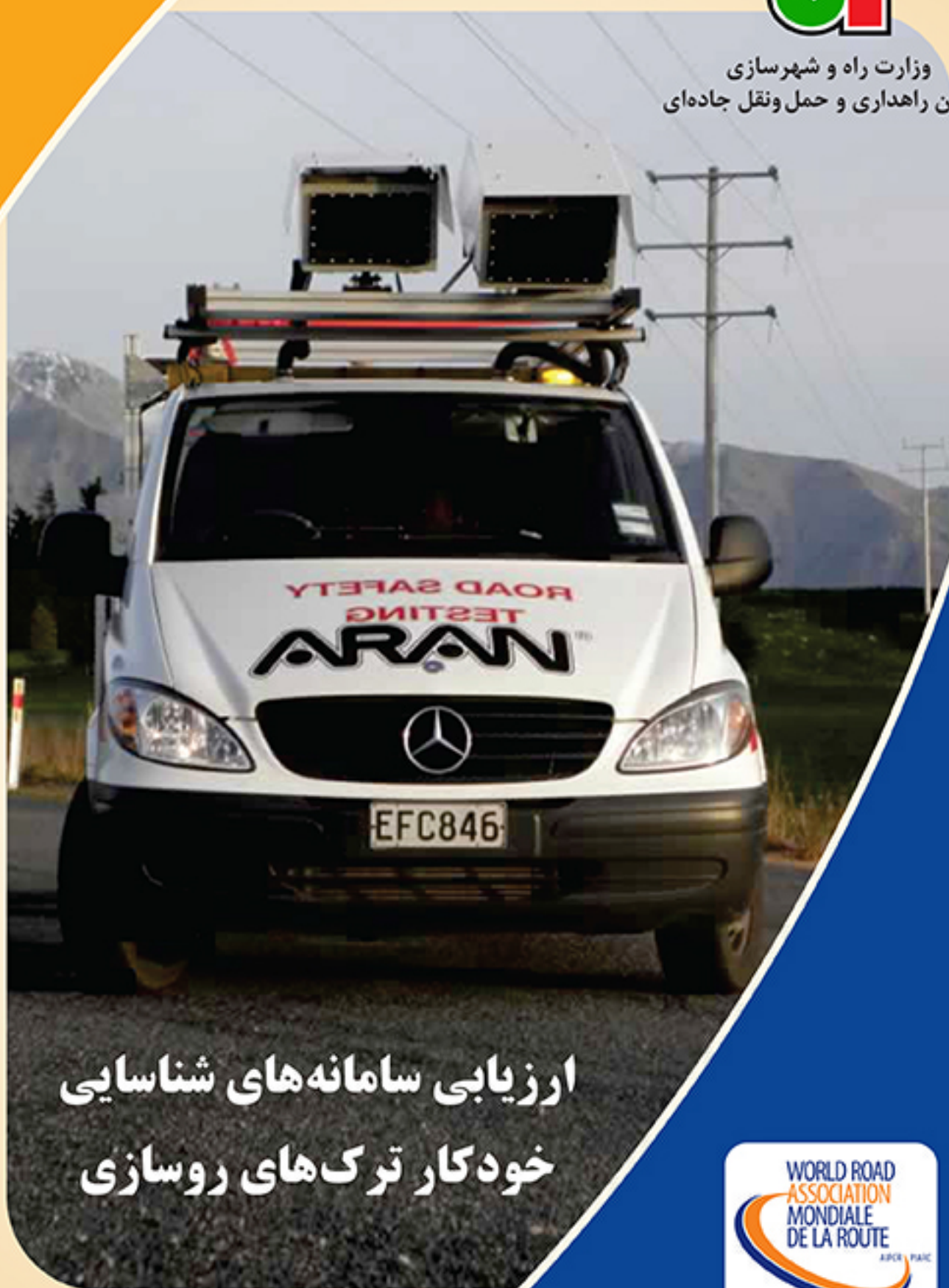




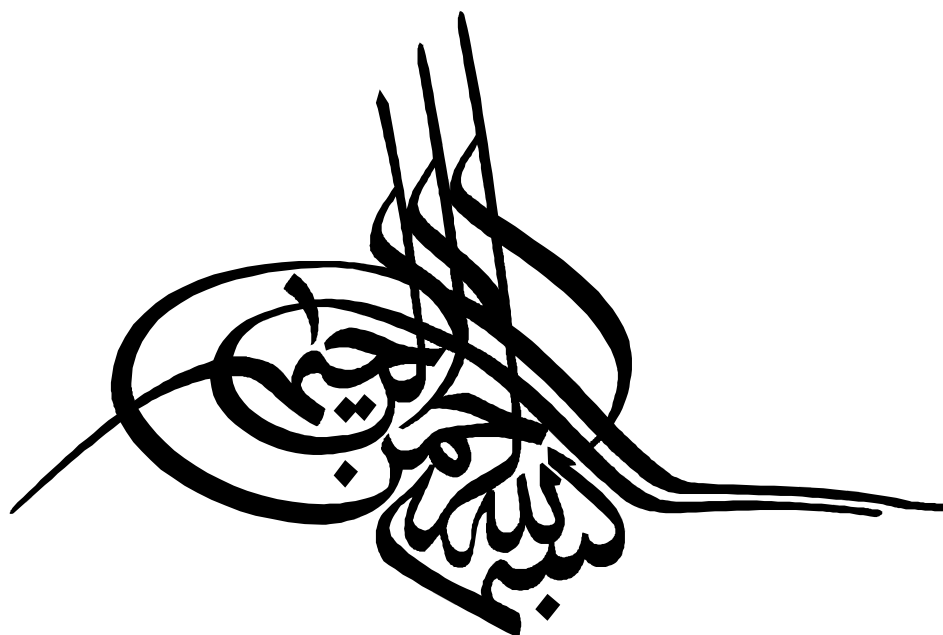
وزارت راه و شهرسازی
سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای



ارزیابی سامانه‌های شناسایی
خودکار ترک‌های روسازی



دبیرخانه مجمع جهانی راه
(پیارک) در ایران



وزارت راه و شهرسازی
سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای



دبیرخانه مجمع جهانی راه (پی‌آر‌ک) در ایران

ارزیابی سامانه‌های شناسایی خودکار ترک‌های روسازی

این مجموعه ترجمه‌ای است از گزارشی تحت عنوان:

EVALUATING THE PERFORMANCE OF AUTOMATED PAVEMENT CRACKING MEASUREMENT EQUIPMENT

توجه: هدف از تهیه این‌گونه 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 مسئولیتی در خصوص پیامدهای سوء ناشی از عدم توجه به توصیه فوق را متقبل نخواهد شد.

عنوان و نام پدیدآور	ارزیابی سامانه‌های شناسایی خودکار ترک‌های روسازی/ تهیه و تألیف دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک)؛ مترجم علی بابایی؛ ویراستار علی رودکی؛ [برای] وزارت راه و شهرسازی، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای و دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران.
مشخصات نشر	تهران: مشق شب، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	۴۸ ص.: مصور، جدول: ۲۹×۲۲ س.م.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۷۲۵۲-۶۱-۱
وضعیت فهرست نویسی: فیبا	
یادداشت	کتاب حاضر ترجمه گزارشی تحت عنوان «Evaluating the performance of automated pavement cracking measurement equipment» است.
یادداشت	کتاب حاضر با مشارکت شرکت مهندسين مشاور راه ياب ملل تهیه و منتشر شده است.
موضوع	روسازی با آسفالت -- ترک‌خوردگی
موضوع	Pavements, Asphalt -- Cracking
موضوع	روسازی با آسفالت -- آزمایش
موضوع	Pavements, Asphalt -- Testing
موضوع	راهداری -- مدیریت
موضوع	Roads -- Maintenance and repair -- Management
شناسه افزوده	بابائی، علی، ۱۳۵۷ - مترجم
شناسه افزوده	رودکی، علی، ۱۳۵۴ - ، ویراستار
شناسه افزوده	انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه
شناسه افزوده	Permanent International Association of Road Congresses
شناسه افزوده	سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای
شناسه افزوده	انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (ایران). دبیرخانه
شناسه افزوده	شرکت مهندسين مشاور راه ياب ملل
رده بندی کنگره	۱۳۹۵ الف/۴ TE۲۷۰
رده بندی دیویی	۶۲۵/۸۵
شماره کتابشناسی ملی:	۴۲۵۰۸۳۸

مؤسسه انتشاراتی مشق شب



نام کتاب: ارزیابی سامانه‌های شناسایی خودکار ترک‌های روسازی
تهیه و تألیف: دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک)
مترجم: علی بابائی
ویرایش فنی: علی رودکی
مشارکت در تهیه، تدوین و اجرا: شرکت مهندسين مشاور راه ياب ملل
شمارگان: ۳۰۰ نسخه
نوبت چاپ: اول / ۹۵
چاپ: مشق شب
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۲۵۲-۶۱-۱

حق چاپ محفوظ و مخصوص ناشر می‌باشد.
نشانی: تهران، میدان ولیعصر، خیابان دمشق، ساختمان راهبران
طبقه اول، دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک)
تلفکس: ۸۴۴۹۸۵۲۱
www.rmto.ir

عنوان و نام پدیدآور : ارزیابی سامانه‌های شناسایی خودکار ترک‌های روسازی / تهیه و تألیف دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران؛ مترجم علی بابائی.
 مشخصات نشر : تهران: وزارت راه و شهرسازی، سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای، دبیرخانه پیارک در ایران، 1395.

مشخصات ظاهری : 33 ص.

شابک :

وضعیت فهرست‌نویسی :

یادداشت : عنوان اصلی: EVALUATING THE PERFORMANCE OF AUTOMATED PAVEMENT CRACKING MEASUREMENT EQUIPMENT

موضوع : نگهداری - - مرمت

موضوع : تعمیر و نگهداری راه

موضوع : مجمع جهانی راه

شناسه افزوده : بابائی، علی، 1357، مترجم

شناسه افزوده : رودکی، علی، 1354، ویراستار

شناسه افزوده : حمل‌ونقل جاده‌ای

شناسه افزوده : پیارک

شناسه افزوده : انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (ایران)، دبیرخانه

شناسه افزوده : ایران، وزارت راه و شهرسازی، سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای

رده‌بندی کنگره :

رده‌بندی دیویی : شماره کتابشناسی ملی :

سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای - دبیرخانه پیارک در ایران

عنوان گزارش

: ارزیابی سامانه‌های شناسایی خودکار ترک‌های روسازی

تهیه و تألیف

: دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک)

تاریخ تألیف

: 2008 میلادی

مترجم

: علی بابائی

ویرایش

: علی رودکی

ناشر

: وزارت راه و شهرسازی - سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای - دبیرخانه پیارک در ایران

مشارکت در تهیه و نشر

: شرکت مهندسین مشاور راه‌یاب ملل

نوبت چاپ

: اول

تاریخ انتشار

: بهار 1395

کد انتشار

:

شابک

:

تیراژ

: 300 نسخه

چاپ

: مشق شب

نشانی

: میدان ولیعصر - خیابان دمشق - ساختمان راهبران - طبقه اول - دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک)

در ایران

web:www. rmto.ir

: 84498521

تلفکس

بسمه تعالی

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 علائم 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 1908 همزمان با برگزاری اولین کنگره آن و با شرکت 27 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 2000 نماینده از 142 کشور عضو به کار خود ادامه می‌دهد. در سال ۲۰۱۵ میلادی بیست‌وپنجمین کنگره این مجمع در شهر سئول کره جنوبی برگزار گردید. اهداف کلی و اولیه پیارک را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

1- بهبود ارتباطات بین‌المللی

2- تدوین سیاست‌های حمل‌ونقل جاده‌ای

3- 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:

- افزایش همکاری بین‌المللی

- 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 سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای و معرفی اعضا، 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 یا دو عضو مکاتبه‌ای برای هر یک از کمیته‌های 18 گانه و کارگروه‌های ویژه مندرج در زیر می‌باشند:

موضوعات راهبردی، کمیته‌های تخصصی و کارگروه‌های ویژه برای دوره ۲۰۱۹-۲۰۱۶

موضوع راهبردی ۱: مدیریت و تأمین مالی

TC A.1 عملکرد ادارات راه و حمل‌ونقل

TC A.2 اقتصاد سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای و توسعه اجتماعی

TC A.3 مدیریت ریسک

TF A.1 تأمین مالی با شیوه‌های ابتکاری

TF A.2 هماهنگی متولیان ملی و منطقه‌ای حمل‌ونقل

موضوع راهبردی ۲: دسترسی و جابجایی

TC B.1 بهره‌برداری از شبکه راه/ سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند

TC B.2 نگهداری زمستانی راه

TC B.3 حمل‌ونقل چندوجهی پایدار در نواحی مسکونی

TC B.4 حمل‌ونقل بار

TF B.1 راهکارهای نوین در طرح راه و زیرساخت - ارتباطات خودرویی V2I و V2V

موضوع راهبردی ۳: ایمنی

TC C.1 سیاست‌ها و برنامه‌های ملی ایمنی حمل‌ونقل

TC C.2 طراحی و بهره‌برداری زیرساخت‌های ایمن‌تر راه

TF C.1 کاهش مخاطرات و آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حمل‌ونقل

موضوع راهبردی ۴: زیرساخت

TC D.1 مدیریت زیرساخت‌های سرمایه‌ای راه

TC D.2 روسازی‌های راه

TC D.3 پل‌های راه

TC D.4 راههای کم‌تردد و عملیات خاکی

TC D.5 بهره‌برداری از تونل‌های راه

موضوع راهبردی ۵: تغییرات آب‌وهوایی، محیط زیست و مدیریت بحران

TC E.1 راهبردهای انطباق و انعطاف‌پذیری زیرساخت‌های راه

TC E.2 ملاحظات زیست‌محیطی در ساخت و بهره‌برداری از راه

TC E.3 مدیریت بحران

CTERM کمیته اصطلاح‌شناسی

ریاست پیارک در ایران بر عهده آقای مهندس داود کشاورزian بوده، آقای مهندس مهران قربانی سمت دبیر پیارک و 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 حمل‌ونقل جاده‌ای کشور سهم و نقش خود را ایفاء نماید.

یادداشت

وزارت راه و شهرسازی 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 اجزای سیستم حمل و نقل می‌باشد. از این رو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز به طور مستمر در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار گرفته تا نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی آنها مرتفع گردد. سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای به عنوان یکی از معاونت‌های وزارت راه و شهرسازی در صدد است ضمن شناسایی نیازهای اساسی بخش‌های مختلف وزارت متبوع و انجام تحقیقات علمی - کاربردی در زمینه مسایل 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 بپردازد. در همین راستا این سازمان بر آن 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.

امید است که با تلاش‌های صورت گرفته توسط آقای مهندس مهران قربانی دبیر مجمع جهانی راه در ایران و مدیرکل محترم دفتر ایمنی و حریم راه و همکاری افرادی که در تهیه این گزارش ما را یاری رساندند، ضمن تشکر و قدردانی، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقاء عملکردها برداشته شود.

داود کشاورزیان

رئیس سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای

نماینده اول پیارک در ایران

بیانیه

مجمع جهانی راه (پیارک - PIARC) یک سازمان غیرانتفاعی است که در سال ۱۹۰۹ به منظور ارتقای همکاری‌های بین‌المللی و ترویج پیشرفت در زمینه راهها و حمل‌ونقل جاده‌ای تأسیس شد. مطالعه موضوع این گزارش در برنامه راهبردی ۲۰۰۴-۲۰۰۷ پیارک تعریف گردید و برنامه راهبردی نیز توسط شورای مجمع جهانی راه متشکل از نمایندگان کشورهای عضو تصویب گردید. اعضای کمیته فنی متناظر با موضوع این گزارش، توسط کشورهای عضو منصوب شدند. هر گونه نظرات، یافته‌ها، نتیجه‌گیری‌ها و پیشنهادهایی که در این گزارش ارایه شده است، دیدگاه‌های مؤلفان گزارش بوده و ضرورتاً منعکس‌کننده نظرات سازمان‌ها یا ادارات متبوع آنها نمی‌باشد. این گزارش از تارنمای مجمع جهانی راه (پیارک) به نشانی زیر قابل دستیابی می‌باشد.

<http://www.piarc.org>

تمامی حقوق این اثر به طور انحصاری متعلق به مجمع جهانی راه می‌باشد.

مجمع جهانی راه (پیارک)

ساختمان گراند آرک، بال شمالی، طبقه پنجم

۹۲۰۵۵، منطقه لادفانس، پاریس، فرانسه

شماره استاندارد بین‌المللی: ۸-۲۱۴-۲۰۶۰-۸۴۰-۲

این گزارش توسط گروه کاری چهارم کمیته تخصصی تعامل راه/وسیله نقلیه (TC 4.2) تدوین گردیده است. جا دارد از تلاش‌های سازمان‌های زیر و نمایندگان آنها که زمان و تجربیات گران‌قدر خویش را برای تکمیل این گزارش در اختیار مجمع جهانی راه (پی‌آر‌سی - PIARC) گذاشتند، قدردانی شود.

اعضای گروه کاری چهارم کمیته تعامل راه/وسیله نقلیه (TC 4.2) به شرح زیر بودند: میشل بوله (فرانسه)، پیترو بوما (بلژیک)، استیو براون (استرالیا)، آمادو سیسه (مالی)، برایان فرن (بریتانیا)، ماتیو گراندین (کبک - کانادا)، پل هاربین (کانادا)، لوسین هلوین (بلژیک)، فرانک هولت (آمریکا)، دیوید اولودو (نین)، پائولو پیرا (پرتغال)، لیلی پولیکاکوس (سویس)، فلیپو پراتیکو (ایتالیا) و ایو پروانشه (کبک - کانادا).

همچنین لازم است از افراد زیر که به طور مستقیم و غیرمستقیم در آماده‌سازی این گزارش همکاری نمودند، قدردانی شود:

ژان لوران، کلود لابرژ، مارتین بوچر (کبک - کانادا) و برت دو ویت (هلند).

ترجمه نسخه اصلی به زبان فرانسه توسط وزارت حمل‌ونقل کبک کانادا و زیر نظر کمیته فنی تدوین‌کننده گزارش انجام گرفت. پیترو بوما (بلژیک)، پل هاربین (کانادا) و ماتیو گراندین (کبک - کانادا) مسئولیت کنترل کیفی گزارش را بر عهده داشتند.

ریاست کمیته تخصصی تعامل راه/وسیله نقلیه (TC 4.2) بر عهده بیرن اشمیت (دانمارک) بود و گای دسکورنه (بلژیک) و ماتیو گراندین (کبک - کانادا) به ترتیب دبیران انگلیسی‌زبان و فرانسه‌زبان کمیته بودند.

ارزیابی سامانه‌های شناسایی خودکار ترک‌های روسازی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
خلاصه مدیریتی.....	۱
۱- ارزیابی روش.....	۳
۱-۱- مفهوم ترک.....	۳
۲-۱- تغییرات غیرقابل کنترل در اندازگیری (برداشت) ترک‌ها.....	۳
۳-۱- روش‌های آزمایش.....	۴
۲- افزایش بازتولید ترک‌های اندازه‌گیری شده.....	۷
1-2- تعیین حدود منطقه آنالیز شده.....	۷
2-2- انواع ترک و توصیف آن.....	۸
3-2- سطح شدت ترک.....	۱۰
۴-2- وسعت ترک.....	۱۱
1-۴-2- آزمایش صحت‌سنجی سطح تحقیق.....	۱۲
2-۴-2- آزمایش صحت‌سنجی سطح پروژه.....	۱۲
3-۴-2- آزمایش صحت‌سنجی سطح شبکه.....	۱۳
3- تعیین روشی جهت ارزیابی عملکرد ابزار برداشت خودکار ترک‌ها.....	۱۵
1-3- آزمایش صحت‌سنجی سطح تحقیق.....	۱۵
2-3- آزمایش صحت‌سنجی سطح پروژه.....	۱۸
3-3- آزمایش صحت‌سنجی سطح شبکه.....	۲۲
۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها.....	۲۷
۵- مراجع.....	۲۹
پیوست: روش دقیق برای آزمایش صحت‌سنجی در سطح تحقیق.....	۳۱

خلاصه مدیریتی

وسعت، شدت و نوع ترک از جمله اطلاعات مهم جهت انجام عملیات تعمیر و نگهداری راه می‌باشد. این اطلاعات در حقیقت اطلاعات پایه در سامانه مدیریت روسازی می‌باشند.

نتایج پایش جهانی که توسط کمیته C.1 پیارک در دوره ۲۰۰۷-۲۰۰۴ انجام شد نشان داد آزمایش‌های عملکردی سامانه برداشت خودکار ترک‌ها نامتناوب و اغلب ناکامل و غیریکنواخت هستند. علاوه بر این، تمام تجاربی که شامل مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از تجهیزات خودکار با نتایج به‌دست‌آمده از روش‌های دستی هستند با مشکلات مشابهی که مربوط به تعاریف خرابی‌ها می‌باشند، روبرو هستند. در این راستا، کمیته تعامل وسیله نقلیه/ راه (TC 4.2) اهداف خود را به شرح زیر تعیین کرد:

- ارایه یک روش دقیق برای شناسایی خرابی‌های سطح (و به طور دقیق‌تر ترک‌های روسازی)،
- ارایه روشی برای ارزیابی قابلیت اطمینان تجهیزات شناسایی خودکار ترک‌های روسازی.

در ابتدا، مجموعه‌ای از اهداف و قوانین دقیق و شفاف برای اندازه‌گیری و دسته‌بندی ترک‌ها ارایه می‌شود که هدف برخی از آنها افزایش تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها و افزایش قابلیت اطمینان مقایسه بین داده‌های ترک (برداشت‌شده توسط تجهیزات مختلف) می‌باشد. همچنین، منطقه مورد بررسی مرزبندی شده و یک تعریف بهتر برای ترک و روشی برای اندازه‌گیری وسعت و شدت ترک ارایه می‌شود.

به طور مشابه، سه روش ارزیابی قابلیت اطمینان تجهیزات برداشت خودکار ترک‌ها نیز پیشنهاد شده است. آزمایش صحت‌سنجی سطح تحقیق^۱ جهت رتبه‌بندی وضوح^۲ حسگرها و حساسیت مرتبط با توانایی ذخیره‌سازی داده‌های خام روسازی (به شکل تصویر یا داده‌های سه‌بعدی) به کار می‌رود. آزمایش صحت‌سنجی سطح پروژه به مسئولان راه اجازه رتبه‌بندی انحراف تجهیزات و تکرارپذیری آنها را جهت برداشت دقیق ترک‌ها در برخی مسیرهای مرجع کنترل‌شده کوچک که بیانگر شرایط مختلف و خاص هستند را می‌دهد. آخرین آزمایش صحت‌سنجی یعنی آزمایش

1. Research level validation test
2. Resolution

صحت‌سنجی سطح شبکه، با مورد اول از لحاظ محدوده اندازه‌گیری و دقت مورد نظر متفاوت است. در محدوده ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتری از راه تجهیزات می‌توانند در سطوح متفاوتی که بیشتر نماینده شبکه واقعی هستند، آزمایش شوند.

هدف این گزارش، کمک به مدیران راه در انتخاب یک سامانه خودکار بسته به نیازشان و در نتیجه افزایش کیفیت داده‌های ترک‌خوردگی برای استفاده در سامانه مدیریت روسازی می‌باشد. مفاهیم ارائه شده استاندارد بین‌المللی نیستند و تنها خلاصه‌ای از تجارب جهانی می‌باشند.

