

فصلنامه دانش انتظامی سمنان ، دوره پانزدهم ، شماره پنجاه و هشتم ، زمستان ۱۴۰۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۱۱/۲۲

صفحات: ۴۰-۵۹

مروری بر برخی معضلات و اقدامات ایمنی برای کاهش حوادث رانندگی در محورهای

روستایی استان سمنان

نویسندگان:

امیررضا حسینی^{۱*}، مهدی اکبری^۲، احسان منصورکیایی^۳

چکیده

ایمنی جاده‌های روستایی به عنوان یکی از چالش‌های مهم در مدیریت حمل‌ونقل جاده‌ای، نقش کلیدی در کاهش تصادفات و تلفات انسانی دارد. این پژوهش با بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات محورهای روستایی استان سمنان، به تحلیل نقش طراحی هندسی جاده، شرایط محیطی، ویژگی‌های ترافیکی و عوامل انسانی در بروز حوادث پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که محدودیت دید، کیفیت نامناسب روسازی، نبود روشنایی کافی، حضور موانع خطرآفرین در حاشیه جاده و تداخل تردد وسایل نقلیه کشاورزی و سنگین از جمله مهم‌ترین عوامل افزایش تصادفات در این محورها هستند. همچنین، شرایط جوی نامساعد و عدم رعایت اصول رانندگی ایمن تأثیر بسزایی در شدت حوادث داشته‌اند. در این راستا، راهکارهایی نظیر بهبود طراحی هندسی مسیرها، ارتقای سیستم‌های روشنایی، افزایش مسافت دید، اجرای محدودیت‌های زمانی برای تردد وسایل نقلیه خاص و استفاده از تجهیزات هشداردهنده پیشنهاد شده است. مطالعات این پژوهش نشان می‌دهد که اجرای این اقدامات می‌تواند میزان تصادفات را به‌طور قابل‌توجهی کاهش داده و موجب افزایش ایمنی محورهای روستایی گردد.

کلید واژه ها : تصادفات جاده‌ای، محورهای روستایی، ایمنی جاده، طراحی هندسی مسیر، عوامل محیطی، مدیریت ترافیک

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد - saas7932@hotmail.com

۲. استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه سمنان - akbari@semnan.ac.ir

۳. دانش آموخته کارشناسی ارشد راه و ترابری دانشکده مهندسی عمران دانشگاه سمنان

۱. مقدمه

تصادفات جاده‌ای یکی از چالش‌های اساسی در حوزه حمل‌ونقل و ایمنی عمومی محسوب می‌شود که پیامدهای گسترده‌ای در ابعاد انسانی، اقتصادی و اجتماعی دارد [۱، ۲]. با گسترش شهرنشینی و توسعه شبکه‌های حمل‌ونقل، میزان تصادفات نیز به طور چشمگیری افزایش یافته است [۳]. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، کشورهای در حال توسعه با وجود داشتن تنها یک‌سوم از وسایل نقلیه جهان، بیش از دو سوم از تلفات ناشی از تصادفات جاده‌ای را تجربه می‌کنند [۴]. عوامل متعددی از جمله کیفیت نامناسب زیرساخت‌های جاده‌ای، ضعف در اجرای قوانین ترافیکی و سطح پایین آگاهی عمومی در این زمینه نقش اساسی در افزایش نرخ تصادفات دارند [۵].

یکی از بخش‌های مهم در بررسی تصادفات جاده‌ای، تحلیل سوانح در راه‌های روستایی است. راه‌های روستایی به دلیل ویژگی‌های خاص خود، مستعد وقوع تصادفات جدی و مرگبار هستند. از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش تصادفات این مناطق می‌توان به عدم استانداردسازی جاده‌ها، کمبود علائم راهنمایی و رانندگی، کمبود علائم هشدار دهنده بر روی وسایل و تجهیزات در حال عبور در محورهای کشاورزی، کیفیت نامطلوب آسفالت، نبود روشنایی کافی و وجود موانع طبیعی و جانوری اشاره کرد [۶]. همچنین، رانندگان در این مناطق به دلیل آشنایی زیاد با مسیرها و نبود نظارت دقیق، رفتارهای پرخطری از جمله سرعت غیرمجاز، سبقت‌های غیرقانونی و بی‌توجهی به قوانین رانندگی از خود نشان می‌دهند که این عوامل احتمال بروز تصادفات را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. علاوه بر این، نبود امکانات امدادرسانی سریع در مناطق روستایی موجب می‌شود که میزان مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات در این مناطق نسبت به جاده‌های شهری بیشتر باشد [۷].

بررسی‌های آماری نشان می‌دهند که سالانه حدود ۱/۳۵ میلیون نفر در اثر تصادفات جاده‌ای جان خود را از دست می‌دهند و بین ۲۰ تا ۵۰ میلیون نفر دیگر دچار جراحات غیرکشنده می‌شوند که در بسیاری از موارد منجر به ناتوانی‌های دائمی می‌گردد. از بعد اقتصادی، خسارات ناشی از این حوادث معادل ۳ درصد از تولید ناخالص داخلی (GDP) کشورها برآورد می‌شود. این خسارات شامل هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم از جمله هزینه‌های درمانی، از دست رفتن نیروی کار، خسارات وارده به زیرساخت‌های حمل‌ونقل و هزینه‌های بیمه‌ای می‌شود. در نتیجه، بهینه‌سازی سیستم حمل‌ونقل و بهبود ایمنی جاده‌ها از نظر اقتصادی و اجتماعی اهمیت بسیاری دارد [۸، ۹].

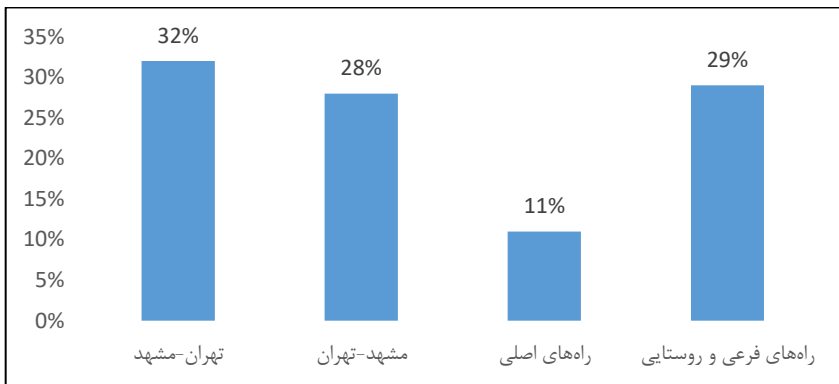
راهکارهای کاهش تصادفات جاده‌ای شامل سه دسته اصلی هستند: بهبود زیرساخت‌ها (مانند توسعه جاده‌های استاندارد و نصب علائم هشداردهنده)، اجرای قوانین سخت‌گیرانه (از جمله افزایش جریمه‌ها و نظارت دقیق) و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین (نظیر سیستم‌های هشداردهنده

هوشمند و حسگرهای الکترونیکی). این اقدامات می‌توانند به‌طور مؤثری در کاهش تصادفات جاده‌ای تأثیرگذار باشند [۱۰].

در سال‌های اخیر، پژوهش‌ها بر اهمیت آموزش و ارتقای فرهنگ رانندگی تأکید دارند. ایجاد برنامه‌های آموزشی با هدف افزایش آگاهی عمومی درباره خطرات رانندگی غیرایمن و تشویق به رعایت قوانین، نقش مهمی در کاهش تصادفات ایفا می‌کند. در نهایت، همکاری نزدیک میان نهادهای دولتی، سازمان‌های غیرانتفاعی و جوامع محلی برای تدوین و اجرای سیاست‌های مؤثر و پایدار ضروری است. این رویکرد جامع می‌تواند نه تنها به کاهش تلفات انسانی کمک کند، بلکه هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی ناشی از تصادفات را نیز به‌طور قابل توجهی کاهش دهد [۱۱].

