

ارزیابی خطاهای انسانی در استخراج معادن زغال سنگ با استفاده از روش شریا

مجتبی شاه محمدی^۱، بیژن ملکی^{۲*}، زهرا ناصرزاده^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، moj.shah2010@gmail.com

۲. استادیار گروه معدن، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، maleki@eng.ikiu.ac.ir

۳. استادیار گروه ایمنی صنعتی، دانشگاه کار، Hse.safety20@yahoo.com

(دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۰۳ - پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۵)

چکیده

تامین ایمنی برای معدنکاران از الزامات مهم معدنکاری است. مخاطرات و حوادث در معادن باید حذف، کنترل و یا حداقل شود. متداول‌ترین علت حوادث معدنی، فاکتور خطای انسانی است. در این تحقیق، حوادث ناشی از خطای انسانی در زغال سنگ پروده شماره ۱ طیس با روش شریا مورد بررسی قرار گرفته است. در شریا که یک روش نظام یافته پیش‌بینی و کاهش خطای انسانی است، مهمترین خطاهای انسانی که سبب حوادث می‌شود بر حسب مکان و یا نوع فعالیت، تقسیم‌بندی شده و نتایج در قالب چارت‌های وظایف شغلی ارائه شده است. از مجموع ۳۷ خطای شناسایی شده بیشترین تعداد خطا ۱۸ مورد (۴۸/۶۴ درصد) از نوع عملکردی، ۱۳ خطا مربوط به بازبینی (۳۵/۱۳ درصد)، ۵ خطا از نوع ارتباطی (۱۳/۵۱ درصد) و ۲ خطا مربوط به انتخاب (۵/۴ درصد) بود، سپس روش اولویت‌بندی AHP به کار گرفته شده و راهکارهای کنترلی مناسب برای کاهش ریسک خطاها با توجه به اولویت‌ها ارائه شد. گزینه‌های کاهش خطای انسانی شامل ارتقا تجهیزات، آموزش، دستورالعمل و سازمان در نظر گرفته شد. بررسی‌ها نشان داد که ارتقا تجهیزات، مناسب‌ترین گزینه در کاهش خطای انسانی است. این ارتقا برای کل معدن در نظر گرفته شده و نشان داده شد در شرایطی که محدودیت منابع و هزینه‌ها و یا زمان وجود داشته باشد، می‌توان اثر گزینه‌ها بر هر یک از فعالیت‌های اصلی را برای نتایج بهتر مورد بررسی قرار داد. در این حالت روش فوق قابلیت اجرای بهتری دارد زیرا به جای ارتقا تجهیزات برای همه بخش‌ها، ارتقا هر بخش با توجه به گزینه موثرتر انجام می‌شود.

کلمات کلیدی

خطای انسانی، معدن زغال سنگ، شریا، روش AHP.

۱- مقدمه

ارایه راهکارهای کنترلی، گام موثری در کاهش وقوع خطاهای انسانی برداشته شود. انتخاب روش مناسب، گام اول و اساسی در مطالعات ارزیابی ریسک‌های حاصل از خطای انسانی است [۷]. یکی از معتبرترین روش‌های شناسایی و ارزیابی، شریا است که به شناسایی خطاها بر مبنای اصول روانشناسی انسانی حاصل از آنالیز وظایف می‌پردازد [۱۰ و ۷].

در زمینه روش شریا پژوهش‌های انجام گرفته است. در مطالعه‌ای، تاثیر خطاهای ارگونومیک در یکی از صنایع پتروشیمی انجام گرفت و ۲۲۲ خطا شناسایی شد. در این رابطه ۴۸/۶۲ درصد خطای عملیاتی و ۳۱/۹۷ درصد مربوط به خطای بازدید بود [۱۱]. در مطالعه دیگری تاثیر خطای انسانی در آتشباری معدن سنگ آهن به روش شریا بررسی شد. ۴۲ خطای انسانی شناسایی شد که ۵۵ درصد خطای عملی، ۱۴ درصد خطای ارزیابی، ۲۱ درصد خطای چک کردن، ۶ درصد خطای گزینش و ۱/۶ درصد خطای ارتباطی بود [۱۲].

در این روش ۵ حیطة خطای عملکردی، بازبینی، ارزیابی، ارتباطی و انتخاب وجود دارد که می‌تواند در بالابردن ایمنی و پیشگیری از حادثه و افزایش قابلیت اعتماد سیستم از طریق کاهش خطای انسانی کمک کند [۱۳]. دلیل دیگر استفاده از این روش، آنالیز شغلی است که در مراحل انجام شریا در نظر گرفته می‌شود. در این تحقیق، ابتدا خطاهای موجود در زغال سنگ پروده شماره ۱ طبس مورد بررسی قرار گرفت، سپس مراحل انجام کار، فعالیت‌های معدنی و خطاهای حاصل از آن‌ها به صورت پرسش‌نامه، مصاحبه و مشاهده ارزیابی شد. داده‌ها با کدبندی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و امتیازاتی برای هر حیطة به تفکیک به دست آمد. داده‌ها و امتیازات به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج لازم استخراج شد. در ادامه به کمک روش AHP، گزینه‌هایی برای پیشگیری و کاهش خطاهای انسانی مطرح شد. با استفاده از اولویت‌بندی گزینه‌ها، راهکارهای لازم برای بهبود فعالیت‌ها و در نتیجه کاهش خطای انسانی در معدنکاری زغال سنگ پروده شماره ۱ طبس پیشنهاد شد.

۲- روش کار

روش شریا در سال ۱۹۸۶ ایجاد شده و توسعه پیدا کرده است. این روش تحلیل خطای انسانی از پرسش‌نامه‌هایی که خطاهای مشابه را در هر مرحله از فرآیند تجزیه و تحلیل وظایف شغلی تشخیص می‌دهد، استفاده شده است [۱۰]. استفاده از روش شناسایی و ارزیابی خطای انسانی شریا برای ارزیابی خطرات مرتبط با ایمنی و سلامت انسان در جهت مدیریت ایمنی و کاهش خطاهای انسانی و هزینه‌ها است.

