



www.cpjournals.com

نشریه عمران و پروژه  
Civil & Project Journal(CPJ)

## Investigation and evaluation of safety risks in the construction of subways and tunnels

Abbas Ali Farrokh \*

M.Sc. Student, Civil Engineering, Construction Management, Payame Noor University, Erbil, \*  
Iraq

Email:

[abbas.farrokh.۱۹۸۰@gmail.com](mailto:abbas.farrokh.۱۹۸۰@gmail.com)

### Abstract

*A prerequisite for improving transport safety is the perception of safety as an independent aspect of the system. Relevant organizations should review safety-related issues in the field of services, processes and actions and ensure the proper functioning of their elements. The construction of an urban subway in Tehran began around ۱۹۸۱ and has been going on for nearly ۳۵ years. . In addition to the financial pressures on society and projects, wasted time, delays, and the failure of skilled labor and equipment are the consequences of these events. There are several risk assessment methods around the world that can be used to identify and eliminate risk. The subway construction project is one of the projects that, unfortunately, despite the proper risk assessment and identification of the priority of risks in this area, is always associated with job accidents.*

**Keywords:** Risk Identification, Qualitative Risk Assessment, Tunneling, Metro Safety, Risk Management

All rights reserved to Civil & Project Journal.



www.cpjournals.com

## نشریه عمران و پروژه Civil & Project Journal(CPJ)

### بررسی و ارزیابی ریسک های ایمنی در ساخت مترو و تونل

\* عباسعلی فرخ

\*دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی عمران، مدیریت ساخت، دانشگاه پیام نور، اربیل، عراق

پست الکترونیکی:

[abbas.farokh.1980@gmail.com](mailto:abbas.farokh.1980@gmail.com)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰

### چکیده

لازمه ارتقای ایمنی حمل و نقل، تلقی ایمنی به عنوان یک وجه مستقل سیستم است. سازمان های مربوطه باید موارد مرتبط با ایمنی را در زمینه خدمات، فرآیندها و اقدامات بررسی نموده و نسبت به عملکرد صحیح عناصر خود اطمینان حاصل نمایند. از حدود سال ۱۳۶۰ ساخت متروی شهری در تهران آغاز گردید و تاکنون نزدیک به ۳۵ سال میباشد که ادامه یافته است. متأسفانه آمار بالایی از حوادث منجر به فوت در این صنعت به ثبت رسیده است که لزوم ارزیابی ریسکهای اینگونه پروژهها را بیش از پیش آشکار مینماید. علاوه بر فشارهای مالی که به جامعه و پروژهها وارد میشود، زمانهای ازدست رفته، تأخیرها و از کارافتادن نیروهای ماهر در کار و تجهیزات از عواقب و پیامدهای این حوادث میباشد. در سراسر دنیا روشهای متعددی برای ارزیابی ریسک وجود دارد که بر مبنای آنها میتوان ریسک را شناسایی کرد و آن را حذف یا کنترل نمود. پروژه ساخت مترو یکی از پروژههایی است که متأسفانه با وجود انجام ارزیابی ریسک صحیح و شناسایی اولویت بندی خطرات در این حوزه همواره با وقوع حوادث شغلی همراه می باشد.

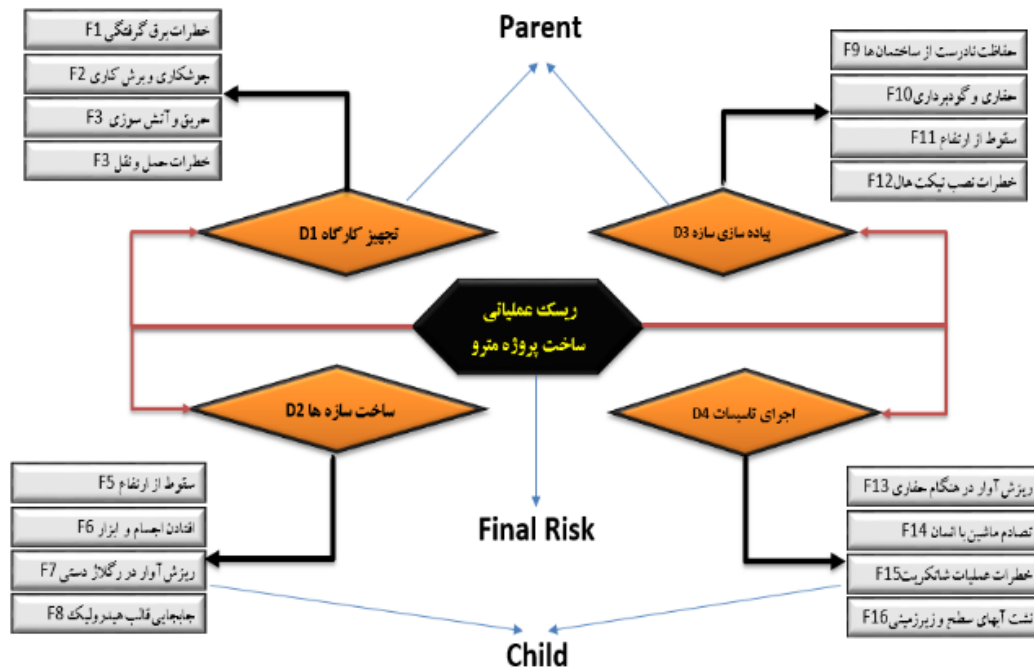
کلمات کلیدی: شناسایی ریسک، ارزیابی کیفی ریسک، تونل سازی، ایمنی مترو، مدیریت ریسک

مقدمه

مدیریت ریسک به عنوان یکی از ۱۲ سطح اصلی مدیریت پروژه شناخته می شود، که از فازهای شناسایی، ثبت، رتبه بندی، شناخت اقدام های کاهنده، و تخصیص اقدام های کاهنده ریسک تشکیل می شود و مدیران پروژه را در اتخاذ شرایط ایمن برای طراحی و اجرا یاری می کند. تعدد عوامل مخاطره آمیز در پروژه های حفاری مکانیزه تونل های درون شهری، رتبه بندی ریسک را پیچیده و استفاده از این شیوه را دشوار می سازند. در این نوشتار، جهت تحلیل ریسک های پروژه از روش نزدیکی به گزینه ایده آل استفاده شده است. نتایج حاصل نشان داده است که ریسک عوامل و عوامل مالی و انسانی در رتبه اول قرار دارند. همچنین ریسک برخورد با شبکه قنات ها از مهم ترین مشکلات در پروژه شناخته شده است. بررسی های میدانی صورت گرفته از مسیر پروژه و با توجه به ریزش های اتفاق افتاده در محدوده خیابان مولوی، که در اثر برخورد به قنات ها و حفره های ناشناس موجود در مسیر پروژه بوده است، صحت آنالیزهای انجام گرفته تایید شده است

