

بررسی روشهای ارزیابی مقاومت لغزشی شبکه راهها و تعیین روش اصلاح تغییرات فصلی آنها

مقاله پژوهشی

محمد رضا سلیمانی کرمانی*، استادیار، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: soleimani@hrc.ac.ir

دریافت: ۹۹/۰۱/۰۸ - پذیرش: ۹۹/۰۵/۰۵

صفحه ۱۴۹-۱۳۵

چکیده

تغییرات فصلی مقاومت لغزشی رویه‌های آسفالتی یک پدیده مکرر است که توسط محققان زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. تأثیر تغییرات فصلی در مناطق مختلف جغرافیایی دلیل مقادیر مختلف بارندگی متغیر است. در طول ماه‌های تابستان، به خصوص در طول زمانهای طولانی خشک، تراشه‌های کوچک سنگ روی سطح به طور مداوم در اثر حرکت خودروها به ذرات ریز آرد مانند تبدیل شده و به عنوان یک عامل پرداخت کننده عمل می‌کند. در طول باران‌های طولانی (ماه‌های زمستان)، مواد بسیار ریز از بین می‌روند و شن و ماسه‌های سنگین تر و زبر تر بجا می‌مانند که مانند سمباده عمل صیقل دهی را انجام می‌دهند. در نتیجه مقاومت لغزشی سطح را ایجاد کردن بافت درشت افزایش می‌دهد. تعداد متغیرهای زیادی بر روی اندازه گیری مقاومت لغزشی تأثیر گذارند. هنوز این امکان وجود ندارد که به طور کامل تأثیرات احتمالی عوامل مختلف تأثیرگذار بر تغییرات فصلی مقاومت لغزشی مورد ارزیابی قرار گیرد. اندازه‌گیری دقیق تغییرات فصلی در مقاومت در برابر لغزش یک کار نسبتاً پیچیده است. این مقاله به معرفی و بررسی روشهای مختلف اصلاح فصلی مقاومت لغزشی موجود در دنیا پرداخته و امکانسنجی استفاده از آنها را مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات فصلی، مقاومت لغزشی، صیقل دهی، بافت درشت

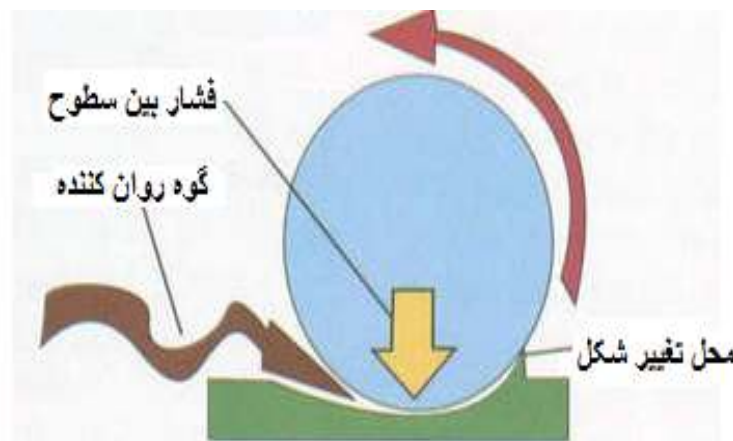
۱-مقدمه

(2008). عملکرد رویه آسفالتی فراهم کردن یک سواری ایمن و راحت برای کاربران جاده برای طیف مشخصی از سرعت است. یکی از مهمترین عواملی که عملکرد آسفالت را از نظر ایمنی تعیین می‌کند، میزان مقاومت لغزشی روسازی آن است (Meegoda and Gao 2015). رانندگی ایمن به مقاومت لغزشی سطح کافی برای مانور و ترمز بستگی دارد. اما، در صورت وجود جاده لغزنده، مانور اضطراری لازم به دلیل لغزندگی می‌تواند باعث از دست دادن کنترل یا حتی تصادف شود (Flintsch, G.W. et al., 2012). تخمین زده شده است که تقریباً ۳۵٪ از تصادفات به دلیل لغزندگی ایجاد می‌شود، در حالی که

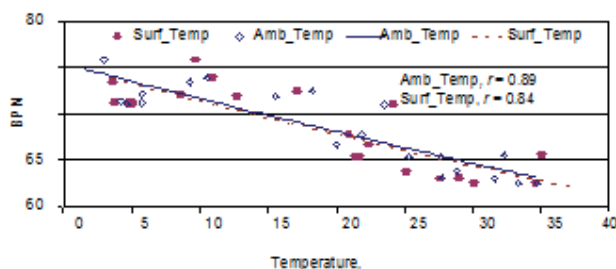
هدف از احداث بزرگراه‌ها خدمت‌رسانی به حمل و نقل انسانها و باربری به صورت ایمن، راحت و اقتصادی با حفاظت همزمان از خاک طبیعی است. این بدان معنی است که یک سازه روسازی نیاز به افزایش شرایط سرویس‌دهی دارد. برای تحقق این امر، ابتدا رویه آسفالتی باید ساختاری مناسب داشته باشند تا بتوانند بارهای ترافیکی فزاینده ای را تحت تأثیر چندین شرایط محیطی و اقلیمی تحمل کنند. بنابراین، ضروری است که مسئولان راهداری از اهمیت نظارت و ارزیابی عملکرد روسازی آسفالت، با هدف بهبود دوام روسازی و ایمنی جاده‌ها در کنار دیدگاه‌های زیست محیطی و توسعه پایدار آگاه شوند (Losa, M., et al,

در برابر لغزش در فصول مرطوب و خشک عملکرد متفاوتی را نشان می دهد. فرضیه اصلی این است که در طول ماه های تابستان خشک، مقاومت در برابر لغزش کمتر است زیرا لاستیک های وسیله نقلیه باعث می شوند که آوارهای موجود از هم پاشیده شده به طور مداوم در سطح روسازی پراکنده شوند و گرد و غبار ریز تولید شده باعث صیقل خوردن سنگدانه های سطح گردند. از طرف دیگر، در طی ماه های مرطوب زمستان، آوارهای سست تحت تأثیر بارندگی و ترافیک به راحتی از سطح خارج می شوند. در این حالت، ضایعات درشت تر بیشتر غالب هستند و تحت حرکت لاستیک های وسیله نقلیه، سطح روکش آسفالت را زبر تر می کنند و در نتیجه سطح مقاومت لغزشی بالاتر می رود (Dunford and Roe, 2010; Do et al., 2007; Donbavand and Cook, 2005). عاملی که در مقاومت در برابر لغزش روسازی موجود تأثیر گذار است (Xie et al., 2018). با این حال، ترکیبات لاستیک های مدرن برای حذف اثر دما در اصطکاک تحت سرعت و درجه حرارت نرمال تنظیم شده اند. به طور معمول، اصطکاک در دماهای بالا که لاستیک نرم می شود کاهش می یابد زیرا هیستریزس تحت تأثیر خاصیت ویسکوالاستیک لاستیک قرار می گیرد. همچنین هرچه دما کمتر باشد، اصطکاک سریعتر کاهش می یابد (Xie et al., 2018). این درجه حرارت های بالاتر به طور معمول در هنگام ترمز گرفتن زیاد صورت می گیرد (Anupam et al., 2013) (شکل ۲).

بهبود ۱۰٪ در سطح متوسط مقاومت در برابر لغزش، ۱۳٪ از تصادفات ناگهانی را کاهش می دهد (Rodriguez, O.D.R., 2009). مقاومت در برابر لغزش به عنوان نیروی مقاومتی تعریف می شود که مانع چرخش یک تایلر در امتداد سطح روسازی شود (AASHTO, 2008; Kogbara et al., 2016; Plati et al., 2014). مقاومت در برابر لغزش سطح روسازی عمدتاً به تعامل لاستیک و نتیجه حاصل از نیروی مقاومت لغزشی اشاره دارد (Kogbara, R.B, E., et al., 2016). مقاومت لغزشی روسازی به طور عمده از دو مؤلفه اساسی تشکیل شده است: چسبندگی و هیستریزس (Kane et al., 2017). چسبندگی ناشی از ایجاد پیوندهای مولکولی بین آج لاستیک و سطح روکش است. این امر یک نیرو برشی را به منظور مطابقت با سختی های تماسی مصالح سطحی ایجاد می شود وقتی که آج تایلر شکل خود را تغییر می دهد (Wilson, 2005). به این ترتیب، بافت ریز سنگدانه ها روی مؤلفه چسبندگی تأثیر می گذارد (Prowell, B.D., et al., 2003). هیستریزس به دلیل فشرده سازی مداوم ایجاد می شود که آج تایلر در هنگام تماس با مصالح، تجربه می کند. این در مراحل مداوم باعث از بین رفتن انرژی به صورت گرما می شوند (Hall, J.W. et al., 2009). در نتیجه، هیستریزس تحت تأثیر شکل کلی سنگدانه ها قرار دارد و این نشان می دهد که بافت درشت بر این مؤلفه تأثیر گذار است (شکل ۱). به طور کلی، یک سطح روسازی معمولی از نظر سطح مقاومت



شکل ۱. شماتیکی از عوامل موثر در فرایند لغزش



شکل ۲. اثر سطح روسازی و دمای محیط بر تغییر مقاومت لغزشی ماهانه

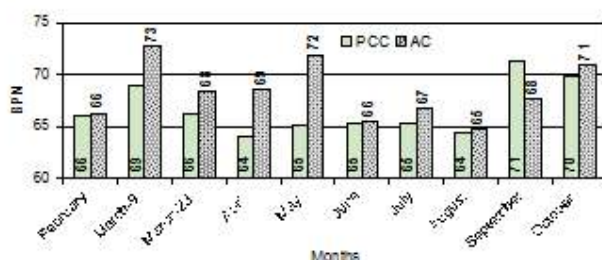
۲- پیشینه تحقیق

مطالعات زیادی در سراسر جهان انجام شده است تا از طریق مدل سازی عددی پیشرفته تعامل لاستیک و آسفالت، در مورد اجزای مقاومت لغزشی فوق مورد تحقیق قرار گیرد. روش المان محدود (FEM) به طور گسترده‌ای برای این هدف مورد استفاده قرار گرفته است (Ahmed, Anupam, M.A., 2009; Hall et al., 2009). K., et al., 2013 یک مطالعه پارامتری برای ترکیب اثر چند عامل مؤثر در مقاومت لغزشی هیستریک لاستیک در بالای سطح روکش آسفالت، از جمله دمای روکش، دمای محیط، پروفایل های مختلف بافت درشت یا مشخصات لغزش تایر انجام داده است. آیا و همکاران (۲۰۱۳) بر همبستگی شدید بین مقاومت لغزشی و تعداد تماس با نقاط مختلف جاده تاکید کردند که وابستگی به عمق آب از مقاومت لغزشی را نشان می دهد. آنها مشاهده کردند که وقتی عمق آب تقریباً نواحی مخاطب را در بر می گیرد، تعداد و ارتفاع آنها در احتمال لغزش بسیار ضروری می باشد. با توجه به موارد فوق، آشکار می شود که اندازه گیری دقیق تغییرات فصلی مقاومت لغزشی یک کار نسبتاً پیچیده‌ای است. به همین ترتیب، هنوز تأثیر احتمالی بررسی عوامل مختلف تأثیرگذار بر تغییرات فصلی بر مقاومت لغزشی امکان پذیر نیست، زیرا هنوز دشوار است که تأثیر کاملی از تغییرات فصلی در مقاومت لغزشی را توسط هر یک از عوامل در نظر گرفت، و بطور جداگانه آن را در شرایط مختلف جاده اعمال کرد (Del Val, Bijsterveld, 2015). با این حال، با توجه به اینکه راه‌آنها توصیه‌هایی را برای ایمنی در برابر لغزندگی یا بر اساس تجربه گذشته یا اندازه گیری مقاومت لغزشی ارائه می دهند (Anupam, K., et al., 2013).

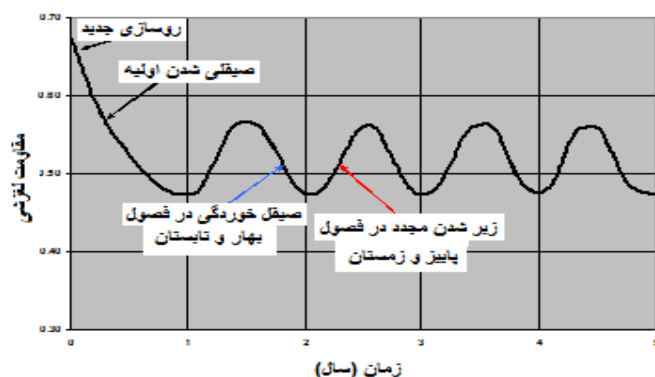
۳- زمان مناسب ارزیابی، تفصیر و اصلاح

تغییرات فصلی مقاومت لغزشی

مقاومت لغزشی در طول سال متغیر است و کمترین مقادیر مربوط به پایان تابستان و بالاترین مقدار در طول زمستان است. نکته مهم جهت یاد آوری این است که سطوح جاده‌ها به دلیل مرطوب بودن لغزنده می‌باشند و خطر تصادفات وجود دارد و نباید با افزایش مقاومت لغزشی در طول زمستان اشتباه گرفته شود (سلیمانی ۱۳۹۸). برای به حداقل رساندن این اثر فصلی، آزمایش های مقاومت لغزشی محدود به ماه‌های تابستان هر سال در نظر گرفته شده است (شکل ۳). با این وجود این تغییرات در سال یا به طور صحیح در تابستان، بخش‌هایی از بزرگراه مورد آزمایش در زمان‌های مختلف در طول تابستان می توانند سطوح مختلف مقاومت لغزشی را ثبت کند حتی اگر در همان روز مورد آزمایش قرار گیرند. بنابراین، تغییرات "طول سال" می‌تواند به استفاده ناکارآمد از منابع تعمیر و نگهداری منجر شود زیرا این بخش‌ها مقطع میانی تابستان آزمایش شده است بیشتر احتمال دارد که به غلط برای تعمیر معرفی شوند نسبت به مقاطعی که در اوایل یا اواخر تابستان آزمایش می‌شوند (et al. 2015). Bijsterveld هنگامی که سطح یک روسازی جدید کمی صیقلی شد و به حالت تعادل رسید (معمولاً در بازه ۱۲ ماه) تغییرات فصلی مقاومت ناشی اثر تغییرات فصلی که در زمستان افزایش و در تابستان کاهش می‌یابد را می‌توان مشاهده کرد (شکل ۴).



شکل ۳. تغییر مقاومت لغزشی ماه به ماه سطح روسازی



شکل ۴. تغییرات فصلی مقاومت لغزشی ناشی از اثر تغییرات فصلی است که در زمستان افزایش و در تابستان کاهش می‌یابد.

فصل‌های خشک) و کمترین مقدار مقاومت لغزشی اندازه‌گیری شده مشاهده می‌شود. با این حال، به عنوان یک روش معمول، اندازه‌گیری مقاومت در برابر لغزش بیش از یک بار در سال انجام می‌شود.

باشد (CSC) عنوان اندازه‌گیری مقاومت لغزش فصلی اصلاح شده سطح روسازی است) (سلیمانی ۱۳۹۸). در خصوص استفاده در ایران پیشنهاد می‌گردد. برای شروع و حصول تجربه کافی از دستگاه‌های اندازه‌گیری مقاومت لغزشی گریپ تستر (Grip Tester) شبکه‌ای به دلیل اقتصادی بودن قیمت‌ها و سادگی استفاده از آنها، ترجیح داده می‌شود (شکل ۵). یکی دستگاه گریپ تستر با استفاده از لاستیک با پروفیل صاف، و آج دار می‌تواند آزمایشهای مختلف را انجام دهد (سلیمانی ۱۳۹۸). دستگاه‌های

ارزیابی و تفسیر هر اندازه‌گیری میدانی احتمالاً باید بر فصل سال منطبق باشد. در راستای این امر، استانداردهای خاصی دارد (Williamsleatag, 2015)، با استفاده از اصطلاحات اندازه‌گیری مقاومت لغزشی مرطوب و خشک توصیه می‌شود تا مقاومت لغزشی سطح تحت شرایط استاندارد اندازه‌گیری شود. این کار باید در دوره‌هایی انجام شود که وقوع بارندگی کمتر اتفاق می‌افتد (به عنوان مثال،

دستگاه‌های مناسب برای اندازه‌گیری مقاومت لغزشی در ایران

ارزیابی مقاومت لغزشی سطوح جاده‌ها در ایران می‌تواند با استفاده از یک دستگاه ارزیابی کننده مداوم ضریب نیروی جانبی (SCRIM) از TRL و یا یک دستگاه گریپ تستر ساخته شده توسط Findlay Irvine که توسط یک ماشین یا ون کشیده می‌شود انجام شود (شکل ۵). "گریپ تستر" سطح جاده مقاومت لغزشی را ثبت می‌کند که بعد از آن به مشخصه (CSC) SCRIM تبدیل می‌شود، بسیار مناسب

مکان‌های بالقوه خطرناک تعیین شود (سلیمانی ۱۳۹۸). تنها از روی عملکرد در سرویس‌دهی روسازی و سایر موارد از قبیل، ویژگی‌های مصالح روسازی، سطح ترافیک، اثرات آب و هوایی، و سایر تاثیرات دقیقاً نمی‌توان پیش‌بینی کرد که چه مقدار تغییر در مقاومت لغزشی از زمان طراحی اولیه روسازی تاکنون صورت پذیرفته است. ارزیابی مقاومت لغزشی سطح جاده‌ها برای شناسایی مناطقی که بافت ریزشان بوسیله جریان ترافیک از بین رفته است، انجام می‌شود. در این خصوص ممکن است تعمیرات برای بهبود مقاومت لغزشی سطح ضروری باشد.



شکل ۵. سمت راست دستگاه SCRIM و سمت چپ دستگاه گریپ تستر را نشان می‌دهد.

آزمایش پاشیده می‌شود و برای شبیه‌سازی شرایط آب و هوایی مرطوب مورد آزمایش قرار می‌گیرد. SCRIM باید بعد از هر ۱۰۰۰ کیلومتر ارزیابی یا هر هفته کاری، کالیبره شود و یا هر کدام از اینها ابتدا رخ دهد. از طرف دیگر، طبق روش آزمایش RTA T189، روشهای ذکر شده لزوماً با روش‌های به دست آمده توسط سایر روش‌های اندازه‌گیری مقاومت لغزشی روسازی یکسان نمی‌باشد. جدول ۱ موارد استفاده از SFC50 یا SFC20 در موقعیتهای مختلف را نشان می‌دهد. اندازه‌گیری مقاومت لغزشی سالانه در اکثر خطوط راه توسط ضریب SCRIM در هر دو مسیر چرخ (رفت و برگشت) و بافت درشت اندازه‌گیری می‌شود. همانطور که مقاومت لغزشی در طول زمان متغیر است، داده‌ها با تغییرات فصلی اصلاح شده و نرمالیزه می‌گردد و برای تغییرات هر سال و همچنین تغییرات بین سالی برای به دست آوردن ضریب تعادل اسکریم استفاده می‌شود. ضریب تعادل اسکریم به عنوان یک عامل برای اولویت بندی تعمیر و نگهداری پوشش‌های سطحی برای اصلاح مقاومت لغزشی از طریق سطح تحقیق

اندازه‌گیری مقاومت لغزشی SCRIM نیز به دلیل مزایای این دستگاه‌ها برای اندازه‌گیری طول جاده‌ها به طور مداوم اندازه‌گیری می‌شوند نیز برای شرایط ایران مناسب است و همچنین این دستگاه بافت بزرگ سطح شبکه جاده را ارزیابی می‌کنند. مناسب بودن SCRIM برای شبکه‌های جاده‌ای ایران باید با تجزیه و تحلیل کارایی دقیق و مقرون به صرفه آنها ارزیابی شوند. از آنجایی که در ایران هیچ تجربه اندازه‌گیری مقاومت در برابر بارگیری دوره‌ای وجود ندارد، آستانه‌ها باید با استفاده از آمارهای بدست آمده موجود تصادفات و محاسبات نظری تعیین شود. همچنین توصیه می‌شود که آستانه مقاومت لغزشی بالاتری در

در زیر نکات توضیحی مختصر در مورد عملکرد و ارزیابی نتایج مقاومت لغزشی SCRIM اندازه‌گیری شده است: ضریب نیروی جانبی اندازه‌گیری مقاومت لغزشی است. بدیهی است که بین شرایط خشک و مرطوب متفاوت است. SCRIM دارای یک چرخ آزمایش چرخان آزاد است که با یک تاپر صاف استاندارد و در جهت حرکت وسیله نقلیه آزمایش در زاویه ۲۰ درجه در حرکت است تا نیروی جانبی قابل اندازه‌گیری را تولید کند. SFC نسبت نیروی ایجاد شده در زاویه قائم نسبت به محور چرخ و به بار روی چرخ می‌باشد. (مقدار SFC به صورت خروجی SCRIM تقسیم بر صد بیان شده است). SCRIM با سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت رانده می‌شود. در مکان‌های خطرناک، سرعت ممکن است به ۲۰ کیلومتر در ساعت کاهش یابد. سپس نتایج به عنوان SFC50 یا SFC20 تفکیک می‌شوند. بطور کلی خط مورد ارزیابی خطی است که توسط اکثر خودروها استفاده می‌شود. در موقعیت‌های روستایی خط آهسته کناری خط ارزیابی است. رویه راه که همیشه با یک فیلم آب در زیر لاستیک (های) چرخ

و سطح آستانه و مناسب برای گروه منطقه‌ای (SC) با خطر قرار می‌گیرد. (سلیمانی ۱۳۸۹)

تصادف رانندگی برای منطقه دارای ریسک مورد استفاده

جدول ۱. موارد استفاده از SFC50 یا SFC20 در موقعیت‌های مختلف

گروه منطقه (SC)	توضیحات	کلیه راه‌های اولیه و جاده‌های ثانویه با < ۲۵۰۰ و وسیله نقلیه / خط / روز	جاده‌هایی با < ۲۵۰۰ و وسایل نقلیه / خط / روز
۱	تقاطع‌های کنترل شده با چراغ راهنما گذرگاه‌های عابر پیاده / مدرسه تقاطع راه‌آهن، به دورگرد نزدیک است.	SFC50 – 0.55	SFC50 – 0.50
۲	منحني‌هایی با شعاع = > ۲۵۰ متر شیب ≤ ۵٪ و = ۵۰ متر طول آزادراه / دارای رمپ‌های خاموش / روشن	SFC50 – 0.50	SFC50 – 0.45
۳	تقاطع	SFC50 – 0.45	SFC50 – 0.40
۴	مناطق بدون مانور از جاده‌های تقسیم بندی نشده	SFC50 – 0.40	SFC50 – 0.35
۵	مناطق بدون مانور از جاده‌های تقسیم‌بندی شده	SFC50 – 0.35	SFC50 – 0.30
۶	منحني‌هایی با شعاع = > ۱۰۰ متر	SFC20 – 0.60	SFC20 – 0.55
۷	میادین	SFC20 – 0.55	SFC20 – 0.50

۴-بررسی فرآیند داده‌ها

پس از اتمام ارزیابی، داده‌ها در یک سیستم مدیریت داده مناسب بارگذاری می‌شوند و به شبکه جاده تراز می‌شوند. آمار برای هر زیر مجموعه ۱۰ متر جمع‌آوری شده در محدوده سرعت ۲۵ تا ۸۵ کیلومتر در ساعت باید با استفاده از معادله زیر با سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت اصلاح شوند:

(۱)

$$SR(50) = SR(s) * (-0.0152 * s^2 + 4.77 * s + 799) / 1000$$

جایی که:

SR(50) اصلاح شده به ۵۰ کیلومتر در ساعت است

SR ضریب نیروی جانبی ضرب در ۱۰۰ است که با سرعت ارزیابی اندازه‌گیری می‌شود. این موضوع در استاندارد انگلیسی

BS7941-1 بیان شده است.

اصلاح دما برای ارزیابی‌های انجام شده تحت شرایط مندرج در این استاندارد اعمال نمی‌شود. مقادیر SC برای هر زیر مجموعه ۱۰ متر که مقدار SR معتبر با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود.

(۲)

$$SC = (SR(50) / 100) * SFC$$

جایی که: SFC شاخص ضریب نیرو در حال حاضر ۰/۷۸ است و برای کلیه دستگاه‌های ارزیابی اعمال می‌شود.

بررسی سطح پوشش

بنابراین شبکه‌های بزرگتر به مناطق کوچکتر تقسیم می‌شوند و ضریب اصلاح کننده در هر منطقه جداگانه تعیین و اعمال می‌گردد. کل شبکه فقط یک بار در طول فصل آزمایش در هر سال مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. ارزیابی‌ها باید به گونه ای برنامه ریزی شود که در سال های متوالی هر طول جاده در قسمت‌های اولیه، میانی و اواخر فصل مورد ارزیابی قرار گیرند. به عنوان مثال مسیری که در اوایل فصل در سال ۱ آزمایش شده است می‌تواند در اواخر فصل در سال ۲ و در بخش میانی فصل در سال ۳ آزمایش شود. در سال چهارم، این آزمایش در قسمت اول فصل دوباره، و غیره.

کاربر دستگاه ارزیابی کننده باید یک گزارش از سطح پوشش ارزیابی که جزئیات شبکه مورد نظر، طول مسیر با اطلاعات گم شده یا نادرست، و همچنین توضیح در خصوص داده‌های گم شده یا نامعتبر را ارائه دهد.

روش‌های مختلف اصلاح تغییرات فصلی در اندازه‌گیری مقاومت لغزشی

سه روش زیر برای اندازه‌گیری وضعیت مقاومت لغزشی روسازی برای محاسبه CSC با استفاده از عامل‌های اصلاحی تغییرات فصلی مورد بررسی می‌باشد:

- روش ارزیابی سالانه مقاومت لغزشی (SASS)
- رویکرد منطقه معیار
- محاسبه ضریب میانگین تابش تابستان (MSSC)

محاسن استفاده از روش SASS
رویکرد SASS در هر سال فقط به یک ارزیابی نیاز دارد. بنابراین از نظر اقتصادی مناسب است که کل شبکه هر سال ارزیابی گردد و مقادیر CSC سالانه تولید شود. با استفاده از روش SASS، مقاومت لغزشی در هر دو سال و بین سال نیز می‌تواند مورد محاسبه قرار گیرد. تعیین عوامل اصلاح کننده (و بنابراین تأمین مقادیر CSC) پس از پایان هر دوره ارزیابی بجای پایان فصل ارزیابی امکان پذیر است.

روش ارزیابی سالانه مقاومت لغزشی برای محاسبه CSC راه‌اندازی‌ها می‌توانند سطح مقاومت لغزشی را در شبکه بزرگراه‌ها را با انجام ارزیابی های سالانه مقاومت لغزشی (SASS)، مدیریت کنند. این ارزیابی‌ها با استفاده از عوامل اصلاحی تحت عنوان "عوامل اصلاح تعادل محلی" برای تغییرات فصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش در سال ۲۰۰۷ برای محاسبه LECFS در کشور انگلستان استفاده شده است و مجدداً در سال ۲۰۱۴ مورد استفاده قرار گرفت. رویکرد (SASS) مبتنی بر ارزیابی سالانه شبکه راه است. از خصوصیات این روش، اندازه‌گیری ۳ سال گذشته برای توصیف مقاومت لغزشی دراز مدت شبکه استفاده می‌کند. این مقدار با میانگین مقاومت لغزشی شبکه در سال جاری، برای محاسبه یک ضریب اصلاح کننده که برای داده‌های سال جاری به صورتی انجام می‌شود تا مقادیر ارزیابی جاری مطابق با میانگین ارزیابی بلند مدت باشد.

معایب رویکرد SASS

پردازش داده‌های ارزیابی به منظور تعیین عوامل اصلاح کننده می‌تواند به نیروی کارگر بیشتری نیازمند باشد. رویکرد SASS تغییرات سالانه را در نظر می‌گیرد در حالیکه محاسبات تحت تأثیر نگهداری انجام شده در سه سال گذشته است. به این ترتیب بخش هایی که در سه سال گذشته تعمیر روسازی شده اند، باید برای تعیین عوامل اصلاح از روش محاسبه حذف شوند. اگر یک ارزیابی خارج از دوره ارزیابی تعیین شده انجام شود، برای محاسبه ضریب اصلاح کننده نیاز به پردازش اضافی داده‌ها است. ضریب اصلاح کننده به دست آمده در نتیجه دقت کمتری در مقدار CSC نشان می‌دهد. ارزیابی‌های انجام شده در خارج از دوره ارزیابی هدف برای سال جاری نیز می‌تواند از دقت عوامل اصلاح محاسبه شده در سه سال آینده بکاهد.

روش محاسبه رویکرد SASS

تأثیر تغییرات فصلی در مناطق جغرافیایی مختلف متغیر خواهد بود (به عنوان مثال به دلیل مقادیر مختلف بارندگی)،

ضریب تعادل اصلاح کننده منطقه (LECF)

مجموعه‌ای از بخش‌های جاده یا مسیرهایی است که برای آن یک عامل اصلاح کننده تعیین می‌شود. یک منطقه باید به اندازه کافی کوچک باشد تا به طور معمول شرایط آب و هوایی مشابه در داخل آن تجربه شود و به اندازه کافی بزرگ باشد تا یک مقدار پایدار برای نشان دادن مقاومت لغزشی طولانی مدت محاسبه شود. این رویکرد بر اساس این فرض استوار است که اثرات اقلیمی منتهی به تغییرات فصلی، بر کلیه جاده‌های یک منطقه محلی به روشی مشابه تأثیر می‌گذارد. ضریب تعادل منطقه (LECF) یک عامل اصلاح کننده است که برای هر منطقه تعیین می‌شود تا داده‌های سال جاری را مطابق با سطح میانگین بلند مدت برساند. با استفاده از ارزیابی کلیه بخش‌های جاده‌ای در یک منطقه به طور هم زمان، این روش می‌تواند مؤلفه تغییرات فصلی در یک سال و همچنین تغییر بین سال‌ها را حذف کند. کلیه بخش‌های جاده‌ای در هر منطقه باید در همان بخش از فصل ارزیابی شوند.

LECF در سه مرحله محاسبه می‌شود

الف- ضریب تعادل منطقه (LESC) بر این اساس استوار است که میانگین مقاومت لغزشی را برای سالهای اخیر در محل نشان دهد. **LESC** میانگین **SC** است که برای کلیه اندازه‌گیری‌های زیر مجموعه ۱۰ متر معتبر در محل مشخص شده طی ۳ سال قبل از فصل آزمایش فعلی محاسبه می‌شود. این محاسبه شامل بررسی‌های مربوط به هر سه بخش از فصل ارزیابی است. اندازه‌گیری‌های معتبر همان مواردی هستند که در قسمت مورد نیاز از فصل ارزیابی، در خط ارزیابی مورد نیاز، روی سطوح جاده ای که حداقل در زمان ارزیابی ۱۲ ماه از ارزیابی آنها گذشته باشد، انجام شده است. این بدان معنا است که اگر طی ۴ سال گذشته در طولی از جاده تعمیراتی انجام شده باشد، آن طول باید از محاسبه **LECF** حذف شود.

ب- میانگین منطقه‌ای ضریب جانبی برای ارزیابی جاری تعیین شده است. **LMSC** میانگین کل زیر بخش‌های معتبر ۱۰ متر در محل در بررسی سال جاری است.

ت- **LECF** با تقسیم **LESC** بر **LMSC** تعیین می‌شود، یعنی:

$$(3) \quad LECF = LESC / LMSC$$

رویکرد منطقه معیار برای محاسبه CSC

بررسی اجمالی رویکرد مناطق معیار

این رویکرد مبتنی بر یک ارزیابی سالانه از شبکه است که با داده‌های مناطق منتخب معروف به "مناطق معیار" (گسترش در سراسر شبکه) پایه گذاری شده است. مناطق معیار شامل سه ارزیابی در سال هستند (یکی در هر دوره ارزیابی) و برای نشان دادن تغییرات فصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

محاسبه رویکرد منطقه معیار

همه مناطق معیار باید سه بار در هر فصل از آزمایش، مورد ارزیابی قرار گیرند تا مقادیر میانگین ضریب اصلاح کننده تابستانی (**MSSC**) را ارائه دهند. مقادیر **MSSC** با در نظر گرفتن میانگین سه دوره ارزیابی برای هر ۱۰ متر طول محاسبه می‌شود. مقدار کلی **MSSC** به طور کلی برای هر منطقه نیز محاسبه می‌شود. کل شبکه انتخابی باید هر سال یک بار ارزیابی شود. ارزیابی بخش‌های مختلف شبکه در زمان‌های مختلف فصل ارزیابی قابل قبول است. هر زمان که بخشی از شبکه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، کلیه سایت‌های معیار باید همزمان ارزیابی شوند. **LECF** یک عامل اصلاح کننده است که برای منطقه شبکه تعیین می‌شود تا داده‌های سال جاری را مطابق با میانگین بلند مدت برساند. با استفاده از این روش فرض بر این است که میانگین رفتار مناطق معیار نماینده منطقه مورد نظر است و اثرات اقلیمی منتهی به تغییر فصلی بین سال‌ها، بر کلیه مناطق معیار در یک منطقه به روشی مشابه تأثیر خواهد گذاشت. با ارزیابی مناطق معیار سه بار در هر فصل، می‌توان برخی از تغییرات در یک سال را در نظر گرفت. مقایسه مناطق در سالهای پیاپی باعث می‌شود تا اثرات تغییر بین سال کاهش یابد.

LECF در پنج مرحله محاسبه می‌شود:

می‌تواند در دوره‌های پیمایشی پخش شود و انتخاب دوره ارزیابی هیچ تاثیری بر ارزش **CSC** محاسبه شده ندارد.

معایب روش منطقه معیار

اگر یک منطقه معیار نسبت به بخشهای مجاور شرایط آب و هوایی مختلفی را تجربه کند، مقدار **CSC** حاصل نادرست خواهد بود. در صورت وجود مقدار زیاد باران، بین روش منطقه معیار و بررسی برای بخش‌های مجاور، ممکن است شرایط مختلف آب و هوایی ایجاد شود. اگر فاصله زیادی بین بخش‌ها و منطقه معیار مربوطه وجود داشته باشد، می‌تواند شرایط مختلف آب و هوایی نیز ایجاد کند. از آنجا که ارزیابی از تمام دوره‌های ارزیابی برای محاسبه ضرایب اصلاح کننده استفاده می‌نماید، تعیین **CSC** با استفاده از این روش امکان پذیر نخواهد بود تا پس از پایان فصل ارزیابی که آخرین ارزیابی منطقه معیار نهایی انجام شده باشد.

روش متوسط ضریب تابستانی (MSSC) SCRIM

هر منطقه به منظور تعیین مقدار **MSSC** هر سال نیاز به سه ارزیابی دارد. این روش هزینه بر تر از روشهای دیگر است و بنابراین معمولاً شبکه به قسمتهای کوچکتر تقسیم می‌شود که سالانه تنها بخش‌هایی از شبکه مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نتیجه جا خالیهایی در مجموعه داده ایجاد می‌شود. این بدان معناست که تغییرات مقاومت لغزشی که در همپوشانی سالها بین آزمایشها اتفاق می افتد ممکن است ناشناخته بمانند که با افزایش خطر تصادف برای مدتی همراه خواهد بود. اگرچه این رویکرد تغییرات در طول سال را در نظر می‌گیرد، اما تغییرات سالانه را در نظر نمی‌گیرد. برای مثال تابستان‌های گرم یا مرطوب، به ویژه، می‌تواند **MSSC** نسبتاً کم یا زیاد را در مقایسه با ارزش تعادل اساسی ایجاد کند. در یک سال **MSSC** "کم"، با تغییرات کوچک می‌تواند طول قابل توجهی از شبکه را نیاز به ارزیابی و تعمیر بعدی نشان دهد که در حقیقت ممکن است که لازم نباشد. برعکس، در یک سال **MSSC** "بالا"، مناطقی که باید مورد بررسی قرار گیرند ممکن است به حساب نیاید، و تا ارزیابی بعدی (در دو یا سه سال بعد) بررسی نشوند. این می‌تواند باعث ایجاد نوسانات زیادی برای تعمیرات مشخص شده در طول جاده شود و برای برنامه‌های تعمیر و نگهداری مشکلاتی به

الف- میانگین ضریب اصلاح کننده تابستانی (**MSCF**)
به منظور در نظر گرفتن تغییرات مقاومت لغزشی بین زمان ارزیابی خاص و میانگین در طول فصل ارزیابی تعیین می‌شود. **MSCF** میانگین کلی مناطق معیار در همان منطقه برای فصل ارزیابی تقسیم بر میانگین کلیه مناطق معیار برای دوره ارزیابی مربوطه است.

ب- **MSSC** برای هر زیر مجموعه‌های ۱۰ متر ارزیابی با ضرب کردن در **SC** برای هر زیرمجموعه ۱۰ متر معتبر توسط **MSCF** تخمین زده می‌شود.

ت- **LESC** سطح متوسط مقاومت لغزشی را در منطقه طی سالهای اخیر را نشان دهد. **LESC** میانگین کل **MSSC** برای تمام مناطق معیار در طی سه سال است که قبل از فصل ارزیابی جاری (با طول‌هایی که در ۴ سال گذشته تحت تعمیر و نگهداری قرار گرفته‌اند) است.

ث- **LMSC** میانگین مقاومت لغزشی در منطقه را برای فصل ارزیابی جاری را نشان دهد. **LMSC** میانگین **MSSC** در کل مناطق معیار در این منطقه برای فصل ارزیابی فعلی است (با طول‌هایی که در ۴ سال گذشته تحت تعمیر قرار گرفته‌اند).

ج- **LECF** با تقسیم **LESC** بر **LMSC** به دست می‌آید، یعنی:
(۴)

$$LECF = LES C / LMSC$$

CSC برای هر زیر مجموعه ۱۰ متر منطقه با حاصلضرب تخمین زده شده **MSSC** برای هر زیر مجموعه ۱۰ متر در **LECF** تعیین می‌شود.

مزایای استفاده از مناطق معیار

رویکرد منطقه معیار برای هر بخش در هر سال به یک بررسی نیاز دارد و ۳ بررسی برای هر منطقه معیار انجام می‌شود. بنابراین از نظر اقتصادی مناسب است که کل شبکه هر سال بررسی شود تا مقادیر **CSC** سالانه تولید شود. این رویکرد برای هر سال (بطور کلی) دو عامل اصلاح کننده برای هر منطقه ایجاد می‌کند. رویکرد **SASS** از طرف دیگر برای هر سال یک عامل اصلاح کننده برای هر جاده و منطقه ایجاد می‌کند. بنابراین رویکرد منطقه معیار نسبت به رویکرد **SASS** روند پردازشی کمتری دارد. ارزیابی شبکه

مشکلات همراه با روش MSSC

نتایج حاصل از سایت‌های فصلی می‌تواند اندازه‌گیری‌های شبکه را با معیار SCRM معادل میانگین تابستانی بدون در نظر گرفتن زمانی که شبکه مورد آزمایش قرار می‌گیرد اصلاح شود. با این حال، روش MSSC، تغییرات بین سال‌ها را در نظر نمی‌گیرد. شکل ۷ نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت لغزشی را به صورت ماهانه برای ۱۱ سال نشان می‌دهد. این نمودار به وضوح نشان می‌دهد که مقاومت لغزشی نه تنها در سال، بلکه بین سال‌های مختلف نیز تغییر می‌کند. این تنوع بین سالها به دلیل تنوع در آب و هوا ایجاد می‌شود. به عنوان مثال، سال ۱۹۵۹ دارای MSSC کم است و ممکن است ناشی از یک سال خشک باشد، در حالی که در سال ۱۹۶۳ دارای MSSC بالا است و سال ناپایدار را نشان می‌دهد. در یک طول سال زمانی که MSSC فوق العاده بالا است، برخی از سایت‌ها در طول یک سال معمولی تعمیر نمی‌شوند. این یک وضعیت بحرانی است زیرا در این شرایط سایت‌ها شناسایی نخواهند شد که در یک سال طبیعی ممکن است مقاومت لغزشی آنها زیر سطوح تحقیقاتی واقع شود. اگر سال بعد یک سال معمولی و یا خشک تر از سال‌های معمول بود، کاربران جاده‌ای در معرض خطر بالاتری از کمبود مقاومت لغزشی در سطح خیس قرار می‌گیرند که قابل قبول نیست. به دلیل تغییرات سالیانه، در نظر گرفتن روند قابل اعتمادی در مدیریت مقاومت لغزشی و یا ارزیابی اثربخشی بسیار دشوار می‌باشد.

اگر تغییرات بین سال‌ها در نظر گرفته نشود، مشکلات زیر رخ می‌دهد:

- در یک سال زمانی که MSSC سطوح فوق العاده کم (سال‌های خشک)، بعضی از سایت‌ها به اشتباه بعنوان کمبود شناسایی می‌شوند و بدون نیاز، مجدداً احیا می‌شوند.
 - به دلیل مشکل تغییرات درون سال، روندهای قابل اطمینان در مقاومت لغزشی، یا دستیابی و اثربخشی روشهای مدیریت مقاومت لغزشی، بسیار دشوار است.
- از آنجا که مقاومت در برابر لغزش به طور مداوم متفاوت است، استراتژی‌های مختلفی تهیه شده است تا اندازه‌گیری را توصیف کند که وضعیت پولیش ریزگردها را توصیف می‌کند. استراتژی پیمایشی و روشهای پردازش به منظور

وجود آورد. محاسبه MSSC تنها پس از اتمام همه ارزیابی‌ها و در پایان فصل ارزیابی امکان پذیر است.

روش محاسبه رویکرد MSSC

با استفاده از روش MSSC، شبکه باید در همان سال سه بار در قسمت‌های اولیه، میانی و اواخر فصل مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد. MSSC با در نظر گرفتن میانگین سه مقادیر SC از سه ارزیابی، برای هر زیر بخش ۱۰ متر تعیین می‌شود. MSSC به طور متوسط در مناطق مربوطه باید به عنوان مقدار CSC برای مقایسه با سطوح تحقیقاتی استفاده شود.

در مناطقی که از روش MSSC استفاده شده است، تقسیم شبکه به دو یا سه بخش و ارزیابی قطعات در سالهای پیاپی می‌تواند نسبت شبکه‌ای که در هر سال مورد بررسی قرار می‌گیرد را کاهش دهد. بنابراین نیمی از شبکه در سالهای متناوب مورد بررسی قرار می‌گیرد و یا یک سوم شبکه ممکن است هر سال مورد بررسی قرار گیرد تا کل شبکه در طی یک چرخه سه ساله تحت پوشش قرار گیرد. (Waka Kotahi. 2010)

میانگین ضریب تابستانی SCRM

مقاومت لغزشی یک سطح در "طول سال" متفاوت است. برای به حداقل رساندن تغییرات در طول سال مکانهای کنترلی باید در نظر گرفته شود. سایت‌های کنترلی در کشور انگلستان در جاده A390 ایجاد شده است.

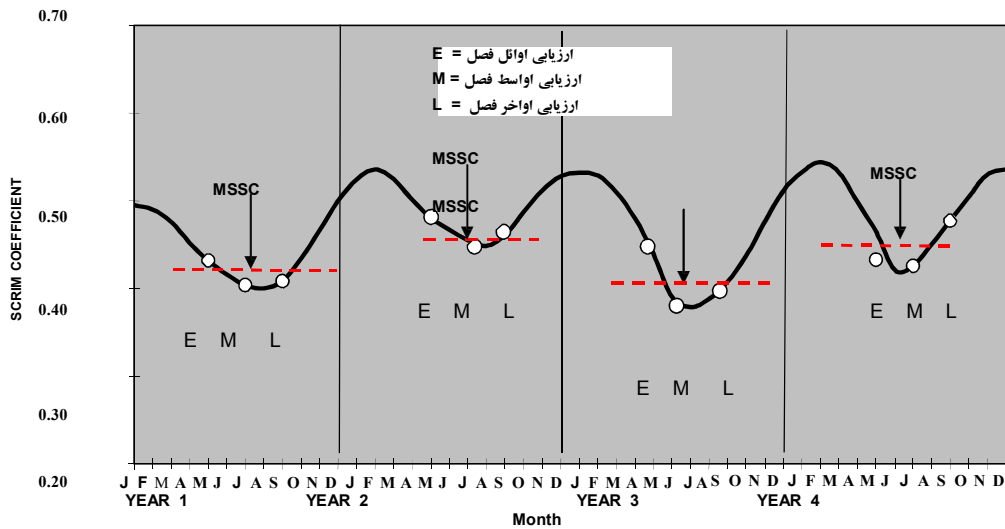
سایت‌های کنترلی سه بار در طول تابستان مورد آزمایش قرار می‌گیرند و اندازه‌گیری‌ها برای استفاده از ضریب SCRM تابستان برای هر سایت استفاده می‌شود. سه سنجش در طول فصل تابستان انجام می‌شود. این روش در نمودار ۶ نشان داده شده است (Waka Kotahi. 2010). ضریب SCRM تابستانی (MSSC) برای بخش‌های کنترل فصلی از ۳ یا بیشتر از ۳ اندازه انجام در فصل تابستان تعیین می‌شود. نتایج حاصل از سایت‌های فصلی می‌تواند اندازه‌گیری‌های شبکه را با معیار معادل میانگین تابستانی SCRM بدون در نظر گرفتن زمانی که شبکه مورد آزمایش قرار می‌گیرد اصلاح شود (Mitchll. James 2016).

می‌شود. ESCها با استفاده از سایت‌های اصلاح فصلی به دست می‌آیند. متوسط MSSC هر سال محاسبه می‌شود و ESC میانگین سه سال قبلی MSSC است. این ESC برای بدست آوردن ECF برای سال چهارم استفاده می‌شود. سال چهارم MSSC با ضرب کردن تغییرات بین ساله با ضریب اصلاح تعادل اصلاح می‌شود. شکل ۸ مشخصه SCRIM ضریب ارزش MSSC ضرب توسط یک عامل اصلاح تعادل را نشان می‌دهد. فاکتور اصلاح تعادل برای هر سایت فصلی محاسبه می‌شود و برای هر ۱۰ متری مقدار SC مشخص می‌شود.

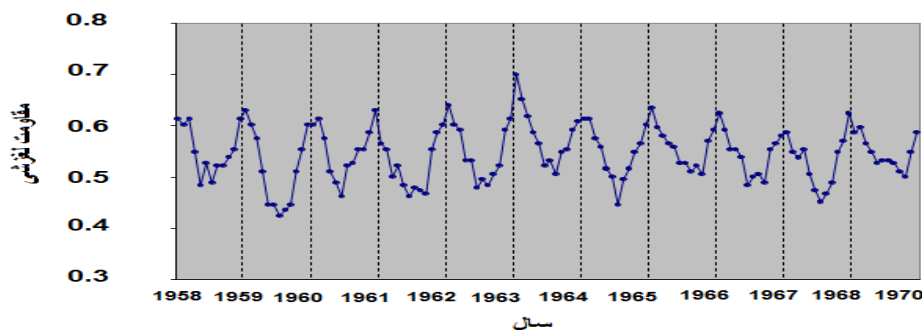
کاهش اثر تغییر در یک سال و / یا بین سالهای پی در پی طراحی شده‌اند، به گونه ای که سایت‌های با مقاومت در برابر لغزش کم می‌توانند با دقت بیشتری شناسایی شوند. به طور معمول، اندازه‌گیری در طول دوره تابستان انجام می‌شود، هنگامی که کمترین مقادیر اندازه‌گیری مشاهده می‌شود (Mitchell, James 2016).

ضریب تعادل SCRIM

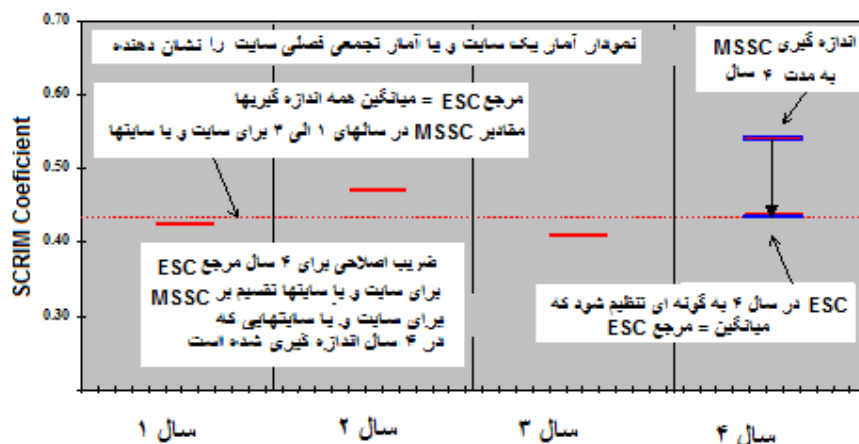
یک استراتژی برای غلبه بر مشکلات مربوط به تغییرات فصلی استفاده از روش ضریب تعادل (ESC) SCRIM است. روش ESC عوامل اصلاحی را برای تغییرات فصلی برای هر دو سال و چند سال ارائه می‌دهد. میانگین ضریب اصلاح عامل فاکتور اصلاح تعادل (ECF) نامیده



شکل ۶. متوسط ضریب تابستان SCRIM



شکل ۷. تکرار اعداد مقاومت مقاومت لغزشی (Mitchll. James 2016)



شکل ۸. آمار تجمعی فصلی یک منطقه ارزیابی را نشان می‌دهد.

هوازدگی و صیقلی شدن در نوسان خواهد بود، اما معمولاً سالها در یک سطح ثابت باقی می‌ماند. اگر سطح ترافیک متعاقباً افزایش یا کاهش یابد، موقعیت نقطه تعادل ممکن است تغییر کند به طوری که سطح بالاتر و یا پایین تر از مقاومت لغزشی کلی مشاهده شود، اما با همان نوسان فصلی انطباق دارد. تغییرات فصلی میزان مقاومت لغزشی در فصول مرطوب و خشک را به اندازه کافی کم کرده است. این تغییر نشان دهنده مقاومت لغزشی یک منطقه مورد نظر برای یک دوره هوای مرطوب یا خشک است که به شرایط بزرگراه تحت بررسی بستگی دارد. اصلاح تغییرات فصلی هنوز هم یک چالش بزرگ برای مسئولان راه و مهندسان روسازی است که رویکردهای روش شناختی را توسعه دهند و یا حتی فرایندی را برای تعیین کمیت تغییرات فصلی مقاومت لغزشی در رویه‌های آسفالتی ایجاد کنند تا در صورت لزوم هرگونه اقدامات پیشگیرانه را به خوبی سامان دهند. برآورد اثر تغییرات فصلی در مقاومت لغزشی، نیاز به بررسی بیشتر با در نظر گرفتن بخش‌های مختلف جاده، انواع مصالح مختلف، دوره سایش، حجم ترافیک و

مزایای استفاده از روش ESC عبارتند از:

- هر دو در درون سال و بین سال و تغییرات فصلی سالانه اصلاح می‌شود؛
- دقت بیشتری در هدف قرار دادن سایت‌های مشکل‌دار برای بررسی و تعمیر، منجر به استفاده بهینه از بودجه‌های نگهداری می‌شود؛
- CSC یک پارامتر عملکرد و پایدارتر از MSSC خواهد بود و مقیاس دقیق سالانه نسبت به کمبود نسبی را ایجاد می‌کند.

۵- نتیجه‌گیری

روسازی‌های جدید که هنوز ترافیک بر سطح آنها جریان نیافته است پس از یک دوره استفاده ترافیک، سطح جاده از لحاظ مقاومت لغزشی به حالت تعادل می‌رسد. در مورد جاده‌هایی که سطح ترافیک ثابت است، مقاومت لغزشی در طی دوره‌های تغییرات فصلی، چرخه‌های

Using a -Volumetric Technique”, ASTM International, West Conshohocken, PA.

-Bijsterveld, W.V., Del Val, M.A., (2015), “Towards quantification of seasonal variations in skid resistance measurements Road”.

-Dunford, A., Roe, P.G., (2010), “BOS Slag as a Surface Course Aggregate”, Report-Ppr647. Transport Research Laboratory, Berks.

-Flintsch, G.W., McGhee, K.K., De Leon, E.I., et al., (2012), “The Little Book of Tire Pavement Friction”, Version 1.0. Pavement Surface Properties Consortium, Blackburg.

-Hall, J.W., Smith, K.L., Titus-Glover, L., et al., (2009), “Guide for Pavement Friction”, Project 01-43. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), Washington DC.

-Losa, M., Leandri, P., Bacci, R., (2008), “Monitoring and evaluating performance requirements of flexible road pavements”, In: The 1st International Symposium on Transportation and Development Innovative Best Practices, Beijing.

-Kane, M., Do, M.-T., Cerezo, V., et al., (2017), “Contribution to pavement friction modelling: an introduction of the wetting effect”, International Journal of Pavement Engineering.

-Kogbara, R.B., Masad, E.A., Kassem, E., et al., (2016), “A state-of-the-art review of parameters influencing measurement and modeling of skid resistance of asphalt pavements”.

-Meegoda, J.N., Gao, S., (2015), “Evaluation of pavement skid resistance using high speed texture measurement”, Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition) 2 (6), 382e390.

-Mitchll. James (2016), "How to measure seasonal effects when using skid resistance data", WDM Limited. Austroad resueareh report AP R 4444-13 skid resistance variability in skid resistance and data management.

-Rodriguez, O.D.R., (2009), “Evaluation of Pavement Surface Friction Seasonal Variations (Master thesis)”, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg.

-Wilson, D. and Kirk, G., (2005), “Lessons to Learn from Skid Resistance Monitoring in the Northland Region” International Conference, Surface Friction,

شرایط محیطی از جمله اثر دما بستگی دارد. رویکردهای پیشنهادی می تواند یک فرایند کارآمد را تشکیل دهد تا دانش مسئولان راهداری ها آگاهی از تحولات فصلی مقاومت در برابر لغزش را فراهم کند ، که برای برنامه ریزی اقدامات پیشگیرانه به نفع ایمنی جاده ها بسیار مهم است را در دستور کار خود قرار دهند. پژوهش حاضر با هدف مدیریت میزان تغییر نسبی برای تعیین کمترین میزان تغییر مقاومت لغزشی است تا بتواند به مسئولان راه وراهداری ها در تصمیم گیری در فعالیتهای تعمیر و نگهداری کمک کند. این تحقیق فرایندی را برای تعیین اثر تغییرات فصلی ارائه می دهد که به شدت روی مقاومت لغزشی تأثیر می گذارد. به دلیل شرایط ایمنی نا مناسب جادهای در ایران، ناوگان قدیمی و بسیاری از وسایل نقلیه که با لاستیکهای قدیمی و صاف استفاده می شود در نتیجه سطح جادهای با مقاومت لغزشی بالا در طولانی مدت می تواند یک راه حل مناسب باشد.

۶-مراجع

-سلیمانی کرمانی، م.ر.، (۱۳۹۷)، "سنجش سرعتی مقاومت لغزشی پیوسته شبکه راههای آسفالتی و بتنی برای ایران"، مجله جاده، شماره ۹۵، ص. ۱۷۴-۱۶۱.

-سلیمانی کرمانی، م.ر.، (۱۳۹۸)، "تعیین سطح آستانه مقاومت لغزشی روسازی راه ها"، مجله جاده، شماره ۱۰۰، ص. ۱۳۸-۱۱۹.

-Ahammed, M.A., Tighe, S.L., (2009), “Early-life, long-term, and seasonal variations in skid resistance in flexible and rigid pavements (technical paper)”, Transportation Research Record 2094, 112e120.

-Anupam, K., Srirangam, S.K., Scarpas, A., et al., (2013), “Influence of temperature on tire-pavement friction-II: analysis”, Transportation Research Record 2369, 114e124, Materials and Pavement Design 17 (2), 477e486.

-ASTM E-1960, (2015), “Standard Practice for Calculating International Friction Index of a Pavement Surface. -ASTM International, West Conshohocken, PA. ASTM E274/E274M-11, 2011”, Standard Test Method for Skid Resistance of Paved Surfaces Using a Full-Scale Tire, ASTM International, West Conshohocken, PA.

-ASTM E303-93, (2013), “Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester”, ASTM International, West, Conshohocken, PA.

-ASTM E965-15, (2015), “Standard Test Method for Measuring Pavement Macrottexture Depth

-Wilson, D.J. and Dunn, R., (2005),” Analyzing Road Pavement Skid Resistance”. ITE 2005 Annual Meeting and Exhibit Compendium of Technical Papers, Melbourne, pp.7-10.

-Williamsleatag, (2015), “Design Manual for Roads and Bridges. <http://www.standardsforhighways.co.uk>

-Xie, X., Lu, G., Liu, P., et al., (2018), “Influence of temperature on polishing behaviour of asphalt road surfaces”, Wear 402e403.

Roads and Runways, Improving Safety through Assessment and Design, Christchurch, New Zealand.

-Prowell, B.D., Xie, H., Cooley, A.L., et al., (2003), “Relationships between pavement friction and material properties at NCAT test track”, In: Transportation Research Board 82nd Annual Meeting, Washington DC, Transportation Research Record 2369, 114e124.

-Waka Kotahi, (2010), “Specification for state highway skid resistance management” NZTA, NZ Transport Agency, T10 Specification.

Evaluation of Skidding Resistance Methods for Road Network Surfaces and Seasonal Variation Correction Methods for Asphalt Surfaces

M. R. Soleymani Kermani, Assistant Professor, Road, Housing & Urban Development, Tehran, Iran.

E-mail: soleimani@bhrc.ac.ir

Received: June 2020-Accepted: July 2020

ABSTRACT

Seasonal variations in skid resistance have been a recurring phenomenon that has been studied by many researchers. The impact of seasonal variations will vary across geographic regions, due to different amounts of rainfall. During the summer months, especially during prolonged dry periods, small rock chips on the surface continuously become fine-grained particles as vehicles move and act as a polishing agent. During long rains (winter months), fine matter disappears and the heavier and more coarse sand acts as a polishing agent, resulting in slippery resistance to surface texture. Increase the coarseness. Many variables affect the measurement of skid resistance. It is not yet possible to fully investigate the possible influence of various factors affecting the seasonal variations in skid resistance. Precise measurement of seasonal variation in skid resistance is a relatively complex task. This paper introduces and investigates various methods of seasonal slip resistance correction available in the world and evaluates their feasibility of usage in Iran.

Keywords: Seasonal Variation, Skid Resistance, Polishing, Macro Texture