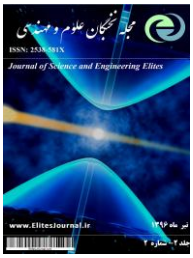
مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
ISSN 2538-581X
جلد ۲- شماره ۲- سال ۱۳۹۶
www.ElitesJournal.ir



مدیریت ریسک دراجرای پروژه راهسازی با تاکید بر اصول ارگونومی

شراره مهاجری[۱*]، سحر نخلستانی حق[۲]، فاطمه هرسج[۳]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی نور، ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، ایران

۳- مدرس و عضو هیات علمی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی نور، ایران

*mohajerishararehe@gmail.com

ارسال: اردیبهشت ماه ۹۶ پذیرش: تیر ماه ۹۶

خلاصه

امروزه توجه به فرصت‌ها و تهدیدهای موجود در عرصه صنعت و تجارت و ارزیابی توان صنایع و شرکت‌ها در رویارویی با عدم قطعیت‌ها و ریسک‌های موجود ضروری و مهم بوده و مدیریت ریسک‌های موجود در صنایع بسیار حائز اهمیت می‌باشد. توجه به استاندارد PMBOK و معیار ایمنی و ارگونومی در پروژه‌های ساخت و ساز، تونل، راه‌سازی و غیره از اصول پذیرفته شده هر سازمانی است که قصد بقاء و رقابت با سایرین در عرضه خدمات را دارد. بنابراین توجه به این مقوله و شناسایی ریسک‌های پروژه‌های راهسازی و کنترل آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. در این تحقیق یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، دیمتل فازی و تاپسیس به منظور ارزیابی، رتبه‌بندی و کنترل ریسک‌های موجود در صنعت راهسازی ارایه شده است. چهار معیار هزینه، کیفیت، زمان و ایمنی و ارگونومی برای ارزیابی این ریسک‌ها انتخاب گردیدند. دراین تحقیق ۲۰ ریسک شناسایی و مورد ارزیابی قرار گرفتند و براساس اهمیتشان رتبه‌بندی گردیدند. این تحقیق، یک تحقیق کاملاً کاربردی است و با صرف هزینه‌ای به اندازه‌ی بودجه در دسترس از بروز حوادث بسیار خطرناک جلوگیری می‌نماید. چرا که به ریسک‌هایی که در بروز حوادث الویت بالایی دارند اهمیت بالاتری داده خواهد شد.

کلمات کلیدی: مدیریت ریسک، ارگونومی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تئوری فازی، دیمتل.

۱. مقدمه

امروزه توجه به فرصت‌ها و تهدیدهای موجود در عرصه صنعت و تجارت و ارزیابی توان صنایع و شرکت‌ها در رویارویی با عدم قطعیت‌ها و ریسک‌های موجود ضروری و مهم بوده و مدیریت ریسک‌های موجود در صنایع بسیار حائز اهمیت می‌باشد. مدیریت ریسک فرایند شناسایی عوامل ریسک، ارزیابی آن‌ها و برنامه ریزی برای کاهش اثرات نامطلوب ریسک‌ها می‌باشد. ارزیابی ریسک یکی از مراحل مهم مدیریت ریسک بوده و با توجه به وجود ریسک‌های فروان و نیز لزوم صرف بهینه منابع در صنایع، اهمیت زیادی دارد و نادیده گرفتن آن و حتی اجرای ناقص این فرایند ممکن است خسارات جبران ناپذیری را بر بخش‌های مختلف زنجیره وارد کند. ارزیابی و رتبه‌بندی بندی ریسک، برتری هر ریسک را بر اساس شاخص‌های مرتبط مشخص کرده و در نتیجه امکان ارایه پاسخ مناسب برای هر ریسک فراهم می‌گردد. در این تحقیق با ارایه یک مدل جامع مبتنی

بر فرایند تحلیل سلسله مراتبی، دیمتل و تاپسیس فازی برای ارزیابی ریسک، ضمن شناسایی ریسک‌های اصلی اجرای پروژه های راهسازی و تعیین معیارهای اندازه‌گیری، پرسشنامه جامعی تهیه شده و بر اساس آن اهمیت نسبی هر ریسک تعیین شده است.

وجود رابطه‌ی مستقیم بین مدیریت موفق، نبود قطعیت‌ها و موفقیت پروژه در رسیدن به اهداف پروژه، کاملا پذیرفته شده است. نبود قطعیت‌ها، منشأهای مختلفی دارند که از آن جمله می‌توان به نبود قطعیت‌های فنی، مدیریتی، بازرگانی و مسایل داخلی و خارجی اشاره کرد. در این راستا مدیریت ریسک، روش نظام‌مندی را برای مدیریت نبود قطعیت‌ها ارایه می‌دهد؛ به نحوی که کاربرد آن، شانس دستیابی به اهداف پروژه را افزایش می‌دهد.