ایمنی مقدم بر انجام هر فعالیتی است. در این راستا انتظار می‌رود با مکانیزه شدن معدن، مخاطرات معدنکاری نیز کاسته شود. امروزه در بسیاری از محیط‌های شغلی مانند معدن، صنایع نفت و گاز، هسته‌ای، نظامی و شیمیایی، بروز یک خطای انسانی ممکن است به یک فاجعه تبدیل شود [۱]. به طور کلی، شرایط کار در معدن زیرزمینی با معدن سطحی متفاوت است. از همین رو اهمیت بررسی سلامت و ایمنی کارکنان در معدن زغال سنگ زیرزمینی به دلیل تلفات و بلایای طبیعی که هر ساله در سراسر جهان اتفاق می‌افتد، افزایش می‌یابد [۲]. تاکنون مطالعات مختلفی در ارتباط با ارزیابی ریسک در محیط‌های کاری مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی ۱۲۰۰ معدن بزرگ و متوسط مورد مطالعه در طول سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۶ تعداد ۵۹۱ حادثه فاجعه بار را نشان می‌دهد [۳]. کم توجهی به اصول ایمنی و عدم آشنایی با تجهیزات و خطرات معدنکاری منجر به ایجاد حوادث در معدن، از بین رفتن دارایی‌ها، صدمات جبران‌ناپذیر به محیط زیست و خدشه‌دار شدن اعتبار پیمانکاران معدن می‌شود [۴ و ۵]. استخراج معدن زغال سنگ زیرزمینی به دلیل کمبود فضا با محدودیت‌های زیادی در زمینه چالزنی و آتشباری، استخراج و حمل و نقل مواجه است و بنابراین به عنوان یکی از خطرناک‌ترین عملیات در سراسر جهان شناخته شده است [۶]. جلوگیری یا کاهش خسارت و حوادث در معدن زغال سنگ نسبت به معدن سطحی پیچیده‌تر و خطرناک‌تر است. در این راستا، خطاهای انسانی ممکن است جان صدها نفر را به خطر اندازد و گاهی منجر به انفجار یا آتش‌سوزی در معدن شود [۷]. در مطالعه اتاق کنترل واحد بازیافت گوگرد پالایش نفت تهران، ۲۱۹ خطای انسانی شناسایی شد که ۴۷ مورد آن مربوط به اجرای نادرست روش و اجرای روش اشتباه و ۳۲ مورد مربوط به اجرا نشدن روش در زمان مناسب بود [۸]. در مطالعه‌ای دیگر، روشی برای ارزیابی خطرات مربوط به سلامت و ایمنی انسان مبتنی بر روش تاپسیس فازی پیشنهاد شده است. در این بررسی داده‌های سه معدن زغال سنگ پر خطر هشونی، هجدک و باب نیزو واقع در استان کرمان ایران استفاده شد. در مجموع ۸۶ خطا شناسایی شد. با اجرای این مدل، دوازده گروه با خطرات مختلف به دست آمد [۹]. در حال حاضر روش‌های متعددی برای شناسایی خطاهای انسانی معرفی شده‌اند که برای نمونه می‌توان به شریا^۱، HEART، HEIST اشاره کرد [۱]. هر یک از این روش‌ها نقاط ضعف و قوت متفاوتی دارند. هدف این تحقیق، شناسایی و ارزیابی خطاهای انسانی با روش شریا در معدن زغال سنگ پروده شماره ۱ طبس است تا با ارزیابی رفتارهای نایمن و

خطای عملکردی مانند باز کردن یک در، خطای بازیابی مانند دریافت اطلاعات از طریق آیین نامه، دستورالعمل، نمایشگر، خطای بررسی کردن (بازیابی) مانند هدایت و اداره کردن یک روند بررسی، خطای انتخابی شامل انتخاب یک راهکار دیگر با توجه به فرمان مسوول بالاتر و خطای ارتباطی مانند گفتگو با بخش‌ها یا گروه دیگر.

پ- گام سوم: شناسایی خطاهای انسانی^۳

طبقه‌بندی مراحل وظیفه، سبب هدایت تحلیلگر در جهت بررسی خطای فعالیت با استفاده از طبقه‌بندی خطای پایین دست می‌شود. در این مرحله، از جدول ۱ شامل انواع خطاهای انسانی در روش شریا استفاده شد [۲].

ت- گام چهارم: آنالیز پیامد^۴

بررسی نتایج هر خطا روی سیستم یک مرحله حیاتی است که نتایجی کاربردی برای خطاهای بحرانی خواهد داشت. تحلیلگر باید شرح کاملی از نتایج، به همراه شناسایی خطا ارائه کند. به عنوان مثال اگر عملیات چالزنی به درستی انجام نگیرد، ممکن است افراد در منطقه ممنوعه مستقر شده باشند و به آن‌ها آسیب وارد شود. معیارهای ارزیابی آنالیز پیامد سطوح خطری است که از شناسایی و ارزیابی خطاها به دست آمده است.

ث- گام پنجم: آنالیز بازیابی^۵

در این مرحله تحلیلگر باید جبران و بازیابی بالقوه خطاهای شناسایی شده را مشخص کند.

ج- گام ششم: آنالیز احتمال خطا^۶

در این مرحله خطا طبق جدول ۲ طبقه‌بندی شد.

چ- گام هفتم: آنالیز میزان بحرانی بودن^۷

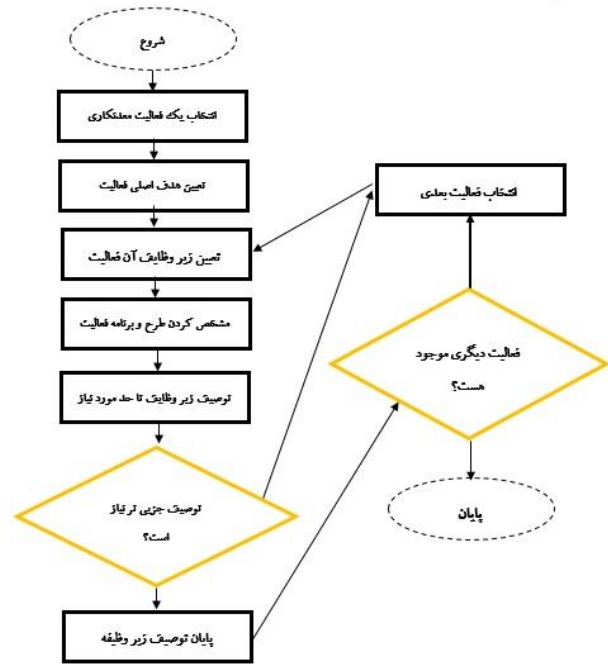
در صورتی یک خطا بحرانی تلقی می‌شود که منجر به یک واقعه شدید و غیرقابل قبول شده و اساسا نتایج آن بتواند باعث خسارت به ساختار سازمان، صنعت، محصول و کارکنان شود.

ح- گام هشتم: آنالیز اقدامات کنترلی و اصلاحی^۸

در این گام، راهکارهای کاهش خطا ارائه می‌شود. این راهکارها در قالب پیشنهاد تغییرات مربوط به سیستم کاری می‌تواند از ایجاد خطاها جلوگیری کند.

همچنین می‌تواند تعادلی مناسب بین نگرانی‌های مختلف مانند ایمنی و هزینه‌ها را ارائه دهد [۱۴]. این روش در ۸ گام انجام می‌گیرد. ابتدا تقسیم‌بندی وظایف و زیر وظایف در مطالعه موردی مشخص شده است و از طریق سلسله مراتبی بیان می‌شود، سپس با استفاده از برگه کار تشخیص خطاها، انواع و ریسک هر کدام شناسایی می‌شود. در ادامه خطاهای بحرانی و راه‌های کنترل و یا جلوگیری از بروز آن‌ها ارائه می‌شود [۱۵].

نحوه اجرای روش شریا مطابق فلوجارت شکل ۱ مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۱- فلوجارت نحوه اجرای روش شریا [۱۶].

الف- گام اول: آنالیز سلسله مراتبی وظایف^۱

جزئیات و اطلاعات لازم برای انجام فعالیت‌های استخراج زیرزمینی و کلیه وظایف مرتبط با آن از طریق پرسش‌نامه، مصاحبه و مشاهده به دست آمد. این فرآیند با تجزیه و تحلیل فعالیت‌های اجرایی معدنکاری و استخراج زغال سنگ پروده شماره ۱ طبس شروع شد. در ابتدا هدف نهایی مطالعه موردی در نظر گرفته شد. بر این اساس، وظیفه‌های کلی مشخص شده و سپس به وظیفه‌های کوچکتر تقسیم شد. انتهای ترین وظیفه که قابل تقسیم بیشتر نبود، برای روش شریا به کار رفت.