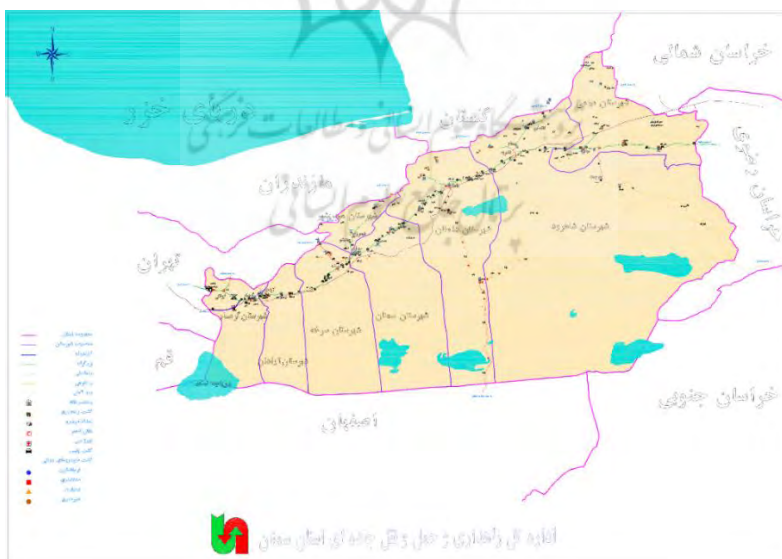
در مجموع، کاهش تصادفات جاده‌ای مستلزم اجرای یک رویکرد چندوجهی شامل بهبود زیرساخت‌ها، اجرای قوانین مؤثر، افزایش آگاهی عمومی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین است. تمرکز ویژه بر ایمنی راه‌های روستایی، که سهم قابل توجهی از تصادفات را به خود اختصاص داده‌اند، می‌تواند در کاهش نرخ مرگ‌ومیر و خسارات ناشی از تصادفات جاده‌ای نقش اساسی ایفا کند. از این رو، پژوهش‌های علمی در حوزه ایمنی جاده‌ها و توسعه راهکارهای نوین برای کاهش تصادفات باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد تا گام‌های مؤثری در جهت بهبود وضعیت ایمنی حمل‌ونقل برداشته شود [۱۲].

با توجه به روند رو به افزایش وضعیت ترافیک در جامعه کنونی، این پدیده اثرات منفی بسیاری بر جان و مال افراد به همراه داشته است. اتلاف میلیون‌ها ساعت از زمان شهروندان در تراکم‌های ترافیکی، آلودگی هوای ناشی از خودروها، اتلاف منابع و امکانات خدماتی و سرمایه‌های ملی، و افزایش وقوع تصادفات جاده‌ای از جمله پیامدهای قابل توجه ترافیک نامناسب هستند. به عنوان نمونه، در یازده ماه سال ۱۴۰۲، استان سمنان با ثبت ۲۶۸ کشته و ۳۱۳۸ مجروح در ۷۸۶۱ حادثه ترافیکی مواجه بوده است، که نشان‌دهنده شدت بحران ترافیکی در این استان است.



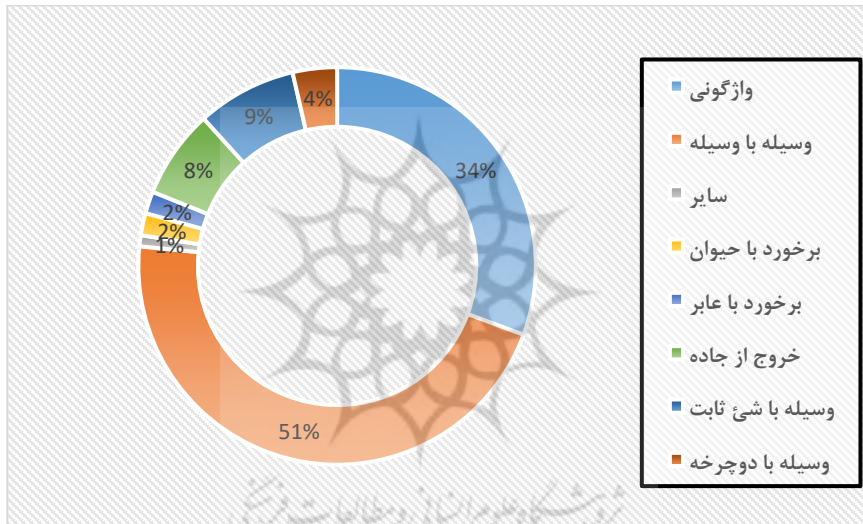
نمودار ۱ - فراوانی تصادفات بر حسب محورهای استان سمنان ۱۴۰۲

استان سمنان با موقعیت جغرافیایی خاص خود به‌عنوان یک نقطه اتصال بین شمال و جنوب کشور، نقش حیاتی در شبکه حمل‌ونقل ملی ایفا می‌کند. این استان دارای ۴۲۲ کیلومتر آزادراه و بزرگراه، ۲۵۹ کیلومتر راه اصلی و ۱۳۶۸ کیلومتر راه روستایی و فرعی است و با داشتن محورهای مواصلاتی مهم نظیر تهران-مشهد و تهران-سمنان، به یکی از کانون‌های ترافیکی کشور تبدیل شده است. مشکلات ترافیکی در این استان نه‌تنها بر ساکنان آن، بلکه بر جریان حمل‌ونقل ملی تأثیرگذار است. لذا، نیاز به برنامه‌ریزی و اتخاذ رویکردهای علمی جهت کاهش تراکم ترافیکی و بهبود ایمنی جاده‌ها ضروری است [۱۳].



شکل ۱ - محورهای مواصلاتی استان سمنان

تحلیل تصادفات جاده‌ای و بررسی عوامل موثر در آن، از جمله وضعیت زیرساخت‌ها، رفتار رانندگان و سیستم‌های مدیریت ترافیک، می‌تواند به شناسایی نقاط ضعف و طراحی راهکارهای مؤثر برای پیشگیری از تصادفات کمک کند. با توجه به هزینه‌های بالای ایمن‌سازی جاده‌های کم‌تردد، شناسایی فاکتورهای اصلی مؤثر در شدت تصادفات، به ویژه در جاده‌های روستایی، ضروری است. این رویکرد به تخصیص بهینه منابع مالی و کاهش خسارات جانی و مالی منجر خواهد شد. این مطالعه به بررسی عوامل جاده‌ای و محیطی و روش‌های پیشگیرانه برای کاهش تصادفات در محورهای روستایی استان سمنان می‌پردازد.



نمودار ۲ - نوع برخورد در تصادفات استان سمنان ۱۴۰۲

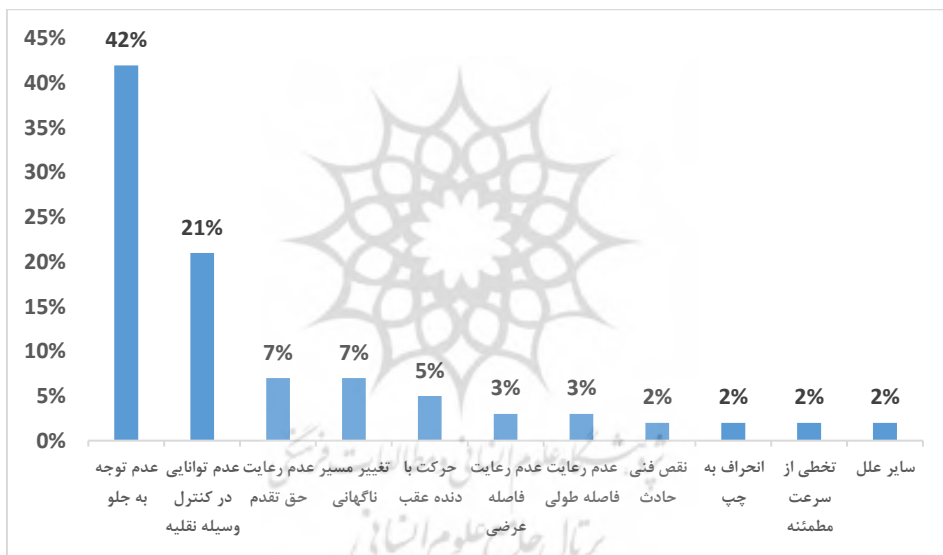
۲. تقسیم بندی عوامل موثر بر تصادفات

در بسیاری از تصادفات جاده‌ای، نمی‌توان یک عامل واحد را به‌عنوان علت اصلی حادثه در نظر گرفت، بلکه وقوع تصادف نتیجه‌ای از مجموعه‌ای پیچیده از وقایع است که تحت تأثیر عوامل مختلف قرار دارند [۱۴]. این وقایع معمولاً در سه مرحله اصلی شناسایی می‌شوند:

