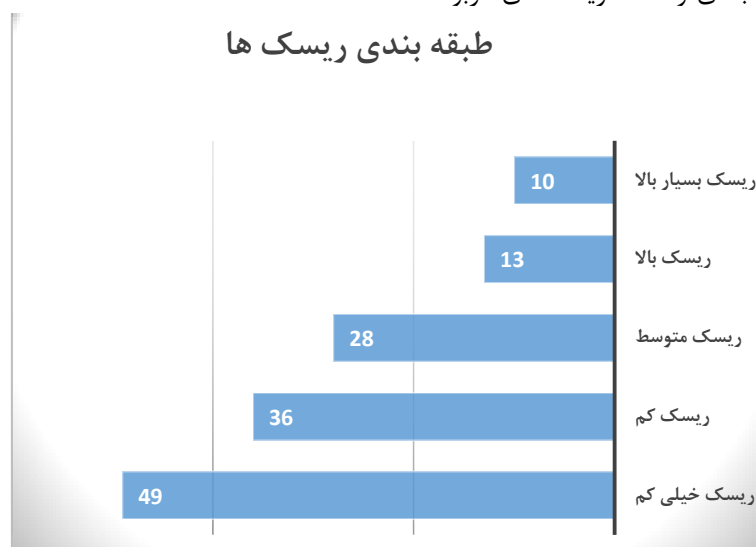
جدول ۴- معیار فازی برای احتمال و شدت وقوع [۲۶].

احتمال وقوع	شدت وقوع	توضیح
L1	C1	(۰٫۷۵، ۰٫۹، ۱٫۰)
L2	C2	(۰٫۵۵، ۰٫۷، ۰٫۸۵)
L3	C3	(۰٫۳۵، ۰٫۵، ۰٫۶۵)
L4	C4	(۰٫۱۵، ۰٫۳، ۰٫۴۵)
L5	C5	(۰٫۱، ۰٫۱، ۰٫۲۵)

به هر طبقه آورده شده است. در گروه ریسک بالا ۱۰ مورد وجود داشته که باید برنامه‌ریزی لازم برای پیش‌گیری یا کنترل اثر آن اقدام مناسبی انجام گیرد. در گروه ریسک خیلی کم ۴۹ مورد وجود داشته است، با وجود این که اینک اثر چندان نامطلوبی ندارد ولی پایش این موارد هم باعث بالا رفتن بهره‌وری پرسنل معدن می‌شود.

در جدول ۵ محاسبات ریسک با استفاده از روش فازی و اولویت‌بندی به روش Topsis آورده شده است.

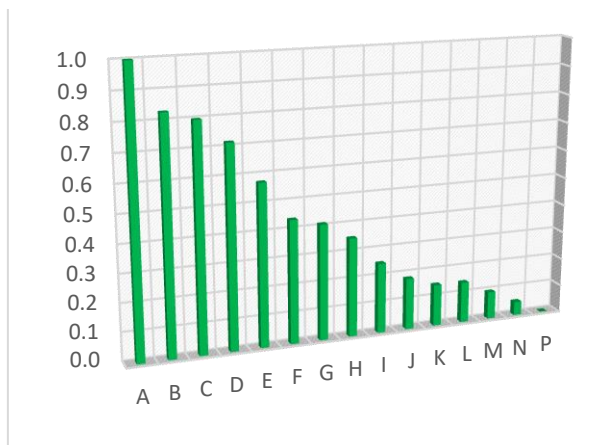
انواع ریسک به پنج گروه با ریسک بسیار بالا، بالا، متوسط، کم و خیلی کم تقسیم شده و اعداد متناظر با هر طبقه به ترتیب ۱، ۰٫۷۵ تا ۰٫۹۹، ۰٫۵ تا ۰٫۷۴، ۰٫۲۵ تا ۰٫۴۹ و ۰ تا ۰٫۲۴ است. در شکل ۳ طبقه‌بندی و تعداد ریسک‌های مربوط



شکل ۳- طبقه‌بندی و تعداد موارد مربوط به انواع ریسک‌ها.

حروف لاتین A تا P انجام شد. در شکل ۴ انواع مقادیر ریسک‌های محاسباتی آورده شده است. گروه A دارای ده ریسک مهم بوده که عدد ریسک معادل ۱ است. در این گروه بیشترین تعداد ریسک هم وجود دارد.

با انجام محاسبات ۱۵ مقدار متفاوت (مقادیر اعداد ریسک به شرح ۰، ۰/۰۴۹، ۰/۰۹۸، ۰/۱۴۶، ۰/۱۴۹، ۰/۱۸۴، ۰/۲۵۱، ۰/۳۵۲، ۰/۴۱۲، ۰/۴۳۸، ۰/۵۷۵، ۰/۷۱۷، ۰/۷۹۹، ۰/۸۳ و ۱ است.) عدد ریسک بدست آمد و برای هر عدد نام‌گذاری با



شکل ۴- انواع مقادیر ریسک‌های محاسبه شده.

جدول ۵- محاسبات ریسک با استفاده از روش فازی و اولویت‌بندی به روش Topsis.