## یافته ها

به منظور بررسی خطرات بالقوه پروژه احداث ایستگاه مترو، خطرات موجود طبقه بندی گردید. این طبقات شامل: خطرات تجهیز کارگاه، ساخت سازه اصلی ایستگاه، اجرای سازه تیکت هال و اجرای هواکشها، دسترسها و کانالهای تأسیساتی میباشد. شایان ذکر است که میتوان این خطرات را به چهار بعد طبقه بندی نمود که این سلسله مراتب دربر گیرنده ۱۶ عامل ریسک پایه میباشد و ریسک آیتمها نیز به پنج گروه تقسیم میشوند. (شکل ۱)



شکل ۱: شماره گذاری ریسک فاکتورها و ابعاد ریسک

## اصول کلی مدیریت ریسک ایمنی

اصول کلی مدیریت ایمنی در سیستم حمل و نقل ریلی درون شهری شامل موارد ذیل است:

- شناسایی خطرات و مدیریت ریسک
- شناسایی خطرات احداث و حفر تونل مترو
- حصول اطمینان از مهار کامل حوادث و انجام به موقع فوریت ها
- حصول اطمینان از تعریف و کنترل واقعی ارتباط بین پیمانکاران، مشاوران با بخش های مختلف سازمان
- تامین ایمنی و سلامت مسافران و کارکنان
- مراقبت و حفظ اموال و تجهیزات

ایمنی در جهت برقراری ایمنی، رعایت موارد زیر را ایجاب می نماید:

- پشتیبانی و حفظ ایمنی اجزای و بخش های مختلف در سیستم احداث و حفر مترو در حالت جدا و تفکیک شده
- حمایت از کلیه کارکنان مترو
- حمایت از تسریع در عملیات
- حصول اطمینان از عملکرد دقیق و درست پارامترهای علایم و مخابراتی و تجهیزات سیگنالینگ
- حصول اطمینان از حفظ سلامتی کامل کارکنان و همسایگان در محدوده مترو
- فراهم سازی تمهیدات مناسب در مواقع اضطراری و بروز حوادث بمنظور پشتیبانی و ارائه سریع خدمات کارکنان
- به حداقل رساندن میزان ریسک در مترو با شناسایی ریسک ها
- ایجاد ارتباطی منسجم با سازمان های مرتبط با مترو در مواقع اضطراری

### مفاهیم سیستم مدیریت ریسک ایمنی

سازمان های حمل و نقل ریلی درون شهری باید یک سیستم مدیریت ایمنی که شامل حداقل مفاهیم زیر است را اجرا و آن را برقرار نگهدارند.

#### ۱. خط مشی

خط مشی، اهداف و تعهدات ایمنی بایستی به صورت مکتوب به وسیله سازمان مربوطه تعیین و مشخص گردد و یا در سیاست گذاری های کلی درمورد ایمنی بدان پرداخته شود. از این رو سازمان ذی ربط علاوه بر تدوین خط مشی ایمنی باید از درک صحیح آن توسط پرسنل در تمامی سطوح اطمینان حاصل نماید. یک خط مشی ایمنی باید:

- تعهدات مدیریت ارشد سازمان در قبال ایمنی را شرح دهد.
- فلسفه ایمنی سازمان را تعیین و راهکارهایی برای برقراری اهداف، سیاست ها، روش ها و برنامه های ایمنی ارائه دهد.
- ارتباط با همه کارکنان، پیمانکاران و مشاوران را مشخص نماید.
- بازنگری و اصلاحات به صورت دوره ای را در برداشته باشد.

تجربه نشان داده است که نرخ حادثه در شرکت هایی که مدیر ارشد سیستم مفهوم ایمنی را درک کرده و این مفهوم را به کارکنان منتقل کرده، بسیار پایین است. برای حداکثر نمودن این تاثیر باید خط مشی ایمنی در بالاترین سطح سازمان تایید شود.

## کلیات ایمنی در تونل ها

### ایمنی و اثرات آن

حوادث و اتفاقات در مباحث ایمنی به دو دسته کلی تقسیم می شوند :

- ۱- حوادثی که نمی توان از وقوع آنها جلوگیری کرد .
  - ۲- حوادث قابل پیش بینی که برای جلوگیری از رخداد یا کاهش خطرات آن باید هزینه صرف نمود. به طور کلی علل رخداد هرگونه حادثه در کارگاه های عمرانی به شرح ذیل می باشد :
    - تماس کنترل نشده شخص با مواد و ماشین آلات.
    - شکست و خرابی بناهای موقت.
    - خطرات ذاتی فعالیت های عمرانی نظیر استفاده از مواد ناریه.
    - عدم رعایت موارد ایمنی یا کم دقتی افراد شاغل در کارگاه.
- وقتی حادثه ای رخ می دهد، مجموعه ای از هزینه های آشکار و پنهان به شرح زیر به سیستم تحمیل می شود :

- ۱- هدر رفتن وقت مفید فرد صدمه دیده در طول درمان.
- ۲- توقف یا تاخیر کار تیمی که عضو آسیب دیده در آن فعال بوده است.
- ۳- مدت زمانی که امدادگر جهت کمک و مراقبت از فرد مصدوم صرف می کند.
- ۴- هزینه ها و زمان مورد نیاز جهت بررسی ها و تهیه گزارش حادثه.
- ۵- دیگر هزینه های پنهان.

بنابراین تدوین و ارایه قوانین و آیین نامه و پیروی متعهدانه از آنها در همه کارگاه ها، به خصوص در پروژه های تونل سازی، نه تنها امری اقتصادی بلکه یک وظیفه اخلاقی تلقی می گردد.