وقایع قبل از تصادف: این عوامل نقش تعیین‌کننده‌ای در ایجاد تصادف دارند و همچنین راهکارهای پیشگیرانه برای جلوگیری از وقوع آن‌ها را مشخص می‌کنند. به‌طور مثال، عملکرد سیستم ترمز خودرو و واکنش راننده به شرایط مختلف جاده‌ای می‌تواند از وقوع تصادف جلوگیری نماید. تحلیل این وقایع به شناسایی اقدامات پیشگیرانه کمک می‌کند.

وقایع در حین تصادف: این وقایع عواملی را شناسایی می‌کنند که شدت تصادف را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌طور نمونه، عملکرد سیستم‌های ایمنی خودرو نظیر کیسه هوا می‌تواند نقش بسزایی در کاهش شدت آسیب‌ها و حفظ ایمنی سرنشینان ایفا کند. شناسایی این عوامل امکان طراحی راهکارهای مهندسی و فنی برای کاهش آسیب‌های ناشی از تصادف را فراهم می‌آورد.

وقایع بعد از تصادف: این وقایع بر عواملی تمرکز دارند که بر نتیجه نهایی تصادف تأثیر می‌گذارند و نشان می‌دهند که چگونه بهبود امداد رسانی و ارائه کمک‌های پزشکی می‌تواند میزان خسارات جانی و مالی ناشی از تصادف را کاهش دهد. به‌عنوان مثال، زمان واکنش نیروهای امدادی و کیفیت ارائه خدمات پزشکی در محل حادثه نقش مهمی در کاهش شدت جراحات و افزایش احتمال بقای مصدومان دارد.



نمودار ۳ - فراوانی علت عامه تصادفات ۱۴۰۲

بر اساس تحقیقات انجام‌شده، حوادث رانندگی نتیجه‌ی شرایطی است که در آن سه عامل اصلی انسان، محیط و وسیله نقلیه نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. این سه مؤلفه به‌صورت مستقل و یا در تعامل با یکدیگر می‌توانند احتمال وقوع تصادف را افزایش دهند:

عامل انسانی: سن، جنسیت، خستگی، مهارت، تجربه و مستی.

وسيله نقلیه: طراحی، ساخت و نحوه نگهداری.

جاده و عوامل محیطی: هندسه راه، نحوه کنترل ترافیک، وضعیت روسازی، علائم و تجهیزات ایمنی و شرایط جوی.

۱.۲. عامل انسانی

عوامل انسانی به تصادفاتی اطلاق می‌شود که به‌طور مستقیم به قوای ذهنی و روانی انسان مرتبط هستند. مطالعات نشان داده است که عامل انسانی در ۶۳ درصد از تصادفات به‌عنوان دلیل اصلی و در ۲۳ درصد از کل تصادفات به‌عنوان عامل تأثیرگذار نقش دارد [۱۵]. عوامل انسانی نظیر خستگی، مشکلات جسمانی، مصرف الکل و مواد مخدر، تخلفات رانندگی، عجله، کهولت سن، عدم استفاده از کمربند ایمنی و حواس‌پرتی به دلیل فعالیت‌های جانبی، نقش بسزایی در بروز تصادفات جاده‌ای دارند. کاهش این عوامل نیازمند رعایت مقررات، آموزش مداوم و به‌کارگیری فناوری‌های ایمنی است.

۲.۲. وسیله نقلیه

اگرچه عوامل انسانی و شرایط جاده‌ای تأثیر بیشتری در بروز تصادفات جاده‌ای دارند، نقص‌های فنی وسایل نقلیه نیز می‌توانند به‌عنوان عوامل مستقیم یا تشدیدکننده در وقوع این حوادث مؤثر باشند. لذا، نظارت مستمر بر وضعیت فنی خودروها از طریق سرویس‌های دوره‌ای و تعمیرات منظم، به‌علاوه ارتقای استانداردهای طراحی و تولید خودروها و به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند سامانه‌های هوشمند ترمزگیری، هشدار خروج از مسیر و کنترل پایداری الکترونیکی، می‌تواند در کاهش تصادفات ناشی از نقص فنی مؤثر واقع شود.

۱.۲.۲. علائم هشداردهنده نوری تجهیزات کشاورزی

در گستره پهناور مناطق روستایی، وسایل و تجهیزات کشاورزی همواره نقشی انکارناپذیر در تأمین امنیت غذایی و تداوم فعالیت‌های تولیدی ایفا می‌کنند. این ماشین‌آلات که اغلب برای استفاده در مزارع طراحی شده‌اند، ناگزیر در مسیرهای عمومی نیز تردد می‌نمایند؛ مسیریایی که به‌ویژه در ساعات تاریکی یا شرایط جوی نامناسب، بستر بروز حوادثی گاه مرگبار می‌گردند. ویژگی‌هایی چون ابعاد بزرگ، سرعت پایین و عدم تجهیز به سیستم‌های روشنایی و علائم هشداردهنده استاندارد، موجب شده است تا این وسایل در زمره عوامل پرریسک در ترافیک جاده‌ای، به‌ویژه در راه‌های برون‌شهری و روستایی قرار گیرند. مطالعات صورت‌گرفته در مراکز علمی معتبر از جمله دانشگاه پوردو در ایالات متحده، به‌وضوح نشان داده‌اند که نبود دید کافی و عدم شناسایی به‌موقع وسایل کشاورزی، از جمله علل اصلی تصادفات جاده‌ای مرتبط با این وسایل است [۱۶]. در همین راستا،

بهره‌گیری از چراغ‌های هشداردهنده و نوارهای شبرنگ با استانداردهای بین‌المللی، به‌عنوان رویکردی اثربخش و در عین حال مقرون‌به‌صرفه، مورد توجه پژوهشگران و سیاست‌گذاران حوزه حمل‌ونقل قرار گرفته است. در پژوهشی انجام‌شده در کانادا، مشخص گردید که نصب چراغ‌های چشمک‌زن و علائم بازتابنده بر روی تجهیزات کشاورزی، سبب کاهش ۶۵ درصدی در نرخ تصادفات شبانه با این وسایل شده است. این یافته‌ها گواهی روشن بر ضرورت توجه به مقوله دیدپذیری در ایمنی جاده‌ای است. از منظر فنی، استاندارد ASAE S279.17 که توسط انجمن مهندسان کشاورزی و زیستی آمریکا تدوین گردیده، راهنمایی جامع برای نحوه نصب و استفاده از چراغ‌ها و علائم بازتابنده در تجهیزات کشاورزی ارائه می‌دهد (ASAE, 2012). این استاندارد ضمن تعیین محل نصب، رنگ، شدت نور و الزامات بازتابی، زمینه‌ساز بهبود تعامل میان ماشین‌آلات کشاورزی و دیگر وسایل نقلیه در بستر جاده می‌گردد [۱۷]. بر این اساس، می‌توان چنین نتیجه گرفت که به‌کارگیری تجهیزات هشداردهنده نوری نه‌تنها یک الزام فنی و قانونی، بلکه ضرورتی اجتناب‌ناپذیر در مسیر حفظ جان انسان‌ها، صیانت از اموال عمومی، و تضمین پایداری فرآیندهای کشاورزی است. تحقق این هدف، مستلزم تدوین و اجرای سیاست‌های الزام‌آور، آموزش بهره‌برداران، و نظارت مستمر بر رعایت اصول ایمنی در حوزه ماشین‌آلات کشاورزی خواهد بود.

