

مروری بر اقدامات ایمنی جهت کاهش تصادفات در قوس‌های افقی

کیوان آقاییک، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران، تهران، ایران
طهمز احمدپور، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف، مدیرعامل سازمان مشاور فنی و مهندسی
شهر تهران، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: kayvan.aghabayk@ut.ac.ir

دریافت: 94/04/14 - پذیرش: 94/12/15

چکیده

بروز تصادف به طور عام علاوه بر تحمیل هزینه‌های مالی به افراد حادثه دیده، منجر به اتلاف وقت سایرین و تحمیل هزینه‌های غیر مستقیم بر جامعه نیز می‌گردد. این موضوع زمانی اهمیت بیشتری می‌یابد که شدت تصادف بالا بوده و منجر به ایجاد جراحات شدید، نقص عضو و یا حتی فوت فرد یا افراد گردد. این مشکل امروزه با توجه به نرخ بالای تصادفات و شدت آن‌ها در کشور ما، به یک معضل اساسی تبدیل شده که بهبود وضعیت توجه ویژه متخصصان و مسئولین امر را طلب می‌کند. نظر به اینکه قوس‌های افقی یکی از نقاط حادثه خیز در کشور ما می‌باشند، این مقاله به مرور اقدامات و راهکارهایی می‌پردازد که در سایر نقاط جهان تجربه شده و منجر به کاهش تعداد یا شدت تصادفات شده‌اند. در بخش اول با اقداماتی سعی شده احتمال خروج وسیله نقلیه از خط سیر حرکت به حداقل برسد و بخش دوم به اقداماتی می‌پردازد که در صورت خروج وسیله نقلیه از مسیر حرکت، خسارات ناشی از آن به حداقل برسد. در ادامه فرآیند اجرایی نمودن این راهبردها و اقدامات پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی: اقدامات ایمنی راه، ایمنی در ترافیک، تصادفات، قوس‌های افقی

1- مقدمه

از شرایط خود مسیر و شرایط محیطی در اطراف آن می‌باشد. این مقاله با مروری بر اقدامات ایمنی در قوس‌های افقی به دنبال کاهش در آمار تصادفات به‌ویژه تصادفات منجر به فوت است. دو هدف اصلی این اقدامات شامل حفظ خط حرکت وسایل نقلیه (ممانعت از انحراف) و حداقل کردن خسارات ناشی از خروج وسیله نقلیه از مسیر راه می‌باشد.

راهبردهای مطرح شده در مقاله برای انواع قوس‌های افقی و در قطعات مختلف از قوس کارایی دارند، چه برای قوس اجرا شده بین دو خط مماس و چه قوس اجرا شده بین قوس‌های کلوتوئید (منحنی‌الخط). به طور کلی، همه راهبردها و ترکیب آنها باهم نیز می‌تواند در ارتقا ایمنی قوس تأثیر به‌سزایی داشته باشد.

در بسیاری از کشورهای پیشرفته مسئولین ذی‌ربط با

به طور طبیعی حادث شدن یک تصادف باعث ایجاد آزرده‌گی و ناراحتی برای سرنشینان و حتی در مواردی خانواده و اقوام آن‌ها می‌شود. همچنین به‌ویژه در شرایط بروز تصادف با شدت بالا، این واقعه می‌تواند تبعات و مشکلات اجتماعی برای اقشار مختلف یک جامعه را به‌همراه داشته باشد. علی‌رغم آمار متفاوت مربوط به تصادفات جاده‌ای و تعداد تصادفات منجر به فوت و نقص عضو در ایران، اهمیت موضوع و بحرانی بودن شرایط بر هیچ یک از متخصصان و مسئولین پوشیده نیست. بر اساس نتایج مطالعات بین‌المللی (Glennon et al., 1983) میانگین نرخ تصادفات در قوس‌های افقی حدود 3 برابر نرخ میانگین تصادفات در مسیرهای مستقیم است. لذا تأمین ایمنی در قوس افقی می‌تواند یکی از چالش‌های مهم برای مسئولین ذی‌ربط می‌باشد. ایمنی در قوس متأثر

شده در این مقاله جهت حصول نتیجه مطلوب امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. از جمله این اقدامات مرتبط می‌توان به برنامه‌های آموزشی و اطلاع‌رسانی عمومی، کنترل و اعمال قوانین ترافیکی، ارتقاء کیفیت خدمات اورژانس و پزشکی، و ارتقاء کیفی سامانه مدیریت ایمنی اشاره نمود.

1- کاهش احتمال خروج وسیله نقلیه از مسیر حرکت

این بخش به هدف اول اقدامات ایمنی در قوس‌ها یعنی کاهش احتمال خروج وسیله نقلیه از مسیر خود می‌پردازد. مجموعه اقدامات مربوط به این بخش شامل پانزده مورد بوده که در ذیل تشریح می‌گردند.

2-1- پیش‌آگاهی دادن برای تغییرات ناگهانی در پلان

هدف از این راهبرد پیش‌آگاهی دادن به راننده نسبت به تغییر در تراز افقی است تا راننده با توجه بیشتر به مسیر یا تغییر سرعت، عبور امنی از قوس داشته باشد. تغییرهای غیرمنتظره عموماً مربوط آن دسته از قوس‌های افقی است که بیش از حد معمول تند هستند (شعاع کم با توجه سرعت زیاد) یا بعد از یک مسیر مستقیم طولانی قرار گرفته‌اند.

پیش‌آگاهی برای تغییرات ناگهانی به چندین روش انجام می‌شود. مرسومترین روش استفاده از علائم ترافیکی در راه می‌باشد. با نصب تابلو «قوس خطرناک» نه تنها نسبت به تغییر مسیر مستقیم به قوس به راننده آگاهی داده می‌شود، بلکه جهت قوس (راستگرد یا چپگرد) نیز اطلاع‌رسانی می‌شود. نصب تابلو «سرعت پیشنهادی»^۱ در طول قوس نیز می‌تواند مؤثر باشد. چراغ‌های چشمک‌زن در کنار تابلو سرعت پیشنهادی می‌تواند در افزایش توجه راننده به وجود قوس مؤثر باشد. دیگر روش‌های پیش‌آگاهی که می‌تواند استفاده شود، پیش‌آگاهی روی سطح روسازی و نصب نوار لرزاننده می‌باشد. البته توجه

استفاده از سامانه ثبت تصادفات، مکان دقیق حادث شدن تصادف را مشخص می‌کنند. تحلیل این تصادفات براساس اطلاعات ثبت شده در سامانه به‌طور غیرمستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا عموماً اطلاعات مربوط به موقعیت و مشخصات هندسی قوس‌ها در قالبی نیست که با این سامانه مرتبط گردد. لذا تحلیل از طریق بررسی‌های جداگانه و تکمیلی صورت می‌پذیرد. با توجه به اینکه سامانه ثبت تصادف در بسیاری از مناطق دارای امکانات برای ارتباط با موقعیت قوس‌ها را ندارد شناسایی قوس‌های نایمن باید به صورت دستی انجام شود. علاوه بر این مناطقی که امکان تحلیل اتوماتیک را ندارند می‌باید از روشهای دیگری همچون پیام‌های مردمی، ثبت خط ترمز، ثبت میزان خسارت و نحوه آسیب دیدن تجهیزات جانبی راه، درختان و ... باشند. با شناسایی محدوده‌ها و نقاط حادثه‌خیز، عملیات ایمن‌سازی قوس براساس راهبردهای مطرح شده در این مقاله پیشنهاد می‌شود. شایان ذکر است سامانه ثبت تصادفات در کشور ما تا کنون به‌گونه‌ای است که شناسایی نقاط حادثه‌خیز جهت تعیین اقدامات مرتبط نیازمند مطالعات دستی است.

همانطور که عنوان شد دو هدف مهم و اصلی برای کاهش تکرار و شدت تصادفات مربوط به قوس شامل کاهش احتمال خروج وسیله نقلیه از خط سیر حرکت، چه به صورت تجاوز به خط مقابل (عبور از خط وسط) و چه به صورت خروج از قوس و حداقل کردن خسارات ناشی از خروج وسیله نقلیه از مسیر حرکت در قوس افقی می‌باشد. در ادامه مقاله پانزده اقدام مرتبط با هدف اول و پنج اقدام مرتبط با هدف دوم ارائه می‌گردد. پس از این دو بخش، فرآیند اجرایی این راهبردها و اقدامات پیشنهاد می‌گردد. لیکن پیش از ورود به بحث، ذکر این نکته ضروری است که استفاده از راهبردهای مرتبط در هر فرآیند می‌تواند منجر به دستیابی به یک رویکرد جامع برای رفع مشکلات مربوط به ایمنی راه گردد. به عبارت دیگر توجه به برنامه‌های موازی و مرتبط در کنار اقدامات ذکر

به این نکته ضروری است که زیاد بودن علائم هشداردهنده، بالاخص هشدار برای کاهش و کنترل سرعت، می‌تواند باعث کاهش توجه رانندگان به پیام‌ها شود (Lyles, 1980).

هامر (Hammer, 1968) به بررسی اثربخشی انواع روش‌ها بر کاهش تصادفات پرداخته است. این تحقیق بیان داشت در نتیجه استفاده دو روش نصب علامت قوس خطرناک و علامت سرعت پیشنهادی بهبود حاصل شد. هامر به این نتیجه رسید که نصب علامت قوس خطرناک، حدود 18 درصد کاهش و نصب علامت قوس خطرناک همراه با علامت سرعت پیشنهادی حدود 22 درصد کاهش در وقوع تصادفات را موجب می‌شود. همچنین لیش (Leisch, 1971) گزارش داد که نصب علامت سرعت مجاز در کاهش تصادف در قوس افقی مؤثر است.

هانسکام (Hanscom, 1976) سناریو نسبتاً متفاوتی با دیگر مطالعات را بررسی کرد. او به بررسی تأثیر نصب علامت هشدار لغزندگی مسیر قوس به رانندگان در شرایط آب و هوایی بارانی پرداخت. سه قوس در مسیر بزرگراهی با نصب 5 علامت مورد آزمایش قرار گرفت. معیار اولیه بررسی تأثیر، سرعت متوسط در نقاط بحرانی قوس‌ها بود. گروه هدف در این مطالعه، وسایل نقلیه‌ای بودند که سرعت آنها در ربع بالایی سرعت‌های ورودی به قوس قرار داشت (25 درصد بالای سرعت‌ها). چشمگیرترین کاهش در سرعت زمانی مشاهده شد که در شرایط آب و هوایی مرطوب، در کنار علامت هشدار، چراغ چشمک‌زن نیز نصب شد. هانسکام توصیه کرد که در قوس‌های خطرناک در شرایط لغزندگی مسیر، از این علائم استفاده شود.

ریچی (Ritchie, 1972) انتخاب سرعت در رانندگی در طول قوس را به عنوان تابعی از علامت سرعت پیشنهادی و علامت قوس خطرناک مورد بررسی قرار داد. وی دریافت رانندگان از علامت سرعت پیشنهادی بین 24 تا 56 کیلومتر بر ساعت تجاوز می‌کنند، اما از سرعت پیشنهادی بین 72 تا 80 کیلومتر بر ساعت

تجاوز نمی‌کنند. ریچی به این نتیجه رسید که علائم پیش‌آگاهی به کاهش تردید راننده کمک و به او اجازه می‌دهد تا با اطمینان بیشتری تصمیم‌گیری کند

در کنار موارد فوق، مطالعاتی نیز وجود دارند که بهبود خاصی را گزارش نکرده‌اند. به عنوان نمونه چادوری و همکارانش (Chowdhury et al., 1998) به ارزیابی اعتبار ضوابط موجود برای تعیین سرعت پیشنهادی در قوس‌های افقی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که این ضوابط با وسایل نقلیه امروزی سازگاری ندارد.

به طور خلاصه در استفاده از این راهبرد، توجه به چند نکته ضروری است. اول اینکه، جهت افزایش کارایی علائم سرعت پیشنهادی در مسیر، ضوابط مناسب برای پیاده کردن این گونه علائم باید تهیه شود. نکته دوم تشخیص محل‌هایی است که قابلیت ارتقاء ایمنی با استفاده از این روش را دارند. این راهبرد برای موقعیت‌هایی مطرح است که قوس غیرمنتظره در مسیر وجود دارد و راننده ممکن است جهت عبور ایمن نیاز به کاهش سرعت داشته باشد. سومین نکته اینکه، در چند مطالعه که به آنها پیش از این اشاره شد، سرعت یا تغییر سرعت به عنوان معیار جایگزین برای اثرسنجی روش‌های پیش‌آگاهی استفاده شده است. ارتباط این معیار با موضوع باید مورد بحث در مطالعات آینده قرار بگیرد.

2-2- افزایش آشکارسازی در امتداد قوس

این راهبرد بر تأمین دید بهتر برای راننده برای تشخیص شکل و هندسه قوس تمرکز دارد. روش‌های مختلفی برای آشکارسازی قوس وجود دارد. برخی روش‌های آشکارسازی عبارتند از نصب تابلو شورن، نصب آشکارسازهای پایه‌ای، نصب آشکارساز روی گاردریل و استفاده از LED بازتاب دهنده نور.

افزایش آشکارسازی در قوس با دو هدف انجام می‌شود. هدف اول اینکه، می‌توان دید بهتری از قوس در مماس‌های منتهی به قوس برای راننده به وجود آورد. میزان تحقق این هدف بستگی به مشخصات مسیر شامل

ترازهای افقی و قائم، موانع موجود در داخل قوس و روش و تجهیزات آشکارسازی مورد استفاده دارد. آشکارسازی به راننده کمک می‌کند تا برای تغییر موجود در تراز افقی عکس‌العمل مناسبی ارائه دهد. مخصوصاً اینکه آشکارسازها در پیش‌ذهنیت راننده از قوس تأثیر زیادی دارند. هدف دوم اینکه، به محض اینکه راننده از قوس عبور می‌کند، تجهیزات آشکارسازی به عنوان راهنمای مسیر عمل می‌کنند. این مسئله کمک می‌کند تا راننده موقعیت وسیله نقلیه را در مسیر حرکت قوس حفظ کند. مطالعات مربوط به گزارش NCHRP 440، که توسط فیتزپاتریک و همکارانش (Fitzpatrick et al., 2000a) انجام شده و در سال 2000 انتشار یافت نتایج چندین مطالعه روی آشکارسازهای پایه‌ای را ارائه کرده است. در این گزارش آمده است که آشکارسازهای پایه‌ای تنها نرخ تصادف در قوس‌های تند در زمان تاریکی مسیر را کاهش داده‌اند. علاوه بر این، مسیرهای مجهز به آشکارسازهای پایه‌ای نسبت به مسیرهای بدون آشکارسازهای پایه‌ای دارای نرخ تصادف کمتری بوده، و هزینه نصب این آشکارسازهای پایه‌ای برای مسیرهای با متوسط ترافیک روزانه (ADT) بیش از 1000 وسیله نقلیه در روز قابل توجیه است. بالی و همکارانش (Bali et al., 1978) هم به نتایج مشابهی دست یافته‌اند. کرامز و تییر (Krammes and Tyer, 1991) عملکرد علامتگذاری‌های برجسته روسازی را به عنوان یک جایگزین برای آشکارسازهای پایه‌ای در قوس‌های افقی در مسیرهای دوخطه برون‌شهری بررسی کردند. در این مطالعه سرعت تردد وسایل نقلیه در شب و اطلاعات جابجایی عرضی در 5 محل مورد بررسی قرار گرفت. در هر دو تحلیل کوتاه‌مدت و میان‌مدت داده‌ها، عملکرد وسیله نقلیه هنگام عبور از علامتگذاری‌های برجسته روسازی مناسب با زمانی که آشکارسازهای پایه‌ای نصب شده است مقایسه شد. در خط داخلی قوس تأثیر قابل توجهی مشاهده نشد، اما در خط خارجی قوس تأثیر متفاوتی به دست آمد. سرعت در محدوده میانی قوس بین

1/6 تا 4/8 کیلومتر بر ساعت (1 تا 3 مایل بر ساعت) بیشتر از سرعت در محل اجرای علامتگذاری‌های برجسته بوده و متوسط جابجایی جانبی وسیله نقلیه از خط وسط در محدوده میانی قوس با علامتگذاری‌های برجسته بین 0/3 تا 0/6 متر (1 تا 2 فوت) بیشتر نسبت به آشکارسازهای پایه‌ای بوده است. علاوه بر این تغییرات در مقدار جابجایی جانبی وسیله نقلیه در محدوده میانی قوس با علامتگذاری‌های برجسته کمتر از آشکارسازهای پایه‌ای بود. زادور و همکارانش (Zador et al., 1987) تأثیر کوتاه‌مدت و بلندمدت شورش‌ها، آشکارسازهای پایه‌ای و علامتگذاری‌های برجسته بر سرعت و جابجایی وسیله نقلیه در قوس‌ها در راه‌های برون‌شهری دوخطه را بررسی کردند. به طور کلی نتایج حاکی از آن بود که این دسته از تجهیزات آشکارسازی بر رفتار راننده در شب مؤثر بودند. مسیر وسیله نقلیه در محدوده‌هایی که علامتگذاری برجسته و شورش اجرا شده از خط وسط قوس دور و در محدوده‌هایی که آشکارسازهای پایه‌ای نصب شده، به خط وسط قوس نزدیک شده بود. میزان تغییرات در مقدار سرعت و جابجایی وسیله نقلیه در محدوده‌هایی که شورش و علامتگذاری برجسته اجرا شده بود، اندکی کمتر بود. ایجنت و کریسی (Agent and Creasey, 1986) میزان تأثیر انواع تجهیزات کنترل ترافیک را در افزایش درک راننده از قوس و کاهش سرعت بررسی کردند. این مطالعه هم در مقیاس آزمایشگاهی و هم در شرایط واقعی (برداشت میدانی) انجام شده است. نتایج آزمایشگاهی بیان کرد که نصب آشکارسازهای پایه‌ای با ابعاد بلندتر و نصب آن در فاصله ثابتی از لبه روسازی می‌تواند در مقایسه با دیگر تجهیزات آشکارسازی، قوس را تندتر نشان دهد. ایجنت و کریسی از اطلاعات و داده‌های به دست آمده از سرعت، تخلف و تصادف به این نتیجه رسیدند که علامتگذاری‌ها بیشتر از آشکارسازهای پایه‌ای بر رفتار راننده تأثیر دارد. علاوه بر این، شورش‌ها هم تأثیر نسبتاً بیشتری روی سرعت و کاهش تخطی در قوس نسبت به آشکارسازهای پایه‌ای دارند.

جنینگ و دمتسکی (Jennings and Demetsky, 1985) هم اثربخشی سه نوع از آشکارسازهای پایه‌ای در کنترل تصادفات ROR را مطالعه کردند. تأثیر انواع آشکارسازهای پایه‌ای با تغییرات سرعت و میزان جابجایی جانبی وسیله نقلیه از خط سیر سنجیده شد. آنها متوجه شدند که رانندگان نسبت به تابلوهای شورن نصب شده در امتداد قوس‌های تند با زاویه مرکزی بیشتر از 7 درجه (شعاع 250 متر) و آشکارسازهای پایه‌ای نصب شده در امتداد قوس‌های کمتر از 7 درجه، عکس‌العمل مناسبتری بروز می‌دهند.

در مجموع، نتیجه‌گیری در خصوص میزان تأثیر روش‌های مختلف افزایش آشکارسازی در قوس روی ایمنی قوس افقی دشوار است. چرا که اگرچه به طور کلی به بهبود شرایط اشاره شده است اما نتایج بسیاری از مطالعات با هم متفاوت است. بخشی از این تفاوت ناشی از استفاده از معیارهای متفاوت برای نتیجه‌گیری در مطالعات است. نتایج کلی نشان می‌دهد که نصب آشکارسازهای پایه‌ای در قوس‌های تند ممکن است باعث ارتقاء ایمنی گردد و نصب تابلو شورن به نسبت تأثیر بیشتری از آشکارساز پایه‌ای استاندارد در ارتقاء ایمنی دارد.

2-3- تأمین مسافت دید مناسب

در طرح هندسی مسافت دید یکی از معیارهای تصمیم‌گیری است. مسافت دید تابعی از مشخصات سه‌بعدی مسیر شامل مقطع عرضی، تراز قائم و تراز افقی است. موانع در قوس‌های افقی مسافت دید راننده را محدود می‌کند. اگر در مسیر، قوس افقی با قوس قائم ترکیب شود، سطح مسیر می‌تواند خود مانع دید راننده گردد. موانع فیزیکی مثل درختان، بوته‌ها، گاردریل یا موانع بتنی (نیوجرسی) و شیب ترانشه هم می‌تواند مسافت دید را محدود کند. حتی وسایل نقلیه و دیگر کاربران مسیر (عابران پیاده، دوچرخه و ...) هم به طور موقتی می‌تواند مانع دید شود. برای اینکه مسافت دید به خاطر وجود مانع

کمتر از حداقل مسافت دید توقف مورد نیاز در قوس نشود، باید تمهیداتی اندیشید.

اگر مسافت دید موجود از حداقل مسافت دید توقف مورد نیاز کمتر باشد، باید موانع حذف یا مسیر برای تأمین مسافت دید دوباره طراحی شود. اثربخشی ایمنی ناشی از افزایش مسافت دید تابعی از موانع دید، حجم ترافیک موجود و دیگر عوامل خطرناک می‌باشد (Fambro et al., 1997).

2-4- نصب نوارهای لرزاننده جهت ایجاد صدا و هشدار در شانه راه در امتداد قوس

در این راهبرد به نصب نوارهای لرزاننده طولی در امتداد شانه راه و تأثیر آن بر ایمنی در قوس افقی پرداخته می‌شود. زاویه انحراف وسیله نقلیه از مسیر حرکت یک مسئله خاص در اثربخشی نوارهای لرزاننده در ایمنی قوس‌های افقی است. مطالعات زاویه انحراف بین 3 تا 8 درجه را در تصادفات ناشی از خروج از مسیر تخمین زده‌اند (Hall, 1991; O'Hanlon and Kelley, 1974). در این مطالعات مشخص نشده است که تصادفات تحلیل شده در طول مماس قوس اتفاق افتاده است یا در قوس و یا در هر دو. هرچند انتظار می‌رود تعداد وسایل نقلیه‌ای که در قوس از مسیر منحرف شده‌اند به اندازه قابل توجهی نسبت به تعداد وسایل نقلیه‌ای که در طول مماس منحرف شده‌اند بیشتر باشد.

هال (Hall, 1991) و الفتیریا (Elefteriadou et al., 2001) در مطالعات خود به نصب نوار لرزاننده و زاویه انحراف وسیله نقلیه پرداخته‌اند. زاویه انحراف وسیله نقلیه تابعی از زاویه فرمان و میزان انحنای مسیر است. هر چه زاویه انحراف وسیله نقلیه افزایش یابد، زمان مواجه راننده با نوار لرزاننده و مسافت موجود برای کنترل دوباره وسیله نقلیه کاهش می‌یابد. این مسئله زمان برای بازیابی و کنترل وسیله نقلیه را کم می‌کند.

نوارهای لرزاننده در امتداد قوس در شرایط آب و

هوایی ناپایدار لبه خارجی قوس را به خوبی مشخص می‌کند (FHWA, 2001). در شرایطی که دید مناسبی نسبت به لبه خارجی قوس وجود ندارد (مثل آب و هوای بارانی، برفی یا مه) نوار لرزاننده به تشخیص خط سیر کمک کرده و راننده مسیر خود را حفظ می‌کند.

نصب نوار لرزاننده در امتداد شانه راه برای عبور دوچرخه حادثه‌ساز است. سه تحقیق جامع در مورد تأثیر نصب نوار لرزاننده و تردد دوچرخه‌سواران در پنسیلوانیا، کالیفرنیا و کلرادو به ترتیب توسط الفترادو و همکارانش (Elefteriadou et al., 2000)، بوکو و خورشادی (Bucko and Khorashadi 2001) و اوتکلت (Outcalt, 2001a) در انجام شده است. در هر مطالعه تردد دوچرخه و وسایل نقلیه موتوری روی نوار لرزاننده مورد بررسی قرار گرفته است. به طور کلی، نوارهای لرزاننده‌ای که بیشترین میزان هشدار شامل صدا و لرزش را برای راننده حواس‌پرت ایجاد می‌کند برای دوچرخه‌سوار آزاردهنده است. به همین ترتیب نوارهای لرزاننده‌ای که برای دوچرخه‌سوار مطلوب است، حداقل میزان هشدار را برای راننده حواس‌پرت ایجاد می‌کند. در هر سه مطالعه شرایط طراحی نوار لرزاننده متناسب با کاربر به دست آمد. نصب نوار لرزاننده در امتداد شانه قوس، توجه به مسائلی همچون برف‌روبی (احتمال آسیب به نوار لرزاننده و برف‌روب)، زهکشی، نگهداری شانه راه، سروصدا و تردد موتورسیکلت و دوچرخه را نیز می‌طلبد. بعلاوه عرض شانه راه پارامتر مهمی است که قبل از نصب نوار لرزاننده در امتداد شانه راه باید به آن توجه شود. همچنین تأثیر نوار لرزاننده بر عملکرد روسازی موضوعی است که اغلب مورد غفلت واقع می‌شود. باتوجه به اینکه نوارهای لرزاننده مقطع عرضی مسیر را تغییر می‌دهند، ممکن است با بارگذاری‌های پیش‌بینی نشده و بزرگ بر سطح آسفالت شانه راه، عمر روسازی کاهش یابد که در این صورت در طراحی باید ضخامت کلی روسازی بیشتر از حد معمول در نظر گرفته شود. برای اطلاعات بیشتر در مورد نوارهای لرزاننده شانه راه، به دستورالعمل نصب نوارهای لرزاننده

(SAIC 2001) و گزارش وزارت راه آمریکا در مورد مشخصات فنی نوارهای لرزاننده شانه راه (FHWA 2001) مراجعه شود.

2-5- نصب نوارهای لرزاننده جهت ایجاد صدا و هشدار در خط وسط

در ابتدا نوارهای لرزاننده برای کاهش تصادفات شاخ و شاخ و از پهلو در مسیرهای تفکیک‌نشده (بدون میانه) نصب شد. عملکرد این نوارهای لرزاننده، هشدار به رانندگان حواس‌پرت برای زمانی‌ست که وارد خط مقابل می‌شوند. این نوارها برای زمانی که راننده جهت عبور از قوس، از خط وسط تجاوز می‌کند نیز کاربرد دارد. برای طراحی نوارهای لرزاننده ضابطه خاصی وجود ندارد، اما به طور کلی یا این نوارها به عرضی برابر با عرض خط‌کشی وسط و در امتداد آن به فاصله 0/5 متری از هم نصب می‌شوند و یا در دو طرف خط وسط نصب می‌شوند.

مطالعه‌ای اثر نوارهای لرزاننده وسط که در مسیرهای برون‌شهری دوخطه جدانشده در دلاویر³ نصب شده بود را مورد ارزیابی قرار داد (Perrillo, 1998). آمارهای تصادفات جمع‌آوری شده در بازه زمانی 36 ماهه قبل از نصب نوارهای لرزاننده خط وسط حاکی از 6 تصادف منجر به مرگ، 14 تصادف منجر به جرح و 19 تصادف خسارتی بود. در بازه زمانی 24 ماه بعد از نصب نوارهای لرزاننده، آمارها به صفر شدن تصادف منجر به مرگ، 12 تصادف جرحی و 6 تصادف خسارتی رسید. نتایج نشان داد که نصب نوار لرزاننده خط وسط تعداد تصادف و شدت آن‌ها را کاهش داده است.

در کالیفرنیا، استفاده از این راهبرد در 32 کیلومتر از مسیر دوخطه برون‌شهری، منجر به کاهش تصادفات شاخ و شاخ شد (Fitzpatrick et al., 2000). نصب این نوارها همراه با دو ردیف نوار زردرنگ و نوارهای ارتجاعی برجسته بود. همچنین بین نوارهای لرزاننده و نوارهای ارتجاعی، خط‌کشی محوری انجام شد. آمار

تصادف در بازه زمانی 34 ماهه قبل از اجرای راهبرد و 25 ماهه بعد از اجرای راهبرد، گویای کاهش تکرار تصادفات از متوسط 4/5 تصادف در ماه قبل از اجرای راهبرد به 1/9 تصادف در ماه بعد از اجرای راهبرد می‌باشد.

ماهنی و همکارانش (Mahoney et al. 2003) برای تعیین تأثیر نصب نوار لرزاننده میانی بر جابجایی جانبی وسیله نقلیه، مطالعه قبل و بعد انجام دادند. اطلاعات در هشت قطعه برون‌شهری شامل 4 قطعه آزمایشی و 4 قطعه شاهد (مقایسه‌ای) برای تحلیل عملکردی (علاوه بر تحلیل ایمنی) جمع‌آوری شد. برای اینکه دقت نتایج بیشتر شود، طول مماس‌هایی برای آزمایش انتخاب شد که دارای کمترین شیب طولی، بدون مانع و انحنای قوس کم بودند. تحلیل داده‌ها حاکی از آن بود که متوسط جابجایی جانبی وسیله نقلیه از خط وسط با نوار لرزاننده در قطعات با عرض خط 3/6 متری برابر با 140 میلیمتر و در قطعات با عرض 3/3 متری برابر با 76 میلیمتر بوده است. نصب نوار لرزاننده خط وسط، میزان جابجایی جانبی را کاهش داده که مانند آنچه در مطالعات قبلی آمده می‌تواند منجر به ارتقاء ایمنی گردد.

در سال 2001، در ایالت کلرادو مطالعه قبل و بعدی روی 27 کیلومتر مسیر پرپیچ و خم کوهستانی دوخطه که در آن نوار لرزاننده خط وسط نصب شده بود، انجام شد (Outcalt, 2001b). نتایج این مطالعه حاکی از کاهش تصادفات پس از نصب نوار لرزاننده خط وسط بود.

در کنار مزایای استفاده از این نوارها در خط وسط باید به تأثیر منفی آن‌ها برای موتورسواران اشاره کرد. از دیگر معایب نصب نوارهای لرزاننده خط وسط می‌توان به کاهش دید نسبت به خط‌کشی وسط مسیر، مسائل زهکشی و سخت شدن برف‌روبی اشاره کرد. بعلاوه برخی از سر و صدای ناشی از نصب این نوارها شکایت دارند.

2-6- حذف افتادگی لبه راه

افتادگی به اختلاف ارتفاع چشمگیر بین لبه خط سیر و

شانه راه گفته می‌شود که در اثر روکشی مجدد آسفالت و یا نشست شانه راه در اثر تغییرات آب و هوایی عبور وسایل نقلیه به وجود می‌آید. افتادگی‌های بیشتر از 10 میلیمتر باعث عدم کنترل وسیله نقلیه می‌شود. حذف افتادگی در لبه راه می‌تواند باعث کاهش تصادفات ناشی از خروج از مسیر و شاخ به شاخ شود. زیرا در این شرایط راننده بهتر می‌تواند وسیله نقلیه منحرف شده را کنترل کند. همسطح کردن روسازی و شانه راه در محل تلاقی بهترین روش برای حذف افتادگی است. در جایی که این همسطح‌سازی ممکن نیست، به طور مثال در مسیرهایی که شانه راه آسفالتی نیست، ایجاد یک شیب ایمن بین سطح راه و شانه کارساز است. مک دونالد و همکارانش (McDonald et al., 2002) برای اینکه در زمان اجرای روسازی، افتادگی لبه راه کمتر اتفاق بیفتد، توصیه‌هایی ارائه کرده‌اند.

احتمال تشخیص اثربخشی حذف افتادگی لبه راه به این دلیل که تعیین درصد تصادفات ناشی از این عامل سخت است، کم است. بدون تعیین این درصد، می‌توان گفت که پخ 45 درجه بین روسازی و شانه راه تصادفات ناشی از افتادگی لبه راه را کاهش می‌دهد (Humphreys and Parham, 1994).

2-7- تأمین مقاومت لغزشی مناسب در سطح روسازی

در ضوابط طراحی قوس افقی، این مسئله که راننده در شرایط لغزنده بودن مسیر به دلیل خیس بودن سطح آن به راحتی وسیله نقلیه را کنترل کند دیده شده است. طراحی قوس با فرمول استاندارد انجام می‌شود که در آن تناسب بین شتاب وسیله نقلیه، شیب عرضی و اصطکاک بین چرخ و وسیله نقلیه به عنوان پارامترهای اصلی وجود دارد. اگر اصطکاک موردنیاز بیشتر از اصطکاک موجود بین چرخ و آسفالت باشد، وسیله نقلیه موقع ترمز گرفتن سر می‌خورد. تحقیقات زیادی با موضوع عملکرد قوس، سرعت و مسیرهای وسیله نقلیه و ایمنی انجام شده است. هاروود و ماسون (Harwood and Mason, 1994) آستانه ایمنی

برای سر خوردن وسیله نقلیه سبک و سنگین در قوس افقی را برآورد کردند. این آستانه براساس تفاوت بین اصطکاک موجود چرخ- وسیله نقلیه و اصطکاک موردنیاز در قوس تعریف شده است. آن‌ها با این فرض که سرعت وسیله نقلیه از سرعت طراحی تجاوز نکرده و وسیله نقلیه قوس را با شعاعی برابر با شعاع خود قوس طی می‌کند، ضابطه طراحی را براساس آستانه ایمنی سر خوردن تعیین کردند.

زمانی که شرایط فرض شده نقض شود، احتمال سر خوردن زیاد می‌شود. چند مطالعه نقض شدن این فرضیات را در شرایط واقعی که آستانه ایمنی در قوس بیش از حد بود، اثبات کرده‌اند (Bonneson, 2000; Glennon et al., 1985; Glennon and Weaver, 1972). در چنین شرایطی و در موقعیتی که احتمال از دست رفتن کنترل وسیله نقلیه به خاطر سر خوردن وجود دارد، چند راه حل متصور است. این راه حل‌ها شامل اصلاح تراز و مسیر برای کنترل سرعت، تغییر شیب عرضی (دور) در طول قوس و/یا افزایش اصطکاک لغزشی روسازی می‌باشد. این راهبرد بر روسازی با اصطکاک لغزشی بالا تمرکز دارد.

در آخر باید به مسئله مهم زهکشی در این راهبرد پرداخت. اگر ضخامت غشای آب موجود روی سطح روسازی افزایش یابد، احتمال رخ دادن هیدروپلنینگ^۴ افزایش می‌یابد. پدیده هیدروپلنینگ هنگامی رخ می‌دهد که خودرو از یک توده آب ساکن عبور می‌کند. در صورتی که آب نتواند با سرعت کافی از زیر لاستیک خارج شود، در این صورت لاستیک از زمین بلند شده و روی لایه‌ای از آب قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه در این حالت، لاستیک عملاً هیچ چسبندگی ندارد، لذا خودرو به سادگی از کنترل خارج می‌شود. بنابراین در اجرای این راهبرد باید به مسائل زهکشی به درستی توجه شود.

2-8- ایجاد شیار در سطح روسازی (روسازی شیاردار)
روسازی شیاردار روشی است که با ایجاد شیارهای

طولی و عرضی در سطح روسازی به افزایش مقاومت لغزشی و کاهش تعداد تصادفات در آب و هوای خیس کمک می‌کند. این شیارها با بهتر کردن شرایط زهکشی روی آسفالت و ایجاد سطح زبرتر در سطح روسازی، مقاومت لغزشی را افزایش می‌دهند. نتایج چندین مطالعه حاکی از کاهش تصادفات در شرایط آب و هوایی خیس (بارانی و برفی) در روسازی‌های شیاردار است. با این حال، قبل از اجرای این راهبرد به مسائلی همچون افزایش سروصدا، خوردگی و ساییده شدن بیشتر روسازی و تأثیر منفی روی هدایت وسیله نقلیه باید توجه داشت.

وَنگ (Wong, 1990) مطالعه قبل و بعدی در مورد اثربخشی روسازی شیاردار براساس اطلاعات به دست آمده از یک محل انجام داد. محل مورد مطالعه مسیر دوخطه‌ای با شیب طولی منفی (سرازیری) و قوس‌های افقی تند بود. براساس اطلاعات به دست آمده از دوره سه ساله قبل و دوره یک ساله بعد از اجرای راهبرد، ونگ به این نتیجه رسید که اجرای راهبرد منجر به کاهش 72 درصدی در تصادفات روسازی‌های خیس و کاهش 7 درصدی تصادفات در روسازی‌های خشک شده است. ونگ به این نتیجه رسید که روسازی شیاردار در شرایط آب و هوایی خیس مؤثر است.

زیپکس به تحلیل تکرار تصادفات و درصد تصادفات در روسازی‌های خیس و خشک در دوره زمانی 7 ساله پرداخت. اطلاعات تصادف از مقطعی 44 کیلومتری از مسیری در نزدیکی جنوا در سوییس به دست آمد. شیارهای عرضی در روسازی با فواصل مختلف بیش از 2 کیلومتر در مسیر ایجاد شده بود. ایجاد شیار روی سطح روسازی صیقلی خطر تصادف در شرایط زهکشی نامناسب را کاهش داد. زیپکس فواید شیاردار کردن روسازی را در کاهش ضخامت غشای آب بیان کرد که باعث تماس بهتر بین چرخ و سطح روسازی (اصطکاک بیشتر) می‌شود.

اسمیت و الیوت^۵ (Smith and Elliott, 1975) اثربخشی ایمنی 518 کیلومتر آزادراه در لس‌آنجلس را مطالعه کردند. برای کنترل نتایج، 1200 کیلومتر مسیر

بدون شیار در نظر گرفته شد. تحلیل نتایج روی دوره 2 ساله قبل و 2 ساله بعد از اجرای راهبرد کاهش سرعت تحلیل فقط تصادفات فوتی و جرحی استفاده شد. اسمیت و الیوت به این نتیجه رسیدند که روسازی شیاردار باعث کاهش 69 درصدی در نرخ تصادفات در شرایط آب و هوایی خیس شده است. تصادفات از پهلو و برخورد با مانع کاهش قابل توجهی داشته‌اند. نرخ تصادف برای شرایط آب و هوایی خشک تغییری نداشته است.

اداره راه نیویورک اثربخشی ایمنی روسازی شیاردار را در 41 مقطع مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که تصادفات در مسیرهای خیس 55 درصد کاهش و به طور کلی (مسیرهای خشک و خیس) 23 درصد کاهش داشته است. این نتایج با قابلیت اطمینان 95 درصد ارائه شد.

در حالی که مطالعات بیان می‌کند که روسازی شیاردار تصادفات در آسفالت خیس را کاهش داده است، چند مسئله در این میان مطرح است. یک مسئله تأثیر روسازی شیاردار بر دوام روسازی است. مسئله دیگری که مطرح می‌شود در مورد از دست دادن کارایی روسازی است که ناشی از میزان انعطاف‌پذیری مصالح مورد استفاده بالانحص در آب و هوای گرم می‌باشد. مسئله ساییدگی روسازی شیاردار در مسیرهای پرتردد نیز مطرح است. در مورد اینکه شیارهای طولی تأثیر منفی بر هدایت و کنترل وسایل نقلیه خاص و موتورسیکلت دارد نیز شکایاتی شده است.

2-9- تأمین و نصب سیستم هشدار متغیر در قوس‌ها

هدف این راهبرد کاهش سرعت وسیله نقلیه زمان نزدیک شدن به قوس و عبور از قوس افقی است. یک نوع سیستم هشداردهنده شامل تجهیزات راداری و تابلو پیام متغیر است. این سیستم با اندازه‌گیری سرعت وسیله نقلیه به راننده نسبت اینکه سرعت غیرمجاز خود را کاهش دهد، هشدار می‌دهد. سیستم هشدار متغیر قوس می‌تواند مجهز به دوربین برای نظارت بصری بر قوس شود. این سیستم می‌تواند با تکنولوژی‌های موجود تکمیل شود. مشاهدات

نشان داده است که سیستم هشداردهنده متغیر نسبت به سیستم هشداردهنده ثابت تأثیر بیشتری بر کاهش سرعت وسایل نقلیه داشته و توانایی کنترل وسیله نقلیه در قوس را افزایش داده است (Tribbett et al., 2000; Strickland and McGee, 1996).

یکی از مسائل مهم اعتبار بخشی به این پیام‌هاست تا رانندگان به آن توجه نمایند. تعیین حداکثر سرعت ایمن برای وسیله نقلیه در حال ورود به قوس افقی، در برداشت میدانی سخت است. فاکتورهای زیادی در تعیین این سرعت دخیل هستند از جمله وزن وسیله نقلیه، سیستم تعلیق، شکل و ابعاد وسیله نقلیه و وضعیت لاستیک‌ها. علاوه بر این‌ها توجه به وضعیت هوای ناپایدار است. سرعت مبنا یا حداکثر سرعت ایمن بسته به شرایط آب و هوایی متفاوت است.

2-10- نصب سیستم‌های ضد یخ اتوماتیک

سیستم‌های ضد یخ اتوماتیک ابزاری مؤثر برای پاک نگهداشتن سطح جاده از یخ و حفظ ایمنی سفر در مناطق سردسیر است. سیستم ضد یخ در واقع پیش‌ترمیم سطح جاده با مواد شیمیایی قبل از بارش زمستان برای مقابله با یخ زدن است که بر خلاف یخ‌زدایی می‌باشد که می‌تواند اقدام در خلال یا بعد از بارش و در هنگامی که سطح راه یخ‌زده است صورت پذیرد. رایج‌ترین سیستم در حال حاضر اسپری‌های مجهز به مخزن مواد شیمیایی است. با استفاده از یک پمپ، مایع ضد یخ در سطح مسیر پخش می‌شود در حالی که اسپری‌ها می‌تواند در روسازی جاسازی شده یا کنار مسیر قرار گیرند. این سیستم می‌تواند کاملاً اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک باشد.

سالانه بسیاری از تصادفات به دلیل عدم توانایی کنترل وسیله نقلیه توسط راننده در مسیر یخ‌زده حادث می‌شود. نسبت سود به هزینه سیستم‌های نصب شده بین 1/8 تا 3/4 محاسبه شده است و کاهش در تکرار تصادفات در فصل زمستان از 25 تا 100 درصد بوده است (Friar Barrett and Pigman, and Decker, 1999).

2001 و Khattak and Pesti, 2003). نکته قابل توجه آن است که سیستم‌های اتوماتیک باید به طور پیوسته تحت کنترل باشند. به این دلیل که اگر نخاله یا جسم خارجی محل اسپری مایع را مسدود کند، سیستم بد عمل خواهد کرد. بعلاوه محل نصب آن‌ها باید به دور از آسیب باشد.

11-2- تأمین روشنایی مناسب در امتداد قوس‌ها

بسیاری از تصادفات در قوس‌های افقی در طول شب اتفاق می‌افتد ممکن است یکی از عوامل این تصادفات کاهش قابلیت دید در شب باشد. شواهد نشان می‌دهد که تأمین سیستم روشنایی ثابت در مناطق شهری و حومه که تردد عابران پیاده و تداخل مسیر آنها با وسیله نقلیه وجود دارد، تصادف در ساعات شب را کاهش داده است. در مناطق برون‌شهری کمتر به تأمین روشنایی در مسیرها نیاز است. در این مسیرها تنها در مناطق خاص مثل قوس‌های تند تأمین روشنایی لازم است (AASHTO, 2001).

دو مشکل بالقوه در تأمین روشنایی در قوس‌های افقی وجود دارد. مشکل اول، هزینه زیاد بالاخص در مناطق برون‌شهری است. دومین مشکل، پایه‌های روشنایی (شبه ستون) هستند که به عنوان یک مانع ثابت احتمال برخورد وسیله نقلیه با آنها وجود دارد. زمانی که تأمین روشنایی در قوس افقی مورد بررسی است، پایه‌های روشنایی باید در کم‌خطرترین نقطه در طول قوس نصب شوند. استفاده از پایه‌های شکننده نیز بایستی در نظر گرفته شود.

12-2- تأمین شیب عرضی (بربلندی) مناسب در قوس

در طراحی هندسی قوس افقی، دور (بربلندی) پارامتری کلیدی است. طراح براساس سرعت طراحی، شعاع قوس انتخابی و محدودیت‌های موجود برای دور حداکثر، دور را تعیین می‌کند. دور با اصطکاک بین چرخ‌ها و روسازی برای خنثی کردن نیروهای وارد بر وسیله نقلیه در قوس عمل می‌کند. تعدادی از قوس‌ها به دلایل مختلف دور نامناسب دارند. از جمله این دلایل می‌توان به تردد

وسایل نقلیه با سرعتی بالاتر از سرعت طراحی یا کاهش دور موثر بعد از روکش یا تغییر در ضوابط طراحی قوس بعد از اجرای قوس اشاره نمود. تأمین دور مناسب در قوس می‌تواند باعث کاهش تصادفات شود (Zegeer et al., 1991 و Harwood et al., 2000).

13-2- تعریض مسیر در امتداد قوس‌ها

برای راحت‌تر کردن تردد در قوس، تعریض کردن مسیر در قوس روشی معمول است. در آشتو (AASHTO, 2001)، ضرورت تعریض قوس به دو دلیل بیان شده است: (1) وسیله نقلیه طرح در هنگام عبور از قوس، عرضی بیشتری اشغال می‌کند، (2) کنترل وسیله نقلیه در قوس و حفظ مسیر و باقی ماندن در مرکز خط برای رانندگان سخت است. تعریض مسیر می‌تواند فراتر از تعریض خطوط حرکت باشد. تعریض می‌تواند در شانه راه، تأمین شانه راه در صورت فقدان آن، ایجاد محدوده میانی یا ترکیبی از آن‌ها باشد. با تعریض قوس، رانندگان فضای بیشتری در یک خط برای مانور در قوس دارند و همچنین اگر خطایی از طرف آنها رخ بدهد، عواقب کمتری خواهد داشت. تأمین یا تعریض شانه راه باعث می‌شود تا راننده فضای بیشتری برای بازیابی و کنترل دوباره وسیله نقلیه در قوس، قبل از انحراف کامل از مسیر داشته باشد.

در کنار مزایای یاد شده نکته آن‌که تعریض مسیر می‌تواند سبب افزایش سرعت عملکردی شود. به این دلیل که سرعت فاکتوری مهم در رابطه ایمنی قوس افقی است، تعریض مسیر ممکن است شرایط ایمنی را بدتر کند. به عنوان نمونه در مطالعه صورت گرفته بر روی راه‌های دوخطه برون شهری (Harwood et al., 2000) تاثیر مثبت و منفی تعریض شانه بر روی تصادفات بر اساس حجم ترافیک و میزان تعریض بررسی شده است.

2-14- اصلاح تراز افقی

کاهش خسارات ناشی از خروج وسیله نقلیه از مسیر شد.

پنج راهبرد برای این منظور تعریف شده است:

الف- طراحی شیب‌های عرضی مطمئن و متناسب با شعاع

جهت ممانعت از واژگونی وسیله نقلیه

ب- حذف یا جابجایی مانع در محدوده‌های پرخطر قوس

پ- آشکارسازی موانع کنار جاده

ت- تکمیل کردن تجهیزات جانبی و ایمنی کنار جاده

ث- طراحی و بکارگیری سیستم‌ها و تجهیزات

کاهش‌دهنده شدت ضربه

نظر به اینکه نشریه 267 سازمان مدیریت و برنامه

ریزی کشور تحت عنوان آیین نامه ایمنی راه‌ها به تفصیل

به این موارد پرداخته است، در اینجا تنها به ذکر راهبردها

اشاره شده و خواننده جهت کسب اطلاعات بیشتر به آن

نشریه ارجاع داده می‌شود.

4- فرآیند اجرایی راهبردها

این بخش یک فرآیند 11 مرحله‌ای برای اجرای هر

یک از راهبردهای ارائه شده را پیشنهاد می‌دهد. این

مراحل عبارتند از:

1- شناسایی و شرح مسئله

2- تعیین و به‌کارگیری شرکت‌کنندگان مناسب برای برنامه

3- تعیین اهداف کاهش تصادف

4- ایجاد/ توسعه سیاست‌های برنامه، مشخصات و

دستورالعمل‌ها

5- ایجاد/ توسعه راهکارهای مختلف برای رسیدگی به

مسئله

6- بررسی بقیه گزینه‌ها و انتخاب یک برنامه

7- ارسال پیشنهادها برای دریافت نظر مدیریت

8- تهیه برنامه اجرایی

9- تعیین زیرساخت‌ها برای اجرای برنامه

10- اجرای برنامه

11- ارزیابی و تغییر برنامه

معمولاً آغاز این فرآیند با نظر یک مقام ارشد در یک

سازمان یا اداره خواهد بود. زمانی که تصمیم برای یک

این راهبرد بلندمدت‌ترین و پرهزینه‌ترین راهبرد برای

ارتقاء ایمنی قوس افقی است. به این دلیل که این راهبرد

شامل بازسازی کامل مسیر است. ممکن است در اجرای

این راهبرد به تملک اراضی و بازنگری در شرایط اطراف

مسیر نیاز باشد. چند روش برای اصلاح تراز افقی برای

ارتقاء ایمنی وجود دارد که اثر مثبت آن‌ها به اثبات رسیده

است. این موارد شامل افزایش شعاع قوس افقی، ایجاد

اتصال تدریجی (کلوتوئید) و حذف قوس‌های مرکب است

(Zegeer et al., 1991 و Council 1998 و

Fitzpatrick et al., 2000b).

2-15- منع یا محدود کردن تردد کامیون‌ها

این راهکار به منع یا محدود کردن تردد کامیون‌هایی

می‌پردازد که هندسه قوس افقی برای عبور آن‌ها تأمین

نشده است. کامیون‌های دارای طول زیاد، بالانخص

کامیون‌های یدک‌کش تک‌کابین با تریلر بلند، به سختی از

قوس افقی تند عبور کرده، از خط خود خارج و به خط

مقابل یا شانه راه تجاوز می‌کنند. در اختیار داشتن فرآیندی

کارا در تعیین قوس‌ها جهت اعمال محدودیت و تعیین نوع

محدودیت از عوامل موثر در موفقیت این راهکار است.

همچنین در اختیار داشتن الزامات قانونی، مسیرهای

جایگزین و هدایت مناسب وسایل نقلیه غیر مجاز به

مسیرهای جایگزین حائز اهمیت می‌باشد.

3- کاهش شدت تصادفات ناشی از خروج

وسيله نقلیه از قوس

هدف از راهبردهای بخش دوم کمک به راننده برای

ماندن در محدوده مسیر حرکت در قوس بود. هدف

راهبردهای این حداقل کردن خسارات ناشی از خروج

وسيله نقلیه از مسیر حرکت در قوس افقی است.

با وجود اجرای راهبردهای تعریف شده در بخش دوم

این مقاله، کماکان دسته‌ای از وسایل نقلیه هستند که از

مسیر خارج می‌شوند و نیاز خواهد بود با اقداماتی منجر به

موضوع خاص در سطح بالا گرفته شد، گام اول شرح مسئله با نهایت جزئیات است که در تحلیل سطوح بالا شناخته شده است. جزئیات بیشتر به مدیریت کمک می‌کند تا متوجه شود که مشکل بیان شده واقعی است و امکان اقدام در رابطه با آن وجود دارد. جزئیات اضافی در این گام به فهم بهتر مسئله کمک می‌کند و همچنین نقش مهمی در شناخت راهکارهای جایگزین برای حل آن بازی می‌کند. گام 1 بایستی حمایت و تعهد مدیریت را، حداقل به شکل یک فرآیند برنامه‌ریزی، جلب کند. باید صاحبان منافع و نقش آنها در برنامه مشخص شود (گام 2). در این گام مهم است که دامنه‌ای از شرکت‌کنندگان شناسایی شوند که به تنظیم و قاعده‌مندی راهکار کمک می‌کنند. این کارگروه به تنظیم اقدامات مربوط به موارد زیر کمک خواهند کرد:

- رفتار رانندگان (قانون‌گذاری، اعمال قانون، آموزش، ارائه گواهینامه)
- مهندسی
- سیستم‌های اورژانسی
- مدیریت سیستم‌ها

با ایجاد کارگروه، برای کاهش تصادفات در آن مورد خاص هدف‌گذاری صورت می‌پذیرد. همچنین ماهیت اقدام و محدودیت‌های آن به شکل یک سری سیاست‌ها، دستورالعمل‌ها و مشخصات تعیین می‌شود (گام‌های 3 و 4). در بسیاری موارد، بخصوص در مواقعی که تنها یک یا دو اداره دخیل هستند و مسائل پیچیده وجود ندارند، می‌توان گام‌های 1 تا 4 را به صورت همزمان انجام داد.

با جذب حمایت مدیریت و استخدام یک تیم پروژه اکنون می‌توان برنامه‌ریزی پروژه را پیش برد. گام نخست در این مرحله (گام 5 در کل فرآیند) شناسایی راهکارهای جایگزین برای رسیدگی به مشکلات ایمنی شناسایی شده است. با تعریف راهکارهای مختلف به میزان کافی، بایستی

راهکارها را در برابر یکدیگر و همچنین به شکل یک گروه راهکار سازگار باهم (یک برنامه کلی) ارزیابی نمود (گام 6). نتایج ارزیابی برنامه پیشنهادی را تشکیل می‌دهند. برنامه سپس عموماً به سطوح مناسب مدیریتی برای بررسی فرستاده می‌شود که نتیجه آن این است که آیا اقدام شود و اگر جواب مثبت است، چگونه (گام 7).

زمانی که کارگروه اجازه پیشروی را به همراه دستورالعمل‌های احتمالی که ممکن است از سوی مدیریت مطرح شده باشند دریافت کرد، می‌تواند یک برنامه اجرایی با جزئیات را تهیه کند (گام 8). اجرای نقشه در گام‌های 9 و 10 پوشش داده شده است. به طور کلی فعالیت‌هایی ضمنی وجود دارند که بایستی پیش از عملیاتی شدن نقشه اجرایی، صورت گیرند تا بستری را برای اقدامات مورد نیاز تشکیل دهند (گام 9). این عموماً شامل ساخت زیربنای سازمانی، عملیاتی و فیزیکی مورد نیاز برای موفقیت خواهد بود. گام اصلی (گام 10) در این فرآیند شامل اجرای چیزی است که برنامه‌ریزی شده بود. این گام در بیشتر مواقع نیازمند بیشترین تعهد از سوی اداره است. یک جنبه مهم اجرا شامل نگه داشتن تاریخچه هزینه‌ها و کارآمدی طرح است تا ارزیابی اقدام پس از اجرا ممکن باشد. ارزیابی برنامه پس از شروع به کار آن، یک امر مهم است که عموماً از آن چشم‌پوشی می‌شود. مدیریت این حق را دارد که راجع به هزینه‌ها، منابع و کارایی اطلاع داشته باشد.

همچنین این احتمال وجود دارد که مدیریت از تیم اجرا درخواست کند که پیشنهادهایی درخصوص ادامه برنامه ارائه دهد و اگر نظر به ادامه آن است، چه بازنگری‌هایی بایستی صورت بگیرند. باید توجه داشت که تصمیم‌گیرنده نهایی راجع به آینده هر یک از اقدامات، با توجه به منابع اداره، مدیریت مجموعه خواهد بود. گام 11 شامل فعالیت‌هایی است که اطلاعات مورد نیاز را به مدیریت

راجع به هر مشکل خواهد داد.

7-مراجع

- "آیین‌نامه ایمنی راه‌ها"، (1384)، نشریه 267، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، تهران، ایران.

- Agent, K. R., and T. Creasey (1986), "Delineation of Horizontal Curves. Interim Report." UKTRP-86-4. University of Kentucky. March.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2001), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.
- Bali, S., R. J. A. Potts, J. I. Fee, J. Taylor, J. Glennon. (1978), Cost-Effectiveness and Safety of Alternative Roadway Delineation Treatments for Rural Two-Lane Highways: Volume I Executive Summary. FHWA/RD-78/50. FHWA, U.S. Department of Transportation.
- Barrett, M. L., and J. G. Pigman. (2001), "Evaluation of Automated Bridge Deck Anti-Icing System," KTC-01-26/KH36-97-1F, Kentucky Transportation Cabinet, December.
- Bonneson, J. A. (2000), "Kinematic Approach to Horizontal Curve Transition Design." Transportation Research Record 1737, Transportation Research Board.
- Bucko, T. R., and A. Khorashadi. (2001), "Evaluation of Milled-In Rumble Strips, Rolled-In Rumble Strips and Audible Edge Stripe". Office of Transportation Safety and Research, California Department of Transportation.
- Chowdhury, M. A., D. L. Warren, H. Bissell, and S. Taori. (1998), "Are the Criteria for Setting Advisory Speeds on Curves Still Relevant?" ITE Journal. Vol. 68, No. 2. February.

5-نتیجه‌گیری

این مقاله با بیان ضرورت کاهش تعداد و شدت تصادفات در کشور و توضیح اهمیت قوس‌های افقی در این میان، به مرور روش‌ها و اقدامات ممکن در این خصوص پرداخت. این راهکارها به دو گروه اصلی تقسیم بندی و ارائه شد. گروه اول مشتمل بر 15 راهکار از طریق هشدار و اطلاع رسانی به راننده، تأمین دید و وضوح مناسب، افزایش مقاومت لغزشی و اصلاح مشخصات هندسی قوس منجر به کاهش احتمال خروج وسیله نقلیه از خط سیر خود و در نتیجه کاهش احتمال بروز تصادف می‌گردند. گروه دوم مشتمل بر 5 راهکار شدت حادثه ناشی از خروج وسیله نقلیه را کاهش می‌دهند.

پس از ارائه اقدامات فوق، این مقاله به طور خلاصه، به شرح یک برنامه اجرایی 11 مرحله‌ای جهت پیشبرد این اقدامات پرداخت. گام‌های این فرآیند در قالب جلب حمایت و تشکیل کارگروه، برنامه‌ریزی، اجرای برنامه و ارزیابی آن توضیح داده شد. هرچند بسیاری از این اقدامات در حال حاضر در کشور در حال اجراست، لیکن امید است این مقاله بتواند با مدون نمودن مجموعه اقدامات ممکن گامی در جهت بهبود ایمنی جاده‌های کشور بردارد.

6-پی‌نوشت‌ها

1- تابلو سرعت پیشنهادی نوعی تابلو محدودیت سرعت است که از سوی مراجع ذیصلاح در مسیرهای سواره رو اعلام می‌گردد و کمتر از سرعت مجاز قانونی می‌باشد. اگرچه رعایت آن الزامی نیست ولی جهت عبور ایمن توصیه شده است.

2- Post-mounted delineator

3- Delaware

4- Hydroplaning, Aquaplaning

5- Smith and Elliott, 1975

- Glennon, J. C., T. R. Neuman, and J. E. Leisch (1985), Safety and Operational Considerations for Design of Rural Highway Curves. FHWA/RD-86/035. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
- Glennon, J. C., and G. D. Weaver. (1972), “Highway Curve Design for Safe Vehicle Operations.” Highway Research Record 390, Highway Research Board.
- Hall, J. W. (1991), “Innovative Treatments for Run-Off-the-Road Accidents”. FHWA-NMSHTD-91-02. New Mexico Highway & Transportation Department.
- Hammer, Jr., C. G. (1968), “Evaluation of Minor Improvements”: Part 6, Signs. California Division of Highways, Traffic Department. May.
- Hanscom, F. R. (1976), “Evaluation of Signing to Warn of Wet Weather Skidding Hazard.” Transportation Research Record 600, Transportation Research Board.
- Harwood, D. W., F. M. Council, E. Hauer, W. E. Hughes, and A. Vogt. (2000), “Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways”. FHWA/RD-99/207. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
- <http://www.tfrc.gov/safety/99207.html>.
- Harwood, D. W., and J. M. Mason. (1994), “Horizontal Curve Design for Passenger Cars and Trucks.” Transportation Research Record 1445, Transportation Research Board.
- Humphreys, J. B., and J. A. Parham. (1994), The Elimination or Mitigation of Hazards Associated with Pavement Edge Drop-Offs During Roadway Resurfacing. AAA Foundation for Traffic Safety. Washington, D.C.
- Council, F. M. (1998), “Safety Benefits of Spiral Transitions on Horizontal Curves on Two-Lane Rural Roads.” Transportation Research Record 1635, Transportation Research Board.
- Elefteriadou, L., M. El-Gindy, D. Torbic, P. Garvey, A. Homan, Z. Jiang, B. Pecheux, and R. Tallon. (2000), Bicycle-Tolerable Shoulder Rumble Strips. PTI 2K15. Pennsylvania State University.
- Elefteriadou, L., D. Torbic, M. El-Gindy, S. Stoffels, and M. Adolini. (1997), Rumble Strips for Roads with Narrow or Non-Existent Shoulders. PTI 2002-11. Pennsylvania State University.
- Fambro, D. B., K. Fitzpatrick, and R. Koppa. (1997), “Determination of Stopping Sight Distances.” NCHRP Report 400, Transportation Research Board. National Research Council.
- Federal Highway Administration (2000), (FHWA). Technical Advisory for Roadway Shoulder Rumble Strips. http://safety.fhwa.dot.gov/fourthlevel/pro_res_rumble.library.htm#Papers.
- Fitzpatrick, K., K. Balke, D. W. Harwood, and I. B. Anderson. “Accident Mitigation Guide for Congested Rural Two-Lane Highways.” NCHRP Report 440, Transportation Research Board.
- Fitzpatrick, K., L. Elefteriadou, D. W. Harwood, J. M. Collins, J. McFadden, I. B. Anderson, R. A. Krammes, N. Irizarry, K. D. Parma, K. M. Bauer, and K. Pasetti. (1991), Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways. FHWA-RD-99-171. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
- Friar, S., and R. Decker. (1999), “Evaluation of a Fixed Anti-Icing Spray System.” Transportation Research Record 1672, Transportation Research Board. pp. 34–41.

- O’Hanlon, J. F., and G. R. Kelley (1974), “A Psychophysiological Evaluation of Devices for Preventing Lane Drift and Run-Off-Road Accidents”. Technical Report 1736-F. California Department of Transportation, Division of Highways. September .
- Outcalt, W. (2001), “Bicycle-Friendly Rumble Strips”. CDOT-DTD-R-2001-4. Colorado Department of Transportation, Research Branch.
- Outcalt, W. (2001), “Centerline Rumble Strips. CDOT-DTD-R-2001-4. Colorado Department of Transportation”, Research Branch.
- Perrillo, K. (1998), “The Effectiveness and Use of Continuous Shoulder Rumble Strips”. FHWA, Albany, New York. August.
- Ritchie, M. L. (1972), “Choice of Speed in Driving Through Curves as a Function of Advisory Speed and Curve Signs.” Human Factors. Vol. 14, No. 6. December.
- Science Applications International Corporation (SAIC). Synthesis of Shoulder Rumble Strip Practices and Policies. (2001), http://safety.fhwa.dot.gov/fourthlevel/pro_res_rumble.library.htm#Papers.
- Smith, R. N., and L. E. Elliott. (1975), Evaluation of Minor Improvements (Part 8), Grooved Pavement Supplement Report. CADOTTR2152-11-75-01. California Department of Transportation. September.
- Strickland, R., and H. McGee. (1996), “Evaluation of Prototype Automatic Truck Rollover Warning Systems”. FHWA-RD-97-124. FHWA, U.S. Department of Transportation. December.
- <http://ntl.bts.gov/data/124.pdf>.
- Jennings, B. E., and M. J. Demetsky. (1985), “Evaluation of Curve Delineation Sign.” Transportation Research Record 1010, Transportation Research Board.
- Khattak, A., and G. Pesti. (2003), “Bridge Prioritization for Installation of Automatic Anti-Icing Systems in Nebraska,” Mid-Continent Transportation Research Symposium, August.
- Krammes, R. A., and K. D. Tyer. (1991), “Post-Mounted Delineators and Raised Pavement Markers: Their Effect on Vehicle Operations at Horizontal Curves on Two-Lane Rural Highways.” Transportation Research Record 1324, Transportation Research Board.
- Leisch, J. E. (1971), “Traffic Control & Roadway Elements—Their Relationship to Highway Safety/Revised”. Chapter 12 Alinement. Highway Users Federation for Safety and Mobility.
- Lyles, R. W. (1980), “An Evaluation of Warning and Regulatory Signs for Curves on Rural Road”. FHWA/RD-80/009. FHWA, U.S. Department of Transportation.
- Mahoney, K. M., R. J. Porter, E. T. Donnell, D. Lee, and M. T. (2003), “Pietrucha. Evaluation of Centerline Rumble Strips on Lateral Vehicle Placement and Speed on Two-Lane Highways”. The Pennsylvania Transportation Institute, PTI 2003-20, March.
- McDonald, T. J., E. Kannel, M. M. O’Brien, and V. Root (2002), “Traffic Control Strategies in Work Zones with Edge Drop-Offs”. CTRE Project 97-15, Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, August.<http://www.ctre.iastate.edu/research/detail.com?projectID#255>.

Transportation Research Record 1114,
Transportation Research Board.

- Zegeer, C. V., D. Reinfurt, T. Neuman, R. Stewart, and F. (1991), “Council Safety Improvements on Horizontal Curves for Two-Lane Rural Roads—Informational Guide. FHWA/RD-90/074. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. October.
- Zipkes, E. (1976), “The Influence of Grooving of Road Pavements on Accident Frequency.” Transportation Research Record 623, Transportation Research Board.
- Tribbett, L., P. McGowen, and J. Mounce, (2000), “An Evaluation of Dynamic Curve Warning Systems in the Sacramento River Canyon, Final Report”, Western Transportation Institute, prepared for California Department of Transportation, April .
- Wong, S. Y. (1990), “Effectiveness of Pavement Grooving in Accident Reduction.” ITE Journal. Vol. 60, No. 7. July.
- Zador, P., H. S. Stein, P. Wright, and J. Hall. (1987), “Effects of Chevrons, Post-Mounted Delineators, and Raised Pavement Markers on Driver Behavior at Roadway Curves.”

Review of Safety Measures to Reduce Crashes in Horizontal Curves

*K. Aghabayk, Assistant Professor, School of Civil Engineering, College of Engineering,
University of Tehran, Iran.*

*T. Ahmadpoor, CEO, Tehran Engineering and Technical Consulting Organization,
Municipality of Tehran, Iran.*

E-mail: kayvan.aghabayk@ut.ac.ir

ABSTRACT

Accidents not only impose financial expenses to those injured, but also cause waste of time to others and impose indirect costs to the society. This becomes more important when it is severe and leads to serious injuries, maim or even death. Due to the high rate of accidents and their severity in our country, this problem has become a fundamental issue that requires experts and decision makers' attention. Since horizontal curves are one of the major black spots in Iran, this article intends to review the measures and solutions experienced and practiced in different parts of the world resulting in a decline on the frequency and/or severity of accidents. In the first part, the paper presents the measures which may minimize the probability of vehicles deviation from their route and the second part deals with measures taken to minimize occurred damages. The process of implementing these strategies is proposed in the last part.

Keywords: Road Safety Measures, Safety in Traffic, Accident, Horizontal Curve

¹ تابلو سرعت پیشنهادی نوعی تابلو محدودیت سرعت است که از سوی مراجع ذیصلاح در مسیرهای سواره رو اعلام می گردد و کمتر از سرعت مجاز قانونی می باشد. اگرچه رعایت آن الزامی نیست ولی جهت عبور ایمن توصیه شده است.

² Post-mounted delineator

³ Delaware

⁴ Hydroplaning, Aquaplaning

⁵ Smith and Elliott, 1975