



وزارت راه و ترابری  
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

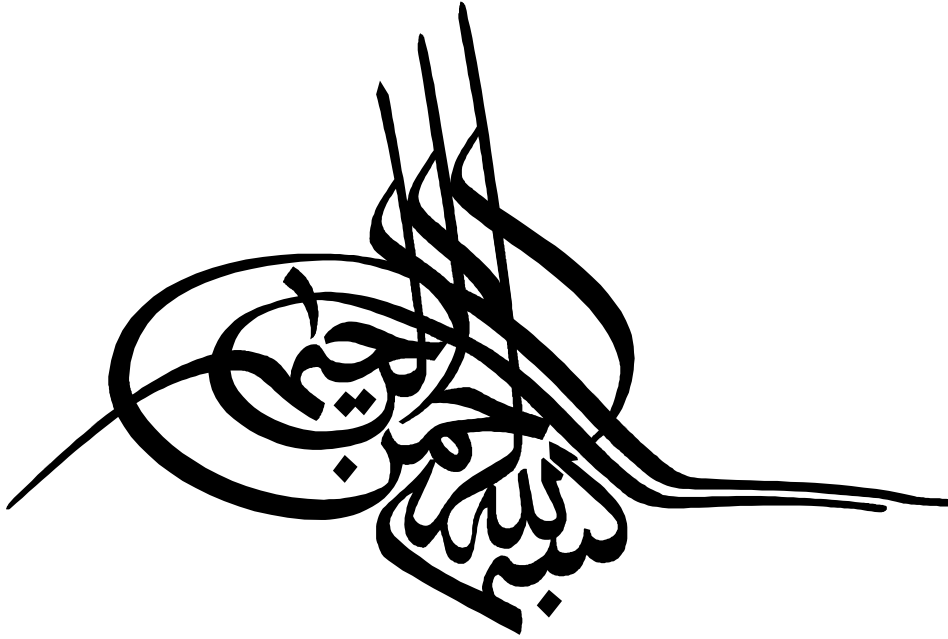
مجمع جهانی راه (پیارک)

## الگوی مناسب برای بهره‌برداری و نگهداری تونل‌های جاده‌ای

کمیته عملیات تونل‌های جاده‌ای (C5)

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران





وزارت راه و ترابری  
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری



دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران

## الگوی مناسب برای بهره‌برداری و نگهداری تونل‌های جاده‌ای

کمیته عملیات تونل‌های جاده‌ای (C5)

این مجموعه ترجمه‌ای است از گزارشی تحت عنوان:

### **Good Practice for the Operation and Maintenance of Road Tunnels**

توجه: هدف از تهیه این گونه مجموعه‌ها، طرح موضوعات تخصصی در قالب انتقال فناوری از طریق نشر منابع تخصصی معتبر می‌باشد. لذا به کلیه بهره‌برداران توصیه می‌گردد جهت کاربرد اعداد و استانداردهای مورد اشاره به اصل منابع مراجعه نمایند. بدیهی است ناشر هیچ گونه مسؤلیتی در خصوص پیامدهای سوء ناشی از عدم توجه به توصیه فوق را متقبل نخواهد شد.

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران

|  |   |
|--|---|
| عنوان و پدیدآور  | الگوی مناسب برای بهره‌داری و نگهداری تونلهای جاده‌ای/ تهیه و تالیف کمیته عملیات تونلهای جاده‌ای (5): [برای] وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، دفتر مطالعات فناوری و ایمنی؛ مترجم فارونی نیک؛ عین‌اله عرب فیروزجاهی. محمود عمادی تهران: وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری پژوهشکده حمل‌ونقل، ۱۳۸۵ |
| مشخصات نشر   | : ۱۱۰ص: جدول، نمودار.   |
| مشخصات ظاهری   | : ۹-۶۷-۶۲۹۹-۶۶۴   |
| شابک   | : فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیبا   |
| یادداشت  | : عنوان به انگلیسی:   |
| یادداشت  | Good Practice for the Operation and Maintenance of Road Tunnels   |
| موضوع  | : تونلها -- پیش‌بینی‌های ایمنی.   |
| موضوع  | : تونلها -- نگهداری و تعمیر.  |
| موضوع  | : راهها -- طرح و برنامه‌ریزی.   |
| موضوع  | : راهها -- پیش‌بینی‌های ایمنی.  |
| شناسه افزوده   | : فارونی مرتضی، ۱۳۴۴ - ، مترجم  |
| شناسه افزوده   | : عرب فیروزجاهی، عین‌اله، مترجم   |
| شناسه افزوده   | : عمادی، محمود، مترجم   |
| شناسه افزوده   | : انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه  |
| شناسه افزوده   | : ایران. وزارت راه و ترابری. دفتر مطالعات فناوری و ایمنی  |
| شناسه افزوده   | : ایران. وزارت راه و ترابری. پژوهشکده حمل‌ونقل  |
| رده‌بندی کنگره   | : ۱۳۸۵ الف۸ / ۸۱۵ TA  |
| رده‌بندی دیوی  | : ۳۶۳/۱۷  |
| شماره کتابخانه ملی                                     | : ۲۱۵۰۳ - ۸۵م   |
| Permanent International Association of Road Congresses |   |

## دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

### گروه مطالعات تطبیقی

|              |   |
|--------------|---|
| عنوان گزارش  | : الگوی مناسب برای بهره‌داری و نگهداری تونلهای جاده‌ای  |
| تهیه و تألیف | : کمیته عملیات تونلهای جاده‌ای (C5)   |
| مترجم        | : دکتر مرتضی فارونی نیک، عین‌اله عرب فیروزجاهی، محمود عمادی   |
| ویرایش فنی   | : دکتر مرتضی فارونی نیک   |
| ویرایش ادبی  | : مهسا مهرپویا  |
| ناشر         | : پژوهشکده حمل‌ونقل   |
| نوبت چاپ     | : اول   |
| تاریخ انتشار | : پاییز ۱۳۸۵  |
| کد انتشار    | : 85/RRRM/212   |
| شابک         | : ۲-۴۸-۶۲۹۹-۹۶۴   |
| تیراژ        | : ۱۵۰۰  |
| قیمت         | : ۲۰۰۰ تومان  |
| لیتوگرافی    | : باران   |
| چاپ و صحافی  | : پژمان   |
| نشانی        | : میدان آرژانتین - ابتدای بزرگراه آفریقا - اراضی عباس‌آباد - ساختمان شهید دادمان - وزارت راه و ترابری - طبقه سیزدهم شمالی - واحد اطلاع‌رسانی و نشر پژوهش‌ها |
|              | تلفکس: ۸۲۲۴۴۱۶۴   |
|              | وب سایت فروش نشریات <a href="http://shop.rahiran.ir">http://shop.rahiran.ir</a>   |
|              | دکتر مرکزی فروش (انتشارات رنگین قلم) ۸۸۹۶۹۴۵۱   |
|              | وب سایت: <a href="http://www.rahiran.ir">web:www.rahiran.ir</a>   |

\* کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است \*

این گزارش با حمایت مالی پژوهشکده حمل‌ونقل منتشر می‌گردد

## بسمه تعالی

وزارت راه و ترابری به عنوان متولی اصلی صنعت حمل و نقل کشور، نیازمند استفاده از بخش وسیعی از خدمات مهندسی در زمینه طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از اجزاء سیستم حمل و نقل می‌باشد. از این رو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز بطور مستمر در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار گرفته تا نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی آنها مرتفع گردد. معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری در صدد است ضمن شناسایی نیازهای اساسی بخشهای مختلف وزارت متبوع و انجام تحقیقات علمی - کاربردی در زمینه مسائل فنی حمل و نقل و همچنین استفاده از آخرین دستاوردها و انجام مبادلات علمی با مجامع و سازمانهای علمی و تخصصی ذیربط، به رفع این نیازها پردازد. در همین راستا این معاونت برآن است تا با تهیه و تدوین مجموعه گزارشهای تخصصی، دانش فنی مورد نیاز را به شکلی مناسب در اختیار بخشهای مختلف وزارت متبوع و سایر متخصصان قرار دهد.

این گزارش استفاده از طرح کیفی را به عنوان ابزاری برای حصول اطمینان از اینکه اقدامات مورد نیاز برای ساخت و بهره‌برداری تونل به صورت حرفه‌ای و مناسب انجام می‌گردند، معرفی می‌نماید. همچنین اجزا و ارزش سیستم مدیریت تونل برای بهره‌برداری و نگهداری را شرح می‌دهد. آموزش کارکنان و توصیه‌هایی در خصوص مانورهای امدادی و برنامه‌ریزی برای آنها از دیگر بخشهای این گزارش می‌باشد. در نهایت ابزارهایی برای تصمیم‌گیری در موضوعات ایمنی و مدیریت مالی معرفی شده و نیز ابزاری برای تعیین ارزش پولی ارائه می‌گردد.

امید است که با تلاشهای صورت گرفته در دفتر مطالعات فناوری و ایمنی و همکاری افرادی که در تهیه این گزارش ما را یاری رساندند، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقاء عملکردها برداشته شود. در پایان از پژوهشکده حمل و نقل، به جهت حمایت از انتشار این مجموعه تشکر و قدردانی می‌گردد.

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی



## مختصری در خصوص پیارک

انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (پیارک) با هدف جمع‌آوری و انتشار اطلاعات در خصوص مسایل مربوط به جاده و ترافیک آن، اصلاح و استاندارد کردن شیوه‌های طراحی، اجرایی، اداری و مالی و نگهداری راهها، یکنواخت کردن علایم و نشانه‌ها، کدهای مربوط به آمد و شد در شاهراههای کشورهای مختلف و پیش‌بینی شبکه ارتباطی لازم متناسب با پیشرفت‌های اقتصادی و اجتماعی کشورها در سال ۱۹۰۸ همزمان با برگزاری اولین کنگره آن و با شرکت ۲۷ کشور جهان در پاریس تشکیل شد.

این انجمن، با مشارکت کشورهای مختلف هر چهار سال یکبار در زمان و مکانی که توسط دولت‌های عضو مورد توافق قرار می‌گیرد، کنگره‌ای را برگزار می‌کند و هم‌اکنون با تغییر نام به مجمع جهانی راه با بیش از ۲۰۰۰ نماینده از ۱۰۵ کشور عضو به کار خود ادامه می‌دهد. در سال ۲۰۰۳ میلادی بیست‌ودومین کنگره این مجمع در شهر دوربان آفریقای جنوبی برگزار گردید.

اهداف کلی و اولیه پیارک را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- بهبود ارتباطات بین‌المللی

۲- تدوین سیاست‌های حمل‌ونقل جاده‌ای

۳- ارتقای کیفیت برنامه‌ریزی، ساخت، بهسازی و نگهداری راهها

۴- ارتقای کیفیت اجرایی و مدیریت سیستم‌های راه

امروزه این اهداف شکل جدیدی پیدا کرده و با سرعت بیشتری تعقیب می‌گردد که عبارتند از:

۱- افزایش همکاری بین‌المللی

۲- پیشرفت هر چه سریعتر و جهت‌دار نمودن سیاست‌های برنامه‌ریزی، ساخت، بهسازی و نگهداری راهها

طی سال‌های اخیر، فعالیت‌های مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران گسترش یافته و با تشکیل دبیرخانه این مجمع در معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری و معرفی اعضاء، سعی بر آن شده که هر چه بیشتر با مرکز پیارک در فرانسه ارتباط لازم برقرار شود. اعضای که برای این مجمع در نظر گرفته شده شامل یک عضو اصلی و یک عضو مکاتبه‌ای برای هر یک از کمیته‌های ۱۸ گانه مندرج در زیر می‌باشند:

۱- بخش "مدیریت و اداره سیستم راه"

TC1-1: کمیته اقتصاد سیستم راه

TC1-2: کمیته سرمایه‌گذاری در سیستم راه

TC1-3: کمیته عملکرد ادارات راه

TC1-4: کمیته مدیریت عملکرد شبکه راه

۲- بخش "حمل و نقل پایدار" با عضویت اعضای اصلی و مکاتبه‌ای کمیته‌های تخصصی:

- TC2-1: کمیته توسعه پایدار و حمل و نقل جاده‌ای
- TC2-2: کمیته راههای بین شهری و حمل و نقل یکپارچه
- TC2-3: کمیته مناطق شهری و طراحی یکپارچه شهری
- TC2-4: کمیته حمل و نقل بار و حمل و نقل ترکیبی
- TC2-5: کمیته نیازهای راههای برون شهری و قابلیت دسترسی

۳- بخش "ایمنی راهها"

- TC3-1: کمیته ایمنی راهها
- TC3-2: کمیته مدیریت ریسک در راهها
- TC3-3: کمیته عملیات تونل‌های راه
- TC3-4: کمیته راهداری زمستانی

۴- بخش "کیفیت و زیرساختهای راه"

- TC4-1: کمیته مدیریت منابع مالی در زیرساختهای راه
- TC4-2: کمیته اثرات متقابل راه و وسیله نقلیه
- TC4-3: کمیته روسازی راه
- TC4-4: کمیته پلها و سازه‌های مرتبط
- TC4-5: کمیته عملیات خاکی، زهکشی و بستر روسازی

ریاست پیارک در ایران بر عهده آقای دکتر مرتضی فارونی نیک بوده، آقای مهندس اصغر نادری سمت دبیر پیارک و آقای مهندس مهران قربانی مسئولیت دبیرخانه پیارک در ایران را عهده‌دار می‌باشند. با توجه به اهداف اصلی مجمع جهانی راه، دبیرخانه پیارک در ایران با بازنگری در تشکیلات و اعضای خود به جهت رسیدن به ترکیب ایده‌آل چه به لحاظ امکانات و تسهیلات و چه به لحاظ نیروهای تخصصی فعال امیدوار است که بتواند در ارتقای سطح دانش فنی و تخصصی زیرمجموعه‌های مختلف حمل و نقل جاده‌ای کشور سهم و نقش خود را ایفاء نماید.

## دبیرخانه پیارک در ایران

# الگوی مناسب برای بهره‌برداری و نگهداری تونل‌های جاده‌ای

## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان  |
|------|--|
| ۱    | خلاصه.....   |
| ۲    | ۱- مقدمه.....  |
| ۴    | ۲- طرح کیفی - بهره‌برداری و مدیریت.....                    |
| ۴    | ۱-۲- مقدمه.....  |
| ۵    | ۲-۲- مستندسازی طرح کیفی.....                               |
| ۵    | ۱-۲-۲- محتویات.....  |
| ۵    | ۲-۲-۲- استانداردها و مراجع.....                            |
| ۶    | ۳-۲-۲- مدیریت کیفیت.....                                   |
| ۸    | ۳-۲- تدوین طرح کیفی.....                                   |
| ۹    | ۳- ایمنی و مدیریت ریسک.....                                |
| ۹    | ۱-۳- مقدمه.....  |
| ۱۰   | ۲-۳- مدیریت ایمنی.....                                     |
| ۱۰   | ۱-۲-۳- طی مرحله طراحی.....                                 |
| ۱۰   | ۲-۲-۳- در شرایط بهره‌برداری معمول.....                     |
| ۱۱   | ۳-۲-۳- طی بازسازی‌های اساسی.....                           |
| ۱۱   | ۳-۳- استانداردهای ایمنی.....                               |
| ۱۱   | ۴-۳- طبقه‌بندی و تصمیم‌گیری در خصوص تسهیلات ایمنی.....     |
| ۱۱   | ۱-۴-۳- کلیات.....  |
| ۱۱   | ۲-۴-۳- تونل خدماتی مجزا.....                               |
| ۱۲   | ۳-۴-۳- مدیریت ترافیک.....                                  |
| ۱۲   | ۴-۴-۳- محدودیت‌های استفاده از تونل.....                    |
| ۱۲   | ۵-۴-۳- محدودیت‌های سرعت.....                               |
| ۱۳   | ۶-۴-۳- بررسی تعریض و نگهداری خطوط عبوری تونل در آینده..... |
| ۱۳   | ۷-۴-۳- سازه و تجهیزات تونل.....                            |

|    |  |
|----|--|
| ۱۴ | ۳-۴-۸- آلودگی هوای تونل                                  |
| ۱۵ | ۳-۴-۹- ایمنی سیستم رایانه‌ای                             |
| ۱۵ | ۳-۵- مدیریت ریسک   |
| ۱۵ | ۳-۵-۱- حوادث و موقعیتهای اضطراری                         |
| ۱۵ | ۳-۵-۲- تحلیل و مدیریت ریسک                               |
| ۱۹ | ۴- نگهداری و بهره‌برداری                                 |
| ۱۹ | ۴-۱- مقدمه   |
| ۱۹ | ۴-۲- تعریف نگهداری و بهره‌برداری                         |
| ۲۰ | ۴-۳- سیستم مدیریت و طرح کیفی                             |
| ۲۰ | ۴-۳-۱- سیستم مدیریت تونل (TMS)                           |
| ۲۰ | ۴-۳-۲- هدف   |
| ۲۰ | ۴-۴- هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری                     |
| ۲۲ | ۴-۵- سیستم مدیریت تونل                                   |
| ۲۲ | ۴-۵-۱- کلیات   |
| ۲۳ | ۴-۵-۲- اجزای اصلی TMS                                    |
| ۲۷ | ۴-۵-۳- ابزارهای مدیریت                                   |
| ۲۷ | ۴-۶- بازه‌های زمانی نگهداری                              |
| ۲۷ | ۴-۷- اقدامات نگهداری: اختلالات ترافیکی و هزینه‌های اضافی |
| ۲۸ | ۴-۸- سیستم نگهداری تونل                                  |
| ۲۹ | ۵- آموزش و مانورهای امدادی                               |
| ۲۹ | ۵-۱- مقدمه   |
| ۲۹ | ۵-۲- تعریف پست‌ها  |
| ۲۹ | ۵-۲-۱- پرسنل نگهداری                                     |
| ۳۱ | ۵-۲-۲- پرسنل کنترل                                       |
| ۳۲ | ۵-۲-۳- نیروهای مداخله‌گر                                 |
| ۳۲ | ۵-۳- استخدام   |
| ۳۳ | ۵-۳-۱- پرسنل نگهداری                                     |
| ۳۳ | ۵-۳-۲- پرسنل کنترل                                       |
| ۳۴ | ۵-۳-۳- نیروهای مداخله‌گر                                 |
| ۳۴ | ۵-۴- آموزش پایه  |

|    |   |
|----|---|
| ۳۴ | ۱-۴-۵- پرسنل نگهداری                                      |
| ۳۵ | ۲-۴-۵- پرسنل کنترل  |
| ۳۵ | ۳-۴-۵- نیروهای مداخله‌گر                                  |
| ۳۶ | ۵-۵- آموزش ضمن خدمت                                       |
| ۳۶ | ۱-۵-۵- پرسنل نگهداری                                      |
| ۳۶ | ۲-۵-۵- پرسنل کنترل  |
| ۳۷ | ۳-۵-۵- نیروهای مداخله‌گر                                  |
| ۳۷ | ۶-۵- مانورهای امدادی مواقع اضطراری                        |
| ۳۷ | ۱-۶-۵- مقدمه  |
| ۳۸ | ۲-۶-۵- شرایط  |
| ۳۸ | ۳-۶-۵- انواع مانورهای امدادی                              |
| ۴۰ | ۴-۶-۵- برنامه‌ریزی مانورهای امدادی                        |
| ۴۲ | ۵-۶-۵- جلسات توجیهی و گزارشها                             |
| ۴۳ | ۶- نوسازی تونلها  |
| ۴۳ | ۱-۶- مقدمه  |
| ۴۳ | ۲-۶- نوسازی   |
| ۴۴ | ۳-۶- نوسازی و تطبیق تأسیسات و سازه‌های در حال بهره‌برداری |
| ۴۴ | ۴-۶- بستن کامل تونل طی عملیات نوسازی                      |
| ۴۵ | ۵-۶- کار در حین عبور ترافیک                               |
| ۴۶ | ۷- ابزارهای ارزیابی ریسک                                  |
| ۴۶ | ۱-۷- مقدمه  |
| ۴۶ | ۲-۷- روش OECD/PIARC                                       |
| ۴۶ | ۳-۷- روش USA  |
| ۴۶ | ۴-۷- شماره اولویت ریسک (RPN)                              |
| ۴۸ | ۸- ابزارهای تصمیم‌گیری مالی                               |
| ۴۸ | ۱-۸- مقدمه  |
| ۴۸ | ۲-۸- تعیین ارزش پولی                                      |
| ۴۸ | ۱-۲-۸- مقدمه  |
| ۴۹ | ۲-۲-۸- ارتباط مدیریت ارزش با مهندسی ارزش                  |
| ۵۱ | ۳-۲-۸- چارچوب تعیین ارزش پولی                             |

|    |  |
|----|--|
| ۵۲ | ..... ۸-۲-۴- تخصیص ریسک و تضمین  |
| ۵۲ | ..... ۸-۲-۵- معیار ارزش دهی به پول   |
| ۵۳ | ..... ۸-۲-۶- ارزیابی مزایا   |
| ۵۴ | ..... ۸-۲-۷- اهداف بهبود VFM   |
| ۵۵ | ..... ۸-۳-۳- مهندسی ارزش   |
| ۵۵ | ..... ۸-۳-۱- مقدمه   |
| ۵۵ | ..... ۸-۳-۲- اولین گامها در VE   |
| ۵۶ | ..... ۸-۳-۳- بازنگری مهندسی ارزش   |
| ۵۶ | ..... ۸-۳-۴- جزئیات فرایند VE  |
| ۵۶ | ..... ۸-۳-۵- ماتریس هزینه / کارکرد   |
| ۵۷ | ..... ۸-۳-۶- سؤالات VE   |
| ۵۷ | ..... ۸-۳-۷- پاسخهای VE  |
| ۵۸ | ..... ۸-۳-۸- چک لیست VE  |
| ۵۸ | ..... ۸-۳-۹- دستیابی به بهترین نتایج توسط VE   |
| ۵۸ | ..... ۸-۴-۴- هزینه چرخه عمر  |
| ۵۸ | ..... ۸-۴-۱- کلیات   |
| ۵۹ | ..... ۸-۴-۲- عملیات نگهداری  |
| ۵۹ | ..... ۸-۴-۳- برنامه ریزی نگهداری   |
| ۵۹ | ..... ۸-۴-۴- انواع خرابی   |
| ۶۰ | ..... ۸-۴-۵- بهینه سازی نگهداری  |
| ۶۰ | ..... ۸-۴-۶- بازرسی ها و فواصل زمانی نگهداری   |
| ۶۱ | ..... ۸-۴-۷- طول عمر اجزای قابل جایگزینی   |
| ۶۲ | ..... ۸-۴-۸- طول عمر تأسیسات دارای اجزای الکترونیکی متعدد                                  |
| ۶۲ | ..... ۸-۴-۹- محاسبه ارزش خالص فعلی برای تعیین و مقایسه خرید و استفاده از سازه ها و تأسیسات |
| ۶۲ | ..... ۸-۵-۵- ارزیابی عملکردها  |
| ۶۲ | ..... ۸-۵-۱- مقدمه   |
| ۶۳ | ..... ۸-۵-۲- تعاریف  |
| ۶۴ | ..... ۸-۵-۳- شرایط یک ارزیابی موفق   |
| ۶۵ | ..... ۸-۵-۴- خلاصه نکات اساسی  |
| ۶۶ | ..... ۸-۵-۵- مثالی از مزایای حاصل شده برای نگهداری تونل جاده ای                            |

|    |  |
|----|--|
| ۶۸ | ۸-۵-۶- تنظیم مراجع و شاخصهای عملکردی مربوطه                              |
| ۶۹ | ۸-۵-۷- جدول ارزیابی نگهداری تونل   |
| ۶۹ | ۸-۶-۶- محاسبه هزینه مشکلات ایجادشده برای کاربران راه                     |
| ۶۹ | ۸-۶-۱- مقدمه   |
| ۶۹ | ۸-۶-۲- هزینه مشکلات ایجادشده برای کاربران راه                            |
| ۷۰ | ۸-۶-۳- اطلاعات ترافیکی   |
| ۷۰ | ۸-۶-۴- قیمت‌های واحد   |
| ۷۰ | ۸-۶-۵- محاسبه هزینه‌های کاربران راه                                      |
| ۷۱ | ۸-۷- تحلیل فاصله   |
| ۷۲ | مراجع  |
| ۷۳ | پیوست A- مجموعه سؤالات   |
| ۷۶ | پیوست B- ارزش خالص فعلی  |
| ۷۹ | پیوست C- نمونه محاسبات هزینه مشکلات ایجادشده برای کاربران راه            |
| ۸۳ | پیوست D- نمونه‌ای از مطالعه تحلیل فاصله                                  |
| ۸۴ | پیوست E- نمونه‌ای از کاربرد روش "شماره اولویت ریسک"                      |
| ۸۶ | پیوست F- سیستم کامپیوتری نگهداری و بهره‌برداری تونلها و سایر تجهیزات فنی |

## فهرست انتشارات

| عنوان کتاب   | سال انتشار | قیمت<br>(ریال) |
|--|------------|----------------|
| <i>الف) پروژه‌های تحقیقاتی</i>   |            |                |
| 1. کاربرد آب و مصالح محلی چابهار برای ساخت بلوکهای ساختمانی  | بهار ۸۳    | ۱۱/۰۰۰         |
| 2. شیوه‌های طراحی و کاربرد حفاظها و ضربه‌گیرهای ایمنی در راهها                                       | بهار ۸۳    | ۱۳/۰۰۰         |
| 3. ضوابط طراحی و اجرای روسازی راه آهن بدون بالاست  | بهار ۸۳    | ۱۴/۰۰۰         |
| 4. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی رویه‌های بتنی و آسفالتی  | بهار ۸۳    | ۲۷/۰۰۰         |
| 5. بررسی مسائل کمی و کیفی مصرف قیر در راههای کشور  | زمستان ۸۳  | ۱۶/۰۰۰         |
| 6. ضوابط طراحی و اجرای آسفالت ماستیک   | بهار ۸۴    | ۱۱/۰۰۰         |
| 7. راهنمای طراحی و ایمن‌سازی پایه علائم راه  | بهار ۸۴    | ۱۱/۰۰۰         |
| 8. بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و توجیه فنی و اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پروژه‌های راه و راه‌آهن   | تابستان ۸۴ | ۲۴/۰۰۰         |
| 9. راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آبهای سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن و فرودگاه (و نقشه‌های اجرایی) | تابستان ۸۴ | ۱۰/۰۰۰         |
| 10. روش‌های جدید طرح مخلوط‌های آسفالتی بر اساس عملکرد و پیشنهاد روش مناسب برای کشور                  | تابستان ۸۴ | ۱۳/۰۰۰         |
| 11. راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها   | تابستان ۸۴ | ۱۸/۰۰۰         |
| 12. تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید  | تابستان ۸۴ | ۱۴/۰۰۰         |
| 13. سیستم‌های هوشمند حمل و نقل ریلی  | پاییز ۸۴   | ۲۰/۰۰۰         |
| 14. ظرفیت باربری محوری شمعها   | زمستان ۸۴  | ۱۷/۰۰۰         |
| 15. راهنمای تهیه مشخصات فنی، جزئیات و نقشه‌ها در پل و سازه‌های راه                                   | زمستان ۸۴  | ۲۶/۰۰۰         |
| 16. آیین‌نامه نحوه بارگیری، حمل و مهار ایمن بار وسایل نقلیه باربری جاده‌ای                           | زمستان ۸۴  | ۵۰/۰۰۰         |
| 17. تثبیت شیب شیروانی خاکریزها و خاکبرداری‌ها  | بهار ۸۵    | ۱۴/۰۰۰         |
| 18. روشهای نوین تعیین مشخصات و ارزیابی روسازی راه  | بهار ۸۵    | ۱۰/۰۰۰         |
| 19. روشهای بازیافت سرد و گرم آسفالت و امکان‌سنجی اقتصادی آن در ایران                                 | بهار ۸۵    | ۱۵/۰۰۰         |
| ۲۰. بررسی و ارائه روش‌های ساماندهی اخذ عوارض در آزادراههای کشور                                      | بهار ۸۵    | ۲۲/۰۰۰         |
| ۲۱. معیارهای طرح مخلوط‌های آسفالتی برای مناطق گرمسیر، سردسیر و شیبهای تند جاده‌ها                    | بهار ۸۵    | ۲۰/۰۰۰         |
| ۲۲. کاربرد پلیمر در بهبود خواص قیرها و مخلوط‌های آسفالتی   | تابستان ۸۵ | ۱۷/۰۰۰         |

## خلاصه

این گزارش با تلاش گروه کاری ۱ (WG1) برای کمیته تخصصی پیارک در زمینه عملیات تونل‌های جاده‌ای موسوم به C5 تهیه شده است. در این گزارش، مثالهایی از آنچه که از دیدگاه WG1 (گروه کاری ۱)، الگوی مناسب برای بهره‌برداری و نگهداری تونل‌های جاده‌ای تلقی می‌گردد، ارائه خواهد شد. تهیه این گزارش با همکاری و مشارکت اعضای مجرب WG1 صورت گرفته است. این گزارش مراحل تصویب توسط کمیته فنی C5 را به طور کامل طی نکرده و بنابراین الزاماً بیان‌کننده دیدگاه‌های این کمیته نمی‌باشد. این گزارش، گزارشی تحت عنوان "کاهش هزینه‌های بهره‌برداری تونل‌های جاده‌ای" [۱] که در کنگره کوالالامپور در سال ۱۹۹۹ ارائه و منتشر شده را تکمیل می‌نماید.

استفاده از طرح کیفی، ابزاری است برای حصول اطمینان از اینکه تمام اقدامات مورد نیاز برای بهره‌برداری تونل به صورت حرفه‌ای و مناسب انجام می‌شود. گمان می‌رود یک طرح کیفی مناسب، اساس مدیریت موفق تونل باشد. به منظور تأکید بر اهمیت این مبحث در مدیریت تونل، طرح کیفی اولین موضوعی است که در این گزارش مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. سپس بسیاری از جنبه‌های بهره‌برداری و نگهداری تونل‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند، اما پیشنهاد می‌شود تمام آنها در قالب یک طرح کیفی صورت گیرد.

جنبه‌های متفاوتی از مدیریت و بهره‌برداری تونل‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. روشی برای تضمین مدیریت مستمر ایمنی در طول چرخه عمر تونل همراه با موضوعاتی که باید به آنها توجه گردد، تشریح می‌شود. اجزا و ارزش سیستم مدیریت تونل (TMS) برای بهره‌برداری و نگهداری تونل شرح داده می‌شود. بعد از برقراری سیستم‌های مدیریت تونل، سطوح کیفیت و سرویس موجود برای کاربران نه تنها به ماهیت و سطح سرویس ارائه شده توسط تجهیزات تونل بستگی دارند، بلکه به روش بهره‌برداری از تجهیزات توسط کارکنان تونل نیز وابسته‌اند. الگوی مناسبی در زمینه آموزش کارکنانی که مشغول به انجام این فعالیتها هستند، ارائه می‌گردد. سرانجام برای مواردی که اقدامات اساسی تعمیر و نگهداری ضروری است، توصیه‌هایی در زمینه راهبردهای ممکن برای تعمیر مناسب تونل ارائه می‌شود.

WG1 در حین گردآوری اطلاعات پیرامون الگوی مناسب در تمام زمینه‌های مهم مربوط به مدیریت تونل، از برنامه‌ریزی تا بهره‌برداری و تعمیر، ابزارهای ارزشمند تصمیم‌گیری را شناسایی نمود. این ابزارها به طور کلی به دو دسته ابزارهای مربوط به ایمنی و ابزارهای مربوط به مدیریت طبقه‌بندی می‌شوند. تصمیم‌گیری‌های مربوط به ایمنی غالباً مبتنی بر کمی‌سازی ریسک، یعنی احتمال بروز حادثه و نتایج مربوط به آن، یا بسیار متداول‌تر، ارزیابی نسبی می‌باشند. در نهایت، مرجعی برای روش OECD/PIARC در ارزیابی ریسک برای حمل کالاهای خطرناک و روش آمریکایی برای پیش‌بینی تلفات سالانه در تونل ارائه می‌گردد. همچنین روش بکارگیری "شماره اولویت ریسک" برای ارزیابی میزان ریسک و مدیریت آن شرح داده می‌شود. ابزارهایی که برای تعیین ارزش پولی تشریح می‌شوند، عبارتند از مهندسی ارزش، هزینه چرخه عمر، ارزیابی عملکردها، روشی برای محاسبه زیان و هزینه ناشی از بستن تونل و استفاده از تحلیل "فاصله" برای تعیین تفاوت بین سطوح قابلیت واقعی و ضروری در درون یک سازمان. WG1 امیدوار است که محتویات این گزارش، به بازخوردی از سوی مدیران تونل منجر شود و به آنها برای بهبود بهره‌برداری و مدیریت تونل‌ها کمک کند. اما باید توجه داشت که مدیریت تونل، فرایندی است پویا و با ظهور فناوری و کسب تجربیات کاری جدید، تغییرات مداومی در آن اتفاق خواهد افتاد.

## ۱- مقدمه

گزارش "الگوی مناسب برای بهره‌برداری و نگهداری تونلهای جاده‌ای" با تلاشهای مستمر گروه کاری ۱ (WG1) برای کمیته تخصصی پیارک در زمینه عملیات تونلهای جاده‌ای موسوم به C5 تهیه شده است. هدف از تهیه این گزارش، ارائه مثالی است که WG1 آنها را الگویی مناسب در زمینه بهره‌برداری و نگهداری تونلهای جاده‌ای قلمداد می‌کند. تهیه این گزارش با همکاری و مشارکت اعضای مجرب WG1 صورت گرفته است. روش ارائه شده توسط WG1 بررسی شده و ارزش ملاحظه آنها برای استفاده در تونلهای دیگر به مخاطبان یادآوری می‌گردد. این گزارش مراحل تصویب را توسط کمیته تخصصی C5 به طور کامل طی نکرده و در نتیجه الزاماً بیان‌کننده دیدگاههای آن نمی‌باشد.

این گزارش، گزارشی تحت عنوان "کاهش هزینه‌های بهره‌برداری تونلهای جاده‌ای" را که در کنگره کوالاامپور در سال ۱۹۹۹ ارائه و منتشر گردید، تکمیل می‌نماید [۱].

WG1 استفاده از طرح کیفی را به عنوان ابزاری برای حصول اطمینان از اینکه اقدامات مورد نیاز برای ساخت و بهره‌برداری تونل به صورت حرفه‌ای و مناسب انجام می‌گردند، قلمداد می‌نماید. گمان می‌رود یک طرح کیفی مناسب، اساس مدیریت موفق تونل باشد. برای تأکید بر اهمیت این موضوع در مدیریت تونل، طرح کیفی اولین موضوعی است که در این گزارش پوشش داده می‌شود. این بخش توسط ال. اسپینوزا (L. Espinoza) که در معرفی طرحهای کیفی در اسپانیا نقش داشته، تهیه گردیده است.

مشکلی که همواره برای تونلهای جاده‌ای وجود دارد، فقدان هماهنگی بین طراحان و اپراتورها می‌باشد. در انگلستان، تدابیری برای استمرار مدیریت ایمنی تونل در طول چرخه عمر آن اندیشیده شده است. این موضوع و بسیاری مسایل دیگر که ممکن است در مرحله طراحی و برنامه‌ریزی پروژه تونل وجود داشته باشد، توسط آر. فورد (R. Ford) از انگلستان در فصل سوم تشریح می‌گردد.

اجزا و ارزش سیستم مدیریت تونل (TMS)<sup>۱</sup> برای بهره‌برداری و نگهداری تونل، در فصل ۴ شرح داده می‌شود. TMS، تعدادی راهنما تهیه کرده که بهتر است بر روی کامپیوتر نصب شوند. هر یک از این راهنماها، جنبه‌ای از مدیریت تونل را پوشش می‌دهند. لینکهای موجود در این راهنماها، اطلاعات مناسبی را سریعاً در اختیار اپراتور قرار می‌دهند. ای. نورستوم (E. Norstrom) از نروژ توضیح می‌دهد که TMS چگونه می‌تواند برای تهیه گزارشها و آمار جهت کمک به تصمیم‌گیری در خصوص مدیریت تونل مورد استفاده قرار گیرد. تأکید می‌شود که TMS باید بخشی از کل سیستم کیفی باشد. برخی مطالب اضافی مبتنی بر تجربه و استفاده از بانکهای اطلاعاتی برای بهره‌برداری تونل نیز توسط ای. نورستوم در پیوست F ارائه می‌گردد.

زمانی که سیستمهای مدیریت تونل ایجاد می‌شوند، سطوح کیفیت و سرویس‌دهی موجود برای کاربران بدون شک بستگی به ماهیت و سطح سرویسی دارد که تجهیزات تونل فراهم می‌آورند و البته به روشی که کارکنان تونل از تجهیزات استفاده می‌کنند نیز بستگی دارد. الگوی مناسبی در زمینه آموزش کارکنان مشغول به این فعالیتها توسط جی. سی. مارتین (J-C Martin) از فرانسه در فصل ۵ ارائه می‌گردد. در تهیه این فصل ای. نورستوم نیز مشارکت داشته

است. توصیه‌هایی در خصوص مانورهای امدادی و برنامه‌ریزی برای آنها توسط ال. براون (L. Brown) از اداره راههای انگلستان ارائه می‌گردد.

سرانجام، در مواقعی خاص، اقدامات تعمیر و نگهداری ضروری و اساسی است. پی. فورنیر (P. Fournier) از هلند توصیه‌هایی در مورد راهبردهای ممکن برای انجام تعمیرات تونل در فصل ۶ پیشنهاد نموده است.

WG1 در حین گردآوری اطلاعات در مورد الگوی مناسب در تمام زمینه‌های مربوط به مدیریت تونل، از برنامه‌ریزی تا بهره‌برداری و تعمیر، تعدادی ابزار تصمیم‌گیری ارزشمند را شناسایی نمود. این ابزارهای تصمیم‌گیری به دو بخش تقسیم شده‌اند که به عنوان ابزارهای کمکی در موضوعات ایمنی و مدیریت مالی می‌باشند که به ترتیب در فصول ۷ و ۸ مورد بحث قرار می‌گیرند.

تصمیمات مربوط به ایمنی غالباً مبتنی بر کمی‌سازی ریسک به صورت احتمال بروز حادثه و نتایج مربوط به آن یا ارزیابی نسبی می‌باشند. در نهایت، مرجعی برای روش OECD/PIARC در ارزیابی ریسک حمل‌کالاهای خطرناک و روش آمریکایی برای پیش‌بینی تلفات سالیانه در تونل که در جای دیگر به صورت مفصل‌تر تشریح می‌گردد، ارائه خواهد شد. روش انگلیسی، استفاده از شماره اولویت ریسک جهت ارزیابی میزان ریسک و مدیریت آن توسط آر. فورد (انگلستان) به طور کامل تشریح می‌شود.

آخرین فصل این گزارش، ابزاری را برای تعیین ارزش پول ارائه می‌نماید. این ابزار عبارتند از مهندسی ارزش و ارزیابی عملکردها توسط آر. فورد (انگلستان)، هزینه چرخه عمر توسط پی. فورنیر (هلند)، روشی برای محاسبه زیان و هزینه بستن تونل توسط جی. وی. تامسن (J. V. Thomsen) از دانمارک و استفاده از تحلیل "فاصله" برای تعیین تفاوت بین سطوح قابلیت واقعی و ضروری در درون یک سازمان توسط او. سوویک (O. Sovik) از نروژ.

در این گزارش نمونه‌هایی از آنچه که از دیدگاه WG1، الگویی مناسب در کشورهای مختلف برای زمان حال شناسایی شد، ارائه گردیده است. WG1 امیدوار است که محتویات این گزارش، مذاکره و بازتابی را بین مدیران تونل موجب گردد و به آنها در بهبود بهره‌برداری و مدیریت تونلها کمک نماید. اما باید خاطر نشان گردد که مدیریت تونل فرایندی پویا بوده و با ظهور فناوری‌ها و کسب تجربیات کاری جدید، دائماً در آن تغییراتی ایجاد می‌شود.

## ۲- طرح کیفی - بهره‌برداری و مدیریت

### ۲-۱- مقدمه

طرح کیفی (The Quality Plan)، ابزاری بسیار کارا برای تضمین این مسأله است که اقدامات مورد نیاز برای اجرای یک پروژه به شیوه‌ای حرفه‌ای و مناسب انجام گیرند.

استفاده از طرح کیفی هنوز برای اقدامات مورد نیاز جهت بهره‌برداری و مدیریت موفق تونل جاده‌ای معمول نشده است، اما پیچیدگی بهره‌برداری و مدیریت، به خصوص برای تونلهای مدرن به چالشی بدل شده که بکارگیری طرح کیفی کارا را ایجاب می‌نماید.