این سند با نام "تجهیزات برداشت خودکار ترک‌های روسازی - گزارش پیشرفت جهانی"، نتایج پایش جهانی مرتبط با آزمایش‌های اعتبارسنجی و استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری خودکار ترک‌های روسازی را ارائه می‌نماید. این پایش نشان داد آزمایش‌های عملکرد بر روی این نوع تجهیزات به ندرت انجام شده است و آزمایش‌ها اغلب ناکامل و غیریکپوخت هستند. علاوه بر این، تمام تجارب شامل مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از تجهیزات خودکار با نتایج به‌دست‌آمده از روش‌های دستی، با مشکلات مشابه در خصوص تعاریف خرابی روبرو هستند. در این راستا، این مطالعه پیشنهاد کرد تا دستیابی به روش‌های دقیق‌تر برای شناسایی خرابی‌های روسازی و همچنین یک روش پذیرفته شده برای ارزیابی قابلیت اطمینان تجهیزات برداشت خودکار ترک‌های روسازی، کار بیشتری نیاز است.

کارگروه حاضر عهده‌دار به انجام رساندن این هدف می‌باشد که این هدف خود به دو بخش تقسیم می‌شود:

- تهیه فهرستی از روش‌های شناسایی و تشخیص ترک‌های روسازی به منظور بهبود تکرارپذیری اندازه‌گیری یا برداشت،

- طراحی یک روش ارزیابی برای طبقه‌بندی و ارزیابی تجهیزات برداشت خودکار ترک‌های روسازی بر حسب قابلیت اطمینان (انحراف و تکرارپذیری).

این گزارش، نتایج اصلی کار کمیته TC 4.2 بر روی این اهداف را ارائه می‌کند. هدف از این گزارش تخصصی کمک به مدیران راه جهت ارزیابی و انتخاب سامانه خودکار با توجه به نیازهایشان و کمک به افزایش کیفیت داده‌های ترک‌خوردگی مورد استفاده در سامانه تعمیر و نگهداری راه می‌باشد. مفاهیم ارائه‌شده در این سند بین‌المللی نیستند بلکه تنها خلاصه‌ای از نتایج تبادل تجربیات جهانی می‌باشند.

۱- ارزیابی روش

هدف از این بخش ارایه پیشینه‌ای از موضوعات مورد بحث در زمینه تشخیص خودکار ترک که در بخش‌های دیگر ارایه می‌شود، می‌باشد. تفاوت‌های ظاهری و حتی به اثبات رسیده میان سامانه‌هایی که ادعا می‌کنند توانایی تشخیص خودکار ترک‌ها را دارند، نگرانی‌هایی در این زمینه به وجود آورده است. این موارد در ادامه مطرح می‌شوند.

۱-۱- مفهوم ترک

ممکن به نظر ساده بیاید، اما تعریف معتبر مهندسی از ترک‌ها وجود ندارد. هیچ جا بیان نشده است که ترک یک گسستگی در سطح راه با طول و عرض مشخصی می‌باشد.

تا زمانی که یک تعریف مشترک و قابل قبول جامع نوشته نشود، سؤال اصلی این است که یک ترک چگونه تعریف می‌شود؟ جواب بسته به برداشت‌کننده دارد. اگرچه این مورد بیشتر مرتبط با طبقه‌بندی ترک است تا خود ترک، اما این معضل همچنان باقی است. به عنوان مثال، یک سری ترک‌های ریز منفصل می‌توانند یک ترک یا یک مجموعه از ترک‌ها در نظر گرفته شوند.

اگرچه مفهوم این تحقیق مبتنی بر تشخیص خودکار ترک است (که رایانه چه می‌بیند و چه تفسیر می‌کند)، اما ممکن است الگوی تشخیص انسان‌ها نیز متفاوت باشد. ایده‌های متفاوت همواره وجود دارد.

۱-۲- تغییرات غیرقابل کنترل در اندازه‌گیری (برداشت) ترک‌ها

عوامل متفاوتی وجود دارند که می‌تواند روی توانایی و قابلیت اطمینان سامانه‌های برداشت خودکار ترک‌ها اثرگذار باشد. این عوامل می‌توانند هم روی گردآوری و هم تحلیل داده‌های اولیه (خام) تأثیر بگذارند.

در سراسر دنیا انواع مختلفی از روسازی وجود دارد. احداث بسیاری از راهها، وابسته به در دسترس بودن منابع محلی مورد نیاز جهت احداث راه می باشد. مشخصات سطح روسازی راهها بر اساس مناطق جغرافیایی در سراسر جهان، که در داخل یک کشور، ایالت یا استان قرار دارند، تعیین می شود. به دلیل تنوع زیاد، در خصوص ارایه یک روش واحد باید تأمل نمود.

از آنجا که راههای متفاوتی در مناطق مختلف وجود دارد بنابراین برنامه تعمیر و نگهداری این راهها نیز متفاوت است. به همین ترتیب، اطلاعات و نیازمندی های مورد نیاز ادارات راه برای سامانه شناسایی خودکار ترک ها هم متفاوت خواهد بود. آزمایش های پیشنهادی و روش های ارزیابی باید تمام این الزامات را بازگو کند و همچنین تضمین نماید که تمامی خصوصیات صحیح مورد ارزیابی قرار گرفته است.

خط کشی راهها (حتی اگر خط کشی استاندارد انجام شده باشد)، وصله ها، خط ترمز، قیرزدگی و سایر بی نظمی های غیرعادی سبب تخریب قابلیت شناسایی خودکار ترک ها می گردد. آیا این موارد باید به عنوان مثبت کاذب^۱ طراحی شوند و از سامانه حذف شوند و آیا این کافی است که آنها را مثبت کاذب در نظر گرفته و ترک های گزارش شده با مقادیر متفاوت را حذف نماییم؟ این نوع تصمیم گیری ها در مفاهیم ارزیابی سامانه مورد بررسی قرار نگرفته است ولی در برنامه کامل شناسایی ترک ها باید لحاظ شود.

۱-۳- روش های آزمایش

این بخش آزمایش های مختلف اعتبارسنجی را که برای ارزیابی تجهیزات شناسایی خودکار ترک ها پیشنهاد شده است، ارزیابی می کند.

- آزمایش سطح تحقیق^۲ به منظور رتبه بندی وضوح سنسورها و حساسیت مرتبط با توانایی ذخیره داده های خام روسازی (به صورت تصویر یا سه بعدی) تعریف شده است. هدف از این آزمایش، صحت سنجی تجهیزات تولید شده و تعیین قابلیت اینکه چه کارهایی می تواند یا نمی تواند انجام دهد، می باشد. هدف عبارت است از به کار بردن تجهیزات روی یک بخش کوچک خاص (یک بخش از راه) که دارای

1. False Positive

ترک‌های از قبل تعریف شده با عرض، طول و عمق مشخص می‌باشند. اگر ترک‌ها روی داده‌های خام قابل رویت باشند، تجهیزات استفاده شده از این مرحله با موفقیت عبور می‌کنند.

- آزمایش سطح تحقیق معمولاً توسط تجهیزات تولیدکننده انجام شده و با هدف اطمینان از عملکرد مناسب آنها صورت می‌گیرد. این اعتبارسنجی طراحی شده است که تغییرپذیری مرتبط با منابع را به تغییرپذیری ناشی از تغییر دوربین‌ها و لیزرها به مقدار کمینه کاهش دهد و در نتیجه روی وظایف و عملکرد اجزای سامانه تمرکز کند. یک کاربر می‌تواند این آزمایش را روی تجهیزات جدید مطابق با نیازهایش انجام دهد یا اینکه مشخصات تولیدکننده را پذیرد.

- آزمایش سطح تحقیق به منظور ارزیابی دقیق‌تر تجهیزات تعریف شده است. این آزمایش می‌تواند نتیجه عملکرد تجهیزات شناسایی ترک روی مقطعی از راه باشد که در حال سرویس‌دهی است. این مقطع می‌تواند یک مقطع تکی (چندین کیلومتر) یا چندین قطعه کوچکتر باشد ولی معمولاً چندین خرابی مشخص را شامل می‌شود. همچنین قطعات راه برای ارزیابی تجهیزات، باید راستی‌آزمایی شوند. این آزمایش می‌تواند پایه‌ای برای برنامه جامع پایش کیفیت ماهانه باشد.

- پایش جامع "سطح شبکه" در محدوده‌ای حدود ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر از راه نیز می‌تواند انجام شود. این آزمایش باید مطابق با توقع ادارات راه از نتایج، ارایه شود. این آخرین گام احتمالاً بحث‌برانگیزترین بخش آزمایش است زیرا پذیرش مقادیر همواره در معرض سؤال است.

در سطح مفهومی آزمایش‌های مرجع مذکور و گام‌های ارزیابی به نظر عینی و ساده می‌آیند، اما به دست آوردن نتایج قابل تکرار و مطمئن که شامل تمامی الگوهای ترک و انواع روسازی مدنظر مدیران راه باشد امر ساده‌ای نیست.

در نهایت باید در نظر گرفت که ممکن است آزمایش‌های جداگانه برای ارزیابی فناوری جمع‌آوری و تحلیل در جهت اطمینان باشد. از آنجایی که روش‌های جمع‌آوری و تحلیل متعددی وجود دارد، نیاز است به عنوان بخشی از روند آزمایش، ابزارهای شناسایی ترک‌ها قابلیت تحلیل داده‌های خام دیگر پلت‌فرم‌ها را جهت داشتن یک روند ارزیابی استاندارد دارا باشند. این امر می‌تواند منجر به معرفی یک فرمت استاندارد برای خروجی سنسورهای خام بشود. سؤال این است که آیا این امر مناسب خواهد بود یا برای تولیدکنندگان این تجهیزات خیلی دست و پاگیر بوده و توانایی آنها را برای پیشرفت فناوری محدود می‌نماید؟

۲- افزایش بازتولید ترک‌های اندازه‌گیری شده

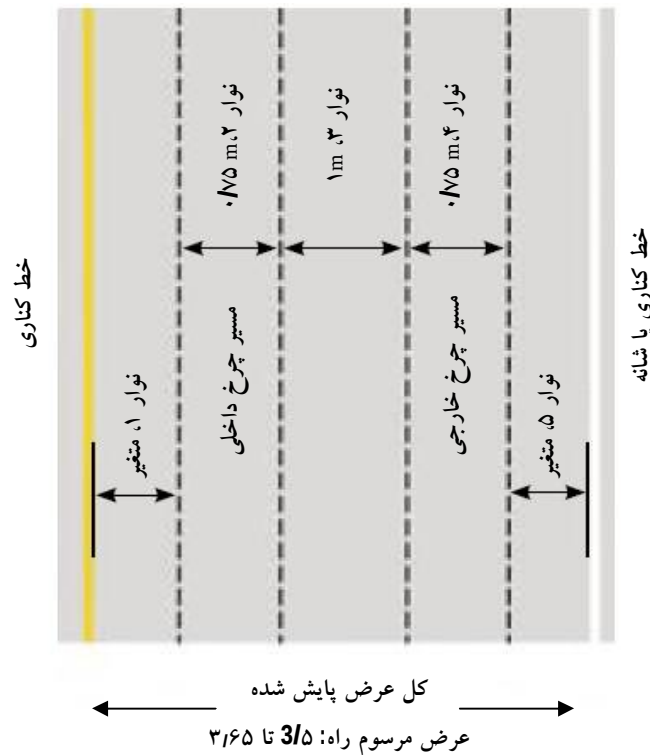
دستورالعمل‌های بسیار مهمی در زمینه شناسایی خرابی روسازی در بسیاری از کشورها وجود دارد، به طور کلی، این آیین‌نامه‌ها تمامی جنبه‌ها و شرایطی که به صورت معمول در هنگام ارزیابی راه موجود هستند را در نظر نمی‌گیرند. به عنوان مثال، ترک عرضی در بسیاری از روسازی‌ها به ترکی گفته می‌شود که عمود بر محور راه باشد. آیین‌نامه‌های اندکی حداقل طول و جهت ترک را مشخص کرده‌اند. روش جهانی دقیقی برای اندازه‌گیری عرض ترک‌ها نیز وجود ندارد. این ابهامات در اکثر خرابی‌های دیگر نیز وجود دارد. چه از سامانه‌های خودکار استفاده شود یا نشود، آنالیز خرابی‌ها تحت این شرایط سبب تغییرات قابل ملاحظه‌ای بسته به اپراتور و تجهیزات اتوماتیک به کار گرفته شده می‌گردد.