Num	code	Likelihood	TFN of Likelihood	Consequence	TFN of Consequence	TFN of Risk		Ci
۱	PH1	L3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	C3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	۰/۱۲۲۵	۰/۲۵ ۰/۴۲۲۵	۰/۴۱۲
۲	PH2	L2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	C2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	۰/۳۰۲۵	۰/۴۹ ۰/۷۲۲۵	۰/۷۹۹
۳	PH3	L2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	C1	۰/۷۵ ۰/۹ ۱	۰/۴۱۲۵	۰/۶۳ ۰/۸۵	۱/۰۰۰
۴	PH4	L4	۰/۱۵ ۰/۳ ۰/۴۵	C2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	۰/۰۸۲۵	۰/۲۱ ۰/۳۸۲۵	۰/۳۵۲
۵	PH5	L4	۰/۱۵ ۰/۳ ۰/۴۵	C2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	۰/۰۸۲۵	۰/۲۱ ۰/۳۸۲۵	۰/۳۵۲
۶	PH6	L5	۰ ۰/۱ ۰/۲۵	C2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	۰	۰/۰۷ ۰/۲۱۲۵	۰/۱۴۶
۷	PH7	L4	۰/۱۵ ۰/۳ ۰/۴۵	C1	۰/۷۵ ۰/۹ ۱	۰/۱۱۲۵	۰/۲۷ ۰/۴۵	۰/۴۳۸
۸	PH8	L2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	C2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	۰/۳۰۲۵	۰/۴۹ ۰/۷۲۲۵	۰/۷۹۹
۹	PH9	L3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	C3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	۰/۱۲۲۵	۰/۲۵ ۰/۴۲۲۵	۰/۴۱۲
۱۰	PH10	L3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	C3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	۰/۱۲۲۵	۰/۲۵ ۰/۴۲۲۵	۰/۴۱۲
۱۱	PH11	L2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	C2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	۰/۳۰۲۵	۰/۴۹ ۰/۷۲۲۵	۰/۷۹۹
۱۲	PH12	L2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	C2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	۰/۳۰۲۵	۰/۴۹ ۰/۷۲۲۵	۰/۷۹۹
۱۳	PH13	L4	۰/۱۵ ۰/۳ ۰/۴۵	C3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	۰/۰۵۲۵	۰/۱۵ ۰/۲۹۲۵	۰/۲۵۱
۱۴	PH14	L5	۰ ۰/۱ ۰/۲۵	C4	۰/۱۵ ۰/۳ ۰/۴۵	۰	۰/۰۳ ۰/۱۱۲۵	۰/۰۴۹
۱۵	PH15	L4	۰/۱۵ ۰/۳ ۰/۴۵	C4	۰/۱۵ ۰/۳ ۰/۴۵	۰/۰۲۲۵	۰/۰۹ ۰/۲۰۲۵	۰/۱۴۹
۱۶	PH16	L3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	C1	۰/۷۵ ۰/۹ ۱	۰/۲۶۲۵	۰/۴۵ ۰/۶۵	۰/۷۱۷
۱۷	PH17	L2	۰/۵۵ ۰/۷ ۰/۸۵	C3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	۰/۱۹۲۵	۰/۳۵ ۰/۵۵۲۵	۰/۵۷۵
۱۸	PH18	L4	۰/۱۵ ۰/۳ ۰/۴۵	C3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	۰/۰۵۲۵	۰/۱۵ ۰/۲۹۲۵	۰/۲۵۱
۱۹	PH19	L4	۰/۱۵ ۰/۳ ۰/۴۵	C3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	۰/۰۵۲۵	۰/۱۵ ۰/۲۹۲۵	۰/۲۵۱
۲۰	CH20	L5	۰ ۰/۱ ۰/۲۵	C5	۰ ۰/۱ ۰/۲۵	۰	۰/۰۱ ۰/۰۶۲۵	۰/۰۰۰
۲۱	CH21	L3	۰/۳۵ ۰/۵ ۰/۶۵	C1	۰/۷۵ ۰/۹ ۱	۰/۲۶۲۵	۰/۴۵ ۰/۶۵	۰/۷۱۷
۲۲	CH22	L4	۰/۱۵ ۰/۳ ۰/۴۵	C4	۰/۱۵ ۰/۳ ۰/۴۵	۰/۰۲۲۵	۰/۰۹ ۰/۲۰۲۵	۰/۱۴۹

ادامه جدول ۵- محاسبات ریسک با استفاده از روش فازی و اولویت بندی به روش Topsis.

Num	code	Likelihood	TFN of Likelihood			Consequence	TFN of Consequence			TFN of Risk			Ci
۲۳	CH23	L1	۰٫۷۵	۰٫۹	۱	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۴۱۲۵	۰٫۶۳	۰٫۸۵	۱٫۰۰۰
۲۴	CH24	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۵۲۵	۰٫۱۵	۰٫۲۹۲۵	۰٫۲۵۱
۲۵	CH25	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۲۶	CH26	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۲۷	CH27	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	۰	۰٫۰۱	۰٫۰۶۲۵	۰٫۰۰۰
۲۸	CH28	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵
۲۹	CH29	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۳۰	CH30	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۳۰۲۵	۰٫۴۹	۰٫۷۲۲۵	۰٫۷۹۹
۳۱	CH31	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵
۳۲	CH32	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۲۲۵	۰٫۲۵	۰٫۴۲۲۵	۰٫۴۱۲
۳۳	CH33	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۳۰۲۵	۰٫۴۹	۰٫۷۲۲۵	۰٫۷۹۹
۳۴	CH34	L1	۰٫۷۵	۰٫۹	۱	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۴۱۲۵	۰٫۶۳	۰٫۸۵	۱٫۰۰۰
۳۵	CH35	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	۰	۰٫۰۷	۰٫۲۱۲۵	۰٫۱۴۶
۳۶	CH36	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۵۲۵	۰٫۱۵	۰٫۲۹۲۵	۰٫۲۵۱
۳۷	CH37	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵
۳۸	CH38	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۰۵۲۵	۰٫۱۵	۰٫۲۹۲۵	۰٫۲۵۱
۳۹	CH39	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵
۴۰	CH40	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۴۱	CH41	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۰۵۲۵	۰٫۱۵	۰٫۲۹۲۵	۰٫۲۵۱
۴۲	CY42	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C1	۰٫۷۵	۰٫۹	۱	۰٫۴۱۲۵	۰٫۶۳	۰٫۸۵	۱٫۰۰۰
۴۳	CY43	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۳۰۲۵	۰٫۴۹	۰٫۷۲۲۵	۰٫۷۹۹
۴۴	CY44	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۳۰۲۵	۰٫۴۹	۰٫۷۲۲۵	۰٫۷۹۹
۴۵	CY45	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۲۲۵	۰٫۲۵	۰٫۴۲۲۵	۰٫۴۱۲
۴۶	CY46	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۴۷	CY47	L1	۰٫۷۵	۰٫۹	۱	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۲۶۲۵	۰٫۴۵	۰٫۶۵	۰٫۷۱۷
۴۸	CY48	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵
۴۹	CY49	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۵۲۵	۰٫۱۵	۰٫۲۹۲۵	۰٫۲۵۱
۵۰	CY50	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵
۵۱	TR51	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	۰	۰٫۰۳	۰٫۱۱۲۵	۰٫۰۴۹
۵۲	TR52	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰	۰٫۰۳	۰٫۱۱۲۵	۰٫۰۴۹
۵۳	TR53	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	۰	۰٫۰۱	۰٫۰۶۲۵	۰٫۰۰۰
۵۴	TR54	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C1	۰٫۷۵	۰٫۹	۱	۰٫۱۱۲۵	۰٫۲۷	۰٫۴۵	۰٫۴۳۸
۵۵	TR55	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۰۸۲۵	۰٫۲۱	۰٫۳۸۲۵	۰٫۳۵۲
۵۶	TR56	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰	۰٫۰۳	۰٫۱۱۲۵	۰٫۰۴۹
۵۷	TR57	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	۰	۰٫۰۱	۰٫۰۶۲۵	۰٫۰۰۰
۵۸	TR58	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۵۹	TR59	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۰۸۲۵	۰٫۲۱	۰٫۳۸۲۵	۰٫۳۵۲
۶۰	TR60	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰	۰٫۰۵	۰٫۱۶۲۵	۰٫۰۹۸