تونلهای جاده‌ای دارای عمر بهره‌برداری طولانی می‌باشند و معدود افرادی که در اقدامات اولیه برنامه‌ریزی و ساخت این تونلها مشارکت داشتند، می‌توانند اطلاعاتشان را با کسانی که بعدها برای بهره‌برداری و مدیریت تونل می‌آیند، به اشتراک گذارند. در نتیجه، ثبت دلایل برای برنامه‌ریزی اصلی تونل، تغییراتی که در آن اتفاق می‌افتد، به طوری که پیوستگی و کیفیت بهره‌برداری حفظ گردد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

نحوه بهره‌برداری از تونلهای جاده‌ای در معرض تغییرات مستمر و چالش‌های فزاینده قرار دارد. برای مثال، افزایش حجم ترافیک، وسایل نقلیه حامل کالاهای سنگین و آتش‌زا، افزایش تقاضای کاربران برای دسترسی مداوم به تونل، بهبود ایمنی و سلامت، تغییر در قوانین، مسایل زیست‌محیطی، ظهور فناوری‌های جدید در زمینه تجهیزات تونل و چگونگی تطبیق تونل با راهبردهای گسترده‌تر بهره‌برداری و نگهداری در مدیریت راه. طرح کیفی باید دارای چارچوبی باشد که این نیازها را برآورده سازد.

نکات زیر مهمترین جنبه‌های طرح کیفی برای تونلهای جاده‌ای می‌باشند:

- توضیح صریح در مورد ابزار تأمین کیفیت مورد نیاز بهره‌برداری و مدیریت تونل
- تشریح یک روش توافقی برای اجرای راهبرد بهره‌برداری تونل تحت یک تجربه عملی
- دستورالعمل کلیدی برای هدایت کار روزانه کسانی که در فراهم آوردن سرویسهای بهره‌برداری با کیفیت بالا برای تونل جاده‌ای دخیل هستند
- ارایه روشها و فرایندهای ساده (دستورالعملها)
- پشتیبانی فرایندهای تغییر و اصلاح در تمام مدت بهره‌برداری
- شرح ضرورت و روشهای ثبت دلیل تغییرات، به طوری که یک سابقه تاریخی برای آگاه‌سازی سایرین ایجاد گردد
- تشریح یک روش توافقی برای جستجو و اجرای بهبود سالیانه خدمات ارایه‌شده به کاربران راه، کارایی هزینه چرخه عمر و الگوهای کاری بهتر
- برای برآورده نمودن این اهداف، طرح کیفی:
- باید بسیار واضح نوشته و به طور مستمر به‌هنگام شود

- باید دارای مدولهای مستقلی باشد که این مدولها به آسانی و بدون ایجاد اختلال در طرح کیفی به عنوان ابزار مدیریتی قابل اصلاح و جایگزینی به شمار آیند.

## ۲-۲- مستندسازی طرح کیفی

### ۲-۲-۱- محتویات

موارد زیر، آیتم‌های پیشنهادی هستند که باید در طرح کیفی گنجانده شوند:

- فهرست اسناد توزیع شده
- فهرست اصلاحات
- فهرست محتویات
- شرح زمینه‌های کاری
- تشکیلات، نقشها و مسؤولیتها
- استانداردها و مراجع
- مدیریت کیفیت:
  - برنامه‌های کنترل
  - نظام‌نامه‌ها
  - فهرست دارایی‌ها و تجهیزات
  - تغییرات و اصلاحات
  - اقدامات اصلاحی
  - به‌روزرسانی‌ها

بخشهای طرح کیفی به طور مفصل‌تر در ادامه تشریح می‌گردند.

### ۲-۲-۲- استانداردها و مراجع

این مراجع، قوانین و برنامه‌های داخلی و خارجی که بهره‌برداری تونل براساس آنها انجام می‌شود را مشخص می‌نمایند. جنبه‌های خارجی باید تعیین شده و به توافق مراجع و ادارات مربوط برسند. جنبه‌های داخلی نه تنها باید جزییات تونل و سیستمهای آن را پوشش دهند، بلکه باید برای بهره‌برداری و مدیریت یکنواخت تأسیسات، دستورالعملها و روشها را مد نظر قرار دهند.

استانداردها و مراجع، موارد زیر را شامل می‌شوند:

- قابلیتها (مسؤولیتهای سازمانهای خارجی)
- کالاهای خطرناک (بارهای غیر مجاز، وضعیت قانونی و ...)
- ترافیک (محدودیت‌های سرعت، شرایط جریان ترافیک، دسترسی به پیاده‌رو و ...)

- مشخصات تونل (هندسه، مقاومت در برابر آتش سوزی و ...)
- نشستها و ارتباطات داخلی
- ارتباطات خارجی
- ایمنی و سلامت (روشهای کاری ایمن)
- مسایل زیست محیطی
- بودجه و کارایی اقدامات
- مدیریت دانش
- راهنماهای نگهداری و بهره برداری تونل
- مدیریت اسناد
- مدیریت قراردادها

## ۲-۲-۳- مدیریت کیفیت

### ۱- برنامه های کنترل

برنامه های کنترل برای تمام اقدامات مدیریت کیفیت ضروری می باشند.

برنامه کنترل باید شامل پاسخهایی برای سؤالات زیر باشند:

- چه جنبه هایی باید کنترل شوند؟
- چه کسی مسؤول تضمین کنترل است؟
- چه اطلاعاتی باید گزارش شوند و چه داده هایی باید جمع آوری گردند؟
- حداقل تکرار کنترل چه قدر است؟
- چه اسنادی باید در طرح کیفی لحاظ شوند؟

### ۲- نظام نامه ها

نظام نامه ها، تمام مراجع را ادغام نموده و هر اقدام نگهداری، بهره برداری و مدیریت را مشخص می نمایند. نظام نامه ها معمولاً در کمتر از ۲ صفحه و مطابق با طرح کلی توافقی نوشته می شوند. نظام نامه ها باید دستورالعمل مشخصی برای موضوعات کاری ضروری ارائه نموده و تأکید بیشتری بر فعالیتهای مهم و بحرانی داشته باشند. همچنین باید ساختاری که مشخص می کند چه کسی باید این نظام نامه ها را اجرا، تصویب و حفظ نماید، تشریح شود.

### ۳- فهرست دارایی ها و تجهیزات

فهرستی از تمام تجهیزات مربوط به بهره برداری و دارایی های سازه ای از جمله قطعات یدکی و تجهیزات نگهداری تونل باید به روز نگه داشته شود. اطلاعات کلی در مورد هزینه ها، تعداد، محل و تاریخ نصب تأسیسات، بازرسی ها، راهنماها، عیوب و ... نیز باید نگهداری شوند.

## ۴- تغییرات و اصلاحات

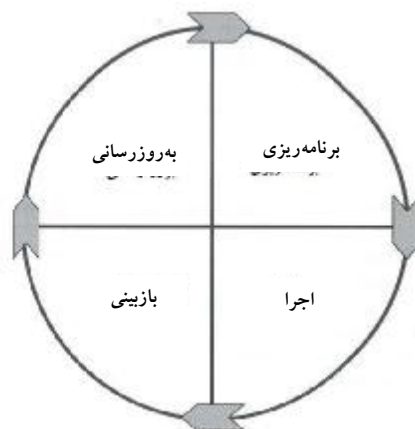
برای هدایت اقدامات و عکس‌العمل‌های ضروری ناشی از تغییرات، سیستمی توافقی مورد نیاز می‌باشد. تمام تغییرات پیشنهادی و اقدامات جدید مرتبط با طرحها، قراردادها و مشخصات مصوب باید به واسطه دستورات تغییر مصوب و ثبت‌شده تأیید گردند. قبل از تصویب دستور تغییر، نتایج بالقوه این تغییر بر روی خدمات ارائه‌شده به کاربران راه، کیفیت، محیط زیست، ایمنی و سلامت، اقتصاد و برنامه زمان‌بندی باید به طور کامل بررسی شوند.

برای ثبت اصلاحات تصویب‌شده در درون طرح کیفی و ارائه خلاصه‌ای از دلایل تغییر و مفاهیم آن، نیاز به یک سیستم توافقی می‌باشد. عناوین اصلی اصلاحات عبارتند از:

- اصلاحات مربوط به کیفیت بهره‌برداری
- اصلاحات مربوط به ایمنی ترافیک
- اصلاحات مؤثر بر محیط زیست (داخلی و خارجی)
- سایر اصلاحات
- پس از تصویب دستور تغییر یا سایر اصلاحات، طرح کیفی باید سیستم توافقی را برای حصول اطمینان از اجرای کامل اقدامات اصلاحی در زمان‌بندی مشخص تشریح نماید. هدف، پیشگیری از اشتباهات قابل اجتناب و بهبود مداوم بهره‌برداری تونل می‌باشد.

## ۵- به‌روزرسانی

برای حصول اطمینان از اینکه تمام اسناد طرح کیفی به طور منظم تجدید نظر، به‌روز و بازنگری می‌شوند، به یک سیستم توافقی و اطلاعات توضیحی که پیشرفت و تداوم بهره‌برداری تونل را ثبت می‌کند، نیاز می‌باشد.



شکل (۱-۲) فرایند به‌روزرسانی

## ۲-۳- تدوین طرح کیفی

اساس طرح کیفی، تمام اسناد و داده‌های موجود می‌باشد که با همکاری پرسنل تونل و سایر سازمانهای مربوطه تهیه می‌گردند. باید یادآوری شود که هیچ دو تونلی شبیه هم نیستند و بنابراین مستندسازی برای تونل تحت مطالعه منحصر به فرد خواهد بود.

تدوین طرح کیفی عموماً می‌تواند در سه مرحله انجام شود:

- جمع‌آوری تمام اطلاعات و مدارک داخلی و خارجی مربوط به بهره‌برداری تونل. این اطلاعات نه تنها باید شامل داده‌های مربوط به تونل و سیستمهای آن باشد، بلکه باید قوانین، استانداردها و آیین‌نامه‌هایی را که باید رعایت شوند، نیز در برگیرد.
- شناسایی تمام فعالیتهای لازم برای بهره‌برداری تونل. این کار شامل شناسایی و شاید تحلیل تمام سناریوهایی است که ممکن است رخ دهند. بهره‌برداری در شرایط عادی، وقوع حوادث و هشدارهای ترافیکی و غیر ترافیکی، موقعیتهای اضطراری و عملیات تعمیر و نگهداری.
- تهیه نظام‌نامه‌های تفصیلی برای هر یک از سناریوهای بهره‌برداری تعیین شده.

### ۳- ایمنی و مدیریت ریسک

#### ۳-۱- مقدمه

ایمنی و مدیریت ریسک موضوعاتی هستند که به دلیل افزایش تعداد تونل‌های در حال ساخت یا تحت برنامه‌ریزی، توجه بسیار زیادی را به خود جلب می‌کنند. آتش‌سوزی‌های بزرگ اخیر در تونل‌های اروپایی و نرخ روبه‌افزایش تصادفات، سبب افزایش روزافزون تمایل به ایمنی تونل‌های جاده‌ای شده است.

سطح متعارفی از ایمنی برای تمام تونل‌ها، ضروری تلقی می‌گردد. علاوه بر این، کاربران نباید این ذهنیت را داشته باشند که در استفاده از تونل ریسک‌های استثنایی در مقایسه با دیگر مقاطع جاده وجود دارد. بنابراین ایمنی تونل‌های جاده‌ای حداقل باید در سطح ایمنی دیگر مقاطع جاده‌ها باشد. سؤالی که پیش می‌آید این است که چه سطحی از ایمنی باید ایجاد شود. آیا سطح ایمنی در تونل باید بالاتر از ایمنی مقاطع دیگر جاده باشد؟ ملاحظاتی که باید در تعیین سطح ایمنی تونل در نظر گرفته شوند، عبارتند از:

- مسیرهای جایگزین یا روش‌های حمل‌ونقل
- افزایش تعداد افرادی که در داخل یک فضای بسته جان خود را از دست داده یا آسیب جدی می‌بینند
- کاهش مداوم تسهیلات کلیدی شبکه حمل‌ونقل و محدودیت‌های ناشی از آن برای استفاده از این شبکه در آینده
- واکنش‌های قانونی، عمومی و سیاسی ناشی از کاهش اطمینان
- تمایل متخصصین و پرسنل حرفه‌ای به فعالیت‌های تحقیقی
- تأثیر منفی روی بهره‌برداری، سطوح تجهیزات و معیارهای ایمنی تونل‌های دیگر
- کاهش درآمد برای تونل‌های عوارضی

هدف این فصل، بحث در مورد مسایل اصلی و متداول است، نه تشریح سطوح ایمنی تعیین‌شده در کشورهای خاص. ایمنی در تونل‌ها، طیف وسیعی از موضوعات را پوشش می‌دهد. سطح ایمنی تونل جاده‌ای در تراز ملی معمولاً بر اساس قوانین مختص هر کشور، مقررات و استانداردهای فنی تعیین می‌گردد. برخی کشورها در تصمیم‌گیری‌های مالی در خصوص سرمایه‌گذاری ایمنی، نگران هزینه اقتصادی برای نجات جان انسانها نیستند. سایر کشورها، روش ALARP<sup>۱</sup> (روش کاهش ریسک تا پایین‌ترین سطحی که از لحاظ منطقی ممکن است) را برای به حداقل رساندن ریسک ایمنی ترجیح می‌دهند. در سطح بین‌المللی نیز گروه‌هایی در زمینه ایمنی فعالیت می‌کنند نظیر PIARC C13 (ایمنی راه)، PIARC C5 (عملیات تونل جاده‌ای)، مدیرکل انرژی و حمل‌ونقل کمیسیون اروپا (DG TREN)<sup>۲</sup>، OECD<sup>۳</sup>، UN<sup>۴</sup> و ... . معیارهای ایمنی تونل جاده‌ای معمولاً تابعی از نوع تونل (مثلاً طول، تعداد دهانه و ...) و وضعیت ترافیک (مثلاً تعداد و نوع وسایل نقلیه، محدودیت‌ها، فراوانی تراکم و ...) می‌باشند.

1- As Low As Reasonably Possible

2- The European Commission Directorate General for Energy and Transport

3- The Organization for Economic Cooperation and Development

4- The United Nation

توجه به این نکته ضروری است که تمرکز اصلی این فصل بر چگونگی تأمین سطح ایمنی لازم در طول چرخه عمر تونل توسط اپراتور تونل می‌باشد. همان‌طور که قبلاً هم بیان شد، این فصل توصیه‌هایی در خصوص برخی مسایل متداول و مهم که باید بررسی گردند، اما نه به صورت جامع، ارائه می‌نماید. اطلاعات بیشتر و تحلیل کمی تأثیرات سیستمهای انتخاب شده باید به اطلاعات ارائه شده توسط سازمانهایی که قبلاً نام برده شدند، مرتبط شوند.

### ۲-۳- مدیریت ایمنی

#### ۱-۲-۳- طی مرحله طراحی

نمی‌توان روی نقشی که طراح در ایمنی تونل ایفا می‌کند، تأکید زیادی نمود. طراح باید جنبه‌های نگهداری و بهره‌برداری ایمن تونل را در مراحل طراحی و ساخت پروژه ادغام نماید.

یکی از راههای تأمین شرایط ایمنی، ایجاد گروه مشاوره ایمنی و طراحی تونل (TDSCG)<sup>۱</sup> که طی مرحله طراحی به طور مرتب جلسه توجیهی تشکیل می‌دهند، می‌باشد. این گروه شامل تمامی بخشهای مربوطه و تحت نظارت سازمان یا کارفرما می‌باشد. این بخشها عبارتند از: ادارات تأیید فنی (TAA)<sup>۲</sup>، مدیر پروژه، پلیس، ادارات مسؤول محیط زیست و امدادسانی، اداره پیشنهادی برای بهره‌برداری تونل (TOA)<sup>۳</sup> و ... .

طرحهای پیشنهادی ایمنی و بهره‌برداری باید مبتنی بر مشاوره کافی با TDSCG و هر اداره مناسب دیگر باشند. به عنوان بخشی از کارهای TDSCG، به اپراتور آتی تونل باید اطمینان داده شود که مهندسان طراح، درک مناسبی از نحوه بهره‌برداری تونل در آینده دارند. اپراتور باید عملکرد، بهره‌برداری اقتصادی و نگهداری به شیوه‌ای ایمن و مناسب را تضمین کند. تمام گزینه‌های مربوط به خط‌مشی بهره‌برداری تونل (نظیر حمل‌ونقل کالاهای خطرناک) و برنامه‌ریزی آن (نظیر مکانهای مرکز کنترل ترافیک و تجهیزات موجود در محل، کنترل و نظارت از راه دور) باید پیشاپیش مورد بررسی قرار گیرند. مجالی برای اصلاحات فیزیکی بعدی وجود ندارد و یا بسیار کم است (تغییر در دسترسی‌های اضطراری یا سیستمهای تهویه و ...).

#### ۲-۲-۳- در شرایط بهره‌برداری معمول

بعد از گشایش تونل بر روی ترافیک عبوری، این مسأله بسیار مهم است که شخصی که از طرف سازمان کنترل‌کننده برای تضمین ایمنی عملکردی تونل تعیین شده، سندی کاملاً مشخص و تفصیلی برای انجام وظایف خود داشته باشد. طی چرخه عمر تونل، باید ارزیابی مجدد جامعی در مورد فاکتورهای سهیم در محیط ایمن تونل برای کاربران راه، ساکنان محلی، اپراتورها، پرسنل نگهداری، پلیس و نیروهای امدادی در بازه‌های زمانی مشخص انجام گیرد. باید یادآوری شود که پرسنل سازمانها تغییر نموده، وسایل نقلیه بزرگتر می‌شوند و ترافیک افزایش می‌یابد.

1- Tunnel Design and Safety Consultation Group

2- Technical Approval Authorities

3- Tunnel Operating Authority

### ۳-۲-۳- طی بازسازی‌های اساسی

در طی بازسازی‌های اساسی، جلسات منظم TDSCG، فرایند را تسهیل می‌کنند. در این جلسات، طراحان، TAA و گروه‌هایی که مشارکت ایشان در بازبینی طراحی و عملکرد ایمن تونل ضروری است، باید اصول طراحی مجدد و مقیاس معیارهای مد نظر پلیس، خدمات امدادی و TOA را تأیید نمایند تا امکان شروع برنامه‌ریزی توسط خود این گروه‌ها فراهم آید.

### ۳-۳- استانداردهای ایمنی

همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد، سطح ایمنی برای تونل‌های جاده‌ای در تراز ملی معمولاً با توجه به قوانین، مقررات و استانداردهای فنی مختص آن کشورها تعیین می‌شود.

### ۳-۴- طبقه‌بندی و تصمیم‌گیری در خصوص تسهیلات ایمنی

#### ۳-۴-۱- کلیات

معیار تجهیز تونل‌های جاده‌ای باید تا حد امکان به نیازهای ویژه مختص هر محل مرتبط شود. تجهیز و بهره‌برداری تونل معمولاً از یک سیستم طبقه‌بندی بر حسب نوع تونل تبعیت می‌کند: تونل‌های آزادراهی و دیگر انواع تونل. با توجه به راهبرد عملکردی تونل و ملاحظات سناریوی حوادث اضطراری، مشخص خواهد شد که چه نوع تجهیزات و سیستم‌هایی لازمند و نیز چه تعاملی باید بین سیستم‌ها وجود داشته باشد.

همچنین باید سطوح اطلاعات لازم بین بخش‌های دخیل که ارتباطات فنی و تسهیلات ارتباطی مورد نیاز را مشخص می‌کنند، شناسایی شوند. هنگامی که تجهیزات و سیستم‌های لازم تأیید شدند، می‌توان مشخصات فنی را برای مواردی که دارای کم و کاست هستند، تهیه نمود. همچنین زمانی که تجهیزات و سیستم‌های مورد نیاز تأیید شدند، زیرساخت‌های ارتباطی می‌توانند تعیین و مشخص گردند. برخی موارد که تحلیل آنها تأثیر زیادی بر بهره‌برداری تونل دارد در ادامه ارایه می‌شوند.

#### ۳-۴-۲- تونل خدماتی مجزا

در جایی که دسترسی به زمین امکان‌پذیر بوده و مسایل مالی اجازه دهند و محدودیت‌های نگهداری برنامه‌ریزی‌شده، احداث تونل مجزا را مطلوب جلوه دهند، احداث تونل خدماتی مجزا در مجاورت تونل‌های ترافیکی موجود می‌تواند بررسی شود. این تونل، دسترسی مورد نیاز برای عملیات نگهداری در زمان تقاضا جهت سرویس‌دهی به کابل‌کشی‌ها و دیگر تجهیزات بهره‌برداری، بدون نیاز به بستن تونل را فراهم می‌آورد. این تونل‌ها در زمان خروج افراد در موقعیت‌های اضطراری نیز به کار گرفته می‌شوند. همچنین این تونل‌ها طی مرحله ساخت به عنوان تونل راهنما، برای زهکشی آب، بهسازی خاک، انتقال مواد زاید به خارج و تهویه بسیار مفید هستند.

### ۳-۴-۳- مدیریت ترافیک

سیاستهای مربوط به راه و استانداردهای طراحی باید در کاهش تصادفات سهیم بوده و با ایجاد یک مسیر مستقیم به ویژه برای ترافیک کالاهای سنگین بتوانند مدیریت و کنترل ترافیک محلی را با تدابیر جدید بهبود بخشند. این اهداف باید در هنگام انتخاب معیارهایی که طراحی و بهره‌برداری تونل را تعیین می‌کنند، حفظ شوند. مدیریت ترافیک باید برای جریان عادی ترافیک و جابجایی‌های خاص، نگهداری برنامه‌ریزی شده و اضطراری و حوادث غیر مترقبه در نظر گرفته شود.

پرسنل نگهداری که در تونل کار می‌کنند باید در مقابل وسایل نقلیه منحرف شده که وارد تونل می‌شوند، محافظت گردند. به رانندگان باید هشدار داده شود که محدودیت‌های سرعت (کاهش سرعت) را رعایت کنند، در خط عبوری خود برانند، به مسیر نگاه و توجه کنند نه به کارهایی که در پیرامون جاده در حال انجام است، مراقب وضعیت ترافیک ناشی از کارهای تعمیراتی باشند، فاصله ایمن را در زمان تشکیل صف با اتومبیل‌های جلویی حفظ نمایند و به علایم و تابلوهای ایمنی توجه نمایند. در انگلستان، سندی [۲] منتشر شده که توصیه‌هایی در خصوص برنامه‌ریزی، ایمنی و سلامت، نقشها و مسؤولیتها، عملکرد، وظایف اصلی، نیروی انسانی و کار شبانه ارائه می‌دهد.

### ۳-۴-۴- محدودیت‌های استفاده از تونل

به دلایل ایمنی، محدودیت‌هایی ممکن است برای انواع ترافیک عبوری مجاز به استفاده از تونل اعمال گردد. عابرین پیاده، دوچرخه‌ها، موتورسیکلت‌های با موتورهای کمتر از ۵۰ cc، حیوانات و وسایل نقلیه‌ای که توسط احشام کشیده می‌شوند، وسایل نقلیه غیر موتوری و وسایل نقلیه مخصوص معلولین، معمولاً اجازه عبور از تونل را ندارند. برای این دسته از کاربران راه معمولاً عبور و مرور در آزادراهها و تونلهای جاده‌های اصلی ممنوع می‌باشد، مگر در شرایط بسیار استثنایی. در جایی که لازم است باید تدارک مسیرهای جایگزین مورد بررسی قرار گیرد. به منظور فراهم آوردن امکان حمل و نقل حجم بالایی از کالاهای خطرناک از تونلهای جاده‌ای، عملیات اسکورت می‌تواند یک راه حل کارا و ایمن باشد. این عملیات باید در ارتباط تنگاتنگی با سازمانهای دیگر نظیر آتش‌نشانی، برنامه‌ریزی شود. در طول بهره‌برداری تونل توصیه می‌شود که اپراتور میزان رعایت محدودیت‌های تعیین شده در استفاده از تونل را ارزیابی نموده و در صورت لزوم، اقدامات اصلاحی لازم را با مشارکت پلیس و آتش‌نشانی اتخاذ نماید.

### ۳-۴-۵- محدودیت‌های سرعت

برقراری محدودیت‌های سرعت و به ویژه اعمال آن در داخل تونلهای جاده‌ای نیاز به بررسی دقیق دارد. هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری تونلی که برای برآوردن استانداردهای هندسی مربوط به راه مجاور طراحی شده، ممکن است موجب کاهش سرعت مجاز عبوری در داخل تونل گردد. توصیه می‌گردد که طی بهره‌برداری تونل، اپراتور میزان رعایت محدودیت‌های سرعت تعیین شده در داخل تونل را ارزیابی نماید. این ارزیابی باید بر مبنای کنترل سرعت که توسط اپراتور یا پلیس تعیین شده، صورت گیرد و در صورت لزوم، بازنگری معیارها با هماهنگی پلیس انجام شود.

### ۳-۴-۶- بررسی تعریض و نگهداری خطوط عبوری تونل در آینده

معمولاً تعریض سازه تونل برای مواجهه با افزایش تعداد خطوط ترافیکی مورد نیاز در آینده، امکان‌پذیر نمی‌باشد. افزایش یک خط به تعداد خطوط ترافیکی با تنگ کردن خطوط عبوری موجود یا شانه سخت راه، امکان‌پذیر است. باید به افزایش احتمالی ریسک تصادفات ترافیکی، کاهش دسترسی‌های اضطراری جهت امداد و نجات، تجهیزات اضافی در زمینه تهویه و ارتفاع آزاد مورد نیاز برای چنین افزایشی در تعداد خطوط عبوری، توجه لازم مبذول شود. به طور مشابه، اگر تنها مدت زمان محدودی برای بستن تونل جهت فعالیتهای تعمیر و نگهداری مورد قبول است، تعریض جزئی جاده تونل به منظور تأمین محدودیت‌های احتمالی مربوط ایمنی مورد بررسی قرار می‌گیرد. مطالعه جریانهای ترافیکی پیش‌بینی‌شده در ساعات اوج و تغییرات ساعتی تقاضا، ضروری است. پیش‌بینی مؤثر و آمادگی برای این نیازها، هزینه‌های اضافی و اختلالات را به حداقل کاهش می‌دهد.

### ۳-۴-۷- سازه و تجهیزات تونل

از کاربرد مصالحی که در مواقع آتش‌سوزی از آنها دودهای سمی متصاعد می‌گردد باید اجتناب نموده یا استفاده از آنها را به حداقل کاهش داد. فرآورده‌های آزیست نظیر سیمان آزیست، قالب‌های مجرای هوا و درزگیرهای رشته‌ای آزیست نباید در لابلای قطعات پوششی تونل مورد استفاده قرار گیرند. باید از تزریق مواد به درون خاک مجاور تونل که ممکن است به محیط زیست صدمه وارد کند، جلوگیری شود.

از آنجا که تونلهای جاده‌ای محیطی خشک‌تر و محفوظ‌تر را نسبت به سایر مقاطع جاده‌ای برای کاربران فراهم می‌آورند، باید مشخص گردد که آیا فضای داخل تونل مرطوب یا آلوده به گردوغبار و یا گازهای اسیدی وسایل نقلیه هست یا خیر؟ این وضعیت می‌تواند برای پرسنل نگهداری تونل خطرناک باشد، مگر اینکه شرایط کاری ایمن در نظر گرفته شود و در ضمن این شرایط باعث خوردگی تجهیزات نصب‌شده در داخل تونل می‌گردند.

کلریدها، به ویژه در اثر کاربرد نمک در جاده، آسیب قابل ملاحظه‌ای را به سازه‌ها و تجهیزات تونلهای جاده‌ای وارد می‌کنند. استفاده از مواد جایگزین و ضد یخ که آسیب کمتری به سازه و تجهیزات تونل وارد می‌کنند، باید بررسی گردد. این بررسی می‌تواند به تونل و مقاطع جاده‌ای مجاور محدود گردد.

اپراتور تونل به منظور تضمین مشخصه‌های حیاتی و اصلی تونل نظیر انعکاس نور، قابلیت دید تابلوهای ترافیکی و نیز برای جلوگیری از فروریختگی سازه تونل یا سیستمهای نصب‌شده در بازه‌های زمانی مناسب تونل را تمیز می‌کند یا می‌شوید. محلولهایی که برای شستن دیواره‌های تونل وجود دارند اغلب سوزآور می‌باشند. طراح باید تأثیر این محلولها را روی دوام سازه و اجزای آن و نیز جنبه‌های ایمنی و سلامتی جهت تضمین بکارگیری مصالح مناسب بررسی نماید.

وقتی آب در مناطقی مانند در مجاورت کابل‌های فشار قوی یا تجهیزات الکتریکی دیگر نظیر روشنایی تونل جمع می‌شود، نشت آب به درون تونل می‌تواند خطرناک باشد. یخ زدن آب ممکن است برای کاربران و پرسنل نگهداری تونل خطراتی به همراه داشته باشد. آب شدن یخ ممکن است منجر به خطرات دیگری نظیر فرو افتادن قندیل‌های یخی از سقف تونل، ورودی‌ها و آفتابگیرها روی کاربران و نیز افزایش نرخ خرابی سازه به ویژه در اطراف

مناطق که ریزش کرده است، شود. نواحی در معرض نشت آب بدمنظره شده و ممکن است مردم را نسبت به ایمنی سازه تونل نگران سازد. اگر نشت آب به حدی باشد که پمپ کردن آب جمع شده در چاله‌های تونل ضروری باشد، مصرف انرژی برای پمپاژ آب هزینه‌بر خواهد بود. پایین آمدن سطح آب زیرزمینی ممکن است برای محیط زیست زیان‌آور بوده و نشست سازه‌های مجاور را به دنبال داشته باشد.

طی بهره‌برداری تونل، بسیار مهم است که اپراتور مناطقی که آب وارد می‌شود را مشخص نموده و برای توقف و یا کاهش ورود آب یا هدایت جریان آب در یک حالت کنترل شده با استفاده از لوله‌های زهکشی یا راه‌حلهای مشابه، اقدامات بلندمدت مناسبی اتخاذ نماید. اگر آب ساکن یا جاری در سطح جاده در داخل تونل مشاهده شود، اپراتور تونل باید اقدامی برای جمع‌آوری آب انجام دهد. اگر یخ‌زدگی یا قندیل‌های یخی در داخل تونل مشاهده گردد، برای جلوگیری از ایجاد خطر بایستی اقدامات کوتاه‌مدت فوری صورت گیرد.

بعد از آب‌بندی محل نشت آب، به منظور جلوگیری از وقوع دوباره چنین موقعیتی طی چرخه عمر طراحی تونل، بایستی تمهیداتی برای آب‌بندی مجدد درزها اندیشیده شود. آب‌بندی یا آب‌بندی مجدد نباید کارایی سیستم زهکشی داخلی یا خارجی را کاهش دهد.

هر محصول، روش یا تجهیزات پیشنهادی برای ضد آب کردن یا آب‌بندی سازه تونل که کارایی آن هنوز در تونلهای جاده‌ای تأیید نشده، قبل از بکارگیری باید موضوع آزمایشهای تکمیلی و موفق (در محلی غیر از تونل)، قرار گیرد. استفاده از این نوع مواد و تجهیزات نباید برای محیط زیست زیان‌آور باشد.

اپراتور تونل باید برای به حداقل رساندن ریسک ریزش سنگ در تونلها و نیز در مجاورت ورودی‌ها و خروجی‌ها، زمین‌لغزه‌ها و غیره که ایمنی کاربران راه یا افراد داخل تونل را به مخاطره می‌اندازند، اقداماتی انجام دهد و نگهداری منظم را تضمین نماید.

### ۳-۴-۸- آلودگی هوای تونل

آلودگی هوا ناشی از عبور وسایل نقلیه از درون تونل در ورودی‌های تونل و دودکش‌های تهویه جمع شده و تخلیه می‌گردد. به دلایل زیست‌محیطی، در مکان‌هایی که در مجاورت آنها ساختمانهای مسکونی قرار دارند، ممکن است نیاز به فراهم آوردن تهویه اضطراری باشد، به طوری که هوای آلوده در حال خروج، سرعت و تلاطم (آشفستگی) کافی برای مخلوط و پخش شدن در هوای بیرون را داشته باشد و در ضمن آلودگی هوای بیرون نیز از میزان مقرر شده تجاوز نکند.

در این موارد، معمولاً تعیین سطح متوسط آلودگی هوای بیرون ضروری است. برای تعیین آلودگی هوای خروجی از تونل در محل، هوای آلوده باید در فاصله ۱۰۰ متری دهانه‌های تونل یا در محل خروج هوای آلوده یا در نزدیکترین ساختمان مسکونی (که جزو سازه‌های عملکردی تونل نمی‌باشد)، هر کدام کمتر بود، اندازه‌گیری شود. پیارک [۶] فرمولهای ریاضی را برای تخمین فواصل پراکندگی تونل منتشر کرده است، اما در حال حاضر گمان می‌رود برای پیش‌بینی در زمینه‌های توپوگرافی و زیرساختهای پیچیده، مدل‌های فیزیکی قابل اعتمادتر باشند.

### ۳-۴-۹- ایمنی سیستم رایانه‌ای

تمام نرم‌افزارها و سخت‌افزارها و سیستم‌های نصب‌شده که برای ایمنی کاربران یا تداوم بهره‌برداری تونل ضروری می‌باشند، باید طراحی شده و پس از کنترل و آزمایش برای رعایت اصل ایمنی مثبت تأیید شوند. این بدین معناست که در صورت خرابی یا دیگر پیشامدها، کامپیوترها و سیستم کنترل آنها همواره در وضعیت عملکرد ایمن قرار می‌گیرند. طی بهره‌برداری تونل، این مسأله از اهمیت خاصی برخوردار است که پرسنل یا اپراتورهای حاضر در محل و نیز تمام گروه‌های مرتبط، اصل ایمنی مثبت را تأیید نمایند.

### ۳-۵-۵- مدیریت ریسک

#### ۳-۵-۱- حوادث و موقعیتهای اضطراری

در حالت کلی، در برنامه‌ریزی شرایط اضطراری دو موقعیت مورد توجه قرار می‌گیرند. متداول‌ترین مورد، تصادف یا خرابی وسیله نقلیه است که موجب انسداد خط عبوری و در نتیجه محدودیت دسترسی یا حتی بستن موقتی تونل می‌شود. تأخیرهای ناشی از این انسداد ممکن است به سرعت به شبکه جاده‌ای مجاور گسترش یابد. جهت برقراری مجدد جریان ترافیکی روان و ایمن و کاهش تراکم ترافیک که به نوبه خود می‌تواند ریسک وقوع تصادفات یا خرابی‌های دیگر را افزایش دهد، نیاز به اقدام فوری می‌باشد. حالت دوم، برخورد و آتش‌سوزی یا انفجار احتمالی است و به صورت بالقوه برای کاربران تونل خطرناک‌تر بوده و نیاز به واکنش سریع از طرف سرویس‌های اضطراری دارد.

#### ۳-۵-۲- تحلیل و مدیریت ریسک

برای هر تونل، ریسک‌های بالقوه باید مشخص شده و در طرح تونل، حجم ترافیک پیش‌بینی‌شده عبوری از داخل تونل، استانداردهای تجهیزات، ارتباطات و سیستم‌های اطلاع‌رسانی و کنترل ترافیک منظور گردند. این استانداردها باید نیازهای اپراتورها برای عملکرد روزمره تونل و نیز سرویس‌های اضطراری را برای مداخله در زمان وقوع حوادث تونل مثل آتش‌سوزی، مرتفع سازند. به جنبه‌هایی که رفتار راننده را تحت تأثیر قرار می‌دهند نظیر علامت‌دهی، علامت‌گذاری و جریان‌های ترافیکی در درون تونل و در ورودی‌های آن باید توجه خاصی مبذول شود.

مقطع عرضی تونل انتخابی باید به دقت با استانداردها، هندسه و قابلیت دید و با روشهای مدیریت حوادث راه دسترسی منطبق شود. اطلاعات محدودی که در دسترس هستند، بیان‌کننده سطح ریسک بالاتر دسترسی‌ها، ورودی و خروجی‌های تونل نسبت به دیگر مقاطع راه هستند. برعکس، داخل تونل سطح ریسک پایین‌تری برای وقوع حوادث ترافیکی دارد. برای بهبود ایمنی، عرض‌شانه‌ها علاوه بر حداقل مورد نیاز برای جریان ترافیک در جاده، به تقاضا و سرعت ترافیک نیز مربوط می‌شود. به مسیرهای ارتباطی بین دو دهانه تونل، دیگر روشهای تخلیه افراد و نیز خطوط عبوری، در بیرون تونل برای سازماندهی جریان ترافیک جهت مخالف و دسترسی نیروهای امدادی نیز باید توجه خاصی شود.

آتش‌سوزی‌ها و ریزش مواد خطرناک تبعات بیشتری در تونلها نسبت به سایر مقاطع جاده‌ای دارند. اقدامات مناسب باید براساس ارزیابی ریسک‌هایی که ترافیک کالاهای خطرناک (مواد قابل انفجار، مواد قابل اشتعال، مواد رادیواکتیوی و مواد سمی) به دنبال دارد، باشد. ابزاری برای کمک به این ارزیابی‌ها موجود است (فصل ۷). در تصمیم‌گیری‌ها باید معیارهای تعیین‌کننده طراحی سازه، تجهیزات، بهره‌برداری (برای حفاظت در برابر آتش‌سوزی)، ظرفیت تهویه (برای کنترل آتش و دود) و ابعاد چاهک‌های زهکشی (برای کنترل خارج نمودن مواد خطرناک، آب شستشو و کف و ...) منظور شوند. اقداماتی نظیر حفاظت در برابر آتش‌سوزی، تهویه و زهکشی باید در رابطه با خطوط انتقال گاز یا مواد شیمیایی متعلق به گروه سوم کاربران تونل مورد بررسی قرار گیرند.

در شرایط خرابی کلی منبع نیرو باید توجه خاصی به ابزار مدیریت ترافیک شود. اگر منبع نیروی اصلی و ذخیره برای تغذیه روشنایی و علائم متغیر خبری خراب شوند، تونل بسته خواهد شد. در موقع بسته بودن، روشن کردن تابلوها و دیگر تجهیزات به نیرو نیاز دارد. اگر منبع نیروی ذخیره نسبت به منبع اصلی قدرت کمتری داشته باشد، کنترل سرعت باید به منظور کاهش سرعت ترافیک عبوری به کار گرفته شود و در نتیجه، ریسک تصادفات نیز کاهش می‌یابد. قابلیت دسترسی و ایمنی منبع نیروی برق باید بررسی شود و به جز مواردی که اداره برق بتواند قابلیت اعتماد کامل را تضمین نماید، در سایر موارد، مگر شرایط بسیار استثنایی، یک منبع جایگزین نیز باید برای سیستم‌های ایمنی ضروری فراهم گردد.

سناریوهای ریسک که ممکن است در ورودی‌ها و داخل تونل رخ دهند باید مشخص گردند. این سناریوها باید به طور مفصل با کمک گروه‌های متخصص بررسی شده و راه‌حلهای مهندسی ارائه شده توسط طراح در تمام زمینه‌های مربوط به تونل و ورودی‌های آن نیز مورد بررسی قرار گیرند. ابزار مدیریت مناسبی جهت رسیدگی نظام‌مند ریسک در فصل ۷ شرح داده می‌شود. سناریوهای ریسک شامل موارد زیر می‌باشند، اما محدود به آنها نیستند:

#### حوادث مرتبط با وسایل نقلیه:

- آتش‌سوزی در تونل
- تصادفات
- خرابی
- وجود آشغال در سطح جاده
- ارتفاع یا اضافه بار بیش از حد مجاز

#### حوادثی که ارتباطی با وسایل نقلیه ندارند:

- خرابی سیستم روشنایی
- خرابی سیستم تهویه
- خرابی سیستم پمپ
- خرابی منبع نیرو
- خرابی سیستم چراغهای راهنمایی

- خرابی تلفن‌ها
- حضور عابرین پیاده در داخل تونل
- حضور حیوانات در داخل تونل
- خرابکاری
- حمله تروریستی

#### صف‌های ترافیکی:

صف‌های ترافیکی ناشی از سایر دلایل نظیر حجم افزایش یافته ترافیک

#### بارگیری وسایل نقلیه:

- بارهای خطرناک
- وسایل نقلیه کندرو
- بارهای عریض
- بارهای غیر عادی و غیر قابل تقسیم

#### خطرات جوی:

- مه
- بخار روی شیشه جلوی اتومبیل، آینه‌ها و ...
- بادهای تند
- یخ
- برف
- سیل
- نور خیره‌کننده خورشید (به خصوص در مسیرهای شرق به غرب تونل)

ممکن است احساس گردد که برف، مه و بادهای تند به تونلها ربطی ندارند، اما رانندگان ممکن است در زمان ورود به تونل و خروج از آن با این مسایل مواجه شوند، بنابراین بایستی به آنها هشدار داده شود و یا پلیس بایستی اقدامات مناسب دیگری را اتخاذ نماید.