ب- گام دوم: طبقه بندی وظایف^۲

در هر مرحله از روش، ابتدا خطاهای تعریف شده زیر برای وظیفه‌های کوچکتر تعریف می‌شود:

- 1- Hierarchical Tasks Analysis (HTA)
- 2- Tasks Classification

- 3- Human Errors Identification (HEI)
- 4- Consequence analysis
- 5- Recovery analysis
- 6- Ordinal probability analysis
- 7- Criticality analysis
- 8- Remedy analysis

جدول ۱- طبقه‌بندی انواع خطاهای انسانی [۲].

نوع خطا	شناسه خطا	توصیف خطا
خطاهای عملکردی ^۱	A1	عمل خیلی زود یا دیر انجام شود.
	A2	عمل مورد نظر بی‌موقع انجام شود.
	A3	عمل مورد نظر در جهت اشتباه انجام شود.
	A4	عمل کمتر، یا بیش از حد لازم انجام شود.
	A5	عمل تغییر انجام می‌شود.
	A6	عمل صحیح بر روی گزینه اشتباه انجام شود.
	A7	عمل اشتباه بر روی گزینه صحیح انجام شود.
	A8	انجام عمل مورد نظر فراموش شود.
	A9	عمل به طور ناقص انجام می‌شود.
	A10	عمل اشتباه بر روی گزینه اشتباه انجام می‌شود.
خطای بازدیدی ^۲	C1	بررسی فراموش می‌شود.
	C2	بررسی به طور ناقص انجام می‌شود.
	C3	بررسی صحیح بر روی گزینه اشتباه انجام می‌شود.
	C4	بررسی اشتباه بر روی گزینه صحیح انجام می‌شود.
	C5	بررسی در زمان نامناسب انجام می‌شود.
	C6	بررسی اشتباه بر روی گزینه اشتباه انجام می‌شود.
خطای بازیابی ^۳	R1	اطلاعات لازم در دسترس نیست.
	R2	اطلاعات به صورت اشتباه ارائه شده است.
	R3	بازیابی اطلاعات، ناقص انجام می‌شود.
خطای ارتباطی ^۴	I1	تبادل اطلاعات انجام نمی‌گیرد.
	I2	اطلاعات اشتباه تبادل می‌شود.
	I3	تبادل اطلاعات به طور ناقص انجام می‌گیرد.
خطای انتخاب ^۵	S1	انتخاب حذف می‌شود.
	S2	انتخاب اشتباه انجام می‌شود.

جدول ۲- ماتریس ریسک و امتیاز آن.

شدت خطر				فاجعه بار ۱	بحرانی ۲	مرزی ۳	جزئی ۴	احتمال وقوع	
۱A	۲A	۳A	۴A						
۱A	۲A	۳A	۴A	مکرر ۱A	محتمل ۲B	گاهی ۳C	خیلی کم ۴D		غیرمحتمل ۵E
۱B	۲B	۳B	۴B	۱B	۲B	۳B	۴B		
۱C	۲C	۳C	۴C	۱C	۲C	۳C	۴C		
۱D	۲D	۳D	۴D	۱D	۲D	۳D	۴D		
۱E	۲E	۳E	۴E	۱E	۲E	۳E	۴E		
1A, 2A, 3A, 1B, 2B, 1C				غیرقابل قبول					
3B, 3C, 2C, 2D, 1D				نامطلوب					
4A, 4B, 3D, 3E, 2E, 1E				قابل قبول با تجدید نظر					
4C, 4D, 4E				قابل قبول					

- 1- Action errors
- 2- Checking errors
- 3- Retrieval Errors
- 4- Communication errors
- 5- Selection error

۳- اجرای روش در معدن زغال سنگ پروژه شماره ۱ طبس

با توجه به روش استخراجی برای بررسی خطاها و خطرات موجود در روش استخراجی، فعالیت‌های مربوط به چهار بخش پیشروی، راهروهای باربری، کارگاه استخراج و سایر قسمت‌های معدن تقسیم می‌شود.

پس از بررسی فعالیت‌های زیرزمینی زغال سنگ پروژه شماره ۱ طبس فعالیت‌هایی که در معرض خطر و خطاهای انسانی‌اند در جدول ۳ مورد ارزیابی قرار گرفت.

انجام مناسب این گام‌ها، مزایای به کارگیری روش شریبا را به خوبی نشان می‌دهد [۱۷ و ۱۸].

پس از جمع‌آوری داده‌ها، در ستون مربوط به سطح ریسک خطا، با استفاده از روش ارزیابی کیفی که در آن دسته‌بندی خطرات ناشی از خطای انسانی از نظر شدت به چهار دسته فاجعه بار، بحرانی، مرزی و جزئی و میزان شدت خسارات که به صورت مکرر، محتمل، گاه به گاه، خیلی کم و غیرمحمتمل طبقه‌بندی می‌شود، عمل شد. سطح ریسک از تلفیق احتمال و شدت هر یک از خطاها به صورت کمی (درصدی) برآورد می‌شود [۱۹].

جدول ۳- برگه کار شریبا برای زغال سنگ پروژه شماره ۱ طبس.

مکان فعالیت	وظیفه اصلی	زیر وظیفه	نوع خطا	توصیف خطا	پیامد ناشی از خطا	امکان بازبایی	سطح ریسک	راهکار کنترلی
پیشروی	چالزنی	اپراتوری دستگاه چالزنی	A4 A3	برای چالزنی طبق الگوی آتشباری نباشد	جدا نشدن کامل سنگ	دارد	3C	کنترل زاویه و عمق چال‌ها قبل از پرکردن
		خرج‌گذاری و گل‌گذاری چال	A4 A8	عدم استفاده از میزان مشخص شده مواد ناریه	تخریب کمتر یا بیشتر از مقدار تعیین شده	دارد	3C	کنترل میزان مواد ناریه استفاده شده
		بستن و کنترل مدار آتش	C1 A1	عدم کنترل مدار	انفجار ناقص	دارد	2D	کنترل مدار بعد از بستن آن
		آتش بار (منفجرکننده)	A2	عمل انفجار بی‌موقع انجام شود.	آسیب به تجهیزات و افراد	ندارد	2D	هشدار و مانیتورینگ
		نقشه‌برداری (امتداد و عرض تونل)	I2	عدم ثبت دقیق اطلاعات نقشه‌برداری	انحراف تونل	دارد	4D	ارتقا تجهیزات نقشه‌برداری و آموزش
		تعیین‌کننده نقاط چالزنی	A9 A8	فراموشی علامت‌گذاری نقاط چالزنی	انفجار ناقص	دارد	3D	کنترل قبل از شارژرینگ مواد ناریه
		سرپرست تیم پیشروی	C2 S1	عدم کنترل در عملیات چالزنی و آتشباری	پایین آمدن راندمان چالزنی	دارد	3B	حضور بیشتر سرپرست در محل چالزنی و کنترل منظم عملیات
کارگاه استخراج	آماده‌سازی	اپراتور بارگیری	A4 S2	استفاده نامناسب از دستگاه	کاهش راندمان و تاخیر در سیکل بارگیری	دارد	4C	آموزش اپراتور و کنترل عملیات بارگیری
		متصدی اتافک دستگاه برش	A1	آماده نبودن اتافک استقرار شیر	تاخیر در شروع به کار شیر	ندارد	4D	بازرسی روند عملیات و افزایش کارگران
		اپراتور جابه‌جا کننده تجهیزات ناو زنجیری‌ها و سیستم نگهداری	A1 A2	تاخیر در انتقال و توسعه تجهیزات ناو نقاله	تاخیر در شروع کار استخراج	ندارد	4D	افزایش مهارت کارکنان آماده‌سازی