به منظور ارزیابی مناسب تجهیزات خودکار، نه تنها حساسیت بالا به روند آزمایش ضرورت دارد بلکه در توصیف ترک‌ها و خصوصیات هندسی آنها نیز باید دقت بالایی داشت به گونه‌ای که بتوان آنها را شناسایی نمود. این موضوع هدف این فصل می‌باشد.

2-1- تعیین حدود منطقه آنالیز شده

با هدف بهبود تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها، خیلی مهم است که به صورت دقیق نواحی از سامانه را که باید ترک‌ها شناسایی و آنالیز شوند، مشخص شوند. یکی از روش‌های مرسوم جهت انجام کار روش جهانی نواری می‌باشد.

این روش خطوط مورد مطالعه را به ۵ قسمت (۵ نوار) و سپس به بخش‌های یک متری تقسیم می‌کند. نوارها از سمت باند سرعت نامگذاری می‌شود (شکل 1). نوار 2 و 4 منطبق بر مسیر چرخ‌ها هستند که عرض آنها 0/۷۵ متر می‌باشد. عرض نوار مرکزی (نوار 3) 1 متر می‌باشد. عرض خطوط کناری (نوارهای 1 و 5) با عرض خطوط راه تغییر می‌کند. یک خط استاندارد 3/۶ متر عرض دارد.



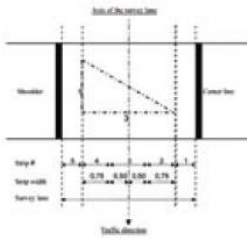
شکل ۱. اصول روش جهانی نواربندی

همانطور که در شکل نشان داده شده است محدوده مورد مطالعه شامل نواحی خط‌کشی شده نیست. اگر در فاصله بیش از ۱۰۰ متر هیچ خط‌کشی وجود نداشته باشد، عرض خط مورد استفاده ۳/۶ متر لحاظ می‌شود که از محور راه در نظر گرفته می‌شود. این عرض خط، تنها یک پیشنهاد است و می‌تواند از آیین‌نامه‌های محلی و کشوری اقتباس گردد.

2-2- انواع ترک و توصیف آن

جدول زیر توصیف دقیقی از انواع ترک‌ها و خرابی‌هایی که به صورت اتوماتیک اندازه‌گیری می‌شوند، ارائه می‌دهد.

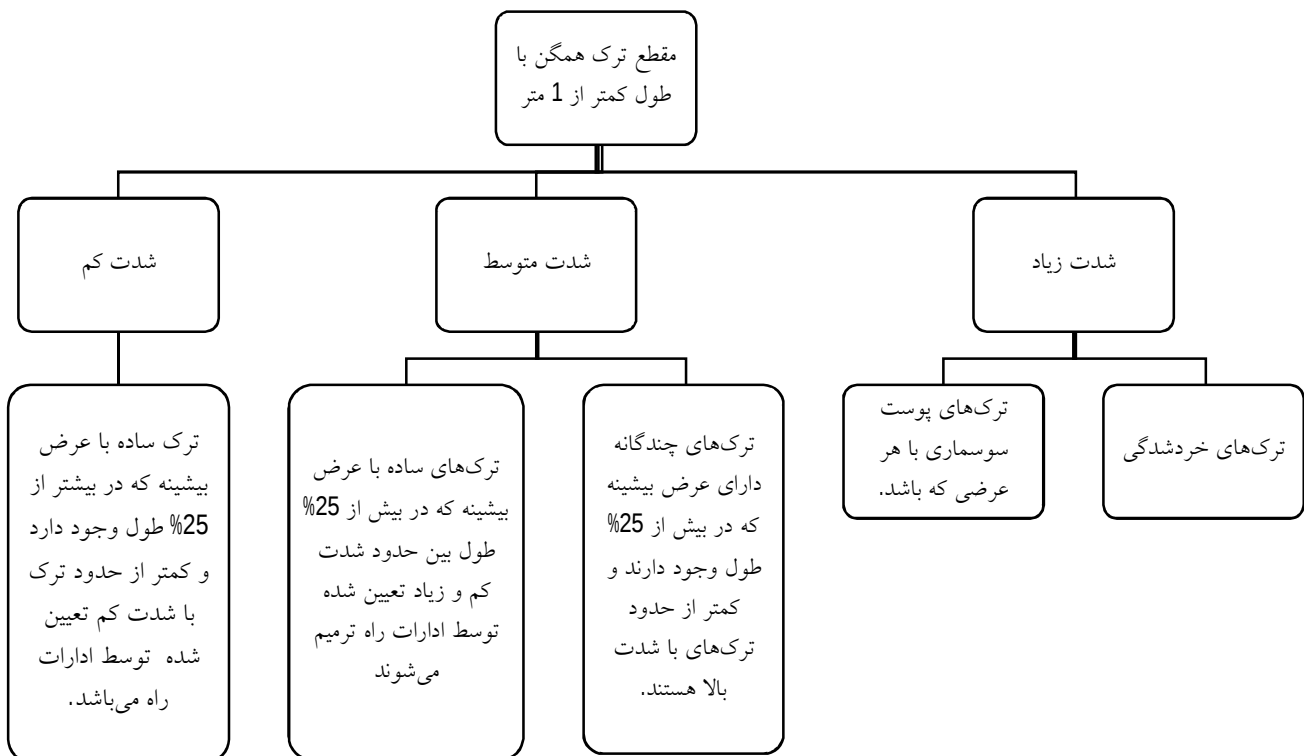
جدول 1. تشریح دقیق ترک‌ها

نوع	توصیف	تصویر یا طرح
تعریف ترک	حداقل طول: 0/۱۵ متر حداقل عرض: 1 میلی‌متر	—
ترک عرضی	ترک با زاویه کمتر از 1 به 3 (1 موازی راه و 3 عمود بر محور راه) که در دو یا چند نوار طولی واقع شده‌اند.	
ترک طولی	ترک با زاویه بزرگتر از 1 به 3 (1 موازی راه و 3 عمود بر محور راه)	
ترک لبه	ترک‌های طولی که در فواصل کمتر از 0/۲۵ متر از لبه راه قرار گرفته‌اند.	
ترک‌های پوست سوسماری	تجمع ترک‌های روسازی به شکل یک شبکه با حداقل 3 قطعه در هر طرف که عرض هر قطعه کوچک‌تر از 300 میلی‌متر باشد. اگر عرض ترک‌ها بیشتر از 300 میلی‌متر باشد، آنگاه ترک‌ها به صورت مجزا لحاظ می‌شوند.	 کمتر از 300 میلی‌متر  بیشتر از 300 میلی‌متر
ترک‌های چندگانه	تجمع ترک‌های روسازی که موازی هم بوده و کمتر از 300 میلی‌متر فاصله دارند. اگر بیشتر از 300 میلی‌متر فاصله داشته باشند آنگاه به صورت مجزا در نظر گرفته می‌شوند.	
چاله	چاله‌هایی با ابعاد بزرگتر از ۵۰ میلی‌متر در ۵۰ میلی‌متر هستند که در زیر آنها باید اساس دانه‌ای باشد (تمام ضخامت روسازی).	

2-3- سطح شدت ترک

ترک‌ها می‌توانند شکل‌های ظاهری متعددی داشته باشند. جدا از بحث مربوط به جهت (زاویه) و طول، عرض ترک نیز در طول یک ترک می‌تواند تغییر کند. همچنین خردشدگی و جداشدن ترک‌ها نیز خیلی مرسوم است. این امر سبب می‌شود شناسایی آنها به مراتب دشوارتر گردد. در هنگام تحلیل داده‌های ترک، وجود همزمان این پدیده‌ها، رنگ سطح، تغییر در درشت‌بافت و تغییر شکل راه همگی سبب افزایش مشکل می‌گردند. به منظور افزایش تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها، قوانینی پیشنهاد می‌شود که در ادامه به آنها اشاره می‌شود. صرف‌نظر از جهت و محل قرارگیری ترک‌ها این قوانین قابلیت اعمال به تمامی انواع ترک‌ها را دارند. این روش می‌تواند در الگوریتم‌های تحلیل خودکار و روش‌های تحلیل بصری به کار رود [3].

هر مقطع یکنواخت ترک ارزیابی می‌گردد. کمترین طول مقطع در نظر گرفته شده 1 متر می‌باشد. درجه شدت نماینده در یک مقطع متناظر است با حداکثر عرضی که در بیش از ۲۵٪ سطح وجود دارد. ترک‌های خردشدگی به صورت خودکار، خرابی با شدت بالا در نظر گرفته می‌شوند. ترک‌های چندگانه به عنوان ترک‌هایی با شدت متوسط و بالا لحاظ می‌شوند و ترک‌های پوست سوسماری به عنوان خرابی با شدت بالا منظور می‌گردند. حدودی که دسته‌بندی این شدت‌ها را تعریف می‌کند در این سند پوشش داده نشده است و هر مدیر راه باید این حدود را خودش معین کند.



شکل 2. روش‌های اندازه‌گیری درجه شدت یک ترک

2-4- وسعت ترک

همان‌طور که در بخش 1-3 اشاره شد، 3 روش برای اعتبارسنجی پیشنهاد شده است:

- آزمایش صحت‌سنجی سطح تحقیق،
- آزمایش صحت‌سنجی سطح پروژه،
- آزمایش صحت‌سنجی سطح شبکه.

هر یک از این آزمایش‌ها تعریف مرتبط با خود را در مورد "وسعت ترک" دارند.

2-4-1- آزمایش صحت سنجی سطح تحقیق

در این فاز به بررسی دقت و انحراف سامانه‌های خودکار در هنگام برداشت ترک تحت شرایط کنترل شده، پرداخته می‌شود. آزمایش‌ها روی مسیری انجام می‌پذیرد که ترک‌ها به وسیله برش روسازی به طریقی که طول، جهت و عرض آنها به صورت دقیق تعریف شده باشد، شبیه‌سازی می‌شود.

2-4-2- آزمایش صحت سنجی سطح پروژه

در این فاز به بررسی تکرارپذیری و قابلیت ساخت مجدد سامانه‌های اتوماتیک در هنگام برداشت ترک‌ها در سطح پروژه پرداخته می‌شود. آزمایش‌ها روی یک مقطع کاملاً مشخص تحت سرویس که تمامی ترک‌ها با شدت‌های مختلف در آن کاملاً تعریف شده است، صورت می‌پذیرد.

علاوه بر نوارهای پیشنهادی در بخش قبل، همان‌طور که در شکل 3 نشان داده شده است، پیشنهاد می‌شود سطح آزمایش را به زیربخش‌هایی با طول 1 متر تقسیم کنید. با این کار سطح راه به سلول‌هایی تقسیم می‌شود. این روش مبتنی بر این است که آیا در هر سلول ترک وجود دارد یا خیر. هنگامی که یک سلول توسط ترک لمس می‌گردد، به آن سلول "تخصیص یافته" گویند. این امر، وسعت ترک می‌باشد. این تکنیک یک نوع تصویر دیجیتال از سطح راه با پیکسل‌های تخصیص یافته یا غیر تخصیص یافته ارائه می‌دهد.

به محض اینکه یک سلول به عنوان "تخصیص یافته" شناسایی شد، درجه شدت خرابی نیز می‌تواند به آن اضافه گردد. این امر سبب اضافه شدن یک معیار دیگر به آنالیز می‌گردد. اگر بیش از یک ترک سلول را لمس کنند، درجه شدت آن متناظر با حداکثر ترک‌های لحاظ شده خواهد بود.



شکل 3. برداشت وسعت ترک‌ها به وسیله سلول‌ها

2-۴-3- آزمایش صحت‌سنجی سطح شبکه

این فاز بررسی می‌کند آیا سامانه‌های شناسایی خودکار دارای توانایی تشخیص طول‌ها در شبکه‌ای با سطح بالا و پایین ترک، هستند یا خیر. در این راستا، سطح پایش‌شده توسط شبکه‌های مربعی "هم‌پوشانی" گردید. هر سلولی از شبکه که شامل ترک می‌باشد، در نظر گرفته می‌شود. وسعت ترک لحاظ شده عبارت است از کل سطح سلول‌های شبکه که حاوی یک ترک در زیربخش داده‌های پایش شده باشد. ابعاد سلول‌ها بستگی به وضوح (رزولوشن) دستگاه‌های آزمایش شده دارد (معمولاً 0/۵ متر در 0/۵ متر) و طول زیربخش پیشنهاد شده در حدود ۵۰ متر است.