#### نگهداری برنامه‌ریزی شده:

- بستن خط عبوری
- بستن جاده
- بستن دو سر تونل

- بستن کامل
- بهره‌برداری از یک نیمه مسیر برای عبور ترافیک هر دو جهت
- علامت‌دهی موقتی

ریسک‌های مربوط به عامل انسانی: (سر نشینان وسیله نقلیه، اپراتور تونل و پرسنل سرویس‌های اضطراری)

- هراس ناشی از فشار روحی
- ناکارآمدی در شرایط نامطلوب
- فقدان آگاهی (روشها، تجهیزات، مکان و ...)
- فرضیات اشتباه
- عدم توجه به دستورالعملها و توصیه‌ها
- نداشتن ارتباط مناسب
- پارازیت بر روی کانالهای ارتباطی
- مجروح شدن در حین عملیات نجات
- ورود غیر مجاز به داخل اتاق‌های کنترل و ساختمانهای مربوط به بهره‌برداری تونل
- خرابکاری
- فعالیتهای تروریستی

با شناسایی و تعریف این سناریوها، برای بررسی آنها باید با توجه به شرایط مدیریتی، هماهنگی، عملکردی، جابجایی، دسترسی، روندها و ارتباطات گروه‌های مختلف درگیر و نیازهای کاربران راه تصمیم‌گیری شود. به نیروهای انسانی مورد نیاز در زمان وقوع یک تصادف هم در مرکز کنترل و هم در محل باید توجه شود. راهبردهای واکنشی باید نتیجه اولیه وضعیت و نیز پیامدهای آن را مد نظر داشته باشند. به عنوان مثال، خرابی و توقف یک وسیله نقلیه در تونل ممکن است منجر به ایجاد صف در محل شود که احتمالاً در مقیاس وسیع‌تر تراکم و انسداد در شبکه را به دنبال خواهد داشت.

## ۴- نگهداری و بهره‌برداری

### ۴-۱- مقدمه

در این فصل روشی شرح داده می‌شود که به اپراتور تونل در بهره‌برداری از آن و نیز کنترل کارهایی که در تونل انجام می‌شوند، کمک می‌کند. همچنین در این فصل نشان داده می‌شود که چگونه می‌توان این روش را مستند نمود.

اپراتور تونل معمولاً در بهره‌برداری و نگهداری تونل سه هدف اصلی را دنبال می‌کند:

۱- ایمنی کاربرانی که از تونل استفاده می‌کنند.

۲- ایمنی و قابلیت اطمینان تجهیزات که امکان کاهش زمان تداخل میان فعالیت‌های نگهداری را فراهم می‌آورد.

۳- ایمنی کارکنان نگهداری تونل.

این فصل دیدگاه‌های گروه کاری را در زمینه بهترین روش مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری تونل به صورتی که

تونل در طول عمر بهره‌برداری، ایمن باشد را ارائه می‌نماید.

### ۴-۲- تعریف نگهداری و بهره‌برداری

در این فصل، "نگهداری" شامل بازرسی‌های جاری و نیز اقداماتی می‌شود که بر روی اجزای سازه‌ای و تجهیزات فنی صورت می‌گیرد. از بحث‌های بین‌المللی برمی‌آید که کلمات "نگهداری" و "بهره‌برداری" معانی متفاوتی در کشورهای مختلف دارند. برای نمونه، در نروژ، نیروی انسانی و هزینه اختصاص یافته به حفظ ارزش سرمایه‌گذاری شده، نگهداری تلقی می‌شود. در مقابل، نیروی انسانی و هزینه اختصاص یافته به حفظ جریان ترافیکی مؤثر و ایمن، بهره‌برداری نامیده می‌شود. در سوئیس، هزینه صرف شده برای یک اقدام، مشخص می‌نماید که این اقدام در گروه نگهداری طبقه‌بندی می‌شود یا بهره‌برداری. برای سادگی در نوشتار و درک آسان‌تر، جدول زیر جهت نشان دادن تفاوت‌های موجود در زمینه تعریف نگهداری و بهره‌برداری تهیه شده است.

جدول (۴-۱) تفاوت‌های موجود در تعریف نگهداری و بهره‌برداری در برخی کشورهای اروپایی

| توضیح                                       | کشورهای اسکاندیناوی | انگلستان    | هلند        | فرانسه      | سوئیس                    |         |         |
|---|---------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|---------|---------|
| مرکز کنترل ترافیک / بهره‌برداری و اطلاعات   | بهره‌برداری         | بهره‌برداری | بهره‌برداری | بهره‌برداری | بهره‌برداری              |         |         |
| مصرف برق                                    |                     |             |             |             | نگهداری                  | نگهداری | نگهداری |
| تعویض لامپ و ...<br>تمیز کردن دیوارها و ... |                     |             |             |             |                          |         |         |
| بازرسی‌ها                                   | نگهداری             | نگهداری     | نگهداری     | نگهداری     | بهره‌برداری > هزینه ثابت |         |         |
| تعمیر خرابی‌ها                              |                     |             |             |             | نگهداری < هزینه ثابت     |         |         |
| تعویض بخش‌های اصلی                          | بازسازی             | بازسازی     | بازسازی     | بازسازی     | بازسازی                  |         |         |

### ۳-۴- سیستم مدیریت و طرح کیفی

گروه کاری تمایل دارد که بر روی اهمیت معرفی مفهوم کیفیت در تمام امور مربوط به نگهداری و بهره‌برداری تونلهای جاده‌ای تأکید نماید. طرح کیفی (QP)<sup>۱</sup> زیربنای سیستم کیفی تونل است. محتوای QP در فصل ۲ تشریح شده است. QP می‌تواند تشریح نماید که چگونه راهنماهای مختلف سیستم مدیریت به هم مرتبط می‌شوند و چگونه باید با راهبردهای مدیریت تطبیق داده شوند و ....

### ۳-۴-۱- سیستم مدیریت تونل (TMS)

سیستم مدیریت تونل نیز بخشی از سیستم کیفی می‌باشد و شامل راهنماهای متعددی است. یکی از این راهنماها می‌تواند راهنمای کیفی (The Quality Manual) باشد که شرح می‌دهد سیستمهای دیگر چگونه باید ساخته شوند، کدام قوانین ملی بر اقدامات مختلف حکمفرما هستند، کارفرمایان چه راهبردی را دنبال می‌کنند و غیره.

### ۳-۴-۲- هدف

هدف از نیل به استاندارد صحیح برای نگهداری تونل تا حد زیادی ممکن است تحت تأثیر فشارهای سیاسی قرار گیرد، اما بدون توجه به این مسأله، هنوز هم به تعیین اصول و اهداف متداول نیاز است تا تمام گروه‌ها و سرمایه‌گذاران، راهبردهای بهره‌برداری و نگهداری را درک کرده و بپذیرند. این امر برای تصمیم‌گیری در موارد برنامه‌ریزی‌نشده مفید می‌باشد.

"هدف از نگهداری تونل، تضمین سفر کاملاً ایمن برای کاربران با حفظ سطح ایمنی پیش‌بینی شده است". همچنین ممکن است نیاز باشد این بخش را هم شامل شود "این هدف باید بدون ایجاد هیچ خطری برای ساکنین مجاور تونل، کارگران نگهداری تونل و بدون کاهش غیر ضروری سرمایه سرمایه‌گذاری شده تحقق یابد". همچنین بسیار مهم است که تمام افراد دخیل در نگهداری تونل، این اهداف را درک کرده و بپذیرند و این که عملکرد تونل باید در بازه‌های زمانی مشخص کنترل گردد تا مشخص شود که این اهداف تحقق یافته‌اند یا خیر.

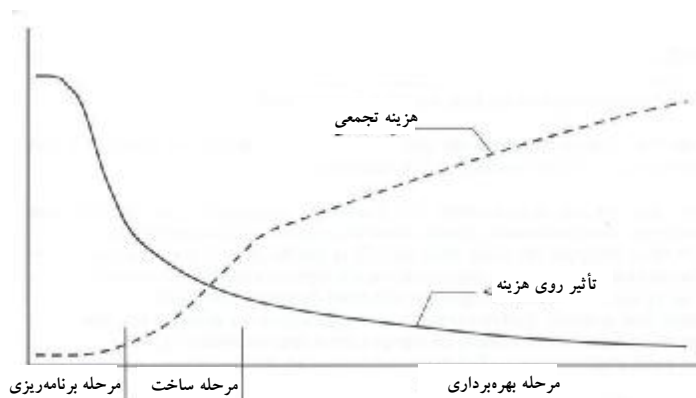
### ۳-۴-۴- هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری

تجربه نشان می‌دهد که بخش اصلی هزینه‌های نگهداری با تصمیم‌گیری‌ها در طول مراحل طراحی و ساخت تونل مشخص می‌شود. متأسفانه افرادی که در این مراحل از پروژه کار می‌کنند، اغلب تجربیات محدودی از عوامل مؤثر بر هزینه‌های نگهداری دارند. برآوردهایی از سطح تأثیر بر هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در مراحل مختلف پروژه تونل در جدول (۳-۴) ارائه می‌گردد.

جدول (۲-۴) سطح تأثیر بر هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری

| سطح تأثیر | تأثیر بر هزینه بهره‌برداری و نگهداری |
|-----------|--------------------------------------|
| ۶۰-۸۰٪    | برنامه‌ریزی (شامل راهنماهای طراحی)   |
| ۱۰-۳۰٪    | ساخت                                 |
| ۱۰-۳۰٪    | بهره‌برداری                          |

رابطه بین هزینه نگهداری و سطح تأثیر عوامل مؤثر بر این هزینه می‌تواند به صورت نموداری نشان داده شود (شکل ۱-۴). مرحله برنامه‌ریزی معمولاً به ۳ تا ۱۰ سال و مرحله ساخت به ۲ تا ۳ سال زمان نیاز دارد، در حالی که مرحله بهره‌برداری ممکن است از ۵ تا ۲۰ سال برای تأسیسات و تجهیزات و ۸۰ تا ۱۰۰ سال برای سازه تونل به طول انجامد. این زمان بدون احتساب زمان لازم برای فعالیتهای احتمالی بازسازی می‌باشد.



شکل (۱-۴) نمایش هزینه تجمعی و سطح تأثیر عوامل مؤثر بر هزینه

این شکل نشان می‌دهد که منظور نمودن شرایط بهره‌برداری و نگهداری تونل در زمان برنامه‌ریزی و طراحی آن، بیشترین اهمیت را دارد. برای رسیدن به بهترین نتایج، بسیار مهم است که با اپراتورهای تونل در طی فرایند برنامه‌ریزی مشورت شده و از توصیه‌های آنها استفاده نمود. این بدان معناست که در هنگام انتخاب بین چندین گزینه یا راه‌حل، علاوه بر استفاده از ضوابط هزینه چرخه عمر باید با سازمانهای مجرب در زمینه نگهداری نیز ارتباط برقرار شود. اگر این امر امکان‌پذیر نباشد، ایجاد روشهای جامع برای ارزیابی سازه و سیستمهای درون تونل بسیار مهم است. گروه کاری بر استفاده از تجربیات پیشین در کسب بیشترین سود در زمان برقراری تعادل بین شرایط بهره‌برداری و نگهداری در مقابل هزینه ساخت تونل، تأکید زیادی دارد. این کار ممکن است منجر به هزینه سرمایه‌گذاری بیشتر ولی در مقابل هزینه کل عمر کمتر شود (فصل ۸). در رابطه با این موضوع، درک مسایل فنی و سیاسی نیز بسیار مهم است.

#### ۴-۵- سیستم مدیریت تونل

##### ۴-۵-۱- کلیات

تونل‌های مدرن، سیستم‌های فنی مهندسی پیچیده‌ای هستند که بیشتر با کارخانه‌های تولیدی صنعتی در ارتباط هستند تا با کارخانه‌هایی که در زمینه‌های دیگر شبکه راه مشغول فعالیت می‌باشند. استفاده از روشها و تکنیک‌هایی برای مدیریت و کنترل تمام بازرسی‌های لازم و اقدامات نگهداری، برای کارفرمایان و اپراتورهای تونل به امری ضروری تبدیل شده است.

در برخی از کشورها، مقررات ملی مربوط به بهره‌برداری تونل وجود دارند. این مقررات به مستندسازی و گزارش‌دهی به ادارات مختلف در زمینه بهره‌برداری و نگهداری تونلها و تجهیزات تونل نیاز دارند. این اسناد ممکن است تمام اقدامات نگهداری و بازرسی‌های انجام‌شده توسط اپراتور تونل را شامل شود. مدارک نگهداری و بازرسی باید توسط این ادارات اصلاح گردد. این سیستمها ممکن است به صورت دستی کار کنند، اما در صورتی که کامپیوتری باشند کاراتر خواهند بود.

جهت نیل به اهداف در نظر گرفته‌شده برای نگهداری، بهره‌برداری و مدیریت تونل، داشتن یک یا چند سیستم برای جمع‌آوری اطلاعات مناسب و امکان دسترسی به آنها در هر زمان ضروری است. به چنین سیستمی، **سیستم مدیریت تونل (TMS)** گفته می‌شود. اصولاً TMS می‌تواند از اپراتور تونل به عنوان ابزاری برای انجام اقدامات ذیل پشتیبانی کند (شکل ۴-۲):

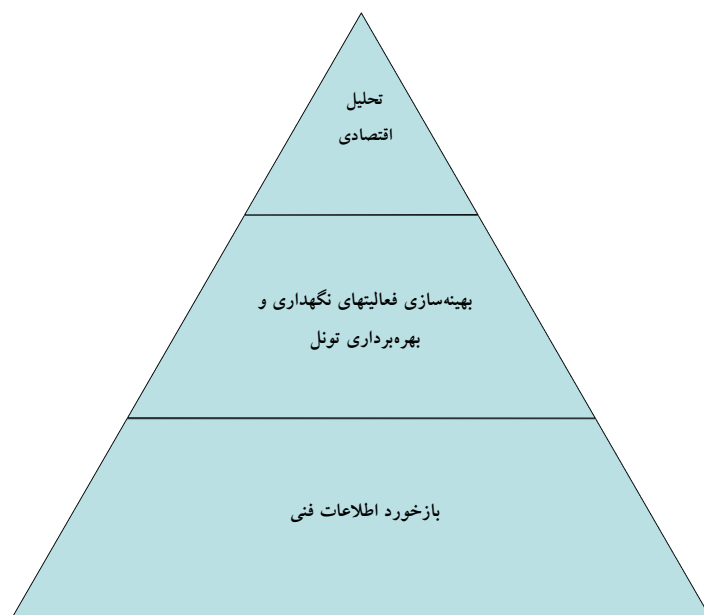
۱- برنامه‌ریزی اقدامات نگهداری یا بهره‌برداری لازم بر حسب برنامه‌ها، پرسنل (که واجد شرایط و آموزش‌دیده باشند) و مصالح مورد نیاز

۲- تحلیل هزینه جهت کمک به برنامه‌ریزی (بودجه، پیگیری‌ها و غیره)، کنترل کیفیت و گزارش‌های آماری نگهداری برای اقدامات انجام‌شده در تونل (در بسیاری از کشورها این بخش دارای الزام قانونی می‌باشد)

۳- بهینه‌سازی فعالیت‌های نگهداری تونل (برای مثال بازه‌های زمانی طولانی یا کوتاه برای نگهداری، تصمیم‌گیری برای تغییر یک جزء و یا ادامه نگهداری آن و ...)

۴- آرایه بازخورد اطلاعات فنی در خصوص تونل و سیستم‌های نصب‌شده

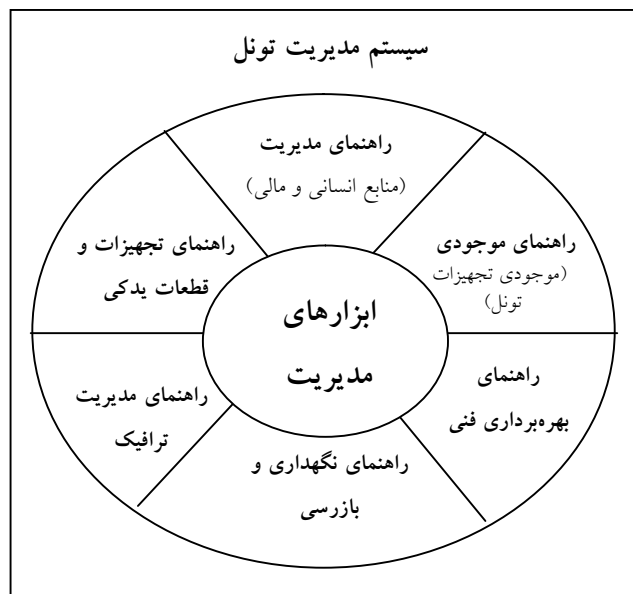
تصویر شماتیک زیر، فعالیت‌هایی که در فرایند TMS حضور دارند را نشان می‌دهد. قاعده مثلث، نمایانگر جمع‌آوری داده‌هاست (یعنی تعداد اجزا یا مؤلفه‌های سازه و تأسیسات موجود در تونل)، در حالی که قسمتهای بالایی چگونگی استفاده از این اطلاعات را نشان می‌دهند.



شکل (۲-۴) فرایند سیستم مدیریت تونل

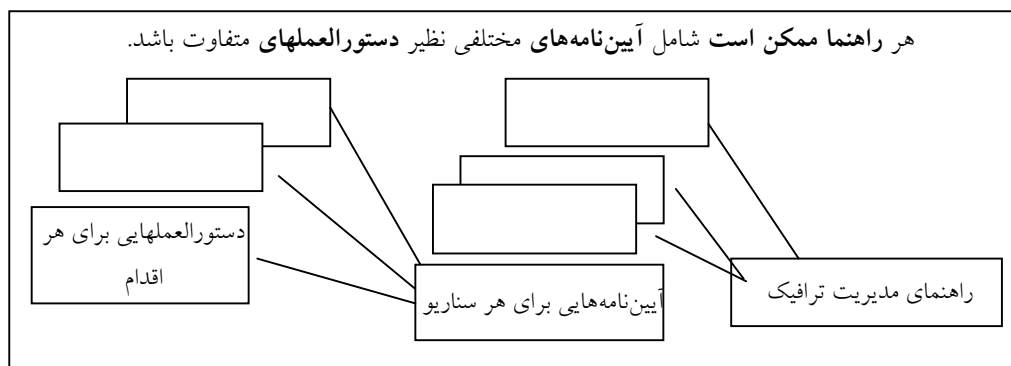
#### ۴-۵-۲- اجزای اصلی TMS (سیستم مدیریت تونل)

توصیه می‌شود که سیستم مدیریت تونل شامل مجموعه‌ای از راهنماها باشد. شکل (۳-۴) نمونه‌ای از عناوین و برخی از مدارک را که می‌توانند TMS را ایجاد کنند، ارائه می‌نماید. این سیستم می‌تواند توسط سازمانها و با توجه به تجربیات کاری آنها اصلاح گردد. TMS به تعداد و نوع دارایی‌های تحت مدیریت اپراتور یا کارفرمای تونل بستگی دارد. راهنماهای TMS بخشی از سیستم کیفی را تشکیل می‌دهند (فصل ۲).



شکل (۳-۴) نمونه‌ای از راهنماهای تشکیل‌دهنده TMS

این راهنماها باید شامل آیین‌نامه‌هایی برای پرداختن به تمام سناریوها باشد. هر آیین‌نامه شامل تعدادی دستورالعمل است که هر یک از آنها فعالیتی را در یکی از راهنماهای TMS پوشش می‌دهد.



شکل (۴-۴) ساخت هر راهنما از نظر دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌ها

هر یک از راهنماها ممکن است موارد زیر را پوشش دهند:

#### ۱- راهنمای مدیریت

راهنمای مدیریت شامل دفاتر ثبت پرسنلی است که مدارکی در زمینه قابلیت‌ها، مهارت‌ها و آموزش افراد را در بردارد. این راهنما همچنین باید مسؤولیت‌های کارکنان را مشخص نماید (برای مثال شخصی که مسؤول امضای توافق‌نامه‌ها و قراردادهاست را مشخص نماید تا از تغییر نامناسب در آینده اجتناب گردد). همچنین در این راهنما تشریح شده که چگونه بودجه و کل منابع مالی باید مدیریت شوند (برای مثال چگونگی کنترل هزینه‌ها در سیستم). همچنین این راهنما برای تهیه گزارش‌های مالی حاوی اطلاعات اصلی راجع به هزینه‌ها، مفید است. این ارقام کلیدی می‌توانند به عنوان شاخص هزینه برای مقایسه و مدیریت تغییرات در هزینه و مقایسه هزینه‌های یک تونل با تونل دیگر مورد استفاده قرار گیرند (به ارزیابی عملکردها، بخش ۸-۵ مراجعه نمایید). نمونه‌هایی از این ارقام کلیدی مربوط به این فصل عبارتند از:

- هزینه مدیریت کلی
- هزینه بهره‌برداری و/یا نگهداری تأسیسات
- هزینه بهره‌برداری و/یا نگهداری سازه‌ها
- هزینه بهره‌برداری و/یا نگهداری روسازی
- هزینه بهره‌برداری و/یا نگهداری کلی
- غیره

به منظور بهینه‌سازی بهره‌برداری و نگهداری، برخی شاخص‌های کلیدی می‌توانند بروز تغییراتی که انجام اقدامات اصلاحی را ضروری می‌کند، نشان دهند. برای نمونه، درصد هزینه مدیریت نسبت به درصد هزینه جایگزینی کلی.

## ۲- راهنمای موجودی

به منظور دستیابی به استانداردهای مناسب برای بهره‌برداری و نگهداری تونلها، آشنایی کامل اپراتور به تجهیزات و سیستمهای نصب شده در تونل، موقعیت مکانی و ویژگی‌های عملکردی آنها در چارچوب مهندسی تونل امری ضروری است. در مورد تونل‌های جدید، این اطلاعات باید تحت قرارداد مناقصه تهیه شوند. این اطلاعات باید شامل فهرست کاملی از تجهیزات (نوع، کیفیت و ...) همراه با تمامی اطلاعات ضروری از جمله اطلاعات جغرافیایی مناسب باشند. برای تونل‌های موجود فاقد دفتر ثبت دارایی‌ها و تجهیزات موجود، این اطلاعات باید از طریق بازرسی تونل به صورت دستی جمع‌آوری گردند. این مسأله می‌تواند از طریق بازرسی تونل یا استفاده از اطلاعات موجود که صحت آنها تأیید شده، تحقق یابد.

## ۳- راهنمای بهره‌برداری فنی

این راهنما شرح می‌دهد که چگونه سیستمها و تجهیزات مختلف تونل در بهره‌برداری معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند و قابلیت‌های تجهیزات و اقداماتی که در شرایط خاص انجام می‌شوند را تشریح می‌کند. دستورالعمل‌های استفاده از تمامی تجهیزات باید در دسترس باشد و به طور کامل اجرا شوند. این اطلاعات باید در راهنمای بهره‌برداری فنی وارد شوند. اگر این دستورالعمل‌ها وجود نداشته باشند باید توسط افراد متخصص تهیه گردند. برای مثال، اگر سطح مونواکسید کربن در تونل از سطح مشخصی بالاتر رود، سیستم تهویه باید به کار افتاده و سرعت جریان هوا حداقل باید  $2\text{m/s}$  باشد. اگر میزان مونواکسید کربن کمتر از میزان تعیین شده باشد، سیستم تهویه باید متوقف شود. این مقادیر آستانه باید برای هر تونل مطابق با مقررات محلی و تجربیات بکارگیری سیستم تهویه تنظیم گردند.

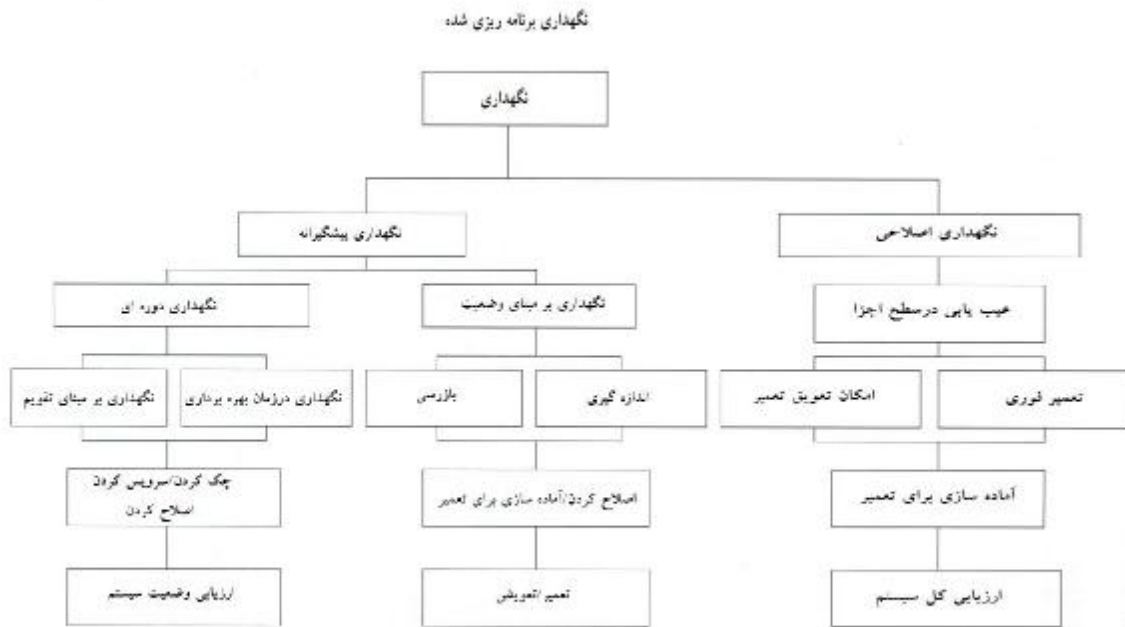
## ۴- راهنمای مدیریت ترافیک

این راهنما باید حاوی تمام آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌هایی باشد که در وضعیت‌های ترافیکی عادی، متراکم، وقوع تصادف و حالت اضطراری قابل اجرا هستند. برای مثال، اگر تصادفی در تونل رخ دهد، اپراتور باید تونل را ببندد. پلیس، مأموران آتش‌نشانی و آمبولانس‌ها باید با توجه به برنامه حالت اضطراری مطلع گردند. در راهنمای مدیریت ترافیک، دستورالعمل‌های تفصیلی در مواقع اضطراری باید برای اپراتور تونل فراهم شود. مراجع ذیصلاح باید این دستورالعمل‌ها را تصویب نمایند.

## ۵- راهنمای نگهداری و بازرسی

این راهنما، دستورالعمل‌هایی را برای نگهداری کل سازه تونل و تمام تجهیزات از جمله اجزای سیستمهای مختلف ارائه می‌نماید. دستورالعمل‌های نگهداری و بازرسی تجهیزات باید در دسترس بوده و به طور کامل اجرا شوند. این اطلاعات باید در راهنمای بازرسی و نگهداری وارد گردند. اگر این اطلاعات موجود نباشند باید توسط افراد مجرب تهیه گردند. تمام اقدامات مربوط به نگهداری باید به صورت پیشگیرانه یا اصلاحی انجام شوند. این اقدامات به صورت این تعریف می‌گردند:

- نگهداری پیشگیرانه عبارت است از نگهداری سیستم در وضعیت کارکردی ایمن و مناسب. این راهبرد در مواردی که بدون آن، سیستمهای موجود می‌توانند ناامن شده و یا تنها با صرف هزینه زیاد به حالت ایمن برگردند، منطقی به نظر می‌رسد. این نوع نگهداری مزایایی از قبیل تضمین عملکرد بهینه و ایمن تأسیسات را به همراه داشته و هیچ نقص پیش‌بینی نشده‌ای ندارد و به آسانی قابل برنامه‌ریزی است. عیب این روش جایگزینی پیش از موعد اجزای اصلی سیستمهاست.
  - نگهداری اصلاحی و یا جایگزینی که برای سیستمهایی که خراب شده‌اند یا در حالت بحرانی قرار دارند، انجام می‌شود. مزیت این راهبرد، رسیدن اجزای تونل به حداکثر عمر سرویس‌دهی خود می‌باشد. عیب این روش نیز این است که برنامه‌ریزی آن مشکل بوده و ممکن است در اثر خرابی، وضعیت ناامن به وجود آید و هزینه‌های ناشی از خرابی‌ها، هزینه‌هایی گزاف است.
- گزینه‌های متفاوت نگهداری به صورت نموداری در شکل (۴-۵) ترسیم شده است. [۱]



شکل (۴-۵) گزینه‌های مختلف نگهداری

همچنین این راهنما باید مقرراتی را که برای نگهداری به کار برده می‌شوند را فهرست نماید. برای مثال:

- در طول ساعات با ترافیک سنگین
- ایجاد مزاحمت برای دیگران (سروصدای شبانه، دود و گردوغبار و ...)
- کار شبانه
- مقررات ترافیکی
- غیره

#### ۶- راهنمای تجهیزات و قطعات یدکی

این راهنما، اطلاعات لازم برای دستور تهیه تجهیزات جدید یا قطعات یدکی (برای مثال مشخصات سازندگان و تولیدکنندگان، شرح و کدهای شناسایی قطعات یدکی و تجهیزات و ...) یا محل انبار کردن قطعات یدکی را ارائه می‌کند. همچنین ممکن است این راهنما حاوی جزییاتی راجع به چگونگی تعویض قطعات یدکی، چرخه عمر آنها و ... باشد. درج این مطالب در راهنماهای مختلف بستگی به کاربران مختلف دارد.

#### ۴-۵-۳- ابزارهای مدیریت

- تهیه ابزارهای کمکی مدیریت تونل با مراجعه به اطلاعات راهنماهای مختلف امکان‌پذیر است. به عنوان مثال:
  - سیستم تلفن اضطراری و برنامه اضطراری می‌تواند طوری به هم متصل شوند که وقتی تلفن اضطراری استفاده می‌گردد، سیستم کامپیوتری بتواند به صورت خودکار برنامه اضطراری را برای آن تونل بر روی صفحه نمایش اپراتور در مرکز کنترل ترافیک (TOC)<sup>۱</sup> فعال سازد.
  - وقتی که آژیر مشخصی توسط یکی از تجهیزات فعال می‌شود، شماره تلفن اورژانس که در راهنمای نگهداری یا موجودی مشخص شده، می‌تواند ظاهر شود.
  - با داشتن اطلاعات ترکیبی از راهنماهای نگهداری و موجودی، امکان انتشار دستورالعمل‌ها و گزارشهای پایان کار و ... فراهم می‌آید.

#### ۴-۶- بازه‌های زمانی نگهداری

بخش بسیار مهمی از بهینه‌سازی نگهداری، ارزیابی اطلاعات زمانی می‌باشد. این ارزیابی باید توسط سازمان مسؤل نگهداری انجام شود. مدیر نگهداری باید نتایج اقدامات انجام شده در بازه‌های زمانی منظم را ارزیابی نماید تا مشخص شود که نگهداری انجام شده بر روی اجزای تونل، نه ناکافی و نه بیش از حد نیاز باشد. این ارزیابی مشخص می‌کند که بخش مورد نظر باید تعمیر شود، جایگزین شود یا تا قبل از خراب شدن مورد بهره‌برداری قرار گیرد. اما باید توجه شود که در مدت ضمانت، بازه‌های زمانی تعیین شده توسط سازنده باید رعایت گردد تا ضمانت ملغی نشود.

#### ۴-۷- اقدامات نگهداری: اختلالات ترافیکی و هزینه‌های اضافی

اقدامات نگهداری در تونل، جریان آزاد ترافیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بنابراین برای کاربران ایجاد مشکل می‌کند و حجم ترافیک تونل را کاهش می‌دهد. اختلال ترافیکی بستگی به نوع اقدامات نگهداری انجام شده و نحوه انحراف ترافیک دارد. تأثیر اختلالات ترافیکی می‌تواند با استفاده از روشهای کاری مناسب کاهش یابد، اما تلاشهای بیشتر برای کاهش تراکم ترافیک معمولاً موجب افزایش هزینه‌ها می‌شود. راهکار بهینه اغلب برقراری تعادل بین منابع مالی، راه‌حلهای فنی و هزینه اضافی تحمیل شده بر کاربران راه است.

در صورتی که به هر دلیلی تصمیم به بستن تونل گرفته شده باشد، TMS می‌تواند در شروع فعالیتهای نگهداری طبق برنامه به اپراتور تونل کمک کند. این امر تعداد کل انسدادهای تونل در مدت زمانی طولانی را کاهش می‌دهد. روشی برای برآورد هزینه دیگر گزینه‌های نگهداری از جمله تأخیر زمانی برای کاربران راه و سایر هزینه‌ها باید در راهنمای نگهداری لحاظ شود (یا در راهنمای مدیریت). نمونه‌ای از چنین روشی در پیوست C این گزارش آورده می‌شود. هزینه اضافی تصادفات و تأثیر منفی بر محیط در این مثال گنجانده نشده است. اگر این مدل به صورت کاربرگ کامپیوتری درآید، به عنوان ابزار کمکی برای مدیریت، آن‌گونه که در بالا تشریح شد، خواهد بود.

#### ۴-۸- سیستم نگهداری تونل

سیستم کامپیوتری نگهداری تونلها شبیه سیستم نگهداری کارخانه، ساختمان یا هواپیماست. این سیستم مفصل‌تر و پیچیده‌تر از تقاضای مورد نیاز و قضاوت اپراتور در مورد آن است. پیوست F بخشهای مختلف چنین سیستمی را شرح می‌دهد. باید به این نکته توجه شود که ایجاد چنین سیستمی برای سازمانها ضروری نیست و ممکن است ایجاد این سیستم پرهزینه‌تر از خرید یک بسته نرم‌افزاری و اصلاح آن با شرایط خاص آن سازمان باشد. برای مثال صفحه نمایش کامپیوتر اپراتور می‌تواند طوری ساخته شود که شکل واقعی تونل را منعکس نماید تا از این طریق به پرسنل نگهداری برای استفاده بهتر از این سیستم کمک نماید.

تونلهای مدرن در مناطق شهری یا در جاده‌های پرتراфик، سیستمهایی دارند که حاوی مؤلفه‌های مهم برای بهره‌برداری ایمن از تونل هستند. بنابراین ارتباط نزدیکی بین بهره‌برداری ایمن و فرایند نگهداری توسعه‌یافته وجود دارد. سیستم کامپیوتری، کارترین روش برای رفع نیازهای متصدیان نگهداری و ایمنی چنین تونلهایی است. چنین سیستمی از طریق چاپ دستورات کاری، به حفظ اطلاعات مربوط به سیستمها و اجزای مختلف و نیز ایجاد برنامه زمانی برای عملیات بازرسی و نگهداری کمک می‌کند. اپراتور نگهداری، این دستورات کاری را اجرا می‌نماید. وقتی که این کارها انجام شد، او فرم را امضا می‌کند و نکات ضروری را در مورد مشاهدات و نیز ارزیابی خود از وضعیت فعلی تجهیزات یادداشت می‌کند. این فرمها برگشت داده می‌شوند و اطلاعات وارد برنامه نگهداری شده و در آنجا ذخیره می‌گردند. کامپیوتر از پایگاه اطلاعاتی خود در مورد بازه‌های زمانی نگهداری برای کنترل سیستمها و اجزای آنها استفاده می‌نماید. اطلاعات ممکن است بر حسب زمانشان ثبت شوند (به عنوان مثال مدت زمان استفاده از فن‌ها و پمپ‌ها). هنگامی که عملیات بازرسی و نگهداری انجام شد، کامپیوتر دستورات کاری جدید که در طول انجام کار و تا پایان عملیات ادامه می‌یابد را چاپ می‌کند. اگر این فرایند به طور مناسب انجام شود و تمام اطلاعات پس از اتمام اقدامات مربوط به نگهداری و بازرسی وارد کامپیوتر شوند، کامپیوتر می‌تواند تمام اطلاعات تاریخی را در خود ذخیره کند. این اطلاعات برای مجریان و طراحان مفید هستند. بسیاری از تجهیزات، سیستمها و اجزای استاندارد، ممکن است برای بهره‌برداری در تونلها مناسب نباشند. همچنین ممکن است به دلیل تأثیرات زیست‌محیطی و نیروهای زیاد ناشی از امواجی که در اثر عبور وسایل نقلیه در داخل تونل ایجاد می‌شوند، برای استفاده در تونلها مناسب نباشند. این تجهیزات باید برای استفاده در تونل اصلاح شوند و یک پایگاه اطلاعات تاریخی مربوط به نگهداری و تعویض اجزای تونل به مستند کردن این کار کمک می‌کند.

## ۵- آموزش و مانورهای امدادی

### ۵-۱- مقدمه

سطوح خدمات و کیفیت که در دسترس کاربر قرار دارد، بدون شک به ماهیت و عملکرد تجهیزات نصب‌شده وابسته است. این سطوح به کیفیت بکارگیری تجهیزات توسط پرسنل تونل نیز وابسته است.

به طور کلی، پرسنل تونل می‌توانند بر حسب عملکردشان به دو گروه تقسیم شوند:

۱- پرسنل اداری (مثلاً مدیریت پرسنل، حقوق، خریده‌ها، دفترداری و ...)

۲- پرسنل بهره‌برداری (مثلاً نگهداری، کنترل و مدیریت حوادث)

این فصل تنها به استخدام و آموزش گروه دوم می‌پردازد.

یکی از مسائلی جدی که بسیاری از اپراتورهای تونل با آن مواجهند، این است که تاریخ افتتاح تونل زودتر و در مرحله اجرا مشخص می‌گردد و به دلیل تأخیرهای به‌وجودآمده، وقت کافی برای آموزش و انتصاب پرسنل وجود نخواهد داشت. این موضوع که این مدت زمان به اندازه‌ای طولانی باشد که پرسنل تونل به طور رضایت‌بخشی آموزش ببینند، حتی اگر سبب تأخیر در افتتاح تونل گردد، برای ایمنی تونل بسیار مهم و حایز اهمیت است. وظایف محوله به پرسنل نگهداری، پرسنل کنترل و گروه‌های امدادرسانی بسیار مهمند. بنابراین افرادی که برای انجام این وظایف انتخاب می‌شوند باید:

- در زمان استخدام، به خوبی انتخاب شوند.

- قبل از شروع به کار به خوبی آموزش ببینند.

- در طول دوره مأموریت خود پیوسته تحت آموزش قرار داشته باشند.

مسئولیت‌های سازمانی در کشورهای مختلف و برای تونل‌های مختلف، متفاوتند. بنابراین نگهداری تونل می‌تواند بر عهده یک سازمان دولتی یا یک شرکت خصوصی باشد. کنترل تونل اغلب بر عهده یک سازمان دولتی است و فقط گاهی توسط شرکت خصوصی انجام می‌شود. توصیه‌هایی که در این فصل ارائه می‌گردد، هم برای سازمان‌های دولتی و هم برای سازمان‌های خصوصی قابل اجرا می‌باشند.

نحوه مدیریت حوادث از تونلی به تونل دیگر متفاوت است. گاهی، سیستم‌های هشداردهنده تونل به طور مستقیم با سرویس‌های امدادی در ارتباطند. در برخی موارد نیز اقدامات مداخله‌ای در زمان وقوع حادثه تنها با خواست اپراتور تونل صورت می‌گیرد. این نوع مداخله در تونل‌های عوارضی که توسط سازمان‌های خصوصی اداره می‌شوند، بسیار شایع است. بسته به طبیعت این نوع اقدامات مداخله‌ای، پرسنل تونل می‌توانند مدیریت حوادث را تضمین کنند. این پرسنل در این فصل، نیروهای مداخله‌گر نامیده می‌شوند.

### ۵-۲- تعریف پست‌ها

#### ۵-۲-۱- پرسنل نگهداری

نقش پرسنل نگهداری، مداخله در امور تأسیسات فنی تونل‌ها به صورت پیشگیرانه و اصلاحی، همان‌طور که در

فصل ۴ توضیح داده شد، می‌باشد.

جدول زیر فهرست ناقصی از وظایف نگهداری که ممکن است در تونل بروز نمایند را ارائه می‌دهد. اقدامات ارائه شده با توجه به سطح نگهداری، ماهیت وظیفه، نوع وظیفه به همراه یک شاخص کیفی در مورد مهارت فنی مورد نیاز طبقه‌بندی شده‌اند. این طبقه‌بندی بر اساس استانداردهای فرانسوی است [۳]. کشورهای دیگر ممکن است شرایط خود را در زمینه مهارت‌ها و ... داشته باشند.

جدول (۵-۱) فهرست وظایف نگهداری

| سطح نگهداری | ماهیت وظیفه  | نوع وظیفه   | مهارت فنی مورد نیاز |
|-------------|--|---|---------------------|
| ۱           | نگهداری جاری   | شستشو، تمیزکاری، روغنکاری، رنگ‌کاری و ...   | بسیار پایین         |
| ۲           | آزمایشها/ کنترل‌ها (قابل دسترسی، هیچ محفظه الکتریکی باز نباشد) | انتقال کنترل دستی - بررسی مقادیر نمایش داده‌شده - لامپهای راهنما یا کنترل و عیب‌یابیها                              | پایین               |
|             | آزمایشها/ کنترل‌ها (قابلیت دسترسی کمتر)                        | سنجشهای الکتریکی (ولتاژ، شدت جریان، فرکانس و هارمونیک)  | متوسط               |
| ۳           | اقدامات مداخله‌ای برنامه‌ریزی شده (سیستمهای فرعی)              | تعمیر به وسیله تعویض قطعه‌ای از تجهیزات (فیلترها، لامپهای نمایش، لامپهای راهنما، کارتهای الکترونیکی و ...)          | متوسط               |
|             | اقدامات مداخله‌ای برنامه‌ریزی شده (تجهیزات کامل)               | تعمیر به وسیله تعویض تجهیزات (سنسورهای جمع‌آوری داده‌ها، وسایل اندازه‌گیری و ...)                                   | متوسط به بالا       |
| ۴           | تعمیر خرابی‌ها (تجهیزات استاندارد)                             | تحلیل، تشخیص و تعمیر خرابی (مدار با ولتاژ پایین، موتورها و صفحات الکتریکی و ...)                                    | بالا                |
|             | تعمیر خرابی‌ها (تجهیزات مرکب)                                  | تحلیل، تشخیص و تعمیر خرابی (باتریهای با ولتاژ بالا، شبکه‌های اطلاعاتی، دستگاههای اتوماتیک و صفحات الکترونیکی و ...) | بسیار بالا          |
| ۵           | بازسازی و ترمیم  | همه نوع تجهیزات   | بسیار بالا          |

هر چه سطح نگهداری بالاتر باشد، مهارت فنی بالاتری برای پرسنل مسؤل این وظایف مورد نیاز خواهد بود. باید توجه شود که کار در سطح نگهداری ۵ (بازسازی و ترمیم) توسط سازندگان و تولیدکنندگان انجام می‌شود، نه پرسنل نگهداری عمومی.