مکان فعالیت	وظیفه اصلی	زیر وظیفه	نوع خطا	توصیف خطا	پیامد ناشی از خطا	امکان باز یابی	سطح ریسک	راهکار کنترلی
راهروهای باربری	کنترل و نظارت	سرپرست کارگاه	C1 C2 C5	عدم نظارت لازم بر مراحل انجام کار	کاهش تولید ناشی از تاخیر در استقرار ماشین حفار و جابه جایی نگهدارنده	دارد	4C	مانیتورینگ عملیات و کنترل زمان اجرای کار
	حمل و نقل	اپراتور حمل بار در تونل	C2	کنترل ناقص مسیر حمل مواد معدنی	قطع مسیر انتقال مواد	دارد	4D	تعمیر و نگهداری تجهیزات انتقال مواد معدنی
سایر بخش های زیرزمینی معدن	واحد مدیریت	اپراتور پذیرگاه (ناو زنجیری دوم)	A1 A2	در زمان مورد نظر اضافه کردن نوار نقاله انجام نشده است.	عملیات استخراج زودتر از موعد متوقف می شود.	دارد	4D	کنترل زمان و هماهنگی با کارگاه استخراج
	واحد خدماتی	سرپرست داخل معدن	I1 I2 I3	اطلاع نامناسب مشکلات معدن به مسوولین	مخاطرات مختلف معدنی و کاهش تولید	دارد	3C	استفاده از ابزار مانیتورینگ و ارتباطی
		بازرس ایمنی و تهویه	C1 C2 C3 C5	بررسی گاز در نقاط مورد نیاز فراموش شود.	آلودگی هوای محیط کار یا حتی امکان انفجار	غیر قابل باز یابی در انفجار	قسمت انفجار 1D آلودگی هوا 2C	الزام به ثبت داده های اندازه گیری شده
	واحد خدماتی	بازرس نگهداری	C2 I3	نقاط دارای مشکل نگهداری به خوبی اطلاع رسانی نشده است.	ریزش معدن در بخش های مختلف	باز یابی در ریزش جزئی	2D	کنترل پیوسته نگهدارنده ها و آرایه جزئیات ریزش
		مسوول کنترل آب و زهکشی	C2	بررسی ناقص محل های نفوذ آب و کنترل ناقص تاسیسات آبکشی	نفوذ آب و مخاطرات مربوط به آن	در نفوذ کم امکان باز یابی	4E	به کارگیری افراد خبره با تاسیسات آبکشی و تشخیص مناطق نفوذ آب به معدن
	واحد نصب تاسیسات داخلی معدن	مسوول برق معدن	C2	بررسی ناقص روشنایی و کابل های در مسیر	کاهش روشنایی و اختلال در کار دستگاه ها	دارد	4D	کنترل منظم کل معدن و کنترل غیر منظم مناطق حساس
		نصاب نگهدارنده ها	A7	خطا در نصب قاب ها و نگهدارنده ها در محل معین	ریزش معدن در قسمت هایی که نگهداری ضعیف است.	دارد	2D	نصب دقیق و تطابق با نقشه طراحی
		نصاب سیستم تهویه	A7	خطا در تشخیص محل دقیق نصب لوله ها، فن ها و درب ها	عدم کارایی تهویه و امکان آسیب به تاسیسات آن	دارد	3D	بازرسی و کنترل حین نصب و تطابق با طراحی
		نصاب سیستم برق	A7 A9	لامپ ها، کابل ها و سایر تجهیزات برقی به خوبی نصب نشوند.	کمبود روشنایی و کابل های نامناسب	دارد	4D	بازرسی حین اجرا و نصب

جدول ۶- سربرگ پرسش‌نامه تاثیر گزینه‌ها بر روی هر یک از مشاغل.

عنوان پرسش‌نامه: تاثیر گزینه‌ها بر مشاغل				
ردیف	مشاغل	گزینه‌ها		
		تجهیزات	آموزش	دستورالعمل
۱	اپراتور دستگاه چالزنی	✓		
...				

برای تطابق نتایج پرسش‌نامه با جدول شریبا از جدول ۷ برای طبقه‌بندی احتمال و شدت رخدادها استفاده شده است.

جدول ۷- طبقه‌بندی احتمال و شدت رخداد.

شدت (x)	احتمال (y)
$1 \leq x < 1.5 \rightarrow 1$	$1 \leq y < 1.5 \rightarrow 1$
$1.5 \leq x < 2.5 \rightarrow 2$	$1.5 \leq y < 2.5 \rightarrow 2$
$2.5 \leq x < 3.5 \rightarrow 3$	$2.5 \leq y < 3.5 \rightarrow 3$
$3.5 \leq x \leq 4 \rightarrow 4$	$3.5 \leq y < 4.5 \rightarrow 4$
	$4.5 \leq y \leq 5 \rightarrow 5$

در جدول ۸ مشخصات مربوط به ۲۰ نفر از خبرگان پرکننده پرسش‌نامه‌ها، آمده است. همچنین با استفاده از رابطه ۱، میانگین پاسخ‌ها در جدول ۹ تنظیم شده است.

$$(1) \quad \frac{\sum (\text{تعداد} \times \text{ضریب})}{\text{جامعه کل آماری}}$$

جدول ۸- تقسیم‌بندی تعداد خبرگان با توجه به مشخصات آن‌ها.

مدرك تحصیلی	پایین تر از لیسانس (۰)	لیسانس (۹)	فوق لیسانس (۸)	دکتری (۳)
تخصص	معدن (۱۲)	زمین‌شناسی (۱)	ایمنی صنعتی (۶)	سایر (۱)
سابقه	زیر ۵ سال (۱۰)	تا ۱۰ سال (۵)	۱۰ تا ۲۰ سال (۵)	
نوع فعالیت	آموزشی (۴)	مهندس معدن (۱۱)	مهندس HSE (۵)	

در جدول ۳ ستون مربوط به نوع خطا از جدول ۱ استفاده شد. به دلیل زیاد بودن احتمال خطا در هر یک از فعالیت‌ها، پرخطرترین خطا در نظر گرفته شد. همین‌طور برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به ستون سطح ریسک از پرسش‌نامه استفاده شد. تلاش شد که سوال‌های طرح شده ساده و دقیق و به صورت گزینه‌ای باشد که به راحتی قابل پاسخگویی باشد. ۳ پرسش‌نامه جداگانه طبق سربرگ نمونه جدول ۴، ۵ و ۶ تنظیم شد.

جدول ۴- سربرگ پرسش‌نامه بررسی شدت خطر مشاغل.

عنوان پرسش‌نامه: بررسی شدت خطر مشاغل				
ردیف	مشاغل	شدت خطر		
		فوق	متوسط	پایین
۱	اپراتور دستگاه چالزنی		✓	
...				

