

## (یادداشت پژوهشی)

# امکان سنجی و مراحل ایجاد سامانه مدیریت تونلهای راه ایران

مرتضی قارونی نیک، استادیار، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران

E-mail: gharouni@iust.ac.ir

دریافت: ۱۳۸۷/۰۵/۱۲ - پذیرش: ۱۳۸۸/۰۸/۰۹

## چکیده

در این مقاله نحوه عملکرد سامانه مدیریت تونلهای راه (RTMS)<sup>۱</sup> ایران ارایه می شود. تعریف RTMS و اهداف و مراحل اصلی پیاده سازی سامانه مدیریت تونلها و نحوه درجه بندی اجزای تونلها با توجه به نتایج بازرسی ها و چگونگی عملکرد نرم افزار تهیه شده RTMS برای مدیریت تعمیر و نگهداری تونلهای راه از دیگر مواردی است که در این تحقیق پیگیری شده است. برای کالیبراسیون سامانه، پنج دهانه از تونلهای راه مورد بازرسی قرار گرفتند و برداشتهای انجام شده در نرم افزاری که به این منظور تهیه شده بود، وارد و عملکرد آن کنترل شد.

واژه های کلیدی: مدیریت سامانه تونل، بازرسی تونل، تعمیر و نگهداری تونلها

## ۱. مقدمه

ارایه شده و در نهایت نحوه عملکرد نرم افزار RTMS شرح داده شده است. شایان ذکر است که RTMS در ایران در مرحله آزمایش و تکمیل عملیات کالیبراسیون است.

## ۲. تعریف RTMS و اهداف پیاده سازی آن

امروزه استفاده از روشها و تکنیکهای مدیریت و کنترل اقدامات نگهداری، برای کارفرمایان و متصدیان بهره برداری و نگهداری تونلها به امری ضروری تبدیل شده است. سامانه مدیریت تونلها (RTMS) ابزاری برای گرد آوری و مستندسازی اطلاعات تونلهاست که امکان دسترسی به این اطلاعات را در هر زمان و هر مکان فراهم می آورد و به مدیران برای اولویت بندی تونلها با توجه به وضعیت موجود آنها و تخصیص بهینه منابع مالی یاری می رساند. RTMS می بایست تامین کننده ۶ هدف اصلی زیر باشد:

۱. کاهش هزینه های بهره برداری، نگهداری و تعمیر تونلها.
۲. کاهش وقفه های ترافیکی از طریق تعیین راهبرد مناسب برای عملیات بهره برداری و نگهداری.

وجود مناطق کوهستانی وسیع سبب شده که تونلهای بسیاری در شبکه راههای ایران برای ارتباط میان استانها و مناطق مختلف احداث شود. عملیات نگهداری تونلهای راه ایران در گذشته به صورت سنتی و تنها بر اساس بازرسیهای چشمی و موردی تونلها انجام می گرفت و مهم ترین عامل در تعیین روش نگهداری مناسب، تجربه کارشناسان بوده و به هزینه های چرخه عمر و اولویت بندی تونلها بر اساس وضعیت موجود آنها در شبکه راه توجه نمی شده است.

امروزه با توجه به افزایش سن تونلها، نگهداری تونلها به تنهایی کافی نیست و پیاده سازی سامانه ای برای مدیریت و نگهداری منسجم و سامان یافته تونلها ضروری است. سامانه مدیریت تونلها ابزار ارزشمندی است که به مدیران برای نگهداری بهینه تونلها و تخصیص مناسب منابع مالی یاری رسانده و زنگ خطر را در مواقع بحرانی به صدا در می آورد.

در این مقاله پس از تعریف سامانه مدیریت تونلهای راه (RTMS) و اهداف اصلی ایجاد آن، مراحل اصلی پیاده سازی RTMS به تفکیک بیان شده و مورد بررسی قرار گرفته است. نحوه درجه بندی اجزای تونلها پس از بازرسی به همراه جداول درجه بندی سازه و سامانه های الکتریکی و مکانیکی تونل

۳. افزایش ایمنی استفاده کنندگان از تونل و کارکنان بهره برداری و نگهداری
۴. افزایش عمر مفید تونل.
۵. مدیریت بودجه با توجه به حجم فعالیتهای نگهداری، نیازها و اولویتها.
۶. ایجاد تعامل و ارتباط منطقی بین فرآیندهای طراحی، ساخت و نگهداری تونل.