ادامه جدول ۵- محاسبات ریسک با استفاده از روش فازی و اولویت بندی به روش Topsis.

Num	code	Likelihood	TFN of Likelihood			Consequence	TFN of Consequence			TFN of Risk			Ci
۶۱	TR61	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵
۶۲	TR62	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۶۳	TR63	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C1	۰٫۷۵	۰٫۹	۱	۰٫۴۱۲۵	۰٫۶۳	۰٫۸۵	۱٫۰۰۰
۶۴	TR64	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۲۲۵	۰٫۲۵	۰٫۴۲۲۵	۰٫۴۱۲
۶۵	TR65	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵
۶۶	TR66	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۰۵۲۵	۰٫۱۵	۰٫۲۹۲۵	۰٫۲۵۱
۶۷	EL67	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C1	۰٫۷۵	۰٫۹	۱	۰٫۴۱۲۵	۰٫۶۳	۰٫۸۵	۱٫۰۰۰
۶۸	EL68	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	۰	۰٫۰۷	۰٫۲۱۲۵	۰٫۱۴۶
۶۹	EL69	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۰۸۲۵	۰٫۲۱	۰٫۳۸۲۵	۰٫۳۵۲
۷۰	EL70	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C1	۰٫۷۵	۰٫۹	۱	۰	۰٫۰۹	۰٫۲۵	۰٫۱۸۴
۷۱	EL71	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۰۸۲۵	۰٫۲۱	۰٫۳۸۲۵	۰٫۳۵۲
۷۲	EL72	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰	۰٫۰۵	۰٫۱۶۲۵	۰٫۰۹۸
۷۳	EL73	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۷۴	EL74	L1	۰٫۷۵	۰٫۹	۱	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۲۶۲۵	۰٫۴۵	۰٫۶۵	۰٫۷۱۷
۷۵	EL75	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۰۵۲۵	۰٫۱۵	۰٫۲۹۲۵	۰٫۲۵۱
۷۶	EL76	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵
۷۷	EL77	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۷۸	EL78	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C1	۰٫۷۵	۰٫۹	۱	۰	۰٫۰۹	۰٫۲۵	۰٫۱۸۴
۷۹	EL79	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۰۵۲۵	۰٫۱۵	۰٫۲۹۲۵	۰٫۲۵۱
۸۰	EL80	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰	۰٫۰۳	۰٫۱۱۲۵	۰٫۰۴۹
۸۱	EL81	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	۰	۰٫۰۳	۰٫۱۱۲۵	۰٫۰۴۹
۸۲	EL82	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰	۰٫۰۵	۰٫۱۶۲۵	۰٫۰۹۸
۸۳	EL83	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۰۵۲۵	۰٫۱۵	۰٫۲۹۲۵	۰٫۲۵۱
۸۴	EL84	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۲۲۵	۰٫۲۵	۰٫۴۲۲۵	۰٫۴۱۲
۸۵	EL85	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵
۸۶	EL86	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۸۷	EL87	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰	۰٫۰۳	۰٫۱۱۲۵	۰٫۰۴۹
۸۸	EL88	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۲۲۵	۰٫۲۵	۰٫۴۲۲۵	۰٫۴۱۲
۸۹	EL89	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵
۹۰	MA90	L2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۳۰۲۵	۰٫۴۹	۰٫۷۲۲۵	۰٫۷۹۹
۹۱	MA91	L1	۰٫۷۵	۰٫۹	۱	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۴۱۲۵	۰٫۶۳	۰٫۸۵	۱٫۰۰۰
۹۲	MA92	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۱۲۲۵	۰٫۲۵	۰٫۴۲۲۵	۰٫۴۱۲
۹۳	MA93	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰٫۰۵۲۵	۰٫۱۵	۰٫۲۹۲۵	۰٫۲۵۱
۹۴	MA94	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	۰	۰٫۰۵	۰٫۱۶۲۵	۰٫۰۹۸
۹۵	MA95	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۹۶	MA96	L5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	C5	۰	۰٫۱	۰٫۲۵	۰	۰٫۰۱	۰٫۰۶۲۵	۰٫۰۰۰
۹۷	MA97	L4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	C4	۰٫۱۵	۰٫۳	۰٫۴۵	۰٫۰۲۲۵	۰٫۰۹	۰٫۲۰۲۵	۰٫۱۴۹
۹۸	MA98	L3	۰٫۳۵	۰٫۵	۰٫۶۵	C2	۰٫۵۵	۰٫۷	۰٫۸۵	۰٫۱۹۲۵	۰٫۳۵	۰٫۵۵۲۵	۰٫۵۷۵

ادامه جدول ۵- محاسبات ریسک با استفاده از روش فازی و اولویت بندی به روش Topsis.