جدول ۵- سربرگ پرسش‌نامه بررسی احتمال رخ داد مشاغل.

عنوان پرسش‌نامه: بررسی احتمال رخ داد مشاغل					
ردیف	مشاغل	نوع تکرار حادثه			
		مکرر	مختل	گاهی	خیلی کم
۱	اپراتور دستگاه چالزنی				✓
...					

جدول ۹- محاسبه شدت خطر و احتمال وقوع با استفاده از نظر خبرگان و پرسشنامه.

ردیف	مشاغل	شدت خطر						احتمال وقوع						
		فاجعه بار (۱)	بحرانی (۲)	مرزی (۳)	جزیی (۴)	میانگین	عدد تکرار	مکرر (۱)	محتمل (۲)	گاهی (۳)	خیلی کم (۴)	غیر محتمل (۵)	میانگین	عدد احتمال
۱	اپراتور دستگاه چالزنی	۲	۴	۱۳	۱	۰	۲	۲/۶۵	۱	۱۳	۴	۲	۳/۳۵	۲
۲	خرج گذاری و گل گذاری چال	۳	۴	۱۱	۲	۰	۳	۲/۶۰	۲	۱۱	۴	۱	۳/۱۵	۳
۳	بستن و کنترل مدار آتش	۶	۱۰	۳	۱	۰	۲	۲/۱۰	۱	۳	۱۰	۱	۳/۹۰	۴
۴	منفجر کننده	۶	۱۲	۲	۰	۰	۲	۱/۸۰	۰	۲	۱۲	۱۴	۳/۶۰	۴
۵	نقشه بردار امتداد	۰	۱	۴	۱۵	۰	۴	۳/۷۰	۱۵	۴	۱	۲	۳/۷۵	۴
۶	تعیین کننده نقاط چالزنی	۱	۴	۱۲	۳	۰	۳	۲/۸۵	۳	۱۲	۴	۶	۳/۵۰	۴
۷	سرپرست تیم پیشروی	۱	۲	۱۲	۵	۱	۳	۳/۰۵	۵	۱۲	۲	۱۲	۲/۴۰	۲
۸	اپراتور بارگیری	۰	۱	۳	۱۶	۰	۴	۳/۹	۱۶	۳	۱	۵	۲/۸۵	۳
۹	متصدی اتاقک دستگاه برش	۱	۱	۳	۱۵	۱	۴	۳/۷۵	۱۵	۳	۱	۴	۳/۵۵	۴
۱۰	جابه جا کننده ناو زنجیری و سیستم نگهدارنده	۰	۱	۵	۱۴	۱	۴	۳/۶۵	۱۴	۵	۱	۵	۳/۵۰	۴
۱۱	سرپرست کارگاه و تونل باربری	۰	۱	۳	۱۶	۰	۴	۳/۷۵	۱۶	۳	۱	۹	۲/۹۰	۳
۱۲	اپراتور حمل بار تونل	۱	۱	۴	۱۴	۱	۴	۳/۵۵	۱۴	۴	۱	۵	۳/۵۵	۴
۱۳	اپراتور پذیرگاه (ناو زنجیری ۲)	۰	۲	۲	۱۶	۰	۴	۳/۷۰	۱۶	۲	۲	۱۵	۳/۷۰	۴
۱۴	سرپرست داخل معدن	۱	۲	۱۴	۳	۰	۳	۲/۹۵	۳	۱۴	۲	۹	۲/۸۰	۳
۱۵	بازرس ایمنی و تهویه	۸	۷	۳	۲	۰	۲	۱/۹۵	۲	۳	۷	۸	۳/۵۰	۴
۱۶	بازرس سیستم نگهداری	۵	۱۱	۲	۱	۰	۲	۱/۸۵	۱	۲	۱۱	۱۶	۳/۹۵	۴
۱۷	مسوول زهکشی	۱	۱	۱۷	۱۷	۰	۴	۳/۷۰	۱۷	۱	۱	۲	۴/۸۰	۵
۱۸	مسوول برق	۰	۲	۴	۱۴	۰	۴	۳/۶۰	۱۴	۴	۲	۳	۳/۶۵	۴
۱۹	نصاب سیستم نگهدارنده	۱	۱۴	۳	۲	۰	۲	۲/۳۰	۲	۳	۱۴	۱۵	۴/۱۵	۴
۲۰	نصاب تهویه	۲	۳	۱۲	۳	۰	۳	۲/۸۰	۳	۱۲	۳	۱۷	۴/۰۵	۴
۲۱	نصاب برق	۱	۲	۳	۱۴	۰	۴	۳/۶۵	۱۴	۳	۲	۱۶	۴/۱۰	۴

۴- نتایج و بحث

شناسایی شده (۴۸/۶۴ درصد) از نوع عملکردی بود (شکل ۲). با انجام ارزیابی ریسک، بیشترین فراوانی مربوط به سطح ریسک قابل قبول (۴۷/۶۲ درصد) تعیین شد (شکل ۳).

در این مطالعه ۷ وظیفه اصلی و ۲۱ زیروظیفه برای کارکنان در حین انجام عملیات استخراج تعیین شد. اطلاعات به دست آمده از برگه‌های کار شریا نشان داد که از مجموع ۳۷ خطای مورد شناسایی، بیشترین خطای

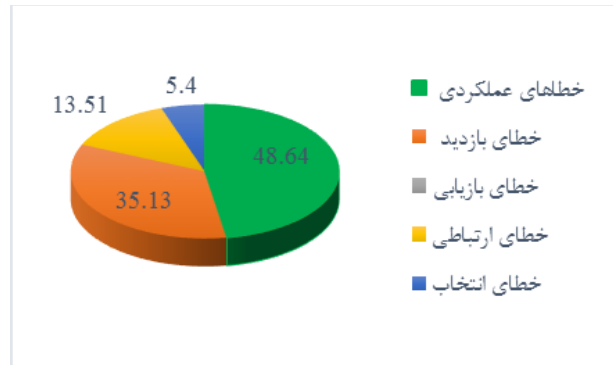
۴-۱- اولویت بندی در کاهش خطای انسانی با روش AHP^۱

از آنجا که نوع فعالیت معدنی تاثیر به سزایی بر خطای انسانی دارد در هر فعالیت نقش نیروی انسانی متفاوت است و بنابراین خطاها نیز هم از لحاظ شدت خطر و هم از لحاظ تکرار متفاوت خواهد بود. بر این اساس نوع فعالیت‌ها به عنوان معیاری برای کاهش خطای انسانی در نظر گرفته شد. بخش‌های مختلف داخل معدن با توجه به روش استخراج تقسیم‌بندی شد. این تقسیم‌بندی در ۲ سطح کلی و جزئی در نظر گرفته شد.