۲. اهداف تحقیق

برخی از اهداف تحقیق حاضر را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

- شناسایی مناسب‌ترین و کلیدی‌ترین فاکتورها جهت ارزیابی و مدیریت ریسک در اجرای پروژه های راهسازی
- شناسایی مؤثرترین و مهم‌ترین ریسک‌های موجود در اجرای پروژه های راهسازی
- بررسی روش‌های ارزیابی و ارایه‌ی رویکردی مناسب به منظور ارزیابی و مدیریت ریسک در پروژه های راهسازی
- امکان پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی

۳. ادبیات تحقیق

۱.۳. ریسک

مطالعه ریسک در قرن هفدهم با کار پژوهشگران در مورد تئوری احتمال آغاز گردید .این واژه سال ها با قمار پیوند خورده بود .ریسک در قرن نوزدهم از طریق صنعت بیمه در کشور انگلستان مورد توجه قرار گرفت و سپس در سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ با پیشرفت تکنولوژی و جهانی شدن سازمان ها ریسک و مدیریت آن در جامعه بزرگ کسب و کار مورد توجه قرار گرفت [۱].مفهوم کمی ریسک براساس تعریفی که در "روش تجزیه و تحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن" بیان شده عبارت از حاصل ضرب سه عامل شدت ریسک، احتمال وقوع ریسک و احتمال کشف ریسک در یکدیگر می باشد [۲].

۲.۳. مدیریت ریسک

اصل اساسی در هر کسب و کار حداکثر کردن سود نیست، بلکه اجتناب از زیان است، از این رو اولین وظیفه هر کسب و کاری حفظ بقا می‌باشد که تمامی شرکت‌ها و کارخانه‌هایی که با هدف ماندگاری و سودآوری تاسیس می‌شوند در این راستا موفق نیستند. شناسایی نقاط و فعالیت‌هایی که می‌تواند خساراتی را به سیستم تحمیل کرده و یا پرسنل را با خطر مواجه سازند و بقای سازمان را تهدید کنند امری حیاتی می‌باشد. در این راستا اهمیت شناسایی ریسک و تکنیک های مدیریت ریسک نمایان می‌شود [۳].

۳.۳. فرآیند مدیریت ریسک زنجیره تامین

ریسک در زنجیره تامین، رخداد بالقوه ای است که از جریان طبیعی مواد، اطلاعات و پول در زنجیره جلوگیری کرده و منجر به اختلال در زنجیره میشود، در نتیجه مدیریت ریسک زنجیره تامین به منظور شناسایی و مقابله با این ریسک‌ها امری ضروری است [۴]. به طور کلی فرآیند مدیریت ریسک زنجیره تامین به عنوان فعالیتی مدیریتی به منظور شناسایی و مدیریت ریسک های موجود در زنجیره تامین از طریق هماهنگی و همکاری میان اجزاء زنجیره، برای کاهش آسیب پذیری زنجیره

تامین به گونه ای که سوددهی و پیوستگی زنجیره تضمین شود، تعریف می‌گردد[۵]. در واقع مدیریت ریسک زنجیره تامین، فصل مشترک مدیریت زنجیره تامین و مدیریت ریسک می باشد[۵].

در مجموع فرآیند مدیریت ریسک زنجیره تامین شامل ۴ مرحله می باشد که عبارتند از ([۶] ؛ [۷] ؛ [۸] ؛ [۹]:

- شناسایی ریسک
- ارزیابی ریسک
- تصمیم گیری و پیاده سازی عملیات مدیریت ریسک
- نظارت بر ریسک

۴.۳. ارگونومی

کلمه ارگونومی در اصل واژه ای یونانی است که از ترکیب دو کلمه ارگو (Ergo) به معنای کار و نوموس (Noms) به معنای قاعده ، قانون بوجود آمده است . ارگونومی علم مطالعه کارآیی و عمل انسان است که ویژگی ها و توانایی های انسان را مورد مطالعه قرار داده و از این طریق شرایط هماهنگی کار و انسان را فراهم می کند[۱۰].

۵.۳. ریسک در پروژه های راهسازی

با توجه به افزایش روز افزون پروژه های راهسازی، توجه به کیفیت و ایمنی پروژه ها در حین ساخت از اهمیت ویژه ای برخوردار است. حوادث پروژه های راهسازی در گذشته به ازای هر ۸۰۰ متر طول پروژه های راهسازی زیر زمینی معمولا حیات یک نفر را به مخاطره می انداخت.امروزه افزایش آگاهی در این زمینه منجر به بهبود شرایط کاری در کارگاه های زیر زمینی شده است بطوریکه آمار حوادث مرگبار و خطرناک به طور قابل ملاحظه ای کاهش پیدا کرده است[۱۱].