3- تعیین روشی جهت ارزیابی عملکرد ابزار برداشت خودکار ترک‌ها

روش گام به گام چندگانه‌ای که پیشنهاد شد به عنوان یک روش ارزیابی تجهیزات در نظر گرفته می‌شود. در بسیاری از موارد هدف از انجام آزمایش، ارزیابی تجهیزات خاص استفاده شده در سامانه مدیریت روسازی برای شبکه راه‌ها می‌باشد. این که کدام یک از سه گام روش‌های پیشنهادی نیاز به انجام شدن دارد به مدیران راه مربوط می‌باشد.

برخی از متولیان راه مانند سازمان بزرگراه‌های انگلستان (HA) از روش سطح شبکه جهت صحت‌سنجی مناسب بودن عملکرد تجهیزات استفاده می‌کند. این روش سال‌ها مورد استفاده قرار گرفته است و آن را کافی می‌دانند. زیرا HA بسیار علاقمند است تا نتایج جهانی را در محاسبات شاخص‌های عملکردی وارد نماید.

همانطور که قبلاً پیشنهاد گردید، روش سه‌مرحله‌ای نمی‌خواهد یک سری گام‌های اجباری تدوین نماید بلکه یک فرایند پیشنهادی جهت ارزیابی کامل سامانه ترک‌ها می‌باشد.

3-1- آزمایش صحت‌سنجی سطح تحقیق

اولین سطح آزمایش‌ها شامل ارزیابی عملکرد اجزای سامانه و پیکربندی می‌باشد. هدف، اطمینان از دقت و تکرارپذیری لیزرها و دوربین‌های مورد استفاده جهت انجام کارهای مورد نظر به شکل مطلوب می‌باشد. هدف اصلی این آزمایش عبارت است از تدوین یک روش واقع‌بینانه برای ارزیابی قابلیت اطمینان تجهیزات با کنترل کلیه جنبه‌های کیفی اندازه‌گیری. تمام انحراف‌ها و عدم تکرارپذیری می‌تواند به تجهیزات نسبت داده شود.

این آزمایش، انحراف و تکرارپذیری سامانه‌ها برای اندازه‌گیری برخی خصوصیات ترک که از پیش معلوم هستند را ارزیابی می‌نماید. این گام تحت آنچه که شرایط کنترلی نامیده می‌شود انجام می‌گیرد. روی مسیر خط‌کشی شده‌ای که ترک‌ها به صورت مصنوعی در آن ایجاد شده‌اند و با استفاده از برنامه نمونه‌گیری آماری که می‌تواند خصوصیات مورد نظر ترک‌ها مانند عرض، مکان (نوار طولی)، عمق، طول و جهت را نمایش دهد. ترک‌ها

می‌توانند به وسیله برش سطح روسازی تولید شوند. در ادامه یک راهنما ارائه شده است که شامل روش‌های ساخت مسیر، روش پایش و روش تعیین انحراف و تکرارپذیری می‌باشد.

• مسیر با ترک خوردگی ساختمانی

این مسیر برای در نظر گرفتن خصوصیات موجود در شبکه راه‌ها در سراسر جهان و به منظور طبقه‌بندی سامانه تعریف گردید. مدیران راه می‌توانند از این مسیر با توجه به نیازشان (عرض نوار، کل مسیر پایش شده و ...) استفاده نمایند.

مسیرهای با ترک خوردگی ساختمانی (مصنوعی) پیشنهادی به صورت عرضی (مبتنی بر نوارهای طولی معرفی شده در بخش 1-2) و به صورت طولی (هر 10 متر) تقسیم می‌شوند. آنگاه هر سلول تعریف شده می‌تواند به یک نوع ترک خاص مرتبط شود. همچنین برخی سلول‌ها به دلیل پرهیز از ایجاد خطاهای بصری سیستماتیک ترک‌ها، در هر 10 متر خالی می‌ماند. همچنین باید مسیر ترک‌خورده ساختمانی پیشنهاد شده در جدول 2، خصوصیات مطابق زیر را دارا باشد.

جدول 2. خصوصیات مسیرهای با ترک خوردگی مصنوعی

واحد نمونه‌گیری	ترک
تعداد ترک‌ها	1
تعداد ترک در مسیر	170
تعداد ترک‌های طولی	۱۵۰ (یک سلول در هر ترک)
تعداد ترک‌های عرضی	20 (۵ سلول در هر ترک)
طول مسیر	۶۰۰ متر
سلول‌های موجود	300
سلول‌های استفاده شده	۲۵۰
تعداد تکرار برای تکرارپذیری	۵

مسیر پیشنهادی با سه مشخصه ترک تعریف می‌شود:

- شدت ترک (۴ سطح): 2 میلی‌متر، 3 میلی‌متر، ۵ میلی‌متر، 8 میلی‌متر؛
- طول ترک (۴ سطح): 3 متر، ۵ متر، 8 متر، ۳/۶ متر (عرضی)؛
- عمق ترک (2 سطح): 1 و 2 برابر درشت‌بافت روسازی.

استفاده از دو سطح درشت‌بافت، به شدت توصیه می‌گردد.

• داده‌ها و آنالیز داده‌ها

عمده‌ترین مزیت مسیر مصنوعی امکان کار کردن با ترک به عنوان یک واحد اندازه‌گیری می‌باشد. فایل داده‌های به‌دست‌آمده شامل یک سطر در هر ترک برای تکرار می‌باشد. بنابراین برای ۵ تکرار، فایل داده‌ها باید دارای ۸۵۰ سطر (170 ترک در ۵ تکرار) باشد. به دلیل اینکه سامانه ممکن است برخی ترک‌ها را شناسایی نکند یا برخی دیگر را بسازد، تعداد سطرهای ثبت شده در فایل داده‌ها ممکن است با ۸۵۰ متفاوت باشد.

در ضمیمه یک فایل داده رایج به‌دست‌آمده از یک آزمایش صحت‌سنجی سطح تحقیق آورده شده است و همچنین توضیحات بیشتر درباره چگونگی مدیریت و آنالیز داده‌ها آورده شده است. با استفاده از این روش مدیران راه می‌توانند به راحتی مشکل تجهیزات آزمایش شده و این که مشکل دقیقاً مربوط به کدام یک از خصوصیات راه است را تشخیص دهند (نوع، عرض، موقعیت، نوع ترک و ...).

• حدود طبقه‌بندی

نتایج به‌دست‌آمده (تکرارپذیری و انحراف) را می‌توان بر حسب دقت و قابلیت اطمینان مطابق با جداول 3 و 4 طبقه‌بندی نمود. حدود طبقه‌بندی استفاده شده را می‌توان بر اساس تأثیر بر یک شاخص ترک شناخته شده (نرخ ترک یا ...) تعیین نمود. سپس مدیران راه می‌توانند تجهیزات را بر اساس نیازهای مدیریتی انتخاب نمایند.

حدود سرعت وسایل نقلیه باید در هنگام پایش مسیر ثبت شود. طبقه‌بندی وسایل نقلیه تنها در محدوده سرعت ثبت شده اعتبار داشته و به فرایند طبقه‌بندی وسیله نقلیه برداشت‌کننده بستگی دارد. شرایط سایت آزمایش (به شرح زیر) نیز می‌تواند بر شاخص ترک که توسط وسیله نقلیه برداشت‌کننده ارایه می‌شود، تأثیر گذار باشد:

✓ رنگ روسازی،

✓ رطوبت سطح روسازی (خشک، نمناک، تر)،

✓ شرایط آب‌وهوایی (ابری، آفتابی).

این شرایط نتایج را تحت تأثیر قرار می‌دهند و بنابراین بر نتایج مقایسه آزمایش در سایت‌های متفاوت نیز اثرگذار می‌باشند. این نوع مسیر می‌تواند جهت ارزیابی تأثیر این عوامل بر قابلیت اطمینان سامانه استفاده شود، در صورتی که عبورها در شرایط مختلف انجام گیرد.

جدول 3: معیارهای پیشنهادی برای تشخیص و انحراف

شدت (ترک‌های با انحراف نسبی کمتر از 20%)	طول (ترک‌های با انحراف نسبی کمتر از 7/5%)	میزان صحت شناسایی	طبقه‌بندی
100%	100%	100%	AAA
$\geq 85\%$	$\geq 90\%$	$\geq 90\%$	AA
$\geq 70\%$	$\geq 80\%$	$\geq 80\%$	A
$\geq 60\%$	$\geq 70\%$	$\geq 70\%$	B
$\geq 50\%$ و $< 60\%$	$\geq 90\%$ و $< 70\%$	$\geq 90\%$ و $< 70\%$	C

طبقه‌بندی C پایین‌ترین حد برای ابزارهای قابل پذیرش است.

جدول 4: معیارهای پیشنهادی برای قابلیت اطمینان

شدت (ترک‌های با C.V کمتر از 0/5%)	طول (ترک‌های با C.V کمتر از 1%)	طبقه‌بندی
100%	100%	AAA
$\geq 85\%$	$\geq 90\%$	AA
$\geq 70\%$	$\geq 80\%$	A
$\geq 60\%$	$\geq 70\%$	B
$\geq 50\%$ و $< 60\%$	$\geq 90\%$ و $< 70\%$	C

طبقه‌بندی C پایین‌ترین حد برای ابزارهای قابل پذیرش است.

3-2- آزمایش صحت‌سنجی سطح پروژه

هدف اصلی از صحت‌سنجی مسیرها، آزمایش کیفیت تجهیزات می‌باشد. به عنوان مثال، یک مدیر راه با سامانه‌های مختلف می‌تواند مجموعه‌ای از 10 مسیر را مطابق با جدول 5 تعریف نماید و هر سامانه را مجبور نماید تا فرایند صحت‌سنجی را ماهانه انجام دهد تا از رضایت‌بخش بودن دایمی سامانه‌ها اطمینان حاصل نماید. این آزمایش بر روی مسیرهای متعدد دارای ترک‌های طبیعی انجام می‌شود. انتخاب این مسیرها باید به دقت انجام شود تا اطمینان حاصل شود که تمامی خصوصیات ترک‌هایی که برداشت می‌شوند، بیان می‌گردد.

پروتکل اندازه‌گیری تا حد امکان ساده می‌شود. همان‌طور که پیش‌تر در بخش 2-1 بیان گردید، خط پایش شده به 5 نوار طولی و سپس به بخش‌های یک‌متری تقسیم می‌گردد. این امر یک الگوی پیوسته مهیا می‌سازد که موقعیت‌های افقی و عمودی را به صورت دقیق مشخص می‌سازد و باعث حذف خطاهای محلی می‌گردد.

جدول ۵. توصیف مسیرها

مقطع 1 متری	واحد نمونه‌گیری
۱۰	تعداد مسیرها
متغیر	تعداد ترک‌ها در هر مسیر
متغیر	تعداد مسیرهای طولی
متغیر	تعداد مسیرهای عرضی
۵۰ متر	طول مسیرها
۲۵۰	تعداد سلول‌ها در هر مسیر
۲۵۰۰	تعداد کل سلول‌ها
۳	تکرارها برای انحراف
۵	تعداد تکرار برای تکرارپذیری

انتخاب مقطع یک‌متری به این علت است که احتمال وجود سلولی با بیش از یک ترک، کمینه شود. این طول معمولاً به نرخ ترک معنی‌دار و مناسبی منجر می‌گردد. به منظور انجام اعتبارسنجی یک‌متری، سامانه‌های آزمایش‌شده باید مجهز به ابزار شروع و توقف خودکار باشند^۱ تا از شروع و پایان آزمایش درست در محل‌های مورد نظر، اطمینان حاصل شود.