Num	code	Likelihood	TFN of Likelihood			Consequence	TFN of Consequence			TFN of Risk			Ci
۹۹	MA99	L5	۰	۰/۱	۰/۲۵	C5	۰	۰/۱	۰/۲۵	۰	۰/۰۱	۰/۰۶۲۵	۰/۰۰۰
۱۰۰	MA100	L4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	C4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	۰/۰۲۲۵	۰/۰۹	۰/۰۲۰۲۵	۰/۱۴۹
۱۰۱	MA101	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C1	۰/۷۵	۰/۹	۱	۰/۲۶۲۵	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۷۱۷
۱۰۲	MA102	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	۰/۱۹۲۵	۰/۳۵	۰/۵۵۲۵	۰/۵۷۵
۱۰۳	HU103	L1	۰/۷۵	۰/۹	۱	C1	۰/۷۵	۰/۹	۱	۰/۵۶۲۵	۰/۸۱	۱	۰/۸۳۰
۱۰۴	HU104	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	۰/۱۹۲۵	۰/۳۵	۰/۵۵۲۵	۰/۵۷۵
۱۰۵	HU105	L4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	C3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	۰/۰۵۲۵	۰/۱۵	۰/۰۲۹۲۵	۰/۲۵۱
۱۰۶	HU106	L2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	C2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	۰/۰۳۰۲۵	۰/۴۹	۰/۰۷۲۲۵	۰/۷۹۹
۱۰۷	HU107	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C1	۰/۷۵	۰/۹	۱	۰/۲۶۲۵	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۷۱۷
۱۰۸	HU108	L1	۰/۷۵	۰/۹	۱	C2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	۰/۰۴۱۲۵	۰/۶۳	۰/۰۸۵	۱/۰۰۰
۱۰۹	HU109	L2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	C4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	۰/۰۸۲۵	۰/۲۱	۰/۰۳۸۲۵	۰/۳۵۲
۱۱۰	HU110	L5	۰	۰/۱	۰/۲۵	C1	۰/۷۵	۰/۹	۱	۰	۰/۰۹	۰/۰۲۵	۰/۱۸۴
۱۱۱	HU111	L4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	C5	۰	۰/۱	۰/۲۵	۰	۰/۰۳	۰/۰۱۱۲۵	۰/۰۴۹
۱۱۲	HU112	L1	۰/۷۵	۰/۹	۱	C1	۰/۷۵	۰/۹	۱	۰/۰۵۶۲۵	۰/۸۱	۱	۰/۸۳۰
۱۱۳	HU113	L4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	C5	۰	۰/۱	۰/۲۵	۰	۰/۰۳	۰/۰۱۱۲۵	۰/۰۴۹
۱۱۴	HU114	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	۰/۰۵۲۵	۰/۱۵	۰/۰۲۹۲۵	۰/۲۵۱
۱۱۵	HU115	L5	۰	۰/۱	۰/۲۵	C3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	۰	۰/۰۵	۰/۰۱۶۲۵	۰/۰۹۸
۱۱۶	HU116	L4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	C4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	۰/۰۲۲۵	۰/۰۹	۰/۰۲۰۲۵	۰/۱۴۹
۱۱۷	HU117	L5	۰	۰/۱	۰/۲۵	C5	۰	۰/۱	۰/۲۵	۰	۰/۰۱	۰/۰۶۲۵	۰/۰۰۰
۱۱۸	HU118	L4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	C4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	۰/۰۲۲۵	۰/۰۹	۰/۰۲۰۲۵	۰/۱۴۹
۱۱۹	HU119	L5	۰	۰/۱	۰/۲۵	C5	۰	۰/۱	۰/۲۵	۰	۰/۰۱	۰/۰۶۲۵	۰/۰۰۰
۱۲۰	HU120	L4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	C4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	۰/۰۲۲۵	۰/۰۹	۰/۰۲۰۲۵	۰/۱۴۹
۱۲۱	HU121	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	۰/۱۲۲۵	۰/۲۵	۰/۰۴۲۲۵	۰/۴۱۲
۱۲۲	HU122	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	۰/۱۹۲۵	۰/۳۵	۰/۰۵۵۲۵	۰/۵۷۵
۱۲۳	HU123	L2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	C2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	۰/۰۳۰۲۵	۰/۴۹	۰/۰۷۲۲۵	۰/۷۹۹
۱۲۴	HU124	L2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	C3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	۰/۱۹۲۵	۰/۳۵	۰/۰۵۵۲۵	۰/۵۷۵
۱۲۵	HS125	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C1	۰/۷۵	۰/۹	۱	۰/۲۶۲۵	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۷۱۷
۱۲۶	HS126	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C1	۰/۷۵	۰/۹	۱	۰/۲۶۲۵	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۷۱۷
۱۲۷	HS127	L2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	C1	۰/۷۵	۰/۹	۱	۰/۰۴۱۲۵	۰/۶۳	۰/۰۸۵	۱/۰۰۰
۱۲۸	HS128	L2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	C3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	۰/۱۹۲۵	۰/۳۵	۰/۰۵۵۲۵	۰/۵۷۵
۱۲۹	HS129	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C5	۰	۰/۱	۰/۲۵	۰	۰/۰۵	۰/۰۱۶۲۵	۰/۰۹۸
۱۳۰	HS130	L4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	C1	۰/۷۵	۰/۹	۱	۰/۰۱۱۲۵	۰/۲۷	۰/۰۴۵	۰/۴۳۸
۱۳۱	HS131	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	۰/۱۹۲۵	۰/۳۵	۰/۰۵۵۲۵	۰/۵۷۵
۱۳۲	HS132	L2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	C1	۰/۷۵	۰/۹	۱	۰/۰۴۱۲۵	۰/۶۳	۰/۰۸۵	۱/۰۰۰
۱۳۳	HS133	L3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	C2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	۰/۱۹۲۵	۰/۳۵	۰/۰۵۵۲۵	۰/۵۷۵
۱۳۴	HS134	L4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	C3	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۵	۰/۰۵۲۵	۰/۱۵	۰/۰۲۹۲۵	۰/۲۵۱
۱۳۵	HS135	L5	۰	۰/۱	۰/۲۵	C4	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	۰	۰/۰۳	۰/۰۱۱۲۵	۰/۰۴۹
۱۳۶	HS136	L5	۰	۰/۱	۰/۲۵	C2	۰/۵۵	۰/۷	۰/۸۵	۰	۰/۰۷	۰/۰۲۱۲۵	۰/۱۴۶