هرچند بدنه اصلی RTMS راه، مدیریت بهره برداری و نگهداری تونلها تشکیل می دهد، ولی برای مدیریت بهینه عملیات بهره برداری و نگهداری تونل، طراحی صحیح و توجه به مسائل حین بهره برداری و نگهداری در مراحل مطالعات و احداث تونل، ضروری به نظر می رسد. به عبارت دیگر مدیریت مراحل مطالعات، طراحی و ساخت می بایست با در نظر گرفتن مسائل بهره برداری و نگهداری تونل انجام شود.

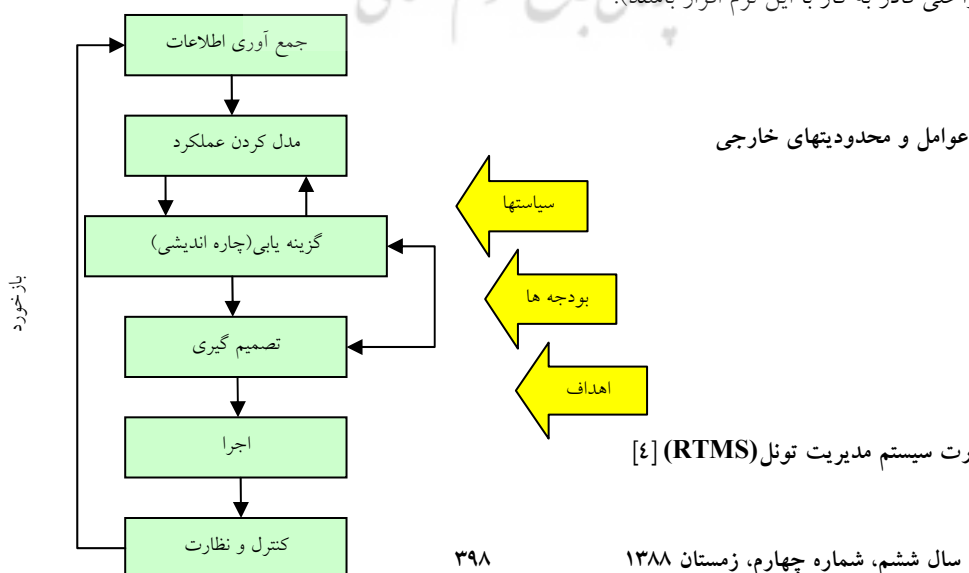
### ۳. پیاده سازی سامانه مدیریت تونلها

مراحل اصلی پیاده سازی RTMS به شرح زیر است:

۱. ایجاد بانک اطلاعاتی که در برگیرنده تمامی اطلاعات دارایی های تونل، اطلاعات مربوط به طراحی، ساخت، بهره برداری و نگهداری تونل، اطلاعات مربوط به مشکلات تونل و تعمیرات پیشین، اسناد و سوابق بازدیدهای انجام شده و ... است.
۲. تهیه نرم افزاری برای مستندسازی اطلاعات شناسنامه ای و نتایج بازرسی ها و عملیات تعمیر و نگهداری و همچنین اولویت بندی تونلها و تخصیص مناسب بودجه (نرم افزار RTMS باید نرم افزاری غیرتخصصی و عمومی باشد، به گونه ای که افراد با مهارتهای اولیه (ICDL) به راحتی قادر به کار با این نرم افزار باشند).

۳. تهیه دستورالعملهای بازرسی و تعمیر و نگهداری تونلها [۱،۲].
۴. تهیه دستورالعملهای ایمنی و بهره برداری تونلها [۳].
۵. تهیه چارت آموزشی دست اندرکاران مدیریت تونل و تعیین سطح تحصیلات و مهارتهای لازم برای هر فرد به منظور انجام وظایف محوله و آموزش کارکنان.
۶. اجرای آزمایشی و کالیبراسیون سامانه.