### مهندس ایمنی و برنامه ایمنی در ریسک

برای پروژه ها و کارگاه های زیرزمینی، ضروری است پیمانکار نسبت به استخدام یک مهندس ایمنی با تجربه و آشنا به مشکلات خاص پروژه اقدام نماید. لازم است کارفرما و مشاور به صورت جداگانه فردی را به عنوان مهندس ایمنی جهت انجام بازرسی های ادواری و موردی از شرایط ایمنی کارگاه در نظر بگیرند. مهندس ایمنی پیمانکار در گام نخست باید یک برنامه ایمنی مناسب برای کارگاه طراحی نماید. لازم است همه پرسنل متعهدانه برنامه ایمنی را پذیرا باشند. حتی توصیه می گردد که پیمانکار جهت تشویق و ایجاد انگیزه برای رعایت منظم تدابیر ایمنی، پاداش و جوایزی در نظر بگیرد. همه پرسنل باید در زمینه آشنایی با خطرات و رعایت نکات ایمنی آموزش کافی دیده باشند و لوازم محافظت کننده و اضطراری در نزدیکترین مکان برای دسترسی آسان پیش بینی شده باشد. لازم است هنگام فعالیت پرسنل در کارگاه های زیرزمینی اقدام به ثبت منظم تعداد، نوع و مکان دقیق فعالیت آنها در دفتر کارگاه گردد. هنگامی که ۲۵ نفر یا بیشتر در یک کارگاه تونل فعالیت دارند، حضور دو یا حداقل یک نفر امدادگر آموزش

دیده و دارای تجربه کافی در زمینه کمک های اولیه و در نظر گرفتن امکانات اولیه کمک رسانی به مصدومان الزامی است. بازرسی های ایمنی از کارگاه باید به طور منظم در هر شیفت کاری با کنترل تجهیزات و امکانات در نظر گرفته شده، انجام پذیرد.

## مقدمات ایمنی در تونل ها

محیط های کاری مخصوص ساخت فضاهای زیرزمینی، خطرات خاص و منحصر به فردی را دارا می باشند که پرسنل فعال در آنها باید آگاهی های لازم را نسبت به این خطرات داشته باشند. این حوادث باید در برنامه ایمنی کارگاه شناخته شوند و پیش بینی های لازم ارایه گردد. سقف و دیواره ها و سینه کار در جبهه های کاری مختلف تونل باید به طور مداوم مورد بررسی قرار گرفته و اقدام به لقی گیری مناسب و تحکیمات اولیه سنگ های ضعیف شود. لازم است پیچ سنگ ها با استفاده از آچارهای مناسب به طور مرتب مورد آزمایش قرار گیرند. قاب ها و دیگر نگهدارنده های مناسب باید به منظور جلوگیری از جابجایی و حرکت بلوک های سنگی، به طور اصولی و صحیح نصب شوند. نگهدارنده های آسیب دیده و تغییر شکل یافته در اسرع وقت تعمیر و یا تعویض شوند. صفحه ها و سپرهای نگهدارنده مناسب برای زمین های ضعیف و سست طراحی و مورد استفاده قرار گیرند. دیواره ها و نگهدارنده ها پس از انفجار در سینه کار، مرتب بازرسی شوند و نسبت به اصلاح سطوح آسیب دیده اقدام گردد.

## حفاری

لق گیری سقف و دیواره های تونل قبل از شروع حفاری، توسط کارگر با تجربه به دقت انجام گرفته و با بازرسی های دقیق، از ایمن بودن شرایط نسبت به خطرات بالقوه اطمینان حاصل گردد. باید همه پرسنل از آگاهی کافی در زمینه خطرات ناشی از انفجارات قبلی و مواد ناربه باقیمانده و عمل نکرده، برخوردار باشند. از نزدیک شدن افراد به بوم دستگاه جامبو در زمان حفاری جلوگیری شود و فردی بجز اپراتور جامبو بر روی جامبوی فعال یا در حال حرکت باشد. ضروری است وقتی جامبو شروع به حرکت می کند با مراقبت های دقیق از تجهیزات، بوم دستگاه در موقعیت مناسب قرار گیرد. همچنین لازم است خطوط هوا، برق و آب در جبهه کاری مشخص شده باشند

## تهویه

حوادث ناگوار ناشی از انفجار در تونل ها در فواصل زمانی ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ در آمریکا منجر به تنظیم، تکمیل و ارایه آیین نامه ایمنی برای کارگاه های زیرزمینی به نام آیین نامه OSHA گردید. آیین نامه OSHA تعریف جامع و جداگانه ای برای انواع زمین های گازدار و زمین های با پتانسیل گازدار و غیر گازدار ارایه نموده و برای هر کدام رهنمودهای ایمنی ویژه ای ارایه می نماید. مدیریت پروژه باید از شرایط گازدار بودن طبقات زمین و خطرات بالقوه آن آگاهی کامل داشته و آیین نامه یا دستورالعمل های مناسبی جهت ایجاد شرایط امن برای پرسنل صادر نماید. آزمایش های لازم به طور پیوسته جهت ارزیابی مقدار گازها در محل انجام گرفته و مقادیر مجاز برخی از گازها ارایه گردد. در صورتی که مقادیر گازهای سمی و قابل احتراق، یا گرد و غبار و بخارات از یک و نیم درصد تجاوز کند، همه پرسنل باید محدود شده مورد نظر را ترک کنند تا در اسرع وقت اقدام مناسب جهت کاهش مقدار گازهای فوق به مقدار کمتر از یک درصد انجام گیرد؛ لازم است همه آزمایش ها و نتایج اقدامات در دفتر کارگاه ثبت شود. تجهیزات ردیابی و اندازه گیری مقادیر گازها لازم است مرتب مورد بازرسی قرار گیرند. همه ردیاب ها هشدار دهنده های سمعی و بصری داشته و اغلب خروجی دیجیتالی دارند. انتخاب تجهیزات مورد نیاز جهت ثبت و کنترل مقادیر گازها با توجه به اهمیت و خطرات پروژه یکی از مهمترین وظایف مهندس ایمنی کارگاه می باشد، سیستم تهویه تونل باید با توجه به نوع پروژه به

صورت علمی، طراحی شده و به صورت جدی و مداوم مورد بازنگری و بازرسی قرار گیرد. اگر تهویه تونل به هر دلیل قطع گردد، باید تمامی کارگران به بیرون منتقل شده و قبل از شروع مجدد فعالیت ضروری است که یک فرد باتجربه جهت انجام بازرسی اولیه و ارزیابی خطرات احتمالی و کنترل کیفی هوای داخل تونل از محل کار بازدید نماید. به کارگیری هوای تازه در تونل و دیگر فضاهای بسته زیرزمینی به ازای هر نفر نباید کمتر از دویست فوت مکعب بر دقیقه باشد و در شرایطی که فعالیت توام با تولید گرد و غبار و گاز می باشد، سرعت جریان هوا کمتر از سی فوت در دقیقه نشود. پس از هر نوبت انفجار و قبل از شروع فعالیت ها باید تمامی گرد و غبار ناشی از انفجار از داخل تونل به خارج منتقل گردد.