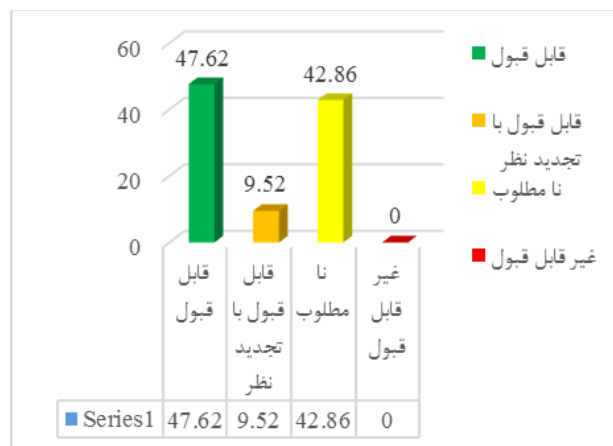
در این تحقیق برای نشان دادن کاربرد روش شریبا از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای اولویت‌بندی گزینه‌ها (راهکارها) به منظور بهینه کردن مدیریت کاهش خطای انسانی استفاده شده است. این راهکارها شامل ارتقا در تجهیزات، آموزش، دستورالعمل و یا سازمان است. فرض می‌شود که گزینه‌ها می‌توانند جایگزین یکدیگر شوند و شرایط هزینه و زمانی اجرای آن‌ها برای کارفرما اهمیت کمتری داشته و یا نزدیک هم‌اند. به عبارت دیگر هر چه در معیارها و زیر معیارها نیامده است برای آلترناتیوها یا گزینه‌ها تقریباً یکسان است. در غیر این صورت مقایسه گزینه‌ها با این معیارها یا زیر معیارها ناقص است و قابل اجرا نیست.

بر این اساس، به‌عنوان مثال منظور از تجهیزات، دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خیلی پیشرفته‌تر نیست، بلکه ارتقا تجهیزات موجود و تهیه تجهیزات انفرادی و کم هزینه و یا سیستم‌های مانیتورینگ و کنترل کار است. همچنین منظور از آموزش، آموزش دوره‌ای و کوتاه مدت و کارگاهی است. و نیز ارتقا در قوانین و دستورالعمل‌های داخل معدن و منظور از سازمان هم مشخص کردن وظایف محوله، معرفی به بخش‌های مستقل برای کنترل و نظارت بر کار کارگران است. چون هدف توسعه روش شریبا با روش تصمیم‌گیری چند معیاره^۲ است. معیارهای اقتصادی مد نظر قرار نگرفته است زیرا در بحث ایمنی و سلامتی کارکنان جنبه‌های اقتصادی (البته تا حد محدودی) در اولویت نیست. بر این اساس با توجه به جدول ۳ فعالیت‌های اصلی و زیر فعالیت‌ها به ترتیب به عنوان معیارها و زیر معیارها و با توجه به مطالب فوق نمودار تحلیل سلسله مراتبی مطابق شکل ۴ ارائه شده است.

برای امتیازدهی به پارامترهای معرفی شده در تحلیل سلسله مراتبی از جدول ۳ مطابق روش شریبا استفاده شد. برای عملکرد بهتر هر کدام از زیر وظیفه‌ها و کاهش خطای انسانی، لازم است تاثیر هر یک از گزینه‌ها یا آلترناتیوها بر هر زیر وظیفه مشخص شود. بر این اساس جدول ۱۰ ارائه شده است.



شکل ۲- نمودار دایره‌ای خطاهای شناسایی شده در فعالیت‌ها.

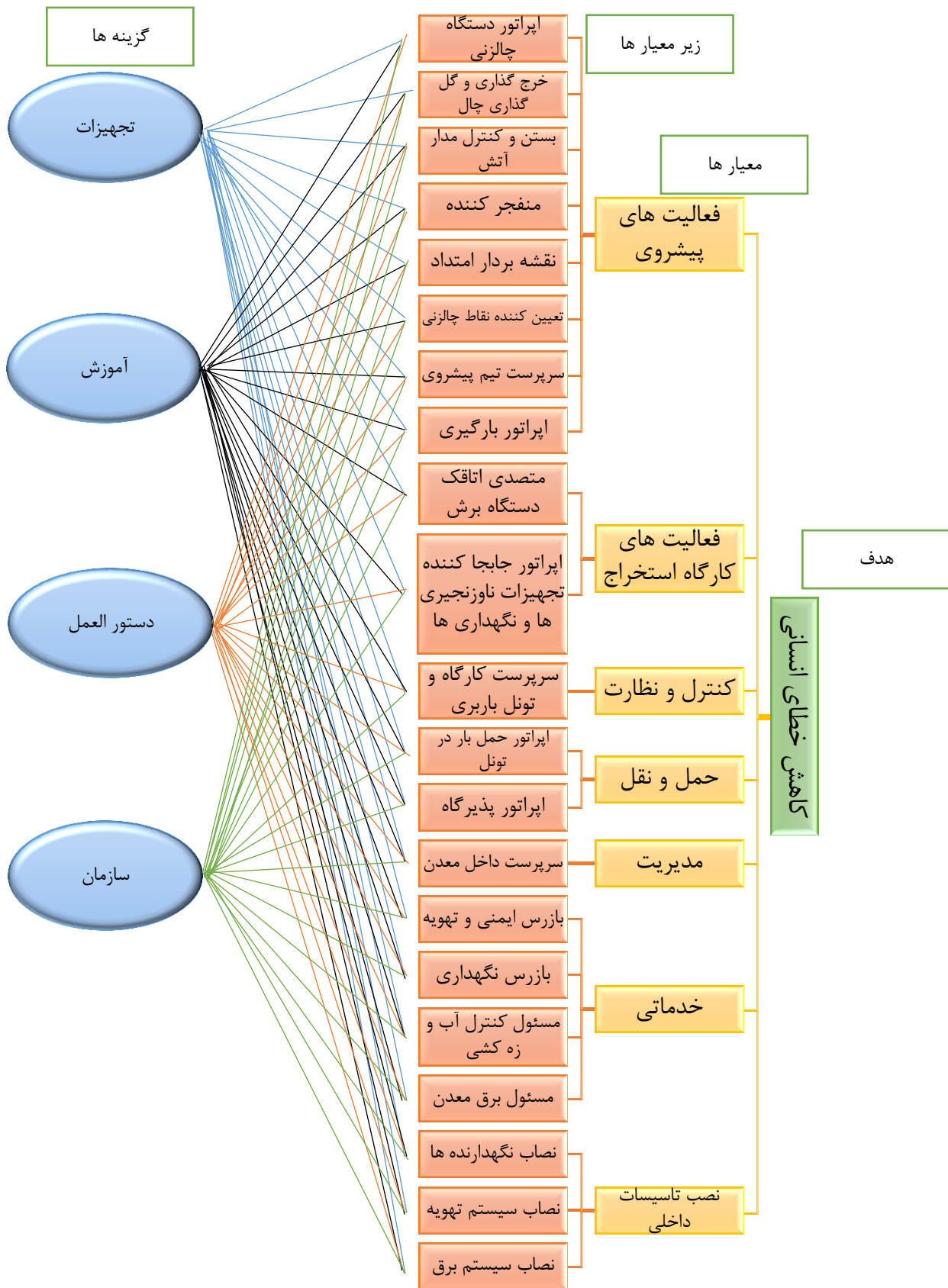


شکل ۳- نمودار ستونی سطح ریسک فعالیت‌ها.