به طور کلی فرآیند RTMS مانند سایر سیستمهای مدیریت دارایی به این صورت است که ابتدا یک بانک اطلاعاتی جامع از تونلهای موجود در شبکه راه تهیه می شود. سپس با توجه به سن تونل، عمر مفید تأسیسات و اجزای درون تونل و سایر پارامترها، برنامه ای برای بازرسی قسمتهای مختلف تونل تنظیم می شود و بازرسی ها بر اساس این برنامه زمان بندی - یا به صورت اضطراری در هنگام بروز حوادث - صورت می پذیرد. پس از آن با توجه به بازرسی های انجام شده، اجزای تونلها درجه بندی می شوند. برای تنظیم برنامه مناسب تعمیر و نگهداری با استفاده از نتایج حاصل از بازرسی ها و مشاوره با گروهی از کارشناسان مجرب تعمیر و نگهداری، وضعیت قسمتهای مختلف تونلها (سازه، تأسیسات الکتریکی و مکانیکی و ...) مدل شده و مورد ارزیابی قرار گرفته و برنامه ای برای عملیات نگهداری و نیز بهره برداری از تونلها و در صورت نیاز انجام تعمیرات ارایه شده و مورد استفاده قرار می گیرد. پس از انجام مراحل ذکر شده شرایط تونل مورد کنترل و پایش قرار می گیرد و نتایج حاصل از این فرآیند به سیستم بازخورد می شود. مراحل مختلف فرآیند RTMS در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. فلوچارت سیستم مدیریت تونل (RTMS) [۴]

در جدول ۱ کدهای درجه بندی سازه ای نشان داده شده اند. ممکن است نواقص موجود، دقیقاً در یکی از این دسته بندی ها قرار نگیرند به همین علت بازرسان باید در زمان بازرسی و درجه بندی شرایط، از قضاوت مهندسی مناسب استفاده کنند.

#### ۴-۲ درجه بندی سیستمهای مکانیکی و الکتریکی تونل

بازرسی اجزای مکانیکی و الکتریکی شامل ارزیابی عملکرد سامانه ها و تجهیزات داخل تونل نظیر سیستمهای روشنایی، تهویه، ایمنی و ... بوده و به منظور بررسی وضعیت فیزیکی هر قطعه از تجهیزات و یافتن خرابیهای موجود که ناشی از شرایط کاری و محیطی هستند، انجام می شود. قبل از شروع هر عملیاتی که نیازمند ایجاد وقفه در بهره برداری از سامانه بوده یا به نحوی در عملکرد اجزای سامانه مؤثر است، باید هماهنگی های لازم با کارفرما انجام شود. هر سامانه یا هر قطعه از تجهیزات باید از نظر کارایی کنترل شود تا عملکرد ناقص آن لطمه ای به تجهیزات یا پرسنل بازرسی نزند و یا در کل فعالیت تونل اختلال ایجاد نکند. هر دستگاهی که کار نمی کند باید مشخص و شرایط فیزیکی آن یادداشت شده و مراتب سریعاً به آگاهی کارفرما رسانده شود. در جدول ۲ نحوه رتبه بندی وضعیت سامانه های مکانیکی و الکتریکی مشخص شده است.

آنچه مسلم است برای رسیدن به اهداف شش گانه مدیریت تونلها، در ابتدای مراحل پیاده سازی سامانه برای آموزش کارکنان، بهسازی و تجهیز تونلها و ... نیاز به سرمایه گذاری است. بنابراین در مراحل اولیه این پروژه شاهد افزایش هزینه ها خواهیم بود که با اجرای مناسب و کالیبره شدن این سامانه هزینه های ثانویه کاهش خواهد یافت.