در جدول ۶ طبقه‌بندی اولویت ریسک، خطرات شناسایی ریسک معادل ۱ بوده و گروه P کمترین ریسک معادل صفر شده در ۱۵ گروه آورده شده است. در گروه A بیشترین

جدول ۶- طبقه‌بندی اولویت ریسک.

code	Ci	Type of Risk	code	Ci	Typ of Risk	code	Ci	Typ of Risk	code	Ci	Type of Risk						
PH3	۱	A	CH37	۰٫۵۷۵	E	EL69	۰٫۳۵۲	H	MA95	۰٫۱۴۹	K						
CH23			CH39			EL71			MA97								
CH34			CY48			HU109			MA100								
CY42			CY50			PH13			HU116								
TR63			TR61			PH18			HU118								
EL67			TR65			PH19			HU120								
MA91			EL76			CH24			PH6								
HU108			EL85			CH36			CH35								
HS127			EL89			CH38			EL68								
HS132			MA98			CH41			HS136								
HU103			۰٫۸۳			B			MA102			۰٫۲۵۱	I	TR60	۰٫۰۹۸	M	
HU112									HU104					TR66			EL72
PH2			۰٫۷۹۹			C			HU122					EL75			EL82
PH8									HU124					EL79			MA94
PH11	HS128	EL83		HU115													
PH12	HS131	MA93		HS129													
CH30	HS133	HU105		PH14													
CH33	PH7	HU114		TR51													
CY43	TR54	HS134		TR52													
CY44	HS130	EL70		TR56													
MA90	PH1	EL78		EL80													
HU106	PH9	HU110		EL81													
HU123	PH10	PH15		EL87													
PH16	۰٫۷۱۷	D		CH32	۰٫۱۴۹		K	CH22	۰٫۰۴۹	N							
CH21				CY45				CH25			HU111						
CY47				TR64				CH26			HU113						
EL74			EL84	CH29		HS135											
MA101			EL88	CH40		CH20											
HU107			MA92	CY46		CH27											
HS125			HU121	TR58		TR53											
HS126			PH4	TR62		TR57											
PH17			۰٫۵۷۵	E		PH5		۰٫۳۵۲			H	EL73	۰	P			
CH28						TR55						EL77			MA96		
CH31						TR59						EL86			MA99		
															HU117		

بهترین روش برای کنترل خطرات از طریق سلسه مراتب است یعنی ابتدا باید گروه‌های حساس تعیین شوند. بدین منظور در جدول ۷ نتایج حاصل از محاسبه ریسک در هشت گروه علل آغازین ریسک بدین شرح است که ریسک‌های فیزیکی، شیمیایی و انسانی دارای بالاترین مجموع C<sub>i</sub>ها هستند. همچنین با اینکه کار با سیانید و ایمنی دارای کمترین تعداد ریسک‌اند ولی بالاترین وزن ریسک به این دو گروه اختصاص یافته است، بنابراین اهمیت به‌سزایی دارد.

#### ۴- بحث، بررسی و مقایسه با کارهای مشابه

مدیریت ریسک به طور کلی نمی‌تواند ریسک‌های موجود در معدن را از بین ببرد بلکه فقط می‌تواند با برنامه‌ریزی مناسب برای مدیریت آن‌ها به کار گرفته شود. آلاسون در سال ۲۰۰۲ به این نکته اشاره کرد که در مدیریت ریسک، حوادث در برخی مواقع قابل پیش‌بینی بوده است، بنابراین قابل پیش‌گیری است، در نتیجه می‌توان میزان ریسک را کاهش داد [۲۷].

جدول ۷- نتایج هشت گروه علل ریسک.

ردیف	ریسک گروه	نماد	تعداد	مجموع $C_i$	وزن
۱	فیزیکی	PH	۱۹	۸,۹۶۴	۰,۴۷۲
۲	شیمیایی	CH	۲۲	۸,۹۲۱	۰,۴۰۵
۳	کار با سیانید	CY	۹	۵,۲۷۶	۰,۵۸۶
۴	ترابری	TR	۱۶	۴,۵	۰,۲۸۱
۵	الکتریکی	EL	۲۳	۷,۰۲۸	۰,۳۰۶
۶	کارگاه تعمیرات	MA	۱۳	۴,۸۷۳	۰,۳۷۵
۷	انسانی	HU	۲۲	۸,۷۹۲	۰,۴
۸	ایمنی	HS	۱۲	۶,۱۴	۰,۵۱۲

ابزاربندی مناسب برای هشدار است. نشت مواد سیانیدی می‌تواند عواقب مرگباری برای پرسنل داشته باشد. بنابراین با استفاده از تجهیزات مناسب برای جلوگیری و کنترل نشت مواد سیانیدی و استفاده از سنسورهای تشخیص سریع تا از بیماری یا مرگ پرسنل جلوگیری شود.

سقوط در سد باطله ممکن است منجر به شکستگی یا از کار افتادگی پرسنل شود، برای جلوگیری از این رویداد باید مناطق خطر حصارکشی شود و در هر محدوده کاری مختلف از ورود افراد غیرمرتبط یا متفرقه جلوگیری شود.

