



()

تجهيزات اتوماتيك بررسى ترك خوردگى روسازى راه

()

وزارت راه و ترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری



دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران

تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک خوردگی روسازی راه

AUTOMATED PAVEMENT CRACKING ASSESSMENT
EQUIPMENT- STATE OF THE ART

(گزارش کمیته شماره ۱)

این گزارش ترجمه‌ای است از گزارشی تحت عنوان

**AUTOMATED PAVEMENT CRACKING
ASSESSMENT EQUIPMENT
(STATE OF THE ART)**

واحد فناوری و ارتباط با سازمانهای تخصصی

گروه ترجمه و تهیه گزارشهای تخصصی

:	عنوان گزارش
:	تهیه و تألیف
:	مترجم
:	ویرایش فنی
:	ویرایش ادبی
:	کنترل نهایی
:	ناشر
:	لیتوگرافی چاپ و صحافی
:	نوبت چاپ
83/RRRI/133 :	کد انتشار
:	تیراژ
:	نشانی

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 اینرو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز بطور مستمر در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار گرفته و نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی آنها مرتفع گردند. 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، از جمله مجمع جهانی راه (پیارک)، به رفع این نیازها بپردازد. در همین راستا این معاونت بر آن است تا با تهیه و تدوین مجموعه گزارش های تخصصی کمیته‌های مختلف مجمع جهانی راه (پیارک)، دانش فنی مورد نیاز را به شکلی مناسب در اختیار بخشهای مختلف وزارت متبوع و سایر متخصصان قرار دهد. گزارش حاضر تلاشی در راستای نیل به این هدف می‌باشد. امید است که با تلاشهای صورت گرفته در واحد فناوری ارتباط با سازمانهای تخصصی و همکاری افرادی که در تهیه این گزارش ما را یاری رساندند، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقاء عملکردها برداشته شود.

محمد جعفر اکرام جعفری

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

مختصری در خصوص پیارک

انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (پیارک) با هدف جمع‌آوری و انتشار اطلاعات در خصوص مسائل مربوط به جاده و ترافیک آن، اصلاح و استاندارد کردن شیوه‌های اجرایی، اداری و مالی، طراحی ساختمان 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 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 ۱۹۹۹ میلادی بیست و یکمین کنگره این مجمع در شهر کوآلا لامپور مالزی 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

و 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. اعضایی که برای این مجمع در نظر گرفته شده شامل یک عضو اصلی و یک عضو مکاتبه‌ای برای هر یک از کمیته‌های ۲۰ گانه مندرج در زیر می‌باشند:

- کمیته مشخصات سطح راه

- کمیته مشاوره عمومی

- کمیته تبادلات فن‌آوری و توسعه

- کمیته راههای بین‌شهری و حمل‌ونقل ترکیبی

- کمیته اجرای تونلهای راه

- کمیته مدیریت راه
- کمیته روسازی راه
- کمیته ارزیابی مالی و اقتصادی
- کمیته مناطق شهری و حمل و نقل ترکیبی
- کمیته پلها و دیگر سازه‌های راه
- کمیته عملیات خاکی، زهکشی و بستر روسازی
- کمیته ایمنی راهها
- کمیته توسعه پایدار و حمل و نقل جاده‌ای
- کمیته عملکرد ادارات راه
- کمیته عملکرد شبکه راه
- کمیته راهداری زمستانی
- کمیته مدیریت ریسک در راهها
- کمیته حمل و نقل بار
- کمیته توسعه مناسب
- کمیسیون اصطلاحات فنی

ریاست پیارک در ایران بر عهده آقای دکتر مرتضی قارونی 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

تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک خوردگی روسازی راه

صفحه	فهرست مطالب
۱	۱- چکیده.....
۲	۲- سپاسگزاری
۴	۳- مقدمه
۵	۴- فعالیت‌های مربوط به هماهنگ‌سازی
۵	۴-۱- راهنمای شناسایی خرابی روسازی راه
۶	۴-۲- طرح اروپایی COST 325 مربوط به روشها و دستگاههای جدید کنترل روسازیهای
۶	۴-۳- پروتکل ترک‌خوردگی AASHTO
۷	۴-۴- شاخص جهانی ترک (UCI)
	۴-۵- ASTM E-1656-94 آیین‌نامه استاندارد برای طبقه‌بندی تجهیزات اتوماتیک
۷	مورد استفاده در بررسی وضعیت روسازی راه.....
۸	۴-۶- پیارک، کمیته فنی C1
۸	۴-۷- روش ارزیابی و تعیین وضعیت روسازی: شاخص وضعیت روسازی (PCI)
۹	۵- وضعیت فناوری.....
۹	۵-۱- فناوری دوبعدی
۱۱	۵-۲- فناوری سه‌بعدی
۱۴	۶- تجربه در ارزیابی عملکرد تجهیزات اتوماتیک
۱۷	۷- تجربه کار با تجهیزات اتوماتیک
۱۷	۷-۱- خلاصه آزمایشهای انجام شده با سیستم‌های اتوماتیک
۲۵	۷-۲- خلاصه آزمایشها
۲۶	۸- نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۲۸	۹- مراجع
۳۰	۱۰- ضمیمه
۳۰	ضمیمه ۱ - فهرست تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک‌خوردگی در روسازی
۳۹	ضمیمه ۲ - پرسشنامه ارسالی به مؤسسات راه و حمل‌ونقل
۴۰	ضمیمه ۳- تجربه مؤسسات راه در ارزیابی عملکرد دستگاه

۱- چکیده

نوع، گستردگی (طول) و بزرگی ترکها در روسازی راه از جمله اطلاعات مهم برای مدیران شبکه راهها به شمار می‌روند. این اطلاعات برای ارزیابی وضعیت روسازی و شناسایی عامل خرابی بکار می‌روند. با وجود اینکه بسیاری از شرکت‌های راهسازی و مراجع مسؤول، وقت و هزینه قابل توجهی صرف طراحی سیستم‌هایی نموده‌اند که می‌توانند بطور اتوماتیک این نوع اطلاعات را گزارش و تجزیه و تحلیل نمایند، همچنان در سراسر دنیا جمع‌آوری اطلاعات بیشتر به صورت دستی صورت می‌گیرد. اعضای کمیته فنی مشخصات سطح راه CI وابسته به مجمع جهانی راه (پیپارک) توجه خود را به این مسأله معطوف ساخته‌اند و در این راستا با پیشرفت در فناوری رایج اندازه‌گیری، سعی در ایجاد هماهنگی در این زمینه و تجربیات موجود در ارزیابی و استفاده از تجهیزات تجزیه و تحلیل دارند.

به نظر می‌رسد که نقطه ضعف اصلی فناوری رایج در دسته‌بندی ترکها بر اساس نوع آنها می‌باشد. این یک مسأله بسیار مهم است زیرا تلاشهای مضاعفی برای هماهنگ‌سازی به منظور ایجاد روشهای عمومی اندازه‌گیری ترک باید انجام گیرد. طراحان نیز باید جوابگوی نیازهای گوناگونی باشند. به دلیل اینکه میزان خرابی و شدت آن در نواحی مختلف فرق می‌کند که باعث می‌شود مسؤولین راه قوانینی را که اغلب از یک ناحیه به ناحیه دیگر بسیار متفاوت هستند، وضع نمایند.

کمبود روشهای استاندارد برای ارزیابی دقت و تکرارپذیری این سیستم‌ها نیز باعث ایجاد مشکل می‌شود. در نتیجه مقایسه این نوع آزمایشها دشوار خواهد بود و حتی گاهی مواقع منجر به ایجاد تضاد در نتایج بدست آمده می‌شود. با این وجود، بسیاری از مراجع مسؤول راه از تجهیزات اتوماتیک معرف ترک و تحلیل آنها استفاده می‌کنند. زیرا نتایج بدست آمده واقعی‌تر، تکرارپذیر و یکدست‌تر هستند و اندازه‌گیریها مطمئن‌تر و سریع‌تر می‌باشند. اشاره کردیم که شرایط مربوط به دقت و تضمین کیفیت از یک مرجع به مرجع دیگر فرق می‌کند. آزمایشهایی که نتایج رضایت‌بخشی فراهم می‌کنند معمولاً با یک سیستم جامع کیفی اداره می‌شوند.

بنابراین، ایجاد یک پروتکل استاندارد شده ارزیابی، ایده خوبی برای عملکرد آتی کمیته فنی CI پیپارک خواهد بود. برخی مساعی در این راستا شامل توسعه مناطق تست استاندارد شده، انتخاب پارامترهای اندازه‌گیری و وضع حدود پیشنهادی برای هر معیار (تشخیص، طبقه‌بندی و غیره) می‌باشد. آزمایش با تجهیزات اتوماتیک اندازه‌گیری ترک در سطح جهانی نیز می‌تواند پس از آن در نظر گرفته شود.

واژه های کلیدی

روسازی، ترک خوردگی، بررسی، تجهیزات، ارزیابی

۲- سپاسگزارى

بدین وسیله از مؤسسات راه و ترابرى و کارگزاران ارزىابى اتوماتيك راه كه با همكارى ارزشمند خود، اتمام این گزارش انجمن جهانى پيارك را ممكن ساختند، تشكر مى كنيم.

كارگزاران:

CSIRO، استراليا

HEPC، ژاپن

JMS، ايلى نويز، ايالات متحده آمريكا

شرکت موسسه MHM، اينديانا، ايالات متحده آمريكا

Roadware، انتاريو، كانادا

WDM، انگلستان

مؤسسات راه و ترابرى:

استراليا

بلژيك

دانمارك

ايالت آيووا، ايالات متحده آمريكا

ايران

ژاپن

ايالت مريленد، ايالات متحده آمريكا

نروژ

ايالت پنسيلوانيا، ايالات متحده آمريكا

استان بریتیش كلمبيا، كانادا

استان كېك، كانادا

استان مانيتوبا، كانادا

جمهورى اسلواكى

اسلوانى

ايالت نيوساوث ولز، استراليا

استان سافلک، نيويورک، ايالات متحده آمريكا

سوئد

انگلستان

بجاست که از افرادی که از نقاط مختلف دنیا در نوشتن این گزارش همکاری نموده‌اند نیز تشکر شود:

ماتیو گرندین، وزارت راه و حمل‌ونقل کبک، کانادا

مارتین بوچر، وزارت راه و حمل‌ونقل کبک، کانادا

ماری-کریستین دلیسل، وزارت راه و حمل‌ونقل کبک، کانادا

ژان لوران، مؤسسه ملی اپتیک، کبک، کانادا

مارک سونلاند، اداره راههای فدرال، ایالات متحده آمریکا

آندرا گالیاس، خدمات خبری و فنی برای راههای داخلی، مجارستان

اعضای کمیته تخصصی مشخصات سطح راه، کبک، کانادا

۳- مقدمه

نوع ، گستردگی و بزرگی ترکها در روسازی، اطلاعات بنیادی برای تعیین وضعیت راهها و تشخیص علل فرسودگی آنها را در اختیار مسئولین می‌گذارد. در گذشته اطلاعات به صورت دستی و به کمک نیروی انسانی جمع‌آوری می‌شد که مشکلاتی در ارتباط با اجرا، دقت، هزینه و ایمنی کارکنان ایجاد می‌نمود. بسیاری از شرکتها و مراجع مسئول برای ایجاد سیستم‌های ماشینی اندازه‌گیری و تحلیل اطلاعات مربوط به راه، تلاش کرده و سرمایه‌گذاری نموده‌اند. با این وجود، پس از سالها تحقیق و آزمایش، به جز بعضی کارهای ابتکاری محدود که در این زمینه انجام شده، بیشتر مراجع مربوطه همچنان ترکها را به روش دستی اندازه‌گیری می‌کنند. استفاده از تجهیزات اتوماتیک برای اندازه‌گیری میزان ترک خوردگی روسازی در بعضی از کارهای آزمایشی نتیجه‌بخش بوده و در بعضی موارد نیز نتیجه کمتری داده است.

اعضای کمیته فنی C1 مربوط به مشخصات سطح راه، وابسته به مجمع جهانی راه، مطالعه این موضوع را بر عهده گرفته‌اند. با بررسی و تحقیق در فهرست کتب و گردآوری اطلاعات از سازندگان و مسئولین راه در سراسر دنیا، نویسندگان این گزارش سعی نموده‌اند که تصویر درستی از عملکرد و کارایی چنین تجهیزاتی ترسیم نمایند.

این گزارش از سه بخش تشکیل شده است: فعالیتهای صورت گرفته در راستای هماهنگ‌سازی جمع‌آوری اطلاعات مربوط به ترک خوردگی و تحلیل آنها، فناوریهای رایج در این زمینه، و کارهای آزمایشی انجام شده در سراسر دنیا برای ارزشیابی و استفاده از تجهیزات اتوماتیک. این تحقیق محدود به فناوریهای به اصطلاح "اتوماتیک" برای اندازه‌گیریهای مربوط به راهها می‌باشد. اطلاعات مندرج در این گزارش جامع نمی‌باشد. فناوری در این زمینه چنان به سرعت پیشرفت می‌کند که خوانندگان باید در بیان این اطلاعات جانب احتیاط را در پیش گیرند.

۴- فعالیت‌های مربوط به هماهنگ‌سازی

ترک‌های موجود در شبکه‌های راه، شکل و صورتهای مختلفی پیدا می‌کنند. علاوه بر تنوع در جهت قرارگیری و داشتن طولهای متفاوت، عرض ترکها نیز در طول آنها تغییر می‌کند. گر شدگی^۱ (از بین رفتن مصالح در لبه ترکها) و یا ظهور خرابیهای دیگر در محل ترکها نیز گاهی اتفاق می‌افتد که خود توصیف وضعیت را پیچیده‌تر می‌سازد. اگر مسؤل راه بخواهد که ترکها را بر اساس نوع یا عامل ایجاد کننده آنها شناسایی کند، حضور همزمان پدیده‌های فوق‌الذکر به همراه رنگ سطح راه، تنوع در بافت درشت^۲ و تغییر شکل راه، این کار را دشوارتر می‌سازد. بخشهای زیر فهرستی از روشهای ممکن برای ایجاد هماهنگی بین جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات مربوط به ترک‌خوردگی را فراهم می‌سازد.

۴-۱- راهنمای شناسایی خرابی روسازی راه

ایجاد هماهنگی در نحوه شناسایی خرابی روسازی کار ساده‌ای نیست. به علت منحصر به فرد بودن سطح راه، آب و هوا، طراحی و روشهای ساخت در هر منطقه، عیوب اصلی و شدت آنها نیز از یک ناحیه به ناحیه دیگر فرق می‌کنند. بنابراین نیازها و مسایل مدیریتی مراجع مختلف مسؤل راه و همچنین نیروهای انسانی و منابع مالی آنها یکسان نمی‌باشد تا بتوانند تمام خرابیهای مورد نظر را اندازه‌گیری کنند.

راهنماهای بسیار خوبی برای شناسایی خرابی روسازی راه در تعداد زیادی از کشورها موجود می‌باشد. لیکن تعریف آنها از خرابی و روشهای آنها برای اندازه‌گیری گستردگی و بزرگی این خرابیها با هم تفاوت دارند. یکی از معروفترین این راهنماها که در تهیه سایر راهنماها مورد استفاده قرار گرفته است، کتاب راهنمای شناسایی خرابی شارپ^۳ می‌باشد.

بطور کلی، کتابهای راهنما تمام وضعیتها و حالات خاص را که اغلب در هنگام ارزیابی راهها موجود می‌باشند، دربرنمی‌گیرند. برای مثال، در بسیاری از کتابهای راهنما ترک عرضی به عنوان ترکی تعریف می‌شود که عموماً عمود بر مسیر راه می‌باشد. تعداد کمی از راهنماها حداکثر طول و جهت قرارگیری (زاویه) ترک را مشخص می‌نمایند. هنوز روشی دقیق و جهانی (عمومی) برای اندازه‌گیری عرض ترکها وجود ندارد. این ناهماهنگی فراوان بوده و در اندازه‌گیری بیشتر خرابیها به چشم می‌خورد. با توجه به این موضوع، نتایج تجزیه و تحلیل خرابیها، خواه به صورت اتوماتیک و خواه غیر اتوماتیک، بسته به این که کارگر فنی چه شخصی بوده و یا از چه وسیله‌ای استفاده شده است، می‌تواند بسیار متغیر باشد.