#### ۴. رتبه بندی اجزای تونلها

##### ۴-۱ رتبه بندی سازه تونل

برای انجام صحیح عملیات نگهداری تونلها و تخصیص مناسب منابع مالی، پس از انجام عملیات بازرسی، با توجه به نتایج بازرسیهای انجام شده می بایست اجزای بازرسی شده تونلها رتبه بندی شوند. به همین منظور با توجه به جنس پوشش تونل ها به هر بخش سازه ای، یک کد عددی بین ۰ تا ۷ اختصاص می یابد که عدد ۰ بیانگر بدترین و عدد ۷ بیانگر بهترین شرایط است. این رده بندی بر مبنای وسعت، نوع، اندازه و محل عیوب و نواقص یافت شده در تونل و اجزای سازه ای آن و همچنین ظرفیت باربری اجزا در نظر گرفته شده است. برای تعیین ظرفیت باربری، بازرس باید بداند که هر جزء چگونه طراحی شده و نواقص موجود چگونه بر روی طراحی اثر منفی می گذارند.

جدول ۱. کدهای رتبه بندی وضعیت سازه ای تونل.

کد	توضیحات
۷	تونل نوساز.
۶	وضعیت عالی - معایبی پیدا نشده است.
۵	وضعیت خوب - تعمیرات ضروری نیست - معایبی به صورت پراکنده پیدا شده است.
۴	وضعیت متوسط - تعمیرات جزئی مورد نیاز است ولی عملکرد اجزا همانند شرایط طراحی اولیه است - نواقص جزئی، متوسط و پراکنده و بدون هیچ مقطع آسیب دیده.
۳	وضعیت بد - نیاز به تعمیرات اساسی بوده و عدم عملکرد اجزا همانند شرایط طراحی اولیه - وجود نواقص جدی.
۲	وضعیت وخیم - برای برقراری ترافیک نیاز به تعمیرات اساسی فوری است.
۱	وضعیت بحرانی - نیاز به انسداد فوری و مطالعه برای تعیین امکان تعمیر سازه.
۰	وضعیت بحرانی - سازه تعطیل و غیر قابل تعمیر است.

جدول ۲. کدهای رتبه بندی وضعیت سیستمهای مکانیکی و الکتریکی تونل.

کد	توضیحات
۴	وضعیت عالی: بدون نقص، عدم نیاز به تعمیر.
۳	وضعیت خوب: خرابیهای خیلی جزئی.
۲	وضعیت متوسط: خرابیهای محدود که نهایتاً تبدیل به یک مشکل جدی می شوند.
۱	وضعیت بد: معایب و خرابی هایی که به سرعت تبدیل به یک مشکل جدی می شوند.
۰	وضعیت وخیم: معایب خطرناک و گسترده، نیازمند تعمیر فوری.

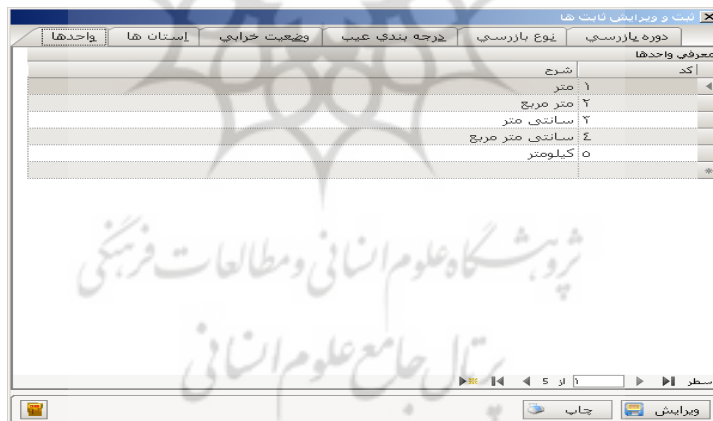
## ۵. نرم افزار RTMS

این نرم افزار که قابل کار در محیط GIS است، به گونه ای تهیه شده است که قادر است محل و موقعیت تمام تونلها را روی نقشه شبکه راه کشور به رنگهای مختلف نمایش دهد. این رنگها که بر اساس رتبه بندی تونلها انتخاب شده است، اولویت بندی تونلها را برای بازرسی، تعمیر و نگهداری مشخص می کند. به طور خلاصه نرم افزار RTMS شامل سه بخش است:

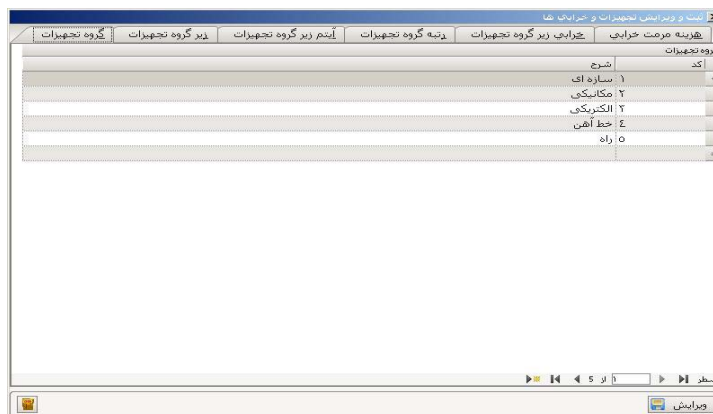
## ۱-۵ بخش ثبت و ویرایش اطلاعات

این بخش به دو زیربخش تقسیم می شود:

- زیر بخش اطلاعات پایه: در این زیر بخش، اطلاعات پایه نرم افزار تکمیل می شوند. این جداول، حاوی اطلاعات انتخابی است که در زمان ثبت شناسنامه تونل و نیز در حین بازرسی، تعمیر و نگهداری تونلها مورد استفاده قرار می گیرند. علاوه بر آن در این زیر بخش، اطلاعات مربوط به شناسنامه تونل و اجزای آن ثبت می شوند (شکل ۲).



(الف)



(ب)

(ج)

شکل ۲ (الف، ب و ج): نمونه هایی از صفحات مختلف نمایش برای ثبت و ویرایش اطلاعات تونل.

• زیر بخش اطلاعات نگهداری

سازه تونل و اجزای الکتریکی و مکانیکی و سایر اجزای آن ثبت می شوند (شکل ۳).

در این زیر بخش، نتایج فعالیتها برای ارزیابی و نیز عملیات تعمیر و نگهداری تونلها به همراه معایب و مشکلات موجود در

رتبه	رتبه خط	رتبه مکانیکی	رتبه الکتریکی	رتبه سازه	رتبه سایر	کیلومتر از ابتدا	کیلومتر از انتها
۱	۱۱۰۰	۱۰۰۰	۱			۱۰	۱۱۰۰
۲	۱۲۰۰	۱۱۰۰				۱۲۰۰	۱۲۰۰
۳	۱۳۰۰	۱۲۰۰				۱۳۰۰	۱۳۰۰
۴	۱۴۰۰	۱۳۰۰				۱۴۰۰	۱۴۰۰
۵	۱۵۰۰	۱۴۰۰				۱۵۰۰	۱۴۰۰
۶	۱۶۰۰	۱۵۰۰				۱۶۰۰	۱۵۰۰
۷	۱۷۰۰	۱۶۰۰				۱۷۰۰	۱۶۰۰
۸	۱۸۰۰	۱۷۰۰				۱۸۰۰	۱۷۰۰
۹	۱۹۰۰	۱۸۰۰				۱۹۰۰	۱۸۰۰

(الف)

شرح	رتبه	نمونه
آلیم زیر گروه تجهیزات پائل	رتبه	نمونه
فن ها	وخم	نمونه
شناساگر متوکسید کربن	عالی	نمونه
فیلترها و توری ها	بد	نمونه

## قارونی نیک

(ب)

خرابی	وضعیت	شدت خرابی	نوع خرابی	مقدار
خرابی	وضعیت متوسط	شدت خرابی: [مقیاس متوسط]	نوع خرابی	مقدار
خرابی	وضعیت متوسط	شدت خرابی: [مقیاس متوسط]	نوع خرابی	مقدار
خرابی	وضعیت متوسط	شدت خرابی: [مقیاس متوسط]	نوع خرابی	مقدار