۲. ۳. جاده و عوامل محیطی

عوامل محیطی، شامل شرایط پیرامونی وسیله نقلیه و راننده، تأثیر قابل‌توجهی در بروز و شدت تصادفات دارند. هرگونه نابسامانی در این عوامل می‌تواند خطرات جاده‌ای را افزایش دهد. تحقیقات نشان می‌دهد که شرایط محیطی نامساعد، به‌ویژه در مناطق کوهستانی و جاده‌های کم‌تردد، به‌طور چشمگیری احتمال وقوع سوانح رانندگی را افزایش می‌دهد [۱۵].

عوامل محیطی مانند لغزندگی جاده‌ها به‌دلیل بارندگی، یخبندان و نشت مواد روغنی، ضعف روشنایی جاده‌ها، گردوغبار و طوفان‌های شن، دمای پایین و یخبندان، مه‌گرفتگی، نقص در علائم و تابلوهای راهنمایی، باریکی و نامناسب بودن جاده، ناهمواری‌های جاده‌ای، خرابی مسیر و شرایط کوهستانی می‌توانند تأثیر زیادی در بروز تصادفات جاده‌ای داشته باشند [۱۸، ۱۹]. این عوامل موجب کاهش دید رانندگان، اختلال در کنترل وسیله نقلیه و افزایش احتمال برخورد و تصادفات می‌شوند. همچنین، عدم خط‌کشی استاندارد و نبود گاردریل، خطرات بیشتری را به همراه دارند.

۲. ۳. ۱. تقسیم‌بندی عوامل محیطی از دیدگاه اثرگذاری بر تصادفات

از نظر علمی، عوامل محیطی تأثیرگذار بر تصادفات جاده‌ای به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

عوامل وقوع تصادف: عواملی که به طور مستقیم در ایجاد حادثه نقش دارند، مانند لغزندگی جاده، مه‌گرفتگی، نبود علائم هشداردهنده و کیفیت پایین جاده.

عوامل افزایش خسارت ناشی از تصادف: عواملی که شدت پیامدهای تصادف را تشدید می‌کنند، از جمله نبود گاردریل، طراحی نامناسب جاده، ضعف در امدادرسانی و نبود زیرساخت‌های ایمنی جاده‌ای.

۲.۳.۲. اهمیت مدیریت عوامل محیطی

با توجه به سهم بالای عوامل محیطی در بروز تصادفات، اجرای برنامه‌های مدیریت ریسک جاده‌ای، بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل و افزایش نظارت بر کیفیت و ایمنی مسیرهای ارتباطی از جمله اقدامات ضروری برای کاهش خطرات جاده‌ای است. ایجاد سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک، نصب علائم استاندارد، بهبود کیفیت آسفالت و توسعه شبکه روشنایی معابر از راهکارهای کلیدی برای کاهش تصادفات ناشی از عوامل محیطی محسوب می‌شوند. که در ادامه مفصل به بررسی راهکارهای ارتقای ایمنی در محورهای روستایی خواهیم پرداخت.

۳. راهکارهای پیشنهادی برای کاهش فراوانی تصادفات در محورهای روستایی

این بخش با هدف انجام اقدامات ایمنی در محورهای روستایی استان سمنان جهت کاهش احتمال تصادفات وسیله نقلیه و ادوات کشاورزی می‌پردازد. مجموعه اقدامات مربوط به این بخش شامل ۶ مورد که در ذیل تشریح می‌گردند.

۳.۱. پیش‌آگاهی به کاربران جاده برای تغییرات ناگهانی در مسیر حرکت

در راه‌های روستایی، پیش‌آگاهی راننده از تغییرات هندسی مسیر و شرایط جاده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. قوس‌های تند با شعاع کم و سرعت زیاد، به‌ویژه پس از مسیرهای مستقیم طولانی، در جاده‌های روستایی می‌توانند خطرات زیادی برای رانندگان ایجاد کنند. این راهبرد با آگاه‌سازی رانندگان از تغییرات مسیر و تنظیم سرعت مناسب، موجب کاهش تصادفات و افزایش ایمنی در این مسیرها می‌شود.

پیش‌آگاهی از تغییرات ناگهانی مسیر در جاده‌های روستایی می‌تواند از طریق چندین روش مؤثر انجام شود. یکی از رایج‌ترین روش‌ها، استفاده از علائم ترافیکی است. نصب تابلو "قوس خطرناک" نه تنها تغییر مسیر به قوس را به راننده اطلاع می‌دهد، بلکه جهت قوس (راستگرد یا چپگرد) نیز مشخص می‌سازد. علاوه بر آن، نصب تابلو "سرعت پیشنهادی" در طول قوس و استفاده از

چراغ‌های چشمک‌زن در کنار آن می‌تواند توجه راننده را به وضعیت قوس جلب کرده و ایمنی را افزایش دهد. همچنین، پیش‌آگاهی می‌تواند از طریق سطح روسازی و نصب نوارهای لرزاننده نیز صورت گیرد. با این حال، باید مراقب بود که استفاده بیش از حد از علائم هشداردهنده، به ویژه در مورد کاهش و کنترل سرعت، موجب کاهش توجه رانندگان به این پیام‌ها نشود [۲۰].

هامر در سال ۱۹۸۰ در تحقیقی به بررسی اثربخشی روش‌های مختلف در کاهش تصادفات جاده‌ای پرداخته است. نتایج این تحقیق نشان داد که نصب تابلو "قوس خطرناک" به تنهایی موجب کاهش حدود ۱۸ درصدی تصادفات می‌شود. همچنین، ترکیب این تابلو با تابلو "سرعت پیشنهادی" باعث کاهش حدود ۲۲ درصدی تصادفات گردید. این تحقیق بیانگر اثربخشی این روش‌ها در کاهش تصادفات و افزایش ایمنی جاده‌ای است [۲۱]. همچنین لیش در سال ۱۹۷۱ در تحقیق خود نشان داد که نصب تابلو "سرعت مجاز" در کاهش تصادفات در قوس‌های افقی جاده‌ای تأثیر مثبت دارد. این روش می‌تواند موجب کاهش سرعت غیرمجاز و بهبود کنترل وسیله نقلیه در مناطق پرخطر گردد [۲۲]. هانسکام (۱۹۷۶) در تحقیق خود به بررسی تأثیر نصب تابلوهای هشدار لغزندگی در قوس‌های جاده‌ای تحت شرایط آب و هوایی مرطوب پرداخته است. این مطالعه در سه قوس از یک بزرگراه با نصب پنج تابلو هشدار انجام شد. معیار اصلی ارزیابی، بررسی تغییرات سرعت متوسط در نقاط بحرانی قوس‌ها بود. در این تحقیق، گروه هدف وسایل نقلیه‌ای بودند که سرعت آنها ۲۵ درصد بیشتر از سرعت ورودی به قوس‌ها بود. نتایج نشان داد که بیشترین کاهش سرعت زمانی رخ داد که تابلو هشدار لغزندگی همراه با چراغ‌های چشمک‌زن نصب شد، به ویژه در شرایط مرطوب. هانسکام در نتیجه‌گیری تحقیق خود توصیه کرد که در قوس‌های خطرناک، به ویژه در شرایط لغزندگی مسیر، نصب تابلوهای هشداردهنده همراه با چراغ‌های چشمک‌زن می‌تواند به‌طور مؤثری از وقوع تصادفات جلوگیری کرده و ایمنی رانندگان را افزایش دهد [۲۳]. ریچی در سال ۱۹۷۹ در تحقیق خود به تحلیل تأثیر علائم "سرعت پیشنهادی" و "قوس خطرناک" بر رفتار رانندگان در انتخاب سرعت در طول قوس‌های جاده‌ای پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان داد که رانندگان معمولاً از سرعت پیشنهادی میان ۲۴ تا ۵۶ کیلومتر بر ساعت فراتر می‌روند، اما هیچ‌گاه از سرعت‌های بین ۷۲ تا ۸۰ کیلومتر بر ساعت عبور نمی‌کنند. بر اساس این مشاهدات، ریچی نتیجه گرفت که علائم پیش‌آگاهی به کاهش تردید رانندگان کمک کرده و به آنها این امکان را می‌دهد که با اعتماد بیشتری در خصوص انتخاب سرعت خود تصمیم‌گیری کنند. این تحقیق نشان می‌دهد که وجود علائم پیش‌آگاهی می‌تواند به تسهیل تصمیم‌گیری رانندگان و افزایش ایمنی جاده‌ای کمک کند [۲۴].

در نتیجه استفاده مؤثر از علائم سرعت پیشنهادی نیازمند توجه به چندین نکته اساسی است. نخستین نکته، تدوین ضوابط علمی و مهندسی برای نصب و اجرای این علائم در جاده‌ها به‌منظور بهبود کارایی آن‌ها در مسیرهای مختلف است. دومین نکته، شناسایی و اولویت‌بندی نقاطی از شبکه جاده‌ای است که قابلیت بهبود ایمنی از طریق نصب این علائم را دارند. این راهبرد به‌ویژه در شرایطی که قوس‌های غیرمنتظره در مسیر وجود داشته باشد و رانندگان نیاز به کاهش سرعت برای عبور ایمن از آن‌ها داشته باشند، مفید است. سومین نکته، این است که در مطالعات مختلف، تغییرات در سرعت یا سرعت پیشنهادی به‌عنوان معیاری برای ارزیابی اثرات روش‌های پیش‌آگاهی مورد استفاده قرار گرفته است. به همین دلیل، ضروری است که ارتباط این معیار با سایر متغیرهای ایمنی جاده‌ای در مطالعات آتی به‌طور دقیق‌تر تحلیل و بررسی گردد.

۲.۳. افزایش آشکارسازی علل خصوص در قوس‌ها

این راهبرد به‌منظور بهبود توانایی رانندگان در شناسایی و ارزیابی هندسی قوس‌های جاده‌ای، بر تأمین دید بهتر برای تشخیص دقیق‌تر ویژگی‌ها و شکل قوس‌ها متمرکز است. برای افزایش دقت شناسایی، روش‌هایی مانند نصب تابلوهای هشداردهنده (مانند تابلو شورن)، آشکارسازهای نصب‌شده بر روی گاردریل‌ها و استفاده از رفلکتورهای بازتاب‌دهنده نور پیشنهاد شده‌اند. این اقدامات به‌منظور فراهم کردن پیش‌آگاهی به رانندگان در خصوص تغییرات ناگهانی مسیر و شرایط جاده‌ای خطرناک طراحی شده‌اند تا خطرات ناشی از قوس‌های غیرمنتظره کاهش یابد و ایمنی ترافیک افزایش یابد.

مطالعات ارائه‌شده در گزارش ۴۴۰ برنامه تحقیقات راه‌سازی حمل‌ونقل ملی (NCHRP)، که توسط فیتزپاتریک و همکاران انجام و در سال ۲۰۰۰ منتشر شده است، به تحلیل عملکرد آشکارسازهای پایداری مسیر در کاهش تصادفات جاده‌ای پرداخته است. این گزارش، که نتایج چندین مطالعه را گردآوری کرده، نشان می‌دهد که آشکارسازهای پایداری مسیر عمدتاً در کاهش نرخ تصادفات در قوس‌های تند طی شرایط نوری نامطلوب مؤثر بوده‌اند [۲۵]. علاوه بر این، مسیرهایی که به این نوع آشکارسازها مجهز شده‌اند، در مقایسه با مسیرهای فاقد آن‌ها، نرخ تصادفات کمتری داشته‌اند. از منظر اقتصادی، نصب این آشکارسازها برای مسیرهایی با میانگین تردد روزانه (ADT) بیش از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه از نظر هزینه-فایده توجیه‌پذیر ارزیابی شده است. نتایج مطالعه بالی و همکاران نیز یافته‌های مشابهی را ارائه داده و بر کارایی این فناوری در بهبود ایمنی جاده‌ای تأکید کرده است [۲۶]. مطالعه‌ای که توسط کرامز و تییر انجام شد، عملکرد علامت‌گذاری‌های برجسته روستا را به عنوان جایگزینی برای آشکارسازهای پایداری مسیر در قوس‌های افقی مسیرهای دوخطه برون‌شهری مورد بررسی قرار داد. این پژوهش با تحلیل سرعت

وسایل نقلیه در شب و الگوی جابه‌جایی عرضی در پنج موقعیت آزمایشی، تأثیر این سامانه‌ها را ارزیابی کرده است.

در این مطالعه، عملکرد رانندگی هنگام عبور از علامت‌گذاری‌های برجسته‌سازی با حالت نصب آشکارسازهای پایداری مسیر در دو بازه زمانی کوتاه‌مدت و میان‌مدت مقایسه شد. نتایج نشان داد که در خط داخلی قوس، تفاوت معناداری بین این دو روش مشاهده نشد. با این حال، در خط خارجی قوس تأثیرات متفاوتی به دست آمد. به‌طور خاص، سرعت وسایل نقلیه در محدوده میانی قوس بین $1/6$ تا $4/8$ کیلومتر بر ساعت بیشتر از سرعت در محل نصب علامت‌گذاری‌های برجسته بود [۲۷]. علاوه بر این، متوسط جابه‌جایی جانبی وسایل نقلیه از خط وسط در محدوده میانی قوس با علامت‌گذاری‌های برجسته در مقایسه با آشکارسازهای پایداری مسیر، $0/3$ تا $0/6$ متر بیشتر بوده است. همچنین، میزان تغییرات جابه‌جایی جانبی در محدوده میانی قوس در حالت استفاده از علامت‌گذاری‌های برجسته‌سازی نسبت به آشکارسازهای پایداری مسیر کمتر گزارش شده است.

نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی نشان داد که نصب آشکارسازهای پایداری مسیر با ابعاد بلندتر و قرار دادن آن‌ها در فاصله‌ای ثابت از لبه‌سازی می‌تواند به تندتر شدن قوس‌ها نسبت به سایر تجهیزات آشکارسازی منجر شود. مطالعات میدانی توسط ایجنت و کریسی نشان داد که علامت‌گذاری‌های برجسته تأثیر بیشتری بر رفتار راننده نسبت به آشکارسازهای پایداری مسیر دارند. همچنین، شورن‌ها (برجستگی‌های روسازی) تأثیر بیشتری بر سرعت و کاهش تخطی رانندگان در قوس‌ها نسبت به آشکارسازهای پایداری مسیر دارند.

با این حال، نتایج مطالعات مختلف در خصوص تأثیر روش‌های آشکارسازی در ایمنی جاده‌ها متفاوت است و این تفاوت‌ها به دلیل استفاده از معیارها و روش‌های تحلیل مختلف است. به‌طور کلی، نصب آشکارسازهای پایداری مسیر در قوس‌های تند می‌تواند ایمنی را ارتقا دهد، به‌ویژه در شرایط دید محدود یا جوی نامساعد. همچنین، نصب تابلوهای شورن در مقایسه با آشکارسازهای پایداری مسیر استاندارد تأثیر بیشتری در کاهش تصادفات و بهبود رفتار رانندگان دارد. این نتایج نشان می‌دهند که تأثیر نصب تجهیزات آشکارسازی بر ایمنی جاده‌ها بستگی به نوع تجهیزات، ویژگی‌های جاده و شرایط محیطی دارد و نیازمند تحلیل‌های دقیق‌تر و استفاده از معیارهای استاندارد برای ارزیابی بهینه است.

۳.۳. اجرای رامبل طولی جهت ایجاد صدا و هشدار در خط وسط

در ابتدا، نوارهای لرزاننده به‌منظور کاهش تصادفات شاخ به شاخ و از پهلوی در راه‌های روستایی تفکیک‌نشده (بدون میانه) نصب شدند. در راه‌های روستایی که معمولاً عرض کم و شرایط نامساعد

دارند، این نوع تصادفات یکی از معضلات اصلی ایمنی جاده‌ای است. نوارهای لرزاننده با ایجاد هشدار به رانندگان حواس‌پرت، به ویژه زمانی که آن‌ها به‌طور ناخواسته وارد خط مقابل می‌شوند، به کاهش این نوع تصادفات کمک می‌کنند. همچنین این نوارها به رانندگان هشدار می‌دهند که در قوس‌ها و هنگام تجاوز از خط وسط به دلیل خطرات احتمالی تصادف، باید سرعت خود را کاهش دهند.

در راه‌های روستایی که غالباً فاقد امکانات ایمنی پیشرفته هستند، نصب چنین تجهیزاتی می‌تواند به‌طور مؤثری خطر تصادفات شاخ به شاخ را کاهش دهد و بهبود ایمنی رانندگان را به همراه داشته باشد.

مطالعه‌ای که توسط پرپلو در سال ۱۹۹۸ در دالویر انجام شد، اثرات نوارهای لرزاننده خط وسط در مسیرهای برون‌شهری دوخطه جدانشده را بررسی کرد. در این تحقیق، آمار تصادفات ۳۶ ماه قبل از نصب نوارهای لرزاننده جمع‌آوری شد که نشان داد ۶ تصادف منجر به مرگ، ۱۴ تصادف منجر به جرح و ۱۹ تصادف خسارتی رخ داده است. پس از نصب نوارهای لرزاننده در ۲۴ ماه بعد، تعداد تصادفات منجر به مرگ به صفر، تصادفات جرحی به ۱۲ و تصادفات خسارتی به ۶ کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که نوارهای لرزاننده خط وسط به‌طور مؤثری تعداد و شدت تصادفات را کاهش می‌دهند و به ویژه در جاده‌های دوخطه جدانشده که خطر تصادفات شاخ به شاخ بالاست، تأثیر مثبتی در افزایش ایمنی جاده‌ای دارد [۲۸].

در کالیفرنیا، استفاده از نوارهای لرزاننده به‌عنوان یکی از راهکارهای افزایش ایمنی در ۳۲ کیلومتر از مسیرهای دوخطه برون‌شهری، تأثیر قابل توجهی در کاهش تصادفات شاخ به شاخ داشته است این استراتژی شامل نصب نوارهای لرزاننده همراه با دو ردیف نوار زردرنگ و نوارهای ارتجاعی برجسته بود. علاوه بر این، در فواصل میان نوارهای لرزاننده و نوارهای ارتجاعی، خط‌کشی محوری برای افزایش وضوح و هدایت رانندگان و جلوگیری از تجاوز به خط مقابل اجرا شد. مقایسه آمار تصادفات در بازه زمانی ۳۴ ماهه قبل از اجرای راهبرد و ۲۵ ماهه بعد از نصب تجهیزات ایمنی نشان داد که این استراتژی به‌طور قابل توجهی تعداد و شدت تصادفات را کاهش داده است. تعداد تصادفات ماهانه از ۴/۵ تصادف در ماه قبل از اجرای راهبرد به ۱/۹ تصادف در ماه پس از نصب نوارهای لرزاننده کاهش یافت، که این امر نشان‌دهنده کاهش ۵۸ درصدی در وقوع تصادفات است [۲۵].

این نتایج نشان می‌دهند که استفاده از نوارهای لرزاننده همراه با نوارهای ارتجاعی برجسته و خط‌کشی محوری می‌تواند به‌طور مؤثری در کاهش تصادفات شاخ به شاخ در جاده‌های برون‌شهری، که به دلیل عرض کم و کمبود موانع جداساز، مستعد چنین تصادفاتی هستند، نقش

مهمی ایفا کند. به‌طور کلی، این استراتژی تأثیر مثبتی در افزایش ایمنی رانندگان و کاهش خسارات ناشی از تصادفات داشته است و می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای دیگر جاده‌های مشابه در نظر گرفته شود.

استفاده از نوارهای لرزاننده در جاده‌های کوهستانی و پیچیده می‌تواند به‌طور مؤثری در کاهش تصادفات و افزایش ایمنی جاده‌ها نقش ایفا کند. این روش به‌ویژه برای جاده‌های مشابه در مناطق پرخطر مفید است. با این حال، نوارهای لرزاننده با معایبی همراه هستند. یکی از مشکلات اصلی، تأثیر منفی بر موتورسواران است که ممکن است با اختلال در تعادل و پایداری مواجه شوند. همچنین، این نوارها می‌توانند وضوح خط‌کشی وسط جاده را کاهش دهند، به‌ویژه در شب یا شرایط نور ضعیف، که ممکن است موجب اختلال در تشخیص مسیر شود. نصب نوارهای لرزاننده می‌تواند به مشکلات زهکشی منجر شده و مسیرهای عبور آب را مسدود کند، موجب انباشته شدن آب در جاده‌ها شود. در مناطق سردسیر نیز این نوارها ممکن است عملیات برف‌روبی را دشوارتر کرده و هزینه‌های پاکسازی برف را افزایش دهند. علاوه بر این، برخی از رانندگان و ساکنان مناطق مجاور از صدای تولیدی توسط تماس تایر خودروها با نوارها شکایت دارند که موجب آلودگی صوتی و مزاحمت برای ساکنان می‌شود.

۳.۴. اجرای شیب شیروانی و رفع افتادگی شانه راه

افتادگی به اختلاف ارتفاع بین لبه خط سیر و شانه راه گفته می‌شود که به دلیل تغییرات سطح آسفالت یا نشست شانه راه ایجاد می‌شود و به‌ویژه در مناطق با سطوح جاده‌ای نامنظم و شانه‌های غیرهم‌سطح، تهدیدی برای ایمنی رانندگان به‌وجود می‌آورد. این پدیده می‌تواند در جاده‌های با پیچ‌های تند و بار ترافیکی سنگین منجر به انحراف وسیله نقلیه و تصادفات شود.

اصلاح افتادگی‌ها در لبه جاده، به‌ویژه در جاده‌های با پیچ‌های خطرناک و مناطق با ترافیک بالا، می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی ایمنی رانندگان را بهبود بخشد. این اقدام مهندسی پیشگیرانه کمک می‌کند تا رانندگان در شرایط بحرانی کنترل بیشتری بر وسیله نقلیه خود داشته باشند.

در راه‌های روستایی که ساختار ضعیف‌تری دارند و اغلب به دلیل کمبود نگهداری دچار افتادگی لبه خط سیر می‌شوند، اصلاح این مشکل اهمیت ویژه‌ای دارد. این اصلاحات می‌تواند علاوه بر کاهش تصادفات، به افزایش اعتماد رانندگان و بهبود شرایط ترافیکی در این مناطق کمک کند.

یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش افتادگی لبه راه، هم‌سطح‌سازی روسازی و شانه راه در نقاط تلاقی است که می‌تواند پایداری حرکت وسیله نقلیه و کاهش تصادفات ناشی از انحراف از مسیر را

بهبود بخشد. در مواقعی که همسطح‌سازی ممکن نیست، به‌ویژه در مسیرهای با شانه غیرآسفالتی، طراحی شیب ایمن بین سطح جاده و شانه به‌عنوان جایگزینی مؤثر برای پیشگیری از خروج وسیله نقلیه و کاهش شدت تصادفات عمل می‌کند. این شیب‌ها باید طوری طراحی شوند که راننده بتواند وسیله نقلیه را بازگرداند و از بروز خطرات بیشتر جلوگیری کند. در این راستا، مک‌دونالد و همکاران در سال ۲۰۰۲ در تحقیقات خود راهنموده‌هایی علمی برای کاهش افتادگی لبه راه در زمان اجرای روسازی ارائه داده‌اند. آن‌ها بر اهمیت توجه به کیفیت سطح شانه‌ها و تطابق دقیق آن‌ها با سطح جاده در هنگام ساخت و نگهداری جاده‌ها تأکید کرده‌اند. علاوه بر این، پیشنهاد کرده‌اند که در نواحی حساس، باید از مواد با ویژگی‌های مقاوم و مناسب برای ساخت شانه‌ها و سطح جاده استفاده کرد. این اقدامات به‌ویژه در مناطقی که ممکن است با نشست یا تغییرات ناگهانی سطح مواجه شوند، از بروز مشکلات ایمنی جلوگیری می‌کنند. اصلاحات طراحی‌شده در این زمینه می‌تواند به افزایش ایمنی جاده‌ها و کاهش تصادفات مرتبط با انحراف از مسیر منجر شود [۲۹].

۳. ۵. محدودیت تردد ادوات کشاورزی

تردد ادوات کشاورزی در محورهای روستایی، به‌ویژه در شرایطی که این تردد بدون محدودیت زمانی انجام شود، می‌تواند مشکلات زیادی را در زمینه ایمنی ترافیک ایجاد کند. از آنجا که این ادوات معمولاً دارای سرعت پایین، اندازه بزرگ و طراحی خاص هستند، می‌توانند موجب کند شدن جریان ترافیک و افزایش خطرات تصادفی، به‌ویژه در جاده‌های باریک و پیچیده محورهای روستایی شوند. لذا تعیین محدودیت‌های زمانی برای تردد ادوات کشاورزی می‌تواند یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش تصادفات و افزایش ایمنی جاده‌ها باشد.

محدودیت زمانی تردد ادوات کشاورزی در جاده‌های روستایی به‌منظور کاهش خطرات تصادفات ضروری است. این ادوات به‌دلیل سرعت پایین و طراحی خاص خود، می‌توانند موجب اختلال در جریان ترافیک شوند و به‌ویژه در جاده‌های باریک و پیچیده، تداخلات قابل‌توجهی ایجاد کنند که این امر ممکن است منجر به تصادفات شاخ‌به‌شاخ یا از پشت گردد. علاوه بر این، در شرایط شبانه یا در مواقعی که دید محدود باشد (مانند مه، بارندگی یا برف)، ادوات کشاورزی ممکن است با علائم هشداردهنده ناکافی یا چراغ‌های ضعیف برای دیگر رانندگان به‌طور مناسب قابل شناسایی نباشند، که این موضوع خطر تصادفات را در جاده‌های روستایی که از زیرساخت‌های ایمنی کافی برخوردار نیستند، افزایش می‌دهد. همچنین، ویژگی‌های خاص جاده‌های روستایی از جمله باریکی و فقدان شانه مناسب برای عبور ایمن، موجب می‌شود که عبور از این ادوات به‌ویژه در شرایط غیرمساعد، خطرآفرین باشد؛ بنابراین، اعمال محدودیت‌های زمانی برای تردد این وسایل می‌تواند به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای احتمال بروز تصادفات را کاهش داده و ایمنی ترافیک را ارتقا دهد. محدودیت زمانی

تردد ادوات کشاورزی در ساعات شلوع روز می‌تواند از بروز تصادفات زنجیره‌ای و شاخ به شاخ جلوگیری کند و به بهبود جریان ترافیک در محورهای روستایی کمک کند. همچنین، کاهش تردد این ادوات در شب یا شرایط جوی خاص، خطر تصادفات در شرایط دید ضعیف را کاهش می‌دهد. در نقاطی مانند تقاطع‌ها و پیچ‌های تند، این محدودیت‌ها می‌تواند ایمنی را افزایش دهد. با اعمال این محدودیت‌ها، ترافیک به‌طور منظم حرکت کرده و سرعت متوسط وسایل نقلیه افزایش می‌یابد، که در نهایت منجر به کاهش تصادفات و ارتقاء ایمنی می‌شود.

۳. ۶. ۱. احداث شبکه روشنایی مناسب در محورهای روستایی

روشنایی مناسب در جاده‌های روستایی یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر ایمنی رانندگان و کاهش نرخ تصادفات است. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که بیش از ۵۰ درصد از تصادفات منجر به فوت در این محورها در شرایط کم‌نور اتفاق می‌افتد، در حالی که تنها ۲۵ درصد از تردد جاده‌ای در ساعات شب انجام می‌شود [۳۰].

عدم وجود سیستم‌های روشنایی استاندارد در جاده‌های روستایی باعث کاهش دید رانندگان، افزایش خستگی و کاهش توانایی آن‌ها در واکنش سریع به موانع و خطرات مسیر میشود [۳۱]. تحقیقات نشان داده‌اند که نصب روشنایی در جاده‌های روستایی می‌تواند تصادفات را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. برای مثال، یک مطالعه انجام شده در ایالات متحده نشان داد که نرخ تصادفات شبانه در مسیرهای مجهز به روشنایی تا ۴۰ درصد کاهش یافته است [۳۰، ۳۲]. همچنین، در پژوهش دیگری مشخص شد که رانندگان در جاده‌های روشن، موانع را در فاصله‌ای ۵۰ درصد بیشتر از مسیرهای بدون روشنایی تشخیص می‌دهند، که این امر به کاهش تصادفات ناشی از برخورد با موانع کمک می‌کند [۳۳]. علاوه بر این، تأمین روشنایی مناسب در نقاط خاصی از جاده‌های روستایی، مانند پیچ‌های تند، تقاطع‌ها و مناطقی که عابران پیاده در آن تردد دارند، می‌تواند تأثیر چشمگیری در کاهش تصادفات داشته باشد. مطالعات انجام شده در بریتانیا نشان داده‌اند که روشنایی در تقاطع‌های جاده‌های روستایی میزان تصادفات را تا ۶۰ درصد کاهش داده است [۳۴]. همچنین، تصادفات عابران پیاده در جاده‌های روستایی که فاقد روشنایی کافی هستند، یکی از عوامل مهم در نرخ بالای مرگ‌ومیر محسوب می‌شود، و نصب سیستم‌های روشنایی می‌تواند این نوع تصادفات را تا ۳۰ تا ۶۰ درصد کاهش دهد.

در مجموع، تأمین روشنایی مناسب در محورهای روستایی به عنوان یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش تصادفات، افزایش ایمنی و بهبود کیفیت سفرهای شبانه مطرح است. با اجرای برنامه‌های

هدفمند و استفاده از فناوری‌های جدید، می‌توان به کاهش هزینه‌ها و افزایش ایمنی در این جاده‌ها دست یافت.

۴. نتیجه‌گیری

این مقاله با بیان ضرورت کاهش شدت و تعداد تصادفات جاده‌ای، به‌ویژه در محورهای روستایی، یکی از چالش‌های اساسی در حوزه حمل‌ونقل و ایمنی عمومی محسوب می‌شود. در این مقاله، عوامل مؤثر بر تصادفات در راه‌های روستایی استان سمنان مورد بررسی قرار گرفت و مجموعه‌ای از راهکارهای ایمنی برای کاهش نرخ تصادفات ارائه شد. نتایج نشان داد که عوامل انسانی، زیرساخت‌های جاده‌ای و شرایط محیطی از جمله مهم‌ترین دلایل وقوع تصادفات در این محورها هستند. از سوی دیگر، نبود تجهیزات ایمنی کافی، محدودیت‌های دید، تداخل تردد وسایل نقلیه سنگین و ادوات کشاورزی، و شرایط جوی نامساعد از جمله عواملی هستند که ایمنی این محورها را به خطر می‌اندازند.

بهبود ایمنی در محورهای روستایی نیازمند رویکرد چندوجهی است که شامل اصلاح طراحی هندسی، ارتقای کیفیت روسازی، افزایش مسافت دید، نصب سیستم‌های روشنایی و اجرای محدودیت‌های زمانی برای وسایل نقلیه خاص باشد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این اقدامات می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی تصادفات و شدت آن‌ها را کاهش دهند. به‌طور خاص، نصب نوارهای لرزاننده و استفاده از فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های هشدار هوشمند و تحلیل داده‌های ترافیکی به بهبود ایمنی جاده‌ها کمک کرده است.

تأمین روشنایی مناسب، هرس پوشش گیاهی برای بهبود دید در مسیرها و استفاده از علائم هشداردهنده استاندارد می‌تواند به کاهش تصادفات شبانه و بهبود رفتار رانندگان در مواجهه با تغییرات مسیر کمک کند. همچنین، همکاری میان نهادهای دولتی، مهندسان ترافیک و جوامع محلی برای تدوین سیاست‌های ایمنی و اجرای این راهکارها ضروری است. این اقدامات نه تنها تلفات انسانی را کاهش می‌دهند، بلکه هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی ناشی از تصادفات را کاهش داده و به توسعه پایدار سیستم حمل‌ونقل در مناطق روستایی کمک می‌کنند.

منابع

1. Wei, V.F. and G. Lovegrove, Sustainable road safety: A new (?) neighbourhood road pattern that saves VRU lives. *Accident Analysis & Prevention*, 2012. 44(1): p. 140-148.
2. Lozano, R., et al., Global and regional mortality from 235 causes of death for 2 - age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The lancet*, 2012. 380(9859): p. 2095-2128.
3. Li, M., H. Xie, and P. Shu, Study on the Impact of Traffic Accidents in Key Areas of Rural Roads. *Sustainability*, 2021. 13(14): p. 7802.
4. Hosseinian, S.M., et al., Presentation of analytical methods for better decision making about the most important factor influencing rural accidents. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021. 2021(1): p. 5564269.
5. Liu, J .,et al., A novel differential search algorithm and applications for structure design. *Applied Mathematics and Computation*, 2015. 268: p. 246-269.
6. Akbari, M., G. Shafabakhsh, and M. Ahadi, Evaluating the safety effects of pavement condition index (PCI) on frequency of run-off-road accidents. *Journal of Transportation Infrastructure Engineering*, 2015. 1(3): p. 47-61.
7. De Oña, J., R.O. Mujalli, and F.J. Calvo, Analysis of traffic accident injury severity on Spanish rural highways using Bayesian networks. *Accident Analysis & Prevention*, 2011. 43(1): p. 402-411.
8. Kumar, S. and D. Toshniwal, A data mining framework to analyze road accident data. *Journal of Big Data*, 2015. 2: p. 1-18.
9. Chand, A., S. Jayesh, and A. Bhasi, Road traffic accidents: An overview of data sources, analysis techniques and contributing factors. *Materials Today: Proceedings*, 2021. 47: p. 5135-5141.

۱۰. کامبوزیا, et al, بررسی عوامل مؤثر در شدت تصادفات راه های روستایی گیلان جهت تعیین مؤثرترین عوامل و ارائه راهکارهای ایمنی. جاده, ۲۰۲۱. ۲۹(۱۰۶): p. 115-128.

۱۱. سلمانی, et al, بررسی عوامل مؤثر بر تصادفات جاده‌ای و ارائه راه‌کارهایی برای کاهش آن مورد مطالعه: منظومه روستایی جنوب خور و بیابانک. پژوهش‌های جغرافیای انسانی, ۲۰۰۸. ۴۱(۲).

۱۲. شمسی، ح. and م. ملک زاد، کاهش تصادفات و تلفات جاده های با رویکرد بر کاهش خطاهای انسانی، in دومین کنفرانس بین المللی یافته های نوین پژوهشی در علوم، مهندسی و فناوری. ۱۳۹۵.
13. Shafabakhsh, G.A., A. Famili, and M. Akbari, Spatial analysis of data frequency and severity of rural accidents. *Transportation letters*, 2023. 15(10): p. 1243-1250.
۱۴. حاتم زاده، ی. and ع. خدایی، نقش عوامل مختلف در تلفات ناشی از تصادفات موتورسیکلت در راههای برون شهری و روستایی (مطالعه موردی: استان گیلان)، in سومین کنفرانس بین المللی حوادث رانندگی و جاده ای. ۱۳۹۱.
۱۵. طباطبایی، س. and م. نجفی علمدارلو، تحلیل آماری تصادفات برون شهری استان خوزستان، دومین کنفرانس ملی تصادفات جاده ای، سوانح ریلی و هوایی. ۱۳۹۰.
16. Snyder, S.C., et al. Identification and Validation of Agricultural Hazardous Occupations Order Certification Program Instructor Competencies. in 2011 Louisville, Kentucky, August 7-10, 2011. 2011. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
17. Murray, D.L. International standards and product globalization: "we're not in Kansas anymore". in 24th Annual Meeting of Club of Bologna, Hannover. 2013.
18. Akbari, M., G. Shafabakhsh, and M. Ahadi, Single-vehicle run-off-road crash prediction model associated with pavement characteristics. *International journal of engineering*, 2020. 33(7): p. 1375-1386.
19. Akbari, M., G. Shafabakhsh, and M.R. Ahadi, The impact of segmentation method on the aggregate goodness-of-fit measurements of non-linear crash prediction models. *SN applied sciences*, 2020. 2: p. 1-13.
20. Lyles, R.W., An Evaluation of Warning and Regulatory Signs for Curves on Rural Roads: Executive Summary. 1980, United States. Department of Transportation. Federal Highway Administration....
21. Hammer Jr, C.G., Evaluation of minor improvements. *Highway Research Record*, 1969.(۲۸۶)
22. Leisch, J.E., TRAFFIC CONTROL & ROADWAY ELEMENTS-THEIR RELATIONSHIP TO HIGHWAY SAFETY/REVISED. CHAPTER 12 ALINEMENT. 1971.

23. Hanscom, F.R., Evaluation of signing to warn of wet weather skidding hazard. Transportation research record, 1976. 600: p. 20-27.
24. Ritchie, M.L., Choice of speed in driving through curves as a function of advisory speed and curve signs. Human Factors, 1972. 14(6): p. 533-538.
25. Fitzpatrick, K., Accident mitigation guide for congested rural two-lane highways. Vol. 440. 2000: Transportation Research Board.
26. Bali, S., et al., Cost-Effectiveness and Safety of Alternative Roadway Delineation Treatments for Rural Two-Lane Highways. Vol. III Appendix A, Site Selection and Data Collection. 1978, United States. Department of Transportation. Federal Highway Administration....
27. Krammes, R.A. and K.D. Tyer, Post-mounted delineators and raised pavement markers: their effect on vehicle operations at horizontal curves on two-lane rural highways. Transportation Research Record, 1991.(۱۳۲۴)
28. Perrillo, K., The effectiveness and use of continuous shoulder rumble strips. 1998.
29. Kannel, E., et al., Traffic Control Strategies in Work Zones with Edge Drop-Offs. 2002.
30. Rea, M.S., et al., Review of the safety benefits and other effects of roadway lighting. National Cooperative Highway Research Program Transportation Research Board of the National Academies, 2009.
31. Nguyen, T., A. Haans, and R. Cuijpers, Critical visual tasks of cyclists after dark: an exploratory study.
32. Van Schalkwyk, I., et al., Evaluation of the Safety Performance of Continuous Mainline Roadway Lighting on Freeway Segments in Washington State. 2016, Washington (State). Dept. of Transportation. Office of Research and Library....
33. Owens, D.A. and M. Sivak, Differentiation of visibility and alcohol as contributors to twilight road fatalities. Human Factors, 1996. 38(4): p. 680-689.
34. Fotios, S. and R. Gibbons, Road lighting research for drivers and pedestrians: The basis of luminance and illuminance recommendations. Lighting Research & Technology, 2018. 50(1): p. 154-186.