برق‌گرفتگی پرسنل هنگام کار با تجهیزات یا لغزش و سر خوردن هنگام تعمیرات یا کار می‌تواند آسیب جدی به آن‌ها وارد کند. برق‌گرفتگی ممکن است باعث قطع برق معدن و آسیب به تجهیزات شود، همچنین سر خوردن ممکن است باعث شکستگی یا قطع عضو شود، برای جلوگیری از این رویدادها ممکن است به دو طریق افزایش کیفیت تجهیزات و تعمیر و نگهداری مداوم تجهیزات حاصل شود.

استفاده نکردن از لباس ایمنی، ورود غیرمجاز به ناحیه استخراجی و انفجار در هنگام اطفای حریق هر کدام ممکن است باعث ایجاد ریسک برای پرسنل شوند. به طور کلی این ریسک‌ها ممکن است به دلیل آموزش ناکافی یا ضعف مدیریت معدن باشد. استفاده از پرسنل مسوولیت‌پذیر، تحصیل کرده و استفاده از دستورالعمل‌های فنی بهترین اقدامات در این موارد است. به علاوه آموزش‌های دوره‌ای پرسنل یا شبیه‌سازی اطفای حریق به صورت منظم می‌تواند برای کاهش و مدیریت خطر بسیار موثر باشد. در آموزش پرسنل باید به بهبود توانایی آن‌ها در شناخت خطرات، استفاده از علائم هشداردهنده و تاکید بر توجه به آن‌ها، آموزش مهارت‌های جلوگیری از آسیب‌دیدگی و بهبود انگیزه برای کار در تیم توجه داشت. همچنین کلیه

بعد از تعیین گروه‌های حساس و نتایج ارزیابی ریسک به دست آمده از این تحقیق، رویدادهای آغازین PH3، CH23، CH34، CY42، TR63، EL67، MA91، HU108، HS127 و HS132 در بالاترین سطح ریسک در گروه A جدول ۶ قرار داشته و نیاز به بیش‌ترین توجه دارند. از طرفی رویدادهای CH20، CH27، TR53، TR57، MA96، MA99، HU117 و HU119 در گروه P جدول ۶ کمترین ریسک را دارد. کل ۱۵ گروه از ریسک‌ها در جدول ۶ به ترتیب آورده شده است.

برخی از ریسک‌ها پتانسیل بیش‌تری برای کاهش آن‌ها وجود دارد و قابل کنترل هستند. بنابراین در میان ریسک‌هایی که دارای شاخص  $C_i$  حدود ۱ است، بیش از بقیه رویدادهای آغازین مهم‌اند، بنابراین باید اقدامات مناسب برای آن‌ها پیشنهاد شود.

انفجار ناخواسته یا پیش‌بینی نشده یا استفاده مواد ناریه غیر استاندارد به دلیل عواقب جدی ناشی از آن‌ها همواره برای سلامتی پرسنل نگران کننده است. اقدامات کنترلی برای کاهش این خطرات می‌توان به استفاده از مواد ناریه استاندارد، شمارش چال‌های منفجره شده در آتشکاری، در صورت وجود چال دزدی در محدوده، باید انفجار مجدد به صورت ایمن انجام شود و سپس شروع فعالیت در محدوده کاری انجام شود، همچنین مطمئن شدن از صحیح بسته شدن مدار انفجار، طراحی مناسب انفجار، استفاده از لباس محافظ و کلاه ایمنی برای کاهش اثرات انفجار ناخواسته و بهبود کارایی سیستم پیش‌بینی و خدماتی است.

شکست سد باطله و نشت مواد سیانیدی علاوه بر اینکه مشکل جدی برای سلامتی و ایمنی پرسنل است از لحاظ محیط زیستی بسیار مهم است. یکی از راه‌کارهای مقابله با عدم شکست سد باطله پایش مداوم سد و استفاده از تجهیزات



زغال روباز برای پنج سال را جمع‌آوری کرده و با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تجزیه و تحلیل کردند. نتایج تحقیق بدین‌گونه بود که بزرگ‌ترین خطر در استخراج معادن روباز زمین لغزش، حمل و نقل، ابزارآلات دستی و ریزش است [۲۸].

همچنین در کتاب ایمنی و سلامتی معادن سطحی ویرایش دوم سال ۲۰۱۸ نیز در مورد انواع ریسک‌های عمومی موجود در معدنکاری و ریسک‌های ویژه بررسی شده است [۲۹].

معدنکاری روباز با پیشرفت صنایع و ماشین‌آلات روز به روز تغییر می‌کند. مدیریت معادن با به‌طور مداوم پرسنل را آماده پیشرفت تکنولوژی کنند در غیر این‌صورت خطرات جدیدی برای پرسنل وارد محیط کار خواهد شد و می‌تواند ارزیابی ریسک، دستورالعمل‌ها و برنامه‌های کنترل ریسک را بی‌اعتبار کند. بنابراین در استفاده از تکنولوژی و ماشین‌آلات پیشرفته باید سلامتی و ایمنی پرسنل در نظر گرفته شود.

در نهایت، ارزیابی ریسک باید به عنوان یک روند ادامه‌دار تلقی شود و در صورت لزوم، کفایت اقدامات کنترلی نیز باید تحت بررسی و بازنگری مداوم قرار بگیرد.

##### ۵- نتیجه‌گیری

سلامتی و ایمنی پرسنل در معادن اهمیت زیادی دارد. در صورت تلفات جانی و مالی ممکن است باعث صدمات جبران‌ناپذیر برای معادن شود. بنابراین باید ریسک در سطوح مختلفی طبقه‌بندی شود. در فرآیند تشخیص ریسک، رابطه بین احتمال وقوع و پیامد احتمالی ناشی از خطر باید بررسی شده و برای جلوگیری یا کاهش آسیب ریسک‌ها، برنامه‌ریزی و اقدامات کنترلی مناسبی انجام گیرد.