بر اساس نتایج این مطالعه، عمده خطاهای شناسایی شده از نوع عملکردی (۴۸/۶۴ درصد) بودند. خطای بازبینی در رتبه دوم (۳۵/۱۳ درصد) و خطای انتخاب (۵/۴ درصد) در رتبه آخر و کمترین درصد را شامل می‌شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد از آنجایی که کارکنان در حین انجام عملیات استخراج باید مراحل انجام کار را با دقت بسیار بالایی انجام دهند، وظایف از نوع عملکردی و بازبینی بیشتر است. در واقع بالا بودن خطای عملکردی و بازبینی نیز ناشی از همین مساله است. این یافته‌ها با مطالعات مشابه که توسط قاسمی و همکاران در یکی از صنایع پتروشیمی انجام گرفت و همچنین در مطالعه مشاهده‌ای آینده‌نگر که توسط راتسچیلد و همکاران در سال ۲۰۰۵ برای بیماران ICU و CCU انجام گرفت همخوانی دارد [۲۰]. در یک پژوهش که برای بررسی ماهیت و علل خطاهای انسانی در بخش مراقبت ویژه انجام شد، میزان زیادی از خطاهای انسانی در ICU رخ داد که تعدادی به مشکل ارتباطات بین پزشکان و پرستاران مربوط بود، البته اهمیت این موضوع پس از خطای عملیاتی بود و نشان داد که این پژوهش هم با مطالعه حاضر همخوانی دارد [۲۱ و ۲۲].

1- Analytic Hierarchy Process (AHP)

2- MCDM



شکل ۴- ساختار سلسله مراتبی با توجه به روش شریا برای کاهش خطای انسانی در زغال سنگ پروده شماره ۱ طبس.

جدول ۱۰- تعداد آرا و ضرایب نسبی هر یک از فعالیت‌ها و گزینه‌ها.

تعداد آرای گزینه‌ها (ضریب)				زیر فعالیت‌ها امتیاز / (ضریب)	فعالیت‌های اصلی (ضریب) امتیاز
سازمان	دستورالعمل	آموزش	تجهیزات		
۰(۰)	۴ (۰,۲۰)	۷ (۰,۳۵)	۹ (۰,۴۵)	اپراتوری دستگاه چالزنی (۰,۱۱۲۵) / 3C = 9	چالزنی پیشروی ۸۰ (۰,۳۲)
۰(۰)	۴ (۰,۲۰)	۶ (۰,۳۰)	۱۰ (۰,۵۰)	خرج گذاری و گل گذاری چال (۰,۱۱۲۵) / 3C = 9	
۰(۰)	۶ (۰,۳۰)	۴ (۰,۲۰)	۱۰ (۰,۵۰)	بستن و کنترل مدار آتش (۰,۱۰) / 2D = 8	
۰(۰)	۲ (۰,۱۰)	۲ (۰,۱۰)	۱۶ (۰,۸۰)	آتش بار (منفجرکننده) (۰,۱۰) / 2D = 8	
۰(۰)	۱ (۰,۰۵)	۹ (۰,۴۵)	۱۰ (۰,۵۰)	نقشه‌بردار (امتداد و عرض تونل) (۰,۲۰) / 4D = 16	
۰(۰)	۴ (۰,۲۰)	۲ (۰,۱۰)	۱۴ (۰,۷۰)	تعیین کننده نقاط چالزنی (۰,۱۵) / 3D = 12	
۸ (۰,۴۰)	۱۲ (۰,۶۰)	۰(۰)	۰(۰)	سرپرست تیم پیشروی (۰,۰۷۵) / 3B = 6	
۰(۰)	۲ (۰,۱۰)	۱۵ (۰,۷۵)	۳ (۰,۱۵)	اپراتور بارگیری (۰,۱۵) / 4C = 12	
۱۰ (۰,۵۰)	۲ (۰,۱۰)	۳ (۰,۱۵)	۵ (۰,۲۵)	متصدی اتافک دستگاه برش (۰,۵۰) / 4D = 16	
۰(۰)	۲ (۰,۱۰)	۱۵ (۰,۷۵)	۳ (۰,۱۵)	جابه‌جا کننده ناو زنجیری‌ها و نگهداری (۰,۵۰) / 4D = 16	کنترل و نظارت ۱۲ (۰,۰۴۸)
۰(۰)	۳ (۰,۱۵)	۱ (۰,۰۵)	۱۶ (۰,۸۰)	سرپرست کارگاه و تونل باربری (۱) / 4C = 12	
۰(۰)	۳ (۰,۱۵)	۳ (۰,۱۵)	۱۴ (۰,۷۰)	اپراتور حمل بار در تونل (۰,۵۰) / 4D = 16	حمل و نقل ۳۲ (۰,۱۲۸)
۰(۰)	۱۶ (۰,۸۰)	۱ (۰,۰۵)	۳ (۰,۱۵)	اپراتور پذیرگاه (ناو زنجیری دوم) (۰,۵۰) / 4D = 16	
۱ (۰,۰۵)	۱ (۰,۰۵)	۰(۰)	۱۸ (۰,۹۰)	سرپرست داخل معدن (۱) / 3C = 9	واحد مدیریت ۹ (۰,۰۳۶)
۱۰ (۰,۵۰)	۵ (۰,۲۵)	۰(۰)	۵ (۰,۲۵)	بازرس ایمنی و تهویه (۰,۱۰) / 1D, 2C = 5	واحد خدماتی ۴۹ (۰,۱۹۶)
۴ (۰,۲۰)	۱۰ (۰,۵۰)	۲ (۰,۱۰)	۴ (۰,۲۰)	بازرس نگهداری (۰,۱۶۳۵) / 2D = 8	
۷ (۰,۳۵)	۱ (۰,۰۵)	۱۱ (۰,۵۵)	۱ (۰,۰۵)	مسوول کنترل آب و زهکشی (۰,۴۱) / 4E = 20	
۶ (۰,۳۰)	۷ (۰,۳۵)	۲ (۰,۱۰)	۵ (۰,۲۵)	مسوول برق معدن (۰,۳۲۶۵) / 4D = 16	
۱ (۰,۰۵)	۷ (۰,۳۵)	۴ (۰,۲۰)	۸ (۰,۴۰)	نصاب نگهدارنده‌ها (۰,۲۲۲) / 2D = 8	واحد نصب تاسیسات داخلی معدن ۳۶ (۰,۱۴۴)
۶ (۰,۳۰)	۸ (۰,۴۰)	۰(۰)	۶ (۰,۳۰)	نصاب سیستم تهویه (۰,۳۳۳) / 3D = 12	
۷ (۰,۳۵)	۰(۰)	۶ (۰,۳۰)	۷ (۰,۳۵)	نصاب سیستم برق (۰,۴۴۵) / 4D = 16	

۵- نتیجه گیری

پژوهش حاضر برای بررسی خطای انسانی در معدن مکانیزه زغال سنگ طبس انجام گرفت. اولین یافته‌ای که از این پژوهش به دست آمد، نشان داد که خطاهای انسانی متعددی در معدنکاری وجود دارد. که اکثراً سبب کاهش تولید و پایین آمدن راندمان معدنکاری می‌شود. از مجموع ۳۷ خطای شناسایی شده بیشترین خطای شناسایی شده به تعداد ۱۸ خطا (۴۸٫۶۴ درصد) از نوع عملکردی، ۱۳ خطا مربوط به بازبینی (۳۵٫۱۳ درصد)، ۵ خطا مربوط به ارتباطات (۱۳٫۵۱ درصد)، و ۲ خطا مربوط به انتخاب (۵٫۴ درصد) بود که به کمک روش شریا این مخاطرات طبقه‌بندی شد. بر اساس جدول‌های تعیین سطح ریسک خطرات ناشی از خطای انسانی طبقه‌بندی شد. برای کاهش این خطاها تمهیداتی در نظر گرفته شد که شامل تجهیزات، آموزش، دستورالعمل و سازمان است. با استفاده از روش AHP عملکرد هر کدام از این گزینه‌ها در کاهش خطای انسانی اولویت‌بندی شد. نتایج نشان داد که گزینه تجهیزات در اولویت اول در کاهش خطای انسانی است. همچنین می‌توان سایر گزینه‌ها را با توجه به عملکردشان بر روی برخی فعالیت‌ها نسبت گزینشی انجام داد. در این صورت ارتقا کل سیستم با راندمان بالاتری انجام خواهد شد.