در حالت کلی، اپراتور تونل گزینه‌های زیر را پیش رو دارد:

- عدم استفاده از پیمانکاری فرعی
- پیمانکاری فرعی محدود
- پیمانکاری فرعی کلی

در حالت عدم استفاده از پیمانکاری فرعی، اپراتور تونل مجبور خواهد بود تمام مهارت‌های لازم را در پرسنل خود ایجاد نماید. این کار مشکل و هزینه‌بر است. در حالتی که عملیات نگهداری کلاً به پیمانکاری فرعی واگذار می‌شود، این احتمال وجود دارد که اپراتور دانش اساسی در رابطه با سیستمها و نحوه کار با تجهیزات را از دست بدهد. راه‌حل متعادل، استفاده از پیمانکاری فرعی محدود است. این راه‌حل می‌تواند به دو طریق انجام شود:

اعطای پیمانکاری فرعی به سازمانهای خارجی برای انجام وظایف سطح مشخصی از نگهداری. ممکن است اپراتور کارهای در سطح فنی پایین (مثلاً شستشو، تمیزکاری و ...) یا کارهایی با سطح فنی بالا یا هر دو را به پیمانکار فرعی واگذار نماید، در حالی که انجام اقدامات دیگر را با توجه به مهارت‌های موجود در حال یا آینده، خود بر عهده گیرد. نگهداری کامل یک یا چند گروه از تجهیزات (برای مثال کنترل از راه دور ترافیک، ارسال مجدد امواج رادیویی، سیستم خودکار ردیابی حادثه) را می‌توان به پیمانکاری فرعی واگذار نمود. این روش معمولاً وقتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که اپراتور، تجهیزات با فناوری بالا در اختیار دارد که کسی غیر از طراح (یا سازنده) آن نمی‌تواند عهده‌دار کار با آن باشد.

جدول (۵-۲) سطوح فنی نگهداری

| مشکل (مشکلات)   | مزیت (مزایا)  | سطوح نگهداری                   |
|---|---|--------------------------------|
| نیاز به استفاده از پیمانکاری فرعی بدون امکان کنترل واقعی آن | احتیاج به پرسنل با تخصص بالا ندارد  | سطح پایین‌تر:<br>سطح ۱ و حتی ۲ |
| به افرادی که تخصص بالا دارند، نیاز است                      | پیمانکاری فرعی اقدامات کمتر تخصصی کنترل مناسب شرکتهای پیمانکاری فرعی تخصص داخلی و در نتیجه استقلال نسبی | سطح بالاتر:<br>سطح ۳ و حتی ۴   |

#### ۵-۲-۲- پر سنل کنترل

در حالت کلی، پرسنل کنترل مسؤل انجام وظایف زیر می‌باشند:

- کنترل ترافیک در داخل و در مجاورت تونل
- تشخیص هر سانحه‌ای که ممکن است ایمنی کاربران را به مخاطره بیندازد. در زمان واکنش به چنین رویدادی، کنترل‌کننده‌ها طبق دستورالعمل‌ها باید سیستم‌های ایمنی مناسب را به کار اندازند (مثلاً جهت‌دهی‌ها، تهویه و ...) و نیروهای مداخله‌گر یا سرویس‌های اضطراری را با توجه به شدت حادثه مطلع سازند.
- مشورت با پرسنل نگهداری در زمینه خرابی یا درست کار نکردن تجهیزات که ممکن است ایمنی تونل را تحت تأثیر قرار دهد.

این مسؤولیتها بر وظایف مختلفی دلالت می‌کنند:

- مدیریت ترافیک در زمان بهره‌برداری عادی و در حالت وقوع سوانح یا تصادفات
- کنترل عملکرد تجهیزات

- برقراری ارتباط با کاربران (شبکه تلفن اضطراری، ارسال مجدد امواج رادیویی، تابلوهای متغیر خبری و ...)
- ارتباط سیستماتیک با سرویسهای اضطراری
- فراخواندن سرویسهای بیرون از تونل (مثلاً گروه آتش‌نشانی، پلیس، سرویس در هنگام خرابی و ...)
- ارتباط با سایر ادارات (مرکز مدیریت ترافیک سطح بالا، مسئولیتهای سلسله‌مراتبی، مأمور کشیک)
- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به نگهداری در موارد خرابی و پیگیری واکنشهای آغاز شده
- مدیریت بستن تونل (برای مثال علایم نشان‌دهنده مسدود بودن تونل، چراغهای علامت‌دهنده و ...)

### ۳-۲-۵- نیروهای مداخله‌گر

- در برخی موارد ممکن است نیروهای مداخله‌گر در شرایط عادی به اپراتور بدل شوند.
- در حالت کلی، مسئولیتهای محوله به نیروهای مداخله‌گر عبارتند از:
  - تضمین حفاظت از کاربرانی که در سانحه داخل تونل درگیر هستند.
  - مداخله سریع در صورت وقوع سانحه برای حصول اطمینان از انجام اقدامات ایمنی اولیه و آماده کردن دسترسی برای تیم نجات
  - خارج نمودن وسایل نقلیه خراب یا وسایل نقلیه درگیر در سانحه به خارج تونل
  - در صورت وقوع آتش‌سوزی، حصول اطمینان از انجام اقدامات اولیه جهت اطفای حریق (کپسولهای آتش‌نشانی)
- این مسئولیتهای بر وظایف مختلفی دلالت می‌کنند:
  - روشن کردن منطقه وقوع تصادف یا سانحه طبق روشی مشخص
  - مطلع ساختن کاربران از وضعیت پیش‌آمده
  - ارائه دستورالعملهای لازم به کاربران در خصوص رفتار توصیه‌شده
  - درخواست کمک از گروه‌های داخلی در صورت نیاز
  - درخواست مداخله پرسنل نجات در صورت نیاز
  - تسهیل دسترسی برای گروه‌های نجات
  - مطلع ساختن گروه‌های نجات از وضعیت سانحه

### ۳-۵- استخدام

- بدون توجه به زمینه فعالیت، استخدام پرسنل کیفی فقط در صورتی می‌تواند انجام شود که:
  - وظایف و مسئولیتهای مربوط به هر پست اشغال‌شده تا حد امکان مشخص باشد.
  - قابلیت‌ها و تخصصهای مورد نیاز به خوبی تعریف شده باشد.

### ۵-۳-۱- پرسنل نگهداری

مهارتهای مورد نیاز پرسنل نگهداری بیشتر از لحاظ دانش فنی در زمینه‌های تخصصی تعریف می‌شود تا از لحاظ قابلیت‌های ویژه فردی. بدون شک پرسنل نگهداری باید احساس مسؤلیت داشته و بتوانند به صورت گروهی کار کنند و در مواقع مقتضی قاطع و مصمم باشند، البته معیار اصلی گزینش، مهارتهای فنی آنهاست. تأسیسات نصب‌شده در تونل بسیار متفاوتند (مثلاً منابع تأمین نیرو، روشنایی، تهویه، تله‌متری و ...) که به قابلیت‌های حرفه‌ای تخصصی گوناگون نیاز دارند (نظیر مهندس الکترونیک، متخصص برق، متخصص الکترومکانیک و ...). تسهیلات تونل دارای سطوح فنی و پیچیده مختلفی هستند. بنابراین پرسنل مسؤل نگهداری تونل باید طبق سطح فنی وظایف و مسؤلیت‌ها و مهارت‌ها و شایستگی پیمانکار فرعی استخدام شوند.

### ۵-۳-۲- پرسنل کنترل

کنترل‌کننده باید بتواند در شرایط تنش‌زا به درستی کار کند و به شدت احساس مسؤلیت کرده و قاطع باشد. اهمیت این قابلیت‌های فردی حداقل به اندازه اهمیت استانداردهای آموزشی آنهاست، اما به دلیل سطح فنی تأسیسات نصب‌شده، احتمال دارد که افراد دارای گرایش فنی برای این جایگاه ارجح باشند. برای تعیین میزان گرایش فنی، مناسب است که مشخصات ویژه سازه‌هایی که مدیریت می‌شوند، مورد بررسی قرار گیرند (مثلاً تعداد و پیچیدگی تأسیسات موجود، ماهیت و چگالی ترافیک، مشخصات سازه (تونل شهری یا غیرشهری)، یک یا دو دهانه و ...)، تونل مرزی و ... . سطح فنی مورد نیاز باید با سیستم ملی شرایط آموزشی مرتبط گردد. برای نمونه، جدول زیر روش فرانسوی در این زمینه را نشان می‌دهد و سطوح مختلف آموزش را همراه با مزایا یا معایب آن ارایه می‌کند.

جدول (۳-۵) سطوح مختلف آموزش (روش فرانسوی)

| سطح                                     | مزایا   | معایب   |
|---|---|---|
| دیپلم فنی پایین‌تر از دیپلم متوسطه      | مدتها طول می‌کشد تا مشخص شود که این حرفه، انتظارات کاری را افزایش نمی‌دهد | دوره‌های آموزش بلندمدت<br>دوره‌های آموزشی لازم برای درک عملکرد برخی تأسیسات<br>امکان بروز مشکلاتی در درک برخی سیستمهای پیچیده |
| دیپلم فنی دبیرستان                      | رسیدن به سطحی مناسب برای کنترل تأسیسات مورد بهره‌برداری قرارگرفته         | دوره‌های آموزشی کوتاه‌مدت   |
| ۲ سال مطالعات فنی بعد از دیپلم دبیرستان | آموزش سریع<br>دانش در سطح بسیار خوب و کنترل سیستمهای مورد نظر             | درک احتمالی این موضوع که این پست، یک موقعیت تکراری است (وظایف تکراری). بنابراین ریسک بیشتر در تعویض کارمندان                  |

کسانی که تا درجه دیپلم فنی دبیرستان آموزش می‌بینند، برای پست کنترل‌کننده بسیار مناسبند. به این دلیل که آنها شرایط تأسیسات نصب‌شده را درک می‌کنند و همچنین درک خوبی از محدودیتهای تجهیزات (از نظر عملکرد) دارند. برای موقعیتهای خاص (مثلاً ترافیک سنگین، تونل طولانی، تراکم خیلی زیاد تجهیزات و ...) ممکن است انتخاب کسانی که تا درجه فنی بالاتر آموزش دیده‌اند، مناسب باشد. سرانجام باید به این نکته توجه شود که برای تونلهای مرزی، بدون توجه به درجه دیپلم اپراتور، دانستن زبانهای هر دو کشور ضروری است.

### ۳-۳-۵- نیروهای مداخله‌گر

وظایف نیروهای مداخله‌گر احتیاج به دانش فنی خاصی ندارد. آنها همانند اپراتورها، اما در سطحی پایین‌تر باید در مقایسه با آموزش فنی تخصصی دارای قابلیت‌های فردی بیشتر (مثلاً حفظ آرامش تحت شرایط تنش‌زا، قابلیت برقراری ارتباط راحت، دقت، هوشیاری) باشند. اهمیت این قابلیت‌ها حداقل به اندازه اهمیت آموزش است. اگر امکان داشته باشد ترجیحاً اشخاصی مجرب در مأموریت‌های نجات و کسانی که با سازمانهای مسؤول این فعالیتها در ارتباطند (نظیر پرسنل نجات، آتش‌نشانیهای صنعتی و ...) باید استخدام شوند.

### ۴-۵- آموزش پایه

#### ۱-۴-۵- پرسنل نگهداری

برنامه آموزشی پرسنل نگهداری که در تونل کار می‌کنند باید شامل تمام یا بخشی از جنبه‌های زیر باشد:

- آگاهی از نحوه هماهنگ‌سازی داخلی شامل سرویسها و رده‌های شغلی سازمان بهره‌بردار
- آگاهی در خصوص شبکه جاده‌ای که تونل در آن واقع شده است
- آگاهی در خصوص تمام تجهیزات فنی نصب‌شده در تونل
- آگاهی در خصوص تمام سیستمهای مربوط به تونل
- آشنایی با ابزارهای مدیریتی موجود و کاربرد آنها
- آشنایی با روشهای مداخله و امدادرسانی (برای مثال در مرکز کنترل، در اتاقهای فنی و تجهیزات، در تونل و ...)

فرض می‌شود کسانی که تحت آموزش قرار می‌گیرند، مهارتهای فنی مورد نیاز یک کارمند نگهداری را دارا هستند و تنها با تونلی که قرار است نگهداری شود، آشنایی دارند. اگر لازم باشد، آموزش می‌تواند از طریق دوره‌هایی که در سازمانهای دیگر برگزار می‌گردد، تکمیل شود. بدین ترتیب، تجربه در زمینه تأسیسات پیچیده و ناآشنا می‌تواند کسب شود.

در پایان آموزش، پرسنل نگهداری می‌توانند شروع به کار نمایند. اما در شروع کار، تا چند هفته، کار شخص تازه‌وارد باید زیر نظر کارمند مجرب‌تری نظارت شود تا اجازه کار کردن به صورت مستقل به او داده شود. بهترین راه برای آموزش پرسنل نگهداری در تونل جدید یا تونل تعمیرشده، ایجاد موقعیت برای آنها جهت کار در کنار پرسنل نصب است. اگر چنین چیزی ممکن نباشد، آنها حداقل باید همراه گروه بازرسی در طی نصب حضور داشته باشند.

## ۵-۴-۲- پرسنل کنترل

ضرورت مسؤولیت‌پذیری بالا برای پرسنل کنترل (جهت تضمین ایمنی کاربران و کنترل تأسیسات تونل) ایجاد می‌کند که آموزش آنها به مراتب سخت‌گیرانه‌تر از آموزش پرسنل نگهداری باشد. به خصوص در مواردی که تونلی جدید افتتاح می‌گردد یا تیم کنترل جدید وارد کار می‌شود، این موضوع اهمیت خاصی پیدا می‌کند. آموزش این افراد حداقل باید موارد زیر را پوشش دهد:

- آگاهی از نحوه هماهنگ‌سازی داخلی شامل سرویسها و رده‌های شغلی سازمان بهره‌بردار
  - آگاهی در خصوص شبکه جاده‌ای که تونل در آن واقع شده است
  - آگاهی در خصوص همه تجهیزات فنی نصب‌شده در تونل
  - آگاهی در خصوص سیستمهای مرتبط با تونل
  - آگاهی در خصوص ابزارهای مدیریتی موجود و کاربرد آنها
  - آگاهی در خصوص روشهای بهره‌برداری در شرایط معمول یا در شرایط وقوع سانحه یا اضطراری (برای مثال تصادف، آتش‌سوزی و...) و مستندسازی آنها
  - مهارتهای پایه (برای مثال پاسخگویی به تلفن، ارتباط کتبی و شفاهی، کنترل صفحه کلید و...)
  - درک مؤثر (مثلاً جایگاه، پرسنل و ...) سازمانهای بیرونی مرتبط (برای مثال سرویسهای اضطراری، مرکز کنترل ترافیک، شرکتهای تعمیراتی و ...)
  - تمرین روی صفحه فرمان کنترل غیر فعال یا شبیه‌سازی تمام موقعیتهای در نظر گرفته‌شده توسط توصیه‌های بهره‌برداری و برنامه‌های واکنش اضطراری
- پس از آموزش مقدماتی فوق، کار همراه با نظارت شروع می‌شود. این آموزش چند هفته‌ای می‌گردد و به طور دائم توسط یک مدرس نظارت می‌شود. به محض اینکه مدرس یا شخص مسؤول آموزش متقاعد شود که کارآموز مهارت کافی را کسب کرده، این شخص می‌تواند بدون نظارت کار کند. در تمام موارد، آموزش در طول چند هفته به طور کامل تحت نظارت صورت می‌گیرد و با تأیید نهایی خاتمه می‌یابد.

## ۵-۴-۳- نیروهای مداخله‌گر

آموزش نیروهای مداخله‌گر که در هنگام وقوع تصادف یا سانحه در داخل تونل باید مداخله نمایند بایستی شامل تمام یا بخشی از جنبه‌های زیر باشد:

- آگاهی از نحوه هماهنگ‌سازی داخلی شامل سرویسها و رده‌های شغلی سازمان بهره‌بردار
- آگاهی در خصوص شبکه جاده‌ای که تونل در آن واقع شده است
- آگاهی در خصوص روشهای دسترسی به تونل
- آگاهی در خصوص محل قرارگیری تمام تجهیزات فنی نصب‌شده در تونل
- آگاهی در خصوص کارکرد تمام سیستمهای مربوط به تونل
- درک روشهای برقراری ارتباط با پرسنل کنترل و چگونگی استفاده از آنها

- درک روشهای مداخله در زمان وقوع حادثه (برای مثال شناسایی حادثه، شناسایی تصادف، آگاه نمودن پرسنل کنترل، آگاه‌سازی سرویسهای اضطراری)
- در صورت امکان، آموزش می‌تواند با برگزاری دوره‌هایی در زمینه‌های زیر تکمیل گردد:
- ارتباطات، به این منظور که به کارآموز مهارت‌های پایه جهت کنترل برخی رفتارهایی که ممکن است از کاربران سر بزند، آرایه شود (مثلاً امتناع از پیروی دستورالعملها، هراس، ترس از فضای بسته تونل و ...).
- کمکهای اولیه
- استفاده از کپسولهای آتش‌نشانی و در صورت امکان استفاده از دستگاه‌های تنفس مصنوعی
- در پایان دوره آموزشی، پرسنل باید بتوانند به صورت مستقل در زمان وقوع سوانح در تونل عکس‌العمل نشان دهند، اما آنها ترجیحاً باید برای چند هفته تحت نظارت همکاران مجرب‌تر کار کنند. تنها بعد از اینکه نظارت‌کنندگان تأیید نمودند که کارآموز صلاحیت لازم را دارد، او باید به عنوان عضو کاملاً آموزش‌دیده نیروهای مداخله‌گر پذیرفته شود.

#### ۵-۵- آموزش ضمن خدمت

سطح مهارت پرسنل تونل باید از طریق آموزش ضمن خدمت (مستمر) حفظ شده و بهبود یابد.

#### ۵-۵-۱- پرسنل نگهداری

- آموزش ضمن خدمت (مستمر) برای پرسنل نگهداری می‌تواند در قالب‌های مختلف صورت گیرد.
- دوره‌های فنی در خصوص سیستمها یا فناوری‌های جدید. این نوع دوره‌ها می‌توانند برای ارتقای سطح مهارت‌های پرسنل نگهداری نیز مورد استفاده قرار گیرند.
- تبادل مهارت‌ها برای تضمین تغییر روشها
- تحلیل سیستماتیک وضعیتهایی که منجر به ایجاد نقص در تجهیزات می‌شوند، به منظور شناسایی روابط بین روشهای نگهداری و قابلیت اعتماد تجهیزات

#### ۵-۵-۲- پرسنل کنترل

فعالیت‌های روزانه پرسنل کنترل، آنها را ملزم به انجام آزمایشهایی در خصوص کارکرد سیستمهای مختلف تونل در بازه‌های زمانی متفاوت می‌کند. این آزمایشها می‌توانند روی تجهیزات در محل انجام شوند و بنابراین این افراد امکان آشنایی با ویژگی‌های سیستمها (مثلاً کارکرد، مکان و عملکرد و ...) را به دست خواهند آورد. همچنین این آزمایشها می‌توانند از اتاق کنترل و از طریق دستورات حرکت - ایست هدایت گردند. این فعالیتها به پرسنل کنترل این امکان را می‌دهند که آگاهی خود را از دستوراتی که به ندرت در شرایط بهره‌برداری عادی تونل به کار می‌روند، تقویت کنند. این فعالیتها می‌توانند به عنوان آموزش ضمن خدمت تلقی گردند.

علی‌رغم مطالب فوق، بعد از مدتی، پرسنل کنترل ممکن است اقدامات مناسب برای وضعیت‌های غیر عادی را فراموش کنند. بنابراین باید دوره‌های تقویتی منظمی برگزار گردد که این دوره‌ها به منظور تضمین اینکه کنترل‌کننده‌ها استانداردهای لازم را کسب کرده‌اند، باید با نظارت همراه باشند.

این دوره‌های "تقویت سطح" می‌توانند برای ارزیابی و توسعه فرایندها نیز استفاده گردند. در واقع، استفاده از یک فرایند بهترین روش برای تأیید آن است، بنابراین شرکت پرسنل کنترل در چنین تمریناتی ضروری است. اما باید تأکید شود که هدف این دوره‌های "تقویت سطح"، ارزیابی سیستماتیک فرایندها نیست، بلکه تنها به عنوان فرصتی برای یادگیری درسها به شمار می‌رود.

سرانجام، باید این نکته را ذکر کرد که فرایندهای کاری نیز می‌توانند از طریق درسهای آموخته‌شده از تمرینات مختلف، با یا بدون حضور سرویسهای اضطراری بهبود یابند (برای مثال تمرینات واقعی یا شبیه‌سازی‌شده).

### ۵-۳- نبروهای مداخله‌گر

آموزش ضمن خدمت برای نیروهای مداخله‌گر باید شامل دوره‌های "تقویت سطح"، کمکهای اولیه و تحلیل سیستماتیک وضعیت‌هایی که در آنها عملکرد نادرست یا تأخیرهای جدی مشاهده شده است، باشد.

### ۵-۶- مانورهای امدادی مواقع اضطراری

#### ۵-۶-۱- مقدمه

طی برنامه‌ریزی و طراحی تونل جاده‌ای، سوانح و موارد اضطراری بالقوه باید شناسایی شده و در طرح کلی تونل و استانداردهای تجهیزات، ارتباطات و سیستمهای اطلاع‌رسانی و کنترل ترافیک منظور شوند. ارزیابی‌های رسمی ریسکها باید انجام شوند و برای هر سناریوی شناخته‌شده ریسک ثبت گردد. با شناسایی، تعریف و طبقه‌بندی سناریوهای ریسک، راهبردهای مداخله‌ای مناسب باید جهت رفع آنها توسعه یابند. این راهبردهای مداخله‌ای در راهنمای اپراتورهای تونل و راهنماهای مداخله پلیس و سرویسهای اضطراری گنجانده شده‌اند.

آزمایش کارایی راهبردهای مداخله‌ای باید قبل از افتتاح تونل به صورت تمرین در محل، روی نقشه طرح یا دستگاه شبیه‌ساز انجام گیرد. در صورت لزوم، راهبردهای مداخله‌ای براساس درسهای آموخته‌شده از مانورها اصلاح می‌شوند. شرکت اپراتور تونل در مانور، تجربه خوبی برای او خواهد بود. زمانی که تونل تعمیر یا اصلاح می‌شود و نیز هنگامی که تغییراتی در سازمانهای مسؤول بهره‌برداری تونل یا مداخله‌گر در مواقع اضطراری اتفاق می‌افتد، این رویه‌ها مناسبند. مانورهای منظم برای مواقع اضطراری باید در طول عمر بهره‌برداری تونل جهت تضمین کارایی دائمی راهبردهای مداخله‌ای برنامه‌ریزی‌شده، انجام شوند. نوبتی کردن مأموریت‌های پلیس و گروه‌های امداد رسانی روش متداولی است. مانورهای منظم برای مواقع اضطراری به این کارمندان جدید کمک می‌کند تا با راهبردهای مداخله‌ای و تونل جاده‌ای آشنا شده و با همکاران خود در سرویسهای دیگر ملاقات کرده و روابط خوبی را در مواقع عادی برقرار نمایند.

### ۵-۶-۲- شرایط

شرایط انجام مانورهای امدادی در مواقع اضطراری اغلب در مقررات ملی [۷] مشخص می‌گردد. اگر این شرایط در مقررات ملی مشخص نشده بود، باید توسط کارفرمای تونل و اپراتورها تهیه گردد تا آموزش و مانورهای مواقع اضطراری قانونمند شوند.

همان‌طور که در بالا بیان شد، وقتی که تونلی تعمیر یا اصلاح می‌شود و نیز در بازه‌های زمانی منظم (که اغلب در مقررات ملی تنظیم شده) و قبل از افتتاح تونل جدید این مانورها باید انجام گردند.

مانور مواقع اضطراری اهداف زیر را دنبال می‌کند:

- نشان دادن کارایی مداخله سرویسهای اضطراری
- آزمایش راهبردهای مداخله‌ای برنامه‌ریزی شده در راهنماهای کاری سرویسهای اضطراری
- بررسی آیین‌نامه‌های سرویسهای اضطراری و کارایی روشهای آموزشی آنها برای مواجهه با تصادفات و حوادث در مقیاسهای بزرگ، به خصوص نسبت به رابطه بین سرویسها
- آزمایش و آشنا نمودن تمامی گروه‌ها با سرویسهای مختلف تونل نظیر منابع تأمین نیرو، روشنایی، تهویه، کنترل زیست محیطی، ارتباطات، آتش‌نشانی، ایمنی، مدیریت و نظارت بر ترافیک
- ارایه آموزش عملی ترکیبی به شرکت‌کنندگانی که نماینده‌های سه سرویس اضطراری اصلی و اداره مسؤول بهره‌برداری تونل می‌باشند
- تأیید کارکرد صحیح همه تجهیزات ایمنی و اضطراری تونل جاده‌ای
- آزمایش اعتبار فرضیات مورد نظر
- ارایه اطلاعات دست اول به سرویسهای اضطراری به خصوص آتش‌نشانیها در خصوص چگونگی شروع و گسترش آتش‌سوزی در داخل تونل

### ۵-۶-۳- انواع مانورهای امدادی

#### ۱- سمینارها (کارگاه‌های آموزشی نیز نامیده می‌شوند)

این مانورها، کارمندان سازمانها را به منظور آگاهی یافتن از مشکلات احتمالی و بحث و گفتگو در خصوص راه‌حلها گرد هم می‌آورد. این کارمندان در قالب سمینار کنار هم قرار می‌گیرند و به بحث و گفتگوهای گروهی می‌پردازند.

#### ۲- تمرینات روی نقشه (تمرینات روی ماکت نیز خوانده می‌شوند)

تمرینات روی نقشه کم‌هزینه بوده و فرصت مناسبی برای شرکت‌کنندگان جهت درک نقشها و مسؤولیتهای دیگر سازمانهای مربوط و تعامل بین آنها فراهم می‌آورند. نقشه‌ای از طرح کلی تونل که مردم و وسایل نقلیه روی آن نمایانگر کاربران هستند و سرویسهای اضطراری به اجرای مانور می‌پردازند. اگر مدل فیزیکی تونل موجود باشد، واقعیت‌پردازی بیشتر فراهم خواهد شد.

یک برنامه تمرین روی نقشه که به خوبی و به طور حرفه‌ای برنامه‌ریزی شده، در دستیابی به برخی یا همه اهداف مانورهای اضطراری مؤثر خواهد بود. این تمرینات، این برتری را نسبت به مانورهای در محل دارند که امکان آزمایش تعداد بیشتری از سناریوهای حوادث را فراهم می‌آورند. بدین ترتیب، این تمرینات مکمل مفیدی برای مانورهای در محل به حساب می‌آیند. البته این تمرینات نمی‌توانند کاملاً جایگزین مانورهای در محل شوند. ممکن است یافته‌های تمرین روی نقشه، انجام مانورهای محدود در محل را جهت رفع نقاط ضعف ایجاب کند. معمولاً یک سمینار یا تمرین روی نقشه باید قبل از برنامه‌ریزی مانور واقعی انجام شود.

### ۳- شبیه‌سازی پست کنترل یا کامپیوتری (تمرینات مجازی نیز خوانده می‌شوند)

امروزه ارایه مدل کاملاً مجازی یک تونل، سناریوهای حوادث، تجهیزات و ترافیک آن توسط کامپیوتر با هزینه‌ای نسبتاً کم امکان‌پذیر است. این مدل می‌تواند به عنوان مکملی برای سمینارها و تمرینات روی نقشه یا به عنوان یک تمرین مستقل به کار رود. مزیت این مدل آن است که سناریوهای مختلف هر زمان که لازم باشد و با کمک گروه‌های مختلف پرسنلی اجرا و آزمایش شده، بدون اینکه مشکلی برای مسافری یا ساکنین محلی ایجاد گردد. نرم‌افزار مربوط به این مدل باید به طور منظم به‌روز شود تا با تغییرات موجود در بهره‌برداری تونل همگام باشد.

### ۴- مانورهای در محل (مانورهای واقعی، عملی، عملیاتی و میدانی نیز نامیده می‌شوند)

مانورهای در محل در داخل تونل و در طول مدت انسداد برنامه‌ریزی شده تونل انجام می‌شود، نه در تونلی با ترافیک معمول. دو نوع مانور در محل وجود دارد:

– مانورهای محدود به محل تونل جاده‌ای که در حضور پلیس و سرویسهای اضطراری محلی انجام می‌شوند.

– مانورهای در دامنه وسیع‌تر که برای آزمایش برنامه اضطراری محلی اجرا می‌شود و ممکن است خارج نمودن مجروحان و امدادسانی به آنها را در بیمارستانهای پیش‌بینی شده برای شرایط اضطراری را نیز در برداشته باشد.

در اجرای این مانورها ممکن است از وسایل نقلیه تصادف‌کرده و واژگون‌شده، مناطق مشخص شده به وسیله مخروطهای ایمنی که نمایانگر صفهای ترافیکی هستند، مجروحان، عابرین پیاده در حال فرار از محل و ماشینهای در آتش استفاده شود. راه‌حل دیگر، قرار دادن تابلوهایی در محل‌های مختلف برای تشریح حادثه به‌وقوع پیوسته است. اگر مانورهای محلی به خوبی برنامه‌ریزی شوند می‌توانند به درستی شرایط تاریکی در یک تونل پر از دود، سروصدا و جریان هوای خنک ناشی از فن‌های تهویه، احساس اضطراب و ترس را نشان دهند. با وجود اینکه این مانورها به علت محدودیتهای زمانی در انسداد تونل و برنامه زمانی پرسنل سرویسهای اضطراری و پلیس، تنها می‌توانند طیف محدودی از سناریوها را پوشش دهند، اما قابل اعتمادترین مانورهایی هستند که نشان می‌دهند در واقعیت چه اتفاقی ممکن است رخ دهد. اگر به پرسنل و کاربران حاضر اطلاع داده نشود که ماشینهای پلیس و امداد حاضر تنها برای انجام مانور در تونل حضور دارند، ممکن است خطری برای آنها به وجود آید.

### ۵- سایر مانورها

خارج از شهرها، اداره آتش‌نشانی می‌تواند از داوطلبانی که تجربه محدودی دارند، بهره‌گیرد. این آتش‌نشانی‌های کم‌تجربه معمولاً برای آتش‌سوزی‌های چمنزارها و گاهی برای آتش‌سوزی خانه‌ها به کار گرفته می‌شوند. آتش‌سوزی یک تونل می‌تواند تجربه جدیدی برای آنها باشد. در نروژ، ادارات راه و مراکز آموزش ایمنی، آشنایی زیادی با نحوه وقوع و گسترش آتش‌سوزی ماشین در تونل دارند. بنابراین اینکه اداره راه مسئولیت چنین آموزشی را بر عهده داشته باشد، منطقی به نظر می‌رسد. بدین منظور این آموزش به صورت برنامه‌ریزی شده و با آتش زدن دو ماشین مستقر در تونل انجام می‌شود. آتش‌نشانی‌ها نحوه گسترش آتش و چگونگی کارکرد سیستم‌های تهویه در مقابل آتش و دود را مشاهده می‌کنند. آنها اجازه خاموش کردن آتش را ندارند، مگر اینکه اوضاع از کنترل خارج شود. این نمایشها معمولاً همراه با تدابیر دیگری که بعداً مورد مطالعه قرار خواهند گرفت، پیش می‌روند. این نمایشها بسیار موفق بوده‌اند و تجربه و دانش خوبی در خصوص تونل و امکان مدیریت این نوع حوادث در تونل را برای آتش‌نشانیها فراهم آورده‌اند.

### ۵-۶-۴- برنامه‌ریزی مانورهای امدادی

در زمان برنامه‌ریزی مانورهای امدادی، طی عمر بهره‌برداری تونل، یک گروه مشاوره در خصوص مانورهای امدادی (EECG)<sup>۱</sup> باید تشکیل شود. EECG نمایندگان سازمان ناظر (overseeing organization)، پلیس، اداره مسؤول بهره‌برداری تونل (The Tunnel Operating Authority)، اداره مسؤول نگهداری و سرویسهای اضطراری را به منظور برنامه‌ریزی، انجام و کنترل مانورهای امدادی برای مواقع اضطراری گرد هم می‌آورد. EECG همچنین مسؤول ارزیابی نتایج مانورها و تضمین اینکه برنامه‌های اضطراری و راهنماهای اقدامات مداخله‌ای با توجه به درسهای آموخته‌شده از مانورها به‌روز شده‌اند، می‌باشد.

تعداد سازمانهای منظور شده در برنامه‌ریزی به هدف مانور بستگی دارد. باید به خاطر داشت که مغایرت بین انواع مانورها ممکن است منجر به حذف برخی جزئیات گردد. بنابراین باید توجه خاصی به استفاده از بیش از یک تمرین مبذول شود. سناریوی حوادث باید با توجه به ریسکهای کلیدی شناسایی شده در کارگاه آموزشی مدیریت ریسک انتخاب شوند. سناریوهای حوادث شامل موارد زیر می‌باشند، البته محدود به این موارد نمی‌شوند:

- آتش‌سوزی در داخل تونل
- تصادفات
- پخش مواد خطرناک
- حمله تروریستی

- سوانحی که مختص تونل ویژه‌ای هستند (مثل سوانح ناشی از جریان ترافیکی متناوب)

EECG باید قبل از مانور چند بار در هفته برای بحث و توافق نظر در مورد هدف و حوزه مانورهای امدادی و برنامه‌ریزی برای اجرای آنها جلسه توجیهی برگزار کند. باید وظایف هر فرد و نحوه اعلام خطر مشخص شود.

- جهت تضمین سلامتی و ایمنی شرکت‌کنندگان در مانور و نگهداری از زیرساخت تونل در مقابل آسیب، محدودیتها باید بررسی شده و به تصویب EECG برسند. محدودیت‌های متداول عبارتند از:
- گروه‌های امدادسانی شرکت‌کننده در مانور ممکن است جهت صرفه‌جویی در زمان سفر و کاهش مشکلات یا ریسک‌های احتمالی ناشی از سفرهای طولانی تحت شرایط اضطراری برای کاربران از قبل در محل خود استقرار یابند (برای شبیه‌سازی سفر در جاده‌های دسترسی متراکم می‌توان زمانهای واقعی مداخله را برنامه‌ریزی نمود).
  - معمولاً تداخل با طرح‌های موجود مدیریت ترافیک قابل قبول نمی‌باشد.
  - مناطقی که در مانور استفاده نمی‌شوند با نوارها، مخروط‌های ایمنی یا تابلوهای ورود ممنوع مشخص می‌گردند.
  - تنها کسانی که در مانور شرکت دارند و ناظران (و شاهدان گماشته‌شده) اجازه ورود به داخل تونل را دارند.
- موارد دیگری که باید مد نظر قرار گیرند عبارتند از:
- حصول اطمینان از اینکه کلیدها یا کدهای دسترسی در محل‌های محافظت‌شده لازم برای مانور وجود دارند
  - کمک‌های اولیه و مواد خوراکی و آشامیدنی
  - تسهیلات و حمل‌ونقل برای پرسنل حاضر در مانور
  - محلی که زخمی‌ها به آنجا منتقل می‌شوند (اگر بیمارستانی نباشد)
  - استفاده از سازمانها و ارگانهای خارجی برای همکاری در مانور (مثلاً استفاده از کلپهای اتومبیلرانی برای فراهم کردن وسایل نقلیه جهت شبیه‌سازی ترافیک و داوطلبانی که نقش کاربران را ایفا می‌کنند)
  - استفاده از تجهیزات ضبط (مثل دوربین‌های ویدیویی)
- مانورهای محلی برای مواقع اضطراری غالباً علاقه‌ای در میان جمعیت محلی و نیز رسانه‌های گروهی ایجاد نمی‌نمایند. در حالی که در مانورهایی که قبلاً انجام می‌شدند، این دو عامل به درستی مورد توجه و بررسی قرار نمی‌گرفتند. تعیین روشهایی برای کنترل افراد دعوت‌نشده و تأمین ایمنی آنها بسیار مهم است.
- باید به موضوع اطلاع‌رسانی صحیح به رسانه‌های گروهی و ارتباط با آنها در حین مانور توجه دقیقی شود. مشارکت بخش روابط عمومی اداره راه نیز ضروری است. دامنه مانور می‌تواند به اندازه‌ای وسعت یابد که علاوه بر نقش فوق‌الذکر، تجربه آموزشی برای بخش روابط عمومی اداره راه نیز به شمار آید.
- شرکت‌کنندگان اصلی در یک مانور شامل پلیس، مأموران آتش‌نشانی، آمبولانسها، اداره مسئول بهره‌برداری تونل و اداره مسئول نگهداری هستند. تعداد حاضرین در مانور (پرسنل و وسایل نقلیه) به بزرگی حادثه و شرایط تعیین‌شده از سوی EECG بستگی خواهد داشت و توسط هر ارگان با توجه به سیاست آن ارگان و سایر تعهدات کاری در زمان مانور تعیین می‌گردد.
- سرویس‌های اضطراری و پلیس باید ناظران رسمی (داوران) که اقدامات مداخله‌ای را نظارت و ارزیابی را هماهنگ خواهند کرد، انتخاب نمایند. تعداد ناظران به بزرگی سانحه و اندازه تونل بستگی دارد و باید پیشاپیش به توافق

سرویسهای اضطراری مربوطه برسد. داوران در مانور شرکت نمی‌کنند، مگر اینکه نیاز مبرمی به رایحه توصیه‌ها یا راهنمایی‌های اصلاحی به منظور حفظ ایمنی، کارایی، هماهنگی و هدف مانور وجود داشته باشد. تمام داوران و ناظران، آشکارا به همین صورت قابل تشخیص خواهند بود.

ناظران رسمی باید در محلهای ویژه‌ای استقرار یابند و فعالیت ویژه‌ای را تحت نظر گرفته و در تمام مدت تمرین در منطقه حضور داشته باشند. هر تغییری در این دستورالعملها فقط باید با تصویب داور صورت گیرد.

ناظران باید اطلاعات تفصیلی را ثبت کنند که شامل ساعت دقیق و پیامدها در موارد مورد لزوم می‌باشد همچنین فعالیتها و توصیه‌های پرسنلی که نظارت می‌کنند را با توجه به هدف و تمایل مانور لحاظ کنند.

صلیب سرخ یا دیگر سازمانهای امدادسانی به کمک داوطلبانی که نقش مجروحان و فراریان از حادثه (در صورت لزوم) را ایفا می‌کنند در مانور حضور دارند. تعداد این افراد به حادثه شبیه‌سازی شده، اندازه و محل تونل بستگی خواهد داشت. همان‌طور که توضیح داده شد، کلپهای اتومبیلرانی محلی برای فراهم آوردن صفهای ترافیکی وسایل نقلیه در ورودی‌های تونل در مانور حضور دارند.

ناظران دیگری از ادارات راه، اداره مسؤول نگهداری، دفاتر محلی برنامه‌ریزی امدادسانی، ادارات محلی بهداشت، اداره مسؤول مسایل زیست‌محیطی، مهندسین مقیم، پیمانکار نگهداری یا اجرا ممکن است در محل تمرین حضور داشته باشند. این نمایندگان در نقاط خاصی استقرار می‌یابند که بتوانند سوانح را تحت نظر داشته باشند، اما احتمال کمی برای تماس مستقیم آنها با پرسنل تمرین‌کننده وجود دارد.

### ۵-۶-۵- جلسات توجیهی و گزارشها

پلیس و پرسنل اصلی سرویسهای اضطراری در یک جلسه توجیهی در خصوص مانور شرکت خواهند نمود. ناظران و داوران مانور قبل از مانور در جلسه‌ای حضور می‌یابند. مدیران قبل از مانور به تمام پرسنل شرکت‌کننده، اطلاعاتی رایحه می‌دهند.

بلافاصله پس از اتمام مانور، همه سرویسها و ارگانها از پرسنل حاضر در تمرین درخواست رایحه اطلاعات می‌نمایند. از جلسه‌ای که میان پلیس، سرویسهای اضطراری، اداره مسؤول بهره‌برداری تونل و اداره مسؤول نگهداری تشکیل می‌گردد، اطلاعات مشترکی به دست می‌آید. EECG باید از قبل در مورد ریاست جلسه توجیهی تصمیم‌گیری نماید. گزارش جامعی از مانور امدادی شامل مشاهدات، نتایج و توصیه‌هایی برگرفته از اطلاعات شخصی پرسنل سرویسهای مختلف باید تهیه گردد.

گزارش مانور امدادی باید توسط EECG که در واقع مسؤول این امر است، بررسی شود تا برنامه‌های شرایط اضطراری و راهنماهای اقدامات مداخله‌ای در بازه‌های زمانی مشخص و با توجه به درسهای آموخته‌شده از مانورها و تمرینات به‌روز شوند. علاوه بر این، EECG، مسؤول تضمین این است که نواقص شناسایی‌شده تجهیزات در حین مانور، برطرف شوند.

## ۶- نوسازی تونلها

### ۶-۱- مقدمه

گاهی اوقات نوسازی یا بهسازی تونلها و یا تأسیسات تونلها ضروری است. طی فعالیتهای نوسازی، اهداف اصلی و نکات مورد توجه باید شامل موارد زیر باشند:

- حفظ حداقل ایمنی برای ترافیک
  - ایمنی برای پرسنلی که در تونل کار می‌کنند
  - ایجاد کمترین اختلال در جریان ترافیک
- شرایط ایمنی و اختلالات ترافیکی می‌تواند با انجام فعالیتهای نوسازی در کمترین زمان ممکن تحت تأثیر قرار گیرد. اگر فعالیتهای نوسازی به خوبی برنامه‌ریزی شده و به طور مناسب انجام شوند، می‌توانند طول دوره‌های نوسازی را کاهش دهند. بخش زیر مبتنی بر این فرضیه است که ایجاد اختلال ترافیکی بیشتر طی دوره زمانی کوتاه این اهداف را بهتر از اختلالات ترافیکی کمتر ولی در دوره‌های زمانی طولانی، مرتفع می‌سازد.

### ۶-۲- نوسازی

نوسازی مشکلات بیشتری را در ترافیک عادی نسبت به نگهداری منظم، جایگزینی، تعمیر یا اضافه نمودن تجهیزات اضافی تأسیسات ایجاد می‌نماید. نوسازی کامل تأسیسات می‌تواند در موارد زیر ضروری باشد:

- تغییر قوانین و استانداردهای ایمنی در تونلها
  - تأسیسات موجود از لحاظ فنی کارایی خود را از دست داده‌اند و قابلیت برآورده کردن استانداردهای مدرن را برای مدت بیشتر ندارند
  - ارتقای وضعیت تونل به منظور حمل‌ونقل کالاهای خطرناک
  - افزایش تقاضای ترافیک
- در تمام موارد توصیه می‌شود که نوسازی همه تأسیسات مربوطه به طور همزمان صورت گیرد. این امر مزایایی دارد از قبیل:

- اجتناب از مسایل سازگاری تأسیسات جدید با تأسیسات قدیمی
- امکان انجام تمامی کارها در یک مدت محدود جهت به حداقل رساندن اختلالات ترافیکی
- از لحاظ مالی بسیار جالب توجه هستند، زیرا گردش پول می‌تواند در یک مدت محدود متمرکز شود و بنابراین می‌تواند بهتر برنامه‌ریزی و مدیریت گردد
- توانایی تمرکز روی انجام سریع و ایمن فعالیتهای

### ۳-۶- نوسازی و تطبیق تأسیسات و سازه‌های در حال بهره‌برداری

هر فعالیتی که بر روی تأسیسات در داخل یا خارج دهانه‌های تونل انجام شود، بر میزان راحتی و ایمنی تونل تأثیر منفی می‌گذارد و بنابراین باید تا حد امکان محدود شود. جهت جلوگیری از تأخیر در پیشرفت کار هر گونه تلاشی باید صورت پذیرد. به همین خاطر، نوسازی و بهسازی تونلهای در حال بهره‌برداری نیاز به آماده‌سازی و برنامه‌ریزی مفصل دارد. کار در یک تونل در حال سرویس‌دهی، برای کارگران خطرناک بوده و بنابراین باید اقدامات ویژه‌ای برای حفاظت و ایمنی صورت گیرد.

هرگاه پس از انسداد تونل، راه بر روی جریان ترافیک عبوری باز شود، توجه زیادی باید به پاکسازی و تمیز کردن جاده مبذول شود تا از وقوع تصادف ناشی از ابزار و مصالح به‌جامانده در تونل یا راه جلوگیری به عمل آید. به طور مشابه، بعد از کارهای موقتی یا انجام‌نشده، منطقه باید کاملاً ایمن شده و برای سرویس‌دهی آتی آماده گردد.

### ۴-۶- بستن کامل تونل طی عملیات نوسازی

تجربیات عملی در زمینه نوسازی تونل در بسیاری از موارد نشان داده که بستن کامل تونل در طی فعالیتهای نوسازی در مقایسه با کار در تونل در حال سرویس‌دهی مزایای زیادی دارد.

مزایای بستن کامل تونل عبارتند از:

- کار ۲۴ ساعته در روز و ۷ روز هفته با تمام پرسنل امکان‌پذیر می‌باشد. بدین ترتیب، طول مدت نوسازی به طور قابل ملاحظه‌ای کوتاه می‌شود.
  - محیط کاری ایمن‌تر در داخل تونل
  - هیچ اقدامات خاصی برای کارهای داخل منطقه بسته‌شده بر روی ترافیک ضروری نیست.
- نتایج این اقدام روی ترافیک ظاهراً مهمند، ولی اختلالات ترافیکی اگر انسداد تونل به خوبی برنامه‌ریزی شود، می‌توانند به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یابند. قبل از بستن تونل، اطلاع‌رسانی منطقه‌ای و یا اطلاع‌رسانی در سطح ملی ضروری می‌باشد (به عنوان مثال از طریق تلویزیون، رادیو، اینترنت، بیلبوردها، انتشار شماره تلفنهای عمومی برای کسب اطلاعات و رایحه انتقادات). بعد از دوره اولیه که ترافیک نسبتاً دچار اختلال می‌شود، اغلب کاربران مسیرهای جایگزین را می‌یابند. رعایت زمان‌بندی کارها الزامی است. باید به خاطر سپرد که خارج از حوزه کاری به علت ترافیک سنگین‌تر در مسیرهای جایگزین، اقدامات ویژه‌ای لازم می‌باشد.

بستن تونل برای نوسازی (در صورت امکان) توصیه می‌شود. اما بسته به شرایط محلی، مسیر انحرافی ممکن است بسیار طولانی باشد. ریسکها و هزینه‌های مسیر انحرافی طولانی در کوتاه‌مدت باید در مقابل ریسکها و هزینه‌های بستن قسمتی از مسیر تونل در مدتی طولانی‌تر متعادل گردد. برای پشتیبانی از یک تصمیم می‌توان هزینه مسیرهای انحرافی از قبیل مسافت اضافه‌شده و تأخیرهای ناشی از آن را محاسبه نمود. در موارد خاص، بستن تونل غیر ممکن است. برای نمونه، در مواردی که تونل تنها راه مناسب برای عبور از یک تنگه یا رشته‌کوه باشد، به طوری که مسیرهای

جایگزین وجود نداشته باشند یا مناسب نباشند و یا بسیار پرهزینه باشند، نوسازی و تطبیق سازه‌ها و تأسیسات باید در حین بهره‌برداری تونل انجام شود.

### ۶-۵- کار در حین عبور ترافیک

وقتی که کار نوسازی به ناچار باید در حین عبور ترافیک انجام شود، اقداماتی از قبیل مواردی که در ادامه می‌آید باید صورت گیرد:

- اقدامات ایمنی و محیطی برای کارگران طبق قانون ملی و یا استانداردها. مسأله این است که کار کردن در دهانه تونلی که ترافیک در آن جریان دارد مجاز نیست، مگر اینکه اقدامات وسیع (و پرهزینه‌ای) برای حفظ ایمنی کارگران انجام شود (برای مثال ساخت دیواره‌های موقتی برای مجزا کردن کارگران از ترافیک)
- در تونلهای دودخانه، یکی از دهانه‌های تونل را می‌توان برای فعالیتهای نوسازی بست، به طوری که جریان ترافیکی در دو جهت در یکی از تونلها برقرار گردد. در تونلهای با ترافیک سنگین، این روش برای مدت طولانی‌تر منطقی نیست، زیرا در این وضعیت نرخ تصادفات افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد.
- جایگزین مطمئن‌تر به جای استفاده از یک دهانه تونل برای ترافیک هر دو جهت می‌تواند یک‌طرفه کردن متناوب تونل برای هر جهت و برای مدت مشخصی که به میزان نسبی جریان ترافیکی آن جهت بستگی دارد، باشد. این روش مطمئناً ریسک تصادفات از روبرو و تعداد بالقوه وسایل نقلیه درگیر در سوانح را کاهش می‌دهد.
- اسکورت وسایل نقلیه حامل کالاهای خطرناک از داخل تونل

## ۷- ابزارهای ارزیابی ریسک

### ۷-۱- مقدمه

ابزارها و روشهای متعددی برای تحلیل ریسک وجود دارند. سه مورد از آنها که به زعم گروه کاری می‌توانند مورد توجه خاص طراحان و اپراتورهای تونل قرار گیرند، در ادامه تشریح می‌شوند.

### ۷-۲- روش OECD/ PIARC

این مدل به واسطه همکاری OECD و PIARC ایجاد شد و QRAM<sup>۱</sup> (مدل تحلیل کمی ریسک) نام گرفت. این مدل در مورد ریسک عبور کالاهای خطرناک از تونل و یا در جاده‌های مجاور تونل بحث می‌کند. یک مدل پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSM)<sup>۲</sup> برای کمک به اپراتورهای تونل و سایر افراد در فرایند تصمیم‌گیری تهیه شده است (برای کسب اطلاعات بیشتر به آدرس [www.oecd.org](http://www.oecd.org)، لینک حمل‌ونقل مراجعه کنید که حاوی اطلاعاتی در مورد نشریه OECD /PIARC چاپ ۲۰۰۱، با موضوع "ایمنی در تونلها: عبور کالاهای خطرناک از تونلهای جاده‌ای" می‌باشد).

### ۷-۳- روش USA

سند FHWA تحت عنوان "پیشگیری و کنترل آتش‌سوزی در تونلهای جاده‌ای" [۵] روشی را برای پیش‌بینی احتمال سالیانه تلفات تصادفات در تونلها بر اساس معادله توزیع پواسون (Poisson Distribution) توصیف می‌نماید.

### ۷-۴- شماره اولویت ریسک (RPN)

پس از شناسایی سناریوهای ریسک (فصل ۳)، روشی ساده و مؤثر به منظور تعیین ریسک‌هایی که از لحاظ مدیریتی مهم و باارزشند، مورد استفاده قرار گرفت که این روش، شماره اولویت ریسک (RPN)<sup>۳</sup> نام داشته و در انگلستان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش دانش ریاضی مختصری را می‌طلبد و دانش و تجربه عملی واقعی می‌تواند در یک کارگاه آموزشی مدیریت ریسک که در آن RPNها تعیین می‌شوند، مؤثر واقع گردد. فرایند آن به صورت زیر است:

- تمامی خطرات در نظر گرفته شده را شناسایی و فهرست‌بندی کنید. برخی از خطرات مشابه، مانند شروع آتش‌سوزی یک اتومبیل، آتش‌سوزی اتومبیل یا کامیون و غیره را بایستی به جای طبقه‌بندی در گروه کلی "آتش‌سوزی وسایل نقلیه"، کاملاً مجزا از هم مورد مطالعه قرار داد. احتمالات و عواقب صدمه به زیرساخت و ایمنی انسانها بسیار متفاوت خواهند بود،
- برای یک دوره زمانی مشخص، مثلاً ۵ سال آینده، اعضای کارگاه آموزشی با توجه به تجربیات عملی یا بررسی سوابق، فراوانی احتمالی وقوع خطر در آن دوره زمانی را تخمین می‌زنند. در صورت به توافق

1- Quantitative Risk Analysis Model

2- Decision Support Model

3- Risk Priority Number

- نرسیدن، درجه احتمال وقوع حادثه (EPS)<sup>۱</sup> یا دامنه تغییرات آن را ثبت می‌شود. این روش به علت عدم نیاز به عدددهی دقیق جهت ارزیابی خروجی‌های نهایی معتبر مورد استفاده قرار گرفت.
- به طور مشابه، در مورد درجه تأثیر حادثه (EIS)<sup>۲</sup> برای هر خطری که وقوع آن در تونل مورد مطالعه محتمل است، باید اتفاق نظر وجود داشته باشد. هرگونه افزایش تأثیر ناشی از تأخیر در تشخیص ریسک باید مورد توجه قرار گیرد. بین احتمال وقوع یک ریسک و اثر آن در صورت وقوع، تفاوت وجود دارد.
  - برای تعیین شماره اولویت ریسک (RPN) عدد EPS را در EIS ضرب کنید.
  - سناریوهای ریسک اصلی را با توجه به ارزش RPN تعیین‌شده (به ترتیب اولویت) طبقه‌بندی کنید.
  - از اقدامات مربوط به شماره اولویت ریسک و جداول راهبردهای واکنش احتمالی برای تعیین نحوه مدیریت و پاسخگویی در برابر ریسک استفاده می‌شود.
  - تمامی تصمیمات در جدول ریسکها ثبت می‌شوند و اینکه تمام اقدامات لازم انجام شده‌اند، تضمین می‌گردد.
  - در صورت تغییر شرایط، مثلاً افزایش ترافیک و یا سازماندهی مجدد سرویسهای اضطراری، تمامی مراحل بالا تکرار می‌شوند.
- برای مشاهده نمونه کاربردهای این روش به ضمیمه E رجوع کنید.

---

1- Event Probability Score

2- Event Impact Score

## ۸- ابزارهای تصمیم‌گیری مالی

### ۸-۱- مقدمه

این بخش، برخی ابزارهای مربوط به بهبود مداوم خروجی همراه با کاهش سطح ورودی و منابع (مالی و غیره) را تشریح می‌کند. جوابگویی و پیگیری تصمیم‌گیری‌ها نیازمند بررسی بیشتری است. همزمان، تقاضا برای بهبود کیفیت خروجی در حال افزایش است. در مورد تونل‌های جاده‌ای، کیفیت خروجی به منزله میزان دسترسی تونل برای کاربران، قابلیت اطمینان در بهره‌برداری از آن، احساس ایمنی که ایجاد می‌کند، روانی ترافیک و تمایل به استفاده از آن می‌باشد. از منظر مدیر یا ناظر تونل، این پیگیری موجب افزایش هزینه شده و در نتیجه کنترل مستمر و دقیق رابطه هزینه/ کیفیت و ایمنی را می‌طلبد. این بخش به ارایه چند ابزار برای دستیابی به این هدف می‌پردازد. وقتی هدف مورد نظر تعیین ارزش پول (VFM)<sup>۱</sup> باشد، مهندسی ارزش (The Value Engineering) روشی مهندسی برای دستیابی به VFM خواهد بود. تعیین هزینه طول عمر، محاسبه خالص ارزش فعلی نوعی ابزار به شمار می‌رود. ارزیابی عملکردها برای تعیین میزان دستیابی به VFM می‌باشد. در هنگام بررسی این مسایل، هزینه هر گونه ایجاد مزاحمت برای کاربران تونل بایستی به طور مداوم در نظر گرفته شود. با توجه به ارزیابی دانش پرسنل و قابلیت اپراتور در ایفای نقش خود، یک تحلیل فاصله امکان شناسایی همه تفاوت‌های بین مهارت‌های لازم و قابلیت‌های واقعی سازمان را فراهم می‌آورد.

## ۸-۲- تعیین ارزش پولی

### ۸-۲-۱- مقدمه

"تعیین ارزش پولی، ترکیب بهینه کیفیت و هزینه چرخه عمر می‌باشد که به طور کامل نیازهای کاربران راه را برآورده می‌سازد و بس". اساساً، تعیین ارزش پولی فرایندی است برای نشان دادن اینکه همه جنبه‌های سرمایه‌گذاری به خوبی لحاظ شده (یا خواهند شد) و بودجه به درستی مصرف شده است. در غیر این صورت، منابع محدود ممکن است به بخش دیگری معطوف گردند. رویکرد VFM، از راهبرد خرید بی‌پروا و اغلب بی‌فایده تولیدات و خدمات انتخابی با نازل‌ترین قیمت اولیه تا انتخاب تولیدات و خدمات ضروری و مناسب که بهترین ارزش را برای پول سرمایه‌گذاری شده ارایه می‌دهند، حرکت می‌نماید. رویکرد VFM منجر به ظهور یک روش پاسخگو و قابل پیگیری برای تصمیم‌گیری و تأمین بودجه طراحی، ساخت، بهره‌برداری و نگهداری تونل می‌گردد. تعیین ارزش پولی تنها زمانی از سوی ناظران بیرونی محقق می‌گردد که چنین روشهایی به طور سیستماتیک در فرایندهای تصمیم‌گیری به کار گرفته و ثبت شوند.

گرایش رایج این است که اپراتورهای تونل جاده‌ای که در دستیابی به VFM ناموفقند، در معرض تقلیل بودجه نگهداری، کاهش نیروی انسانی و واگذاری احتمالی نقش اپراتورها به پیمانکار جزء یا خصوصی‌سازی قرار دارند. هزینه‌های زیست‌محیطی، ملاحظات کیفی می‌باشند که در حال حاضر در ارزیابی هزینه‌ها قابل لحاظ شدن نیستند. هر چند که هزینه‌های مرتبط با کاهش اثرات نامطلوب زیست‌محیطی را می‌توان منظور نمود. پیشنهاد می‌شود که سرمایه‌گذاری در حفاظت از محیط زیست به طور جداگانه ثبت گردد. بسیاری از کشورهای دارای زیرساخت‌های کاملاً

1- Value For Money

توسعه یافته، بخشی از بودجه را در فعالیتهای بهره‌برداری و نگهداری دارایی‌های موجود صرف می‌کنند که در مقایسه با میزان صرف شده در زیرساختهای تازه تأسیس در حال افزایش می‌باشد. زیرساخت با گذر زمان از لحاظ اندازه رشد کرده و مستهلک می‌شود (اگر به خوبی نگهداری نگردد). چالش اصلی این است که چگونه چنین هزینه‌های بهره‌برداری کنترل شوند و تمامی کارکردهای ضروری و مورد توافق (و نه بیشتر) با کمترین هزینه فراهم گردند. اگر تصمیم با موفقیت اتخاذ گردد، VFM حاصل خواهد شد.

هزینه‌های چرخه عمر (به جای هزینه‌های اولیه و کوتاه مدت) در مقیاس بسیار بزرگتری لحاظ می‌گردند. لحاظ نمودن هزینه‌ها در بازه‌های زمانی کوتاه مدت به علت افزایش هزینه‌های کلی تعمیر و نگهداری در بازه کوتاه چندساله منطقی نمی‌باشد. باید با مصرف عاقلانه بودجه‌های اضافی در جاهای دیگر، بر ارزش عملیاتی افزود. به طور خلاصه، تعیین ارزش پولی بر موارد زیر دلالت می‌کند:

- تأیید مجدد کارکردهای تونل جاده‌ای از طریق مباحثه و توافق با تمامی طرفهای ذینفع (به طور مثال کاربران راه، پلیس، سیاستمداران، صنایع و ساکنان محلی و غیره)
- ارزیابی تمامی گزینه‌های ممکن که جهت حصول سطوح عملکرد و کارکردهای توافقی در دسترس می‌باشند.
- دستیابی به کارکردهای دارای قابلیت اعتماد، ایمنی و صرفه‌جویی اقتصادی در طول مدت عمر تونل.
- اطمینان از اینکه فرایندهای تصمیم‌گیری به جای محدود و کنترل شدن به طور وسیع اطلاع‌رسانی می‌شوند.
- تبیین فرهنگی که به طور مداوم در پی کیفیت همراه با صرفه‌جویی، قضاوت درست، بهبود و نوآوری باشد.
- برای دستیابی به VFM، تمامی فرایندها باید به طور منظم بازنگری شوند تا از برقراری مناسب جنبه‌های زیر اطمینان حاصل گردد:

- برنامه‌ریزی و پیش‌بینی تغییرات (به جای واکنش در برابر تغییرات)
- مدیریت ریسک
- مهندسی ارزش کارکردهای اجزای مختلف
- تعیین هزینه چرخه عمر
- مشارکت با طرفهای ذینفع، بنابراین آنها بهتر می‌توانند برای افزودن ارزش به عملکردهای شما همانند عملکردهای خودشان برنامه‌ریزی کنند.
- قابلیت پایداری و بازیافت (بازگشت به سرویس‌دهی)
- شنیدن و پاسخگویی به بازخوردها، برآورد عملکردها برای یافتن بهترین روش رایج و برآوردن نیازهای مشتریان (کاربران راه) به شدت پیشنهاد می‌گردد.

## ۸-۲-۲- ارتباط مدیریت ارزش با مهندسی ارزش

مهندسی ارزش (VE)<sup>۱</sup> به طور کامل در بخش بعدی تشریح می‌شود، اما این نکته مهم است که بدانیم VE تنها یک بخش از چندین جزء فرایند مدیریت ارزش (VM)<sup>۲</sup> را که برای حصول واقعی VFM نیاز است، تشکیل می‌دهد.

1- Value Engineering

2- Value Management

در اصل VE (فراهم کردن کارکرد ضروری با حداقل هزینه) تنها در مورد مسایل مهندسی تفصیلی برای ساخت و ساز جدید به کار گرفته شد. VE بر انتخابهای دقیق فنی در پروژه تمرکز دارد. اساساً VE دو یا چندین گزینه فنی ممکن را با هم مقایسه می‌کند تا از میان آنها یک گزینه را برای حل معضل فنی مورد نظر انتخاب نماید. لزوماً VE حل معضل فنی را تضمین نکرده و حل آن را منوط به اهداف عملیاتی کلان‌تر می‌داند و نیز صحت سؤالات پرسیده شده در وهله اول را تضمین نمی‌نماید.

ممکن است VE اقتصادی‌ترین خودروی سواری را انتخاب کرده باشد، اما مشتری در واقع یک دوچرخه درخواست نموده باشد. VM فرایند بازنگری سطح بالاتری است که بجا بودن اهداف اولیه سیستم فعالیتها که مورد توافق قرار گرفته و عدم تغییر آن در طول زمان را تضمین می‌نماید. VM اطمینان می‌دهد که مشتری واقعاً به دوچرخه‌اش برسد.

اهداف کلان‌تر به راحتی ممکن است هنگام تصمیم‌گیری در مورد نکات ریز جزییات فنی، نادیده گرفته شوند. به طور مثال، اگر خانه شما در آتش می‌سوزد، یک سطل بزرگ ارزش بیشتری (VE) از یک سطل کوچک سوراخ دارد، هر چند هیچ‌کدام از آنها آتش را خاموش نمی‌کنند، مگر اینکه یک منبع خارجی آب برای پر کردن سطل وجود داشته و یک تلفن برای تماس با تیم آتش‌نشانی در دسترس باشد. اجزای مناسب لزوماً به خودی خود سیستم مطلوبی ایجاد نمی‌کنند و VFM را تضمین نمی‌نمایند. باید عناصر مناسبی برای یک سیستم خوب انتخاب شوند.

اهداف کلان‌تر ممکن است در سازماندهی‌های پیچیده که در آن افراد بسیاری در بخشهای کوچکی از حل مسأله دخیل هستند نیز نادیده گرفته شوند. هر بخش، نیازهای پروژه را به روش خود تفسیر می‌کند، به جز یک نفر (مدیر یا تیم بازنگری VM) که وظیفه‌اش ایجاد هماهنگی، اصلاح و بازنگری و فراتر از همه اینها برقراری ارتباط با دیگران پیرامون نیازهای کلان‌تر در سطح بالاتر می‌باشد.

به جای یک روش خاص، یک روش استدلال و بررسی به کار رفته است که کارایی مهندسی ارزش را تضمین می‌نماید. به تازگی دریافته‌اند که چنین روش استدلالی را می‌توان در زمینه‌های مهم دیگری هم چون بهبود عملکرد و نگهداری استفاده نمود. مثالی از VE برای یک اپراتور تونل تعیین نحوه بهبود ایمنی و امنیت (دو کارکرد اصلی) تا سطح قابل قبول خواهد بود. آیا اپراتور باید دوربینهای CCTV بیشتر، حلقه‌های آشکارساز وسیله نقلیه، سنسورهای حرارتی و غیره یا ترکیبی از این تجهیزات را فراهم آورد؟ تمامی این تجهیزات می‌توانند کارکردهای اصلی را تا حدی تضمین کنند، اما تمامی آنها عملکردهای مختلف، نیازهای متفاوت برای نصب، جایگزینی، انسداد و چرخه عمر و مشکلات متفاوتی از تعمیر و نگهداری دارند. این مسایل فنی در چارچوب مهندسی ارزش به عنوان کارکردهای فرعی شناخته می‌شوند که به کمک همان روشها برای تعیین بهترین ارزش طبقه‌بندی می‌گردند.

CCTV می‌تواند در رده بالایی قرار گیرد، زیرا تجهیزات آن نسبتاً ارزان بوده، نصب، نگهداری و جایگزینی آن راحت است، قابل اطمینان بوده و مانند حلقه‌های آشکارساز وسیله نقلیه، موجب انسداد طولانی مدت تونل نمی‌شوند. هرچند که اگر تسهیلات کنترلی محدود به اوقات روز باشند، VFM هنوز حاصل نشده است. علاوه بر بودجه‌های صرف‌شده برای دوربینهای CCTV، بودجه‌های اضافی برای ارایه راه‌حلهای جایگزین در بقیه ساعات شبانه‌روز باید فراهم گردند.

مثال دیگری از VE می‌تواند انتخاب بین دو گزینه باشد، به طور مثال ارتباط ۵ تونل به ساختمان جدید و بزرگتر کنترل مرکزی به جای ادامه ارتباط هر تونل با ساختمانهای جداگانه. VE به تنهایی فقط به این می‌انديشد که آیا صرفه‌جویی در منابع انسانی باعث توجیه سرمایه‌گذاری در ساختمان جدید در مدت زمان مشخص می‌شود یا نه و لزوماً به افق وسیع‌تری نمی‌نگرد.

در مجموع VM سؤالات گسترده‌تری را بیان می‌کند:

- ما در مقوله کنترل واقعاً به دنبال چه هستیم؟
- آیا راههای دیگر و حتی ارزان‌تری برای دستیابی به کارکردها و عملکرد مشابه وجود دارند؟
- سرویسهای اضطراری و مردم چگونه واکنش نشان می‌دهند؟
- مراکز کنترل متروکه در چه اموری می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند؟
- چه ریسکهای دیگری باید مدیریت شوند؟
- آرایش مجدد پرسنل مرکز کنترل به بهترین نحو چگونه است؟
- در صورت کم شدن تعداد کارکنان، چگونه ضرر از دست رفتن دانش عملیاتی را به حداقل کاهش دهیم؟

### ۸-۲-۳- چارچوب تعیین ارزش پولی

یک چک‌لیست نمونه در مورد چارچوب اجزای VFM برای لحاظ شدن توسط اپراتور تونل در زیر آورده شده است که در دستیابی بهتر به VFM کاربردی می‌باشد:

- تعیین نیازهای کاربران راه، اپراتور، سرویسهای اضطراری، محیط زیست، سیاستمداران و غیره با استفاده از مطالعه مدیریت ارزش.
- تعیین همه محدودیتهای خارجی که می‌توانند گستره گزینه‌های ممکن را محدود سازند.
- تعیین اینکه در تیم اپراتورها چه کسی مسئول انجام چه کاری خواهد بود.
- شناسایی و ارزیابی گزینه‌هایی که نیازهای تعیین شده را با استفاده از مطالعه مدیریت ارزش برآورده می‌سازند. مطالعات مهندسی ارزش در مورد گزینه‌های فنی در کل چرخه عمر ممکن است در بسیاری از مراحل و با توجه به راهبرد فراهم‌سازی ضروری باشد.
- شناسایی ریسکها، مدیریت و کاهش آنها و تخصیص هزینه بر حسب زمان و اثر کیفی. به تدریج با پیشرفت کارها، فهرست ریسکها به‌روز می‌شوند.
- مشارکت دادن هرچه زودتر طراحان، پیمانکاران و تولیدکنندگان. مشاوره با دیگر اپراتورها. بررسی مشارکتها، سهم ریسکها و اعطای جوایز
- تهیه یک تحلیل تعیین نیازها، گزینه‌ها، ریسکها، هزینه‌های پایه و هزینه‌های چرخه عمر و نیز در نظر گرفتن ریسکها برای هر راه‌حل. لحاظ نمودن راهبردهای تدارک و کنترل هزینه‌ها. اجتناب از به کار گرفتن روشهای ثابت‌نشده در زمینه‌های بسیار مهم و عقد قراردادهای محلی در حالی که فعالیت طراحی هنوز در حال اجرا باشد.

- تعیین بودجه برای گزینه انتخابی و ریسکهای مربوط به آن
- تأیید اینکه نیازها پاسخ داده می‌شوند.
- به دست آوردن موافقت‌های مالی
- توجه به فرایند برگزاری مناقصه در دو مرحله: پیشنهاد مالی تنها زمانی مورد مطالعه قرار می‌گیرد که پیشنهاد فنی از کیفیت مناسب برخوردار است و برگزارکننده مناقصه دریافت کاملی از پروژه داشته باشد.
- اطمینان از اینکه تازه‌واردان به کار در تمامی مراحل، اهداف و سهم کاری که از ایشان انتظار می‌رود را کاملاً درک می‌کنند. اولویتهای بین کیفیت، هزینه و زمان کدامند؟
- شروع اقدامات و بازبینی منظم کیفیت، آزمایش و بازرسی، مطالعات غیر مرتبط، مطالعات مهندسی ارزش و مطالعات هزینه‌های چرخه عمر، پیشرفت کارها، ریسکها و هزینه‌ها، کنترل تغییرات، ایمنی و آموزش اپراتور. تأیید اینکه کارها با گذشت زمان از اهداف مورد توافق فاصله نمی‌گیرند.
- بعد از پایان، بررسی آموخته‌های به‌دست‌آمده از کل پروژه. کسب نظرات همه تولیدکنندگان. تعیین بهبودهای احتمالی برای آینده. به اشتراک گذاشتن یافته‌ها با دیگران

#### ۸-۲-۴- تخصیص ریسک و تضمین

برای هر ریسکی که قرار است مدیریت شود، تخمین هزینه کلی بهره‌برداری (C) و در صورت وقوع، تخمین احتمال وقوع (P) مورد نیاز است.

با ضرب P در C، محتمل‌ترین هزینه ریسک به دست می‌آید. با جمع کلی (مثلاً  $\sum P \times C$ ) ریسکها، حداکثر احتمال وقوع ریسکها به دست می‌آید. وقوع تمامی ریسکهای شناخته‌شده غیر محتمل به نظر می‌رسد و از روشهای ساده Monte Carlo می‌توان برای یافتن سطح مالی مجموع ریسکها که معمولاً به بیش از ۵ درصد تجاوز نمی‌کند، استفاده نمود. یک اپراتور تونل خصوصی ممکن است بخواهد در مقابل چنین ریسکهایی یا برخی از آنها بیمه شود. یک ارگان دولتی بزرگ دارای چندین تونل می‌تواند با متعهد نمودن کامل خود به کنترل همه ریسکها به نحو بهتری به VFM دست یابد، حتی اگر احتمال وقوع در یکی از آنها باشد، اگرچه بسیار غیر محتمل است که همه این ریسکها در واقع در همه تونلها رخ دهند.

#### ۸-۲-۵- معیار ارزش‌دهی به پول

معیار VFM تلاش می‌کند که دریابد "قبل و بعد" از دستیابی به ترکیب کیفیت و هزینه چرخه عمر، برای پاسخگویی به نیازهای کاربران راه چه منفعتی حاصل می‌شود. این معیارها بر روی اجزای هزینه که آسان‌تر تعیین می‌شوند، متمرکز می‌گردند. بهبود کیفیت باید با هزینه‌های انسداد ناشی از عملیات نگهداری، هزینه‌های مصرفی پایین‌تر و هزینه کمتر برای زمان کاری پرسنل نگهداری حاصل شود. پیشنهاد می‌شود تنها نواحی دارای مخارج و هزینه‌های سنگین برای تعمیرات اساسی مورد بازبینی قرار گیرند. به عنوان مثال، از اصل پارتو (The Pareto Principle) که بیان می‌کند ۸۰ درصد هزینه‌ها برای ۲۰ درصد اقلام صرف می‌شوند، استفاده نموده یا حداقل بیشتری برای هر مورد هزینه

تعیین نمایید. اگر قرار است مزایای کارایی در زمینه بهره‌برداری نشان داده شوند، آنگاه لازم است موارد هزینه‌ای پایین‌تر نیز لحاظ شوند، زیرا جمع آنها می‌تواند مبلغ هنگفتی گردد. روش دیگر، ارزیابی درصد ابزارهای VFM (روشهای متعدد که قبلاً ذکر شد) به منظور ارایه نظریه‌ای دقیق در خصوص مزایای احتمالی است. تورم رایج باید مانند هر گونه تغییر در نرخ مالیاتها در محاسبات در نظر گرفته شود. در مورد سودهایی که سالهای متعددی برای کسب آنها طول می‌کشد، تکنیکهای ارزش خالص فعلی (NPV) باید مورد استفاده قرار گیرند.

چهار زمینه خاص می‌توانند مورد بررسی قرار گیرند:

- ۱- کاهش هزینه‌های انبارداری، سفارش‌دهی، برگزاری مناقصه و معامله
  - ۲- بهبود فرایندهای بهره‌برداری و نگهداری جهت مدیریت دارایی
  - ۳- ایجاد رابطه "برد - برد" برای بهبود روابط با تولیدکنندگان
  - ۴- مشارکت با دیگر اپراتورهای تونل جهت خرید کالاها و خدمات
- برای مورد (۱) بررسی تدارکات الکترونیکی، هماهنگ‌سازی سفارشها و صورت‌حسابها، کاهش سطح تقاضا، تعدیل الگوهای تحویل، اسناد و مشخصات استاندارد و نیز چالش با اپراتورهایی که شرایط آنها ناسازگار می‌باشد.
- برای مورد (۲) پیگیری برای کاهش ساعات و تناوب انسداد تونل، کاهش مصرف انرژی، کاهش خرابی تجهیزات، هزینه‌های مصرفی کمتر و کاهش تعداد پرسنل.
- برای مورد (۳) پیگیری برای کاهش هزینه خرید کالاها و خدمات در رابطه با آخرین قرارداد یا بهترین قیمت کنونی بازار، مذاکرات برای هزینه کمتر، بهترین شرایط پرداخت، ضمانت‌نامه‌ها، بهبود کیفیت سرویس‌دهی چرخه عمر و قابلیت پایداری، افزایش حجم (اقلام بیشتر با همان قیمت صورت حساب).
- برای مورد (۴) پیگیری برای سود مورد (۳) و همچنین کارایی حاصل از خرید حرفه‌ای و زمانهای تحویل کوتاه‌تر. از محاسبه دوباره سودی که هم خریدار اصلی و هم هر کدام از اپراتورهای تونل به آن نایل شده‌اند، بایستی اجتناب شود.

## ۸-۲-۶- ارزیابی مزایا

مزایا را می‌توان با روشهای متعدد به صورت نسبتهای چرخه عمر ارزیابی نمود:

- نسبت کل هزینه تولیدکننده به کاهش هزینه
  - نسبت هزینه نگهداری سالیانه به معکوس ساعات انسداد تونل در سال
  - نسبت کاهش هزینه‌ها به سود حجم
  - نسبت بهترین شرایط به بهترین کیفیت
- مثالی از نسبت کاهش هزینه‌ها به سود حجم می‌تواند در مورد هارد درایوهای کامپیوتر به کار رود. در سال ۲۰۰۱، حجم ۲۰ گیگابایت را می‌شد با قیمت ۸۵ پوند انگلستان با قیمت سال ۱۹۹۶ خرید. در سال ۱۹۹۶ قیمت درایو ۲ گیگابایت ۱۶۰ پوند بود. نسبت سود برای خرید یک هارد درایو "بزرگ" به صورت زیر است:

$$(160-85) / (20-2) = 4/17$$

کل هزینه تولیدکننده به کاهش هزینه بایستی کاهش هزینه‌های خرید هر اپراتور مسؤل خرید از مجموع هزینه‌های خریدار اصلی را مد نظر قرار داد. در نسبت بهترین شرایط به بهترین کیفیت باید کاهش زمان پرسنل نگهداری لازم لحاظ گردد. سایر مزایا را تنها می‌توان با ارزیابی کاهش هزینه‌های انبار، فاکتورهای مصرف انرژی، زمان پرسنل، هزینه‌های معاملات و خریدها محاسبه نمود.

یک روش معمول، تقسیم هزینه‌ها و صرفه‌جویی‌ها به سه بخش یا سه مرکز هزینه‌ای می‌باشد:

- هزینه‌های سرمایه‌ای دارایی‌ها
  - هزینه‌های عملیاتی داخلی و خارجی
  - هزینه‌های بهره‌برداری، نگهداری، واگذاری و تعویض در طول چرخه عمر
- هدف، علاوه بر کسب نسبت‌های کاملاً تفصیلی و معین، بهبود سالیانه می‌باشد.

#### ۷-۲-۸- اهداف بهبود VFM

درصدها باید به طور واقع‌بینانه‌ای سال به سال بهبود یابند. تمامی عملکردها می‌توانند به کارایی برسند، اما کارایی تنها زمانی حاصل می‌شود که به عملکردها به طور نظام‌مند نگریده شود. اهداف بهبودها باید ارتقا یابند، اما نه آن قدر که غیر قابل دسترسی گردند. فاصله بین نتایج به‌دست‌آمده از اهداف پیش‌بینی‌شده، باید به اهداف سال آینده اضافه شود. درصدهای بهبود بایستی در طول زمان کاهش یابد، زیرا دستیابی به اهداف آسان امکان‌پذیر است. یک منحنی یادگیری باید برای سال اول ترسیم شود. جدول (۸-۱) مثالی از برنامه اهداف را نشان می‌دهد. در اینجا درصدهای هدف برای بهره‌برداری تونل نسبتاً پایین در نظر گرفته شده‌اند و عقیده بر این بود که نسبتاً کارا باشند. کاهش بالقوه هزینه‌ها در سال صفر به سرعت با هم جمع می‌شوند، به طوری که در پایان سال دهم، ۳۹/۶ درصد مخارج سال صفر دیگر مورد نیاز نیست و می‌توان آنها را در جای دیگری به صورت منطقی سرمایه‌گذاری نمود.

جدول (۸-۱) مثالی از بهبودهای نهایی

| پایان سال | صرفه‌جویی هدف (%) برای هر سال | % هزینه‌های سال صفر | کاهش‌های تجمعی (%) |
|-----------|-------------------------------|---------------------|--------------------|
| ۱         | ۵                             | ۹۵                  | ۵                  |
| ۲         | ۸                             | ۸۷/۴                | ۱۲/۶               |
| ۳         | ۶                             | ۸۲/۲                | ۱۷/۸               |
| ۴         | ۶                             | ۷۷/۳                | ۲۲/۷               |
| ۵         | ۵                             | ۷۳/۴                | ۲۶/۶               |
| ۶         | ۵                             | ۶۹/۷                | ۳۰/۳               |
| ۷         | ۴                             | ۶۶/۹                | ۳۳/۱               |
| ۸         | ۴                             | ۶۴/۲                | ۳۵/۸               |
| ۹         | ۳                             | ۶۲/۳                | ۳۷/۷               |
| ۱۰        | ۳                             | ۶۰/۴                | ۳۹/۶               |

## ۸-۳- مهندسی ارزش

## ۸-۳-۱- مقدمه

در طول تاریخ، فرایند طراحی و ساخت تأسیسات یا یک سیستم، با آرمان دستیابی به کیفیت بهینه با کمترین هزینه کلی ممکن انجام می‌شد. اصولاً نتایج به دانش و تجربه فردی مهندسین و پیمانکاران بستگی داشت که عمداً یا سهواً بین هزینه‌ها و کیفیت، توازن قابل قبولی برقرار می‌کردند. مهندسی ارزش (VE) فرایند مدرن تضمین چنین توازن صحیحی است که می‌توان از آن برای اتخاذ تصمیمات درست در زمینه بهره‌برداری و تعمیرات تونل استفاده نمود.

- مهندسی ارزش یک رویکرد سیستماتیک به فرایند دستیابی به کیفیت بهینه با کمترین هزینه‌هاست.
  - VE شامل سیستمهای تحلیلگر، مصالح و تجهیزات منحصربه‌فرد به منظور دستیابی به سیستم، تأسیسات یا کارکرد مطلوب با کمترین هزینه کلی چرخه عمر (WLC)<sup>۱</sup>، بدون چشم‌پوشی از کیفیت یا قابلیت اطمینان (نسبت هزینه به کارکرد، نسبت هزینه به ارزش) می‌باشد.
  - VE در جهت جداسازی و حذف هزینه‌های غیر ضروری هدایت می‌شود.
- برای بهره‌برداری تونل، مشخصات اصلی مهندسی ارزش، تحلیل جزییات طراحی، سیستمهای خاص و انتخاب مصالح و تجهیزات، جنبه‌های اصلی VE در رسیدن به نتیجه بهینه با کمترین WLC هستند که برای برآورده ساختن اهداف عملکردی، کیفیت، قابلیت اطمینان و ایمنی مورد نیاز (و نه اضافی) به کار می‌آیند.
- برای رسیدن به نتایج بهینه در هر مرحله پروژه، افراد یا گروه‌های درگیر باید برای ارایه، بررسی و اعتبار بخشیدن به راه‌حلهای جایگزین تشویق شوند تا نسبت مورد انتظار هزینه به ارزش در مورد سیستمها، ساختمانها، تأسیسات و روشهای تحویل به‌کارگرفته‌شده بهینه گردد. مهندسی ارزش ممکن است هزینه‌های تأسیسات یا WLCها را بدون اثرگذاری بر کیفیت، عملکرد و ایمنی کاهش دهد. به همین ترتیب، نباید به خاطر کاهش هزینه‌ها راحتی نگهداری تقلیل یابد. تجربه عملی حاصل از پروژه‌های قبلی (و مشابه) در گذشته می‌تواند بسیار ارزشمند باشد و باید فعالانه در جستجو و استفاده مطلوب از آنها بود.

## ۸-۳-۲- اولین گامها در VE

تصمیم اصلی VE در واقع تعیین پایین‌ترین سطوح قابلیت اطمینان و کیفیت قابل قبول می‌باشد. سپس، WLC مربوط به این سطوح تعیین می‌شود. پس از آن، حداقل سطوح قابل پذیرش تعیین می‌شوند. در این مرحله، جمع‌آوری اطلاعات در مورد عملکرد و تجربه سایر اپراتورهای تونل در تعیین این سطوح مفید خواهد بود. ارزیابی عملکردها (در بخشهای بعدی این فصل) می‌تواند امکان تعیین اهداف را فراهم آورد. اگر به واسطه راه‌حلی خاص، سطوح بالاتر و مفیدتری حاصل شد، لحاظ نمودن مجدد ارزش این سطح در بهره‌برداری به صورت نسبتهای هزینه به کارکرد یا هزینه به ارزش امری ضروری است.

### ۸-۳-۳- بازنگری مهندسی ارزش

مهندسی ارزش برای بهره‌برداری و تعمیرات اساسی تونل پیشنهاد می‌شود. VE در جلسات "اندیشه‌گشایی" و یا بازنگری‌ها به بهترین نحو ممکن انجام می‌شود. "اندیشه‌گشایی"، فرایند آرایه آزادانه پیشنهادهاى مختلف برای حل یک مشکل می‌باشد. سپس ایده‌ها طبقه‌بندی شده و بهترین‌ها در رده بالاتری قرار می‌گیرند. VE می‌تواند به صورت فردی انجام شود، اما در آن صورت مساعدت و نقطه‌نظرات دیگران را از دست می‌دهد. جلسات و بازنگری‌ها نیاز به یک کارگاه آموزشی، جلسات توجیهی، مقالات، گزارشها، تفسیرها، پیش‌نویس و گزارش نهایی برای طراحان، اپراتورها، مدیران و سایر افراد دست‌اندرکار دارد. بازنگری، اهداف را تثبیت کرده و مسایل سیاسی و مشکلات احتمالی را تشریح می‌کند. در این فرایند، ارزش نسبی جوانب مختلف بهره‌برداری باید مورد تأیید قرار گیرد. گزینه‌ها و ایده‌ها اندیشه‌گشایی شده و مورد ارزیابی قرار گیرند و موارد ارزشمندتر بررسی شده و توسعه یابند. کل فرایند VE باید توسط یک هماهنگ‌کننده مکمل که قادر به مطرح نمودن مسایل اساسی، هدایت کارها، برنامه‌ریزی برای اقدامات مداخله‌ای و تعیین ضرب‌العجل‌ها باشد، پیگیری شود.

### ۸-۳-۴- جزئیات فرایند VE

فرایند VE با تعیین و تحلیل کارکردهایی که لازم است به وسیله سیستم یا مدول (تجهیزات) مورد ملاحظه انجام شوند، آغاز می‌گردد. در صورت امکان، بهترین کار، تمرکز بر مهمترین وظیفه یا گروهی از وظایف است. وظیفه یا گروه وظایف انتخابی نباید خیلی پیچیده باشند. در این صورت، ایجاد یک زیرشاخه ضروری است. یک رویکرد سیستماتیک و تعاملی به VE به وسیله پرسشنامه یا تحقیق و تحلیل همه مراحل فرایند از شروع تا برنامه‌ریزی نگهداری ایجاد می‌گردد. پرسش و پاسخها ممکن است منجر به حذف، ترکیب، چیدمان مجدد و ساده‌سازی تأسیساتی شوند که ضروری به نظر می‌رسند. این تأسیسات بررسی شده و به افراد درگیر (طراحان، اپراتورها و پرسنل نگهداری) در خصوص موارد زیر اطلاع‌رسانی می‌شود:

- هدف
- تأیید وظایف مورد نیاز
- سطوح ایمنی پیش‌بینی شده
- مبلغ پول استفاده شده
- ترتیب انجام فعالیتها
- فرد مسؤول انجام فعالیتها
- روشهایی که فعالیتها را حمایت می‌کنند

### ۸-۳-۵- ماتریس هزینه / کارکرد

هر مورد یا طرحی باید به طور نظام‌مند مورد بررسی قرار گیرد و یک دلیل مورد توافق برای هر پاسخی یافته شود. با جدول‌بندی اطلاعات به صورت مورد به مورد، یک ماتریس هزینه / کارکرد به دست می‌آید. ماتریس

هزینه / کارکرد نشان می‌دهد که ظاهراً کارکردهای کم‌اهمیت، مسؤلیت اکثریت بخشهای هزینه کلی را به عهده دارند و بالعکس.

### ۸-۳-۶- سوالات VE

#### الف) سوالات اصلی

برای حذف بخشهای غیر ضروری از گزینه‌های پیشنهادی، سوالات زیر باید پرسیده شوند:

- هدف واقعی طرح چیست؟
- چرا کارکرد آن در کل ضروری است؟
- چرا به روش خاصی انجام می‌شود؟
- آیا راههای دیگری هم وجود دارد؟

#### ب) سوالات فرعی

در مرحله بعد پرسشنامه، پاسخ سؤلهای اصلی مورد بررسی بیشتری قرار می‌گیرند تا مشخص شود که آیا راه‌حلهای عملی و احتمالاً ارجح که بتوانند بهتر از راه‌حلهای کنونی باشند، وجود دارند یا نه. به عنوان مثال:

- در حال حاضر چه وسیله‌ای مستقر می‌باشد؟
- چرا این وسیله مستقر شده است؟
- آیا گزینه بهتری وجود دارد (آیا کارکردهای آن توسط سیستمهای دیگر اجرا می‌شوند یا آیا می‌توان سایر تأسیساتی که قبلاً در طراحی وارد شده را برای وظیفه مورد نظر به کار برد)؟

### ۸-۳-۷- پاسخهای VE

اولین پاسخهای دریافت‌شده، موضوع تحقیق بعدی قرار می‌گیرند. از ترکیب سوالات اصلی با سوالات فرعی فهرست جدیدی حاصل می‌شود که تکنیک‌های پرسش را به طور کامل بازگو می‌نماید:

#### الف) برای تأسیسات:

- چه وسیله‌ای نصب شده است؟
- چرا این وسیله نصب می‌باشد؟
- چه وسیله دیگری می‌تواند نصب گردد؟
- چه وسیله‌ای باید نصب گردد؟

#### ب) برای پرسنل و نیروهای کار:

- چه کسی آن را انجام می‌دهد؟
- چرا آن فرد آن کار را انجام می‌دهد؟

- چه کسی دیگری می‌تواند آن را انجام دهد؟
- چه کسی باید آن را انجام دهد؟
- غیره.

### ۸-۳-۸- چک‌لیست VE

بسیاری از موضوعاتی که در زیر فهرست شده‌اند عموماً در بررسی‌های روشمند مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر سؤال در مجموعه یکی از سرفصلهای زیر قرار می‌گیرد (چنین چک‌لیستی می‌تواند در بکارگیری مجموعه پرسشها مفید واقع شود):

- طراحی
- الزامات بازرسی
- نوسازی/ تعمیر
- سیستمها
- ابزار و تجهیزات
- شرایط کاری

نمونه‌هایی از مجموعه پرسشها در ضمیمه A آمده است.

### ۸-۳-۹- دستیابی به بهترین نتایج توسط VE

مهندسی ارزش یک فرایند مستمر است، اما بهترین نتایج را به زودی پس از آغاز پروژه ارایه می‌دهد، زیرا بازرنگری بلافاصله، فرصتهایی را برای صرفه‌جویی‌های بیشتر ایجاد می‌کند و تغییر جهت را در صورت مناسب بودن بدون تأثیر بر برنامه‌های زمان‌بندی تحویل کار میسر می‌سازد. باید بر اعطای حداکثر ارزش کل چرخه عمر به پول سرمایه‌گذاری شده برای پروژه، تأکید ورزید. اگر صرفه‌جویی‌ها مشخص شوند، بودجه پروژه را می‌توان تقلیل داد و یا می‌توان پول را مجدداً به جنبه‌هایی اختصاص داد که ارزش کل چرخه عمر و سطح ایمنی را بهبود دهند.

در خلال برقراری سیستم، VE می‌تواند با توجه به تجربه عملی پیمانکار و گزینه‌های خرید او موجب صرفه‌جویی در هزینه‌ها شود. این امر به بهترین نحو صورت می‌گیرد، به شرطی که پیمانکار سهمی در صرفه‌جویی‌ها داشته باشد و در نتیجه قرارداد باید این اجازه را به او بدهد.

### ۸-۴- هزینه چرخه عمر

#### ۸-۴-۱- کلیات

استفاده از WLC برای بهینه‌سازی اقدامات خاص همانند برنامه‌های مربوط به اقدامات ترکیبی مفید می‌باشد. از ضوابط WLC می‌توان برای تصمیم‌گیری بین نگهداری، جایگزینی یا دیگر راهبردهای نگهداری استفاده نمود (به طور مثال وقتی هزینه‌های تعمیر از ۶۵ درصد هزینه‌های جایگزینی فراتر رود، جایگزینی ترجیح داده می‌شود). مدل‌های

بهینه‌سازی برای پشتیبانی از این نوع تصمیمات بسیار سودمند می‌باشند. عوامل لحاظ‌شده در چنین مدل‌هایی شامل نرخ خرابی، دوره عمر مفید باقیمانده، قابلیت اطمینان، قابلیت تعمیرپذیری (در دسترس بودن) و فناوری جدید می‌باشند. ورودی فرایند تعیین WLC، از طریق تحلیل گذشته به دست می‌آید که خروجی آن روشی برای پیش‌بینی آینده است. فعالیتهای نگهداری با کل تونل در ارتباط است که این کل شامل سازه، سیستم‌های الکتریکی و مکانیکی مختلف و تک‌تک اجزای آنها می‌باشد. در سراسر این بخش به این موارد، سیستمها و در مجموع تسهیلات اطلاق می‌شود. بخشهایی که قرار است یک سیستم را تشکیل دهند به عنوان اجزاء شناسایی می‌شوند.

#### ۸-۴-۲- عملیات نگهداری

همان‌طور که در بخش ۴ اشاره شد، دو نوع اصلی عملیات نگهداری با نامهای پیشگیرانه و اصلاحی وجود دارند. هر دو نوع نگهداری، زمان عمر سیستمها را افزایش می‌دهند.

#### ۸-۴-۳- برنامه‌ریزی نگهداری

در بسیاری از بازرسی‌ها تنها وضعیت فعلی سیستمها ثبت می‌گردد. برای تخمین هزینه‌های آینده، وضعیت آتی این سیستمها باید مورد ارزیابی قرار گیرد. روشهای بازرسی معمول برای این منظور اغلب ناکافی می‌باشند. بنابراین، ارزیابی وضعیت آتی نیازمند توسعه آینده می‌باشد. با بازرسی و ثبت وضعیت سیستمها در فواصل زمانی منظم می‌توان رفتار آنها را تحلیل کرده و برنامه‌های نگهداری را تهیه نمود.

در هنگام استفاده از یک برنامه نگهداری بر پایه تحلیل سیستم، باید سیستم را به اجزای اصلی آن تقسیم نمود و سهم هر بخش را در کارکرد سیستم به روشنی مشخص کرد. برای هر کدام (هر نوع) از این اجزاء، یک راهبرد نگهداری خاص باید ایجاد گردد. در اکثر مواقع، راهبرد مبتنی بر بازرسی شرایط سیستم، مناسب‌ترین راهبرد است. استفاده از برنامه‌های نگهداری مزایایی دارد، مانند:

- توجیه کارکردی اقدامات نگهداری می‌تواند موجب توجیه مالی بودجه‌ها گردد.
  - برنامه بلندمدت نگهداری در مورد بودجه‌های مورد نیاز در آینده آگاهی ایجاد می‌کند.
  - اقدامات نگهداری استاندارد را می‌توان با مقایسه برنامه‌های نگهداری بعدی بهبود بخشید.
- یکی از معایب برنامه‌ریزی نگهداری، حجم داده‌های مورد نیاز برای تخمین هزینه‌های آتی است. سرمایه‌گذاری عظیمی در زمینه جمع‌آوری داده‌ها باید صورت گیرد و سالها طول می‌کشد تا به نتیجه برسد. با بکارگیری روشهای آماری و یا تحقیق از متخصصین در زمینه نگهداری می‌توان بر کمبود اطلاعات فائق آمد.

#### ۸-۴-۴- انواع خرابی

دو نوع خرابی اصلی را می‌توان شناسایی نمود:

- ۱- خرابی فیزیکی (نقص در سیستم)
- ۲- خرابی کارکردی (سیستم الزامات کارکردی اصلی خود را انجام نمی‌دهد)

در سیستمهای الکتریکی و مکانیکی، خرابی فیزیکی بسیار رایج است (یک موتور یا سویچ یا کار می کند یا کار نمی کند) و بنابراین ما می توانیم دو وضعیت را مشخص کنیم که آنها را وضعیت خراب و وضعیت در حال کار (یا "آماده برای کار") می نامیم.

سازه ها معمولاً از ضعف در عملکرد رنج می برند. بازرسی ها باید برای حصول اطمینان از کشف خرابی انجام شوند. بنابراین، سازه ها با توجه به میزان خرابی می توانند حالت های مختلفی را نشان دهند. در مواقعی که هزینه خرابی سازه بسیار زیاد است، آستانه های خرابی را تنها می توان در مرحله طراحی بهینه نمود.

#### ۸-۴-۵- بهینه سازی نگهداری

یک مدل نگهداری می تواند در توجیه اقدامات نگهداری مفید باشد، اما مهمتر از آن، این مدل ابزاری است برای تعیین اینکه آیا راهبردهای نگهداری انتخابی از نظر مالی بهینه اند یا نه. یک مدل ریاضی بر پایه هزینه یابی چرخه عمر می تواند برای کمک به پاسخگویی به این سؤال مورد استفاده قرار گیرد. این مدل به سؤالات "چه می شود اگر" مربوط به نگهداری پاسخ می دهد (مثلاً اگر تعمیر و نگهداری پیشگیرانه قبل از خرابی انجام شود، هزینه ها چه مقدار خواهند بود؟ اگر نگهداری اصلاحی پس از خرابی اجرا شود، هزینه ها چقدر می شود؟). هنگام بکارگیری چنین تحلیل هایی ممکن است هزینه نگهداری شامل هزینه ترافیک، انحراف از مسیر، محدودیت نوع وسیله نقلیه، انسدادها و غیره نیز باشد. یک مدل چرخه عمر، هزینه های مورد انتظار خرابی و نگهداری را محاسبه کرده و در این حین، موارد نامشخص ناشی از مدت عمر را نیز لحاظ می کند (با توجه به خرابی و/یا طول عمر). بهینه سازی نگهداری به سه روش می تواند مدل شود. این سه مدل بر حسب افزایش پیچیدگی بدین شرح می باشند:

۱- مدل طول عمر بر پایه توزیع احتمالی زمان عمر یا زمان خرابی

۲- مدل خرابی بر پایه فرایند تصادفی خرابی، در اینجا خرابی حادثه ای است که در آن سیستم خراب شده یا خواهد شد.

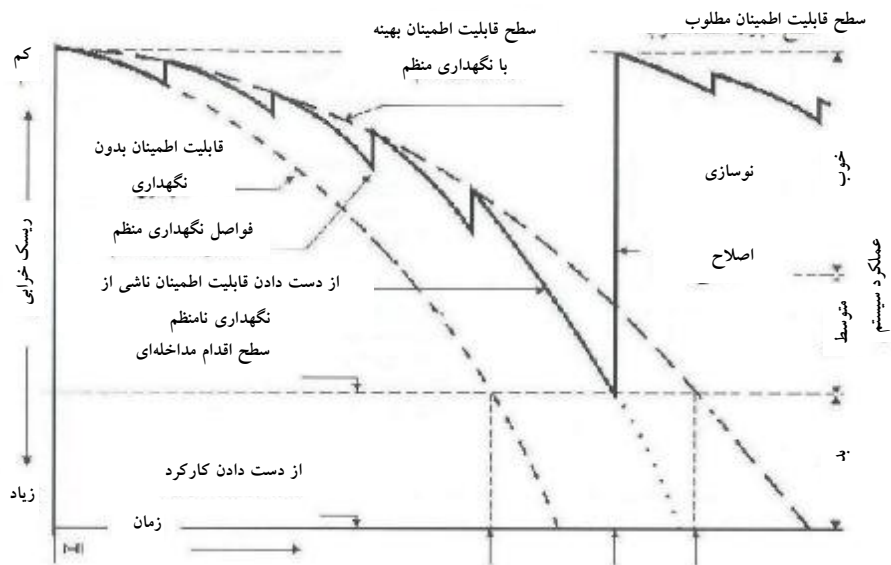
۳- مدل افزایش زمان عمر بر پایه فرایند تصادفی افزایش طول عمر که در آن خرابی به صورت حادثه ای تعریف می شود که عملکردها در زیر آستانه خرابی قرار می گیرند.

باید اشاره نمود از آنجا که خرابی، احتمالی است و نمی توان آن را به طور دقیق پیش بینی نمود، بهتر است به عنوان یک فرایند تصادفی در نظر گرفته شود. می توان احتمالی بودن یک فرایند خرابی را با "توزیع نرمال" نشان داد. اساساً، سیستمها تنها به واسطه افزایش عمر رو به خرابی رفته و بهبود نمی یابند، بنابراین محدودیتی که در مورد توزیع آنها وجود دارد، این است که نمی توان هیچ گونه بهبودی را نشان داد.

#### ۸-۴-۶- بازرسی ها و فواصل زمانی نگهداری

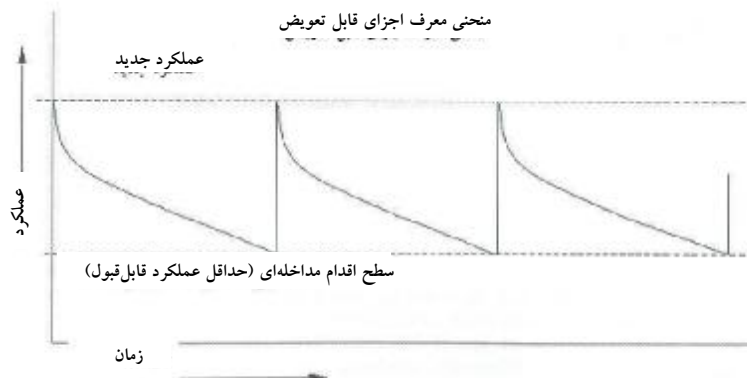
تصمیم گیری در مورد نگهداری پیشگیرانه بستگی به دو متغیر وابسته به یکدیگر دارد. این دو متغیر نرخ بازرسی (بسته به فراوانی و دقت) و سطح نگهداری پیشگیرانه (یا سطح مطلوب قابلیت اطمینان) می باشند. وقتی نرخ بازرسی ها بالاست، کافی است که سطح نگهداری پیشگیرانه را نزدیک به سطح خرابی انتخاب کنیم. بالعکس، وقتی نرخ

بازرسی پایین است، سطح نگهداری پیشگیرانه بایستی بالاتر باشد. بنابراین، سطوح نگهداری پیشگیرانه که بر حسب یک مدل جایگزینی با توجه به طول عمر تعیین شده‌اند، احتمالاً مقرون‌به‌صرفه‌ترین سطوح خواهند بود. این نظریه در نمودار زیر نشان داده می‌شود.



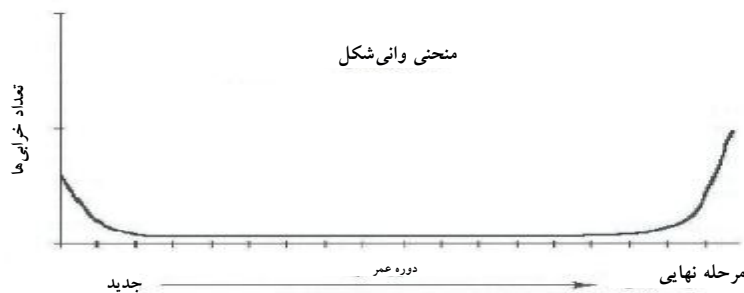
#### ۸-۴-۷- طول عمر اجزای قابل جایگزینی

اجزای قابل جایگزینی (جداگانه) را می‌توان تا نقطه حداقل عملکرد تعیین شده یا خرابی کل مورد استفاده قرار داد (مثلاً لامپهای حبابی و لوله‌ای در تأسیسات روشنایی). هر بار که این اجزاء جایگزین می‌شوند، عملکرد تأسیسات (تقریباً) به سطح مطلوب قابلیت اطمینان باز می‌گردد. این موضوع منجر به ایجاد یک منحنی دوره‌ای منظم بدون ظاهر دندان‌دار می‌شود که این ناشی از فواصل منظم نگهداری می‌باشد.



### ۸-۴-۸- طول عمر تأسیسات دارای اجزای الکترونیکی متعدد

- سه دوره اصلی را می‌توان در طول عمر سیستم‌های با اجزای الکترونیکی متعدد (مثلاً PLC و غیره) شناسایی نمود:
- دوره کوتاه‌مدت (چند ماه) دقیقاً پس از اینکه سیستم آغاز به کار نمود. این دوره‌ای است که عیوب و خرابی ناشی از اجزای معیوب باید اصلاح شوند،
  - دوره بلندمدت (۱۰ الی ۱۵ سال) بدون هیچ مشکل خاصی،
  - دوره نهایی (یک یا چند سال) که اجزاء یکی پس از دیگری دچار خرابی شده و انجام اقدامات مداخله‌ای متعدد برای حفظ سیستم در شرایط کاری مناسب ضروری می‌باشد. عموماً مشکلات ناشی از این خرابی‌ها منجر به تصمیم‌گیری برای جایگزینی کل سیستم می‌شود. بر پایه تجربیات اخیر، با توجه به تحول سریع اجزاء و تکنیک‌های الکترونیکی، جایگزینی امری اجتناب‌ناپذیر شده است. هر ۵ الی ۱۰ سال نسل جدیدی به چرخه وارد شده و اجزای متعلق به نسل قبلی دیگر در دسترس نمی‌باشند. با توجه به ظاهر منحنی، منحنی خرابی که این رفتار را توصیف می‌کند، "منحنی وانی شکل" نامیده می‌شود.



### ۸-۴-۹- محاسبه ارزش خالص فعلی برای تعیین و مقایسه هزینه‌های خرید و استفاده از سازه‌ها و تأسیسات

هزینه‌های خرید، نصب، نگهداری و مصرف انرژی، هزینه کلی سیستمها را معین می‌کنند. مجموع هزینه یک سیستم در یک دوره مشخص در آینده را می‌توان با محاسبه ارزش خالص فعلی (NPV) به دست آورد. NPV مقدار پولی را که باید برای پوشش تمامی هزینه‌های مذکور در دوره زمانی معین کنار گذاشته شود، محاسبه می‌نماید. مقایسه هزینه‌های گزینه‌های مختلف طی مدت طولانی‌تر از طریق مقایسه NPV آنها میسر خواهد بود.

یک ابزار ساده‌شده برای محاسبه سریع NPV در ضمیمه B قرار داده شده است. نقطه‌ضعف این روش عدم قطعیت قیمت برق و نرخهای بهره در آینده می‌باشد، اما برای مقایسه‌ها و تصمیم‌گیری‌ها، روش NPV بسیار مفید است.

### ۸-۵-۵- ارزیابی عملکردها

#### ۸-۵-۱- مقدمه

کمیته تونلهای جاده‌ای پیارک در گزارشی با عنوان "کاهش هزینه‌های بهره‌برداری تونلهای جاده‌ای" [۱] به معرفی موضوع ارزیابی عملکردهای تونلهای جاده‌ای پرداخت. این گزارش حاوی جزئیات بیشتر در مورد فرایند و مزایای آن

می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود که این اطلاعات باعث تشویق اپراتورهای تونل به اجرای پروژه‌های ارزیابی عملکردها در سطح ملی یا بین‌المللی گردد. ارزیابی عملکردها یک فرایند بسیار منعطف است که علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌ها به دنبال درک بهتر از نیازهای کاربران، کاهش شکایات، کاهش ضررها، شناخت و بکارگیری نوآوری‌ها، افزایش اعتبار رقابتی و آشکار نمودن ضعفها در اقدامات جاری می‌باشد.

این فرایند امکان بهبود عملکردهای تونل را از طریق ایجاد اهداف و برآورد سطوح عملکرد در رابطه با بهترین اقدامات کنونی برای بهره‌برداری تونلها فراهم می‌آورد. ارکان تفکرات نوآورانه و بهترین الگو را نه تنها از دیگر اپراتورهای تونل جاده‌ای، بلکه از سازمانها و صنایع گوناگون می‌توان به دست آورد. اگر بتوان به عملکردهای بالاتری دست یافت، هیچ لزومی ندارد که اهداف خود را به سطح بهترین الگو محدود نماییم.

هدف مشترک این فرایند، برآورد کیفیت عملکرد در مقایسه با هزینه‌های هدف واقع‌گرایانه (هزینه‌های مرجع) می‌باشد. کیفیت عملکرد اغلب با ایجاد شاخصهای عملکرد برای دستیابی به هدف سنجیده می‌شود. هزینه‌های مرجع بر پایه داده‌های هزینه‌های اخیر استوارند که به طور اهم با توجه به بهبودهای عملکردی که در حال حاضر مورد انتظارند یا مورد نیازند، تنظیم می‌شوند.

اهداف بهبود می‌توانند از طریق برنامه‌ریزی کارا، کنترل پیشرفته هزینه، جستجو برای منافع مؤثر در بلندمدت، نوآوری، بازبینی منظم فرایندهای کنونی، ارتباطات پیشرفته بین افراد و اختصاص منابع اضافی به عملیاتی که برای آنها هزینه‌های مرجع قرار داده نشده است، حاصل شوند.

صنایع وابسته به مترو تجربه قابل توجهی در زمینه ارزیابی عملکردها دارند. به عنوان مثال متروی لندن (London Underground Ltd) از سال ۱۹۹۴ به دنبال بهبود عملکرد بهره‌برداری خود بوده است. آنها به همراه CoMET<sup>۱</sup> (انجمن متروها) ۲۰ موضوع کلیدی در رابطه با عملکرد را همچون اعتبار، کارایی، قابلیت اطمینان خدمات و استفاده از دارایی‌ها در نظر گرفته‌اند. هدف، مشاهده نحوه انجام تحلیلهای مقایسه‌ای متروی لندن و جستجو برای یک فرهنگ تغییر به منظور بهبود مستمر بوده است. متروی هنگ‌کنگ نیز به طور مشابه به دنبال بهبود در استانداردها و فرایندهای مدیریت زمان واقعی بوده است.

## ۸-۵-۲- تعاریف

**ارزیابی عملکردها:** فرایند سنجش عملکردها در رابطه با اهداف.

**هزینه‌های مرجع:** هزینه‌های هدف بر اساس بهترین اقدامات کنونی.

**محدوده مرجع:** محدوده‌ای که در آن باید قیمتهای هدف برای هر نوع کار قرار داده شود.

**قرارداد چارچوبی:** نوعی قرارداد که در آن پیمانکار برای یک دوره زمانی ثابت و بر اساس سطح کیفیت و صلاحیت تعیین شده به کار گماشته می‌شود. گستره کامل انواع کارهای مورد نیاز مشخص نیست. پیمانکار جدول قیمت را برای هزینه‌های انواع کارهای رایج ارائه می‌کند.

هزینه واحد اولیه: هزینه واحد میانگین به کاررفته برای هر نوع کار.

هدف: سطح تعیین شده هزینه یا عملکرد که هدف اپراتور رسیدن به آن در یک دوره زمانی مشخص مثلاً یک سال مالی می باشد.

هزینه مرجع پیشنهادی: هزینه هدف به ازای ۱۰۰ متر از طول تونل.

### ۸-۵-۳- شرایط یک ارزیابی موفق

مراحل زیر، رایج ترین روش برای دستیابی به یک پروژه ارزیابی موفق را مطرح می کند. اغلب به این روش به عنوان چارچوب متدولوژی ارزیابی عملکردها (BMF)<sup>۱</sup> نگریسته می شود و حول محور ایجاد و اجرای سند تعریف پروژه (Project Definition Document)، اساسنامه راهبری، گزارشهای بهبود و برنامه های اجرایی متمرکز می باشد. این مراحل به شرح زیر می باشند:

- تعیین یک موضوع برای ارزیابی. معمولاً موضوعی که برای عملکردها بحرانی بوده و یا منبع مالی یا نیروی کاری زیادی طلب می کند. پروژه باید قابل اجرا و به خصوص مفید و بیشترین فرصت برای بهبود را دارا باشد. مزایای پیش بینی شده باید به راحتی از هزینه های احتمالی فرایند فراتر رود. پروژه های بسیار جاه طلبانه ممکن است به از دست رفتن تمرکز منجر شوند.
- انجام مطالعه ویژه ای جهت درک بهتر فرایندهای بهره برداری. مقایسه کارهای واقعی با کارهای پیش بینی شده در راهنما. تحلیل نقاط قوت و ضعف سازمانی با استفاده از نرم افزار ارزیابی شرکت. در بسیاری از کشورها، سازمانهای دولتی متعددی وجود دارد که می توانند در انجام فرایندها راهنما و یاریگر باشند.
- جستجو برای یافتن شرکایی برای مشارکت در فرایند که در زمینه انتخابی بهترین شهرت را دارند. این شریک می تواند یک سازمان داخلی یا خارجی باشد. کشورهای خارجی بیشترین تفاوتها را در فرایندها اعمال می کنند و بنابراین بیشترین منافع بالقوه بروز می کند. چه کسی بهتر است و دلیل این برتری چیست؟ مدیران میانی هر شرکت معمولاً از این اطلاعات به خوبی آگاهی دارند. به نیت مبادله، یک شریک بالقوه می تواند تمایل به در نظر گرفتن دیگر زمینه ها داشته باشد. به ندرت پیش می آید که هیچ اطلاعات ارزشمندی از این زمینه ها کسب نشود. در برخی صنایع، "کلوهای ارزیابی عملکردها" جهت تبادل اطلاعات و داده های مربوط به بهترین اقدامات وجود دارد.
- برگزاری جلسات توجیهی پیش از موقع با شرکا به منظور تأیید اهداف و جلوگیری از سوء تفاهمهای بعدی. بحث و توافق با هر شریک بر سر اهداف و دامنه عملکردی آنها، برنامه و زمان بندی های کاری، ریسکها، مسافتهای پیموده شده، اقدامات انجام شده و معیارهای آنها، فرایندهای ارتباطات و آشکارسازی ها، روشهای تعیین اعتبار و تبادل داده ها و .... قبول یک آیین نامه راهنما برای تأیید رعایت قوانین رقابتی و تأیید نحوه شراکت (همه بخشها همیشه در پیشرفت پروژه شرکت می کنند).
- ثبت موارد ذکر شده در بالا در سند تعریف پروژه (PDD).

- بازبینی این سند در صورت نیاز برای جلوگیری از ایجاد سوء تفاهم و حفظ یک رویکرد انعطاف‌پذیر و مثبت که ضامن موفقیت است.
- مهمتر اینکه سند PDD باید تأیید اهداف راهبردی، روش و اجرای نظارت‌شده نتایج پروژه ارزیابی عملکردها را در بر گیرد. مسئولین باید فرهنگ بهبود مستمر را ایجاد نمایند.
- تضمین منابع انسانی و مدیریت پروژه هماهنگ‌شده و مناسب در تمام طول کارها و اجرای آنها. پرسنل دارای تخصص فنی مناسب نیز ممکن است نیاز به آموزش تکمیلی در زمینه روشهای ارزیابی عملکردها داشته باشند. بودجه کافی برای سفرها، جلسات و ارایه گزارشها باید پیش‌بینی شود.
- جمع‌آوری داده‌های لازم همزمان با دیگر شرکا. تأیید اینکه داده‌ها قابل اعتماد بوده و به درستی گزارش شوند (داده‌های مثبت و منفی) و در وضعیتهای پیش‌بینی‌شده توسط PDD برآورد شده‌اند. چه از لحاظ کمی و چه کیفی، اطمینان حاصل شود که مقایسه‌ها در شرایط یکسان انجام می‌شوند. تفسیرهای سودمند که داده‌ها را تشریح می‌کنند نیز باید لحاظ شوند. معیارهایی که ممکن است برای شرکا راضی‌کننده نباشند نباید از مجموعه داده‌ها حذف شوند. منابع داده‌ها شامل نشریات، بانکهای اطلاعاتی تخصصی، اینترنت، مؤسسات، شرکتهای تجاری، اتحادیه‌ها، ادارات، بانکها، ممیزان، سازمانهای حافظ حقوق مصرف‌کننده، رسانه‌ها، مشتریان، تولیدکنندگان و نیز شرکا و کلوهای ارزیابی عملکردها می‌شوند.
- از تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده و تجربیات مربوطه، گزارشهای بهبود (IRs) برای شرکا جهت به اشتراک‌گذاری و بحث پیرامون استفاده داخلی تهیه می‌شوند. IRها باید نتایج واضحی را در خصوص آنچه که به عنوان بهترین اقدامات برای موارد تحت بررسی توافق شده، در بر داشته باشند. داده‌های عملکردی، مقایسه‌ها و تحلیلها نیز باید در جزئیات کافی برای کاربردهای عملی خلاصه شوند. IR داخلی باید توصیه‌هایی راجع به اصلاح و تحلیل سود - هزینه مناسب برای هر فرایند لازم برای اصلاح ارایه دهد.
- ارزیابی عملکردها نباید به عنوان کامل‌کننده این مرحله مد نظر قرار گیرد. ارزیابی عملکردها وقتی کامل است که اصلاحات لازم با موفقیت انجام شده باشند. برای کمک به این فرایند، یک طرح اجرایی باید مورد بحث و توافق نظر با همه شرکای مربوطه قرار گیرد. برای سازمانهای مهم و بزرگ، یک ممیزی مستقل ممکن است جهت تضمین اینکه اجرای صحیح تحقق یافته، لازم باشد.
- همه شرکت‌کنندگان بایستی به طور منظم در مورد پیشرفت پروژه به منظور حمایت از همکاری و تشویق عمومی و نیز گسترش یک فرهنگ بهبود مستمر آگاه شوند.
- در نهایت، ثبت مزایای واقعی که از فرایند ارزیابی عملکردها به دست می‌آیند و از همه مهمتر ارایه آنها به دیگران.

#### ۸-۵-۴- خلاصه نکات اساسی

خلاصه‌سازی برخی نکات ضروری فرایند ارزیابی عملکردها، مفید خواهد بود:

- اطمینان از تضمین تعهد کامل مسئولان در فرایند، اجرای آن و تقاضای منابع

- انتخاب زمینه‌های ارزیابی با دقت بالا. آزمایش فرایند برای تضمین امکان‌پذیری همه مراحل. آیا مراجع، قابل تعریف و قابل سنجش هستند؟ آیا شرکا و داده‌ها در دسترس بوده و آیا فرایندهای مدیریتی قابل فهم هستند؟ آیا می‌توان در مقیاس زمانی موجود به نتایج دست یافت و آنها را برای ارائه یک گزارش سود - هزینه کلی به مرحله اجرا گذاشت؟
- در صورت لزوم، ارائه آموزش خاص در زمینه ارزیابی عملکردها
- تعیین نماینده‌ای از طرف سازمان شریک برای ایجاد هماهنگی
- توافق در مورد اساسنامه راهبری
- اتخاذ یک رویکرد پروژه مدیریت شده
- توافق در مورد روشها، شیوه‌های برقراری ارتباط و نحوه تبادل اطلاعات
- تضمین صحت تمامی داده‌های به دست آمده
- انتخاب رویکردی مناسب برای انواع متفاوت ارزیابی عملکردها (مقایسه فرایندها، سطوح کیفیت و هزینه‌ها)
- فرایندها باید قابل مقایسه و به طور معتبری قابل سنجش باشند.
- جلسات "رو در رو" با کسانی که در واقع فعالیتهای عملیاتی را انجام می‌دهند، امری ضروری است. برگزاری جلسات پیش از موعد با شرکا و سایر متخصصان
- بکارگیری رویکردی انعطاف‌پذیر و مثبت. فرایند باید به عنوان موقعیتی به منظور فراهم آوردن زمینه پیشرفت‌ها برای همه باشد، نه راهی برای مطرح کردن اشتباه سایرین. باید بر مشکلات فائق آمد. جدولهای زمان‌بندی بایستی با توجه به تقاضا تنظیم شوند. اهداف عملی و تحقق‌پذیر، به جای ارائه فهرستی از آرزوهای محال و نشدنی در نظر گرفته شوند.

#### ۸-۵-۵- مثالی از مزایای حاصل شده برای نگهداری تونل جاده‌ای

در نتیجه ارزیابی عملکردها با همکاری سایر بخشها و ارزیابی پذیرش ایده‌های نوآورانه ایشان در زمینه نگهداری، امکان بهبود فرایندها در انگلستان فراهم آمد. فرایندهایی که می‌توانند در دیگر کشورها هم عملی باشند.

یکی از مزایای احتمالی که باید در قراردادهای چارچوبی برای نگهداری تونل لحاظ شوند، کارهایی است که در طولانی مدت ضروری باشند چرا که در این قراردادهای پیمانکار تنها برای یک وظیفه مشخص به کار گماشته نمی‌شود، بلکه باید تمامی کارها با زمینه‌های تخصصی متفاوت را انجام دهد. قراردادهای چارچوبی برای تضمین کار گروهی، تقسیم منافع فنی و تجاری، مشارکت با عرضه‌کنندگان، ارتقای سطح آموزش و تداوم وظایف کاملاً مناسبند. مشارکت پیش از موقع در برنامه‌ریزی کارها، امکان بکارگیری متخصصان و برنامه‌ریزی بهتر منابع را فراهم می‌آورد. همچنین می‌توان از بخش زیادی از مشکلات نظیر ضایعات، هزینه‌های برگزاری مناقصه، تداخلات، مشکلات مشترک، ابهام در زمینه هزینه‌ها و تحویلها جلوگیری کرد. کاهش هزینه‌ها به طور مساوی تقسیم می‌شود، اما پیمانکار هزینه‌های اضافی را تقبل نمی‌کند. ایجاد اعتماد دوطرفه و جلوگیری از عدم توافق، امری حیاتی به شمار می‌رود. در غیر این صورت،

مسئولیت تمام ریسکها بر عهده ادارات راه قرار می‌گیرد. به دلیل این مزایا، قراردادهای ۵ ساله اولیه به قراردادهای گردش ۱۰ ساله تبدیل می‌شوند.

از آنجا که همه اجزای یک کار به صورت رقابتی انجام نمی‌شوند، بنابراین یک سیستم ارزیابی عملکردها و هزینه‌ها (نسبت به تأمین‌کنندگان دیگر) مورد نیاز است که هر سال مورد بازنگری قرار می‌گیرد. معلوم می‌شود که ضمانتهای قطعی کارها، بهترین شرایط پیشرفت را ارایه نمی‌دهند. یک بررسی یا ممیزی سختگیرانه عملکردها هر ساله (بر حسب شاخصهای عملکردی توافق شده) مورد نیاز است.

بررسی عملکردهای هر پیمانکار قرارداد چارچوبی، موارد زیر را شامل می‌شود:

- سلامتی و ایمنی (با معیار تعداد ۰/۱ تصادفات گزارش شده در هر ۱۰۰۰۰۰ ساعت کاری)
- کاهش ضایعات و اقدامات مثبت زیست محیطی (دلیل اصلاح)
- قابلیت پایداری (دلیل اصلاح)
- قابلیت اعتماد برنامه (۹۵ درصد اهداف یا بیشتر تحقق یافته)
- مزایای مهندسی ارزش (دلیل اصلاح)
- هزینه‌ها (۳۰ درصد کاهش هزینه طی ۵ سال، بازدهی هزینه در ۹۵ موارد)

چند نمونه از کارهای مشخص شده در قرارداد چارچوبی باید هر ساله توسط شرکتهای رقیب بررسی شده و اهداف جدید تعیین گردند. پیمانکار قرارداد چارچوبی در ابتدا این برآوردها را بررسی و تفسیر می‌کند. در صورتی که او این برآوردها را انجام ندهد یا آنها را بهبود نبخشد و یا امکان تحقق اهداف عملکردی را بالاترین ارزش نداشته باشد، آنگاه می‌توان قرارداد را فسخ نمود.

هر پیمانکار قرارداد چارچوبی، با سایرین در یک گروه اجرایی (مثلاً مهندسی عمران، M&E، ارتباطات، علایم) کار می‌کند که می‌تواند چندین تونل را تحت پوشش قرار دهد. با این کار امکان استاندارد کردن روشها و کاهش هزینه‌های واحد فراهم می‌آید. گروه‌های اجرایی در واقع شرکتهای یکپارچه طراحی و ساخت و ساز هستند که در زمینه تخصصی خود دارای مسئولیت تام می‌باشند. بدین ترتیب تعداد عرضه‌کنندگان از مثلاً ۲۵۰۰۰ به ۱۰۰۰ کاهش می‌یابد، رقمی که راحت‌تر قابل مدیریت و کنترل است. در انگلستان، کاهش ۲۵ درصدی در هزینه‌ها طی ۴ سال محقق شده است.

مالک/ اپراتور تونل یک تیم مدیریتی ایجاد می‌کند که:

- در مورد توسعه بهترین الگو مشاوره دهند.
- اطلاع‌رسانی کنند.
- پذیرای ایده‌های جدید و بحث در مورد آنها باشند.
- بی‌درنگ با مشکلات به صورت ریشه‌ای برخورد نمایند.

مالک/ اپراتور تونل باید همواره هدف تبدیل شدن به بهترین اپراتور تونل جاده‌ای در دنیا را در سر بپروراند.

### ۸-۵-۶- تنظیم مراجع و شاخصهای عملکردی مربوطه

هدف کوتاه‌مدت و بلندمدت مدیریت باید بهبود کیفیت و کارایی بهره‌برداری از تونل باشد. کیفیت و کارایی اغلب با استفاده از شاخصهای (کلیدی) عملکرد ارزیابی می‌شوند. برای هر گروه از شاخصهای عملکردی، هدفی تعیین شده که باید طی مدت زمانی مشخص حاصل گردد. هزینه‌های هدف مربوط به بهترین اقدامات با دستیابی به سطوح عملکردی مورد نیاز، مراجع را شامل می‌شوند. این فرایند، شناخت مقوله‌های کلیدی، تعیین شاخصهای عملکردی و اهداف مناسب و تصمیم‌گیری در مورد چگونگی سنجش و بکارگیری این شاخصها را شامل می‌گردد. در پایان در مورد بهترین راه برای دستیابی به بهبود و پیشرفت توافق می‌شود.

چهار سؤال کلیدی برای ارزیابی می‌تواند مطرح گردد:

۱. طراحی: اهداف بهره‌برداری تونل تا چه میزان مؤثر و سودمند تنظیم شده‌اند؟
  ۲. توسعه: فرایندهای بهره‌برداری تونل در گذشته تا چه حد به طور مؤثر بهبود یافته‌اند؟
  ۳. تحقق: آیا فرایندهای بهره‌برداری کنونی به دستیابی به مزایا و سودهای پیش‌بینی‌شده از سرمایه‌گذاری در تونل کمک کرده‌اند یا باعث ممانعت از آن شده‌اند؟
  ۴. رضایت کاربر/ مالک: آیا نظر عموم در مورد سرویس‌دهی رضایت‌بخش تونل پرسیده شده است؟ آیا سودهای پیش‌بینی‌شده با بودجه‌های پیش‌بینی‌شده حاصل شدند؟
- گام بعدی، فهم بهتر و عمیق‌تر از مسائلی نظیر:
- روشن کردن دلایلی که موجب می‌شوند برخی عملکردهای خاص تونل بررسی شوند: هزینه‌های بالا، ایمنی یا قابلیت اطمینان و ...
  - تونل به چه افرادی سرویس می‌دهد و نیازهای ایشان چیست؟ مثلاً، آیا تجهیزات ایمنی تونل برای نیازهای خاص رانندگان معلول که قصد استفاده از تونل را دارند، طراحی شده‌اند؟
  - مفیدترین و مناسبترین شاخصهای عملکرد برای استفاده کدامند (مثال آن در مورد بعدی ذکر شده است) و چه چیزهایی به عنوان اهداف برای دستیابی قرار داده می‌شوند؟ پرهیز از "پرداختن زیاد به جزییات و عدم درک نکات اصلی". شاخصهای ساده و واضح که برای اکثریت قابل فهم هستند، موفق‌ترین شاخصها خواهند بود. به خاطر آوردن اصل پارتو که بیان می‌دارد که ۸۰ درصد هزینه‌ها از ۲۰ درصد موارد ناشی می‌شوند.
  - شاخصهای عملکردی در ارایه یک تصویر واقعی از آنچه باید رخ دهد تا چه حد قابل اطمینان هستند؟ به طور مثال، اگر شاخص عملکردی، درصد مجروحین در یک بیمارستان در ۵ دقیقه اول ورود باشد، در صورتی که بیماران مجبور به چندین ساعت انتظار برای رسیدگی به وضع درمانی خود شوند، تأثیر شاخص، نادرست خواهد بود. شاخصها زمانی بهترین اثر را دارند که به صورت جفت به کار روند، مثلاً درصد مجروحین مراجعه کرده در عرض ۵ دقیقه و درصد بیماران درمان‌شده در ۳۰ دقیقه.
  - زمانی که شاخصهای عملکرد جمع‌آوری شدند، در چه مواردی باید به کار روند؟ چگونه می‌توان از شاخصها برای بررسی بهبود "سال به سال" استفاده نمود؟ چگونه می‌توان هر گونه بهبود عملکرد را به بهترین نحو به اطلاع عموم مردم و مالک تونل رساند؟

شاخصهای کلیدی عملکرد می‌توانند شامل این موارد باشند:

- **نتایج سطح اول:** هزینه، زمان تعمیر، قابلیت پیش‌بینی هزینه و زمان، نقصها، ایمنی، بهره‌وری عملیاتی و نگهداری، رضایت کاربر/ مالک
  - **فرایندهای سطح دوم:** مهارتها، پرداختها، تدارکات، انتخاب تجهیزات، مقایسه‌های بین‌المللی، عملکرد کنونی و قابلیت پایداری
- در نهایت، در مورد بهترین راه برای دستیابی به پیشرفت‌ها توافق حاصل می‌شود.

### ۸-۵-۷- جدول ارزیابی نگهداری تونل

جدول (۸-۲) مثالی از جدول ارزیابی عملکردها برای برخی عملیات نگهداری کنونی تونل را نشان می‌دهد. هزینه واحد برای تونل خاص ثبت می‌شود و با دامنه هزینه تونلهای راههای محلی یا تونلهای آزادراهی دارای جریانهای ترافیکی کم یا زیاد مقایسه می‌شود.

جدول (۸-۲) جدول ارزیابی نگهداری تونل

| راه محلی |      | آزادراه |      | قیمت واحد | فعالیت           |
|----------|------|---------|------|-----------|------------------|
| کم       | زیاد | کم      | زیاد |           |                  |
|          |      |         |      |           | جریان ترافیک     |
|          |      |         |      |           | تعویض روشنایی‌ها |
|          |      |         |      |           | شستشوی دیواره    |
|          |      |         |      |           | بازرسی سالیانه   |
|          |      |         |      |           | مصرف برق         |

### ۸-۶- محاسبه هزینه مشکلات ایجادشده برای کاربران راه

#### ۸-۶-۱- مقدمه

عملیات تعمیر غالباً مشکلاتی را برای کاربران راه ایجاد می‌نماید. مشکلات ایجادشده بستگی به نوع تعمیر، ظرفیت جاده و حجم ترافیک دارد. این مشکلات معمولاً می‌توانند با انجام اقدامات ویژه که هزینه تعمیر را افزایش می‌دهند، کاهش یابند. بنابراین یافتن تعادلی بین در نظر گرفتن کاربران راه و منابع اقتصادی موجود، شامل کیفیت راه‌حلهای فنی، ضروری می‌باشد. در ادامه، روشهایی برای ارزیابی هزینه‌های تحمیل‌شده به کاربران راه ارائه می‌شود. این هزینه‌ها می‌توانند به همراه هزینه‌های تعمیر، بخشی از ارزیابی کلی را تشکیل دهند. باید توجه شود که هزینه‌های تصادفات و هزینه‌های زیست‌محیطی در این بخش قرار ندارند.

#### ۸-۶-۲- هزینه مشکلات ایجادشده برای کاربران راه

بر اساس اطلاعات مربوط به ترافیک و پروژه، پیشنهادهای مختلفی می‌توانند برای حفظ جریان ترافیک به کار گرفته شوند. اگر ظرفیت ترافیک در اطراف محل کافی نباشد، می‌توان ظرفیت ترافیک را افزایش داد یا حجم ترافیک را در مقطع جاده مورد نظر کم کرد.

- اقدامات مورد نظر برای نیل به این اهداف عبارتند از:
- انجام تعمیرات در خارج از ساعات اوج ترافیک
  - انجام تعمیرات در خارج از زمانهای با حجم ترافیک بالا (تعطیلات، نمایشگاه‌ها، ...)
  - مشخص نمودن مسیرهای جایگزین (مسیرهای انحرافی موقت)
  - بستن جاده‌های دسترسی
  - استفاده از شانه سخت در آزادراهها
  - تعریض موقت عرض راه (برای مثال روسازی شانه سخت)
  - استفاده از خطوط عبوری جهت‌گرد<sup>۱</sup>
  - استفاده از چراغهای راهنمایی که در این صورت تنظیم چراغ ضروری می‌گردد.
- معمولاً دو یا چند گزینه برای جریان ترافیک بررسی می‌گردند. مشکلات ایجادشده برای کاربران راه که شامل تأخیرها و طی مسافت طولانی‌تر می‌باشد می‌تواند برای هر گزینه ارزیابی گردد. محاسبه هزینه‌های رانندگی و زمان می‌تواند به صورتی که در بخشهای ذیل ارایه می‌شود، انجام گردد.

#### ۸-۶-۳- اطلاعات ترافیکی

داده‌های ترافیکی برای انجام محاسبه مورد نیازند. در حال حاضر، این داده‌ها بر حسب کشورها و راهها، در بانکهای اطلاعاتی محلی یا ملی موجود می‌باشند، در غیر این صورت باید تخمین زده شده یا تهیه گردند. اگر اطلاعات مربوط به تغییرات قابل انتظار در جریان ترافیک موجود باشند باید از آنها برای دوره‌های تعمیر مورد نیاز استفاده شود.

#### ۸-۶-۴- قیمت‌های واحد

هزینه‌های واحد بر حسب هزینه بر کیلومتر و هزینه بر ساعت به ترتیب برای محاسبه هزینه‌های رانندگی و زمان لازم می‌باشند. قیمت‌های واحد زیر نمونه‌هایی است از کشور دانمارک [۴]:

| هزینه زمان<br>(dkk/hour) | هزینه رانندگی بدون در نظر گرفتن مالیات<br>(dkk/km) |               |
|--------------------------|--|---------------|
| ۵۱/۱۷                    | ۰/۸۳   | اتومبیل سواری |
| ۱۴۹/۶۵                   | ۱/۰۶   | کامیون        |

#### ۸-۶-۵- محاسبه هزینه‌های کاربران راه

محاسبه تأثیر برخی از گزینه‌های جریان ترافیک ساده است. برای نمونه، استفاده از محدودیت سرعت تنها اتلاف وقت را به دنبال خواهد داشت. به طور مشابه، استفاده از مسیر انحرافی موقت که سبب می‌شود کاربران تونل

۱- یک خط عبوری است که ترافیک بر روی آن، با توجه به اقتضای زمانی، در برخی ساعات روز در یک جهت و در سایر ساعات روز در جهت مخالف حرکت می‌نماید.

مسافت بیشتری، اما بدون وجود تراکم یا چراغهای ترافیکی طی نمایند، می‌تواند بر حسب هزینه زمان و هزینه رانندگی محاسبه شود. چراغهای راهنمایی مهیاشده وضعیت متراکمی را به وجود نمی‌آورند. این چراغها نیز می‌توانند در محاسبات لحاظ شوند. نمونه‌هایی از گزینه‌های ساده در پیوست C ارائه می‌شود.

موارد پیچیده وقتی به وجود می‌آیند که محدودیتهای ترافیکی منجر به ایجاد صف‌های ترافیکی و تأثیر ترافیک در مقاطع مجاور گردد. در این موارد معمولاً یک متخصص، محاسبه هزینه‌های تحمیل‌شده به کاربر راه را انجام می‌دهد. ممکن است در برخی شرایط ارزیابی موارد ساده توسط متخصص ضروری باشد (مثلاً وقتی که هزینه‌های کاربر راه به میزانی هستند که بر روی انتخاب راهبرد یا روش تعمیر اثر می‌گذارند).

### ۷-۸- تحلیل فاصله

در یک سازمان، گاهی اختلافاتی بین مهارتهای واقعی پرسنل و مهارتهای مورد نیاز بروز می‌نماید. این مسأله می‌تواند به دلایلی نظیر تغییر عقیده کارمندان، تغییرات ایجادشده در ماهیت کار، ساختارهای جدید و ... اتفاق بیفتد. مدیران سازمانها باید در شناسایی و مدیریت این اختلافات به وسیله استخدام، آموزش یا پیمانکاری دست دوم هوشیار باشند. یک روش سیستماتیک برای حل این مسایل مطلوب می‌باشد.

تحلیل فاصله، روشی است برای تعیین فاصله بین سطح قابلیت لازم و سطح قابلیت واقعی در درون سازمانها و شناسایی اقدامات لازم برای حذف این فاصله. برای انجام این تحلیل، اولین اقدام لازم، شناسایی حوزه قابلیت مورد نظر می‌باشد. این اقدام از مسؤولیتهای مسؤلان سازمان بوده و باید توسط آنها به مرحله اجرا درآید. اما می‌توان برای انجام این کار از مشارکت و همکاری سازمانهای دیگر استفاده نمود. وظایف و مسؤولیتهای حوزه تحت مطالعه باید در ابتدا مشخص شود. سپس باید ساختار پرسنلی و قابلیتهای لازم برای کارمندان جهت انجام وظایف در حوزه مورد نظر تعیین شود. قابلیتهای لازم برای پرسنل باید طوری مشخص شوند که افراد بتوانند با توجه به آنها سنجیده شوند. این کار توجه دقیقی را می‌طلبد. برای تعیین سطح قابلیت در حوزه مشخص، پرسنل می‌توانند با توجه به مقیاس زیر ارزیابی شوند:

| سطح | توضیحات           | تفسیر  |
|-----|-------------------|--|
| ۰   | بدون دانش و آگاهی | هیچ تجربه یا آموزشی در زمینه مورد نظر ندارد. هیچ دانشی در مورد این وظیفه ندارد.        |
| ۱   | دانش بسیار محدود  | اصل وظیفه را می‌داند، اما مطمئن نیست. به راهنمایی نیاز دارد.                           |
| ۲   | در حال آموزش      | برخی تجربیات و آموزشها را در خود دارد. اما هنوز به آموزش بیشتری نیاز دارد.             |
| ۳   | تحت کنترل         | قادر به انجام وظیفه تحت شرایط عادی می‌باشد، هنوز نیاز به حمایت دارد.                   |
| ۴   | مغرب              | در زمینه وظیفه مورد نظر بسیار مجرب بوده و می‌تواند بیشتر چالشها را مرتفع سازد.         |
| ۵   | متخصص             | شایستگی احراز تخصص در زمینه مورد نظر را داراست و می‌تواند بیشتر چالشها را برطرف نماید. |

با مقایسه بین سطح قابلیت موجود و سطح قابلیت لازم در درون یک سازمان، میزان قابلیت لازم برای حذف فاصله مشخص می‌گردد. حذف فاصله با آموزش یا استخدام مناسب امکان‌پذیر می‌باشد. چنین تحلیلی برای ارزیابی نیازهای آموزشی، مثلاً پرسنل بهره‌برداری تونل بسیار مناسب می‌باشد. نمونه‌ای از کاربرد تحلیل فاصله در اداره راه نروژ در پیوست D ارائه می‌شود.

مراجع

- 1- Reduction of Operation Coast of Roads Tunnels; Report and Recommendation, PIARC Committee on Road Tunnels (C5), 1999, PIARC Reference: 05.06.B
- 2- "CSS/HA/HSE guidance for safer temporary traffic management", available at [http://www.highways.gov.uk/aboutus/corpdocs/gstt\\_may\\_02/01.htm#top](http://www.highways.gov.uk/aboutus/corpdocs/gstt_may_02/01.htm#top)
- 3- Maintenance – concepts and definitions of maintenance activities, French Standard X 60-010
- 4- "Traffic – economic unit – prices", published by the Danish Road Directorate
- 5- Prevention and Control of Highway Tunnel Fires: US Department of Transportation; Federal Highway Administration; Report FHWA-RD-83-032, August 1999
- 6- Road Tunnels: Emissions, Ventilation, Environment: 1995, PIARC Committee on Road Tunnels (C5), 1996, PIARC Reference 05.02.B
- 7- The Exercise Planners Guide – Home Office (available on Home Office web site [www.homeoffice.gov.uk](http://www.homeoffice.gov.uk))

## پیوست A- مجموعه سؤالات

## بعضی نمونه‌های مجموعه سؤالات

## (۱) طراحی

- آیا می‌توان یک قطعه استاندارد را به جای یک قطعه طراحی خاص استفاده کرد؟
- آیا می‌توان یک قطعه استاندارد را برای انجام کار تغییر داد؟
- آیا می‌توان برای ساده کردن یا حذف نگهداری، طراحی را تغییر داد؟
- آیا طراحی برای نگهداری مطلوب، مناسب است؟
- آیا تغییر طراحی و بنابراین کاهش هزینه‌ها، نتایج یکسانی را ارایه می‌دهند؟
- آیا هر تغییری در طراحی، به معنای افزایش ایمنی یا بهبود نگهداری است؟
- آیا هر گونه هزینه اضافی با مصرف کمتر انرژی جبران خواهد شد؟
- هزینه‌های کل طول عمر چه هزینه‌هایی هستند؟
- آیا طراحی، بهترین نسبت ممکن هزینه/ عملکرد را به همراه دارد؟
- آیا در کارکردهای سایر تأسیسات دوباره‌کاری صورت می‌گیرد؟

## (۲) الزامات نگهداری و بازرسی

- برای این مورد یا سیستم، الزامات بازرسی چیست؟
- آیا هر فرد درگیر دقیقاً الزامات را می‌داند؟
- آیا گواهی یا آموزش خاصی برای نگهداری و بازرسی مورد نیاز است؟
- آیا گواهی یا آموزش خاصی برای نگهداری و بازرسی ضروری می‌باشد؟
- آیا تغییر در الزامات، باعث بهتر انجام شدن نگهداری و بازرسی خواهد شد؟
- آیا برای بهبود کیفیت می‌توان استانداردها را بدون هزینه‌های غیر ضروری بالا برد؟
- آیا یک استاندارد کیفیت و قابلیت اعتماد پایین‌تر هزینه را به طور قابل توجهی کاهش خواهد داد؟
- آیا تنظیم آیین‌نامه‌ها به هر طریق، بدون کاهش استاندارد فعلی می‌تواند هزینه‌های نگهداری و بازرسی را کاهش دهد؟
- چگونه استانداردهای این سیستم با استانداردهای سیستم‌های مشابه مرتبط خواهند شد؟
- آیا تغییر در استانداردها و الزامات بازرسی، باعث افزایش یا کاهش تعداد و یا پیامدهای حوادث یا خرابی‌ها و هزینه‌های عملکردی سیستم خواهد شد؟
- آیا استاندارد نگهداری به طور قطع ثابت است یا اینکه یک امر مبتنی بر قضاوت شخصی می‌باشد؟
- آیا قراردادها و استانداردهای ملی و بین‌المللی درباره سطح عملکرد این سیستم در دسترس می‌باشند؟
- علل اصلی خرابی این سیستم چیست؟
- آیا عوامل انسانی تأثیر زیادی در خرابی این سیستم دارند؟ آیا این عوامل در ایمنی مؤثر هستند؟

- هزینه‌های حذف عوامل انسانی بدون تأثیر منفی بر ایمنی چیست؟
- آیا حذف عوامل انسانی در هزینه‌های کل مؤثر خواهد بود؟

### ۳) جایگزینی / نوسازی (به علاوه سؤالات ۱ تا ۵)

- هدف از نوسازی چیست؟
- آیا نتیجه به دست آمده از نوسازی ضروری است؟ اگر چنین است، چرا؟
- آیا نوسازی به این دلیل که نوسازی قبلی به درستی انجام نشده بود، ضروری است؟
- آیا نوسازی برای اصلاح وضعیتی انجام شده بود که هم‌اکنون طور دیگری اصلاح شده است؟
- اگر نوسازی برای بهبود ایمنی در حال انجام است، آیا هزینه‌های اضافی افزایش می‌یابند یا هزینه‌های دیگر کم خواهند شد؟
- آیا می‌توان از طریق دیگری به هدف نوسازی دست یافت؟
- آیا تأمین‌کننده مصالح یا هر تیم ذینفع دیگر می‌تواند نوسازی را به نحوی اقتصادی‌تر انجام دهد؟
- آیا نوسازی در حال انجام، برای برطرف کردن نیازهای تمامی کاربران تونل می‌باشد یا نیازهای یک گروه محدود، این نوسازی را ضروری کرده است؟
- آیا نوسازی بعدی، ضرورت این نوسازی را از بین می‌برد؟
- آیا نوسازی از روی عادت انجام می‌شود؟
- آیا نوسازی برای کاهش هزینه نوسازی قبلی یا نوسازی بعدی، ایجاد شده بود؟
- آیا می‌توان نوسازی را با هزینه پایین‌تری انجام داد؟
- آیا جایگزین کردن بیشتر، باعث می‌شود تا نوسازی‌های آینده راحت‌تر اجرا شوند؟
- پیامدهای تعویق نوسازی چیست (یکسال، پنج‌سال)؟
- آیا راه دیگری برای انجام نوسازی و حفظ نتایج یکسان وجود دارد؟
- اگر نوسازی برای اصلاح مشکلی در آینده تعیین شده، آیا این احتمال وجود دارد که اقدامات اصلاحی از خود مشکل پرهزینه‌تر باشند؟
- آیا بعد از اضافه شدن نوسازی به فرایند، شرایط (الزامات، قانون و غیره) تغییر کرده است؟

### ۴) سیستمها و تأسیسات

- آیا سیستم استفاده‌شده / نصب‌شده، برای این کار مناسب‌ترین است؟
- آیا این سیستم استفاده‌شده باصرفه‌ترین است؟
- آیا سیستمهای دیگری قبلاً نصب شده‌اند که بتوانند وظیفه مشابهی را انجام دهند؟
- آیا می‌توان یک سیستم کم‌هزینه‌تر را جایگزین کرد و همچنان کار را به طور رضایت‌بخش انجام داد؟
- آیا سیستم و تجهیزات خریداری‌شده در شرایط مناسب برای استفاده قرار دارند؟

- آیا تأمین‌کننده می‌تواند کار دیگری بر روی سیستم انجام دهد تا کارایی بهبود یافته و مصرف انرژی کاهش یابد؟
- آیا تأسیسات در معرض آلودگی قرار دارند (همچنین در طول نصب)؟
- آیا سیستمها و تأسیسات در ارتباط با شرایط اقلیمی خورنده و دشوار درون تونلها، انتخاب شده‌اند؟
- آیا فرض می‌شود که دسترسی به تجهیزات درون مجرای ترافیکی تونل (خیلی) محدود است؟
- چگونه هزینه سیستم با هزینه نیروی انسانی برای نگهداری و بهره‌برداری مقایسه می‌شود؟
- آیا می‌توان هزینه تأسیسات را با استانداردهای کاهش داد؟
- اگر نصب سیستم در نتیجه یک طرح سازگارتر بود، آیا کنترل بهتری می‌توانست انجام شود؟
- آیا تأسیسات برای مقابله با صدمات تصادفی عابرین پیاده و پرسنل نگهداری، محافظت شده‌اند (لبه‌های تیز، ماشین‌آلات روباز)؟
- آیا سیستمها و تأسیسات، ساده و حفاظت‌شده هستند؟
- برای انبار کردن قطعات یدکی چه نیازمندی‌هایی وجود دارد؟
- آیا بازرسی دقیق‌تر می‌تواند فراوانی خرابی‌ها را کاهش دهد؟

#### ۵) شرایط کاری

- اپراتورها چگونه تعیین می‌شوند؟
- آیا سیستمهای نصب‌شده از طراحی خوبی برخوردار هستند تا اپراتور در تمامی زمانها به کنترلها دسترسی داشته باشد؟
- چگونه دسترسی به کنترلها تنظیم می‌شوند؟
- متصدیان چگونه آموزش می‌بینند؟
- آیا احتمال زیادی برای اشتباه کردن وجود دارد (مثلاً به خاطر ارگونومی ضعیف، حجم کار بالا، فشار انسانی و غیره)؟
- آیا طرح و جانمایی اتاق کنترل و بخشهای کاری دیگر اثربخش است و آیا می‌تواند بهبود یابد؟
- آیا مبلمان به طور صحیح قرار گرفته‌اند؟
- در مورد کارهای شیفتی، چه مدت زمانی در شروع و پایان یک شیفت طول می‌کشد تا یک کارمند پست خود را ترک کرده و کار به دیگری بسپارد؟
- آیا روشنایی با شرایط کاری مطابقت دارد و در تمام اوقات کافی است؟
- آیا دما همیشه مناسب و کافی است؟
- آیا به عوامل ایمنی توجه کافی شده است؟
- آیا پیشنهادها پرسنل مد نظر قرار گرفته است؟

## پیوست B- ارزش خالص فعلی

در این پیوست، یک روش ساده برای تعیین NPV یک سیستم بیان می‌شود.

## فرمولها

$$C_w = f \times k \quad \text{ارزش خالص فعلی}$$

$C_w$ : مبلغ کلی که باید در شروع یک دوره معین، اختصاص داده شود (NPV). این مقدار شامل خرید، نگهداری دوره‌ای، مصرف انرژی و نوسازی می‌باشد.

$f$ : فاکتوری که به درصد بهره، درصد تورم و تعداد سالهای منظور شده در محاسبه بستگی دارد.

$k$ : هزینه‌ها در هر سال.

$$f = \frac{1+r}{r} \left[ 1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right] \quad \text{فاکتور } f$$

$r$ : نرخ بهره سالانه منهای نرخ تورم.

$n$ : تعداد سالهای دوره محاسبه شده.

NPV برای بخشهایی از سیستم که در طول دوره محاسبه شده باید تعویض گردند (طول عمر بخش مورد نظر از تعداد سالهایی که در محاسبه NPV منظور شده، کمتر می‌باشد)، می‌تواند با کمک یک فرمول متداول بهره تعیین شود. در شروع دوره کلی مورد نظر، مقداری از پول اختصاص داده می‌شود که به خاطر بهره، این مقدار پول به مقداری که برای نوسازی قطعه مورد نظر در پایان طول عمرش لازم است، افزایش می‌یابد.

$$k_{res} = k_{eind} \frac{1}{(1+r)^n} \quad \text{فرمول بهره به این صورت است:}$$

$k_{res}$ : میزان پولی که در شروع دوره مورد نظر باید اختصاص یابد.

$k_{eind}$ : میزان پولی که برای نوسازی لازم است.

$r$ : نرخ بهره سالانه منهای نرخ تورم.

$n$ : تعداد سالهای دوره محاسبه شده.

## مثالی از محاسبه NPV طی ۲۵ سال

(نرخ بهره ۸ درصد، تورم ۳ درصد)

## مثال الف:

الف) طول عمر تأسیسات = ۲۵ سال

- خرید = ۱۰۰۰۰۰۰

- نگهداری سالیانه = ۵۰۰۰

- انرژی سالیانه = ۳۵۰۰۰

در دوره ۲۵ ساله، فاکتور  $f = ۱۴/۷۹۸$

NPV عبارت است از:

- خرید = ۱۰۰۰۰۰۰
- نگهداری برای ۲۵ سال = ۷۳۹۹۳
- انرژی برای ۲۵ سال = ۵۱۷۹۵۲

لذا NPV کل برابر است با ۱۵۹۱۹۴۵

در مقایسه با مثال الف: برای طول عمر کمتر از ۲۵ سال، خرید ارزان‌تر است، اما هزینه‌های انرژی بالاتر می‌باشد.

طول عمر ۲۰ سال

- خرید = ۷۵۰۰۰۰
- نگهداری سالیانه همانند مثال الف = ۵۰۰۰
- انرژی سالیانه = ۴۷۰۰۰

برای مقایسه با مثال الف، طول عمر، ۲۵ سال محاسبه می‌شود:

بعد از ۲۰ سال، تأسیسات باید با هزینه ۷۵۰۰۰۰ نوسازی شوند.  
بعد از ۲۵ سال، طول عمر تأسیسات نوسازی‌شده، ۱۵ سال است.

از دست رفتن ارزش (استهلاک) تأسیسات نوسازی‌شده در ۵ سال برابر  $۱۸۷۵۰۰ = ۷۵۰۰۰۰ \times ۵/۲۰$  می‌باشد  
(این قطعه خریداری‌شده برای تأسیسات نوسازی‌شده در دوره ۲۵ ساله در نظر گرفته شده و باید بعد از ۲۰ سال پرداخت گردد).

در شروع دوره ۲۵ ساله، میزان پولی که باید تخصیص داده شود، برای پرداخت بابت خرید ۵ ساله قطعات برای تأسیسات جدید کافی می‌باشد. برای رسیدن به مقدار ۱۸۷۵۰۰ در ۲۰ سال (نرخ بهره ۸ درصد، نرخ تورم ۳ درصد)، در شروع این دوره، مقدار پول ۷۰۶۶۷ باید اختصاص یابد.

NPV در ۲۵ سال:

- خرید = ۷۵۰۰۰۰
- قسمتی از خرید بعد از ۲۰ سال = ۷۰۶۶۷
- نگهداری سالیانه (همانند الف) = ۷۳۹۹۳
- هزینه انرژی در ۲۵ سال = ۶۹۵۵۳۶

لذا NPV کل برابر ۱۵۹۰۱۹۶ می‌باشد.

مثال ب:

در مقایسه با مثال الف: دوره محاسبه شده = ۱۰۰ سال  
طول عمر تأسیسات ۲۵ سال است.

- خرید = ۱۰۰۰۰۰۰

- نگهداری سالیانه = ۵۰۰۰

- انرژی سالیانه = ۳۵۰۰۰

بعد از یک دوره ۲۵، ۵۰ و ۷۵ ساله، تأسیسات باید نوسازی شوند. در شروع دوره ۱۰۰ ساله با نرخ بهره و تورم مشخص، مقادیر پولی باید برای موارد زیر اختصاص یابد:

- خرید و نصب = ۱۰۰۰۰۰۰

- جایگزینی بعد از ۲۵ سال = ۲۹۵۳۰۳

- جایگزینی بعد از ۵۰ سال = ۸۷۲۰۳

- جایگزینی بعد از ۷۵ سال = ۲۵۷۵۱

در یک دوره ۱۰۰ ساله، فاکتور  $f = ۲۰/۸۴۰۳$  می باشد.

NPV برای این تأسیسات در ۱۰۰ سال عبارت است از:

- خرید و ۳ بار نوسازی = ۱۴۰۸۲۵۷

- نگهداری طی ۱۰۰ سال = ۱۰۴۲۰۱

- انرژی طی ۱۰۰ سال = ۷۲۹۴۱۰

لذا NPV کل برابر ۲۲۴۱۸۶۸ می باشد.

## پیوست C- نمونه محاسبات هزینه مشکلات ایجادشده برای کاربران راه

## الف) انحراف مسیر همراه با کاهش سرعت

تأخیر کاربر راه به این صورت تعریف می‌شود: اختلاف بین زمان سفر معمولی و زمان لازم بعد از استقرار کارگاه‌های عملیاتی، بین دو نقطه نسبتاً دور از محل که تحت تأثیر جریان ترافیک نزدیک محل قرار ندارند، محاسبه می‌شود. فرض می‌شود که صف ترافیک تشکیل نمی‌شود، بنابراین می‌توان اتلاف وقت را فقط نتیجه کاهش سرعت در نظر گرفت.

انحراف مسیر بدون افزایش طول مسیر ایجاد می‌شود. تابلوهای کاهش سرعت نیز کار گذاشته می‌شوند. در طول ۵۰۰ متر از یک مسیر می‌توان فرض کرد که متوسط سرعت از ۷۵ به ۵۰ کیلومتر بر ساعت کاهش یافته است.

متوسط سالیانه جریان ترافیک ۲۴ ساعته در سال، ۳۰۰۰ وسیله نقلیه است که ۱۵ درصد آن را کامیونها تشکیل می‌دهند.

|                             |   |               |
|-----------------------------|---|---------------|
| زمان سفر قبل از شروع عملیات | $36000/75000 \times 500$                        | = ۲۴ ثانیه    |
| زمان سفر بعد از عملیات      | $36000/50000 \times 500$                        | = ۳۶ ثانیه    |
| تأخیر                       | ۳۶-۲۴   | = ۱۲ ثانیه    |
| <b>هزینه‌های زمان</b>       |   |               |
| اتومبیل‌های سواری           | $3000 \times 0.85 \times 12/3600 \times 17/51$  | = ۴۳۵ Dkk/day |
| کامیونها                    | $3000 \times 0.15 \times 12/3600 \times 149/65$ | = ۲۲۵ Dkk/day |
| کل هزینه‌های کاربر راه      |   | = ۶۶۰ Dkk/day |

## ب) مسیر انحرافی (بدون هیچ مشکل دیگری برای ترافیک)

در محاسبه هزینه‌های کاربر راه در مورد یک جاده انحرافی، هم اتلاف وقت و هم مسافت اضافی پیموده‌شده باید در نظر گرفته شود. اتلاف وقت بر اساس تفاوت‌های مسافت و سرعت به ترتیب قبل و طی تعمیرات محاسبه می‌شود. مسافت اضافه‌شده معمولاً برای سواری‌ها و کامیونها یکسان خواهد بود، در حالی که به دلیل اختلاف سرعتها، اتلاف وقت می‌تواند متفاوت باشد.

در مثال فعلی، جاده‌ای در نظر گرفته شده که به دلیل ساخت پل در آن مانع ایجاد می‌شود. بین دو نقطه از جاده با فاصله ۱/۵ کیلومتر از هم، جاده‌ای انحرافی با طول کل ۳/۵ کیلومتر ایجاد شده است.

می‌توان متوسط سرعت قبل از تعمیر را ۵۶ کیلومتر در ساعت در نظر گرفت. متوسط سرعت در جاده انحرافی نیز برای اتومبیل‌های سواری ۵۵ کیلومتر در ساعت و برای کامیونها ۵۰ کیلومتر در ساعت می‌باشد. متوسط جریان ترافیک ۲۴ ساعته، ۱۰۰۰ وسیله نقلیه می‌باشد که ۱۲ درصد آن را کامیونها تشکیل می‌دهند.

زمان مسافرت قبل از تعمیر:  $36000/65000 \times 1500$  = ۸۳ ثانیه

زمان مسافرت بعد از تعمیر:

- سواری‌ها  $36000/55000 \times 3500$  = ۲۲۹ ثانیه

- کامیونها  $36000/50000 \times 3500$  = ۲۵۲ ثانیه

تأخیر:

|                |  |   |
|----------------|--|---|
| ۱۴۶ ثانیه =    | ۲۲۹-۸۳   | - سواری‌ها                              |
| ۱۶۹ ثانیه =    | ۲۵۲-۸۳   | - کامیونها                              |
| ۲۰۰۰ ثانیه =   | ۳۵۰۰-۱۵۰۰  | مسیر اضافی طی شده<br>هزینه‌های زمان:    |
| ۱۸۲۶ Dkk/day = | $1000 \times 0/88 \times 146/3600 \times 51/17$  | اتومبیل‌های سواری                       |
| ۸۴۳ Dkk/day =  | $1000 \times 0/12 \times 169/3600 \times 149/65$ | کامیونها                                |
| ۲۶۶۹ Dkk/day = |  | کل هزینه‌های زمان<br>هزینه‌های رانندگی: |
| ۱۴۶۱ Dkk/day = | $1000 \times 0/88 \times 2/0 \times 0/83$        | اتومبیل‌های سواری                       |
| ۲۵۴ Dkk/day =  | $1000 \times 0/12 \times 2/0 \times 1/06$        | کامیونها                                |
| ۱۷۱۵ Dkk/day = |  | کل هزینه‌های رانندگی                    |
| ۴۳۸۴ Dkk/day = | $2669 + 1715$                                    | کل هزینه‌های کاربر راه                  |

## پ) مقررات چراغهای راهنمایی

در این مثال، استفاده از چراغهای راهنمای زمان‌بندی شده که در آن (بدون تشکیل صف) مدت زمان روشن بودن چراغهای سبز، زرد و قرمز از قبل معین است، مورد نظر قرار می‌گیرد. زمان سیکل چراغ راهنما مدت زمانی است که برای عبور از تمامی فازهای چراغ صرف می‌شود، مثلاً از شروع چراغ سبز تا شروع چراغ سبز در یک جهت ترافیکی مشخص. سیکلها در فاصله‌های زمانی یکسان تکرار می‌شوند، اگرچه در طول یک دوره ۲۴ ساعته، فاصله زمانی ممکن است تغییر کند.

برای این شرایط، مهم است که مقررات با تغییرات ترافیکی مطابقت داشته باشند. تا زمانی که هیچ مشکل ظرفیتی وجود نداشته باشد، عموماً سیکل‌های کوتاه، کمترین زمان انتظار را ارائه می‌دهند.

در تعیین طول هر فاز، اطلاعات زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- شدت توزیع ترافیک (I) در جهت مشخص
- سرعت وسیله نقلیه (V) در مسیر مقرر شده
- طول مسیر (L) مقرر شده

زمان آزاد (یعنی زمان سپری شده بین تغییر چراغ به قرمز در یک جهت و تغییر چراغ به سبز در جهت دیگر) ثابت می‌باشد، به طوری که آخرین کاربر وارد شده به مسیر معمولاً می‌تواند قبل از حرکت ترافیک در جهت مخالف از آن عبور کند. با این وجود، مطلوب است که در صورت امکان یک خط عبوری باریک برای دوچرخه‌سواران اختصاص داده شود که این کار بر تنظیم زمان آزاد بر اساس سرعت‌های سیکل ارجحیت دارد. حداقل مدت زمان چراغ سبز طوری است که صف تولید شده در ظرف یک دوره چراغ سبز از بین برود.

$$d = L/V + b$$

بر این اساس خواهیم داشت:

$$g \text{ min} = (2bdI)/(1 - 2bI)$$

$$r \text{ min} = g \text{ min} + 2d$$

$$C \text{ min} = g \text{ min} + r \text{ min}$$

که در آن:

$$r = \text{زمان قرمز}$$

$$g = \text{زمان سبز}$$

$$d = \text{زمان آزاد}$$

$$I = \text{تراکم ترافیک در هر جهت}$$

$$b = \text{متوسط زمان جریان ترافیک برای هر وسیله نقلیه (معمولاً ۲ ثانیه برای هر اتومبیل)}$$

$$C = \text{زمان سیکل}$$

مدت زمان فاز سبز باید به گونه‌ای باشد که به ندرت اتفاق بیفتد که یک وسیله نقلیه موفق به عبور از اولین چراغ سبز نشود. اگر تراکم ترافیک در طول روز بسیار متغیر باشد، برنامه‌های زمان‌بندی متفاوتی برای چراغ راهنما می‌توان تعریف نمود. برای مثال یک برنامه برای ساعات شلوغ و یک برنامه برای سایر زمانها. فرمول زیر می‌تواند برای محاسبه متوسط تأخیر هر وسیله نقلیه استفاده شود. وقتی که تمامی وسایل نقلیه در انتظار بتوانند در طول زمان سبز بودن چراغ حرکت کنند، یعنی بدون تشکیل صف و با فرض اینکه بار ترافیکی، یکنواخت است.

$$F_{average} = r^2 / \{2C(1 - bI)\}$$

مثال:

|  |  |
|--|--|
| $L = 150 \text{ m}$  | طول مسیر تحت کنترل توسط چراغ راهنمایی                    |
| $8.3 \text{ m/s} = V = 30 \text{ kph}$   | سرعت در مسیر تحت کنترل توسط چراغ راهنمایی                |
| $0.056 \text{ PCU/s} = I = 4800 \text{ PCU/day}$                                     | تراکم ترافیک در هر جهت (PCU، واحد اتومبیل سواری)         |
| $b = 2 \text{ sec./PCU}$   | متوسط زمان جریان ترافیک                                  |
| $20 \text{ sec.} =$  | $d = L/V + b = 150/8.3 + 2$                              |
| $6 \text{ sec.} = (2 \times 2 \times 20 \times 0.056)/(1 - 2 \times 2 \times 0.056)$ | $g \text{ min} = (2bdI)/(1 - 2bI)$                       |
| $46 \text{ sec.} =$  | $r \text{ min} = g \text{ min} + 2d = 6 + 2 \times 20$   |
| $52 \text{ sec.} =$  | $C \text{ min} = g \text{ min} + r \text{ min} = 6 + 46$ |
| $23 \text{ sec.} =$  | $F_{average}$  |

اگر ۱۰ درصد وسایل نقلیه، کامیون باشند و ۲ PCU = یک کامیون، خواهیم داشت:

$$۸۶۴۰ \text{ units/day} = ۴۸۰۰ \times ۰/۹ \times ۲ \quad \text{اتومبیلهای سواری:}$$

$$۴۸۰ \text{ units/day} = ۲ \times ۰/۱ \times ۰/۵ \times ۲ \quad \text{کامیونها:}$$

هزینه‌های زمان

$$۲/۸۲۵ \text{ dkk/day} = ۸۶۴۰ / ۳۶۰۰ \times ۵۱/۱۷ \quad \text{اتومبیلهای سواری:}$$

$$۴۵۹ \text{ dkk/day} = ۴۸۰ \times ۲۳ / ۳۶۰۰ \times ۱۴۹/۶۵ \quad \text{کامیونها:}$$

$$۳۲۸۴ \text{ dkk/day} = \quad \text{کل هزینه‌های کاربر راه:}$$

افزایش در زمان چراغ سبز

زمان چراغ سبز برابر ۲۰ sec. در نظر گرفته می‌شود.

$$r = g + 2d = 20 + 2 \times 20 = 60 \text{ sec.}$$

$$C = g + r = 80 \text{ sec.}$$

$$F_{average} = r^2 I [2C(I - bI)] \quad 60 \times 60 / 12 \times 80 (1 - 2 \times 0.056) = 25 \text{ sec.}$$

این بدان معناست که افزایش محسوس در زمان چراغ سبز، سبب یک افزایش بسیار جزئی در متوسط زمان تأخیر

می‌شود.