در تحقیق حاضر، مدیریت ریسک برای معادن روباز طلاي موته و اردستان انجام شد. برای این منظور از روش Fuzzy TOPSIS برای تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک کار در این معادن استفاده شد. شایستگی این روش رویکرد منطقی، در نظر گرفتن احتمالات و قابلیت محاسبات و عدم پیچیدگی بود. همچنین تعداد زیادی ریسک مختلف و بالقوه گردآوری شد. در مجموع تعداد ۱۳۶ مورد ریسک شناسایی و در هشت گروه ریسک فیزیکی، شیمیایی، کار با سیانید، ترابری، الکتریکال، کارگاه تعمیرات، انسانی و ایمنی طبقه‌بندی شدند.

طبق نتایج ارزیابی ریسک، ۱۵ گروه عدد ریسک مختلف با مقادیر ۰، ۰،۰۴۹، ۰،۰۹۸، ۰،۱۴۶، ۰،۱۴۹، ۰،۱۸۴، ۰،۲۵۱، ۰،۳۵۲، ۰،۴۱۲، ۰،۴۳۸، ۰،۵۷۵، ۰،۷۱۷، ۰،۷۹۹، ۰،۸۳ و ۱

افرادی که مسوول کار یا نظارت بر تجهیزات و مسوول ایمنی یا مدیرند باید آموزش کافی با اهداف ایمنی و بهداشت دیده باشند تا هنگام استفاده از تجهیزات کار، خطرات مرتبط با آن کاهش یابد. در صورت آگاه‌سازی مناسب و اجرای عملی دستورالعمل‌ها علاوه بر افزایش ایمنی و سلامتی پرسنل باعث کاهش ریسک در دیگر گروه‌ها شود.

سایر پیشنهاد‌های این تحقیق نیز به شرح زیر است:

- جابه‌جایی اشیاء یا تجهیزات ممکن است باعث کشیدگی یا سرخوردن افراد شود. استفاده از تجهیزات جابه‌جایی یا کاهش بار.
- استفاده از پرسنل مجرب و باتجربه در فرآیند استخراج معدن.
- تدوین و برگزاری برنامه‌های آموزشی مدیریت ریسک.
- آموزش و برگزاری دوره‌های کمک‌های اولیه.
- وجود جعبه کمک‌های اولیه در بخش‌های مختلف معدن.
- آموزش استفاده از کپسول‌های آتش‌نشانی به کلیه پرسنل.
- وجود تجهیزات اطفا حریق کافی در بخش‌های مختلف سایت معدن.
- توجه به تغذیه مناسب و سالم در معدن.
- عدم دسترسی به همه مناطق سایت معدن برای کلیه پرسنل.
- توجه به روشنایی عمومی معدن و روشنایی موضعی برای کارهای خاص در معدن.
- تعمیر و نگهداری منظم ماشین‌آلات و تجهیزات.
- استفاده از ماسک، دستکش، عینک ایمنی، کفش ایمنی، لباس کار مخصوص، محافظ صورت و نظایر آن.
- کنترل‌های مداوم بهداشتی پرسنل و محیط کاری.
- توجه به مسائل مالی و بیمه‌ای پرسنل.

به‌طور کلی نمی‌توان از همه ریسک‌های موجود در دو معدن طلاي اردستان و موته جلوگیری کرد و اقدامات برای کاهش ریسک در معدن است. بنابراین بررسی مداوم فرآیندها و کنترل‌های مدیریت ریسک ضروری است. باید در نظر داشت که زمان می‌تواند به عنوان یک پارامتر مهم بر احتمال و پیامدهای ریسک تاثیرگذار باشد، ممکن است با گذشت زمان تلفات یا هزینه‌های درمانی افزایش یابد. بنابراین لازم است که در پژوهش‌های بعدی تاثیر پارامتر زمان روی ریسک‌ها نیز دیده شود. همچنین خطرات و نحوه کنترل آن‌ها در فواصل منظم بررسی شود.

کاساپ و سوباشی در سال ۲۰۱۷ حوادث در معدنکاری

توسعه یافته FMEA در شرایط عدم قطعیت". نشریه مکانیک سنگ ایران، دوره ۱، شماره ۱.

۳. نخعی، ز.، عطایی، م.، کاکایی، ر.، بصیرنژاد، م.؛ ۱۳۹۷؛ "کاربرد تحلیل درخت خطای فازی در ارزیابی ریسک خطرات دستگاه سیمبرش در معادن سنگ ساختمانی کوثر اصفهان". نشریه مهندسی معدن، دوره ۱۳، شماره ۳۹، ص ۴۳-۵۳.

۴. جهانبانی، ز.، عطایی، م.، سرشکی، ف.، قنبری، ک.؛ ۱۳۹۶؛ "ارزیابی ریسک خودسوزی زغال سنگ در انباشتگاه زغال به روش تحلیل درخت خطای فازی". نشریه مهندسی معدن، دوره ۱۲، شماره ۳۵، ص ۱۲-۱.

۵. اکبری، ا.، محمدی، ا.؛ ۱۳۹۵؛ "تعیین محدوده نهایی معدن روباز مس سرچشمه با استفاده از معیار ارزیابی عاری از ریسک برای دستیابی به توسعه پایدار". فصلنامه زمین‌شناسی محیط زیست، دوره ۱۰، شماره ۳۵.

6. Vaziri V, Hamidi JK, Sayadi AR (2018) an integrated GIS-based approach for geohazards risk assessment in coal mines. *Environ Earth Sci.* 77(1):29.

۷. قاسمی، ا.؛ ۱۳۹۷؛ "پیش‌بینی پرتاب سنگ ناشی از آتشباری با استفاده از تکنیک درختی M5P". نشریه روش‌های تحلیلی و عددی در مهندسی معدن، دوره ۸، شماره ۱۶، ص ۴۵-۵۵.

۸. صیادی، ا.، منجزی، م.، شریفی، م.؛ ۱۳۹۶؛ "ارایه رویکردی جهت ارزیابی ریسک در معادن روباز با استفاده از روش FAHP و Fuzzy TOPSIS". روش‌های تحلیلی و عددی در مهندسی معدن.