منابع

1. Stanton NA. "Handbook of human factors and ergonomics methods". New York: CRC Press. 2005.
2. Embrey D. "Qualitative and quantitative evaluation of human error in risk assessment." Human factors for engineers. London: IET. 2004.
3. www.picswe.com, Coal Mining Deaths.
4. Sadat NZ, Maziar O, Bahman M, "Assessment of human errors in paper machines of pars paper industrial group by Predictive Human Error Analysis (PHEA)" (Persian), 2012
5. Mirzakhani M, Amjad H. "Safety in Mines". Fannavarana pub, 2012.
6. Rice, G.S. "Safety in coal mining [A Handbook]", department of commerce, United States, 1928.
7. Arnold IM, GGBOM F, Aluminum A. "Occupational Health and Safety in the Mining industry in Canada." Mine safe international: conference proceedings. 2005.
8. Mortazavi S, Asilian H, shirazeh A.

با استفاده از جدول ۱۰، وزن کلی گزینه‌ها و در نتیجه اولویت‌بندی مطابق جدول ۱۱ به دست آمد.

جدول ۱۱- اولویت گزینه‌ها.

اولویت	مجموع امتیازات	گزینه‌ها
۱	۰٫۳۸۰۳	تجهیزات
۲	۰٫۲۵۴۸	آموزش
۳	۰٫۲۱۹۵	دستورالعمل
۴	۰٫۱۴۵۴	سازمان

در صورتی که گزینه‌ها به طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرند، می‌توان انتخاب‌های دیگری نیز انجام داد. در این صورت می‌توان به جای اولویت‌بندی کلی و ارتقا تجهیزات برای کلیه بخش‌ها، به نقش گزینه‌ها به طور جداگانه پرداخت. این وضعیت در شرایطی که با محدودیت منابع، هزینه‌ها و یا زمان مواجه شود، قابلیت اجرای بهتری دارد زیرا در این صورت به جای ارتقا تجهیزات در تمام بخش‌ها، ارتقا آن‌ها فقط برای بخش‌های خاص مد نظر قرار می‌گیرد. بر اساس آنالیز حساسیت می‌توان با توجه به نتایج حاصل از پرسش‌نامه گزینه‌ها مقادیر ستون تجهیزات برای زیر فعالیت‌های پیشروی با هم جمع بسته شده و در نهایت تقسیم بر تعداد پاسخ‌ها می‌شود تا وزن فعالیت‌ها بر اساس گزینه‌ها در جدول ۱۲ مشخص شده است.

بدین ترتیب انتخاب گزینه تجهیزات برای واحدهای مدیریت و یا کنترل و نظارت، گزینه آموزش برای کارگاه استخراج، گزینه دستورالعمل برای حمل و نقل و در نهایت گزینه سازمان برای واحد خدماتی به ارتقا بهتری دست یافت. همین عمل را می‌توان برای زیرفعالیت‌ها نیز در نظر گرفت.

جدول ۱۲- وزن هر یک از فعالیت‌های اصلی به ازای گزینه‌ها.

گزینه فعالیت اصلی	تجهیزات	آموزش	دستورالعمل	حمل و نقل	واحد مدیریت	واحد خدماتی	واحد تاسیسات داخلی معدن
پیشروی	۰٫۴۵	۰٫۲۸	۰٫۲۲	۰٫۱۰۵	۱		
کارگاه استخراج	۰٫۲۰	۰٫۴۵	۰٫۱۰	۰٫۲۵	۱		
کنترل و نظارت	۰٫۸۰	۰٫۰۵	۰٫۱۵	۰٫۱۰۰	۱		
حمل و نقل	۰٫۴۲	۰٫۱۰	۰٫۴۸	۰٫۱۰۰	۱		
واحد مدیریت	۰٫۹۰	۰٫۰۰	۰٫۰۵	۰٫۱۰۵	۱		
واحد خدماتی	۰٫۱۹	۰٫۱۹	۰٫۲۸	۰٫۳۴	۱		
واحد تاسیسات داخلی معدن	۰٫۳۵	۰٫۰۷	۰٫۳۵	۰٫۲۳	۱		

16. Neville A. Stanton, Don Harris, Paul M. Salmon, Jason Demagalski, Andrew Marshall, Thomas Waldmann, Sidney Dekker, and Mark S. Young. "Predicting Design-Induced Error in the Cockpit" *Journal of Aeronautics, Astronautics and Aviation, Series A, Vol.42, No.1 pp.001 - 010 (2010).*
17. Ghasemi M, Nasl saraji G, Zakerian A, Azhdari M. "Ergonomic assessment (identification, prediction and control) of human error in a control room of the petrochemical industry using the SHERPA Method". *Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research. 2010; 8(1): 41-52*
18. Rothschild JM, Landrigan CP, Cronin JW, Kaushal R, Lockley SW, Burdick E, et al. "The Critical Care Safety Study: The incidence and nature of adverse events and serious medical errors in intensive care." *Critical Care Medicine. 2005; 33(8).*
19. Tatiya R.R. "Elements of Industrial Hazards: Health, Safety, Environment and Loss Prevention". CRC Press. 2017.
20. JC B. "Recurring Causes of Recent Chemical Accidents". San Antonio. 1998. 19
21. Petersen D. "Human error Reduction and safety management". Wiley (3 edition). 1996.
22. Donchin Y, Gopher D, Olin M, Badihi Y, Biesky M, Sprung CL, et al. "A look into the nature and causes of human errors in the intensive care unit". *Critical Care Medicine. 1995; 23(2)*
9. Mahdevari S., Shahriar K., Esfahanipour A. "Human health and safety risks management in underground coal mines using fuzzy TOPSIS", *Science of the Total Environment. 2014. Feb.*
10. Asfahl CR., Rieske DW. "Industrial safety and health management": Prentice Hall; 2010.
11. Stanton NA, Stevenage SV. "Learning to predict human error: issues of acceptability", reliability and validity *Ergonomics. 1998; 41(11): 1737-56*
12. Mirzaei aliabadi M, Mohammad fam I, Karimi S. "Identification and assessment of human errors in blasting operations in Iron Ore Mine using SHERA technique". *Journal of Hamedan university of medical sciences. (Persian), 2015; 2 (1): 57-65*
13. Bligård L., Osvalder A. "Predictive use error analysis – Development of AEA, SHERPA and PHEA to better predict, identify and present use errors" *International Journal of Industrial Ergonomics, January 2014, 153-170.*
14. Stanton NA. "Human factors methods a practical guide for engineering and design." Ashgate Publishing, 2005.
15. Stanton N, Salmon P, Baber C. "Human factors design & evaluation methods review- Human error identification techniques SHERPA" 1ed, Alvington 2004; 140-148.