۶.۳. مروری بر ادبیات ریسک پروژه های راهسازی

اردشیر و کارآموزیان در سال ۱۳۹۱ در مقاله خود ابتدا ایمنی و اهمیت آن را شرح داده و سپس نقش مهندسی ایمنی و شرح وظایف آن در پروژه های عمرانی بخصوص در کارگاه های زیرزمینی نظیر احداث تونل ارائه کردند و خطرات موجود در طول عملیات ساخت تونل و موارد ایمنی مورد نیاز جهت کاهش رخداد حوادث خطرناک مورد بررسی قرار داده اند[۱۲].

جعفری و همکاران در سال ۱۳۹۱ در مقاله خود شش طرح برای سیستم تهویه تونل البرز مطرح و با هم مقایسه شدند. برای تعیین ظرفیت تهویه تونل میزان هوای لازم بر اساس معیارهای مختلف محاسبه شدند. هوای مورد نیاز برای تجهیزات دیزلی به عنوان هوای لازم برای تهویه تونل در نظر گرفته شد. با توجه به مزایا و معایب و محدودیت های استفاده از کانال هایی با قطر کم و زیاد، جهت انتخاب قطر بهینه، محاسبات تهویه برای قطرهای ۱۰۰؛ ۱۴۰ و ۱۸۰ سانتی متری انجام شد[۱۳].

گل محمدی و همکاران در سال ۱۳۹۲ مقاله جهت کمک به برنامه ریزی و اقدامات لازم جهت شناسایی گازها و پهنه هایی از تونل که احتمال وجود گاز در جریان حفاری در آن ها وجود دارد، همچنین ارائه راهکارهای کنترلی به منظر کاهش اثرات و مقابله با شرایط یاد شده ارائه دادند. بدین منظور شرایط زمین شناسی حاکم بر پهنه پانزدهم، شانزدهم و هجدهم تونل بهشت آباد با تاکید بر زمین های گازدار و ارائه راهکارهای لازم به منظور مقابله با شرایط مورد نظر مورد مطالعه قرار دادند[۱۴].

مرتضوی طباطبایی و همکاران در سال ۱۳۹۲ فرایند حفاری را به سه فاز عملیاتی تقسیم کرده اند و با استفاده از روش FMEA، اطلاعاتی شامل نوع خطرات، اثرات، علت و احتمال وقوع آن ها جمع آوری شد. فراوانی تجمعی و درصد فراوانی تجمعی نمرات ریسک محاسبه و به وسیله نمودار پارتو عدد ریسک اولویت بندی گردید[۱۵].

۴. روش تحقیق

از آن‌جا که در این مساله با فرایند ارزیابی و رتبه‌بندی روبرو هستیم بنابراین استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بسیار حایز اهمیت است. در واقع روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای تعیین اوزان فاکتورهای ارزیابی به کار گرفته می‌شود. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به دو دسته کلی تصمیم‌گیری چندشاخصه و تصمیم‌گیری چندهدفه تقسیم‌بندی می‌شوند که در این پژوهش تصمیم‌گیری چندشاخصه حایز اهمیت است. روش مورد استفاده در این مرحله استفاده از روش ترکیبی فرایند تحلیل سلسله مراتبی ، دیمتل و تاپسیس فازی می‌باشد. به دلیل این‌که بین معیارها و زیرمعیارها ساختار سلسله مراتبی وجود دارد روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی مورد استفاده قرار گرفته است و از روش تاپسیس برای رتبه‌بندی استفاده می‌گردد. همچنین در این مساله از تئوری فازی برای وارد نمودن الفاظ زبانی استفاده خواهد شد و در واقع پل ارتباطی میان ما و خبرگانی خواهد بود که با استفاده از الفاظ زبانی به پرسشنامه‌ها پاسخ خواهند داد. مراحل انجام این تحقیق در ادامه آمده است:

مرحله اول: در این گام، براساس بررسی ادبیات موضوع و نظر خبرگان سازمان(با تاکید بر ایمنی و ارگونومی)، ریسک‌های محتمل و مورد انتظار استخراج گردید. در ادامه ریسک‌های شناخته شده در مطالعه موردی مذکور آورده شده است:

- آلودگی های تنفسی ناشی گرد و غبار و ذرات سیلیسی و معدنی هنگام کار ماشین آلات حفاری در فضای کار
- صدمات ناشی از حفاری به سازه های مجاور محدوده کار
- برخورد ماشین آلات در حال تردد با تجهیزات کارگاه
- خطر برق گرفتگی در فضای کار
- نشست و ریزش تونل ناشی از جنس خاک
- خطرات ناشی از فضای محدود کار ماشین آلات
- خطر ناشی از حمل بتن در احجام بزرگ در فضای بسته با نور کم
- خطرات ناشی از دید محدود اپراتور ماشین آلات
- محدودیت دید ناشی از ابعاد محدود شفت ها
- نشست و ریزش تونل ناشی از نوع چینه بندی خاک
- ریزش خاک هنگام اجرای نگهدارنده ها
- شکست کف به دلیل وجود تونل دسترسی مترو
- صدمات ناشی از حفاری به تاسیسات زیر زمینی شهری
- آلودگی های تنفسی ناشی از اجرای شاتکریت و وجود سیمان و..
- تعدد و ازدحام ماشین آلات در حال انجام کار
- پاشیدن شن و ماسه از دستگاه شاتکریت به چشم افراد
- کار در فضای بسته مملو از دود
- عدم تهویه مناسب فضای کار
- آلودگی های تنفسی ناشی گازهای خروجی از اگزوز ماشین آلات
- کمبود روشنایی فضای کار

پس از شناسایی ریسک‌ها، باید معیارهای ارزیابی تعیین گردد که این معیارها نیز از ترکیب استاندارد PMBOK و ملاحضات ایمنی و ارگونومی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

- معیار کیفیت
- معیار هزینه
- معیار زمان
- معیار ایمنی و ارگونومی

مرحله دوم: وزن دهی به معیارها

در این گام تأثیر معیارها بر روی یکدیگر با استفاده از نظر خبرگان به دست می‌آید. در جدول ۱ تأثیر معیارها بر روی یکدیگر آورده شده است.

جدول ۱-ماتریس تأثیر معیارها بر روی یکدیگر

معیارها	کیفیت	هزینه	زمان	ایمنی و ارگونومی
کیفیت	*	(0.۷,0.۸,1)	(0.۵,0.7,0.۶)	(0.2,0.3,0.4)
هزینه	(0.6,0.7,0.8)	*	(0.4,0.5,0.6)	(0.4,0.5,0.6)
زمان	(0.6,0.7,0.8)	(0.4,0.5,0.6)	*	(0.6,0.۶,0.8)
ایمنی و ارگونومی	(0.1,0.2,0.3)	(0.5,0.6,0.7)	(0.4,0.۷,0.6)	*

مرحله سوم: در این گام به نرمال‌سازی ماتریس حاصل از مرحله قبل می پردازیم. در جدول ۲ ماتریس نرمال شده‌ی فازی را به دست می‌آوریم.

جدول ۲- ماتریس نرمال‌شده تأثیر معیارها بر روی یکدیگر

معیارها	کیفیت	هزینه	زمان	ایمنی و ارگونومی
کیفیت	*	(0.36,0.۳۸,0.۴۲)	(0.27,0.۲۹,0.۴6)	(0.0۸,0.14,0.۱۹)
هزینه	(0.2۵,0.۲۹,0.3۴)	*	(0.18,0.23,0.27)	(0.18,0.23,0.27)
زمان	(0.27,0.۳۴,0.۲۹)	(0.18,0.23,0.27)	*	(0.27,0.۲۹,0.۳۳)
ایمنی و ارگونومی	(0.0۴,0.0۸,0.۲۱)	(0.۲۱,0.27,0.32)	(0.18,0.۲۱,0.27)	*

مرحله چهارم: در این گام ماتریس ارتباط کل فازی را به دست می‌آوریم. برای این منظور به سه ماتریس زیر تبدیل می‌شود.

$$X_1=\begin{bmatrix} 0 & 0.36 & 0.27 & 0.09 \\ 0.27 & 0 & 0.18 & 0.18 \\ 0.27 & 0.18 & 0 & 0.27 \\ 0.05 & 0.23 & 0.18 & 0 \end{bmatrix} \quad X_2=\begin{bmatrix} 0 & 0.41 & 0.32 & 0.14 \\ 0.32 & 0 & 0.23 & 0.23 \\ 0.32 & 0.23 & 0 & 0.32 \\ 0.09 & 0.27 & 0.23 & 0 \end{bmatrix}$$

$$X_3=\begin{bmatrix} 0 & 0.45 & 0.36 & 0.18 \\ 0.36 & 0 & 0.27 & 0.27 \\ 0.36 & 0.27 & 0 & 0.36 \\ 0.14 & 0.32 & 0.27 & 0 \end{bmatrix}$$