به منظور دستیابی به نرخ ترک معنی‌دار، حداقل طول ترک ۱۵ سانتی‌متر به عنوان حدود سلول‌ها برای اعلام ترک‌خوردگی پیشنهاد گردید. به منظور اطمینان از در نظر گرفتن خصوصیات ترک‌های متعدد و داشتن نمونه‌ای از مهم‌ترین خصوصیات موجود در شبکه راه‌ها، از ۱۰ مسیر استفاده می‌شود.

تعداد و نوع ترک‌ها متنوع است زیرا فرایند صحت‌سنجی بر روی ترک‌های طبیعی مسیرها صورت می‌گیرد. برداشت مرجع^۲ از نرخ ترک باید به صورت دستی برای تمامی ۱۰ مسیر انجام شود.

از آنجا که قابلیت اطمینان پایش ممکن است متناسب با سرعت تغییر کند، پیشنهاد می‌شود تأثیر سرعت نیز اندازه‌گیری شود. همچنین پیشنهاد می‌شود خودروی برداشت در هر مسیر ۵ عبور به ازای هر سرعت انجام دهد.

1. Triggering devices
2. Reference measure

• داده‌ها و آنالیز داده‌ها

طبقه‌بندی تجهیزات به صورت انفرادی بر حسب ظرفیت آنها، در شناسایی وجود یا عدم وجود ترک در هر سلول، اولین صحت‌سنجی پیشنهادی می‌باشد: یک نوع نرخ ترک برای طول یک مقطع مشخص. همچنین از یک پروتکل برای دسته‌بندی شدت خرابی برای هر مورد استفاده می‌شود (0: عدم وجود، 1: وجود شدت 1، 2: وجود شدت 2 و غیره). امکان ارزیابی توانایی تجهیزات برای اندازه‌گیری شدت خرابی‌ها نیز وجود دارد. سومین سطح ارزیابی شامل شناسایی انواع ترک‌ها بر اساس ماتریس نقطه‌ای یا شبکه به‌دست‌آمده از تجهیزات می‌باشد. در تمامی حالات، تکرارپذیری می‌تواند مورد ارزیابی قرار گیرد.

در ساده‌ترین حالت (وجود یا عدم وجود ترک‌ها در هر سلول) داده‌هایی که قرار است جمع‌آوری شوند شامل یک سری 0 (سلول بدون ترک) و 1 (سلول با حداقل یک ترک) می‌باشند. سپس داده‌ها شامل ۲۵۰ سطر برای هر ترک و تنها یک ستون (صفر و یک) علاوه بر تشخیص موقعیت هر سلول، خواهند بود. نرخ ترک با جمع کردن اعداد 1 (یک‌ها) و تقسیم آنها بر ۲۵۰ (کل سلول‌ها) به دست می‌آید.

علاوه بر نرخ ترک، تشابه نتایج نیز لحاظ گردید. طبقه‌بندی با تعیین سهمی از سلول‌ها که نتیجه مشابه داشتند (وجود یا عدم وجود در سلول‌ها) هم برای سلول‌های مرجع و هم برای سلول‌های اندازه‌گیری شده به دست می‌آید.

وقتی شدت ترک لحاظ شود، هیچ نرخ ترکی محاسبه نمی‌گردد و تنها شباهت برای شبیه‌سازی استفاده می‌شود. به منظور ارزیابی شباهت، به هر سلول مقادیری از شدت که مرتبط با شدیدترین ترک در هر سلول می‌باشد داده می‌شود.

این روش بدون استفاده از نوع ترک قابل استفاده می‌باشد و می‌توان برای هر نوع ترک از آن استفاده نمود. به عنوان مثال، می‌توان مقدار یک را به هر سلول هنگامی که ترکی از هر نوع در آن موجود باشد، اختصاص داد و نرخ کلی ترک را اندازه‌گیری نمود یا می‌توان به هر سلول مقدار 1 را هنگامی که ترک عرضی وجود دارد اختصاص داده و مقدار ترک عرضی را برداشت نمود و غیره.

تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها نیز لحاظ شده است و تجهیزات طبقه‌بندی مبتنی بر ضریب تغییرات نرخ ترک‌ها و سهم شباهت نتایج سلول‌ها می‌باشد.

• حدود طبقه‌بندی

نتایج به دست آمده می‌تواند برای طبقه‌بندی تجهیزات بر حسب دقت و قابلیت اطمینان مطابق با جدول ۶ و ۷ مورد استفاده قرار گیرد. حدود طبقه‌بندی استفاده شده می‌تواند بر مبنای تأثیر آنها بر روی یک شاخص ترک شناخته شده (نرخ ترک یا ...) تعیین شوند. لذا مدیران راه می‌توانند انتخاب تجهیزات خود را بر طبق نیازهای مدیریتی انجام دهند. این دسته‌بندی به سامانه ارزیابی شده بر روی یک مجموعه مشابه از 10 مسیر محدود شده است. به دلیل این که مسیرها ممکن است از کشوری به کشور دیگر و یا یک اداره راه به اداره راه دیگر تغییر کند، دسته‌بندی صحت‌سنجی تجهیزات در کشورهای (ادارات) مختلف نمی‌تواند به صورت مستقیم مقایسه شود.

جدول ۶: معیارهای پیشنهادی برای شناسایی و انحراف

شدت ترک تطابق با مرجع‌ها	سلول‌ها با ترک تطابق با مرجع‌ها	نرخ ترک (از مرجع)	طبقه‌بندی
%۱۰۰	%100	$\pm 1\%$	AAA
%۹۰	%۹۵	$\pm 2/5\%$	AA
%۸۰	%۹۰	$\pm 5\%$	A
%۷۰	%۸۰	$\pm 10\%$	B
%۵۰ و $\geq 50\%$	%۵۰ و $\geq 80\%$	%۳۰ و $> 10\%$	C

طبقه‌بندی C پایین‌ترین حد برای ابزارهای قابل پذیرش است.

برای نرخ ترک‌ها، نرخ ترک مرجع با نرخ ترک اندازه‌گیری شده مقایسه می‌شود که تفاوت آن، طبقه‌بندی را تعیین می‌کند. به عنوان مثال، اگر نرخ ترک مرجع 80% باشد و نرخ ترک اندازه‌گیری شده 85% باشد آنگاه آن وسیله در کلاس A قرار دارد. همان‌طور که قبلاً ذکر گردید این طبقه‌بندی مرتبط با یک مجموعه مسیر 10 تایی است.

برای شدت ترک، در هر سلول مقدار شدت ترک مرتبط با شدیدترین ترک گزارش می‌شود. آنگاه دسته‌بندی با تعیین سهمی از سلول‌ها با شدت مشابه هم برای نتایج مرجع و هم برای نتایج اندازه‌گیری شده، تعیین می‌گردد. به عنوان مثال، اگر قطعه‌ای از تجهیزات یک نتیجه مشابه روی شدت خرابی 86% از 2500 سلول ایجاد نماید، تجهیزات در دسته A قرار دارند.

جدول 7: معیار پیشنهادی برای تکرارپذیری

شدت ترک تطابق سلولها	وجود ترک تطابق سلولها	نرخ ترک	طبقه بندی
C.V < TBD	C.V < TBD	C.V < TBD	AAA
C.V < TBD	C.V < TBD	C.V < TBD	AA
C.V < TBD	C.V < TBD	C.V < TBD	A
C.V < TBD	C.V < TBD	C.V < TBD	B
C.V < TBD	C.V < TBD	C.V < TBD	C

TBD= مطابق با داده های تعیین شده خواهد بود.

نکته: دسته بندی برای تمامی انواع ترک ها و باندها یا برای هر ترکیبی از انواع ترک و باند قابل انجام است.

3-3- آزمایش صحت سنجی سطح شبکه

در آزمایش سطح شبکه، هدف ارزیابی ظرفیت تجهیزات برای اندازه گیری ترک ها بر روی تمامی انواع راه های موجود در شبکه می باشد. بنابراین این آزمایش ها، سایت هایی تا 100 کیلومتر را پوشش می دهند و با استفاده از یک روش ساده نتایج به دست آمده از تجهیزات برداشت ترک را با نتایج واقعی ترک موجود در سایت مقایسه می نماید که در ادامه ارایه می شود.

• توصیف سایت ها

سایت آزمایش سطح شبکه باید به گونه ای انتخاب شود که محدوده گسترده ای از شدت ترک ها، سازه روسازی (شامل روسازی تمام آسفالتی، صلب و مرکب)، انواع رویه ها، بافت رویه ها، عرض ترک، انواع جهت ترک که ممکن است در مسیر شبکه تحت پایش یافت شود را شامل شود. بنابراین شبکه می تواند بازه متفاوتی از سطح و انواع روسازی در کشورهای مختلف را پوشش دهد. به هر حال خیلی مهم است که بازه گسترده ای از شرایط برای سامانه های شناسایی ترک ارایه شود. برای بررسی عملکرد تجهیزات به منظور جلوگیری از گزارش نادرست، باید اطمینان حاصل نمود که سایت خصوصیات زیر را پوشش می دهد:

- انواع مختلف رویه یا بافت سطحی (ممکن است بسیاری از آنها در شبکه موجود باشد)،

- درزهای طولی و عرضی،

- خرابی ها،

- خط کشی ها،

- وصله ها (آب بندی شده یا نیمه آب بندی شده)،

- شیارهای ساختگی طولی و عرضی (روسازی صلب).

احتمال دارد سایت‌های آزمایشی در بسیاری از محل‌های شبکه قرار گرفته باشد. این محل باید بر حسب مقاطع راه برای هدف این آزمایش‌ها تعیین شده باشد.

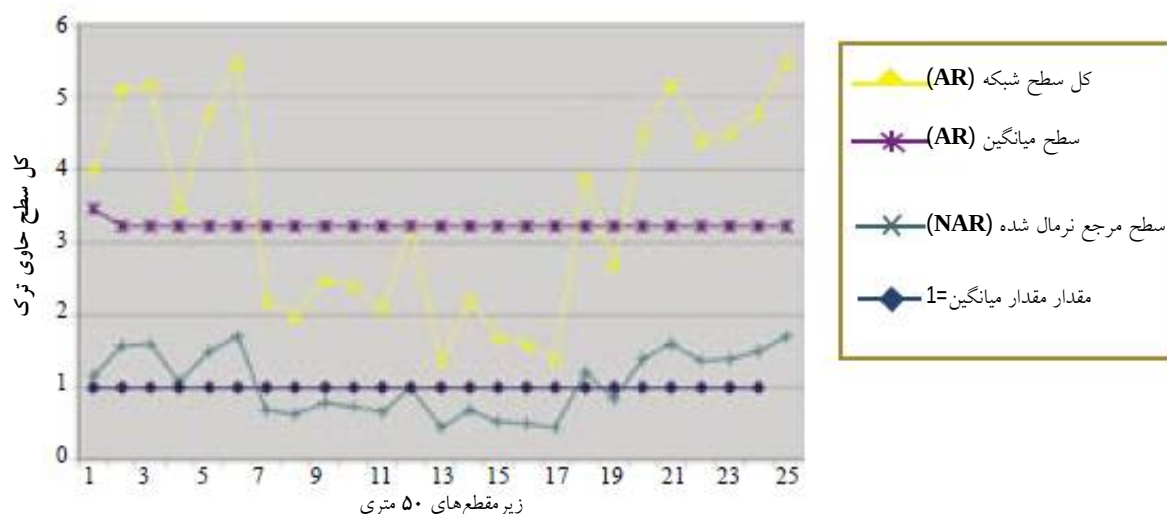
آزمایش‌های شبکه، محدوده گسترده‌ای از چالش‌ها را برای تجهیزات ایجاد می‌کند. خیلی بهتر است که شرایط آب‌وهوایی مختلف نیز پوشش داده شود (مانند زاویه تابش آفتاب، حالت رویه) تا آزمایش انجام گرفته کامل باشد. نیاز است آزمایش روی سایت‌های مختلف در یک دوره زمانی چند روزه انجام شود.