## مدیریت ریسک ایمنی در مترو

### ۱. اهداف و برنامه ریزی سالانه ایمنی

علاوه بر خط مشی ایمنی، برقراری قوانین مدیریت ایمنی نیازمند تعیین اهداف سالانه و نیز تعیین اقداماتی جهت دستیابی به این اهداف است. تدوین مجموعه ای از اهداف سالانه که به طور پیوسته در کاهش نرخ سوانح و حوادث اثر گذار باشند، برای حصول اطمینان از حرکت بسوی هدف نهایی بسیار مهم است. بنابراین لازم است تا تمامی دست اندرکاران سیستم نسبت به تعیین و ارزیابی اهداف عملکرد سالانه ایمنی اقدام نمایند. بدیهی است اهداف باید از شرایط زیر برخوردار باشد:

- قابل اندازه گیری، معنی دار و قابل دسترسی باشد؛
- متناسب با نیازهای سازمان باشد؛
- بهبود مستمر ایمنی را دربرداشته باشد؛
- مطابق با نیازهای سازمان باشد؛
- مرتبط با تمامی سطوح سازمان باشد؛

همچنین لازم است در تعیین اهداف؛ موارد زیر لحاظ گردد:

- در ارتباط با فرایند مدیریت ریسک در مترو باشد؛
- اهداف ایمنی باید سالانه بازنگری و تایید گردند؛
- اقدامات ایمنی لازم برای رسیدن به اهداف مشخص شود و اطلاعاتی که برای اندازه گیری پیشرفت لازم است جمع آوری گردد.

### ۲. مدیریت منابع انسانی

#### • توانایی و شایستگی کارکنان:

لازم است فرآیندهایی جهت حصول اطمینان از تناسب قابلیت ها، توانایی ها و آموزش های کارکنان با مشاغلشان در خصوص ایمنی، ایجاد شود و توسعه و بروز رسانی گردد. در ایجاد چنین فرآیندهایی باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرند:

- صلاحیت کارکنان و کارمندی که اختیارات و مسوولیت های آنها با امر ایمنی در ارتباط است، باید به تایید برسد و زمان تایید مجدد آن صراحتاً معین گردد.
- کارمندان و کارکنان مذکور باید برای انجام وظایف محول شده، آموزش رسمی بینند. آموزش رسمی یعنی آموزشی که مناسب و

در جهت دستیابی به هدف باشد.

- باید بر صلاحیت و توانایی پرسنل، قابلیت تجهیزات و آموزش مرتبط با اهداف، صحت گذاشته شود.
- اسناد، مدارک و گزارشات مبنی بر تایید توانایی همه کارکنان بخش ایمنی باید ضبط و نگهداری شوند.

#### • بهداشت و سلامت

از آنجا که تنها کارکنان و کارمندان برخوردار از بهداشت و سلامت کافی قادر خواهند بود وظایف محوله و خطیر خود را در شرایط مورد نظر به انجام برسانند، ضروری است فرآیندهایی جهت حصول اطمینان از تناسب وضعیت بهداشت و سلامت کارکنان بخش ها و فعالیت های مرتبط با ایمنی ایجاد، توسعه و بروزرسانی گردد. سوابق و گزارشات مرتبط با بهداشت و سلامت لازم است پس از تایید پزشکان به شکل محرمانه نگهداری و بروزرسانی شوند.

#### ۳. اختیارات و مسوولیت ها

ضروریست وظایف، اختیارات و روابط متقابل کلیه کارکنان اداری، اجرایی و سلسله مراتب مدیریت در خصوص ایمنی، به شکل شفاف تعریف شود و در اختیار آنان قرار گیرد؛ همچنین از آگاهی کافی آنان نسبت به وظایف تمامی واحدهای درگیر در سیستم و پیمانکاران و مشاوران اطمینان حاصل شود. در این راستا بالاترین مقام مسوول در سازمان در قبال تامین ایمنی متصدی اجرایی است. وی موظف است نسبت به معرفی نماینده ایمنی شرکت در یک واحد سازمانی مستقل اقدام نماید. نماینده ایمنی مسوولیت پیاده سازی و هدایت سیستم مدیریت ایمنی را در سازمان عهده دار می باشد. وی لازم است نسبت به این موضوع به مراجع ذیربط در سطح سیستم حمل و نقل شهری پاسخ گو باشد.

همچنین تمامی کارکنان در خصوص وظایف و اختیارات سازمانی ذیل لازم است توجیح گردند:

- ابتکار عمل برای جلوگیری از وقوع سوانح خطرناک؛
- ابداع، پیشنهاد یا پیدا کردن هر نوع راه حل برای مشکلات ایمنی مترو؛
- ابتکار عمل برای جلوگیری از تکرار سوانح خطرناک و ارائه راه حل آنها به مراجع ذیصلاح؛
- کنترل برای به اجرا در آمدن راه حل های توصیه شده؛
- کنترل و نظارت بر طرح ها، ساختار و تجهیزات پیشنهادی در آینده؛ اجرا و تداوم این طرح ها در صورت پذیرفته شدن تا آنجایی که هرگونه خطای قابل تشخیص و کمبود موجود در امر ایمنی سازمان تصحیح و رفع گردد.
- تعیین شرایط داخلی مورد تایید، تهیه منابع مناسب و پرسنل آموزش دیده متخصص برای انجام بهینه فعالیت های جمع آوری اسناد و مدارک ایمنی. در این راستا لازم است به گونه ای شفاف کلیه اختیارات و مسوولیت ها و زمینه های پاسخ گویی به آنان در سازمان استخراج و تدوین گردد و به اطلاع پرسنل مربوطه رسانده شود.