$$T_1 = X_1(I - X_1)^{-1} \qquad T_1 = \begin{bmatrix} 0.3539 & 0.6788 & 0.5588 & 0.3949 \\ 0.5123 & 0.3624 & 0.4583 & 0.4151 \\ 0.5338 & 0.5490 & 0.3342 & 0.5071 \\ 0.2816 & 0.4461 & 0.3735 & 0.2065 \end{bmatrix}$$

$$T_2 = X_2(I - X_2)^{-1} \qquad T_2 = \begin{bmatrix} 0.8090 & 1.2215 & 1.0608 & 0.8737 \\ 0.9616 & 0.8380 & 0.9269 & 0.8540 \\ 1.0095 & 1.0877 & 0.7954 & 0.9660 \\ 0.6546 & 0.8564 & 0.7587 & 0.5314 \end{bmatrix} \quad (۱)$$

$$T_3 = X_3(I - X_3)^{-1} \qquad T_3 = \begin{bmatrix} 2.3673 & 2.9927 & 2.6607 & 2.3720 \\ 2.4299 & 2.4628 & 2.4150 & 2.2417 \\ 2.5675 & 2.8380 & 2.3476 & 2.4335 \\ 1.9422 & 2.2933 & 2.0491 & 1.7065 \end{bmatrix}$$

مرحله پنجم: در نهایت ماتریس وابستگی درونی از دی‌فازی کردن ماتریس‌های به دست آمده‌ی مرحله قبل به دست می‌آید. به عنوان نمونه برای درایه‌ی اول این ماتریس محاسبات انجام شده است.

$$Defuzzy(t_{ij}) = \frac{t_{ij}^a + 4t_{ij}^b + t_{ij}^c}{6} = \frac{t_{1,1}^a + 4t_{1,1}^b + t_{1,1}^c}{6} = \frac{0.3539 + 4 \times 0.8090 + 2.3673}{6} \quad (۲)$$

$$= 0.993$$

ماتریس وابستگی درونی به شکل زیر خواهد بود:

$$Defuzzy(t_{ij}) = \begin{bmatrix} 0.993 & 1.4262 & 1.2438 & 1.0436 \\ 1.1314 & 1.0295 & 1.0986 & 1.0121 \\ 1.1899 & 1.1899 & 0.9772 & 1.1341 \\ 0.8070 & 1.0275 & 0.9096 & 0.6731 \end{bmatrix} \quad (۳)$$

$$Normalized\ defuzzy(t_{ij}) = \begin{bmatrix} 0.2409 & 0.3052 & 0.2941 & 0.3717 \\ 0.2745 & 0.2203 & 0.2598 & 0.2620 \\ 0.2887 & 0.2546 & 0.2311 & 0.2882 \\ 0.1958 & 0.2199 & 0.2151 & 0.1742 \end{bmatrix}$$

با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی به وزن‌دهی معیارها پرداخته می‌شود. برای این منظور از خبرگان خواسته می‌شود تا بین معیارها با استفاده از الفاظ زبانی جدول مقایسه زوجی نمایند. اعداد فازی مثلثی معادل جایگزین الفاظ زبانی در مقایسه زوجی شده و پرسشنامه تکمیل شده آورده شده است.

جدول ۳- مقایسه زوجی بین معیارها

معیارها	کیفیت	هزینه	زمان	ایمنی و ارگونومی
کیفیت	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)
هزینه	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)
زمان	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)
ایمنی و ارگونومی	(3/2,2,5/2)	(2,5/2,3)	(2,5/2,3)	(1,1,1)

سپس با استفاده از روش بزبورا و بسکس که در نرم افزار متلب کدنویسی شده است وزن معیارها براساس مقایسه زوجی محاسبه می‌نماییم که نتایج حاصل از آن در ادامه آورده شده است[۱۶]:

- معیار کیفیت: ۰/۰۹۲
- معیار هزینه: ۰/۰۶۲
- معیار زمان: ۰/۰۶۲
- معیار ایمنی و ارگونومی: ۰/۷۸۴

سپس ماتریس وابستگی درونی بین معیارها را در وزن معیارها اعمال می‌نماییم، در ادامه روند پیاده‌سازی آن آورده شده است:

$$\begin{bmatrix} 0.2409 & 0.3052 & 0.2941 & 0.3717 \\ 0.2745 & 0.2203 & 0.2598 & 0.2620 \\ 0.2887 & 0.2546 & 0.2311 & 0.2882 \\ 0.1958 & 0.2199 & 0.2151 & 0.1742 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.092 \\ 0.062 \\ 0.062 \\ 0.784 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3507 \\ 0.2604 \\ 0.2826 \\ 0.1816 \end{bmatrix} \quad (۴)$$

بدین ترتیب وزن معیارها با در نظر گرفتن وابستگی درونی بین آن‌ها محاسبه گردید.