(ج)

خرابی	وضعیت	شدت آسیب	نوع آسیب	مقدار
خرابی	وضعیت عالی	شدت آسیب: [مقیاس جزئی]	نوع آسیب	مقدار
خرابی	وضعیت عالی	شدت آسیب: [مقیاس جزئی]	نوع آسیب	مقدار
خرابی	وضعیت عالی	شدت آسیب: [مقیاس جزئی]	نوع آسیب	مقدار

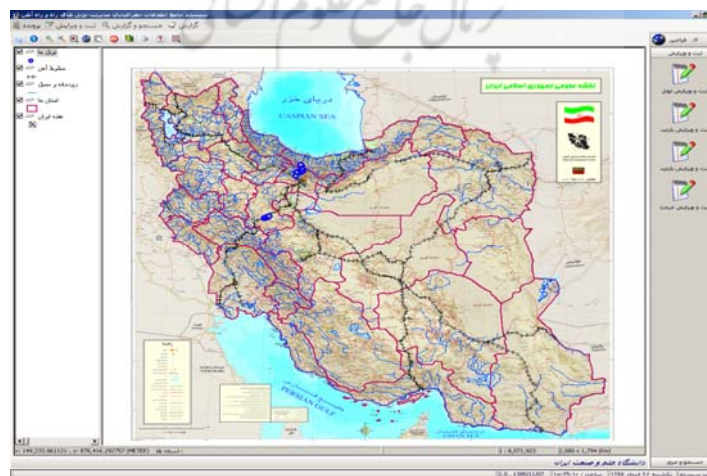
(د)

شکل ۳ (الف، ب، ج و د): نمونه هایی از صفحات مختلف نمایش برای ثبت و ویرایش معایب تونل

## ۲-۵ بخش اطلاعات جغرافیایی

اطلاعات مربوط به موقعیت آنها ارایه کنند. از مهم ترین قابلیت‌های این بخش نرم افزار، قابلیت مدیریت بر نقشه های برداری و رستر و نیز پشتیبانی از فرمت های استاندارد برداری و رستر نقشه هاست. در شکل ۴ تعدادی تونل بر روی شبکه راه کشور نشان داده شده است.

نرم افزار RTMS در این بخش، ضمن نمایش محل و موقعیت دقیق تونلها بر روی شبکه، اپراتور را قادر می سازد تا نقشه های متنوعی از رتبه بندی گروههای تجهیزات تهیه کرده و نمایش دهد. علاوه بر آن در این بخش این امکان وجود دارد که کاربران نرم افزار تجزیه و تحلیلی بر اساس اطلاعات توصیفی تونلها و

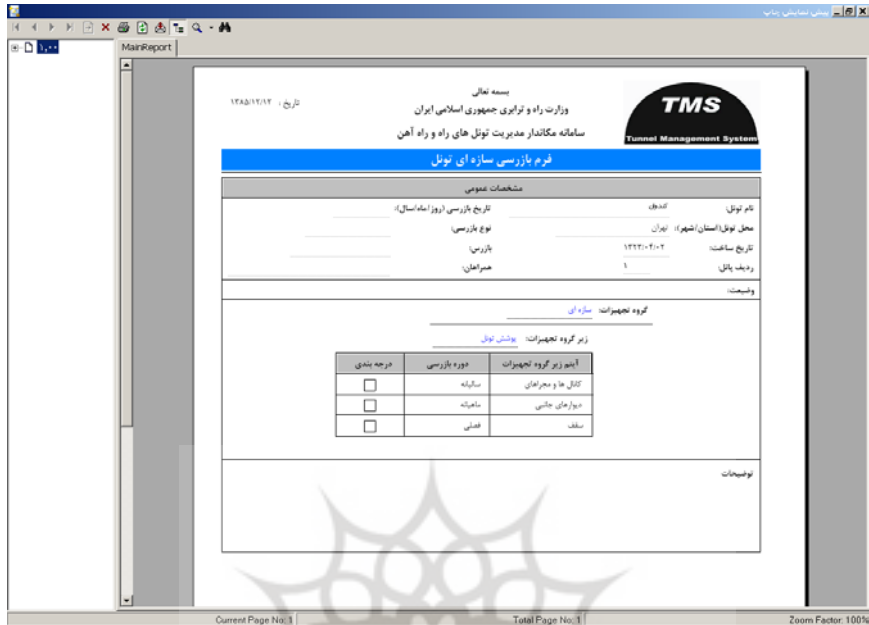


شکل ۴. یک نمونه صفحه نمایش که موقعیت تونلها را بر روی شبکه راه کشور نشان می دهد.