#### ۴. نظارت بر دستورالعمل ها، قوانین، آیین نامه ها و استانداردها

مقررات سیستم مدیریت ایمنی جایگزین هیچ یک از قوانین، مقررات و استانداردهای ایمنی جاری شرکت نمی شود. به عبارت دیگر، این الگو به هیچ وجه با قوانین و مقررات موجود در تناقض نیست. از آنجایی که کلیه قوانین و مقررات سازمان به نوعی در امر ایمنی اثر گذارند، لازم است سیستم مدیریت ایمنی از رویه طراحی، تنظیم و به روزرسانی آنها آگاهی کامل و کافی داشته باشد.

#### ۵. مجموعه داده ها و عملکردهای ایمنی



مدیریت ایمنی به داده ها و اطلاعاتی که در سازمان جمع آوری می شود بستگی دارد. از این رو لازم است در سیستم مدیریت ایمنی در زمینه شناسایی، جمع آوری، بررسی مشاهدات و داده های کلیدی و فرآیندهای لازم برای تبدیل آنها به اطلاعات و تحلیل ها، اقدامات مقتضی صورت گیرد. این اقدامات به شرح ذیل می باشد:

- سیستم هایی برای جمع آوری سوانح و حوادث؛
- رویه هایی برای تحلیل دوره ای اطلاعات و باز خورد به رویه مدیریت ریسک؛
- رویه هایی برای شناسایی و تحلیل اطلاعات در ارتباط با عملکرد ایمنی براساس اهداف ایمنی سالیانه و شناسایی موارد لازم برای استفاده تکنیک های آماری؛
- بررسی دوره ای و تحلیل اطلاعات ایمنی به وسیله مدیریت ارشد سازمان عملکرد ایمنی باید اندازه گیری شده و در چارچوب شاخص های طراحی شده به شکل صحیح گزارش داده شود. شاخص های موارد ایمنی باید:
- به سادگی و آسانی قابل درک باشند؛
- به وضوح تعریف شده و عملی باشند؛
- قابلیت بیان به شکل سالانه، ماهانه و ... را داشته باشند.

#### ۶. مدیریت سوانح و حوادث

سیستم مدیریت ایمنی باید شامل موارد زیر باشد:

- فرآیندهایی برای اطلاع از سانحه و حادثه، گزارش دهی داخلی و خارجی و همچنین تجزیه و تحلیل آن.
- فرآیندهایی برای رسیدگی و ارتباط با سایر سازمان های فوریت های اضطراری.
- ارتباط مستمر با فرآیند مدیریت ریسک
- فرآیندهایی برای گزارش دهی و مستندسازی نتایج و نظریه ها.
- در ادامه فهرستی از اقدامات لازم در مدیریت بحران ها و حوادث بزرگ آورده شده است.

#### ۷. مدیریت ریسک

امروزه دانش مدیریت ریسک و بکارگیری آن در صنایع حمل و نقل ریلی درون شهری از نیازهای اساسی صنعت است. هدف از اجرای روش های مدیریت و تحلیل ریسک، دستیابی به موفقیت های بیشتر و به حداقل رساندن و یا در صورت امکان حذف نقایص و نقاط ضعف مجموعه است.

شناخت ریسک قبل از وقوع آن، اجرای راهبردهای مقابله ای با آن و در نظر گرفتن طرح های احتمالی در صورت وقوع ریسک می تواند اثرات احتمالی آن را کاهش دهد. مسلماً هر چه در استفاده از روش های مدیریت و تحلیل ریسک در حین اجرای پروژه های مترو و سیستم های حمل و نقل ریلی تعلل شود و به تعویق افتد، بازده آنها در بدست آوردن موفقیت های طرح تا حد زیادی کاهش می یابد. امروزه در سیستم های راه آهن شهری مدیر ریسک کسی است که تمام مسوولیت ناشی از انتخاب راهبرد مدیریت ریسک و اجرای مناسب را به عهده می گیرد و در طی زمان به مدیریت مجموعه پاسخگو می باشد. بنابراین برای هر ریسک بایستی خلاصه پرونده ای تشکیل شود. وجود نقایص در این خلاصه پرونده منشاء ایجاد عدم قطعیت هایی است که منجر به ریسک می گردد. یک خلاصه پرونده بایستی در برگرفته موارد زیر باشد: مشکلات و خطرهای موجود در مسیر هرچه بهتر و ایمن تر خدمت رسانی به مردم کدامند؟ و برای کاهش اثر یا اجتناب از آنها چه اقداماتی می توان انجام داد؟

با توجه به اینکه ریسک‌ها عموماً حاصل عدم قطعیت هستند، اگر بتوان محل وجود این عدم قطعیت را شناسایی کرد می‌توان در اداره آن عدم قطعیت و ریسک‌های برآیند آن گام مهمی برداشت. شناسایی مخاطرات در سیستم مترو مسوولین را قادر به کنترل و به حداقل رساندن عواقب احتمالی ناشی از ریسک‌ها می‌نماید.

**روش‌های شناسایی ریسک شامل** تبادل افکار، مصاحبه، پرسشنامه، استفاده از آراء متخصصان و تجارب قبلی و الگو گرفتن از کشورهای مطرح در این زمینه می‌باشد. نباید شناسایی ریسک را در هیچ موردی به تاخیر انداخت. اگر مدیریت ریسک را بخشی از فرآیند کلی تصمیم‌گیری بدانیم، شناسایی ریسک، مهمترین بخش مدیریت ریسک است. پس این عمل باید در بدو امر و قبل از اجرای پروژه انجام شود. نظر به اینکه در مرحله شروع کار می‌توان بدون کمترین آشفتگی، تغییرات لازم را در پروژه‌ها انجام داد و نیز با توجه به اینکه در این مرحله از کار، احتمال ناقص و یا نادرست بودن اطلاعات مبنای زیاد است، بنابراین باید جهت اطمینان از اتخاذ تصمیمات درست، از اولین مراحل شروع اجرای پروژه تمام ریسک‌های مهم را شناسایی و ارزیابی نمود. هدف از ارزیابی ریسک، درک کیفی و تعیین کمی آثار احتمالی تمام ریسک‌های احتمالی است. ارزیابی ریسک به دو جزء تقسیم می‌شود:

**الف -** در ارزیابی کیفی ریسک منشاء، علت و معلول ریسک احتمالی به تفصیل مورد بازبینی و تشریح قرار می‌گیرد. در این مرحله می‌توان یک دفتر ثبت ریسک تهیه کرد که در آن وضعیت هر ریسک، تحت نظر قرار گرفته و به طور منظم به روز می‌شود. این بخش هسته اصلی اجزای پیوسته مدیریت ریسک است.