مرحله ششم: ارائه مدل تاپسیس

روش تاپسیس یکی از قوی ترین مدل ها در مسائل تصمیم گیری می باشد. در روش تاپسیس علاوه بر در نظرگرفتن فاصله یک گزینه Ai از نقطه ایده‌آل، فاصله‌ی آن از نقطه‌ی ایده‌آل منفی هم در نظر گرفته می‌شود. بدان معنی که گزینه‌ی انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل بوده و در عین حال دارای دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی باشد.

در ادامه روش تاپسیس آورده شده است [۱۷]:

قدم ۱: تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس بی‌مقیاس شده با استفاده از فرمول زیر:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}^2}} \quad (۵)$$

قدم ۲: ایجاد ماتریس بی مقیاس وزین با مفروض بودن بردار W به عنوان ورودی به الگوریتم. یعنی:

$$W = \{w_1, w_2, ..., w_n\} \approx \text{(مفروض از DM)} \quad (۶)$$

ماتریس بی‌مقیاس وزین

$$=V = N_D W_{n\times n} = \begin{vmatrix} V_{11} & \dots & V_{1j} & \dots & V_{1n} \\ : & : & : & : & : \\ : & : & : & : & : \\ V_{m1} & \dots & V_{mj} & \dots & V_{mn} \end{vmatrix} \quad (۷)$$

به طوری که ND ماتریسی است که امتیازات شاخص‌ها در آن بی‌مقیاس و قابل مقایسه شده است، و Wn×n ماتریسی است قطری که فقط عناصر قطر اصلی آن غیر صفر خواهد بود.

قدم ۳: مشخص نمودن راه‌حل ایده‌آل و راه‌حل ایده‌آل منفی. برای گزینه‌ی ایده‌آل (+A) و برای گزینه ایده‌آل منفی (-A) تعریف می‌کنیم:

$$A^+ = \{(\max V_{ij} \mid j \in J), (\min V_{ij} \mid j \in J') \mid i = 1, 2, ..., m\} = \{V_1^+, V_2^+, ..., V_n^+\} \quad (۸)$$

$$A^- = \{(\min V_{ij} \mid j \in J), (\max V_{ij} \mid j \in J') \mid i = 1,2,...,m\} = \{V_1^-, V_2^-, ..., V_n^-\} \quad (۹)$$

$J = \{j = 1,2,...,n \mid$ j های مربوط به سود $\}$

$J' = \{j = 1,2,...,n \mid$ j های مربوط به سود $\}$

قدم ۴: محاسبه اندازه جدایی (فاصله)

فاصله‌ی گزینه‌ی i ام با استفاده از روش اقلیدسی بدین قرار است:

$$d_{i+} = \{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^+)^2\}^{0.5}; \qquad i = 1,2,...,m \quad (۱۰)$$

$$d_{i-} = \{\sum_{j=1}^{n} (V_{ij} - V_j^-)^2\}^{0.5}; \quad i = 1,2,...,m \quad (۱۱)$$

قدم ۵: محاسبه نزدیکی نسبی Ai به‌راه‌حل ایده‌آل این نزدیکی نسبی را بصورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})}; \qquad 0 \le cl_{i+} \le 1; \qquad i = 1,2,...,m \quad (۱۲)$$

ملاحظه می‌شود که چنان‌چه $A_i = A^+$ گردد آن‌گاه $d_{i+} = 0$ بوده و خواهیم داشت: $cl_{i+} = 1$ و در صورتی که $A_i = A^-$ شود آن‌گاه $d_{i-} = 0$ و $cl_{i+} = 0$ خواهد شد. بنابراین هر اندازه گزینه A_i به راه‌حل ایده‌آل (A^+) نزدیکتر باشد ارزش cl_{i+} به واحد نزدیکتر خواهد بود.

قدم ۶: رتبه بندی گزینه‌ها. براساس ترتیب نزولی cl_{i+} می‌توان گزینه‌های موجود از مساله‌ی مفروض را رتبه‌بندی نمود.

سپس حل ایده‌آل مثبت و منفی را محاسبه می‌نماییم. این مقادیر از فرمول ارایه شده در قدم چهارم به دست می‌آید که در جدول ۴آورده شده است.

جدول ۴- حل ایده‌آل مثبت و منفی

معیار	ایده‌آل مثبت	ایده‌آل منفی
کیفیت	(0.3507,0.3507,0.3507)	(۰.۰۴۴۵۳۳و۰.۰۴۴۵۳۳و۰.۰۴۴۵۳۳)
هزینه	(0.2604, 0.2604, 0.2604)	(۰.۰۴۷۸۲۹و۰.۰۴۷۸۲۹و۰.۰۴۷۸۲۹)
زمان	(0.2826,0.2826,0.2826)	(۰.۰۴۴۵۱۹و۰.۰۴۴۵۱۹و۰.۰۴۴۵۱۹)
ایمنی و ارگونومی	(0.1816,0.1816,0.1816)	(۰.۰۶۳۵۶و۰.۰۶۳۵۶و۰.۰۶۳۵۶)

ضریب نزدیکی هر ریسک را با استفاده از فرمول ارایه شده در قدم پنجم محاسبه می‌نماییم. ریسک‌ها بر اساس ضریب نزدیکی‌اشان رتبه‌بندی می‌شوند. ریسکی که دارای ضریب نزدیکی بیشتری باشد از اهمیت بالاتری برخودار خواهد بود. در جدول ۵ رتبه‌بندی ریسک‌ها آورده شده است.

جدول ۵- رتبه هر ریسک

رتبه	ضریب نزدیکی	ریسک
3	0.689745	نشست و ریزش تونل ناشی از جنس خاک
4	0.684824	نشست و ریزش تونل ناشی از نوع چینه بندی خاک
1	0.733248	ریزش خاک هنگام اجرای نگهدارنده ها
6	0.634667	شکست کف به دلیل وجود تونل دسترسی مترو
5	0.653111	صدمات ناشی از حفاری به سازه های مجاور محدوده کار
2	0.708133	صدمات ناشی از حفاری به تاسیسات زیر زمینی شهری
20	0.482963	برخورد ماشین آلات در حال تردد با تجهیزات کارگاه
10	0.553374	خطرات ناشی از دید محدود اپراتور ماشین آلات
9	0.560593	خطرات ناشی از فضای محدود کار ماشین آلات
14	0.534863	تعدد و ازدحام ماشین آلات در حال انجام کار
16	0.524497	محدودیت دید ناشی از ابعاد محدود شفت ها
17	0.521828	خطر ناشی از حمل بتن در احجام بزرگ در فضای بسته با نور کم
18	0.502376	خطر برق گرفتگی در فضای کار
8	0.575373	کار در فضای بسته مملو از دود
7	0.578614	کمبود روشنایی فضای کار
13	0.53686	آلودگی های تنفسی ناشی گرد و غبار و ذرات سیلیسی و معدنی هنگام کار ماشین آلات حفاری در فضای کار
11	0.540624	آلودگی های تنفسی ناشی از اجرای شاتکریت و وجود سیمان و..
15	0.530651	آلودگی های تنفسی ناشی گازهای خروجی از اگزوز ماشین آلات
12	0.538811	عدم تهویه مناسب فضای کار
19	0.486717	پاشیدن شن و ماسه از دستگاه شاتکریت به چشم افراد

با توجه به جدول پنج، ریزش خاک هنگام اجرای نگهدارنده ها رتبه اول را دارد که باید مورد توجه بالای مدیران و کارشناسان در زمان برنامه ریزی و اجرای پروژه های راه سازی قرار گیرد. رتبه دوم متعلق به آیتم صدمات ناشی از حفاری به تاسیسات زیر زمینی شهری و رتبه سوم متعلق به نشست و ریزش تونل ناشی از جنس خاک می باشد. به ترتیب اولویت آیتم نشست و ریزش تونل ناشی از نوع چینه بندی خاک در رتبه چهارم، آیتم صدمات ناشی از حفاری به سازه های مجاور محدوده کار در رتبه پنجم، آیتم شکست کف به دلیل وجود تونل دسترسی مترو در رتبه ششم، آیتم کمبود روشنایی فضای کار در رتبه هفتم، آیتم کار در فضای بسته مملو از دود در رتبه هشتم و آیتم خطرات ناشی از فضای محدود کار ماشین آلات در رتبه نهم و خطرات ناشی از دید محدود اپراتور ماشین آلات در رتبه دهم قرار دارد. به همین ترتیب با توجه به جدول بالا پاشیدن شن و ماسه از دستگاه شاتکریت به چشم افراد و سپس برخورد ماشین آلات در حال تردد با تجهیزات کارگاه در رتبه های نوزدهم و بیستم قرار گرفته اند. البته قابل ذکر است که تعداد ریسک های موجود بسیار بیشتر از تعداد ریسک های مورد بررسی در این مقاله می باشند. در بررسی این ریسک ها توجه خاص به اصول ارگونومی تاثیر بسیار بالایی دارد.