افزایش در هزینه‌های کاربر راه را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$۳۵۶۹ - ۳۲۸۴ = ۲۸۵ \text{ Dkk/day}$$

### پیوست D - نمونه‌ای از مطالعه تحلیل فاصله

در سالهای اخیر، تحلیل فاصله روی کل سازمان اداره راه در نروژ انجام شده است. علت انجام این تحلیل، نیاز به بهبود کارایی سازمان و توانا ساختن آن برای پاسخگویی بهتر به نیازهای جدید می‌باشد.

با وجود اینکه کل سازمان مورد ارزیابی قرار گرفت، اما نتایج تحلیل در دو حوزه زیر به وسیله مثال ارایه می‌گردد:

- پرسنل مشغول در شرکتهای پیمانکاری و مشاوره‌ای. این پرسنل به دانشی مناسب در زمینه قوانین و مقررات نیاز دارند.

- پرسنل مرتبط با پیمانکاری. این پرسنل باید درکی از اسناد مربوط و مدیریت قراردادها داشته باشند. مدیران این حوزه‌ها، سطوح صلاحیت مورد نیاز را تعیین نموده و کارمندان خود را در مقایسه با این سطوح ارزیابی کردند. شاخصهای صلاحیت موجود برای دو حوزه در زیر نشان داده می‌شود. سطوح صلاحیت همان است که در بخش ۷-۸ شرح داده شد. باید توجه شود که این سطوح می‌توانند بر حسب تعداد پرسنل نشان داده شوند.



شاخصهای صلاحیت موجود در میان پرسنل با شاخصهای صلاحیت مورد نیاز که توسط مدیران تعیین گردید، مقایسه شد. راهبردی برای از بین بردن فاصله‌های موجود مورد موافقت قرار گرفت. به همین دلیل سمینارها و دوره‌های آموزشی ترتیب داده شد. ارتباط نزدیکی با دانشگاهها و مدارسی که برنامه‌های آموزشی برای رفع این نیازها داشتند، برقرار شد. در پایان، گاهی اوقات نتایج باید مرور و ارزیابی گردند.

## پیوست E- نمونه‌ای از کاربرد روش "شماره اولویت ریسک"

جدول (E-۱-EPS) درجه احتمال وقوع حادثه

| درجه احتمال | درصد احتمال     | احتمال  | توصیف              |
|-------------|-----------------|---|--------------------|
| ۱۶          | بالای ۸۵٪       | احتمال وقوع بسیار زیاد                        | بسیار محتمل        |
| ۱۲          | ۸۵-۵۱٪          | بیش از شانس مساوی وقوع یا عدم وقوع            | محتمل              |
| ۸           | ۵۰-۲۱٪          | اغلب اتفاق می‌افتد                            | نسبتاً محتمل       |
| ۴           | ۲۰-۱٪           | می‌تواند اتفاق بیفتد، ولی نه اغلب             | غیر محتمل          |
| ۲           | کمتر از ۱-۰/۰۱٪ | انتظار نمی‌رود که اتفاق بیفتد                 | بسیار غیر محتمل    |
| ۱           | کمتر از ۰/۰۱٪   | احتمالاً امکان‌پذیر است، ولی بسیار شگفت‌انگیز | بی‌نهایت غیر محتمل |

تذکر: مقادیر میانی باید درون‌یابی شوند.

جدول (E-۲-EIS) درجه تأثیر حادثه

| درجه | تأثیر وقوع خطر                                 | توصیف |
|------|--|-------|
| ۱۰۰۰ | بهره‌برداری تونل نمی‌تواند ادامه یابد          | فجیع  |
| ۱۰۰  | تهدید جدی برای بهره‌برداری تونل                | شدید  |
| ۲۰   | افزایش اساسی مشکلات و هزینه‌های بهره‌برداری    | اساسی |
| ۳    | تأثیر کم بر روی مشکلات و هزینه‌های بهره‌برداری | کوچک  |
| ۱    | تأثیر جزئی                                     | ناچیز |

تذکر: مقادیر میانی باید درون‌یابی شوند.

جدول (E-۳) اقدامات لازم برای شماره اولویت ریسک

| اقدام لازم                                | طبقه‌بندی ریسک | شماره اولویت ریسک (RPN) |
|---|----------------|-------------------------|
| حذف ریسک                                  | غیر قابل تحمل  | بیش از ۱۰۰۰             |
| حذف یا انتقال ریسک                        | نامطلوب        | ۱۰۱-۱۰۰۰                |
| حفظ یا مدیریت ریسک با پیشگیری یا تخفیف آن | قابل قبول      | ۲۱-۱۰۰                  |
| می‌تواند نادیده گرفته شود                 | ناچیز          | کمتر از ۲۰              |

تذکر: سناریوهای ریسک شناسایی شده باید بر حسب RPN وارونه طبقه‌بندی شوند. حذف ریسک بدین معناست که تغییر کامل روی هدف اصلی لازم است، به طوری که امکان وقوع ریسک فراهم نباشد. اجتناب از ریسک، انتخاب گزینه‌ای با ریسک کمتر، در صورت وجود گزینه‌های دیگر، می‌باشد. انتقال ریسک به این معناست که ریسک از بین نمی‌رود، بلکه به جاهایی که برای مدیریت و کنترل ریسک بهتر تجهیز شده‌اند، انتقال می‌یابد.

جدول (۴-E) راهبردهای ممکن برای واکنش در مقابل ریسک

| اقدام لازم برای ریسک | راهبرد ممکن برای واکنش  |
|----------------------|---|
| حذف                  | تغییر شرایط به طوری که ریسک نتواند اتفاق بیفتد.   |
| اجتناب               | اصلاح شرایط به طوری که ریسک کاهش زیادی یابد.  |
| انتقال               | به دلیل جنبه‌های ایمنی نمی‌توان واکنشی نشان داد.  |
| پیشگیری              | اقدام برای پیشگیری از وقوع ریسک   |
| تخفیف                | اقداماتی برای کاهش تأثیر ریسک در صورت وقوع آن   |
| پذیرش                | پذیرفته می‌شود که ممکن است ریسک اتفاق بیفتد، اما قابل صرف نظر کردن می‌باشد یا راه‌حل مناسبی از لحاظ هزینه برای آن وجود ندارد. |

تذکر: راهبردهای واکنش در مقابل ریسک باید فهرست شده و ثبت گردند.

جدول (۵-E) نمونه‌هایی از کاربرد روش مدیریت ریسک RPN در انگلستان

| خطری   | EPS | EIS  | RPN  | راهبرد         | اقدام                              |
|--|-----|------|------|----------------|------------------------------------|
| آتش‌سوزی تانکر<br>تونل در نزدیکی پالایشگاه قرار دارد | ۴   | ۱۰۰۰ | ۴۰۰۰ | حذف ریسک       | تمام تانکرها حفاظت شوند            |
| تراکم در تونل  | ۱۶  | ۲۰   | ۳۲۰  | انتقال ریسک    | فراهم کردن زیرساخت جاده‌ای اضافی   |
| نقص HV، UPS سالم است                                 | ۴   | ۶۰   | ۲۴۰  | اجتناب از ریسک | فراهم کردن ژنراتور اضافی           |
| عابر پیاده در تونل                                   | ۶   | ۱۰   | ۶۰   | تخفیف ریسک     | فراهم کردن علائم هشداردهنده و CCTV |

نمونه‌ها برای خطرات در دوره ۵ ساله آینده می‌باشند. مقادیر انتخاب شده صرفاً به منظور ارایه توضیح بوده و در تجزیه و تحلیلها، از تونلی به تونل دیگر به طور محسوسی تغییر می‌کنند.

## F- پیوست سیستم کامپیوتری نگهداری و بهره‌برداری تونلها و سایر تجهیزات فنی

### F-۱- مقدمه

تونلهای جاده‌ای مدرن در مناطق شهری یا در جاده‌های پرتراфик معمولاً تعداد زیادی سیستم و اجزای فنی خواهند داشت که برای بهره‌برداری ایمن تونلها بسیار مهم می‌باشند. بنابراین بهره‌برداری ایمن به روشهای نگهداری مناسب و پیشرفته وابسته است. این نگهداری ممکن است به طرق مختلفی مدیریت شود. در نروژ، اتخاذ روشهای پیشگیرانه ارجحیت دارد. فعالیتهای نگهداری پیشگیرانه می‌توانند روی کاغذ، در قالب نمودار گانت یا فیش مدیریت شود. اما تجربیات موجود در نروژ سیستم کامپیوتری مبتنی بر داده‌ها را پیشنهاد می‌نماید.

### F-۲- سیستم کامپیوتری نگهداری تونل

به طور کلی این سیستم همانند سیستم دستی است، با این تفاوت که از یک پایگاه اطلاعات کامپیوتری به جای فیش کاغذی برای نگهداری اطلاعات مربوط به فهرست موجودی و بازه‌های زمانی بین کارها استفاده می‌کند. این سیستم ممکن است سیستمی با یک کاربر یا شبکه‌ای بزرگتر با چندین کاربر باشد. تعدادی بسته نرم‌افزاری ساده برای سازمانها یا شرکتها و برای اهداف نگهداری، در بازار آزاد در دسترس می‌باشند. این بسته‌های نرم‌افزاری می‌توانند برای استفاده در تونل تطبیق داده شوند. این بسته‌های نرم‌افزاری معمولاً بر اساس رویکرد مدولار به مدیریت فعالیتهای می‌باشند که هر مدول کار مشخص و یا گروهی از کارها را پوشش می‌دهد. استفاده از این مدولها، کامپیوتر متصل به سرور را قادر به برقراری ارتباط با پایگاههای اطلاعاتی برای رفع نیازهای کارکنان دخیل در فرایند می‌نماید.

نمونه‌ای از سیستم کامپیوتری مدیریت نگهداری تونل به صورت نموداری در شکل F1 نشان داده می‌شود. مدولهای مختلف از طریق یک مدول اصلی به هم متصل می‌باشند. مدول اصلی حاوی اطلاعات پایه نظیر پایگاه اطلاعات دارایی می‌باشد. گردآوری اطلاعات (به عنوان مثال ثبت اجزای موجود، تمام برنامه‌های جاری و برنامه‌های نگهداری) در چنین سیستمی، دشوارترین بخش از کار می‌باشد. وظایف مدولهای دیگر در ذیل تشریح می‌گردد.

#### (۱) مدیریت نگهداری

مدول مدیریت نگهداری برای برنامه‌ریزی و بازبینی فعالیتهای بهره‌برداری و نگهداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فعالیتهای به یک پایگاه اطلاعاتی معتبر در زمینه داراییها (سازه/ اجزای تونل) در مدول اصلی متصل می‌باشند.

کارهای این بخش به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- نگهداری پیشگیرانه (کارهای مبتنی بر بازه‌های زمانی تکراری)
- پروژهها (کارهای برنامه‌ریزی شده که بیش از یک هفته به طول می‌انجامند)
- اقدامات اصلاحی (کارهای اتفاقی)
- تاریخچه (همه کارهای انجام شده)

فعالیتها بر اساس زمان سررسیدشان کنترل می‌گردند و سیستم به طور خودکار برای فعالیتهایی که باید انجام شوند، دستور کاری صادر می‌کند. دستورهای کاری چاپ شده و در واحد مدیریت پخش می‌گردد. وقتی که فعالیتی انجام شد، تاریخ و ساعت تکمیل کار و نظرات جنبی ثبت می‌گردند. سپس دستور کار به تاریخچه انتقال می‌یابد.

#### (۲) کنترل داخلی

مدول کنترل داخلی دو کارکرد اصلی دارد. این کارکردها عبارتند از بازبینی قوانین و مقررات موجود و ثبت محصولات خطرناک که نیاز به توجه ویژه دارند. بخش مقررات می‌تواند به طور مستقیم به یک CD یا دیسکت متصل شود تا دسترسی آسان به جزییات فراهم گردد. مقررات نیز ممکن است به مدول مدیریت نگهداری به منظور تضمین اینکه تجهیزات، استانداردهای مربوطه را تأمین می‌کنند و اینکه کارها مطابق با آموزشهای نگهداری کنونی انجام می‌شوند، مرتبط گردند.

مدولهای دیگر نیز می‌توانند با مدول کنترل داخلی مرتبط شوند. برای مثال اگر تونل، تحت کنترل گروه آتش‌نشانی باشد ممکن است در معرض مقررات ویژه مربوط به الزامات بازرسی قرار گیرد. می‌توان اتصالی را برای چاپ گزارشهای بازرسی به فرمت مورد نیاز فراهم نمود.

#### (۳) مدول بودجه / شبیه‌سازی

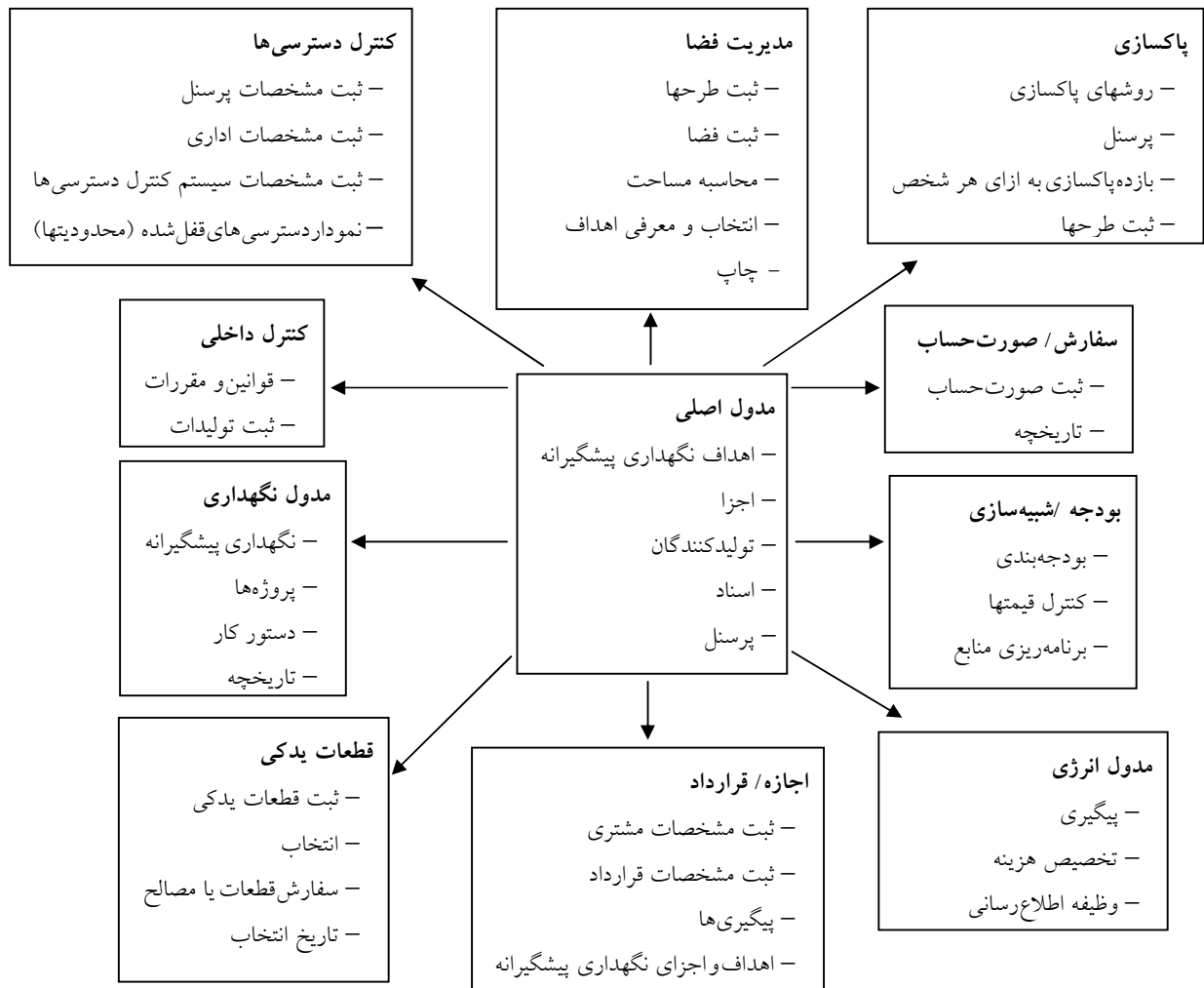
مدول بودجه / شبیه‌سازی پایه‌ای را برای مدیریت منابع ملی تونل تشکیل می‌دهد.

این مدول شامل کارکردهای اصلی زیر می‌باشد:

- بودجه
- هزینه یا مخارج
- مدیریت منابع

#### (۴) قطعات یدکی

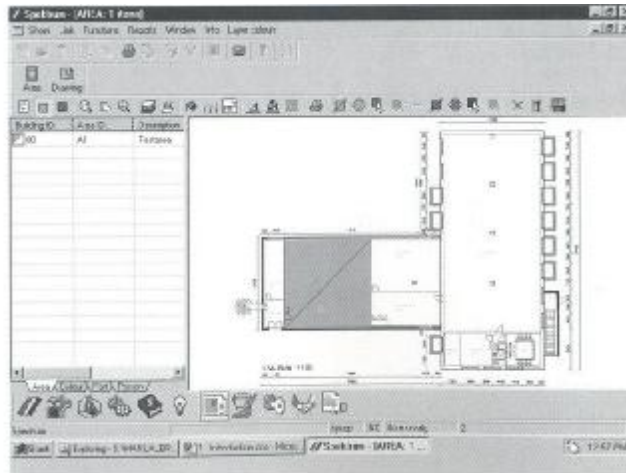
مدول قطعات یدکی، ثبت قطعات ماشین‌ها و تجهیزات ثبت شده در مدول اصلی را شامل می‌شود. همچنین می‌توان قطعات اضافی یا کهنه را نیز در این مدول ثبت کرد. یک مرجع بین قطعات یدکی و تجهیزات وجود دارد. در نتیجه می‌توان دریافت که هر قطعه متعلق به کدام یک از تجهیزات است. قطعاتی که در انبار هستند و نیز تعداد حداقل و حداکثر آنها ثبت می‌شوند. در نتیجه وقتی که تعداد قطعه‌ای به حداقل مقدار خود رسید، سیستم به طور خودکار درخواست قطعه جدید را صادر می‌نماید.



شکل (F1) شکل شماتیک سیستم مدولار مدیریت نگهداری

### (۵) مدول انرژی

مدول انرژی برای ثبت مصرف انرژی استفاده می گردد. قرائتهای حاصل از اندازه گیری برای مصرف در ساختمانها یا تونلها وارد می گردد و رکوردهای متناوب مصرف به سال بعد موكول می شود. برای رسیدن به درک صحیحی از مصرف انرژی، دمای میانگین در مدت معینی ثبت می گردد. میزان مصرف بر تعداد متر مربع تقسیم شده و حاصل برای اهداف آماری مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل (F2) صفحه‌ای که موقعیت تجهیزات داخل سازه را نشان می‌دهد

#### (۶) مدیریت فضا

مدول مدیریت فضا، طرح گرافیکی مدولها در سیستم می‌باشد که آنها را قادر می‌سازد روی نقشه‌ها قرار گیرند. طرح گرافیکی برای تصویر نمودن این اطلاعات مختلف بر روی یک نقشه استفاده می‌شود (شکل F2 را ببینید). این مدول استفاده از این نقشه‌ها را در فرمت اتوکد میسر می‌سازد.

کارکردهای اصلی عبارتند از:

- محاسبه مساحت (مساحت خالص / ناخالص)
- اندازه‌گیری فاصله
- متن
- لایه‌ها (یک نقشه در چند لایه ایجاد می‌شود)
- چاپ

علاوه بر این، اطلاعات بقیه مدولها به صورت نقشه‌هایی برای پاکسازی، قراردادهای اجاره، متصدی اداره ناحیه و ... نمایش داده می‌شوند.

#### (۷) مدول پاکسازی

مدول پاکسازی امکان ثبت روشهای پاکسازی، بازه زمانی بین عملیات و هزینه‌های مناطق مختلف را فراهم می‌آورد. این سیستم با توجه به فعالیتهای پاکسازی، فراوانی و مدت مشخص شده برای آن کار می‌کند. اقدامات پاکسازی گزارش شده به مناطق جغرافیایی مرتبط می‌شوند. یک فرایند ویژه پاکسازی ممکن است شامل فعالیتها و بازه‌های زمانی متفاوت باشد. واژه پاکسازی می‌تواند به عنوان مثال برای تمیز کردن فرش هم به کار برده شود. این فرایند شامل دو فعالیت می‌باشد: تمیز کردن فرشها با جاروبرقی برای دو بار در هفته (سه‌شنبه و پنجشنبه) و نیز بازرسی فرشها در روزهای دوشنبه، چهارشنبه و جمعه. این کار برای کنترل پاکسازی اتاقهای فنی تونل مفید می‌باشد.

**(۸) کنترل دسترسی‌ها (مدول کلید)**

تونل سازه‌ای است که دانستن اینکه چه کسانی به نقاط مختلف آن دسترسی دارند، ضروری می‌باشد. یعنی اینکه چه کسانی به کلیدهای مختلف و در نتیجه به کدام اتاقها دسترسی دارند. اگر سیستم ویژه‌ای انتخاب گردد، تمام کلیدهایی که دسترسی به آن سیستم را امکان‌پذیر می‌سازند می‌توانند شناسایی شوند با دو بار کلیک بر روی کلیدی که توسط شخصی حمل می‌شود آن شخص بر روی صفحه نمایان می‌گردد.

این مدول همچنین دارای قابلیت جستجو و انتخاب نیز می‌باشد.

سیستم کلید شامل کارکردهای زیر می‌باشد:

- بانک اطلاعاتی قفل‌ها
- بانک اطلاعاتی کلیدها
- اتصال به بانک اطلاعاتی پرسنل
- اتصال به بانک اطلاعاتی اتاقها/ منطقه.

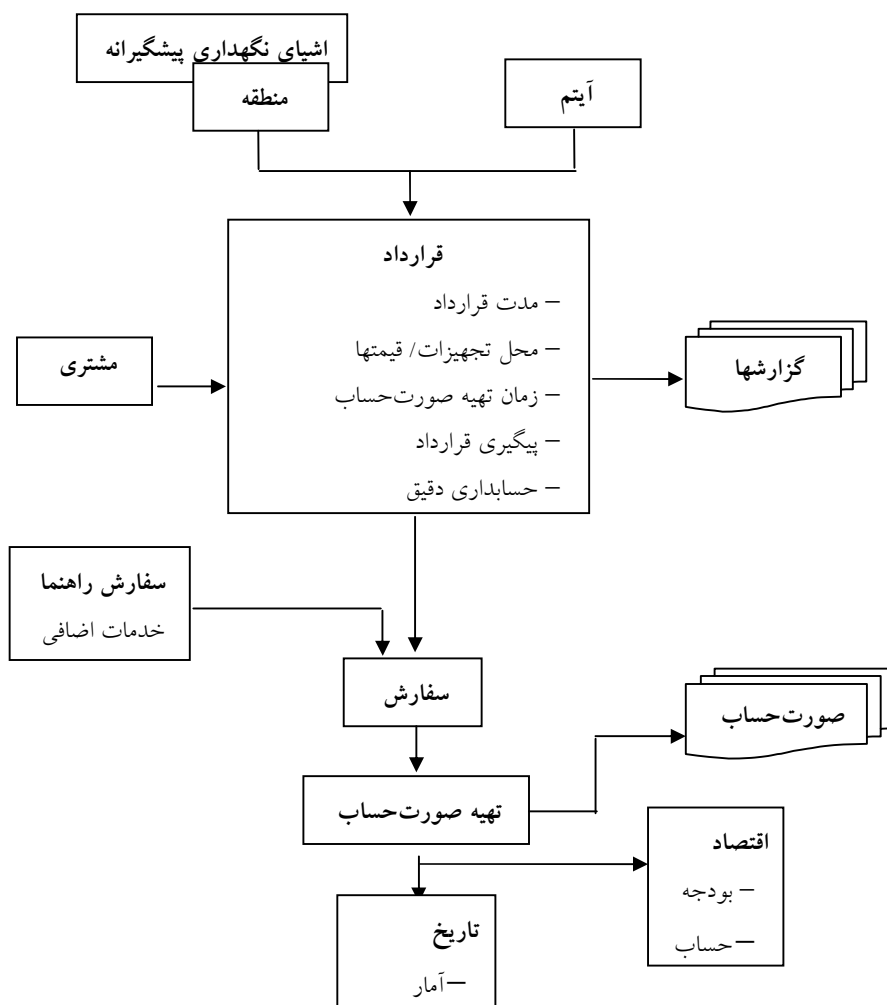
**(۹) اجاره/ قرارداد**

این مدول از سیستم، اطلاعاتی را در مورد قراردادها و نیز اسناد اجاره نگهداری می‌کند. نموداری که طرز قرارگیری و ارتباط بین اجزای مختلف مدول قرارداد/ اجاره را نشان می‌دهد در شکل F3 آورده شده است. این شکل جزئیات کارکردهای این بخش را نیز ارائه نموده است. اجزای اصلی برای تهیه یک قرارداد، یک شیء یا یک منطقه مشخص برای نگهداری پیشگیرانه، یک آیتم و مشتری می‌باشند. شیء PM می‌تواند یک محل، یک ساختمان، یک طبقه و یا یک اتاق باشد. یک آیتم می‌تواند کالاها یا خدمات مختلف باشد (مثل کمد، سرویس پاکسازی، پست نگهداری و ...). با دو بار کلیک بر روی قرارداد، اطلاعات تفصیلی در مورد آن نمایش داده می‌شود.

**(۱۰) مدول سفارش/ صورت حساب**

این مدول اطلاعات مربوط به سفارشها و صورتحسابها را ذخیره می‌نماید. فهرست سفارشها شامل آیتمهایی است که سفارش داده می‌شوند، آماده برای سفارش هستند یا بعضی از آنها دریافت شده‌اند. سفارش‌دهی می‌تواند دستی یا نیمه‌خودکار باشد. اگر از سفارش‌دهی خودکار استفاده شود، وقتی که تعداد قطعه موجود در انبار به حداقل مقدارش رسید، سیستم پیشنهاد سفارش‌دهی می‌کند.

سابقه تاریخی تمام معاملات نگهداری می‌شود. سوابق تعویض قطعات مختلف و آیتمهای کارخانه مربوط به آن می‌توانند مرور شوند.



شکل (F3) نمودار بخش قرارداد/ اجاره

## F-۳- نکات پایانی

در بالا یک سیستم کامپیوتری مدیریت براساس داده‌ها که در نروژ به کار رفته توضیح داده شد. چنین سیستمی باید برای رفع نیازهای تیم مدیریت تونل فراهم آورده شود. برای مثال، این سیستمها می‌توانند شامل بخشهای دیگری باشند که به اداره مسؤول تونل و کارمندان نگهداری در به حداقل رساندن انسدادهای تونل کمک کنند. همچنین این سیستم می‌تواند کمک بزرگی برای محدود کردن هزینه‌ها در سطح بهینه به شمار آید.



## فهرست انتشارات

| عنوان کتاب   | سال انتشار | قیمت<br>(ریال) |
|--|------------|----------------|
| <i>الف) پروژه‌های تحقیقاتی</i>   |            |                |
| 1. کاربرد آب و مصالح محلی چابهار برای ساخت بلوکهای ساختمانی  | بهار ۸۳    | ۱۱/۰۰۰         |
| 2. شیوه‌های طراحی و کاربرد حفاظها و ضربه‌گیرهای ایمنی در راهها                                       | بهار ۸۳    | ۱۳/۰۰۰         |
| 3. ضوابط طراحی و اجرای روسازی راه آهن بدون بالاست  | بهار ۸۳    | ۱۴/۰۰۰         |
| 4. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی رویه‌های بتنی و آسفالتی  | بهار ۸۳    | ۲۷/۰۰۰         |
| 5. بررسی مسائل کمی و کیفی مصرف قیر در راههای کشور  | زمستان ۸۳  | ۱۶/۰۰۰         |
| 6. ضوابط طراحی و اجرای آسفالت ماستیک   | بهار ۸۴    | ۱۱/۰۰۰         |
| 7. راهنمای طراحی و ایمن‌سازی پایه علائم راه  | بهار ۸۴    | ۱۱/۰۰۰         |
| 8. بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و توجیه فنی و اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پروژه‌های راه و راه‌آهن   | تابستان ۸۴ | ۲۴/۰۰۰         |
| 9. راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آبهای سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن و فرودگاه (و نقشه‌های اجرایی) | تابستان ۸۴ | ۱۰/۰۰۰         |
| 10. روش‌های جدید طرح مخلوط‌های آسفالتی بر اساس عملکرد و پیشنهاد روش مناسب برای کشور                  | تابستان ۸۴ | ۱۳/۰۰۰         |
| 11. راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها   | تابستان ۸۴ | ۱۸/۰۰۰         |
| 12. تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید  | تابستان ۸۴ | ۱۴/۰۰۰         |
| 13. سیستم‌های هوشمند حمل و نقل ریلی  | پاییز ۸۴   | ۲۰/۰۰۰         |
| 14. ظرفیت باربری محوری شمعها   | زمستان ۸۴  | ۱۷/۰۰۰         |
| 15. راهنمای تهیه مشخصات فنی، جزئیات و نقشه‌ها در پل و سازه‌های راه                                   | زمستان ۸۴  | ۲۶/۰۰۰         |
| 16. آیین‌نامه نحوه بارگیری، حمل و مهار ایمن بار وسایل نقلیه باربری جاده‌ای                           | زمستان ۸۴  | ۵۰/۰۰۰         |
| 17. تثبیت شیب شیروانی خاکریزها و خاکبرداری‌ها  | بهار ۸۵    | ۱۴/۰۰۰         |
| 18. روشهای نوین تعیین مشخصات و ارزیابی روسازی راه  | بهار ۸۵    | ۱۰/۰۰۰         |
| 19. روشهای بازیافت سرد و گرم آسفالت و امکان‌سنجی اقتصادی آن در ایران                                 | بهار ۸۵    | ۱۵/۰۰۰         |
| ۲۰. بررسی و ارائه روش‌های ساماندهی اخذ عوارض در آزادراههای کشور                                      | بهار ۸۵    | ۲۲/۰۰۰         |
| ۲۱. معیارهای طرح مخلوط‌های آسفالتی برای مناطق گرمسیر، سردسیر و شیبهای تند جاده‌ها                    | بهار ۸۵    | ۲۰/۰۰۰         |
| ۲۲. کاربرد پلیمر در بهبود خواص قیرها و مخلوط‌های آسفالتی   | تابستان ۸۵ | ۱۵/۰۰۰         |

## ب) گزارش‌های تخصصی

|        |    |         |   |
|--------|----|---------|---|
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۲ | تابستان | ۱. ممیزی ایمنی راه  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۲ | پاییز   | ۲. پیشنهادهای برای آزمایش ژئوتکستایلها  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۲ | پاییز   | ۳. راهنمایهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه                                |
|        |    |         | ۴. روشها و شرایط لازم برای عملیات خاکی به منظور کاهش اثرات زیست محیطی پروژه‌های راه |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۲ | پاییز   | ۵. آلودگی ناشی از دی اکسید نیتروژن در تونلهای راه                                   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۶. ایمنی در تونلها  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۷. مدیریت ترافیک و کیفیت سرویس  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۸. بهینه سازی شبکه‌های موجود بین شهری   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۹. بیست و دومین همایش جهانی راه پیارک   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۱۰. یارانه‌ها هزینه‌ها و منافع اجتماعی حمل‌ونقل عمومی                               |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۱۱. برنامه‌ریزی و بودجه در شبکه راهها   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۱۲. روشهای مشارکت همگانی در توسعه پروژه راه   |
| ۱۱/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۱۳. قیمت‌های بین‌المللی سوخت (بنزین و گازوییل)                                      |
| ۱۱/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۱۴. سیاست حمل‌ونقل اروپایی تا سال ۲۰۱۰  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۱۵. مبانی تحلیل اقتصادی   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۱۶. گزارش سالانه ژوئیه ۲۰۰۳ GRSP  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | بهار    | ۱۷. راهنمای ممیزی ایمنی راه   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | تابستان | ۱۸. راهنمای فیلم‌های IRF  |
|        |    |         | ۱۹. انتخاب مصالح و طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر برای آمدوشد و شرایط آب‌وهوایی سخت   |
| ۱۶/۰۰۰ | ۸۳ | تابستان | ۲۰. راههای دسترسی به مناطق برون شهری  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | تابستان | ۲۱. روشهای ساده نگهداری راه   |
| ۱۱/۰۰۰ | ۸۳ | تابستان | ۲۲. تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک خوردگی روسازی راه                                    |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | پاییز   | ۲۳. ارتقاء و بهبود عملکرد داخلی راهها   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | پاییز   | ۲۴. تأمین مالی و ارزیابی اقتصادی  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | پاییز   | ۲۵. بهبود تأمین منابع مالی و مدیریت نگهداری راه                                     |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | پاییز   | ۲۶. بازایافت روسازی‌های انعطاف‌پذیر موجود   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | پاییز   | ۲۷. حمل‌ونقل هوشمند   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | پاییز   | ۲۸. محیط زیست و پروژه‌های راهسازی   |

|        |    |         |   |
|--------|----|---------|---|
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | پاییز   | ۲۹. تقسیم مسؤولیت برای داشتن جاده‌های ایمن تر   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | زمستان  | ۳۰. فرآیند تصمیم‌گیری در اعمال سیاست‌های پایدار حمل‌ونقل جاده‌ای                          |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | زمستان  | ۳۱. کیفیت خدمات جاده‌ای   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | زمستان  | ۳۲. روشهایی برای ارزیابی خطر وقوع زمین لغزه‌ها  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | زمستان  | ۳۳. روشهای ارزیابی اقتصادی برای پروژه‌های راه در کشورهای عضو پیارک                        |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۳ | زمستان  | ۳۴. راهنمای ارزیابی سیستم‌های نگهدارنده خاک   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | بهار    | ۳۵. آشنایی با مفاهیم مدیریت روسازی  |
|        |    |         | ۳۶. راهنمای انعقاد قرارداد، نحوه انتخاب و مدیریت مشاوران در فعالیت‌های مهندسی پیش از ساخت |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | بهار    | ۳۷. تضمین کیفیت در عملیات خاکی  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | بهار    | ۳۸. رویه‌های بتنی مسلح پیوسته   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | بهار    | ۳۹. طبقه‌بندی تونل‌ها، دستورالعمل‌ها، تجربیات موجود و پیشنهادات                           |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | بهار    | ۴۰. نقش مدل‌های اقتصادی و اجتماعی - اقتصادی در مدیریت راه                                 |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | تابستان | ۴۱. حمل‌ونقل ترکیبی، اقداماتی جهت تشویق به استفاده از حمل‌ونقل عمومی                      |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | تابستان | ۴۲. پیشرفت مدیریت و تأمین بودجه نگهداری راهها در افریقا                                   |
| ۱۱/۰۰۰ | ۸۴ | پاییز   | ۴۳. برنامه ملی ایمنی ترافیک کشور ترکیه  |
| ۱۷/۰۰۰ | ۸۴ | پاییز   | ۴۴. بررسی توسعه حمل‌ونقل در منطقه اسکاپ در سال ۲۰۰۳، آسیا و اقیانوسیه                     |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | زمستان  | ۴۵. تبادل فناوری و توسعه  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | زمستان  | ۴۶. راههای دارای رویه بتنی  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | زمستان  | ۴۷. تجدید ساختار بخش راه  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | زمستان  | ۴۸. حمل‌ونقل کالا   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | زمستان  | ۴۹. گزارش سالانه ژوئن ۲۰۰۴ GRSP   |
|        |    |         | ۵۰. بکارگیری مصالح حاصل از بازیافت رویه‌های آسفالتی و بتن خرد شده در خاکریز               |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | زمستان  | ۵۱. تراکم ترافیک در آزادراهها و بزرگراهها   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | زمستان  | ۵۲. کاربرد بتن غلتکی در راهسازی   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | زمستان  | ۵۳. راهنمای تأمین روشنایی راهها   |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۴ | زمستان  | ۵۴. راهسازی در نواحی بیابانی  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۵ | بهار    | ۵۵. مدیریت عملکرد پلها  |
| ۱۲/۰۰۰ | ۸۵ | بهار    | ۵۶. سیستم مدیریت ایمنی در صنعت حمل‌ونقل ریلی  |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۵ | بهار    | ۵۷. راهنمای ممیزی سیستم مدیریت ایمنی هوایی  |

|        |    |         |  |
|--------|----|---------|--|
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۵ | بهار    | ۵۸. توسعه ابزارهای سنجش عملکرد                             |
| ۳۰/۰۰۰ | ۸۵ | تابستان | ۵۹. نگهداری نواحی کنار راه و زهکشی (جلد اول)               |
| ۳۰/۰۰۰ | ۸۵ | تابستان | ۶۰. تعمیر و نگهداری راههای شوسه (جلد دوم)                  |
| ۲۵/۰۰۰ | ۸۵ | تابستان | ۶۱. تعمیر و نگهداری راههای دارای رویه آسفالتی (جلد سوم)    |
| ۱۵/۰۰۰ | ۸۵ | تابستان | ۶۲. نگهداری سازه‌ها و ادوات کنترل ترافیک (جلد چهارم)       |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۵ | تابستان | ۶۳. فناوری و اقدامات ابتکاری کنترل ترافیک در اروپا         |
| ۱۰/۰۰۰ | ۸۵ | تابستان | ۶۴. معرفی سیستم مدیریت ریسک                                |
| ۱۲/۰۰۰ | ۸۵ | تابستان | ۶۵. تعمیر و مقاوم‌سازی زیرسازه پلها                        |
| ۲۶/۰۰۰ | ۸۵ | پاییز   | ۶۶. مدیریت ایمنی راه                                       |
| ۲۰/۰۰۰ | ۸۵ | پاییز   | ۶۷. الگوی مناسب برای بهره‌برداری و نگهداری تونلهای جاده‌ای |

### ج) کتب

|         |    |         |  |
|---------|----|---------|--|
| ۱۵/۰۰۰  | ۸۳ | تابستان | ۱. فرهنگ جامع دریایی                           |
| ۳۹/۰۰۰  | ۸۳ | تابستان | ۲. برنامه‌ریزی و طراحی فرودگاه (دو جلد)        |
| ۱۰/۰۰۰  | ۸۳ | تابستان | ۳. فرهنگ و اصطلاحات فنی و مهندسی راه           |
| ۱۲۵/۰۰۰ | ۸۴ | پاییز   | ۴. راهنمای ایمنی راه (پیارک)                   |
| ۴۰/۰۰۰  | ۸۴ | پاییز   | ۵. فرهنگ مصور دریایی (همراه با نسخه الکترونیک) |

### د) لوح فشرده

|                       |    |        |   |
|-----------------------|----|--------|---|
| ۳۴/۵۰۰                | ۸۳ | پاییز  | ۱. نشریات Austroads (شامل ۱۸۶ عنوان از نشریات وزارت راه استرالیا و نیوزلند در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf) |
| ۳۴/۵۰۰<br>(قیمت واحد) | ۸۳ | زمستان | ۲. فیلم‌های آموزشی راه IRF (شامل ۱۰۷ فیلم در ۴۲ لوح فشرده)  |
| ۳۴/۵۰۰                | ۸۴ | بهار   | ۳. نشریات SWOV (شامل ۱۳۸ عنوان از نشریات DRI , VTI , SWOV , NCHRP در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)          |
| ۴۷/۵۰۰                | ۸۴ | پاییز  | ۴. آیین‌نامه ایمنی راهها (مجموعه هفت جلدی منتشر شده از سوی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی)                     |



Ministry of Roads and Transportation  
Deputy of Education Research and Technology

***Good Practice for the Operation and  
Maintenance of Road Tunnels***



WORLD ROAD ASSOCIATION – PIARC

ROAD AND TRANSPORTATION MINISTRY  
DEPUTY OF  
EDUCATION, RESEARCH AND TECHNOLOGY  
Web: [www.rahiran.ir](http://www.rahiran.ir)

# Good Practice for the Operation and Maintenance of Road Tunnels

THE BUREAU OF TECHNOLOGY & SAFETY STUDIES

PIARC SECRETARIAT IN IRAN

84/RRRM/212