¹ spalling

² macrotexture

³ Strategic Highway Research Program Distress Identification Manual

۲-۴- طرح اروپایی COST 325 مربوط به روشها و دستگاههای جدید کنترل روسازیهای (۱۹۹۷-۱۹۹۴) گزارش کمیته طرح COST 325 (۱۹۹۷)، تحقیقات در حال انجام در اروپا را در خصوص تعیین شرایط لازم جهت بهره‌برداری از دستگاهی برای اندازه‌گیری و ارزشیابی خرابی سطح راه و تعیین ظرفیت باربری آن در شرایط معمول ترافیک، شرح می‌دهد. اطلاعات در مورد سیستم‌ها و روشهای ماشینی موجود به کمک پرسشنامه گردآوری شده و موارد مورد نیاز برای عملکرد سیستم‌های اندازه‌گیری خرابی سطح راه، که در آینده مورد استفاده قرار می‌گیرند، مشخص گردیده است. علاوه بر این، پیشنهادهای در مورد بکارگیری، توسعه و بهبود روشهای جدید و همچنین سیستم‌های سریع جمع‌آوری اطلاعات، ارائه شده است.

۳-۴- پروتکل ترک خوردگی AASHTO

AASHTO به تازگی یک پروتکل برای ترک خوردگی ارائه داده است که دسته‌بندی ترکها را نظام‌مندتر می‌کند. این پروتکل دسته‌بندی ترکها بر اساس نوع ترک را آسان‌تر می‌سازد. به این ترتیب که راه را به پنج قسمت طولی تقسیم می‌کند. دو قسمت در مسیر چرخها و سه قسمت دیگر بین مسیر چرخها و در کناره‌های راه قرار گرفته‌اند. گستردگی و بزرگی ترکها (کم: کمتر از ۳ میلی‌متر، متوسط: بین ۳ و ۶ میلی‌متر، زیاد: بیشتر از ۶ میلی‌متر) برای هر قسمت راه گزارش می‌شود. سپس ترکها بر این اساس که در کدام محدوده واقع شده‌اند دسته‌بندی می‌شوند.

به این ترتیب، این پروتکل باعث کاهش تأثیر نظرات شخصی^۱ (ناشی از برداشتهای متفاوتی که افراد می‌توانند داشته باشند) در فرآیند طبقه‌بندی شده و در نتیجه قابلیت تکرارپذیری^۲ تحلیل را افزایش می‌دهد. این پروتکل باعث ساده شدن الگوریتمی که در روشهای ماشینی برای طبقه‌بندی بکار می‌رود، نیز می‌شود. اگر چه این پروتکل تمام معایب روسازی مانند رو زدن قیر و پوسته شدن را دربر نمی‌گیرد، ولی اساس محکمی برای ایجاد هماهنگی فراهم می‌سازد که استفاده از تجهیزات اتوماتیک و اطمینان از جمع‌آوری اطلاعات در حد معتبر برای مدیریتی کاراً در سطح شبکه را آسان‌تر می‌نماید.

با وجود این، کارهای آزمایشگاهی که تا امروز انجام شده نشان داده است که تعداد کمی از سیستم‌های اتوماتیک می‌توانند برای ترکهای با عرض کم، اندازه‌گیریهای معتبر و تکرارپذیری را بر اساس آنچه که این پروتکل تعیین نموده ارائه دهند.

¹ subjectivity

² repeatability

۴-۴- شاخص جهانی ترک (UCI)

در سال ۱۹۹۴، پترسن یک شاخص ترک پیشنهاد کرد که هم گستردگی و هم بزرگی (عرض) ترکها را به حساب می‌آورد. هدف از این شاخص مطالعه کلی خرابی روسازی از نوع ترک خوردگی برای یک مدت زمان مشخص است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$UCI = \frac{\text{سطح عرض ترکها}}{\text{سطح کل راه مورد مطالعه}}$$

مزیت این شاخص در این است که امکان بررسی انواع مختلف ترکها را هم به صورت مجزا و هم به صورت یک مجموعه فراهم می‌سازد. با این وجود، بعضی از تجهیزات اتوماتیک به دلیل طبیعت ناهمگن ترکها و همچنین روشهای اندازه‌گیری بکار رفته در آنها، در اندازه‌گیری مکرر شاخصها دچار مشکل هستند.

۴-۵- ASTM E-1656-94: آیین‌نامه استاندارد برای طبقه‌بندی تجهیزات اتوماتیک مورد استفاده در بررسی

وضعیت روسازی راه

این آیین‌نامه برای مراجع مسؤول راه است که به دنبال تولیدکنندگان ماشین‌آلات و یا مرمت‌کنندگان هستند. آیین‌نامه با استفاده از کدها، قوانینی را برای رده‌بندی ماشین‌آلات اتوماتیک اندازه‌گیری خرابی در روسازیه‌ها (ناهمواری، گودی و ترک خوردگی) تعیین می‌نماید. کدها بر مبنای توانایی ماشین‌آلات در اندازه‌گیری استوار هستند. برای هر نوع ارزشیابی (ناهمواری، گودی و ترک خوردگی) یک سری کد مشخص می‌شود که هر کدام نمایانگر حدی از دقت در ارتباط با خصوصیات اندازه‌گیری می‌باشند.

در خصوص ترک خوردگی در راه باید تستهای حالت سکون انجام شود تا بتوان تکرارپذیر بودن اندازه‌گیری، نمونه‌های طولی و عرضی، و همچنین عرض راه مورد مطالعه را بررسی نمود. ولی استفاده از این استاندارد برای ترک خوردگی همچنان محدود می‌باشد. علاوه بر این، به علت اینکه این راهنما برای ارزشیابی تواناییهای دستگاه در حالت غیرمتحرک بکار می‌رود و الگوریتم مربوط به طبقه‌بندی ترکها را در نظر نمی‌گیرد، قادر نخواهد بود که دقت نتایج بدست آمده از دستگاه را در سرعتهای بالا و در سطح شبکه تضمین نماید.

۴-۶- پیارک، کمیته فنی C1

در طی دوره برنامه‌ریزی سالهای ۱۹۹۸-۱۹۹۵، کمیته فنی مشخصات سطح راه (C1) مجمع جهانی راه (پیارک)، یک سری پیشنهادات (گالیاس^۱، ۱۹۹۹) برای ایجاد هماهنگی در شناسایی معایب سطح راه ارائه داد.

¹ Gulyas

در گزارش کمیته پیشنهاداتی برای ایجاد هماهنگی در شناسایی و کمی کردن خرابیهای سطح راه شامل پیشنهادی جهت استفاده از یک ضریب مشترک برای هماهنگسازی میزان شدت اندازه‌گیری شده، مطرح شده است. همچنین بر اساس نیازهای مدیریتی و دستگاه مورد استفاده، پیشنهاداتی در خصوص جزئیات لازم برای اندازه‌گیری ارایه شده است.

۴-۷- روش ارزیابی و تعیین وضعیت روسازی: شاخص وضعیت روسازی (PCI)

در اواخر دهه ۱۹۷۰، آزمایشگاه تحقیقات مهندسی ساخت ارتش آمریکا (USACERL) روشی بنام شاخص وضعیت روسازی (PCI) برای توصیف و ارزیابی وضعیت راهها ایجاد نمود. PCI در واقع یک مقدار تجربی است که وضعیت روسازی را مشخص می‌سازد. این مقدار از صفر برای روسازی متوسط تا ۱۰۰ برای روسازی کاملا سالم تغییر می‌کند. این شاخص به کمک کتاب راهنما و یا با استفاده از اندازه‌گیریهای ماشینی (اتوماتیک) که نوع، بزرگی و میزان خرابی برای آنها تعریف شده است، محاسبه می‌گردد. سه درجه گستردگی بررسی می‌شود: کم، متوسط و زیاد. گستردگی این خرابیها بر حسب اندازه (طول یا تعداد) تعیین می‌شود. برای مثال، چاله‌ها بر حسب تعداد آنها اندازه‌گیری می‌شوند.

طریقه تعیین PCI راه در کتاب شاهین (۱۹۹۴) به تفصیل بیان شده است. هر راه با ارزش ۱۰۰ شروع می‌شود، سپس هر خرابی که ملاحظه می‌شود یک امتیاز منفی محسوب شده و از ارزش اولیه کسر می‌شود. این شاخص در آمریکای شمالی خصوصا توسط مدیران فرودگاه بطور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مزایای این روش این است که به خوبی به ثبت رسیده است. به علت اینکه پروتکل شناسایی خرابی رویه به تفصیل شرح داده شده است، امکان وجود برداشتهای مختلف در خصوص یک نوع خرابی در هنگام تجزیه و تحلیل کاهش می‌یابد.

۵- وضعیت فناوری

۵-۱- فناوری دوبعدی

فناوریهای دوبعدی (لوران، ۲۰۰۲) برای اندازه‌گیری ترکها و جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل تصاویر جاده با استفاده از حرکت اتومبیل اندازه‌گیر^۱ بر روی جاده بکار می‌روند. در این روش سه بخش اصلی وجود دارد: سیستم جمع‌آوری تصویر، سیستم ذخیره‌سازی تصویر و نرم‌افزار پردازش تصاویر و استخراج ترکها. برای سیستم جمع‌آوری تصاویر، محدودیتهایی که عملکرد دوربینهای دوبعدی را محدود می‌کرد دیگر وجود ندارند. امروزه کاربر می‌تواند از دوربینهای دیجیتالی ماتریسی ۲۰۰۰ در ۲۰۰۰ پیکسل یا دوربینهای خطی ۲۰۰۰ پیکسل با سرعت انتقال اطلاعات بسیار بالا استفاده نماید. برای ضبط تصاویر با عرض ۴ متر و درجه وضوح ۱ میلی‌متر در هر ۱۰۰ کیلومتر در ساعت لازم است که دوربینها (اگر از دو دوربین استفاده می‌شود) حداقل پهنای باند ۵۵ مگابایت در ثانیه داشته باشند تا بتوانند ۵۵ میلیون پیکسل در ثانیه را انتقال دهند. در حال حاضر، دوربینهای دیجیتالی (آخرین فناوری) سرعت انتقالی به بزرگی ۲۰۰ مگابایت در ثانیه دارند. آشکارسازی ترکهای ۱ میلی‌متری با استفاده از واحدهای آشکارسازی چندگانه بدست آمده است. با این وجود، آستانه آشکارسازی تا حد زیادی بر اساس فناوری انتخاب شده و همچنین با نصب سنسور در ارتفاعی که بتواند کل عرض راه را پوشش دهد، تعیین می‌شود.

به نظر می‌رسد که در حال حاضر، مشکل اصلی در هنگام ضبط تصاویر دوبعدی، ناشی از سیستم نورپردازی است. برای جلوگیری از داشتن تصاویر تیره و تار (کوچکتر یا مساوی ۰/۵ میلی‌متر) وقتی که اتومبیل اندازه‌گیر با سرعت ۱۰۰ کیلومتر در ساعت حرکت می‌کند، سرعت شاتر باید سریعتر از ۱/۵۵۰۰۰ ثانیه باشد. این زمان نوردهی خیلی کم احتیاج به منابع نورپرداز قوی دارد تا بتواند تصاویری با وضوح کافی ضبط نماید. بعلاوه برای اطمینان از اینکه این سیستم‌ها تحت تأثیر نور محیط (حضور یا فقدان خورشید و یا ابر، تغییر وضعیت انعکاس نور از سطح آسفالت، سایه‌های جزئی ایجاد شده توسط اتومبیل اندازه‌گیر، یا حضور درخت، ساختمان و غیره) قرار نمی‌گیرند، سیستم نورپردازی باید قویتر از نور خورشید باشد. متأسفانه تعداد کمی از منابع نور می‌توانند با شدت نور خورشید رقابت کنند. به عنوان مقایسه، یک لامپ هالوژنی ۲۵۰ وات در حدود ۴۰۰۰ لومن^۲ نور پخش می‌کند در حالیکه خورشید بطور متوسط ۱۲۰۰۰ لومن بر مترمربع (در ظهر یک روز آفتابی در سمت‌الرأس^۳، در خط استوا) نور تولید می‌کند که معادل سه برابر نور تولید شده توسط لامپ هالوژنی است.

با دوربینهای ماتریسی، سیستم نورپردازی باید مساحتی در حدود ۸ متر مربع را روشن نماید. بنابراین، به منظور برابری کردن با شدت نور خورشید در شرایط نور معمولی، باید در حدود ۲۴ لامپ هالوژن مورد استفاده

¹ survey vehicle

² lumen

³ zenith

قرار گیرد. با محاسبه سه برابر شدت نور لازم برای جبران وجود هر نوع سایه، ۷۲ عدد از لامپهای مذکور مورد نیاز خواهد بود. اگرچه قیمت ۷۲ عدد لامپ نسبتاً کم می‌باشد، انرژی لازم برای بکار انداختن این تعداد لامپ فوق‌العاده زیاد می‌باشد ($18000 W = 72 \times 250 W$). از آنجا که این نوع نورپردازی عملی نمی‌باشد کسانی که از دوربینهای ماتریسی استفاده می‌کنند روشهای نورپردازی دیگری را بکار می‌برند. از جمله رایجترین این روشها این است که هیچ عملی انجام نمی‌شود و کاربر می‌پذیرد که امکان دارد در هنگام تجزیه و تحلیل ترکها، در حدود ۴۰ درصد از تصاویر غیرقابل استفاده باشند و یا اینکه کاربر منتظر می‌ماند تا اینکه نور محیط اطراف مناسب گردد. روش دیگر استفاده از دو سری دوربین است (یکی متصل به جلوی اتومبیل اندازه‌گیر و دیگری متصل به عقب آن) تا اثر سایه‌هایی که خود اتومبیل ایجاد می‌کند حذف شود. ولی این روش سایه‌هایی که به واسطه وجود درختان، ساختمانها و سایر بناهای اطراف راه شکل می‌گیرند را از بین نمی‌برد. استفاده از لامپهای چشمک‌زن میزان روشنایی^۱ تصویر را بهبود می‌بخشد. اما شدت نور این لامپها برای جبران کمبود نور یکنواخت در محیط اطراف، کافی نمی‌باشد.

از آنجا که لامپهای چشمک‌زن به دلیل نیازشان به سرعت فلاش بالا (۲۷ kHz) نمی‌توانند همراه با دوربینهای خطی بکار روند، توصیه می‌شود که از نورپردازی هالوژنی یا ثابت استفاده شود. به علت اینکه سطحی که به این طریق روشن می‌شود کوچک است، در حدود ۲ میلی‌متر مربع ($4 m \times 0.5 m$) زیرا روشن کردن یک مساحت کوچک با لامپ هالوژن سخت می‌باشد، احتمالاً برای بیشتر مواقع ۱۸ لامپ کافی خواهد بود ولی انرژی مورد نیاز همچنان زیاد خواهد بود ($4500 W = 18 \times 250 W$). از این گذشته، داشتن روشنایی (لومن) کافی دلیل خوب بودن سیستم نورپردازی نخواهد بود. نور باید همچنین بصورت یکنواخت پخش شود که این کار به خصوص در کناره‌های راه و بدون متوسل شدن به روشهای مکانیکی که فراتر از تواناییهای اتومبیل اندازه‌گیر می‌باشد، دشوار خواهد بود.

بعد از اینکه تصاویر ضبط شدند، اطلاعات با سرعت ۱۰۰ مگابایت در ثانیه به کارت جمع‌آوری در کامپیوتر منتقل شده و بر روی دیسک سخت^۲ ذخیره می‌شوند. با وجود این، ذخیره کردن اطلاعات با حجم بیش از GB ۵۰۰ که برابر ظرفیت کل ذخیره‌سازی و معادل یک ساعت داده‌های خام می‌باشد، بطور سرسام‌آوری گران خواهد بود. امکان انتقال داده‌ها با سرعت کمتر بر روی نوار نیز وجود دارد، مشروط بر اینکه دوره‌های استراحت چندساعته بعد از هر یک ساعت اندازه‌گیری وجود داشته باشد که این موضوع عملی نمی‌باشد. تنها راه حل واقعی برای مشکل ذخیره‌سازی، کاهش میزان اطلاعاتی است که قرار است ذخیره شود. این عمل با استفاده از روش فشرده‌سازی تصویر (مانند JPEG) یا پردازش بهنگام^۳ داده‌های مورد بررسی در اتومبیل صورت

¹ contrast

² hard drives

³ real time

می‌گیرد. در مورد روشهای فشرده‌سازی، انتخاب حدی از فشرده‌سازی که به اندازه کافی بالا بوده و در آن از کاهش کیفیت تصویر تا جایی که امکان تشخیص ترکها به خطر نیفتد جلوگیری شده، مشکل می‌باشد. ارزیابی پردازش داده‌ها بصورت بهنگام نیز مشکل است به دلیل اینکه عمدتاً به نوع الگوریتم بکاررفته و کارتهای پردازش تخصصی برای سرعت بخشیدن به محاسبات، وابسته می‌باشد.

بدون شک بزرگترین مشکل فنی در مورد روشهای دوبعدی تولید نرم‌افزارهای تحلیل تصویر برای استخراج و توصیف ترکها به صورت اتوماتیک می‌باشد. خیلی از شرکتها و دانشگاهها سالها بر روی این مشکل کار کرده‌اند. در حال حاضر نرم‌افزارهای مختلف موجود در حقیقت نیمه اتوماتیک هستند زیرا لازم است که اپراتور پارامترهای مشخصی را تنظیم کند و نتایج استخراج ترکها را تأیید نماید.

از جمله مهمترین مشکلات فنی در زمان تحلیل تصاویر، نورخارج از کنترل محیط که کیفیت و میزان روشنایی تصویر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تغییرات بافت درشت و ترکیب آسفالت می‌باشد که ضرورت ایجاد الگوریتم‌هایی با تنظیمات ثابت برای تشخیص ترکها را که می‌توانند با تمام حالات سازگار باشند، ایجاد می‌کند. وقتی که مشکل الگوریتم حل شود، تنها مشکل باقیمانده پیدا کردن محیطهای¹ محاسباتی است که قادر به اجرای بهنگام این الگوریتم‌ها باشند. تا این اواخر به نظر می‌رسید که بعضی سیستم‌ها می‌توانند یک محیط محاسباتی برای اجرای بهنگام عملیات این الگوریتم‌ها ایجاد کنند که در حد سرعتهای اندازه‌گیری در جاده باشد. همچنین زمانهای نوردهی سنسور (میکروثانیه) نیز کنترل خواهند شد تا اثر حرکت اتومبیل را خنثی کنند و با وضعیتهای مختلف روسازی تطبیق داده شوند.

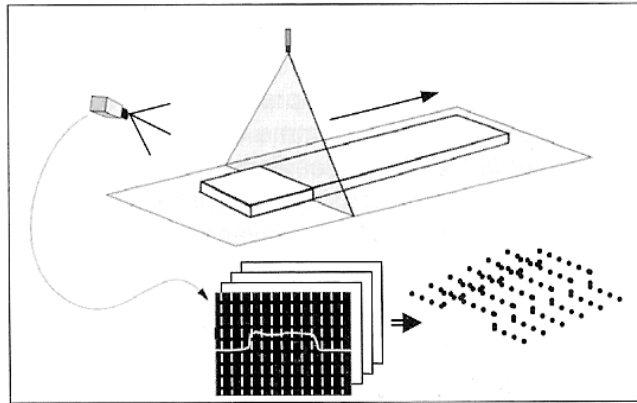
۵-۲- فناوری سه‌بعدی

اگر چه فناوریهای سه‌بعدی (لوران، ۲۰۰۲) سالیان زیادی برای اندازه‌گیری مقاطع طولی (ناهمواری) و عرضی (گودی) مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ولی اغلب برای شناسایی ترکها بکار نمی‌روند. دلیل این امر احتمالاً محدودیتهای مربوط به فناوریهای گذشته می‌باشد.

در درجه اول مهم است که بدانیم این محدودیتهای از نحوه کار کردن سنسورها نتیجه می‌شوند. این تحلیل فقط رایجترین نوع سنسورهای سه‌بعدی که از مثلث‌بندی لیزری استفاده می‌کنند را بررسی می‌کند. این سنسورها به یک منبع خطی لیزر (نمودار ۱) یا یک لیزر نقطه‌ای نیاز دارند که بصورت خط به خط اسکن می‌شود. طبق معمول، یک دوربین ماتریسی تصویر خط لیزر را که شکل مورد بررسی را ترسیم می‌کند، ثبت می‌نماید. با دانستن شکل هندسی دوربین/ لیزر از قبل و با تحلیل جایگاه خط لیزر در تصویرها، می‌توان فاصله

¹ platforms

(سه بعدی) بین سنسور و نقاط خط لیزر را تعیین کرد. بر همین قیاس، اگر سنسور نقاط سه بعدی را یک به یک ضبط کند، برای هر نقطه سه بعدی باید معادل یک خط از پیکسلهای ارسالی از یک دوربین خطی تحلیل شود.



نمودار ۱ - نحوه عملکرد یک سنسور مثلث بندی لیزری سه بعدی

به کمک نیمرخسنجی که در بالا توضیح داده شد، می توان برای هر تصویر یک مقطع سه بعدی مجزا استخراج کرد. این مقطع فقط با پیکسلهای روشن شده توسط خط لیزر مطابقت می کند. بنابراین تعداد پیکسلهای استفاده نشده (سیاه) در تصویر خیلی بیشتر از پیکسلهای سفیدی هستند که با موضع خط لیزر مطابقت می کنند. با توجه به اینکه فقط برای پیکسلهای سفید می توان نقطه سه بعدی محاسبه نمود و اینکه تعداد پیکسلهای سیاه در تصویر بیشتر از پیکسلهای سفید است، تعداد نقاط سه بعدی همیشه کمتر از تعداد پیکسلها در تصویر خواهد بود. برای بدست آوردن یک نقطه سه بعدی توسط مثلث بندی لیزری، در حدود ۵۰ پیکسل باید تحلیل شوند. با احتساب ۵۰ پیکسل برای یک نقطه سه بعدی، فناوریهای دوبعدی درجه وضوح فضایی بیشتری نسبت به فناوریهای سه بعدی خواهند داشت.

برای سالیان زیادی این نسبت ۵۰:۱ کاربرد فناوریهای سه بعدی را محدود کرده بود. درجه وضوح جانبی ۴ mm بود که برای تشخیص ترکهای باریک طولی که عرض آنها اغلب کمتر از ۳ mm بود، کافی نبود. امروزه، دیگر درجه وضوح، قابلیت بهبود عملکرد را محدود نمی سازد. دوربینها قادر هستند که اطلاعاتی بیشتر از آنچه که کامپیوترها می توانند پردازش و ذخیره کنند، تولید نمایند. در حال حاضر، دو دوربین با سرعت انتقال ۲۰۰ Mb/s می توانند (از لحاظ تئوری) با استفاده از نیمرخسنجی که قادر به تولید ۲۰۰۰ نیمرخ در ۴۰۰۰ نقطه سه بعدی در ثانیه است، یک سیستم سه بعدی ایجاد کنند. یک چنین سیستمی مقاطع سه بعدی با درجه وضوح ۱ mm بین نقاط هر مقطع ایجاد خواهد نمود، ولی در هنگامی که اتومبیل اندازه گیر با سرعت ۱۰۰ km/h حرکت می کند مقاطع متوالی ۱۴ mm از یکدیگر فاصله خواهند داشت.

از نظر مقاوم بودن در برابر نور محیط، سنسورهای سه‌بعدی بهتر از فناوریهای دوبعدی هستند. با استفاده از لیزرهای قوی مقدار زیادی نور بر روی سطوح خیلی کوچک (چند میلی‌متر) متمرکز می‌شوند. از آنجا که لیزرها تک رنگ هستند، قراردادن فیلترهای تداخل^۱ باریک در مقابل لنز دوربینها باعث می‌شود که فقط نورهای با طول موج یکسان با طول موج لیزر جمع‌آوری شوند. میزان روشنایی بالا و نسبت سیگنال به اختلال افزایش یافته بدست آمده از این سنسورها، به نوعی آنها را در مقابل نور روز ایمن می‌سازد.

بزرگترین مشکل فنی روشهای سه‌بعدی نیز مشابه روشهای دوبعدی است که تهیه نرم‌افزار تحلیل داده‌ها برای استخراج و توصیف ترکها به صورت اتوماتیک می‌باشد. ولیکن حل این مشکل برای فناوریهای سه‌بعدی آسان‌تر است زیرا شرایط نور محیط اثری بر روی داده‌ها ندارد. سایر مشکلات در اثر تغییرات در بافت درشت و ساختار سطح راه ایجاد می‌شوند. یک مشکل احتمالی دیگر این است که ترکها همیشه در مقاطع سه‌بعدی ظاهر نمی‌شوند (به عنوان مثال، ترکها خیلی باریک هستند یا بسته شده و یا با ذرات ریز پر شده‌اند). برای غلبه بر این مشکلات، سنسورهای سه‌بعدی ممکن است به طور همزمان موقعیت و شدت نقاط سه‌بعدی را اندازه بگیرند. بنابراین، ترکیب داده‌های مربوط به شدت و شکل سه‌بعدی ترکها این پتانسیل را دارد که نتایج بهتری نسبت به حالتی که بررسی شدت داده‌ها (ترکها) به تنهایی انجام می‌گیرد، ببار آورد. با استفاده از ترکیب این دو فناوری، دوبعدی و سه‌بعدی، مخصوصاً در بررسی ترکهای با مقیاس غیر واقعی^۲ نتایج قابل توجهی حاصل خواهد شد.

¹ interference

² scaled

۶- تجربه در ارزیابی عملکرد تجهیزات اتوماتیک

بسیاری از مسئولین راه و دانشگاهها عملکرد تجهیزات اتوماتیک اندازه‌گیر خرابی سطح را مطالعه کرده‌اند تا مطمئن شوند که معیارهای تعیین شده را برآورده می‌کنند.

بخش ۵ تجربیات مسئولین راه و دانشگاههایی را که در لیست زیر مندرج است، بطور خلاصه مطرح می‌کند. اطلاعاتی که در این بخش ذکر شد برگرفته از گزارشهای چاپ شده اخیر و همچنین اطلاعات بدست آمده از سایر مراجع مسؤول راه می‌باشد. اعضای پیارک با همکاری تولیدکنندگان اصلی تجهیزات اتوماتیک برای ارزیابی راه، به مراجع متعددی مراجعه کردند تا در خصوص تجربیات آنها در ارزیابی عملکرد تجهیزات اتوماتیک کسب اطلاعات نمایند. سؤالات بر روی روشهای استفاده شده برای ارزیابی عملکرد دستگاههای تشخیص ترک و نه بر روی نتایج بدست آمده، تأکید داشتند. پرسشنامه مربوطه در ضمیمه ۲ آورده شده است. تجربیات هر یک از مراجع مسؤول و هر یک از دانشگاهها بطور مفصل در ضمیمه ۳ منعکس شده است.

آزمایشهای منتشر شده:

مریلند، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۲

دانشگاه آرکانزاس، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۲

وزارت راه و حمل‌ونقل کبک، کانادا، ۲۰۰۱

دانشگاه آرکانزاس، ایالات متحده آمریکا، ۱۹۹۹

مؤسسه حمل‌ونقل تگزاس، ایالات متحده آمریکا، ۱۹۹۸

پرسشنامه‌ای درباره ارزیابی عملکرد این دستگاهها توسط مسئولین سازمانها و مراکز زیر تکمیل شد:

اداره راه و ترافیک، نیوساوث‌ولز، استرالیا

سازمان بزرگراهها، انگلستان

مرکز تحقیقات امور عمرانی، ژاپن

وزارت راه و حمل‌ونقل آیوا، ایالات متحده آمریکا

وزارت راه و حمل‌ونقل پنسیلوانیا، ایالات متحده آمریکا

وزارت راه و حمل‌ونقل، امور عمرانی و مدیریت آب، هلند

تعدادی از نتایجی که بر اساس ارزیابی مراجع مسؤول راه در ارتباط با عملکرد تجهیزات اتوماتیک اندازه‌گیری خرابی سطح راه حاصل شده‌اند عبارتند از:

- روشهای اندازه‌گیری و محاسبه با توجه به نوع خرابی در نظر گرفته شده، سرعت جمع‌آوری اطلاعات، انجام گرفتن کار در روز یا شب و غیره، بطور قابل ملاحظه‌ای از یک منطقه مورد آزمایش تا منطقه دیگر تفاوت می‌کند. بعضی از مراجع مسؤول راه ابتدا آزمایشهایی جهت کنترل کیفیت کار بر روی راههای کنترل^۱ کوتاه انجام دادند و سپس اقدام به انجام آزمایش بر روی راههای طولانی‌تر در شبکه راه نمودند. سایرین این کار را مستقیماً در سطح شبکه راه انجام دادند.

- پروتکل‌های تشخیص ترک ویژگیهای متفاوتی دارند از جمله: وجود یا عدم وجود باندهای طولی، طول ترکها و طول راه، با توجه به بزرگی آنها و غیره. اکثر مهندسين از پروتکل‌های شناخته شده مثل PCI، UCI و پروتکل AASHTO استفاده می‌کنند، در حالیکه سایرین پروتکل‌های خود را که اغلب برگرفته از پروتکل‌های متداول است بکار می‌برند.

- المانهای مورد آزمایش مانند تکرارپذیری آزمایشهای انجام شده با دستگاه، دقت و میزان تغییرات اندازه‌گیریها و هزینه عملیات، بسته به نیازها و مقتضیات و منابع مختلف موجود از یک مرجع راه به مرجع دیگر فرق می‌کند.

- طول محل آزمایش می‌تواند بسیار متغیر باشد مثلاً: ۳۰ m، ۱۰۰ m، ۵۰۰ m، ۸۰۰ m و حتی چندین کیلومتر. همچنین فاصله بین اندازه‌گیریها برای مقادیر مرجع (اندازه‌گیریهای دستی) و اندازه‌گیریهای اتوماتیک متغیر است: این کار با تقسیم کردن یک قطعه ۵۰۰ متری به مربعهای کوچک، استفاده از یک شاخص در هر ۱۰ یا ۱۰۰ متر و غیره انجام می‌گیرد.

- دقت محل اندازه‌گیری در منطقه مورد آزمایش مهم می‌باشد. برای مثال در موارد خاصی ممکن است که اطلاعات قابل استفاده نباشند زیرا در محل اشتباه یا در جهت مخالف جمع‌آوری شده‌اند و یا اینکه محل شروع و خاتمه ارزیابی با هم مطابقت نمی‌کنند (تضادهای اندازه‌گیری).

- به نظر می‌رسد که سیستم‌های اتوماتیک اصلی موجود در بازار به راحتی ترکها را تشخیص می‌دهند، مخصوصاً ترکهایی که عرض آنها از ۳ میلی‌متر بیشتر است. ضعف آنها در شناسایی و به صورت عددی بیان کردن ترک خوردگی بر اساس پروتکل‌های از پیش تعیین شده می‌باشد.

- مناطق مورد آزمایش ممکن است که تصویر کاملی از تمام انواع ترکها ترسیم نمایند. بنابراین بعضی از تستها بی نتیجه خواهند بود. طبق اظهارتعدادی از مراجع مسؤول راه، آنها سعی نموده‌اند راههایی را انتخاب کنند که

¹ control road

دربرگیرنده حالات مختلفی باشند، شامل: روسازیهای انعطاف‌پذیر، سخت و ترکیبی، ترافیک کم و زیاد، وضعیت روسازی از خیلی بد تا خیلی خوب، توزیع جغرافیایی و غیره.

- به علت وجود فناوریهای مختلفی که برای اندازه‌گیری بکار می‌روند مقایسه نتایج آزمایش ممکن است دشوار باشد. برای مثال، بعضی از دستگاهها عرض ترک را در نقاط مختلف اندازه می‌گرفتند. مراجع مسؤول راه همیشه این جزییات را در اندازه‌گیریهای مرجع خود در نظر نمی‌گیرند.

- نیاز به مداخله انسان در مراحل مختلفی از فرآیند تجزیه و تحلیل بسته به دستگاه مورد استفاده متفاوت بوده است که احتمالاً امکان مقایسه نتایج بدست آمده از یک سیستم نسبت به سیستم دیگر را سخت‌تر می‌کند.

۷- تجربه کار با تجهیزات اتوماتیک

بسیاری از مقامات مسؤول راه و حمل و نقل تجهیزات اتوماتیک را برای اندازه‌گیری خرابی روسازی بکار می‌برند. در این فصل تجربیات آنها شرح داده می‌شود.

مشابه فصل ۵ که در آن تجربیات مقامات مسؤول راه و حمل و نقل در ارتباط با ارزیابی تجهیزات اتوماتیک شرح داده شد، اطلاعاتی از گزارشهایی که اخیراً منتشر شده و همچنین جوابهایی که به پرسشنامه‌ها داده شده بود، گردآوری گردید. سؤالات بر روی پروژه‌های اخیر مقامات مسؤول راه و حمل و نقل، اطلاعات جمع‌آوری شده و برداشت آنها از تجربیاتشان بدون توجه به نتایج حاصله دور میزد. این پرسشنامه در ضمیمه ۲ آورده شده است.

به نام دستگاهی که توسط مقامات مسؤول راه بکار رفته بود عمده‌اً در صفحات آتی اشاره نشده است. زیرا پیارک کنترلی بر روی تستهای انجام شده و همچنین نتایج بدست آمده ندارد. در حقیقت این مقاله اساساً پیشرفتی را که در فناوری ماشینی ارزیابی خرابیهای سطح راه صورت گرفته شرح می‌دهد و هدف، ارزیابی دستگاههای موجود نمی‌باشد.

آزمایشهای منتشر شده:

وزارت راه و حمل و نقل بریتیش کلمبیا، کانادا، ۲۰۰۱

اداره راههای ایالتی مریلند، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۲

پرسشنامه توسط مقامات مسؤول راه و حمل و نقل که از تجهیزات اتوماتیک استفاده کردند تکمیل گردید:

اداره راه و ترافیک نیوساوت‌ولز، استرالیا

سازمان بزرگراهها، انگلستان

مرکز تحقیقات امور عمرانی، ژاپن

وزارت راه و حمل و نقل آیوا، ایالات متحده آمریکا

وزارت راه و حمل و نقل پنسیلوانیا، ایالات متحده آمریکا

استان سافلک، نیویورک، ایالات متحده آمریکا

۷-۱- خلاصه آزمایشهای انجام شده با سیستم‌های اتوماتیک

وزارت راه و حمل و نقل بریتیش کلمبیا، کانادا، ۲۰۰۱

مانند بسیاری از مقامات مسؤول راه و حمل و نقل، وزارت راه و حمل و نقل بریتیش کلمبیا جمع‌آوری اطلاعات مربوط به وضعیت راهها را به تولیدکنندگانی واگذار کرد که از سال ۱۹۹۳ بیش از ۴۰۰۰۰ km از روسازیه‌ها را با تجهیزات اتوماتیک در سطح شبکه بازرسی نموده بودند. با توجه به وجود تولیدکنندگان مختلف و نیاز به

داده‌های معتبر (دقیق و تکرارپذیر)، برنامه‌های تضمین کیفیت گذاشته شد که تعداد زیادی از آزمایشهای صحرائی را در برمی‌گرفت.

نتایج بدست آمده از تشخیص اتوماتیک وضعیت راهها برای انجام آنالیز در سطح مدیریت شبکه راه، مورد استفاده قرار گرفته است که در نتیجه میزان دقت مورد نیاز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برنامه تضمین کیفیت شامل دو فاز می‌باشد: تضمین کیفیت اولیه که روشها و دستگاههای تولیدکننده را تعیین می‌کند و تضمین کیفیت تولید که ارزیابیهای استاندارد را برای اطمینان از سازگاری مرور می‌کند.

تضمین کیفیت اولیه شامل مراحل زیر است:

- انتخاب چهار منطقه کنترل
- اندازه‌گیریهای دستی در محل
- تنظیم دستگاه و تعیین صلاحیت تولیدکنندگان در محل

تضمین کیفیت تولید شامل مراحل زیر است:

- انتخاب مناطق کور
- اندازه‌گیریهای دستی در محل
- فرایند کنترل (استفاده از مناطق کنترل و کور)
- ارضاء معیارهای مورد قبول تولیدکننده

کنترل کیفیت از جانب تولیدکننده تکیه بر درستی اطلاعات دارد تا تضمین نماید که اطلاعات جامع و دقیق بوده و به موقع به مشتریان ارایه می‌شود. تأیید اطلاعات مربوط به محل (موقعیت) نیز صورت می‌گیرد تا اطمینان حاصل شود که از سیستم موقعیت BCMOTH تبعیت می‌کند و اینکه هیچ تضادی در نتایج به واسطه نقاط شروع و خاتمه وجود ندارد.

اداره راههای ایالتی مریلند، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۲

اداره راههای ایالتی مریلند (MDSHA) اطلاعات مربوط به ترک خوردگی در روسازی را از سال ۱۹۸۴ جمع‌آوری کرده است. این کار که هر سال توسط یک گروه ارزیاب و یک اتومبیل انجام می‌شود، طی سالیان متمادی باری سنگین بر روی منابع انسانی و یک مشکل عمده در ارتباط با مسأله سامان‌دهی بوده است. سه سال پیش گروه مدیریت راه MDSHA یک روش اتوماتیک برای تشخیص ترک خوردگی در سطح شبکه تهیه و اجرا نمود. در این روش از اتومبیل‌های اندازه‌گیر و نرم‌افزارهای شناسایی ترک که از مراجع مسؤل راه و حمل‌ونقل بدست آمده و همچنین آیین‌نامه‌های بسیار دقیق کنترل و تضمین کیفیت، استفاده می‌شود.

اطلاعات مذکور بررسی شده و توسط منابع داخلی MDSHA جمع‌آوری می‌شود. اتومبیلها اطلاعات مربوط به ناهمواری، گودی، شیب و شعاع انحنا را جمع‌آوری کردند. عکسهای دیجیتالی نیز از سطح روسازی گرفته شد که در مرحله بعد وارد نرم‌افزارهای تشخیص ترک به صورت اتوماتیک می‌شوند. اپراتور اطمینان حاصل می‌کند که تصاویر می‌توانند پردازش شوند، پارامترهای تحلیل را تنظیم می‌کند و پردازش اتوماتیک را راه می‌اندازد. ترکها به لحاظ طولی یا عرضی بودن شناسایی می‌شوند و سپس محل آنها بر روی جاده تعیین می‌شود: خارج از مسیر چرخها، در مسیر چرخها، در مرکز راه، درکناره سمت چپ یا راست. بزرگی ترکها با استفاده از تعریفی که در پروتکل ترک‌خوردگی AASHTO بیان شده مشخص می‌گردد. داده‌های مربوط به ترک برای ایجاد یک معرف (شاخص) کلی عملکرد که در مدلهای عملکرد سیستم‌های مدیریتی راه استفاده می‌شود، بکار می‌روند.

تضمین کیفیت

MDSHA معتقد است که یکی از مهمترین جنبه‌های تشخیص ترک در سطح شبکه ایجاد و پیروی از برنامه‌های تضمین کیفیت است که تمام مراحل را دربر می‌گیرد.

برای مثال، کارکنان باید نتایج پردازش داده‌ها را که بصورت اتوماتیک بدست آمده‌اند، مرور نمایند تا اطمینان حاصل شود که تمام فایلها پردازش شده‌اند. اپراتورها به ترکهای منطبق شده بر روی راههایی که بطور تصادفی^۱ انتخاب شده‌اند نگاه می‌کنند تا اطمینان حاصل شود که تشخیص ترک با موفقیت انجام گرفته است. هدف تشخیص ترک تا حدود ۸۰ درصد است که برای بدست آوردن یک دید کلی از میزان رواج ترک در شبکه راه کافی می‌باشد، اما برای ارزیابی پروژه‌های منفرد این درصد باید خیلی بیشتر باشد.

برداشتها و تجربیات

در طی چند سال گذشته، MDSHA کار را در سطح وسیعی انجام داده است تا اطلاعات معتبری در خصوص ترک‌خوردگی با استفاده از یک سیستم اتوماتیک بدست آورد. این شرکت درباره مشکلات و فواید مربوط به توسعه یک چنین سیستمی اطلاعات زیادی کسب کرده است. بعضی از مواردی که توسط این شرکت تجربه شده در ذیل مطرح می‌شود:

- تشخیص ترک بصورت اتوماتیک یک روش اندازه‌گیری عملی (امکان‌پذیر) است که MDSHA آماده استفاده از آن می‌باشد.
- مقدار قابل ملاحظه‌ای از منابع مادی (خرید دستگاهها) و منابع انسانی (آموزش کارکنان و زمانی که اپراتور برای انجام کار نیاز دارد) صرف ارزیابی راه و پردازش داده‌ها می‌شود.
- کلید دستیابی به اطلاعات معتبرمربوط به ترک‌خوردگی در اجرای یک روش چند مرحله‌ای و حذف تمام نواقص در هر مرحله و قبل از ورود به مرحله بعد است.

¹ randomly

- کنترل و تضمین کیفیت از ضروریات بنیادی هستند که باید مورد توجه خاص قرار گیرند.
- یک ارتباط کاری خوب با تولیدکنندگان دستگاه‌ها به منظور بهره‌مند شدن از مهارت آنها و آموزشی که در خصوص استفاده از دستگاهشان به کارکنان می‌دهند، مهم می‌باشد.
- کنترل صحت داده‌ها و پردازش آنها در هر مرحله از کار مخصوصا برای داده‌های جمع‌آوری شده در محل، ضروری است.
- حفظ سادگی مراحل کار در حد امکان، اهمیت فراوانی دارد.

اداره راه و ترافیک نیوساوثولز، استرالیا

پروژه‌های اخیر

اداره راه و ترافیک (RTA) نگهداری حدود ۴۰۰۰۰ km از روسازیها را به عهده دارد. هر سال وضعیت شبکه راه مشخص می‌شود. دستگاه مورد استفاده که RTA تحت قرارداد همکاری با سازمان تحقیقات علمی و صنعتی کشورهای مشترک‌المنافع (CSIRO) تولید کرده است، در تمام راه‌های دارای مسیر رفت و برگشت مجزا در سراسر شبکه، ابتدا یک مسیر را در یک جهت و سپس مسیر دیگر را در جهت مخالف اندازه‌گیری می‌کند. در نتیجه هر سال در حدود ۲۰۰۰۰ km از روسازیها ارزیابی می‌شوند. از سال ۱۹۹۷ دستگاه مذکور ۱۵۰۰۰۰ km از روسازیها را بررسی کرده است که تعدادی از روسازیهای مورد بررسی در سایر ایالات استرالیا بوده‌اند.

اطلاعات گردآوری شده

داده‌های مربوط به ناهمواری، گودی، بافت، طرح هندسی و لغزش در شبکه، به طور منظم با استفاده از روشهای اتوماتیک جمع‌آوری می‌شود. اگر چه قرائتها در فواصل زمانی کوتاه جمع‌آوری می‌شوند، اطلاعات در هر ۱۰۰ m ترجمه و بایگانی می‌شوند. اندازه‌گیریها شامل بزرگی (عرض) و گستردگی (درصد شناسایی شده) هر نوع از ترکها می‌باشد از جمله: عرضی، طولی، سوسماری یا مستقیم (درزهای بوجود آمده یا بریده شده). فیلم ویدئویی شبکه راه به وسیله دستگاه دیگری ضبط می‌شود.

RTA اطلاعات را برای تهیه یک گزارش سالیانه از وضعیت شبکه راه، انتخاب پروژهها و آماده کردن راهکارهای نگهداری و مرمت استفاده می‌نماید. اطلاعات در یک بانک اطلاعات گروهی سیستم مدیریت دارایی راه اوراکل (RAMS) ذخیره می‌شوند. برای مدیریت راه، به اطلاعات یک مقدار عددی جداگانه نسبت داده می‌شود که نمایانگر قسمتی از راه با سطح همگن (یکدست) می‌باشد. این قسمتها از لحاظ طولی بین ۰/۵ و ۳ کیلومتر متغیر خواهند بود. اطلاعات شامل بازنمایی فضایی می‌باشد که طراحان راه را از وضعیت راه مطلع می‌سازد.

برداشتها و تجربیات

RTA در نظر دارد که در آینده از فناوری اندازه‌گیری اتوماتیک استفاده کند زیرا که از نظر ایمنی، تکرارپذیری، سرعت و غیره مفید فایده است. داده‌های عینی (واقعی) بالاخص برای نگهداری توسط مجری ثانوی و ارزیابی عملکرد شرکتها تحت شرایط قرارداد لازم می‌باشد. داده‌هایی که بصورت دستی جمع‌آوری شده‌اند ممکن است همیشه سودمند نباشد زیرا تفاوت‌های ناشی از ذهنیت افرادی که داده‌ها را تحلیل می‌کنند می‌تواند باعث تحریف نتایج شود.

اگر ترکها زود شناسایی شوند انتخاب راه‌حلهای کارآمد و مقرون به صرفه برای مرمت، ساده‌تر خواهد بود. بنابراین امکان شناسایی ترکهای با عرض کمتر از ۱ میلی‌متر مورد بررسی قرار می‌گیرد. هدف توسعه کوتاه‌مدت، کاهش هزینه کلی جمع‌آوری داده‌ها با تلفیق انواع مختلف دستگاه‌ها مانند آنهایی که برای اندازه‌گیری نیمرخهای طولی و عرضی بکار می‌رود، می‌باشد.

سازمان بزرگراهها، انگلستان

پروژه‌های اخیر

یک قرارداد پنج ساله (۲۰۰۵-۲۰۰۰) با یک شرکت بسته شد که راههای اصلی انگلستان را بطور سالیانه بازرسی (ارزیابی) کند (حدود ۳۲۰۰۰ km روسازی در هر سال).

اطلاعات گردآوری شده

ترک‌خوردگی در مسیر چرخها و در کل سطح روسازی در نواری با عرض بیش از ۳/۲ m اندازه‌گیری می‌شود. سایر المانهای اندازه‌گیری شده شامل نیمرخ طولی، بافت (ارزیابی شده در مسیر چرخهای سمت چپ)، نیمرخ عرضی، طرح هندسی راه (گرادیان، شیب عرضی، شعاع انحنا) و مختصات GPS سیستم جهانی مکان‌یابی در هر ۵ متر، می‌باشند.

داده‌ها پردازش می‌شوند تا مقادیر متوسط و ماکزیمم گودی، قرائتهای سنسور عمق بافت، تغییرات در نیمرخهای طولی و بزرگی (عرض) ترکها در هر ۱۰ متر بدست آیند. سپس داده‌ها وارد سیستم مدیریت راه می‌شوند تا اینکه تجزیه و تحلیل شوند. به این ترتیب قسمتهایی از راه که احتیاج به بررسیهای عمیق و دقیقتر دارند شناسایی می‌شوند و پروژه‌های نگهداری و ترمیم پیشنهاد می‌شوند. یک معرف وضعیت نیز هر ۴۰۲ متر ارائه می‌شود.

قرارداد شرایط کامل و جامعی را برای جمع‌آوری و تنظیم داده‌های خام (پردازش نشده) در ارتباط با وضعیت راهها، محاسبه مقادیر عددی (عمق گودی، بافت و نیمرخ طولی) و تضمین کیفیت، تنظیم می‌کند.

برداشتها و تجربیات

سازمان بزرگراهها در نظر دارد که به استفاده از فناوریهای اتوماتیک اندازه‌گیری ادامه دهد زیرا استفاده از آنها باعث تولید داده‌های یکنواخت می‌شود. همچنین راهها به روی جریان ترافیک بسته نمی‌شوند. علاوه بر این چون نیازی به بازرسی بصری نمی‌باشد، ایمنی کارکنان بالا می‌رود و با غیر ضروری نمودن بازرسیهای بصری ایمنی کارکنان را بالا می‌برند.

با این وجود، با همکاری آزمایشگاه تحقیقات راه و حمل‌ونقل (TRL)، تحقیقاتی در راستای ایجاد روشهایی برای افزایش دقت سیستم‌های تشخیص ترک با تطبیق حساسیت آنها نسبت به سطوح مختلف و افزایش توانایی آنها در تفاوت قایل شدن بین ساییدگی موضعی روسازی و ترک‌خوردگی، در حال انجام است.

مرکز تحقیقات امور عمرانی، ژاپن

پروژه‌های اخیر

معمولا هر سه سال یکبار ارزیابی ترک‌خوردگی بصورت اتوماتیک انجام می‌شود. ۱۰ تن از مسئولین راه محلی مسئول شبکه راههای ملی هستند. هر یک از آنها بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلومتر از روسازیه‌ها را بازرسی می‌کنند.

اطلاعات گردآوری شده

داده‌هایی که جمع‌آوری می‌شوند ترک‌خوردگی، عمق گودی و ناهمواری طولی هستند. هر ۱۰۰ متر، مقادیر عددی متوسط جمع‌آوری می‌شوند. داده‌ها برای محاسبه یک شاخص کنترل نگهداری^۱، مقایسه آن با مقادیر عددی (معیارهای نگهداری) مورد نیاز و تدارک برنامه‌های نگهداری و مرمت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برداشتها و تجربیات

استفاده از فناوریهای ارزیابی بصورت اتوماتیک برای حفظ یکپارچگی داده‌ها و روشهای ارزیابی ادامه خواهد یافت. ولی امید می‌رود که روزی دستگاههای اندازه‌گیری اتوماتیک قادر به تشخیص ترکهای بسیار ریز (کوچکتر از ۱ میلی‌متر) باشند تا دقت نتایج بدست آمده افزایش یابد.

وزارت راه و حمل‌ونقل آیوا، ایالات متحده آمریکا

پروژه‌های اخیر

وزارت راه و حمل‌ونقل آیوا تجهیزات اتوماتیک را از سال ۱۹۹۶ برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به وضعیت روسازیه‌ها، مورد استفاده قرار می‌داده است. در سال ۲۰۰۲ برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به ترک‌خوردگی، گودی، کندگی و IRI، به یک شرکت تفویض اختیار شد.

¹ maintenance control index

اطلاعات گردآوری شده

این داده‌ها که با مختصات جغرافیایی GPS به آنها رجوع داده می‌شود برای محاسبه شاخص وضعیت روسازی (PCI) مورد استفاده قرار می‌گیرند. داده‌ها به یک سیستم مدیریت روسازی وارد می‌شود تا انتخاب پروژه‌ها را آسانتر نماید.

برداشتها و تجربیات

داده‌ها عینی (قابل فهم) و یکپارچه هستند. امید می‌رود که روزی تجهیزات اتوماتیک تشخیص ترک خوردگی چندکاره باشند و بتوانند الگوهای پیچیده ترک خوردگی مثل ترکهای سوسماری را که شناسایی آنها سخت است بهتر تشخیص دهند.

وزارت راه و حمل‌ونقل پنسیلوانیا، ایالات متحده آمریکا

پروژه‌های اخیر

از سال ۱۹۹۷ وزارت راه و حمل‌ونقل پنسیلوانیا (PENNDOT) دارای شرکتی بوده است که هر سال ۴۲۶۵۰ کیلومتر روسازی را با استفاده از سیستم‌های اتوماتیک ارزیابی می‌کند.

اطلاعات گردآوری شده

این اطلاعات برای روسازیهای انعطاف‌پذیر جمع می‌شوند و شامل موارد زیر هستند: ترک خوردگی (ناشی از خستگی، عرضی، بلوکی و کناره‌ها)، هوازگی و ریش شدن^۱، لکه‌گیری، IRI و گودی. برای روسازیهای سخت، داده‌ها منحصرأً به نشست عمودی، دالهای گسیخته (ترک خورده)، ترکهای طولی و عرضی، قلوه‌کن شدن درزهای طولی و عرضی، لکه‌گیری سطح یا بتن، IRI و گودی می‌پردازد. در حال حاضر PENNDOT لازم می‌داند که داده‌های جمع‌آوری شده توسط تولیدکنندگان (کارگزاران) در محدوده $\pm 10\%$ درصد نتایج بدست آمده با روش دستی قرار گیرد.

داده‌های مربوط به وضعیت روسازی به یک بانک اطلاعاتی مرکزی اضافه می‌گردد که برای کلیه مقامات مسؤول راهسازی قابل دسترسی می‌باشد. این امر کم می‌کند که راهداری استان و ناحیه بودجه‌هایی برای نگهداری راه اختصاص دهند. این نتایج برای توزیع بودجه‌های موجود، در ۶۷ استان در ایالت پنسیلوانیا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

¹ ravelling

برداشتها و تجربیات

ایالت پنسیلوانیا در نظر دارد که در آینده به استفاده از فناوریهای ارزیابی اتوماتیک ادامه دهد. در حال حاضر PENNDOT برای اجرای یک برنامه مفصل تضمین کیفیت که شرایط لازم برای جمع‌آوری داده‌ها (دقت، نازیبی^۱ و غیره) را تعیین می‌کند، با ایالت پنسیلوانیا همکاری می‌کند.

استان سافلک، نیویورک، ایالات متحده آمریکا

پروژه‌های اخیر

در سال ۲۰۰۰ سازمان امور عمرانی استان سافلک خواستار گزارشی درباره وضعیت راهها به عنوان بخشی از ارزیابی کلی شبکه راه شد. بنابراین مهندسان مشاور راه و حمل‌ونقل یک پیمانکار فرعی که در این زمینه تخصص داشت استخدام کردند. در حدود ۱۲۰۰ km از روسازیه‌ها به منظور اندازه‌گیری ترکهای طولی و عرضی مورد بررسی قرار گرفت.

اطلاعات گردآوری شده

برای مناطق کنترل معینی از راههای استان، یک شاخص رتبه بندی IRI و PCI به داده‌ها اختصاص داده شد. این شاخصها به بانک اطلاعاتی سیستم مدیریت ابنیه استان اضافه شد و باعث شد که اطلاعات نقشه راه در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) گردآوری شود. این داده‌ها کمک کردند که اولویتهای روکش کردن، مرمت و بازسازی روسازیه‌ها تعیین شوند. همچنین امید می‌رود که روزی این داده‌ها برای پیش‌بینی خرابیهای سطح راه بکار روند.

برداشتها و تجربیات

احتمالاً استان سافلک در آینده از فناوریهای اتوماتیک ارزیابی خرابی روسازی استفاده خواهد کرد. در طی بیش از بیست سال گذشته این استان به اندازه‌گیریهای بصری که با کمک خودروهای وزارت راه و حمل‌ونقل ایالت نیویورک صورت گرفته متکی بوده است. اما این روش فشار سنگینی بر روی منابع انسانی اعمال می‌کند و دیگر این استان، پرسنل مورد نیاز برای انجام بررسیهای منظم را ندارد. استخدام کارگزارانی که ارزیابیهای اتوماتیک را انجام می‌دهند به اثبات مطلوب بودن نتایج بدست آمده و منطقی بودن زمان و هزینه‌ای که صرف توسعه این سیستم‌ها می‌شود، کمک کرده است. اینکه اندازه‌گیریهای اتوماتیک مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرند یا نه تا حد زیادی بستگی به این دارد که در زمان احتیاج به بودجه، سرمایه کافی موجود باشد.

با توجه به اینکه شاخصهای وضعیت روسازی فاکتورهایی هستند که این استان در تحلیلهایش بکار می‌برد (سایر فاکتورها عبارتند از حجم ترافیک، آمار تصادفات، مقاومت سرخوردگی سطح و تاریخچه روکش کردن/

¹ biased

بازسازی)، استان سافلک به دنبال روشی امن، قابل اطمینان، کارآمد، عملی و مقرون به صرفه برای ارزیابی وضعیت روسازیها و تصمیم‌گیری آگاهانه در مورد فعالیتهای مربوط به نگهداری و مرمت راه است.

۷-۲- خلاصه آزمایشها

بسیاری از تجربیات جدید نشان می‌دهد که در مجموع استفاده از تجهیزات اتوماتیک اندازه‌گیری خرابی سطح راه دارای فواید مسلمی نسبت به روشهای متداول دستی هستند. اگر اندازه‌گیریهای اتوماتیک بدرستی انجام شوند، نتایجی خواهند داد که واقعی‌تر، تکرارپذیرتر و هماهنگ‌تر هستند. به علاوه، اندازه‌گیری اتوماتیک ایمن‌تر می‌باشد و باعث می‌شود که داده‌ها نسبتاً سریعتر جمع‌آوری شوند، ضمن آنکه اختلال کمتری هم در ترافیک ایجاد می‌شود.

بعضی از مراجع مسؤول راه روشهای دقیق و مشکلی برای تضمین کیفیت دارند در حالیکه سایر مراجع شرایط آسان‌تر یا معمولی‌تری در این خصوص دارند. با وجود این، تجربه نشان داده است که برنامه‌های دقیق و مشکل تضمین و کنترل کیفیت برای جمع‌آوری داده‌ها و در عملیات پردازش همواره الزامی هستند مخصوصاً زمانی که جمع‌آوری داده‌ها به یک شرکت دیگر واگذار می‌شود. وجود متغیرهای متعدد (بافت درشت، رنگها و غیره) در سطح شبکه نیاز مبرم به یک برنامه ثابت تضمین کیفیت در طی عمل پردازش را توجیه می‌کند.

فناوری موجود محدودیتهای دیگری نیز دارد، مانند مشکلات مربوط به ترکهای خیلی ریز، که بسیاری از مسؤولین راه خواستار اصلاح آنها هستند. رایجترین دستگاہی که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرد در شناسایی ترکهایی که عرض آنها از ۳ mm کمتر است خوب کار نمی‌کند. همچنین امید می‌رود که دقت دستگاہ و عملکرد الگوریتم‌های تشخیص بهبود یابد. به عنوان نمونه، برخی از ترکهای به هم پیوسته یا چند ضلعی یا آنهایی که به علت یخبندان ایجاد می‌شوند احتیاج به یک بررسی کلی در طول زیادی از راه دارند. تجهیزات اتوماتیک همیشه این اطلاعات را فراهم نمی‌کنند. این امر می‌تواند منجر به کم شدن استفاده از آنها در بین آن دسته از مدیران شبکه راه شود که پروتکل‌های شناسایی ترک را برای لحاظ کردن این نوع محدودیتهای در نظر نمی‌گیرند. با وجود این، مسؤولین راه عموماً مایل هستند که روشهای تحلیل خود را بدون هیچگونه نگرانی بابت پیگیری درازمدت وضعیت روسازیها، تغییر دهند.

۸- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

اطلاعات مربوط به خرابیهای سطح روسازی خصوصاً در مورد ترک خوردگی، برای مدیریت شبکه‌های راه بسیار مهم می‌باشد. لیکن، اندازه‌گیری میزان ترک خوردگی به دلیل تنوع بسیار زیاد در شکل، عرض، عمق، جهت قرارگیری و الگوی آنها بسیار مشکل است. به همین دلیل است که هنوز ترکها عموماً به صورت دستی به عنوان بخشی از بررسی بصری راه یا در دفاتر با استفاده از فیلمهایی که قبلاً تهیه شده است، اندازه‌گیری می‌شوند.

با پیدایش فناوری پیشتاز، شرکتها، دانشگاهها و مراجع مسؤول راه در سراسر دنیا سالها به تهیه دستگاه اتوماتیک اندازه‌گیری میزان ترک خوردگی در روسازیه‌ها مشغول بوده‌اند. چنین دستگاهی دارای فواید مسلمی نسبت به اندازه‌گیریهایی که بصورت دستی انجام می‌گرفته است، می‌باشد. این روش ایمن‌تر و سریعتر بوده و داده‌های واقعی، تکرارپذیر و یکپارچه‌ای را تولید می‌کند. فناوری مربوط به سیستم اتوماتیک به شکل روزافزونی رو به پیشرفت می‌باشد و پیوسته در حال اصلاح شدن است تا محدودیتهایش به ویژه در شناسایی ترکهای خیلی ریز و در طبقه‌بندی ترکها برطرف شود. در نتیجه این روش آینده درخشانی خواهد داشت.

با وجود این محدودیته‌ها، سیستم‌های اتوماتیک بطور روزافزونی در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بیشتر مواردی که آزمایشها نتیجه بخش بوده است، شرایط بسیار سخت و دقیقی برای تضمین کیفیت وجود داشته که به مداخله انسان در مراحل مشخصی از کار نیاز دارد. سایر مراجع مسؤول راه ترجیح می‌دهند که اطلاعات کلی را براساس کیلومتر راه داشته باشند و عملیات راهسازی و سرمایه‌گذاریهای خود را بر اساس آن برنامه‌ریزی کنند، به همین دلیل آنها به آن حدی از دقت که سایرین نیاز دارند، احتیاجی ندارند. برای بسیاری از مؤسسات راه، اولویت اول و قبل از شناسایی ترکهای نازک، کسب اطلاعات معتبر و تکرارپذیر در کل عرض راه از طریق یک سیستم پایدار می‌باشد.

بسیاری از مراجع مسؤول راه و دانشگاهها عملکرد دستگاه اتوماتیک اندازه‌گیری ترک را ارزیابی کرده‌اند. با این حال، معیارهای آنها برای روش بررسی، تحلیل نتایج، پروتکل‌های طبقه‌بندی و المانهای آزمایش شده می‌توانند به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کنند. در نتیجه مقایسه نتایج مشکل خواهد بود و حتی منجر به نتیجه‌گیریهای ضد و نقیض می‌شود چون هر یک از مسؤولین راه نیازها و روشهای خاص خود را در پیش می‌گیرند.

برای ایجاد هماهنگی در شناسایی ترکها سعی و تلاش بسیاری شده است. همانطور که انتشارات متعدد در خصوص شاخصها و پروتکل‌های موجود نشان داده است، کارهای ابتکاری در این زمینه نسبتاً پیشرفته است. پروتکل AASHTO متداولترین پروتکل می‌باشد. با وجود این، برای توسعه تستهای استاندارد و هماهنگ شده، جهت ارزیابی و تشخیص صلاحیت دستگاه اتوماتیک اندازه‌گیری ترک تلاش کمی صورت گرفته است. یک

پروتکل هماهنگ می‌تواند به مقامات مسؤل راه کمک کند تا آزمایشهای جامع و بسیار دقیقی انجام دهند که نتایج آنها قابل مقایسه باشند.

بنابراین تهیه یک پروتکل ارزیابی استاندارد شده می‌تواند یک ایده خوب برای فعالیتهای آتی کمیته فنی C1 پیارک باشد. این فعالیتهای می‌تواند شامل تهیه یک منطقه تست استاندارد شده، انتخاب پارامترهای اندازه‌گیری و تعیین حدود پیشنهادی برای هر یک از معیارها (شناسایی، طبقه‌بندی و غیره) باشد. پروتکل می‌تواند شامل دو مرحله متمایز باشد: یکی برای ارزیابی توانایی دستگاه در فرق گذاشتن بین انواع مختلف ترک در یک منطقه تست کنترل و استاندارد شده و دیگری برای ارزیابی توانایی دستگاه بر اساس نیازهای مراجع مسؤل راه، در تشخیص میزان ترک خوردگی در سطح شبکه در مسیرهای طولانی‌تر، که در آنها ترک خوردگی بطور طبیعی اتفاق می‌افتد. در این صورت آزمایش با دستگاه اتوماتیک اندازه‌گیری ترک می‌تواند در سطح جهان مورد توجه قرار گیرد.

۹- مراجع

- 1-SMITH, Roger E., FREEMAN, Thomas J. et PENDLETON, Olga J. *Evaluation of Automated Pavement Distress Data Collection Procedures for Local Agency Pavement Management*, Texas Transportation Institute, Etats-Unis, 1998.
- 2-MAZE, Tom, SMADI, Omar G. et RESLER, Jon, *Feasibility of Using Automated Distress Data in the County Need Study*, Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, Etats-Unis, 1998.
- 3-WANG, Kelvin C. P. et ELLIOTT, Robert P., *Investigation of Image Archiving for Pavement Surface Distress Survey*, University of Arkansas, Etats-Unis, 1999.
- 4-CHENG, H. D., JIANG, X.H., LI, J. et GLAZIER, C. *Automated Real-Time Pavement Distress Analysis*, Utah State University and Utah Department of Transportation, Etats-Unis, 1999.
- 5-WU. Shie-Shin, *Smooth Transition from Manual to Automated Condition Survey*, North Carolina Department of Transportation, Etats-Unis, 2001.
- 6-GROEGER. Jonathan L., STEPHANOS, Peter et DORSEY, Paul, *Evaluation of AASHTO Cracking Protocol: Quantifying Distress in Asphalt Pavement Surfaces*, Axiom Decision System Inc. et Maryland Department of Transportation, Etats-Unis, 2002.
- 7-WANG, Kelvin C. P., GONG, Weiguo, LI, Xuyang, ELLIOTT, Robert P. et DALEIDEN, Jerry, *Data Analysis of a Real-Time System for Automated Distress Survey*, University of Arkansas et Fugro-BRE, Etats-Unis, 2002.
- 8-LANDERS, Shawn, ROBSON, Michael et COWE FALLS, Lynne, *Development of Quality Assurance and Control Procedures for Network Level Contract Pavement Surface Condition Surveys*, British Columbia Ministry of Transportation and Highways, Stantec Consulting Ltd., University of Calgary, Canada, 2001.
- 9-GROEGER. Jonathan L., STEPHANOS, Peter, DORSEY, Paul et CHAPMAN, Mark, *Implementation of Automated Network Level Crack Detection Process in the State of Maryland*, Maryland State Highway Administration, Axiom Decision Systems Inc., Etats-Unis, 2002.
- 10-Strategic Highway Research Program (SHRP), *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project*, Washington, DC, National Research Council, 1993 (Ref. SHRP-P-338).

- 11-European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research (COST), Action 325, New Road Monitoring Equipment and Methods, Brussels, European Commission, Directorate General Transport, 1997.
- 12-PATERSON, W. D. O., *Proposal of Universal Cracking Indicator for Pavements*, Transportation Research Record 1455, Washington, DC, Transportation Research Board, 1994.
- 13-GULYAS, A., *Surface Distress Assessment*, Routes/Roads, No. 301, PIARC, 1999.
- 14-PIARC World Road Association, *Report of the Congress Proceedings*, XX World Road Congress, Montreal, 1996 (Ref. PIARC 20.60.B).
- 15-LEE, Hosin David, OESPER, David and KANG, Kihyoung Ken, *Development Of a Manual Crack Quantification and Automated Crack Measurement System*, Iowa Department of Transportation, United States, 2002.
- 16-HAWKER, Les and HATTRELL, Dave, *The New Generation Data Collection Regime for Pavements for Major Roads in England*, Pavement Engineering Group and Cima Consultants Ltd., UK, 2001.
- 17-ASTM, *Road and Paving Materials: Vehicle-Pavement Systems*, Annual Book of ASTM Standards 2002, vol. 04.03, 2002.
- 18-BOUCHER, Martin, *Revue generale et comparaison de systemes de gestion des chaussées*, Montreal, Ecole de technologie superieure de l'Universite du Quebec, 1998.
- 19-AASHTO, Provisional Standards, AASHTO Highway Subcommittee on Materials, 2000.
- 20-SHAHIN, M.Y., *Pavement Management for Airport, Roads, and Parking Lots*, Champaign, Illinois, U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories, 1994.
- 21-LAURENT, John, *Evaluation des technologies 2D et 3D*, Institut national d'optique (INO), Quebec City, 2002.

۱۰- ضمیمه


ضمیمه ۱ - فهرست تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک خوردگی در روسازی

در ضمیمه ۱ به طور خلاصه ۸ عدد از مهمترین تجهیزات اتوماتیک ارزیابی ترک خوردگی در روسازیه‌ها، که در زمان ویرایش این مقاله در دنیا شناخته شده بودند، معرفی می‌شود. این فهرست لزوماً کامل و جامع نمی‌باشد. این علم مرتباً در حال پیشرفت است و دستگاههای متعددی در حال تهیه و توسعه یا در آستانه تولید هستند. اطلاعات مطرح شده از طرف تولیدکنندگان داده شده است. این اظهارات باید از جنبه اطلاع‌رسانی آن مد نظر قرار گیرد. پیارک بطور مستقیم صحت هیچیک از اطلاعات مزبور را تضمین نمی‌کند.

<p>شرکت: سازمان تحقیقات علمی و صنعتی کشورهای مشترک المنافع (CSIRO)، استرالیا سیستم: ترک راه سایت وب: http://www.csiro.au و www.rta.nsw.gov.au</p>	
<p>توصیف فناوری:</p> <ul style="list-style-type: none"> • بررسی بصری ترک راه برای جمع‌آوری تصاویر دیجیتالی از سطح روسازی، از واحدهای جمع‌آوری داده‌ها با سرعت بالا استفاده می‌کند که در زیر شاسی اتومبیل نصب شده‌اند. • ترکهای شناسایی شده، توسط یک واحد پردازش داده که بر روی خود دستگاه سوار است طبقه‌بندی می‌شوند و بر اساس نوع، عرض، محل قرارگیری، شدت یا گستردگی آنها گزارش می‌شوند. • پردازش "بهنگام" داده‌ها و نمایش آنها، خلاصه گزارش و داده‌ها در پایان اجرای برنامه در دسترس می‌باشند. 	
<p>عملکرد و محدودیتها:</p> <p>سرعت: ۱۰۵ km/h؛ عرض ناحیه اندازه‌گیری: عرض کامیون، ۲/۳ m؛ فاصله طولی بین نمونه‌گیریها: ۱ mm؛ فاصله عرضی بین نمونه‌گیریها: ۱ mm؛ عرض ترک: ۱ mm؛ ترکها را در انواع روسازیها (آسفالتی، بتنی و لایه پاشیده شده آب‌بندی) تشخیص می‌دهد.</p>	
<p>سایر اطلاعات جمع‌آوری شده:</p> <p>GPS، درجه حرارت روسازی، وضع سیستم برای کنترل کیفیت، اتومبیل می‌تواند سیستم‌های جمع‌آوری داده‌های مربوط به روسازی (ناهمواری، گودی، بافت و غیره) دیگری را نیز حمل نماید.</p>	
<p>بازار مصرف:</p> <p>استرالیا، قرار است مدل نهایی^۱ براساس مدل ساخته شده اولیه دستگاه ترک راه، برای عرضه به بازار تهیه شود.</p>	

¹ production model

<p>شرکت: فناوریهای GIE، کبک، کانادا سیستم: سیستم دید لیزری (LVS) سایت وب: www.gietech.com</p>	
<p>توصیف فناوری:</p> <ul style="list-style-type: none"> • سیستم دید LVS از فناوری لیزری BIRIS استفاده می‌کند. • سنسور فاصله را از شی قطع کننده پرتو نور لیزر، محاسبه می‌نماید. • داده‌ها سپس پردازش می‌شوند تا ترکهای روی سطح راه شناسایی و اندازه‌گیری شوند. 	
<p>عملکرد و محدودیتها:</p> <p>سرعت: ۷۰ km/h؛ عرض ناحیه اندازه‌گیری: ۳/۶ m؛ عرض ترک: ۵ mm؛ ترکهای درزگیری شده را نمی‌تواند تشخیص دهد.</p>	
<p>سایر اطلاعات جمع‌آوری شده: ناهمواری، گودی و GPS.</p>	
<p>بازار مصرف: آمریکای شمالی</p>	

<p>شرکت: مؤسسه دولتی بزرگراه هانشین (HEPC)، ازاکا، ژاپن سیستم: اتومبیل بازرسی هوشمند سایت وب: www.hepc.go.jp/english/structures_f.html</p>	
<p>توصیف فناوری:</p> <ul style="list-style-type: none"> اطلاعات تصویری سطح راه شامل خرابیهایی مثل ترک یا چاله با دوربینهای CCD گرفته می شود. اطلاعات تصویری با استفاده از ایده پردازش تصویر به منظور یافتن خرابیهای سطح تحلیل می شوند. برای شناسایی خرابیها عمدتاً دو روش پردازش تصویر، روش دوتایی و روش تفاضلی^۱، که می توانند یک تغییر کوچک یا درجه تغییرات روشنایی در هرالمان تصویر را پیدا کنند، بکار می رود. 	
<p>عملکرد و محدودیتها:</p> <p>سرعت: ۸۰ km/h؛ عرض ناحیه اندازه گیری: عرض خط عبور؛ عرض ترک: کاربرد ندارد.</p>	
<p>سایر اطلاعات جمع آوری شده:</p> <p>GPS، گودی (با استفاده از "نورافکنی به روش شکافت نور"^۲، خطای اندازه گیری ± 4 mm است).</p>	
<p>بازار مصرف:</p> <p>ژاپن، بیشتر در شبکه بزرگراههای مؤسسه دولتی هانشین (HEPC)</p>	

¹ differential

² slit-ray projection method

<p>شرکت: خدمات مدیریت زیرساختها (IMS)، ایلی نویز، ایالات متحده آمریکا، AB OPQ سیستم: PAVUF سایت وب: www.opq.se www.ims-terracon.com</p>	
<p>توصیف فناوری:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PAVUF فناوریهای فیلم و رادار را با هم ترکیب می کند. • دوربینهای رو به پایین، به همراه چراغهای چشمک زن، بطور پیوسته تصاویری از سطح راه جمع آوری می کنند که به کمک یک پردازشگر اتوماتیک تصویر تحلیل می شوند. • داده های لیزری جزء به جزء مشخصات سطح راه را در اختیار می گذارند و با اطلاعات ویدئویی تحلیل شده در پردازشگر تلفیق می گردند. 	
<p>عملکرد و محدودیتها: سرعت: ۹۰ km/h؛ عرض ناحیه اندازه گیری: عرض خط عبور؛ عرض ترک: کاربرد ندارد.</p>	
<p>سایر اطلاعات جمع آوری شده: ناهمواری، گودی، بافت، GPS، طرح هندسی راه (گرادیان، شیب عرضی، شعاع قوس).</p>	
<p>بازار مصرف: ندارد</p>	

<p>شرکت: خدمات مدیریت زیرساختها (IMS)، ایلی نویز، ایالات متحده آمریکا، AB OPQ سیستم: PAVUF سایت وب: www.opq.se www.ims-terracon.com</p>	
<p>توصیف فناوری:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PAVUF فناوریهای فیلم و رادار را با هم ترکیب می کند. • دوربینهای رو به پایین، به همراه چراغهای چشمک زن، بطور پیوسته تصاویری از سطح راه جمع آوری می کنند که به کمک یک پردازشگر اتوماتیک تصویر تحلیل می شوند. • داده های لیزری جزء به جزء مشخصات سطح راه را در اختیار می گذارند و با اطلاعات ویدئویی تحلیل شده در پردازشگر تلفیق می گردند. 	
<p>عملکرد و محدودیتها: سرعت: ۹۰ km/h؛ عرض ناحیه اندازه گیری: عرض خط عبور؛ عرض ترک: کاربرد ندارد.</p>	
<p>سایر اطلاعات جمع آوری شده: ناهمواری، گودی، بافت، GPS، طرح هندسی راه (گرادیان، شیب عرضی، شعاع قوس).</p>	
<p>بازار مصرف: ندارد</p>	

<p>: تجهیزات راه، انتاریو، کانادا WiseCrax + ARAN : www.roadware.com :</p>	
<p>توصیف فناوری:</p> <ul style="list-style-type: none"> • روسازی راه با استفاده از دوربینهای دیجیتالی فیلمبرداری می شود و این تصاویر به صورت دیجیتالی ثبت می شود. • تصاویر بعدا با WiseCrax و با استفاده از پارامترهای شناسایی مشخصی پردازش می شوند. • یک واحد دیگر ترکهای شناسایی شده را بر اساس شرایط و تعاریفی که قابل تنظیم هستند، طبقه بندی و ارزیابی می کند. 	
<p>عملکرد و محدودیتها:</p> <p>سرعت: ۸۰ km/h؛ عرض ناحیه اندازه گیری: ۴ m؛ عرض ترک: ۳ mm.</p>	
<p>سایر اطلاعات جمع آوری شده:</p> <p>ناهمواری، گودی، بافت، GPS، طرح هندسی راه (گرادیان، شیب عرضی، شعاع قوس)، علامتگذاریهای انعکاسی.</p>	
<p>بازار مصرف:</p> <p>آمریکای شمالی، بلژیک، ایتالیا، کره</p>	

<p>شرکت: مؤسسه سیستم‌های WayLink، آرکانزاس، ایالات متحده آمریکا سیستم: خودروی داده‌های دیجیتالی راه سایت وب: www.waylink.com</p>	
<p>توصیف فناوری:</p> <ul style="list-style-type: none"> • تصویربرداری دیجیتالی بهنگام مبتنی بر قاب^۳ با درجه وضوح بالا، فشرده‌سازی بهنگام، موتور بانک اطلاعاتی چند رسانه‌ای و تحلیل تصاویر برای ارزیابی خرابیهای روسازی راه. • سیستم اتوماتیک دیجیتالی برای ارزیابی خرابی، پردازش بهنگام و با دقت بالا را فراهم می‌کند. 	
<p>عملکرد و محدودیتها: سرعت: ۱۰۰ km/h؛ عرض ناحیه اندازه‌گیری: ۴ m؛ عرض ترک: ۳ mm.</p>	
<p>سایر اطلاعات جمع‌آوری شده: GPS.</p>	
<p>بازار مصرف: ایالات متحده آمریکا</p>	

<p>شرکت: WDM، انگلستان، طرح و ساخته شده با سیستم‌های AB OPQ، سوئد سیستم: ابزار بررسی راه (RAV) سایت وب: www.wdm.co.uk</p>	
<p>توصیف فناوری:</p> <ul style="list-style-type: none"> • اندازه‌گیری اتوماتیک و بهنگام ترکها و ثبت آنها. • بر اساس تحلیل دیجیتالی تصاویر. • ترکهای شناسایی شده را به شکل چند ضلعی تبدیل می‌کند. • RAV نسل دوم PAVUE است. 	
<p>عملکرد و محدودیتها:</p> <p>سرعت: ۱۰۰ km/h؛ عرض ناحیه اندازه‌گیری: ۳/۲ m؛ عرض ترک: ۳ mm.</p>	
<p>سایر اطلاعات جمع‌آوری شده:</p> <p>ناهمواری، گودی، بافت، GPS، طرح هندسی راه (گرادیان، شیب عرضی، شعاع قوس).</p>	
<p>بازار مصرف:</p> <p>انگلستان</p>	

ضمیمه ۲ - پرسشنامه ارسالی به مؤسسات راه و حمل و نقل

مجمع جهانی راه (پیارک)، کمیته فنی مشخصات سطح راه C1 وزارت راه و ترابری کبک، کانادا (عضو کمیته فنی C1)

تجربیات مؤسسات راه در ارتباط با ارزیابی ترک خوردگی در روسازی راه با استفاده از روشهای اتوماتیک

پروژه‌های اخیر

الف. پروژه‌های اخیر خود را در ارتباط با ارزیابی اتوماتیک ترک خوردگی در روسازیه‌ها (سال، شرکت، حوزه عمل، مشخصات جمع‌آوری شده و غیره) توضیح دهید. [مثال: ۲۰۰۱؛ سیستم‌های ABC؛ ۵۰۰ کیلومتر؛ ترک خوردگی (عرضی، طولی، بلوکی، سوسماری)، گودی و IRI]

ب. آیا در نظر دارید که در آینده از فناوریهای ارزیابی اتوماتیک استفاده نمایید و چرا؟

روش ارزیابی

الف. از چه روشی برای انتخاب دستگاه یک شرکت خدماتی و تعیین صلاحیت آن استفاده می‌کنید؟ (مثال: ۱۰ سری آزمایش بر روی یک منطقه شناخته شده تست به طول ۳۰۰ متر، با مشخصات مربوط به کیفیت مطلوب)

ب. اگر از یک منطقه تست استفاده می‌کنید، لطفاً جزئیات بیشتری در خصوص مشخصات آن (طول، الگوی ترکها و غیره)، اطلاعات ارزیابی شده (عرض ترک، طول، موقعیت، شناسایی و غیره)، شرایط لازم برای کیفیت مطلوب (میانگین، ناریبی و غیره) و اینکه این مرجع قبلاً به چه نحوی ارزیابی شده است، بفرمایید.

گردآوری اطلاعات

الف. چه اطلاعاتی برای مؤسسه شما لازم می‌باشد (نوع اطلاعات، قالب آن، میزان دقت)؟

ب. مؤسسه شما چه استفاده‌ای از اطلاعات جمع‌آوری شده می‌کند (بانک اطلاعاتی، محاسبه شاخص، تجزیه و تحلیل، انتخاب راه حل مناسب و غیره)؟

ج. برای آینده، مؤسسه شما چه انتظاری از فناوری ارزیابی اتوماتیک ترک خوردگی در روسازیه‌ها دارد (دقت، قابل اعتماد و معتبر بودن، چند کاره بودن و غیره)؟

ضمیمه ۳- تجربه مؤسسات راه در ارزیابی عملکرد دستگاه

اطلاعات مندرج در این ضمیمه برگرفته از گزارشهایی می باشد که اخیراً منتشر شده و همچنین مطالبی که از مؤسسات راه و دانشگاهها گرفته شده است. پیارک، با همکاری اعضای خود و تولیدکنندگان اصلی دستگاههای ارزیابی اتوماتیک راه و به منظور جمع آوری اطلاعات در خصوص تجربیات مؤسسات راه و حمل و نقل در ارزیابی عملکرد سیستمهای اتوماتیک، پرسشنامه‌ای به تعدادی از این مؤسسات فرستاد. سئوالات بر روی روش انتخاب شده متمرکز بود و نتایجی که بدست آورده بودند مد نظر نبود. پرسشنامه در ضمیمه ۲ موجود است.

اداره راههای ایالتی مریلند، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۲

طبق قرارداد اعطا شده از جانب اداره راههای فدرال^۴ (FHWA)، اداره راههای ایالتی مریلند (MDSHA) پروتکل جدید PP44 را که AASHTO برای معرفی خرابیها به صورت کمی (به صورت عددی/کمی بیان کردن ترکها در روسازیهای آسفالتی) منتشر کرده است، ارزیابی نمود. به بیان دقیقتر، MDSHA قرار بود که دستگاه اتوماتیک اندازه گیری میزان ترک خوردگی در روسازیها را ارزیابی کند. در پاراگرافهای زیر فقط اطلاعات مربوط به آزمایش با این دستگاه گزارش شده است. این پروژه در سه مرحله انجام گرفت.

مرحله ۱- ارزیابی سیستم بر روی تعدادی منطقه تست

این مرحله امکان ارزیابی توانایی دستگاه در اندازه گیری ترک خوردگی به صورت اتوماتیک را بر اساس روشی که مورد استفاده قرار می گیرد، فراهم ساخت و باعث آشنایی با پروتکل کمی نمایی ترک AASHTO شد. یک برنامه ریزی برای مقایسه اندازه گیریهای دستی و اتوماتیک انجام گرفت. به این منظور MDSHA بیش از ۲۸ منطقه تست با انواع مختلف روسازی (سخت یا انعطاف پذیر)، حجم ترافیک (کم یا زیاد)، وضعیت روسازی (از خیلی بد تا خیلی خوب) و توزیع جغرافیایی (کوهستان، کوهپایه یا در طول ساحل) را انتخاب نمود. نتایج به سه روش بدست آمدند: با تمام جزئیات یا داده های خام، در قالبی که در پروتکل AASHTO پیشنهاد شده و با استفاده از PCI.

به واسطه مشکلات فنی در ارتباط با دستگاه، از جمله مشکلاتی در شناسایی ترکهای درزگیری شده و ترکهای کوچکتر از ۴ mm و همچنین تعیین ناحیه ۰/۱۲۵ m بین مسیر چرخها و قسمت مرکزی آنطور که در پروتکل AASHTO مشخص شده، مقایسه نتایج به آن صورتی که برنامه ریزی شده بود امکان پذیر نبود. با وجود این،

⁴ Federal Highway Administration (FHWA)

MDSHA قادر به این نتیجه‌گیری بود که پروتکل AASHTO برای شناسایی خرابیها در سطح شبکه مناسب می‌باشد.

مرحله ۲ - ارزیابی سیستم بر روی تعداد بیشتری منطقه تست

اندازه‌گیریها در ۲۹ منطقه، معادل ۳۵۲ km، با استفاده از اتومبیل تولیدکننده انجام گرفت. داده‌ها توسط MDSHA و بطور جداگانه توسط تولیدکننده پردازش شدند. به علاوه، یک گروه از متخصصین نیز اندازه‌گیریهای بصری انجام دادند تا نتایج ارزیابی و تأیید شوند. وقتی که نتایج مقایسه شدند، ۱۱ منطقه تست برای بررسی صحت آزمایش در محل انتخاب گردیدند. حدود ترک‌خوردگی بر اساس روش پروتکل AASHTO و با استفاده از الگوریتمی که MDSHA تهیه کرده بود، ذخیره شدند. داده‌ها مربوط به تعدادی نوارهای طولی از روسازی (داخل و خارج مسیر چرخها) بودند.

اطلاعات جمع‌آوری شده توسط MDSHA، تنها از لحاظ کل طول ترکها، با اطلاعات تولیدکننده هم مقایسه شدند. بررسیها نشان داد که نتایج هر دو نوع اندازه‌گیری برای کار در سطح شبکه یکسان بود. مقایسه نتایج ناشی از اندازه‌گیریهای دستی و اتوماتیک نیز نشان داد که ۹۴ درصد از اطلاعات جمع‌آوری شده با دستگاه اتوماتیک در محدوده انحراف معیار داده‌های مرجع قرار گرفت. لیکن، به دلیل اینکه در اطلاعات جمع‌آوری شده مقدار کمی از ترک‌خوردگیها در مسیر چرخها بودند، فقط ترکهای عرضی و طولی در نظر گرفته شدند بدون اینکه طبقه‌بندی آنها لحاظ گردد (اینکه ترک ناشی از خستگی است یا خیر).

مرحله ۳ - ارزیابی سیستم در سطح شبکه

به عنوان آخرین آزمایش، MDSHA ترک‌خوردگی روسازیهای کل ناحیه را اندازه گرفت. هدف از این کار بررسی امکان پردازش میزان زیادی اطلاعات در یک زمان معقول با ارایه نتایجی دقیق بود. MDSHA، منطقه‌بندیهای روسازی پیشنهادی در پروتکل AASHTO را بکار نبرد و به جای آن فقط از کل مقدار ترک‌خوردگی در یک قسمت، برای تهیه یک شاخص وضعیت روسازی، استفاده نمود. نتایج بدست آمده، اداره راه و حمل‌ونقل مریلند را متقاعد ساخت که استفاده از روش بکار رفته، در محیط کار عملی می‌باشد.

دانشگاه آرکانزاس، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۲

بعد از سالها تحقیق و توسعه، دانشگاه آرکانزاس خودرو برداشت داده‌های راه را برای جمع‌آوری و تحلیل اتوماتیک و بهنگام خرابیهای روسازی مورد آزمایش قرار داد. این وسیله مجهز به دوربینهای دیجیتالی با درجه وضوح بالا، الگوریتم‌های پردازشگر و یک سیستم کامپیوتری قوی بود.

این آزمایش در قسمتی از راه به طول ۴/۵ km انجام شد که به بخشهای کوچکتری به طول ۱۶۰ m تقسیم می‌شد. سرعت جمع‌آوری اطلاعات بین ۳۲ و ۶۴ km/h بود. به منظور بدست آوردن تصاویر با بیشترین کیفیت ممکن، اندازه‌گیریها در شب صورت گرفت.

سه پروتکل برای تحلیل بانکهای تصویر هر قسمت از روسازی مورد استفاده قرار گرفت: پروتکل AASHTO، شاخص ترک خوردگی جهانی (UCI) بانک جهانی و روش مؤسسه راه و حمل‌ونقل تگزاس. داده‌های تولید شده توسط واحد تحلیل ترک در همه آزمایشها مشابه بود. شاخص ترک خوردگی جهانی (UCI) برای تعیین تکرارپذیری سیستم تشخیص ترک در هر قسمت ۱۶۰ متری، مورد استفاده قرار گرفت. احتمال خطا که با استفاده از انحراف معیار متوسط و UCI متوسط محاسبه شد، ۱۵ درصد بود.

وزارت راه و حمل‌ونقل کبک، کانادا، ۲۰۰۱

در تابستان ۲۰۰۱، وزارت راه و حمل‌ونقل کبک به منظور ارزیابی توانایی دستگاه در اندازه‌گیری ترک بر اساس معیارهایی که در زیر آورده شده است، پروژه‌ای را بر روی یک منطقه تست با ترک خوردگی کنترل شده (ترکها بطور مصنوعی با استفاده از آره ایجاد شده بودند) اجرا نمود.

- نوع ترک - بررسی نماید که آیا دستگاه سه نوع ترک (عرضی، طولی و با پیچ و خم) را دقیقاً تشخیص می‌دهد و تعیین نماید که آیا هیچ یک از انواع ترک برای دستگاه ایجاد مشکل می‌کند.
 - بخش - بررسی نماید که آیا دستگاه، نوارهای روسازی ارزیابی شده را که در پروتکل AASHTO مشخص شده، دقیقاً تشخیص می‌دهد و تعیین نماید که آیا هیچ یک از انواع آن برای دستگاه ایجاد مشکل می‌کند.
 - روسازی آسفالتی - بررسی عملکرد دستگاه بر روی روسازیهای شنی و نیمه شنی^۵.
 - شدت ترک - تعیین حداکثر عرض ترک قابل تشخیص توسط دستگاه (۲ mm، ۳ mm، ۵ mm، ۶ mm، یا ۸ mm).
 - طول ترک - بررسی توانایی دستگاه در اندازه‌گیری دقیق ترکهای با طولهای مختلف (۳ m، ۵ m و ۸ m برای ترکهای طولی و پیچ و خم دار؛ ۳/۶ m برای ترکهای عرضی)
 - عمق ترک - ارزیابی توانایی دستگاه در اندازه‌گیری ترکهای عمیق یا سطحی (عمقهای برابر یا بزرگتر از فرورفتگها در بافت درشت روسازی)
- یک قسمت ۳۰۰ متری بر روی راهی با دو خط عبوری مجاور هم در نظر گرفته شد. چنانچه این دو خط عبوری آزاد می‌بود، یک منطقه تست با طول ۶۰۰ m و عرض ۳/۶ m می‌توانست برای ایجاد ترک با الگوی مورد نظر، مورد استفاده قرار گیرد.

⁵ semigranular

با توجه به تعداد مشخصاتی که باید مورد مطالعه قرار می‌گرفت، امکان ایجاد الگوی ترکی که تمام ترکیبات ممکن (۶۰۰ ترک طولی و ۱۰۰ ترک عرضی) را بر روی یک منطقه ۶۰۰ متری دربر بگیرد، نبود. بعلاوه، راه مورد نظر بخشی از شبکه راه بود و بعد از اتمام آزمایش، مورد استفاده دائمی قرار می‌گرفت. به همین دلیل تعداد ترکها باید محدود می‌بود. در نتیجه یک طراحی جزء به جزء^۱ برای طراحی در نظر گرفته شد تا مطمئن شوند که تمام مشخصات، مورد مطالعه دقیق قرار خواهند گرفت.

راه شامل ۱۷۰ ترک بود که توسط یک اره برقی گرد در روسازی آسفالتی ایجاد شده بودند. ترکها به طریقی که در زیر توضیح داده شده توزیع شده بودند:

۹۲ ترک در خط عبوری شمالی (رو به شمال) و ۷۸ ترک در خط عبوری جنوبی (رو به جنوب).

۲۰ ترک عرضی و ۱۵۰ ترک طولی و پیچ و خم دار.

برای هر یک از شدتهای نام برده، ۳۴ ترک: ۲ mm، ۳ mm، ۵ mm، ۶ mm، و ۸ mm (ترکهای ۱۰ میلی متری در طراحی در نظر گرفته شد ولی امکان ایجاد آن در محل نبود).

برای هر یک از طولهای نام برده، ۵۰ ترک: ۳ m، ۵ m و ۸ m بدون احتساب ۲۰ ترک عرضی ۳/۶ m

محل آزمایش به ۵ نوار طولی و ۶۰ قسمت ۱۰ متری تقسیم شد و بنابراین امکان ایجاد ترکها در ۳۰۰ سلول بوجود آمد. ابتدا محل ۲۰ ترک عرضی تعیین شد زیرا این ترکها باید در هر ۵ نوار طولی ایجاد می‌شدند. این ۲۰ ترک ۱۰۰ سلول را اشغال کردند و بقیه سلولها برای ۱۵۰ ترک دیگر باقی ماند. در هر سلول حداکثر یک ترک قرار داشت و سلولهای خالی به محدود کردن ظهور منظم یک ترک در هر ۱۰ متر کمک می‌کردند.

شکل (آرایش) سطح راه با اره نشانه‌گذاری شده امکان پردازش اتوماتیک تصاویر را راحتتر کرد. بنابراین تمام داده‌های مرجع می‌توانستند با در نظر گرفتن حضور یا عدم حضور ترک در هر سلول و همچنین طول و عرض آن بر طبق قرار ساخته شوند. اطلاعاتی که باید توسط دستگاه عبورکننده از روی سطح راه جمع‌آوری می‌شد شامل حضور، طول و عرض ترکها در هر نوار طولی و در هر قسمت ۱۰ متری بود. این کار امکان تطبیق هر ترک (سلول) در فایل‌های مرجع با اطلاعات بدست آمده از دستگاهی که قرار بود عملکردش ارزیابی شود، را آسان‌تر نمود.

در تابستان ۲۰۰۱، منطقه تست نشانه‌گذاری شده با اره برای ارزیابی عملکرد دستگاه پس از ده بار عبور از روی سطح راه و همچنین بررسی تکرارپذیری آن از لحاظ تشخیص ترک و تعیین طول و بزرگی آنها، مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS تحلیل شدند و هیچ نیازی به دخالت انسان در تطبیق

^۱ توضیحات در مورد طراحی جزء به جزء را می‌توانید در مرجع زیر بیابید:

ترکهای شناسایی شده در هر بار عبور دستگاه با مرتبه دیگر عبور یا تطبیق نتایج بدست آمده از دستگاه مورد مطالعه با اطلاعات مبنا نبود.

در نتیجه، آنالیزهای آماری سریع بودند و کمک کردند تا تعدادی از ویژگیهای دستگاه معلوم شوند. این ویژگیها از قرار زیر هستند:

- تعداد ترکهای شناسایی شده در هر یک از ده بار عبور دستگاه: بعضی از ترکها همیشه شناسایی می شدند. سایر ترکها فقط چند مرتبه و در صورت استفاده از وسایل مشخصی شناسایی شدند ولی همچنان امکان تعیین مشخصات آنها (مثل ترکهای با عرض ۲ mm و ۳ mm و ترکهایی که در قسمتهای کناری روسازی بودند) وجود داشت.

- تفاوت بین طول اندازه گیری شده و طول مرجع برای هر یک از ده بار عبور دستگاه: طول بعضی از ترکها بسیار متغیر بود که بستگی به دستگاه استفاده شده داشت. برای سایر ترکها، این تغییرات از ۲ درصد (۲ cm) تا ۱۸ درصد (۱۸ cm) بیشتر نبود.

- تفاوت بین شدت اندازه گیری شده و شدت مرجع برای هر یک از ده بار عبور دستگاه: بعضی از دستگاهها در ارزیابی این ویژگی مشکل داشتند. عدم وجود ترکهای با عرض بیشتر از ۸ mm تا حدی مطالعه عملکرد دستگاه را محدود کرد زیرا دامنه تغییرات در همه ترکهای آزمایش شده، در مقام مقایسه با آنچه که در واقعیت اتفاق می افتد، بسیار کوچک بود.

از آنجا که مقادیر مرجع کاملاً مشخص بودند و جایی برای اظهار نظر شخصی باقی نمی گذاشتند، بحث درباره آنها برای استفاده کنندگان خارجی که باید به عنوان مثال، دستگاهشان را از نظر دقت اندازه گیری تا حد قابل قبول از دید خریدار بررسی کنند، مشکل بود. دقت بسیار زیاد در اندازه گیری ترکهای ایجاد شده بوسیله اهر باعث خوشوقتی است زیرا تقریباً تمام تفاوتهایی که در اندازه گیریها مشاهده می شد می توانست به دستگاه نسبت داده شود.

در پایان باید گفت که تحلیل ترکهای منطقه تست نشانه گذاری شده با اهر، مؤسسه راه و حمل و نقل را از توانایی دستگاه مطلع ساخت و همچنین شرایطی را که در نتایج بدست آمده دارای اعتبار کمتری بودند، معلوم کرد.

دانشگاه آرکانزاس، ایالات متحده آمریکا،

یک تحقیق که در سال ۱۹۹۹ توسط مرکز راه و ترابری مک- بلکول^۷ وابسته به دانشگاه آرکانزاس انجام شده است، موقعیت فناوری اتوماتیک ارزیابی خرابی در روسازی را توضیح می دهد و آخرین سیستم های تولید شده توسط تولیدکنندگان پیشرو در ساخت تجهیزات اتوماتیک ارزیاب روسازی راه را ارزیابی می کند. در اکتبر

⁷ Mack-Blackwell

۱۹۹۷، مؤلف این مقاله عملکرد دستگاه تولیدکننده را در محل مورد مطالعه قرار داد. سپس در مارس ۱۹۹۸ سازنده دستگاه اطلاعات مربوط به خرابی بیش از حدود ۶۷۵ km روسازی را جمع‌آوری کرد.

وزارت راه و حمل‌ونقل ایالت آرکانزاس (AHDT) خرابیهای ۹ قسمت را بصورت دستی اندازه‌گیری کرده و نقشه‌های ترکهای مشاهده شده را تهیه نمود. لیکن فقط ۴ قسمت می‌توانست مورد استفاده قرار گیرد زیرا سایر نقشه‌ها به طور ناقص مورد ارزیابی قرار گرفته بود مثلاً آنها در خارج از ناحیه اندازه‌گیری شده، یا در جهت مخالف اندازه‌گیری اتوماتیک قرار گرفته بودند. طول هر قسمت ۳۰۵ m بود.

با توجه به تمایلی که به مقایسه نتایج هماهنگ وجود داشت، روش طبقه‌بندی که توسط سازنده دستگاه مورد استفاده قرار می‌گرفت برای جمع‌آوری اطلاعات از طریق اندازه‌گیریهای دستی نیز بکار گرفته شد. روسازی برای پنج نوع خرابی (ترک) تحلیل شد: خستگی (سوسماری)، بلوکی، عرضی و طولی در مسیر چرخها و خارج از مسیر چرخها. از آنجا که در نقشه ترکها معمولاً هیچ اطلاعاتی در مورد عرض ترک وجود ندارد، اطلاعات مربوط به درجات مختلف شدت ذخیره نشد. به منظور مقایسه، مقادیر مربوط به سه درجه بزرگی با هم ترکیب شده و یک عدد برای هر نوع خرابی بدست آمد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اختلاف قابل توجهی بین اندازه‌گیریهای اتوماتیک و دستی وجود دارد. مقایسه داده‌ها نشانگر این مطلب بود که سیستم اتوماتیک به راحتی ترکها را تشخیص می‌دهد. اختلافی که در طبقه‌بندی ترکها و بیان کردن آنها بصورت عددی (کمی) وجود دارد، به نظر زیاد می‌رسد.

این تحقیق به عوامل بالقوه زیر که اختلاف مذکور را شرح می‌دهند، اشاره کرد:

- در اندازه‌گیریهای اتوماتیک، مقادیر عددی هر ۱۰۰ متر یکبار جمع‌آوری می‌شوند که خیلی کمتر از اندازه‌گیریهای دستی است که هر ۱۲ و ۱۵ متر یکبار انجام می‌گیرد.
- نقاط شروع و خاتمه دقیق در اندازه‌گیریهای اتوماتیک کاملاً با نقاط شروع و خاتمه در اندازه‌گیریهای دستی مطابقت نمی‌کند که منجر به اختلاف فوق‌الذکر در اطلاعات می‌شود.
- دستگاه اتوماتیک به اندازه کافی دقیق نبود که نتایج آن بتواند قابل قیاس با اندازه‌گیریهای دستی باشد.

مؤسسه راه و حمل‌ونقل تگزاس، ایالات متحده آمریکا، ۱۹۹۸

گزارش مورخ می ۱۹۹۸ توسط مؤسسه راه و حمل‌ونقل تگزاس (TTI)، ارزیابی انجام شده توسط تعدادی از روشهای اتوماتیک و دستی جمع‌آوری اطلاعات مربوط به خرابیهای روسازی را شرح می‌دهد که مدیریت روسازی راه را برای مؤسسات محلی راه و حمل‌ونقل در ایالات واشنگتن و ارگان راحت‌تر می‌کند.

ابتدا یک روش برای طرح جمع‌آوری اطلاعات طراحی شد تا اطمینان حاصل شود که مناطق تست انتخاب شده، نماینده مناسبی از راههای با انواع مختلف روسازی و با وضعیتهای متفاوت باشد. قسمتهایی که دارای درخت، خطوط انتقال نیرو یا تیرهایی در امتداد کناره راه بودند که بر روی سطح روسازی سایه می‌اندازند و

احتمالاً در عملکرد بعضی از سیستم‌ها اثر می‌گذارند، عمداً انتخاب شدند. طول هر منطقه تست تقریباً ۱۵۰ متر بود و موقعیتش دقیقاً بر روی نقشه علامتگذاری شد. شماره، شروع و خاتمه هر منطقه بر روی نقشه نشان داده شد تا اطمینان حاصل شود که هر اندازه‌گیری بر روی همان قسمت انجام شده است. برای فراهم کردن یک تخمین منطقی از وضعیت روسازی به عنوان یک نقطه مرجع، یک گروه از TTI سه اندازه‌گیری دستی بر روی هر منطقه تست انجام داد.

از آنجا که مؤسسه راه و ایالات واشنگتن و ارگان برای اندازه‌گیری وضعیت موجود روسازیه‌ها در سطح شبکه از مقادیر وضعیت سازه‌ای روسازی (PSC) و شاخص وضعیت روسازی (PCI) استفاده کردند، این دو مقدار به عنوان معرف وضعیت بکار رفتند. اما بعضی از مؤسسات راه تمایل داشتند که از توانایی دستگاه اتوماتیک در ارزیابی اطلاعات درباره انواع مشخصی از خرابیها مطلع شوند. به این دلیل اطلاعات مربوط به خرابی به عنوان اطلاعات ضمیمه در گزارشها مندرج شد.

از چهار شرکت فعال در ارزیابی اتوماتیک روسازیه‌ها خواسته شد که تمام مناطق تست را ارزیابی کنند و نتایج را به صورتی که با برنامه محاسبه مقادیر PSC و PCI که در وزارت راه و حمل‌ونقل ایالت واشنگتن (WSDOT) و وزارت راه و حمل‌ونقل ارگان (ODOT) مطابقت داشته باشد، ارائه دهند. همچنین بازرسیهای انفرادی توسط تعدادی از مؤسسات راه در ایالات واشنگتن و ارگان صورت گرفت.

مدلهای تهیه شده از طریق تحلیلهای رگرسیون خطی، برای مقایسه داده‌های بدست آمده با فنون اتوماتیک جمع‌آوری اطلاعات مربوط به خرابی مورد استفاده قرار گرفته است. تعدادی از مدل‌های بدست آمده براساس اطلاعاتی که کارپردازان با استفاده از اندازه‌گیریهای اتوماتیک خرابی جمع‌آوری کرده بودند در طی تحقیق ارزیابی شدند و معلوم گشت که آنها قادر بودند مقادیر پایه (PSC و PCI) را با دقتی معادل و یا بیشتر از اندازه‌گیریهای دستی پیش‌بینی کنند. با وجود این، هیچ دلیل محکمی وجود نداشت که برای مقادیر پایه فوق‌الذکر، مدل یک شرکت بطور قابل ملاحظه‌ای برتر از مدل شرکت دیگر باشد. مدل‌های مربوط به یک نوع خرابی که توسط شرکتهای مختلف اندازه‌گیری شده بودند برتری یک مدل را نسبت به دیگری اثبات نکرد.

امکان دارد که یکی از دلایل اختلاف مشاهده شده بین مقادیر PSC و PCI، حد اتوماتیک بودن سیستم‌های آزمایش باشد. تولیدکنندگانی که دستگاه آنها برای تفسیر اطلاعات یا تأیید آنها یا برای تنظیمات به مداخله انسان نیاز داشت، برخلاف سیستم‌های کاملاً اتوماتیک قادر به تطبیق با تعاریف مشخص (WSDOT و ODOT) بودند. نویسندگان گزارش معتقدند که این وضعیت احتمالاً باعث ایجاد اختلاف زیادی بین مقادیر PSC و PCI می‌شود.

اداره راه و ترافیک، استرالیا

اداره راه و ترافیک (RTA) با همکاری سازمان تحقیقات علمی و صنعتی کشورهای مشترک‌المنافع (CSIRO) دستگاهی برای تشخیص و طبقه‌بندی ترک‌هایی با عرضی به کوچکی ۱ mm و بدون توجه به نوع روسازی، تولید کرد. دستگاه مذکور برای تعیین محدوده تشخیص ترک از نظر عرض و طول ترک و همچنین ارزیابی تکرارپذیری آن، در معرض اندازه‌گیریهای دقیقی در زمان تهیه و توسعه قرار گرفت.

سیستم ارزیابی احتیاج به دو مرحله زیر داشت:

- یک سری منطقه تست کوتاه، هر کدام به طول ۱۰۰ m، به منظور تأیید محدوده تشخیص برای هر نوع ترک در روسازیهای با وضعیتهای متفاوت؛
 - راههای با طول ۵ km به منظور ارزیابی تکرارپذیری پارامترهای ترک‌خوردگی گزارش شده که برای نشان دادن فواصل اندازه‌گیری ۱۰۰ m استفاده شدند.
- در طی عمل اندازه‌گیری، در ابتدا و انتهای ارزیابی هر ناحیه، پنج عبور متوالی دستگاه اتوماتیک بر روی قسمتهای ۵ کیلومتری صورت گرفت. سپس اطلاعات جمع‌آوری شده به منظور حصول اطمینان از باثبات بودن عملکرد سیستم در طول پروژه با هم مقایسه شدند.

مشخصات فنی دستگاه مورد ارزیابی برای شناسایی پارامترها و دقت مورد نیاز مورد استفاده قرار گرفتند. این دستگاه که توسط یک شرکت انگلیسی که قرارداد پنج ساله‌ای از جانب مؤسسه بزرگراهها با آن منعقد گردیده بود، ساخته شده بود، در موارد زیر مورد استفاده قرار گرفت:

- تستهای تعیین صلاحیت بر روی راههای کنترل آزمایشگاه تحقیقات راه و حمل‌ونقل،
- تستهای در سطح شبکه بر روی قسمتهایی از راههای اصلی نمونه در محلهای شهری و غیرشهری.

اندازه‌گیریهای دستی ترک‌خوردگی راه بر روی یک شبکه ۵۰۰ میلی‌متری که تقریباً ۱۰ km از راه را دربر گرفته بود انجام شد تا معلوم شود که آیا ترک در هر یک از مربعهای شبکه موجود بوده یا خیر. اطلاعات بدست آمده توسط دستگاه بر روی شبکه واقعی پیاده شد تا امکان مقایسه فراهم شود.

مرکز تحقیقات امور عمرانی، ژاپن

به منظور ارزیابی عملکرد دستگاه اندازه‌گیری ترک، معیار تعیین کیفیت وضع گردید. دو تست با سرعت km/h ۵۰ بر روی یک منطقه تست شناخته شده ۱۰۰۰ متری انجام شد. ارجحیت به مناطق تست در بخش مستقیم راه داده شد.

عملکرد دستگاه اتوماتیک با مقایسه نتایج بدست آمده از دستگاه و نتایج بدست آمده از اندازه‌گیریهای دستی، ارزیابی شد. دستگاه مذکور در سه ناحیه از پیش تعیین شده ۱ m × ۱ m مورد آزمایش واقع شد، تا توانایی آن در تشخیص ترکهای با عرض بیشتر از ۱۰۰ m معلوم شود.

اگر پس از انجام آزمایشها این دستگاه مورد قبول واقع نمی‌شد، سازنده آن باید اصلاحات لازم را اعمال می‌کرد تا معیارهای کیفیت مطلوب را کسب نماید. مرکز تحقیقات عملیات ساختمانی چنین نتیجه‌گیری نمود که تستها نتیجه‌بخش بودند ولی این مرکز در نظر دارد که نحوه ارزیابی کیفیت تشخیص ترک را که بسته به دستگاه مورد بررسی متفاوت خواهد بود، بهبود بخشد.

وزارت راه و حمل‌ونقل آیوا، ایالات متحده آمریکا

وزارت راه و حمل‌ونقل آیوا (Iowa DOT) فناوری را هر دو سال یکبار بر اساس این موارد ارزیابی می‌کند: دقت، تکرارپذیری، روش انجام کار و هزینه.

Iowa DOT دارای هشت منطقه تست ۵۰۰ متری می‌باشد که در ابتدا، وسط و انتهای پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرند. از بین این مناطق چهار منطقه دارای روسازی انعطاف‌پذیر هستند و سایر آنها دارای روسازی بتن سیمانی می‌باشند.

وزارت راه و حمل‌ونقل پنسیلوانیا، ایالات متحده آمریکا

وزارت راه و حمل‌ونقل پنسیلوانیا (PENNDOT) دستگاههای اندازه‌گیری اتوماتیک را با استفاده از ۲۵۰ ناحیه به طول ۳۰/۵ m و ۲۰۰ ناحیه به طول ۸۰۵ m ارزیابی می‌کند. این سازمان قبل از شروع آزمایش، اندازه‌گیریهای دستی بر روی این نواحی انجام می‌دهد.

دو تحقیق جداگانه در مناطق آزمایش انجام می‌گیرد. اولین مورد به توانایی دستگاه در تشخیص انواع مختلف خرابی توجه دارد. تا این مرحله، بخشهای کوتاه ۳۰/۵ متری واقع شده در مناطق ۱۵۲ متری مورد آزمایش قرار می‌گیرند. مجریان طرح نمی‌دانند که کدام یک از قسمتها در هر تحقیق بکار می‌روند.

تحقیق دوم چگونگی تأثیر دستگاه مورد ارزیابی را بر روی سیستم مدیریت راههای PENNDOT بررسی می‌کند. یک تست بر روی مناطق ۸۰۵ متری انجام می‌شود تا توانایی هر مجری طرح در جمع‌آوری، ترکیب و

ابلاغ اطلاعات در سطح شبکه، بر اساس تعاریف PENNDOT از خرابی و شرایط آن در تهیه گزارشهای تحلیل، ارزیابی گردد.

مشخصات زیر در این دو تحقیق ارزیابی شده‌اند:

- راههای با روسازی آسفالتی (سه درجه شدت):
 - ترکهای ناشی از خستگی (طول قسمت)
 - ترکهای عرضی (تعداد ترکها و کل طول ترک در هر قسمت)
 - ترکهای گوناگون (طول قسمت)
 - ترکهای لبه (طول قسمت)
 - لکه گیری سطح (بدون در نظر گرفتن شدت، تعداد و مساحت در هر بخش)
- راههای با روسازی بتن سیمانی (دو یا سه درجه شدت):
 - درزهای خراب شده (تعداد درزها در هر قسمت)
 - دالهای شکسته (تعداد دالها در هر قسمت)
 - ترکهای عرضی (تعداد دالها در هر قسمت)
 - قلوه‌کن شدن درزهای عرضی (تعداد درزها در هر قسمت)
 - لکه گیری سطح (شدت در نظر گرفته نشد، تعداد و مساحت در هر بخش)

وزارت حمل و نقل، مدیریت امور عمرانی و آب، هلند

هر سال، بخش راه و مهندسی هیدرولیک (DWW) وزارت حمل و نقل هلند، امور عمرانی، و مدیریت آب نیمی از راههای اصلی شبکه را با استفاده از اتومبیل چندکاره ارزیابی می‌کند. مشخصات اندازه‌گیری شده شامل گودی، IRI، طرح هندسی راه و هوازگی آسفالت متخلخل می‌باشد.

در سال ۱۹۹۸ - ۱۹۹۷، تستهایی برای ارزیابی ترک خوردگی با استفاده از سیستم اتوماتیک اتومبیلهای چندکاره، انجام شد. نتایج رضایت‌بخش نبودند زیرا سیستم فقط ترکهای با عرض ۳ میلی‌متر و بیشتر را شناسایی کرد درحالیکه حداقل عرض ۲ mm مورد نیاز بود. از آن زمان به بعد، بخش مذکور شناسایی هوازگی آسفالت متخلخل را جزء نیازهای درجه اول قرار داد. پیش‌بینی می‌شود که وقتی امکان شناسایی مؤثر ترکهای ۲ mm و طبقه‌بندی اتوماتیک آنها فراهم شود، این فناوری بتواند در سطح راههای شبکه مورد استفاده قرار گیرد.



WORLD ROAD ASSOCIATION – PIARC

ROAD AND TRANSPORTATION MINISTRY
DEPUTY OF
EDUCATION, RESEARCH AND TECHNOLOGY

AUTOMATED PAVEMENT CRACKING ASSESSMENT EQUIPMENT (STATE OF THE ART)

UNIT OF
TECHNOLOGY & COMMUNICATION WITH
SPECIALIZED ORGANIZATIONS

PIARC SECRETARIAT IN IRAN

83/RRRI/133