• داده‌ها و آنالیز داده‌ها

به دلیل ازدیاد طول سایت‌ها در آزمایش سطح شبکه، عملی نیست که نقاط مرجع اندازه‌گیری را با برداشت دستی که منجر به انسداد راه می‌گردد، به دست آورد. بنابراین استفاده از روش جایگزین یعنی بررسی تصویری عکس‌های دیجیتال گرفته شده در هنگام عبور وسیله با سرعت نرمال ترافیک، پیشنهاد می‌گردد. تصاویر تهیه شده باید به اندازه‌ای وضوح داشته باشند تا بتوانند کمترین اندازه ترک را شناسایی کنند. تجارب نشان داده است که اندازه 2 میلی‌متر در 2 میلی‌متر برای پیکسل‌ها کافی می‌باشد. عرض پایش نیز باید مناسب باشد، به عنوان مثال 3 متر کافی است. تصاویر بر روی کامپیوتر برای بررسی بصری نمایش داده می‌شود. داده‌های مرجع با پوشش تصاویر توسط یک شبکه مربعی به دست می‌آید و تصاویر علامت‌گذاری شده در شبکه به صورت چشمی برای شناسایی ترک بررسی می‌شوند. هر سلول مربعی (0/5 متر در 0/5 متر) که شامل ترک باشد، شمارش می‌شود. بنابراین این روش قادر است داده‌های مرجع ترک را در طولی بزرگ بدون انسداد راه تهیه کند.

به منظور بررسی سامانه‌های شناسایی خودکار ترک، داده‌های مرجع بر حسب کل سطح شبکه که حاوی ترک در هر زیرمقطع ۵۰ متری باشد، گزارش می‌شود (AR). سپس میانگین مساحت ثبت شده روی تمام زیرمقطع‌های پایش شده (ARave) محاسبه شده و مساحت هر زیرمقطع بر این میانگین تقسیم می‌شود تا سطح مرجع نرمال شده ترک‌خوردگی برای هر زیرمقطع ۵۰ متری (NAR)، به دست آید (توجه داشته باشید که مقدار میانگین کلی سطح مرجع نرمال شده برابر 1 خواهد شد).

$$NAR = AR / ARave$$



شکل ۴: آزمایش صحت سنجی سطح شبکه

برای آزمایش سطح شبکه، باید از توانایی سامانه شناسایی ترک در تشخیص طول‌ها روی شبکه‌ای که دارای ترک‌هایی با شدت کم و زیاد است، آگاهی داشت. بنابراین سطح مرجع نرمال‌شده در هر زیرمقطع ۵۰ متری برای طبقه‌بندی زیرمقطع مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- زیرمقطع‌های با سطح مرجع نرمال‌شده بزرگتر از $1/75$ به عنوان زیرمقطع‌های حاوی ترک‌های با سطح بالا تعریف می‌شوند.

- زیرمقطع‌های با سطح مرجع نرمال‌شده کوچک‌تر از $0/2$ به عنوان زیرمقطع‌های حاوی ترک‌های با سطح پایین تعریف می‌شوند.

تجهیزات شناسایی اتوماتیک ترک سایت‌های شبکه را پایش کرده و داده‌های ترک تهیه‌شده به طریق مشابهی پردازش می‌شوند. یک شبکه روی داده‌های ترک‌خوردگی خودکار قرار داده می‌شود و هر سلول مربعی که تجهیزات شناسایی ترک در آنها یک ترک گزارش کرده باشند، پر می‌شوند. این کار برای به دست آوردن سطح ترک در هر زیرمقطع ۵۰ متری در داده‌های ترک‌خوردگی خودکار به کار می‌رود. مجدداً مساحت میانگین ترک‌خوردگی خودکار که در تمامی زیرمقطع‌ها ثبت شده است، محاسبه شده و مساحت ترک‌خوردگی نرمال‌شده برای هر زیرمقطع ۵۰ متری به دست می‌آید.

• حدود طبقه‌بندی

دو مجموعه داده مرجع و خودکار با یکدیگر مقایسه می‌شوند تا معین گردد آیا سامانه توانایی شناسایی قابل اطمینان ترک‌خوردگی در سطح شبکه را دارد یا خیر. در ارزیابی زیرمقطع‌های ۵۰ متری شامل سطوح بالا و پایین ترک‌خوردگی در داده‌های مرجع با مقادیر گزارش‌شده توسط داده‌های خودکار مقایسه می‌گردد و عملکرد آنها مطابق زیر ارزیابی می‌شود:

- اگر داده‌های خودکار سطح بالایی از ترک‌خوردگی را روی حداقل ۷۵٪ زیرمقطع‌های ۵۰ متری گزارش کند، داده‌های مرجع نشان‌دهنده سطح بالای ترک‌خوردگی می‌باشد.
- اگر داده‌های خودکار سطح پایینی از ترک‌خوردگی را روی حداقل ۷۵٪ از زیرمقطع‌های ۵۰ متری گزارش کند، داده‌های مرجع نشان‌دهنده سطح پایین ترک‌خوردگی می‌باشد.
- آنگاه سامانه برای ارزیابی ترک‌خوردگی در سطح شبکه مناسب می‌باشد.
- اگر سامانه خودکار توانایی برآورده ساختن این استاندارد را نداشته باشد آنگاه این سامانه برای کار روی محدوده وسیعی از سطوح و شرایط مختلف موجود در شبکه مشکل دارد. تولیدکنندگان تجهیزات خودکار شناسایی ترک باید دلایل را بررسی نمایند که می‌تواند یکی از موارد زیر را شامل شود:
 - ✓ مشکلاتی با انواع مختلف سطوح رویه (صلب و انعطاف‌پذیر)،
 - ✓ مشکلاتی با انواع مختلف ترک (عرضی، زاویه ترک، خردشدگی و غیره)،
 - ✓ مشکلاتی با بافت‌های سطحی مختلف،
 - ✓ مشکلاتی با سایر خصوصیات سطح (مانند اتصالات و غیره).
- یک گزینه دیگر برای آزمایش سطح شبکه، ارزیابی مجدد سامانه‌های مختلف شناسایی ترک می‌باشد. در این آزمایش فرض می‌شود که سامانه‌های متعددی برداشت سایت‌ها را انجام می‌دهند و مجموعه‌های متعددی از داده‌های تجهیزات خودکار شناسایی ترک موجود است (یکی از هر سامانه).
- یک سطح میانگین ترک‌خوردگی واحد از این مجموعه داده‌ها برای هر زیرمقطع ۵۰ متری از ناحیه ترک‌خوردگی به دست می‌آید که با میانگین‌گیری نتایج به دست آمده از هر سامانه روی هر ۵۰ متر طول به وسیله هر یک از تجهیزات برداشت حاصل می‌شود. سپس آزمایش‌های فوق روی نتایج ارائه‌شده توسط هر سامانه برای تعیین مناسب بودن سطح عملکردی در هنگام مقایسه با یکدیگر، تکرار می‌شوند. همچنین این آزمایش می‌تواند شامل مقایسه چشمی سطح ترک‌خوردگی ارائه‌شده توسط هر سامانه نیز باشد تا تفاوت‌های محلی قابل توجه را شناسایی شوند. این آزمایش ادارات راه را قادر می‌سازد که عوامل حساسیت در سامانه‌های مختلف را تخمین بزنند به گونه‌ایی که سطوح ترک‌خوردگی گزارش‌شده توسط هر یک از تجهیزات با یکدیگر همبستگی مناسبی داشته باشند.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نوع خرابی، شدت و محدوده از مهم‌ترین داده‌ها برای انتخاب عملیات تعمیر و نگهداری می‌باشند. این اطلاعات در حقیقت داده‌های پایه برای سامانه مدیریت روسازی است. توسعه چشمگیری توسط مدیران راه و محققان برای تولید سامانه خودکار شناسایی ترک صورت گرفته است. از زمان ظهور این فناوری‌ها، تحقیقات و مقالات کمی برای کمک به ادارات راه در تشخیص قابلیت اطمینان سامانه‌های برداشت خودکار ترک انجام شده است.

کیفیت پایش دستی در سطح شبکه به عوامل متعددی مانند ساعتی از روز که آنالیز انجام شده است، خستگی، درک و برداشت‌های ذهنی اپراتور بستگی دارد. در سامانه‌های خودکار عوامل فوق بی‌اثر است. تجارب نشان داده است که سامانه‌های خودکار نسبت به سامانه‌های دستی ثبات بیشتری در هنگام پایش ترک‌ها دارند. این سامانه‌ها توانایی برداشت اطلاعات در مسافت‌های طولانی با دقت مناسب را دارند به خصوص هنگامی که ویژگی‌های روسازی (بافت، عمق شیار، نور آفتاب و ...) ثابت باشد. مشکل اصلی این است که در سطح شبکه شرایط پایش همانند خیلی از خصوصیات سطح جاده‌ها همزمان تغییر می‌کند که نبود اطلاعات کافی در زمینه عملکرد تجهیزات، تشخیص اشتباه و نواحی با نتایج پایش ناکافی نیز این مشکل را چند برابر می‌کند. خصوصیات راه که می‌تواند بر روی آنالیزها تأثیر گذارد باید در هنگام تعریف آزمایش‌های صحت‌سنجی لحاظ گردد. ادارات راه باید با پیمانکاران یا سرویس‌دهندگان فهرستی از شرایط محتمل راه که بر نتایج اثر می‌گذارد تهیه نموده و تلاش کنند که وسیله نقلیه پایش‌کننده را در این شرایط آزمایش کنند. آزمایش‌های صحت‌سنجی باید سالانه انجام شود که این آزمایش‌ها به تجربه حاصله از قابلیت اطمینان سامانه نیز بستگی دارند. این آزمایش‌ها در طول زمان باید دقیق‌تر و با هزینه کمتری انجام شوند. همچنین ادارات راه باید نیازهای خود را بر حسب مدیریت روسازی شناسایی کنند. اولین گام به آنها کمک می‌کند که آزمایش‌های مورد نیاز و جزییات آنها را شناسایی کنند. به طور کلی هرچه داده‌های ترک جزییات بیشتری داشته باشند، PMS نیز اقدامات تعمیر و نگهداری دقیق‌تر و خاص‌تری را پیشنهاد می‌کند. مدیران راه باید دقت و نوع منحنی‌های عملکردی مورد نیاز را که تأثیر فراوانی در راهبردهای بلندمدت و میان‌مدت دارد، مشخص کنند.

مفهومی که در این گزارش تخصصی ارائه شده است خلاصه‌ای از بحث‌ها و پاسخ‌های دریافتی از سراسر جهان در زمینه پایش راه و متخصصان مدیریت در این زمینه را بیان می‌دارد. اعضای کمیته تخصصی روسازی پیارک (TC 4.2) امیدوارند که مفهوم ارائه شده در این گزارش به عنوان یک پیشرفت لحاظ شود که دقت اطلاعات برداشت را افزایش دهد تا ادارات راه بتوانند مدیریت بهتری بر سطح شبکه راه داشته باشند.