**ب -** ارزیابی کمی ریسک زمانی صورت می‌گیرد که اثر ریسک همراه با اثر برآیند وارده بر روی نتیجه کلی پروژه مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. با انجام چنین تجزیه و تحلیل مفصلی می‌توان محتمل‌ترین و بدترین نتیجه یک پروژه خاص را محاسبه کرد. از آنجا که اغلب پس از یک تحلیل کمی و کیفی اولیه، ممکن است ریسک‌های دیگری نیز شناسایی شوند، فرآیند مدیریت ریسک یک ماهیت چرخشی و تکراری خواهد داشت.

مدیریت ایمنی زمینه‌ساز شکل‌گیری فرآیند مدیریت ریسک است که مراحل زیر را در خود دارد:

### قدم اول: شناسایی پیامدهای ایمنی و وابستگی‌ها

در این شناسایی موارد ذیل حایز اهمیت می‌باشند:

- ایجاد مکانیزم‌هایی برای کارکنان به منظور شناسایی پیامدهای ایمنی؛
- دریافت نتایج حاصل از رسیدگی به سوانح، حوادث و مجموعه اطلاعات ایمنی و تحلیل؛
- روش‌های تحلیل اثر و نوع خرابی، مطالعات امکان‌سنجی، شناسایی خطرات، تجزیه و تحلیل فرآیندهای ایمنی برای تجهیزات، سیستم‌ها، عملیات و رویه‌هایی که تجربه و سابقه ایمنی آنها در دسترس نمی‌باشد.
- رسیدگی ویژه به پیامدهای ایمنی و وابستگی آنها با عوامل انسانی، خارجی، فصل مشترک و مقدمات تغییر در فعالیت‌های جاری

- تکنولوژی نظارت بر ایمنی مانند سیستم‌های حفر تونل

- انتقادات و نظرات دریافتی از مردم.

لازم است سیستم حمل و نقل ریلی تحلیل کاملی از فعالیت‌های جدید و فعالیت‌های موجود انجام دهد.

در مورد تجهیزات، سیستم‌ها، عملیات، روش‌ها و رویه‌های جدید و نو که تجربه و سوابق ایمنی آنها وجود ندارد، تکنیک‌های تحلیلی باید مورد استفاده قرار گیرد. در صورتی که استراتژی‌های کاهش ریسک جاری مستندسازی شوند، نیازی به تحلیل کامل

عملیات موجود نیست. اطلاعات رسیدگی به سوانح و حوادث، اطلاعات جمع آوری شده از عملکرد ایمنی و تحلیل، بازرسی و ممیزی می توانند ورودی های تحلیل ریسک در شرایط جاری باشند.

### قدم دوم: تخمین ریسک

در ارزیابی احتمال و شدت موارد ایمنی کیفی یا کمی، تخمین کمی احتمال و شدت موارد ایمنی می تواند گاهی اوقات از اطلاعات عملکرد ایمنی و صدمات وارده بدست آید. احتمال بر پایه اطلاعات گذشته تخمین زده می شود چرا که آینده بازتاب شرایط گذشته است. هر جا که اطلاعات گذشته مناسبی در دسترس نباشد، روش های دیگری ممکن است برای تخمین مورد استفاده قرار گیرد. شدت معمولا براساس میانگین های بدست آمده از سازمان در یک دوره مشخص و برحسب تعداد کشته شده ها یا مصدومین، ارزش خسارات مالی یا هزینه های پاک سازی محیط زیست، اندازه گیری می شود. انواع دیگر آسیب سوانح و حوادث که به آسانی قابل اندازه گیری نیستند مثل خسارت به اعتبار شرکت و ارایه خدمات به مسافری، باید به گونه ای در ارزیابی شدت ریسک ها در نظر گرفته شود. هر جا که تخمین مقدار احتمال و شدت به علت کمبود اطلاعات قابل اندازه گیری نباشد، مقدار تخمین بر پایه قضاوت افراد خبره و کارشناس جایگزین می گردد.

### قدم سوم: اولویت بندی ریسک

شدت ریسک نشاندهنده وسعت و دامنه خسارات و تلفاتی است که در صورت بالفعل شدن خطر ایجاد خواهد شد. طبقه بندی شدت می تواند براساس تعداد طبقات، نامگذاری آنها، اهداف و منظور هر طبقه، اصول طبقه بندی و غیره متفاوت باشد. برای مثال می توان به طبقه بندی های زیر که توسط سازمان ها و گروه های مختلف ارایه شده است اشاره کرد:

• فاجعه بار- بحرانی - شدید - جدی (طبقه بندی هیات ایمنی حمل و نقل ملی آمریکا)

• فاجعه بار- بزرگ - جدی - کوچک (طبقه بندی سازمان هوا فضای ملی آمریکا)

• طبقه ۱- طبقه ۲- طبقه ۳- طبقه ۴ (طبقه بندی شورای ایمنی ملی آمریکا)

یکی دیگر از طبقه بندی های شدت ریسک در استاندارد نظامی آمریکا ارایه شده که در آن خطرات از نظر شدت به چهارگروه فاجعه بار، بحرانی، مرزی و جزئی طبقه بندی شده اند. هر چند که این استاندارد در ابتدا برای ارزیابی سیستم های نظامی ارایه شده بود ولی امروزه از آن برای طیف وسیعی از صنایع که اصول ایمنی سیستم در آنها بکار گرفته می شود، استفاده می گردد. این سیستم یک معیار کیفی از شدت نسبی پیامدهای احتمالی شرایط مخاطره آمیز را ارایه می کند. بکارگیری تکنیک طبقه بندی شدت، در ارزیابی شرایط ایمنی سیستم از اهمیت بسزایی برخوردار است زیرا با اختصاص طبقات مختلف سیستم و نقص های احتمالی می توان شرایط موجود را بهتر ارزیابی کرده و در نتیجه اقدامات کنترلی را اولویت بندی نمود.

احتمال ریسک نشان دهنده امکان وقوع پیوستن یک خطر در یک زمانی معین است. طبقه بندی ریسک ها براساس احتمال وقوع نیز ممکن است بسیار متعدد باشد.

با بکارگیری همزمان سیستم طبقه بندی احتمال و شدت ریسک می توان خطرات را برحسب شدت پیامدهای بالقوه خطر و احتمال وقوع آنها ارزیابی و تجزیه و تحلیل نمود. بطور مثال اگرچه برخورد مرگبار دو قطار از نظر شدت در طبقه اول یعنی فاجعه بار قرار می گیرد ولی احتمال وقوع آن با توجه به حضور سیستم حفاظت اتوماتیک قطار در گروه حوادث خیلی کم یا غیر محتمل قرار گیرد، ترکیب این دو نشان دهنده ضرورت تلاش های بسیار اختصاصی، ولی نسبتا کم ایمنی سیستم است. برعکس آن گیرکردن بدن مسافرین لای درب قطار یا ورود مسافرین به حریم برق دار ریلی، از نظر شدت در طبقه حوادث قابل صرف نظر ولی از نظر احتمال در گروه حوادث مکرر و یا محتمل قرار می گیرد. در این گونه حوادث دلیل نرخ تکرار بالا، تلاش های ایمنی بر

روی کنترل های موثر کم هزینه، متمرکز خواهد شد. نصب تابلوهای راهنما، دستورالعمل های ایمنی و سیستم های هشدار به مسافری در ایستگاه و مواردی از این قبیل، مثال هایی از کنترل های یاد شده هستند. بنابراین ریسک یک خطر شدید در صورتی که احتمال وقوع آن بسیار پایین باشد و نیز ریسک خطری که نرخ وقوع آن بسیار بالا بوده ولی پیامدهای آن بسیار ناچیز است. قابل تحمل خواهد بود. پس می توان نتیجه گرفت که احتمال ریسک قابل قبول یک خطر رابطه عکس با شدت آن دارد.

#### ۸. استراتژی های کنترل ریسک

استراتژی های کنترل ریسک برای ریسک هایی که رده بندی شده اند (مانند غیر قابل قبول یا قابل تحمل بوسیله کاهش) مورد نیاز می باشند. بطور کلی، این استراتژی ها می توانند متمرکز بر موارد زیر باشند:

- حذف موقعیت ها، مواد، ترکیبات، یا فعالیت هایی که تولید ریسک می کنند؛
- کاهش احتمال وقوع؛
- کاهش پیامدها.

در سیستم مترو برای رسیدن به شرایط ایمن و پیاده سازی مدیریت ایمن، باید تا حد امکان ریسک ها را شناسایی نمود. پس از یافتن ریسک های اولیه، می بایست استراتژی هایی برای کنترل و مهار ریسک های شناسایی شده اتخاذ کرد.

#### ۹- گزارش دهی سانحه و حادثه، رسیدگی و تحلیل

سیستم مدیریت ایمنی باید شامل موارد زیر باشد:

- فرآیندهایی برای اطلاع از سانحه و حادثه داخلی و خارجی و گزارش دهی؛
- فرآیندها و رویکردهایی برای رسیدگی مانند صدمات کارکنان و مسافری؛
- ارتباط رسمی با فرآیند مدیریت ریسک؛
- فرآیندهایی برای گزارش دهی و مستندسازی نتایج و نظریه ها و فرآیندهایی برای تضمین اجرای نظریه ها و اقدامات اصلاحی.

#### ۱۰- جمع آوری اطلاعات عملکرد ایمنی و تحلیل آنها

سیستم مدیریت ایمنی برای تامین این الزام باید شامل موارد زیر باشد:

- شناسایی اطلاعات ایمنی که به منظور اجرای اهداف ایمنی سالیانه در تطابق با الزامات تحلیل باید جمع آوری شود؛
  - سیستم هایی برای جمع آوری اطلاعات سوانح و حوادث؛
  - روش هایی برای تحلیل دوره ای اطلاعات و بازخورد به رویه مدیریت ریسک؛
  - تحلیل اطلاعات ایمنی در رابطه با عملکرد ایمنی براساس اهداف ایمنی سالیانه و شناسایی موارد لازم برای استفاده تکنیک های آماری؛
  - بررسی دوره ای تحلیل اطلاعات ایمنی به وسیله مدیریت ارشد سازمان.
- عملکرد ایمنی باید اندازه گیری شده و بواسطه محدوده ای از مقیاس های طراحی شده به دقت گزارش دهی گردد. مقیاس دهی ایمنی باید:

- به سادگی و آسانی قابل درک باشد؛
- به راحتی تعریف شده و عملی باشد؛
- هر جا که ممکن است به منظور تطبیق سال به سال و مکان به مکان ارایه شود.

#### ۱۱- ممیزی ایمنی

ممیزی ایمنی یک بررسی نظام یافته است بدین منظور که آیا فعالیت های ایمنی و نتایج و پیامدهای حاصل از آنها با ترتیبات برنامه ریزی شده مطابقت دارد یا خیر؟ و آیا این ترتیبات بطور موثر و مناسب برای خط مشی و اهداف سازمان اجرا شده اند یا خیر؟

سیستم مدیریت ایمنی برای تامین این الزام باید شامل موارد زیر باشد:

- ممیزی های دوره ای عملکرد اعضای سیستم مدیریت ایمنی شامل فراوانی ها، روش ها، مسوولیت ها و فرآیندهای گزارش دهی؛
- ممیزی ایمنی بایستی بوسیله کارکنانی با صلاحیت که بی طرف و منصف باشند صورت پذیرد؛
- استفاده از روش های ممیزی رسمی که بوسیله مصاحبه و رسیدگی های مختلف اعتبار یافته باشند؛
- گزارش های ممیزی شامل پیشنهاداتی برای اقدامات اصلاحی باشد؛
- گزارش دهی نتایج ممیزی به مدیریت ارشد سازمان؛
- نگهداری گزارشات ممیزی جهت بررسی بوسیله کارشناسان ایمنی سازمان؛
- ممیزی های دوره ای سیستم مدیریت ایمنی برای اطمینان حاصل کردن از شایستگی و اثر بخشی سیاست ها، اهداف ایمنی سالیانه، رویه ها و دیگر اجزای سیستم؛
- باز خورد جمع آوری شده از کارکنان و مسافران و مشاوران؛
- رسیدگی و تصویب گزارشات ارزیابی بر طبق نتایج نظریه های مدیریت ارشد سازمان.
- ممیزی و ارزیابی فراوانی ها در پیش بینی عملکرد شرکت، ریسک های درگیر و سابقه عملکرد ایمنی، به کار می رود.