۹. میبدیان، م.، معاریان، ح.، زارع، م.؛ ۱۳۸۸؛ "به‌کارگیری رهیافت نیومارک برای تحلیل آسیب‌پذیری و ریسک زمین‌لرزه در معادن روباز (مطالعه موردی: معدن مس سرچشمه)". نشریه دانشکده فنی، دوره ۴۳، شماره ۳، ص ۳۲۵-۳۳۶.

10. Grayson RL, Kinilakodi H, Kecojevic V. Pilot sample risk analysis for underground coal mine fires and explosions using MSHA citation data. *Safety Sci.* 2009; 47(10):1371-8.

11. Paul PS. Predictors of work injury in underground mines—an application of a logistic regression model. *Min Sci. Technol.* 2009; 19 (3):282-9.

بدست آمد. از طرفی ۵ گروه ریسک با طبقه‌بندی بسیار بالا، بالا، متوسط، کم و خیلی کم به ترتیب شامل ۱۰، ۱۳، ۲۸، ۳۶ و ۴۹ مورد بودند.

رویدادهای انفجارهای پیش‌بینی نشده، مواد منفجره غیر استاندارد، شکست سد باطله، نشت مواد سیانیدی، سقوط در سد باطله، برق‌گرفتگی هنگام کار با تجهیزات، لغزش یا سر خوردن هنگام تعمیرات یا کار، عدم استفاده از لباس ایمنی، ورود غیرمجاز به ناحیه استخراجی و انفجار در هنگام اطفاء حریق دارای بیشترین ریسک بودند و باید بیش‌ترین توجه را داشته باشند.

اقدامات کنترلی پیشنهاد شده به تفصیل در بخش بحث و بررسی آورده شده است که برخی موانع وقوع ریسک و برخی تعدیل‌کننده اثرات نامطلوب بودند، به طور خلاصه می‌توان به استفاده صحیح از تکنولوژی مناسب، رعایت ایمنی انفجارها، مداربندی صحیح انفجار، خارج کردن مواد منفجره غیر استاندارد از انبار ناریه و انهدام صحیح، بازدید و پایش مستمر از سد باطله، تعمیر و نگهداری منظم و مناسب تجهیزات، زیرسازی مناسب، جمع‌آوری و دفع اصولی ضایعات و مواد سمی، کار با تجهیزات الکتریکی و مکانیکی با لباس و تجهیزات مناسب، استفاده از کلاه ایمنی در محیط معدن و استفاده از تجهیزات و تکنولوژی پیشرفته در هنگام اطفاء حریق، آموزش و توجه به علائم هشداردهنده و اجرای دستورالعمل‌های ایمنی اشاره کرد.

ریسک‌های شناسایی شده ممکن است باعث تلفات و خسارات زیادی به پرسنل و معدن شود. متأسفانه نمی‌توان از کلیه ریسک‌ها جلوگیری کرد. خروجی ارزیابی ریسک انجام شده شناسایی ریسک‌های مهم و اقدام‌های کنترلی مناسب برای کاهش یا از بین بردن این ریسک‌ها بود. در صورت نبود مدیریت ریسک و در نظر نگرفتن ریسک‌های معدن، ممکن است خسارات و صدمات جبران‌ناپذیری به پرسنل و معدن وارد شود.

## منابع

۱. عامری، م.، عطایی، م.، سرشکی، ف.، رفیعی، ر.؛ ۱۳۹۸؛ "ارزیابی و مدیریت ریسک ایمنی با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در معادن روباز کرومیت فاریاب". نشریه مهندسی منابع معدنی، دوره ۴، شماره ۲، ص ۵۷-۷۲.

۲. بخت‌آور، ع.، میکائیل، ر.، صفوی، م.؛ ۱۳۹۶؛ "ارزیابی ریسک لرزش زمین ناشی از آتشباری با استفاده از رویکرد

- 8(3):338–53.
22. Joy J. Occupational safety risk management in Australian mining. *Occup. Med* 2004; 54:311–5.
  ۲۳. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح بهره‌برداری از معدن طلای کوه دم شمال شرقی، موسسه پژوهشی زنده رود.
  ۲۴. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی توسعه استخراج طلا در کانسار دره اشکی مجتمع طلای موته.
  25. Applied Manual. Health and safety risk management manual for the Australian Coal Mining Industry, Health and Safety Trust; 2007.
  26. Kaufmann A, Gupta MM. Introduction to fuzzy arithmetic: theory and applications. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc.; 1985. p.351.
  27. Allanson C. Strata control in underground coalmines: a risk management perspective. In: Aziz N, editor. Coal Operators' Conference, University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy; 2002. p. 135–53.
  28. Kasap Y, Subasi E. Risk assessment of occupational groups working in open pit mining: Analytic Hierarchy process. *Journal of Sustainable Mining*; 2017; 16(2): p. 38–46.
  29. Leur A. Safety and health in opencast mines. International Labor Organization; 2018; Second edition.
  12. Coleman PJ, Kerkering JC. Measuring mining safety with injury statistics: lost workdays as indicators of risk. *J Safety Res* 2007; 38(5):523–33.
  13. Duzgun HSB, Einstein HH. Assessment and management of roof fall risks in underground coal mines. *Safety Sci.* 2004; 42(1):23–41.
  14. Australian Mine Health Safety Regulation [www.legislation.nsw.gov.au](http://www.legislation.nsw.gov.au), 2010.
  15. Aven T. Risk analysis: assessing uncertainties beyond expected values and probabilities. John Wiley & Sons Ltd 978-0-470-51736-9; 2008.
  16. ISO Guide. Risk management—vocabulary. International Organization for Standardization 1st ed.; 2009. p. 73.
  17. PMBOK. A guide to the project management body of knowledge 4th ed.; 2008.
  18. Barnes M. Risk assessment workbook for mines. Metalliferous, extractive and opal mines, and quarries. Mine Safety Operations; 2009. p. 64.
  19. Aven T, Vinnem JE. Risk management, with applications from the offshore oil and gas industry. New York, NY: Springer Verlag; 2007.
  20. Chen CT. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Set Syst.* 2000; 114(1):1–9.
  21. Zadeh LA. Fuzzy sets. *Inf. Control* 1965;