٥- مراجع

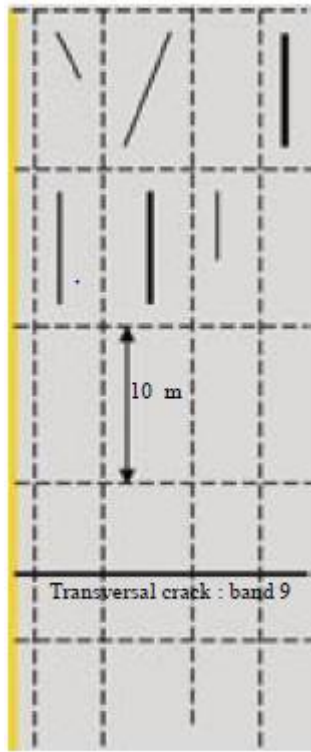
- [1] World Road Association, Automated Pavement Cracking Assessment Equipment: State of the art”, PIARC Technical Committee C1 on the Characteristics of Pavement Surfaces, Working Group A, May 2003,Reference 01.08.B.
- [2] AASTHO DESIGNATION: PP44-01, STANDARD PRACTICE FOR QUANTIFYING CRACKS IN ASPHALT PAVEMENT SURFACE, AASHTO Provisional Standards, May 2002.
- [3] MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC, Guide de mesure et d’identification des dégradations des chaussées flexibles, 2007.
- [4] Petra OFFREL, Leif SJÖGREN AND Rolf MAGNUSSON, Repeatability in Crack Data Collection on Flexible Pavements: Comparison between Surveys Using Video Cameras, Laser Cameras, and a Simplified Manual Survey, Journal of Transportation Engineering, July 2005

پیوست: روش دقیق برای آزمایش صحت‌سنجی در سطح تحقیق

در اینجا یک مثال از داده‌های مرسوم به دست آمده از فرایند صحت‌سنجی سطح تحقیق آورده شده است:

جدول الف: یک نمونه فایل داده رایج برای نتایج فرایند صحت‌سنجی سطح تحقیق

مسیر	تکرار #	محل		خط n°	طول (m)	شدت (mm)
		شروع	پایان			
برش خورده	۱	۰+۰۰۰	۰+۰۱۰	۱		
برش خورده	۱	۰+۰۰۰	۰+۰۱۰	۲		
برش خورده	۱	۰+۰۰۰	۰+۰۱۰	۴		
برش خورده	۱	۰+۰۰۰	۰+۰۱۰	۵		
برش خورده	۱	۰+۰۱۰	۰+۰۲۰	۹		
...	...	...	...	...	...	...
برش خورده	۲	۰+۰۰۰	۰+۰۱۰	۱		
برش خورده	۲	۰+۰۰۰	۰+۰۱۰	۲		
برش خورده	۲	۰+۰۰۰	۰+۰۱۰	۴		
برش خورده	۲	۰+۰۰۰	۰+۰۱۰	۵		
برش خورده	۲	۰+۰۱۰	۰+۰۲۰	۹		
...	...	...	...	...	...	...
برش خورده	۵	۰+۵۹۰	۰+۶۰۰	۱		
برش خورده	۵	۰+۵۹۰	۰+۶۰۰	۲		
برش خورده	۵	۰+۵۹۰	۰+۶۰۰	۴		
برش خورده	۵	۰+۵۹۰	۰+۶۰۰	۵		



جدول الف هر خط متناظر به یک ترک (واحد نمونه) را نشان می‌دهد و از آنجا که تنها می‌توان یک ترک در هر خط در 10 متر داشته باشیم، خیلی ساده است که برای یک ترک مشابه چندین مرتبه تکرار وجود داشته باشد. به دلیل این که ترک‌های عرضی چندین خط عبوری را تحت تأثیر قرار می‌دهند، پیشنهاد می‌شود ترک عرضی مشابه حالت خط #9 برداشت شود.

در این مرحله، 3 پارامتر مورد مطالعه قرار می گیرند: سهمی از ترک های شناسایی شده، طول ترک و شدت آن. برای هر یک از آنها، نتایج در جداول مشخصی آورده شده است. جداولی که در ادامه می آید مثال های بهتری جهت آشنایی بیشتر ارایه می کنند.

برای سهمی از مسیرهای شناسایی شده (در جدول برای هر خط و هر تکرار نشان داده شده است) سهم ترک ها به صورت صحیح شناسایی شده است. همان طور که در جدول بعد برای خط ۵ مشاهده می شود اگر بخشی از تجهیزات با باند خاصی مشکل داشته باشند به راحتی قابل تشخیص است.

جدول ب: سهم ترک های شناسایی شده (مثال)

تکرار	خط ۱ (n=۲۷)	خط ۲ (n=۲۹)	خط ۳ (n=۲۹)	خط ۴ (n=۳۰)	خط ۵ (n=۳۳)	ترک های عرضی (n=۲۰)	همه (n=۱۶۸)
۱	%۱۰۰	%۹۷	%۸۷	%۹۷	%۷۲	%۱۰۰	%۹۱
۲	%۹۶	%۱۰۰	%۹۳	%۹۰	%۷۲	%۱۰۰	%۹۱
۳	%۹۳	%۱۰۰	%۹۳	%۱۰۰	%۷۰	%۱۰۰	%۹۲
۴	%۹۳	%۹۷	%۹۳	%۹۷	%۷۶	%۱۰۰	%۹۲
۵	%۸۹	%۹۷	%۹۳	%۹۰	%۷۰	%۱۰۰	%۸۹
هم	%۹۴	%۹۸	%۹۲	%۹۵	%۷۲	%۱۰۰	%۹۱

برای طول ترک، جدول برای هر ترک، مکان هر ترک، مقادیر طول مرجعی که به صورت دستی اندازه گیری شده اند، میانگین ۵ تکرار، ضریب تغییرات (محاسباتی از مقادیر مرجع)، و انحراف مطلق و نسبی را نشان می دهد. اگر تجهیزات با برخی ترک ها یا ترک هایی با مشخصات معلوم (مانند باند 1 در جدول پ که از ۱۴۰ متر شروع می شود) مشکل داشته باشند آنالیزها می توانند به راحتی آنها را نشان دهند.

جدول پ: طول ترک بر حسب متر (مثال)

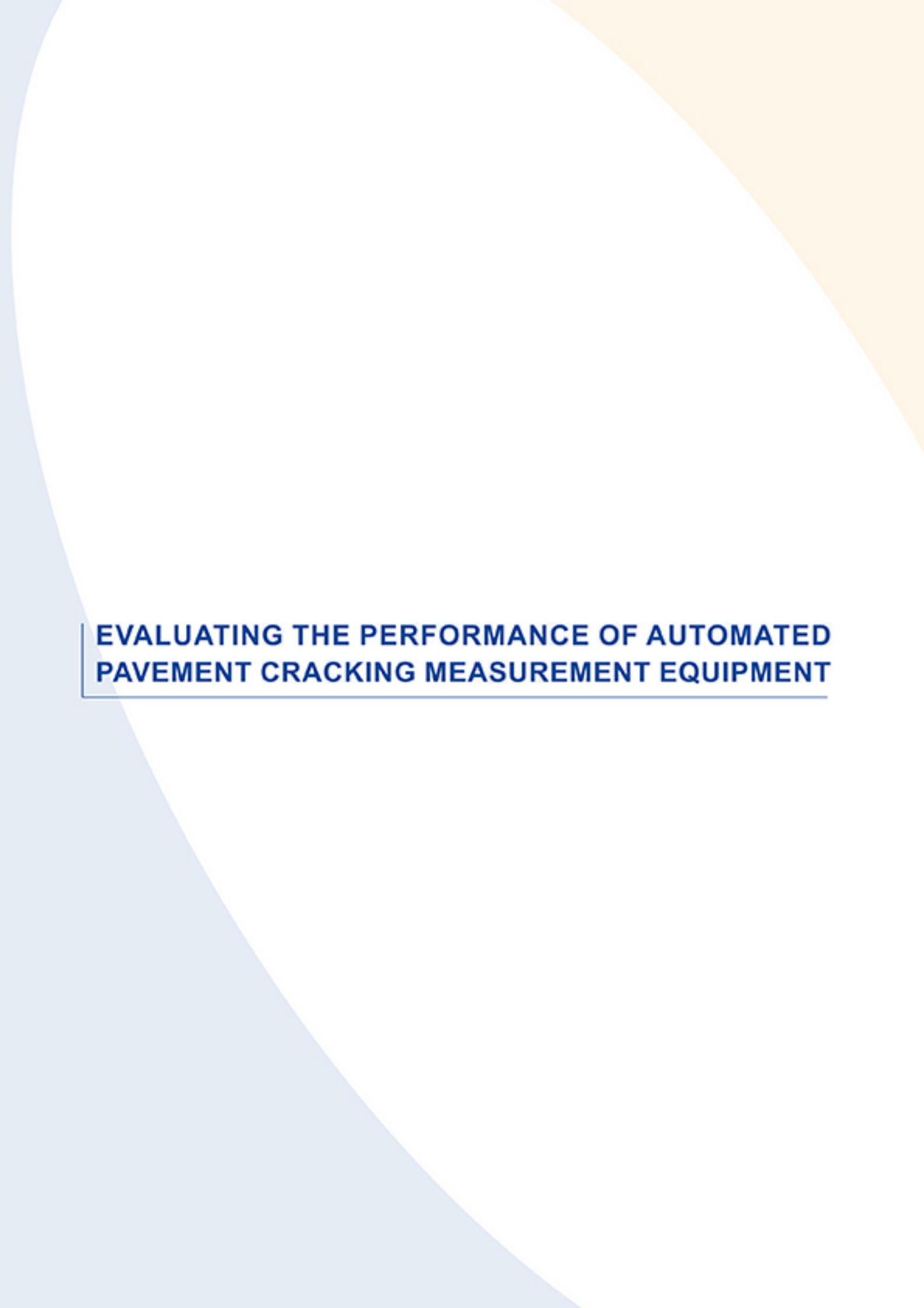
شروع	خط	مرجع	میانگین ۵ تکرار	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات	انحراف	انحراف نسبی
جنوب	۰	۱	۵	۵/۰۴	۰/۱۸	۰/۰۳۶	%۰/۸
جنوب	۲۰	۱	۵	۴/۷۱	۰/۱۲	۰/۰۲۴	-%۵/۹
جنوب	۳۰	۱	۵	۴/۶۶	۰/۱۰	۰/۰۲۰	-%۶/۸
جنوب	۵۰	۱	۳	۲/۸۷	۰/۰۸	۰/۰۲۷	-%۴/۴
جنوب	۷۰	۱	۸	۷/۸۵	۰/۱۳	۰/۰۱۶	-%۱/۸
جنوب	۱۱۰	۱	۳	۲/۸۵	۰/۱۴	۰/۰۴۷	-%۴/۹
جنوب	۱۴۰	۱	۵	۳/۱۶	۲/۲۰	۰/۴۴۰	-%۳۶/۹
...	...	...	...	...	...	...	...

برای شدت ترک، ساختار جدول مشابه با حالت طول ترک است. آنالیزها به راحتی می‌توانند هر گونه مشکل احتمالی تجهیزات با برخی ترک‌ها یا ترک‌هایی با مشخصات معلوم را شناسایی کنند (به عنوان مثال باند 1 در جدول ت که از ۴۰ متر شروع می‌شود).

جدول ت: شدت ترک بر حسب میلی‌متر (مثال)

جهت	شروع	خط	مرجع	میانگین ۵ تکرار	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات	انحراف	انحراف نسبی
شمال	۰	۱	۳	۵/۹	۱/۲۰	۰/۴۰۰	۲/۹	%۹۶/۷
شمال	۲۰	۱	۳	۵/۵	۱/۱۸	۰/۳۹۳	۲/۵	%۸۳/۳
شمال	۴۰	۱	۲	۴/۸	۱/۹۵	۰/۹۷۵	۲/۸	%۱۴۰/۱۰
شمال	۷۰	۱	۸	۷/۶	۲/۶۶	۰/۳۳۳	-۰/۴	-%۵/۱۰
شمال	۱۱۰	۱	۸	۷/۹	۱/۲۰	۰/۱۵۰	-۰/۱	-%۱/۳
شمال	۱۳۰	۱	۵	۵/۳	۱/۱۶	۰/۲۳۲	-۰/۳	%۶/۱۰

طبقه‌بندی مستقیماً از نتایج جدول تعیین می‌شود. به عنوان مثال در جدول ب (سهم ترک‌های شناسایی شده) تجهیزات باید به صورت AA برای باند ۱، ۲، ۳، ۴ و ۹ طبقه‌بندی شوند ولی در باند ۵ برای ترک‌های طولی طبقه‌بندی B خواهد بود. باید توجه داشت که ترک‌های عرضی همان گونه که در باند ۹ بوده‌اند ثبت شوند. اگر طبقه‌بندی برای تمامی خطوط معلوم باشد، طبقه‌بندی AA خواهد بود زیرا تجهیزات بیش از ۹۰٪ را در تمامی باندها شناسایی کرده‌اند. تا زمانی که ترک‌های عرضی مدنظر هستند، تجهیزات باید به صورت AAA طبقه‌بندی شوند. حدود طبقه‌بندی برای طول ترک و شدت از طریق شمارش سهمی از ترک‌ها که انحراف نسبی یا ضریب تغییراتی مشخص را برآورده می‌سازند، تعیین می‌شود.



EVALUATING THE PERFORMANCE OF AUTOMATED PAVEMENT CRACKING MEASUREMENT EQUIPMENT