۵. نتیجه گیری

همواره عدم توجه به دو نکته باعث بروز مشکلاتی در حوزه‌ی راهسازی شده است. اولی این که ریسک‌هایی که باعث بروز مشکل می‌شوند شناسایی و کنترل نمی‌شوند و دوم این‌که اگر شناسایی شوند به صورت غیرحرفه‌ای مدیریت می‌شوند. این تحقیق با یک رویکرد ترکیبی جهت رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه های راهسازی ارایه شد. سپس ۲۰ ریسک مورد ارزیابی قرار گرفت و براساس اهمیتشان با استفاده از رویکرد معرفی شده رتبه‌بندی گردیدند. این تحقیق، یک تحقیق کاملاً کاربردی است

و با صرف هزینه‌ای به اندازه‌ی بودجه در دسترس از بروز حوادث بسیار خطرناک جلوگیری می‌نماید. چرا که به ریسک‌هایی که در بروز حوادث الویت بالایی دارند اهمیت بالاتری داده خواهد شد. بنابراین این رویکرد می‌تواند به عنوان یک ابزار کمکی در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان قرار گیرد تا براساس آن در تصمیم‌گیری‌ها و کنترل ریسک‌ها از آن استفاده کنند.

۶. مراجع

1. Khan, O., & Burnes, B. (2007). Risk and supply chain management: creating a research agenda. The international journal of logistics management, 18(2), 197-216.
2. Angara, R. A. (2011). Implementation of risk management framework in supply chain: A tale from a biofuel company in indonesia. Browser Download This Paper.

۳. هندی، امیرمهدی. (۱۳۸۶)، مدیریت ریسک در زنجیره تامین، نخستین کنگره بین‌المللی مدیریت ریسک.

4. Tang, O., & Musa, S. N. (2011). Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. International journal of production economics, 133(1), 25-34.
5. Blos, M. F., Quaddus, M., Wee, H. M., & Watanabe, K. (2009). Supply chain risk management (SCRM): a case study on the automotive and electronic industries in Brazil. Supply Chain Management: An International Journal, 14(4), 247-252.
6. Hallikas, J., Karvonen, I., Pulkkinen, U., Virolainen, V. M., & Tuominen, M. (2004). Risk management processes in supplier networks. International Journal of Production Economics, 90(1), 47-58.
7. Blackhurst, J. V., Scheibe, K. P., & Johnson, D. J. (2008). Supplier risk assessment and monitoring for the automotive industry. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38(2), 143-165.
8. Tuncel, G., & Alpan, G. (2010). Risk assessment and management for supply chain networks: A case study. Computers in industry, 61(3), 250-259.
9. Lavastre, O., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (2012). Supply chain risk management in French companies. Decision Support Systems, 52(4), 828-838.

۱۰. معتمد زاده، مجید. (۱۳۸۲) . مقدمه ای بر ارگونومی ،تالیف:آر.اس.بریجر، انتشارات موسسه کار و تامین اجتماعی.

11. Madani H. Tunneling, Tehran: Amir Kabir University:2009: 1, 12,82.[Persian].

۱۲. اردشیر و کارآموزیان (۱۳۹۱).مدیریت ایمنی در پروژه‌های عمرانی تونل سازی. دومین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت ساخت. ۱۳-۱۴ اردیبهشت. دانشگاه صنعتی امیرکبیر. پردیس بندر عباس. ایران.

۱۳. جعفری, قراری, حضرتی, عالیقدری, مختاری, & روحی راد. (۲۰۱۳). سیستم تهویه مناسب برای کنترل گاز متان در تونل های در حال ساخت (مطالعه موردی تونل البرز). مجله سلامت و بهداشت, ۳(۴), ۴۱-۵۱.

۱۴. گل محمدی و همکاران (۱۳۹۲). بررسی خطر زمین های گازدار در جریان حفاری تونل بهشت آباد. هشتمین همایش انجمن زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران. دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۵. مرتضوی طباطبایی, سید عبدالرضا, فرشاد نیا, جباری, & ویسی. (۲۰۱۳). خطرات حفاری و اثرات آن در تونل در حال ساخت امیرکبیر به روش FMEA. مجله علمی پزوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایلام,۲۱(۴), ۱۱۴-۱۲۲.

16. Bozbora,F; beskese, A; and kahraman, C (2007) . «prioritization of human capital measuring indicators using fuzzy AHP». Expert system with applications. No.32, PP. 1100-1112.

17. Kanan, D., A.B. Jabbour and C.J. Chiappetta Jabbour, 2014. Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. Eur. J. Operat. Res., 233: 432-447. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.07.023