#### ۱۲- توسعه اقدامات اصلاحی و نظارت

کلید اثر بخشی سیستم مدیریت ایمنی حلقه بازخورد آن است که انجام اقدامات اصلاحی را متضمن می شود. نیاز به اقدامات اصلاحی بایستی از طریق موارد زیر شناسایی گردد.

- اولویت بندی تابعیت از قوانین، مقررات و استانداردها
- فرآیند مدیریت ریسک مخصوصا قدم اول که شناسایی موارد ایمنی و وابستگی ها است
- از طریق استراتژی های کنترل ریسک
- بوسیله رسیدگی به سوانح و حوادث
- بررسی مهارت ها و نیازمندی های آموزشی و نتایج نظارت بر ارزیابی عملکرد
- تحلیل و بررسی اطلاعات عملکرد ایمنی
- ممیزی های ایمنی و اولویت بندی سیستم مدیریت ایمنی

سیستم مدیریت ایمنی برای تامین این الزام بایستی شامل موارد زیر باشد:

- فرآیندهایی برای توسعه طرح های اقدامات اصلاحی که تضمین کننده عدم وقوع مجدد مشکل، سانحه یا حادثه است
- فرآیندهایی برای بدست آوردن مدیریت مناسب در جهت اقدامات اصلاحی تصویب شده
- فرآیندهایی برای نظارت رسمی بر اجرای اقدامات اصلاحی بوسیله مدیریت

## نتیجه گیری

همانطور که اشاره شد لازمه اینکه ایمنی به عنوان یک وجه عملکرد سیستم ارزیابی، برنامه ریزی و کنترل گردد، یک نگرش سیستماتیک (نظام یافته) است. نگرش نظام یافته به ایمنی یعنی ایمنی در کل سیستم به عنوان یک مجموعه یکپارچه جستجو گردد. در واقع لازم است تمامی زیر سیستم ها در کل سطوح عملکرد سیستم ریلی به موضوع ایمنی به شکلی یکسان بنگرند. در نگرش سیستماتیک به جای آنکه به موارد بپردازند، به مفاهیم توجه می کنند. ایمنی سیستم بدون تعهدات کامل و اصولی مدیریت و نیز بدون وجود اطمینان و اعتماد دو طرفه بین مدیریت سازمان و مدیریت ایمنی سیستم قابل دسترسی نخواهد بود. از یک طرف بایستی مدیران رده بالا مطمئن شوند که مسایل ایمنی توسط افراد مطلع، وارد و آگاه انجام می شود و از طرف دیگر مدیر ایمنی سیستم نیز باید از حمایت کامل مدیریت ارشد سازمان برخوردار باشد. همچنین لازم است کلیه کارکنان بخوبی از وظایف کادر ایمنی و نیز حمایت مدیر ارشد سازمان از واحد یاد شده در راستای اجرای وظایف محوله آگاه باشند. مسلماً پیاده سازی صحیح چنین الگویی می تواند صنعت مترو تهران را به بالاترین سطح ایمنی در شبکه حمل و نقل ریلی درون شهری برساند.

## منابع

- جعفری، قراری، نورالدین و قربانی، ۲۰۱۲. مدیریت خطر و اثر بخشی اقدامات پیشگیرانه در ایمنی ناوگان ریلی تونل البرز. مجله سلامت و بهداشت، ۳(۱)، ۷-۱۷.
- رضا کیانی، نقش مهندسی ایمنی در کارگاه های عمرانی با نگرشی خاص به موارد ایمنی در تونل ها، ۱۳۸۵.
- سلیمی پور، سروش، میری لواسانی، سید محمدرضا، گیوه چی، سعید. ارزیابی ریسک فازی پروژه احداث ایستگاه متروی شهری (مورد مطالعه: ایستگاه ۲D متروی کرج). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست ۲۰۱۷ Aug ۲۳؛ ۱۹۱:۱۹-۲۰۱.
- ضیائی، سیدعلی، حسین دخت، حسین، امینی طوسی، هاشم، حسینی و سیدشهریار، ۲۰۱۳، November. ارزیابی و مطالعه خطرها و تهدیدات در تونل های درون شهری (با محوریت آتش سوزیهای غیر عمدی). همایش ملی عمران و توسعه پایدار با محوریت کاهش خطر پذیری در بلا یای طبیعی (هشتمین سمپوزیم پیشرفتهای علوم و تکنولوژی).
- طاهرخانی فرهاد، میرزاابراهیم طهرانی مهناز و ملماسی سعید، ارزیابی ریسک های ایمنی بر اساس منطق فازی در پروژه های ساخت مترو.
- مهندس بهرام جلوداری ممقانی، سیستم های مدیریت ایمنی و حفاظت صنعتی بر اساس استانداردهای بین المللی مدیریت ایمنی ISO ۱۸۰۰۰، انتشارات آزاده، ۱۳۷۹.

Beard, A.N. "Tunnel safety, risk assessment and decision-making", *Tunnelling and Underground Space Technology*, ۲۵(۱), pp. ۹۱-۹۴ (۲۰۱۰)

Chapman, C. \Key points of contention in framing as-sumptions for risk and uncertainty management", Int.J. Project Manage., ۲۴(۴), pp. ۳۱۳-۳۰۳ (۲۰۰۶).

Reilly, J.J. and Brown, J. \Management and control of cost and risk for tunneling and infrastructure projects", Tunneling and Underground Space Technology, ۱۹(B۱۸), pp. ۱-۸ (۲۰۰۴).

Tavakoli, A. and Ahmadi, A. \Model selection and rank-ing of technology transferring methods", Science & Technology University (۲۰۰۶).