۳-۵ بخش تجزیه و تحلیل و ارائه گزارش

تفسیرها مربوط به گروه تجهیزات و مهم تر از آن، قیمت کلی تمام شده برای تعمیر عیوب و مشکلات مشاهده شده در حین بازرسی تونلهاست (شکل ۵).

بر اساس اطلاعات ورودی به دست آمده از عملیات ارزیابی، تجزیه و تحلیل‌های فنی و اقتصادی برای رتبه بندی تونلها و پانلهای آنها، تفسیر اطلاعات در این بخش انجام می شود. این



(الف)



(ب)

شکل ۵ (الف، ب). نمونه هایی از صفحات مختلف نمایش بازرسی و گزارش کلی سازه و اجزای تونل.

## ۶. نتایج

عالی این بخش کمکهای شایانی ارائه گردد. کالیبراسیون برداشتها و نحوه ورود داده ها به نرم افزار برای تعداد محدودی از تونلها انجام شد. تحقیقات برای پیاده سازی و اجرای هرچه بهتر RTMS در تمامی استانهای کشور و کالیبراسیون آن در سطوح بالاتر در حال انجام است که نتایج آن در مقالات آینده ارائه خواهد شد.

## ۷. پانویسها

1. Road Tunnels Management System.

## ۸. مراجع

1. Federal Highway Administration [FHWA] and Federal Transit Administration [FTA](2003) "Highway and rail transit tunnel inspection manual".
2. The Highways Agency (1995) "Inspection and records for road tunnels", BD53/95.
3. World Road Association (PIARC) (2005) "Good practice for the operation and maintenance of road tunnels.", Piarc.
4. Botelho, Frank V.(2001) "A light at the end of tunnel", Public Roads.

در کشور ما با توجه به افزایش سن تونلها، نگهداری بدون برنامه آنها به تنهایی کافی نیست و پیاده سازی سامانه ای برای مدیریت و نگهداری منسجم و تونلها ضروری است. سامانه مدیریت تونلها ابزار ارزشمندی است که در زمینه نگهداری بهینه تونلها و به ویژه تخصیص مناسب منابع مالی، به مدیران یاری رسانده و زنگ خطر را در مواقع بحرانی به صدا در می آورد. فرآیند پیاده سازی RTMS در ادارات راه ایران که بیشتر مبتنی بر بازرسی و تعمیر و نگهداری تونلها است، در این مقاله شرح داده شد. همچنین ذکر شد که برای تسهیل در امر پیاده سازی RTMS در ایران یا هر کشور دیگری، می بایست قبل از هر کار یک سیستم مدیریت کیفیت در ادارات راه، پیاده سازی شود. برای اجرای دقیق تر و سریع تر بازرسیها می بایست از تکنیکها و تجهیزات جدید بازرسی نظیر ماشین های بازرسی تونل و روشهای بازرسی و آزمایش غیر مخرب تونلها استفاده شود. با توجه به داده های به دست آمده از این برداشتها و نیز تهیه نرم افزار توضیح داده شده در این مقاله، می توان مدیریتی صحیح و علمی بر شبکه راههای کشور حاکم کرد، به طوری که علاوه بر سالم و فعال نگه داشتن تمامی تونلها، نه تنها در هزینه های نگهداری تونلها صرفه جویی شود، بلکه با تخصیص درست و بموقع اعتبارات مربوطه به استانها، از هرج و مرج احتمالی جلوگیری شده و به مدیریت

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی