

مروری بر اقدامات ایمنی جهت کاهش تصادفات مربوط به عابرین پیاده

کیوان آقابیگ*، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ایران

کیارش رادمهر، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشکده فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران

حسین توانا، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشکده فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Kayvan.Aghabayk@ut.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۶/۱۵ - پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۵

صفحه ۱۲-۱

چکیده

نقش پیاده‌روی به عنوان یکی از اجزای اصلی حمل و نقل بر هیچ کس پوشیده نیست. این نقش در کلان‌شهرها و به‌ویژه در راستای دستیابی به حمل و نقل پاک و توسعه پایدار شهری بسیار حائز اهمیت است. بعلاوه حضور و آمد و شد عابرین پیاده باعث ایجاد فضای مناسب و ایمن شهری و ارتقاء سطح مرادوات و فعالیت‌های فرهنگی و اجتماعی در سطح شهر خواهد بود. لیکن متأسفانه در بسیاری از شهرهای ما، زیرساخت‌ها حمل و نقل با توجه به نیاز خودروها طراحی و اجرا می‌گردند و کمترین توجه معطوف نیاز عابرین پیاده می‌باشد. این غفلت منجر به کاهش پیاده‌روی و حتی کاهش استفاده از حمل و نقل عمومی شده و افزایش استفاده از خودروی شخصی و لذا توسعه شهری خودرو محور را در پی خواهد داشت. بدیهی است در چنین شهرهایی معضلات عدیده بروز خواهند کرد و به‌ویژه مشکلات ایمنی عابرین پیاده در آن‌ها برکسی پوشیده نیست. این پژوهش به جمع‌بندی و شرح اقدامات ممکن برای بهبود زیرساخت‌های شهری و افزایش ایمنی عابرین پیاده می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: اقدامات ایمنی، ایمنی راه، عابرین پیاده، تصادفات، پیاده‌مداری

۱- مقدمه

باشند یا ایمنی مورد نیاز برای آنها تامین نشده باشد، عابرین از استفاده از آن مسیر و تسهیلات دلسرد خواهند شد. بنابراین تأثیر محیط اطراف در رفتار عابر پیاده را نمی‌توان در ایمنی مسیر نادیده گرفت (Xu et al., 2018). طبق آمارها حدود ۸۰٪ تصادفات عابرین در محیط‌های شهری رخ می‌دهد (National Center for Statistics and Pedestrians, 2015 Analysis). از مهمترین عوامل مشوق یا بازدارنده عابرین پیاده برای استفاده از تسهیلات، بحث ایمنی و تامین بودن آن است (Sisiopiku and Akin, 2003). در رویه‌های سنتی، پس از رخ دادن یک حادثه مشخص و پس از بررسی گزارشات ادارات مختلف از جمله اداره پلیس، اقدام برای رسیدگی به آن مشکل و رفع آن شروع می‌شود. این حوادث می‌تواند به علت طرح هندسی خاص و مشکلات پیش از بهره برداری راه باشد که مطالعه

در دنیای امروزی، یکی از ابتدایی‌ترین فعالیت‌های هر فرد، پیاده‌روی است. وجود عابر پیاده در کلان‌شهرها، بزرگراه‌ها، شهرهای کوچک و حومه‌ای و همچنین روستاها امری غیرقابل کتمان است. با این حال، در احداث سیستم‌ها، زیرساخت‌ها و تسهیلات حمل و نقل، عموماً عابرین پیاده آخرین موردی هستند که مد نظر قرار می‌گیرند. چه در احداث زیرساخت‌ها و امکانات جدید و چه در بازسازی یا تعمیر تسهیلات قدیمی‌تر، بایستی در نظر داشت که همواره عابرین پیاده وجود خواهند داشت و از این رو، باید برای آنها برنامه‌ریزی صورت گیرد (AASHTO, 2001). زیبایی مسیر و محیط‌های دلپذیر برای پیاده‌روی و نزدیک بودن فواصل بین مبدا و مقصد، از جمله عواملی هستند که در افزایش استفاده عابرین پیاده از راه و تسهیلات آن نقش زیادی بازی می‌کنند. در مقابل، اگر مانع یا عوامل بازدارنده وجود داشته

گرفته است. در این مطالعات ۴۷ محل تصادف عابر پیاده (که شامل تصادف عابرین در حین حرکت در کنار مسیر بود) و همچنین ۹۴ محل برای مقایسه تحلیل شد. از عوامل فیزیکی که احتمال رخ دادن تصادف با عابرین پیاده در این محل‌ها را افزایش می‌دادند می‌توان بالا بودن محدودیت سرعت، عدم وجود فضای سبز وسیع قابل پیاده‌روی و عدم وجود پیاده‌رو را نام برد. با احتساب سرعت مجاز و حجم ترافیک، احتمال رخ دادن تصادف در محلی که پیاده‌رو دارد ۸۸ درصد کمتر از محل‌های بدون پیاده‌رو بود. از این رو وجود پیاده‌رو در کاهش ریسک تصادفات عابرین پیاده‌ای که در مجاورت مسیر خودروها حرکت می‌کنند، تاثیر به‌سزایی دارد (McMahon et al., 2002). در صورت کنترل عوامل طراحی، عوامل غیرهندسی که احتمال تصادف را در یک محل بالا می‌برند عبارتند از: بیکاری زیاد ساکنین، تعداد زیاد خانه‌های قدیمی، کم بودن تعداد خانوارهای زیر یک سقف و تعداد بیشتر والدین مجرد. نویسندگان به این نتیجه رسیدند که برخی محله‌ها مشخصاً بیشتر از دیگر محله‌ها نیازمند احداث پیاده‌رو و دیگر بهبودهای مرتبط با عابرین پیاده هستند (McMahon et al., 2002).

۲-۲- نصب یا بهبود چراغ‌های راهنمایی خودرو و عابر پیاده

۲-۲-۱- زمانبندی چراغ عابر پیاده

زمان‌بندی درست و توجه به مدت زمان انتظار عابری هنگام قرمز بودن چراغ یک تقاطع نیز می‌تواند در کاهش تداخل بین عابرین و خودروها بسیار موثر باشد، به طوری که زودتر سبز کردن چراغ عابرین، می‌تواند نرخ تداخل عابرین و خودروها را تا ۹۵ درصد کاهش دهد (Insurance Institute for Highway Safety, 1997). به علاوه تمهیدات دیگری همچون فازبندی جداگانه (در مقابل فازبندی عادی) برای گردش به چپ و برای عبور عابرین پیاده به کاهش حدود ۵۰ درصد در تصادفات عابرین و رانندگان منجر شد (Zegeer, et al., 1982) همچنین شدت تصادفات عابرین را نیز کاهش داد (Zhang et al., 2015). از دیگر مواردی که می‌تواند در نظم دادن به جریان عابرین موثر باشد، اولویت دادن به عابرین در چراغ‌های راهنمایی و رانندگی است که مشاهده شده است اجرای

پس از تصادفات طبیعتاً شیوه کارآمدی برای رسیدگی به مسائل ایمنی عابرین پیاده و رفع خطرات برای آنها نخواهد بود، زیرا عابرین پیاده آسیب‌پذیرترین گروه استفاده‌کننده از راه می‌باشند و تصادف با آنها پیامدهای بازگشت‌ناپذیر، شدید و متاثرکننده‌ای خواهد داشت، و احتمالاً منجر به جرح و در حالت شدیدتر منجر به فوت فرد خواهد شد (Gårder, 2004). از این رو، پرداختن به مسائل ایمنی مربوط به آنها و تامین امنیتشان شایسته توجه ویژه‌ای خواهد بود. در این مقاله به مطالعات مرتبط با اقدامات ایمنی برای کاهش تصادفات شهری عابرین پیاده به کمک بهبود زیرساخت‌های شهری پرداخته شده است که در چهار دسته‌ی ۱. جداسازی و کاهش تلاقی مسیرهای عابر پیاده با خودروها، ۲. بهبود فاصله دید وسایل نقلیه و قابل مشاهده بودن عابرین پیاده، ۳. کاهش سرعت خودروها، و ۴. افزایش آگاهی رانندگان و عابرین پیاده در زمینه ایمنی و بهبود رفتار آنها ارائه شده‌اند. شایان ذکر است که برخی از اقدامات مکمل دیگر اقدامات خواهند بود و اثربخشی آنها را بصورت چشمگیر افزایش خواهند داد.

۲- جداسازی و کاهش تلاقی مسیرهای عابر پیاده با خودروها

۲-۱- ساخت پیاده‌روها، پیاده‌راه‌ها یا لبه‌های پیاده‌رو

وجود پیاده‌رو در دو طرف خیابان (در مقایسه با مواردی که هیچ پیاده‌رو یا پیاده‌راهی موجود نیست) احتمال برخورد خودرو با عابری که در کنار مسیر حرکت می‌کنند را کاهش می‌دهد (Moeinaddini et al., 2015). در تحقیقاتی که در ادامه آمده است، کاهش ۵۰ تا ۹۰ درصدی این نوع تصادفات قابل مشاهده می‌باشد. در یکی از این مطالعات مشاهده شد که در مناطق بدون پیاده‌رو در قیاس با مناطقی که پیاده‌رو دارند، احتمال رخ دادن تصادف با عابر پیاده بیش از دو برابر است. وجود پیاده‌رو عامل بزرگی در افزایش ایمنی عابرین در مناطق مسکونی و نیمه مسکونی تشخیص داده شده است اما این امر در مورد مراکز تجاری صدق نمی‌کند (Knoblauch, et al., 1987). همچنین مطالعات دیگری بر روی تاثیر پیاده‌رو، دیگر ویژگی‌های طراحی راه و ویژگی‌های جمعیتی منطقه انجام شده است و ارتباط آنها در احتمال رخ دادن تصادف با عابرین پیاده مورد بررسی قرار

Bentzen, 1999) که بر روی عابرین پیاده با مشکل بینایی صورت گرفته است، تعدادی معضل را نمایان کرد. برای نمونه عابرین پیاده‌ای که مشکل بینایی داشتند نمی‌توانستند وجود دکمه را تشخیص دهند. علائم صوتی ممکن است به صورت واضح بیان نکنند که چراغ عابر برای کدام مسیر پیاده سبز است، یا آن‌ها ممکن است نتوانند در حین عبور از خیابان از راهنمایی علائم شنیداری بهره ببرند.

۲-۲-۳- بهبود عملکرد چراغ‌ها

تاکنون روش‌های متعددی برای بهبود عملکرد چراغ‌ها پیشنهاد شده است که دو مورد پرکاربردتر آن عبارتند از: شناساگر خودکار چراغ‌ها و تایمر یا شمارنده. با استفاده از شناساگر خودکار تشخیص عابرین، مشاهده شده است که سبب افزایش تبعیت آن‌ها از چراغ می‌شود، زیرا عابرین مطلع هستند که در اولین فرصت چراغ سبز شده و اجازه عبور ایمن آن‌ها داده می‌شود. در نتیجه تبعیت عابرین از چراغ، تداخل عابرین و خودروها نیز کاهش پیدا می‌کند (Hughes et al., 2000). همچنین به کارگیری شمارنده‌های چراغ‌ها، در قیاس با تقاطع‌هایی که چراغ آن فاقد شمارنده است، باعث می‌شود زمانی که چراغ عابر قرمز می‌شود، تعداد کمتری از عابرین هنوز در تقاطع باقی مانده باشند، با این حال اثر منفی این شمارنده‌ها، کاهش تبعیت عابرین از قوانین بوده است (Huang and Zegeer, 2000).

۲-۲-۴- محدودیت گردش به راست در زمان چراغ قرمز

ایجاد محدودیت گردش به راست هنگامی که چراغ مسیر مستقیم قرمز است می‌تواند بر بهبود ایمنی تقاطع اثرگذار باشد. هرچند در حدود ۲۰ درصد رانندگان در صورت امکان به علائم گردش ممنوع در زمان قرمز بودن چراغ توجهی نشان نمی‌دهند که ۲۳ درصد این تخلفات گردش به راست در زمان قرمز منجر به تداخل عابر و خودرو می‌شود (Zegeer and Cynecki, 1986). هرچند مشاهده شد که برای رانندگانی که در زمان قرمز به سمت راست گردش می‌کردند، یک خط ایست با فاصله در تقاطع تبعیت آن‌ها از قوانین را افزایش داده و تداخل آن‌ها با ترافیک خیابان مقابل را کاهش می‌داد. همچنین به کارگیری تابلوی الکترونیکی عبور دانش‌آموزان مدرسه‌ای تاثیر به سزایی در پیروی

موفق این تداخلات را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد (Insurance Institute for Highway Safety, 1997). به منظور نگاهی دقیقتر، به مطالعات جامعی که بر روی اثر زمانبندی چراغ عابریاده بر تصادفات عابرین انجام شده است پرداخته خواهد شد. در این مطالعات جامع، ۲۰۸۱ تصادف عابریاده در ۱۲۹۷ تقاطع چراغدار در پانزده کلان شهر ایالات متحده مورد بررسی قرار گرفت. زمانبندی چراغ عابر پیاده در حدود ۶۱ درصد تقاطع‌ها به صورت همزمان، جداگانه و دیگر روش‌ها بود. آن‌ها دریافتند که استفاده از روش زمانبندی همزمان برای چراغ عابر پیاده، در مقایسه با مکان‌هایی که کلا چراغ عابر نداشتند، تاثیر خاصی بر کاهش تصادفات عابرین پیاده ندارد. فازبندی جداگانه در قیاس با نداشتن چراغ عابر و یا زمانبندی همزمان، تصادفات عابرین پیاده را به شکل محسوسی کاهش داد. دلایل احتمالی برای عملکرد نامناسب زمانبندی همزمان عبارتند از: ۱) عدم توجه و یا کم توجهی عابرین پیاده به چراغ، ۲) احساس امنیت کاذب توسط برخی عابرین، ۳) ندانستن مفهوم چراغ سبز و چراغ قرمز چشمک زن عابریاده و ۴) استفاده نادر از دکمه‌ها برای سبز کردن چراغ (Zegeer et al., 1983). پس در صورت زمانبندی درست، رعایت قوانین و در نظر گرفتن بازه‌های اختصاصی برای عبور خودرو یا عابر پیاده می‌تواند از میزان تصادفات به شکل قابل توجهی کاست و با افزایش توجه عابرین به چراغ راهنمایی و رانندگی ایمنی افراد پیاده را افزایش داد (Zhuang et al., 2018).

۲-۲-۲- چراغ‌های راهنمایی برای عابرین معلول

اطلاعات ارائه شده توسط علائم شنیداری توجه همه عابرین را به خودروهای موجود افزایش می‌دهد و می‌تواند به کاهش تداخلات و تصادفات بین عابرین و خودروها منجر شود (Van Houten et al., 1997). در بسیاری از کشورهای اروپایی که استفاده از علائم شنیداری بسیار متداول‌تر از ایالات متحده است، مشاهده شده است که صدای علائم علاوه بر افزایش ایمنی عابرینی که مشکل ادراکی دارند، سرعت اولیه عابرین را برای رد شدن از خیابان افزایش می‌دهد و در نتیجه طول سیکل مورد نیاز برای چراغ عابریاده را کاهش می‌دهد. با این حال، طبق دو مطالعه جدیدتر (Bentzen et al., 2000; Carroll and

رانندگان از قوانین ممنوعیت یا محدودیت گردش به راست داشت (Zegeer and Cynecki, 1986).

۲-۳- ساخت جزایر ترافیکی و افزایش ارتفاع جداول

وزارت راه امریکا دریافت که وجود یک میانه برجسته (یا جزیره عبور عابر) نرخ تصادفات عابری پیاده را در راه‌های چند خطه، چه با خط عابر و چه بدون آن، بصورت چشمگیری کاهش می‌دهد. در مقابل، میانه‌های رنگ شده (که برجسته نیستند) و خطوط گردش به چپ دوطرفه میانی در مقایسه با عدم استفاده از آن‌ها، تاثیری بر ایمنی عابری در راه‌های چند خطه نداشت (FHWA, 2002). در مطالعه دیگری مقایسه‌ای بین راه‌های جدا نشده چندخطه، خطوط گردش به چپ دوطرفه میانی و میانه‌های برجسته انجام شد. هم در مناطق اداری مرکز شهر و هم در مناطق خارج از مرکز شهر، نرخ تصادفات عابری پیاده در راه‌های جدا نشده شریانی بسیار بالاتر از راه‌های جدا شده بود (Bowman and Vecellio, 1994). پژوهش دیگری پس از بررسی تقاطع‌هایی در استکهلم و مالمو در سوئد، نشان داد که وجود یک جزیره ترافیکی، خطر تصادف عابری پیاده را به دو سوم حالتی که جزیره به کار گرفته نشود کاهش می‌دهد. با این وجود، درصد عابری خطای که پس از قرمز شدن چراغ به تقاطع می‌رسیدند اما تصمیم به عبور می‌گرفتند، افزایش یافت (Gärder, 1989). دلیل این اثرگذاری قرارگیری عابری در این جزیره‌ها در هنگام چراغ قرمز است و هرچه این جزایر ترافیکی عریضتر شوند عابری بیشتر به آنها و چراغ توجه کرده و ایمنی تقاطع بهبود می‌یابد (Cao and Li, 2017).

۲-۴- منع عبور یا منحرف کردن مسیر خودروها

از آنجایی که با منحرف کردن خودروها یا منع عبور آنها، عابری پیاده کمتر در خطر برخورد با خودروها خواهند بود و نقاط تداخل کمتری با آنها خواهند داشت، ایمنی آنها افزایش یافته و احتمال تصادف آنها کاهش می‌یابد. تحقیقاتی که در ادامه آمده است به بررسی این مورد واحد پرداخت. براساس مطالعات در سوئد انجام شد، اثر بستن برخی خیابان‌ها بر روی جریان خودروهای عبوری و ایجاد محدودیت در برخی خیابان‌های دیگر، بر ریسکی که عابری پیاده را متوجه خود می‌کرد (که به صورت احتمال تصادفی

که منجر به جراحت فرد می‌شود تعریف شده بود) بررسی شد. این مطالعات نشان داد که خطر متوجه عابری، در مناطق با محدودیت ۲۹ درصد کاهش یافت اما در نواحی بیرون از آن محدوده‌ها ۳۰ درصد افزایش یافت (Lovemark, 1974). همچنین مطالعات مشابهی که در شهر لندن انجام شد نشان داد که با اعمال این محدودیت‌ها تصادف عابری حدود ۲۵ درصد کاهش یافت (Brownfield, 1980).

۲-۵- ساخت روگذرها و زیرگذرها

هرچند به کارگیری این تسهیلات می‌تواند منجر به کاهش تعارضات بین عابری و خودروها شود، اما در حقیقت میزان اثرگذاری آن وابسته به میزان استقبال و استفاده مردم از این ابزار می‌باشد. اثر این تسهیلات وابسته به این است که تا چه اندازه مورد استفاده عابری قرار می‌گیرند. کارایی جداسازی سطح عابری پیاده مقدار زیادی به نسبت عبور عابری پیاده و استفاده آن‌ها بستگی دارد. در مقابل، میزان استفاده وابسته به راحتی و مسافت روگذر تا دیگر گزینه‌های عبور از خیابان خواهد بود. بیشتر عابری در صورتی از روگذر استفاده می‌کنند که زمان استفاده از آن کمتر یا مساوی زمان مورد نیاز برای گذر از خیابان به صورت هم سطح باشد. با این حال اگر زمان مورد نیاز برای استفاده از روگذر ۵۰ درصد طولانی‌تر از زمان گذر از خیابان به صورت هم سطح باشد، تقریباً هیچکس از روگذر استفاده نخواهد کرد (Moore and Older, 1965). به منظور سنجش اثر ساخت روگذر و زیرگذر، اثر ۳۱ روگذر در شهر توکیو در ژاپن مورد بررسی قرار گرفت پس از مقایسه تعداد تصادفات رخ داده در فاصله ۱۰۰ متری روگذرها در بازه زمانی ۶ ماه قبل و بعد ساخت آن‌ها، دیده شد که نرخ تصادفات عابری پیاده ۹۱ درصد کاهش یافته است. همچنین این روگذرها موجب شدند که تعداد تصادفات در فاصله ۲۰۰ متری نیز ۸۵ درصد کاهش یابد (Japan Road Association, 1969).

این زیرگذرها و روگذرها در ایران نیز به شکل گسترده مورد استقبال قرار گرفته است که شاید از مهمترین آن‌ها بتوان به زیرگذر چهارراه ولیعصر اشاره کرد. هرچند به دلیل هدایت مردم به زیر زمین و محروم کردن آن‌ها از مشاهده نمای چهارراه ولیعصر انتقاداتی از آن می‌شود، اما مطالعاتی که اخیراً انجام شده است میزان موفقیت آن را نشان می‌دهد

۳-۲- بهبود وضعیت روشنایی پیاده‌روها

تصادفات خودرو با عابرپیاده که منجر به مرگ یا جراحت شدید می‌شود فراوانی زیادی در شب و تاریکی دارد به طوری که می‌توان گفت تاریکی دلیل اصلی این تصادفات است (Sullivan & Flannagan, 2002) و حدود ۲۰ درصد رانندگان تنها پس از برخورد و تصادف با عابرین حضور آن‌ها را متوجه می‌شوند و محققان با روش‌های گوناگون این سختی در تشخیص عابرین را مشاهده کرده‌اند (Wood et al., 2010). به این منظور در شهرهای مختلف دنیا سعی بر تامین نور کافی در شب شده است و مطالعات مختلفی در رابطه با اثر این نورپردازی بر ایمنی راه‌ها صورت گرفته است. به عنوان نمونه در شهر پرت استرالیا، پس از نورپردازی خطوط عابر، تصادفات عابرین پیاده ۶۲ درصد کاهش یافت (Pegrum, 1972). مطالعات دیگر نشان داد نصب سیستم ترکیبی نورپردازی و تابلوهای راهنمایی، تصادفات عابرین در شب را ۴۳ درصد کاهش می‌دهد، در حالیکه تصادفات روز نسبتاً بدون تغییر باقی می‌ماند (Polus and Katz, 1978). در مطالعاتی دیگر اثرات بهبود نورپردازی بر رفتار عابرین و رانندگان در فیلدلفیا بررسی شد که مشاهده شد با بهبود وضعیت روشنایی خطوط عابر پیاده نه تنها تشخیص خطوط عابر پیاده برای عابرین بسیار راحت‌تر می‌شود، بلکه توانایی رانندگان نیز در توجه به خطوط عابر افزایش می‌یابد که در نتیجه کاهش تصادفات را در پی خواهد داشت (Freedman, et al., 1975).

۳-۳- رفع موانع دید عابرین و رانندگان و به کارگیری تابلوهای هشداردهنده

مطالعات نشان داده‌اند که رفع موانع دید رانندگان که مانع دیدن عابرین پیاده می‌شوند و یا اطلاع وجود خط‌کشی به رانندگان با استفاده از نشانه‌گذاری‌های حق تقدم می‌تواند به کاهش چشمگیری در تداخلات عابرین و رانندگان در خطوط عابر پیاده منجر شود (Van Houten, et al., 2003). در مناطقی که رانندگان با موانع دید مواجه هستند تبعیت از این علائم و نشانه‌ها به میزان قابل توجهی بالا بوده است (Nee and Hallenbeck, 2003; Van Houten, et al., 2003) و کاهش تداخل بین عابرین و خودرو نیز

که در ساعات اوج عبور، تا ۱۵۰۰۰ نفر نیز از آن می‌گذرند و بیشتر مردم رضایت زیادی از این زیرگذر دارند که نشان دهنده کاهش تعارضات عابرین با خودرو در این چهارراه می‌باشد (قیصر، ۱۳۹۴).

۳-۳- بهبود فاصله دید وسایل نقلیه و قابل مشاهده

بودن عابرین پیاده

۱-۳- افزایش کارایی خط عابر پیاده

زیگر و همکارانش مطالعه‌ای بر روی ۱۰۰۰ خط عابرپیاده علامت‌گذاری شده و ۱۰۰۰ محل عبور عابرپیاده علامت‌گذاری نشده در ۳۰ شهر ایالات متحده انجام دادند. این مطالعه نشان داد که در مسیرهای دوخطه، بین نرخ تصادفات عابرین پیاده در یک محل کنترل نشده که تنها خط‌کشی عابرپیاده وجود دارد و یک محل بدون خط‌کشی هیچ تفاوت آماری وجود ندارد. در مسیرهای چندخطه که حجم ترافیک حدوداً ۱۲۰۰۰ خودرو در روز است، با تحت کنترل داشتن دیگر فاکتورهای منطقه، وجود خط‌کشی (بدون هیچ اقدام اساسی دیگری) باعث وجود نرخ تصادف بسیار بیشتری در مقایسه با عدم وجود خط‌کشی عابر بود. یک دلیل این نرخ تصادف بالاتر افزایش تعداد «تصادفات چند خطه» بود. این مسئله زمانی رخ می‌دهد که یک راننده برای عبور عابرپیاده توقف می‌کند و عابر با خودروی دیگری که در همان جهت حرکت می‌کند تصادف می‌کند و علت این موضوع این است که دید راننده دومی از عابر، توسط راننده اول که توقف کرده است مسدود شده است. یک دلیل دیگر برای نرخ تصادف بالاتر در خطوط عابر خط‌کشی شده وجود عابرین بالای ۶۵ سال در این نقاط بود که در مقایسه با سایر گروه‌های سنی، این عابرین بیشتر از بقیه در معرض خطر تصادف با خودروها هستند (Zegeer, et al., 2002). همین مطالعه نشان داد که در خیابان‌های چند خطه‌ای که از میانه‌های برجسته استفاده شده در قیاس با آن‌هایی که میانه‌های برجسته نداشتند، نرخ تصادفات عابرین پیاده بسیار کمتر بود. مانند قبل، افراد سالمند نسبت به زمان در معرض ترافیک بودن، نرخ تصادف بالایی داشتند (FHWA, 2002).

راحت تر به عنوان حرکت یک انسان تعبیر می‌شد (Owens, et al., 1994).

۴ - کاهش سرعت خودروها

۴-۱- آرام سازی جریان ترافیک در مسیر

۴-۱-۱- تعریض یا پیشروی پیاده‌رو

یکی از راهکارها جهت کاهش سرعت خودرو، عریض کردن پیاده رو و استفاده ترکیبی از جزیره ترافیکی و پیاده‌رو عریض است. به منظور بررسی اثر آن، در بخشی از مریلند از ترکیبی از میانه و تعریض کردن پیاده‌رو در نزدیک تقاطع‌ها استفاده شد و مشاهده شد که میانه‌ها، راه را باریک کرده و یک منطقه حفاظت شده را پدید می‌آورند، در حالیکه تعریض و پیشروی پیاده‌رو به خیابان، رانندگان را وادار به جابجایی جانبی می‌کنند زیرا آن‌ها بایستی به یک منطقه باریک شده وارد شوند. همچنین این تغییرات موجب کاهش سرعت خودروها بین ۳/۲ تا ۸ کیلومتر بر ساعت شد (Walter, 1995). مطالعات دیگری نیز بر روی اثر باریک کردن مسیر در کانادا انجام شد که کاهش سرعت در پنج تقاطع و هفت مسیر به دلیل باریک نمودن معبر همراه با کاهش محدودیت سرعت به ۳۰ کیلومتر بر ساعت بود. تعداد رانندگانی که پیش از اجرای این موارد با سرعت بیشتر از ۳۰ کیلومتر بر ساعت حرکت می‌کردند ۸۶ درصد و پس از اجرای این موارد، به ۲۰ درصد کاهش پیدا کرد (Macbeth, 1995). در دمرن هلند، دو پیشروی پیاده‌رو در روبروی هم قرار داده شدند تا پهنای مسیر را کم کنند که در نتیجه کاهش چشمگیری در سرعت خودروها مشاهده شد (Replogle, 1992). استفاده از پیشروی پیاده‌رو در برخی موارد نیز تاثیر چندانی بر سرعت خودروها نداشت، برای مثال در مطالعاتی که در دو شهر استرالیا انجام شد تفاوت چندانی قبل و بعد از عملیات مشاهده نشد. با این حال مقایسه بین دو خیابان که در یکی از آن‌ها خط‌کشی پارکینگ و دو پیشروی پیاده‌رو وجود داشت اما دیگری فاقد هرگونه اقدامی بود، نشان داد که نرخ تصادفات در خیابان اول تنها یک سوم خیابانی بود که اقدامی در آن صورت نگرفته بود. اما اینکه چه تعدادی از این تصادفات مرتبط با عابرین پیاده بودند و تفاوت دو خیابان، قبل از این اقدامات چه بود در مطالعه ذکر نشده است (Hawley, et al., 1992).

حدود ۷۵ درصد گزارش شده است (Van Houten, et al., 2003). پس در صورت آگاه کردن رانندگان از گذر یک عابر از خیابان، تداخل بین عابرین و رانندگان کاهش داده و رانندگان بیشتر حق تقدم عابرین را رعایت می‌کنند که این تبعیت از تابلوها در هر محل متفاوت است و نیز مشاهده شده است که تابلوهای الکترونیکی که جهت حرکت عابر را نیز نمایش می‌دهند بسیار کارآمد بوده‌اند (Nee and Hallenbeck, 2003; Van Houten and Malenfant, 2001; Van Houten, et al., 1999).

۳-۴- افزایش آشکار سازی و پدیداربودن عابرین پیاده

برای عبور کم خطر استفاده‌کنندگان آسیب‌پذیر راه، از روش‌های بسیار ارزانی مانند لباس‌هایی که تابندگی دارند می‌توان استفاده کرد و به شکل قابل ملاحظه‌ای درک رانندگان از حضور عابرین و دوچرخه سواران را افزایش داد (Borzendowski et al., 2015). به این منظور مطالعه‌ای توسط بلومبرگ و همکارانش انجام شد که تاثیر اقدامات بهبود پدیداری عابرین پیاده و دوچرخه‌سواران را بررسی کرد. آزمون‌های محلی شبانه بر روی عابرین عادی (یعنی افرادی که تیشرت سفید و شلوار جین آبی پوشیده بودند) که در یک مسیر آزمایشی حرکت می‌کردند، در مقایسه با عابرینی که برچسب، چراغ، جلیقه پیاده‌روی و حلقه (با مواد بازتاب کننده روی سر، مچ بند، کمر بند و مچ بند پا) داشتند انجام شد. نتیجه این مطالعه این بود که هنگامی که از چراغ قوه استفاده می‌شد، تشخیص آنها راحتتر بود اما استفاده از حلقه‌های شبرنگ، بهترین راه برای نمایان ساختن عابرینی بود که قصد تردد از خیابان را داشتند (Blomberg, et al., 1984). در مطالعه دیگری آزمایشی روی مواد بازتاب‌کننده که روی عضوهای مختلف بدن نصب شده بودند انجام گرفت. عابرینی که این مواد را روی زانوها، شکم، آرنج‌ها و شانه‌های خود داشتند بهتر و سریع‌تر دیده می‌شدند. نویسندگان اذعان داشتند که حرکت طبیعی اعضای بدن نقش مهمی در دیده و شناسایی شدن توسط رانندگان داشت و در هنگام شب، حرکت این مواد بازتاب‌کننده بهتر دیده شده و

۴-۱-۲- سرعت گیرها و سرعت گاهها

سرعت گیرها یک مانع مصنوعی با ارتفاع می باشند که بر روی روسازی نصب شده و اغلب عابرین پیاده از روی آنها عبور می کنند. این سرعت گیرها در بیشتر کشورها در جاده های شهری با سرعت طراحی کم و دارای روشنایی نصب می شوند تا رانندگان با اطلاع کافی بتوانند سرعت خود را کم کرده و از روی آنها به طور ایمن عبور کنند. (La torre, 2009). در این رابطه مطالعات زیادی انجام شد که نشان دادند سرعت خودروها پس از ساخت سرعت گیرها از ۶/۵ تا ۳۷ کیلومتر بر ساعت کاهش یافته است. همچنین به خاطر ساخت سرعت گیرها، تصادفات کمتری در بسیاری از مناطق مورد مطالعه رخ داد. به علاوه در چندین مطالعه به کارگیری سرعت گیرها موجب کاهش حجم ترافیک تا یک سوم پیش از اجرای آن شد (Campbell, et al., 2002).

۴-۲- آرام سازی جریان ترافیک در تقاطع ها

۴-۲-۱- تقاطع های برآمده

نوعی از گذرگاه در استرالیا عموماً شامل پیشروی پیاده رو و خط عابر بالاتر از سطح راه است. هدف طراحی آن کاهش سرعت خودروها، کاهش تداخل جریان عابریاده با جریان ترافیک و افزایش پدیداری عابرین برای رانندگان است و این طراحی موجب شده است که سرعت خودروها در آن حدود ۴۰ درصد کاهش می یابد (Hawley, et al., 1992). همچنین در تقاطعی در کمبریج در ماساچوست، حدود ۱۰ درصد رانندگان قبل از ساخت یک تقاطع مرتفع، حق تقدم عابرین پیاده را رعایت می کردند. بعد از ساخت تقاطع مرتفع، این مقدار به ۵۵ درصد افزایش یافت (City of Cambridge, 2000) که مقدار قابل توجهی بوده و افزایش توجه رانندگان را نشان می دهد.

۴-۲-۲- میدانها

در تقاطع های کوچک گاهی از میدان کوچکی استفاده می شود که می تواند توجه رانندگان را به تقاطع افزایش داده و موجب کاهش تصادفات، چه خودرو با خودرو و چه خودرو با عابر شود. بر این اساس مطالعاتی انجام شد که به شکل خیره کننده ای کاهش تصادفات را با به کارگیری این میدانها نشان داد، به این صورت که به کارگیری این

میدانها موجب شد که تصادفات ۹۰ درصد در مقایسه با تقاطع پیش از آن کاهش یابد (Institute of Transportation Engineers, 1999).

تبدیل تقاطع ها به میدان فقط مخصوص تقاطع های کوچک نیست. این میدانها نیز می توانند تاثیر زیادی بر کاهش تصادفات داشته باشند و جهت بررسی آن نیز مطالعات بسیاری در چندین شهر دنیا انجام گرفته است. در مطالعه ای بر روی حالات قبل و بعد ۸ میدان در ایالات متحده مشاهده شد که تعداد کل تصادفات ۵۱ درصد، و تعداد تصادفات جرحی ۷۳ درصد کاهش یافته است (Jacquemart, 1998). این میداين شعاعی برابر ۳/۶۵ یا کمتر داشتند. در مطالعات بر روی حالات قبل و بعد در دیگر کشورها نیز کاهش تصادفات مشاهده شده است. برای نمونه، در مطالعه ای بر روی ۷۳ میدان در استرالیا، نرخ تصادفات جرحی ۷۴ درصد کاهش یافت (Troutbeck, 1993). تعداد تصادفات جرحی سالانه در ۸۳ میدان در فرانسه، ۷۸ درصد کاهش پیدا کرد (Centre D'Études Techniques de l'Équipement de l'Ouest, 1986). در هلند، در مطالعه ای بر روی ۱۸۱ میدان مشاهده شد که تعداد کل تصادفات ۵۱ درصد و تعداد تصادفات جرحی ۷۲ درصد کاهش یافته است (Schoon, van Minnen, 1994). در مطالعه مهمی که اخیراً با جمع آوری ۴۴ مطالعه که در سرتاسر دنیا انجام شده است و آنالیز نتایج آنها مشاهده شد که تبدیل تقاطع به میدان موجب کاهش ۶۵ درصدی تصادفات فوتی و ۴۰ درصدی تصادفات جرحی می شود. این بررسی اذعان می کند که استفاده از میدان تاثیر زیادی روی ایمنی تقاطع خواهد داشت و تصادفات با شدت بالا را نیز به شکل موثری کاهش می دهد (Elvik, 2017). با این وجود، اثر این اقدام به طور خاص بر ایمنی عابرین پیاده مشخص نشد.

۴-۳- بهبود خیابانها و مناطق منتهی به مدارس و پارکها

از جمله مناطقی که تصادف با عابر در آن با نرخ بالایی اتفاق می افتد، مناطقی است که عبور و مرور کودکان در آن زیاد است. پس باید مناطقی که در آن مدارس و پارکها قرار دارند مورد توجه قرار بگیرند. به این منظور در این مناطق ابزارهایی مانند چراغ چشمک زن و تابلوها نصب شده است.

شد (Blomberg, et al., 1983). فیلم آموزشی ۱۵ دقیقه ای دیگری نیز به کودکان با سن بالاتر مواردی چون عبور از خیابان‌های شلوغ، ایمنی در پارکینگ‌ها و عبور از مکان‌های علامت‌گذاری شده را آموزش می‌داد که میزان اثرگذاری این فیلم هم در چندین منطقه و ایالت در آمریکا بررسی شد. در یک بررسی ۲ ساله در میلوکی، تعداد کودکان ۹ تا ۱۲ ساله در تصادفات عابرین پیاده کاهش ۲۰ درصدی داشت. همچنین نتایج مثبتی در سیاتل و کانکتیکات مبنی بر رفتار مشاهده شده از کودکان بعد از تماشای فیلم گزارش شد (Preusser and Lund, 1988).

۵-۲- استفاده از کمپین‌های نظارت بر اجرای قانون

متأسفانه هیچ مطالعه کمی یافت نشده که در آن اثر روش‌های مختلف اعمال قانون پلیس بر روی تصادفات جرحی و فوتی عابرین پیاده تعیین شده باشد. اندازه‌گیری تاثیر اعمال قانون به تنهایی روی تصادفات عابرین پیاده سخت است چرا که عوامل بسیار زیادی در تصادفات عابرین دخیل‌اند. در بسیاری از حوزه‌های قانونی، جراحت و فوت عابرین پیاده در چنان طیف گسترده‌ای از خطوط گذر عابر پیاده و چنان تناوبی اتفاق می‌افتد که فرصت تشکیل روابط سببی بین این تصادفات و عملیات اعمال قانون وجود ندارد. مطالعه‌ای در سه شهر کانادا انجام شد که در آن پس از اعمال قانون به همراه آموزش و اقدامات مهندسی، توقف در برابر عابرین پیاده افزایش یافت. با وجود این که ممکن است ایمنی به مقدار زیادی توسط اقدامات مهندسی تامین شده باشد، لیکن اعمال قانون باعث افزایش ایست و رعایت حق تقدم شد (Malenfant and Van Houten, 1989). اینگونه برنامه‌ها در مناطق دیگری نیز به منظور افزایش رعایت حق تقدم در برابر عابر پیاده به اجرا در آمدند. داده‌های جمع‌آوری شده نشان می‌دهد که توقف در برابر عابر افزایش یافته است. همچنین داده‌ها نشان می‌دهند که تاکید بر حق تقدم با عابر پیاده در محل خط‌کشی عابر در محل‌های کنترل نشده نسبت به سایر خطوط عابر نیز گسترش پیدا کرده است. این تعمیم در مناطق زیر مشاهده شد: (۱) مناطقی که کنترل نمی‌شوند و اعمال قانون در آن‌ها برنامه‌ریزی شده نیست. (۲) خط عابر در محل چراغ‌های راهنمایی که در آنجا اعمال قانون وجود ندارد (۳) تقاطع‌های کنترل نشده که فاقد خط‌کشی عابر پیاده بودند. همچنین

به منظور بررسی میزان اثربخشی این ابزار، در ۴۸ منطقه در ایالت کنتاکی که در آن مدرسه وجود دارد، مطالعاتی انجام شد و مشاهده شد که استفاده از چراغ‌های چشمک‌زن مدرسه (در هنگام چشمک زدن حداکثر سرعت مجاز به ۴۰ کیلومتر بر ساعت کاهش می‌یابد) سرعت خودروها را به‌طور میانگین حدود ۶/۵ کیلومتر بر ساعت کاهش داد (Zegeer, et al., 1978). پیش از استفاده از چراغ چشمک‌زن، سرعت خودروها حدوداً بین ۵۵ تا ۷۲ کیلومتر بر ساعت بود. تنها در دو منطقه از ۴۸ منطقه کاهش سرعت برابر ۱۶ کیلومتر بر ساعت یا بیشتر بود. پس از آن مشاهده شد که وجود پلیس راهنمایی و رانندگی بهترین راهکار برای پیروی رانندگان از چراغ چشمک‌زن محدودیت سرعت بود و نظارت پلیس نیز در پیروی رانندگان از محدودیت سرعت موثر بود. لازم به ذکر است که خطر تصادفات کودکان در خیابان‌های اطراف پارک‌ها بیشتر از مدارس بوده و در این مناطق نیز باید تمهیدات مشابهی اندیشید (Ferenchak and Marshall, 2017).

۵-۱- افزایش آگاهی رانندگان و عابرین پیاده در

زمینه ایمنی و بهبود رفتار آنها

۵-۱- ارائه آموزش و تمرین

با استفاده از فیلم‌ها و ابزارهای آموزشی می‌توان آگاهی عمومی مردم را نسبت به ایمنی ترافیک بالا برده و در دراز مدت کاهش تصادفات را مشاهده کرد. به این منظور فیلم‌ها و برنامه‌های متنوع و متفاوتی در ایران و جهان به وجود آمده و مطالعات گوناگونی در مورد تاثیر آن‌ها صورت گرفته است. عموماً این فیلم‌ها کودکان و نوجوانان را مخاطب قرار می‌دهند زیرا والدین خود را مسئول یاد دادن نکات ایمنی ترافیک نمی‌دانند و نیز مشاهده شده است که کودکان در صورت یادگیری می‌توانند بر رفتار ترافیکی والدین خود نیز اثرگذار باشند (Ben-Bassat and Avnieli, 2016) به عنوان مثال فیلم اداره ایمنی ترافیک بزرگراه‌های ملی NHTSA با هدف قرار دادن خردسالان و کودکان تا پایه سوم دبستان، به آن‌ها روش امن عبور از خیابان‌ها را آموزش داد و بعد از آزمون‌های گسترده در چندین شهر و منطقه، کاهش ۳۰ درصدی تصادفات کودکان در اثر حرکت ناگهانی و پریدن به وسط خیابان در بین کودکان ۴ تا ۶ سال مشاهده

حمل و نقل و ترافیک، تهران، معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک.

- (2001), "American Association of State Highway and Transportation Officials". A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington, D.C.

-Bentzen, B., J. Barlow and L. Franck, (2000), "Addressing Barriers to Blind Pedestrians at Signalized Intersections. ITE Journal, September.

-Ben-Bassat, T. and Avnieli, S., (2016), "The effect of a road safety educational program for kindergarten children on their parents' behavior and knowledge". Accident Analysis & Prevention, 95, pp.78-85.

-Blomberg, R.D., A. Hale and D.F. (1984), "Preusser. Conspicuity for Pedestrians and Bicyclists: Definition of the Problem", Development and Test of Countermeasures. Report No. DOT HS 806 563. NHTSA. Washington, D.C.

-Blomberg, R.D., D.F. Preusser, A. Hale, and W.A. Leaf. (1983), "Experimental Field Test of Proposed Pedestrian Safety Messages. Highway Traffic Safety Administration, Washington, D.C.

-Borzendowski, S.A.W., Sewall, A.A.S., Rosopa, P.J. and Tyrrell, R.A., (2015), "Drivers' judgments of the effect of headlight glare on their ability to see pedestrians at night". Journal of safety research, 53, pp.31-37.

-Bowman, B.L., and R.L. Vecellio. (1994), "Effects of Urban and Suburban Median Types on both Vehicular and Pedestrian Safety". Transportation Research Record 1445. TRB, National Research Council, Washington, D.C. pp. 169-179.

-Britt, J., A. Bergman, and J. Moffat. Law (1995), "Enforcement, Pedestrian Safety, and Driver Compliance with Crosswalk Laws: Evaluation of a Four-Year Campaign in Seattle". Transportation Research Record 1485. TRB, National Research Council, Washington, D.C.

محققان دریافتند که رانندگان بیشتر تمایل به توقف در ناحیه‌هایی دارند که در آنجا کسب و کار خرده فروشی یافت می‌شود و در نواحی غیر مسکونی توجه به مقررات کمتر است (Britt, et al., 1995). لازم به ذکر است که اعمال قانون در جوامع کوچک بسیار سریع جواب می‌دهند. برای دستیابی به نتایج مشابه در جوامع بزرگتر به تلاشی پایدار در بازه زمانی بیشتری نیاز است.

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اقدامات افزایش ایمنی و کاهش تصادفات شهری عابرین پیاده که در کشورهای توسعه یافته مورد مطالعه و آزمون قرار گرفته‌اند ذکر شدند. شایان ذکر است که تمامی اقدامات نام برده در کاهش تصادفات عابرین پیاده و افزایش ایمنی آنها در معابر شهری، اثرگذاری مشابهی نداشته و قوانین ترافیکی، موارد فنی و همچنین فرهنگی نقش بزرگی در اثربخشی هر یک ایفا می‌کنند. پیشنهاد شد که در ابتدا برای هر اقدام، اثربخشی آن را در یک جامعه آزمایشی کوچکتر بررسی قرار گیرد و راجع به علل کارآمدی یا عدم کارکرد آن تحقیق و کسب اطلاع صورت گیرد. جهت دستیابی به اثر مورد انتظار، نیاز به همکاری نهادهای مختلف خصوصی و شهری خواهد بود. تجربیات اخیر نشان داده‌اند که راهکارهای جامع می‌توانند نقش به مراتب موثرتری جهت ایجاد محیط‌های ایمن برای عابرین پیاده داشته باشند و بسیاری از مشکلات تنها با بهره‌گیری از یک اقدام بصورت مجزا (به عنوان مثال اصلاح مشکلات مهندسی، ارائه آموزش یا اعمال قانون) قابل حل نخواهند بود. در یافتن و حل مشکلات مربوط به ایمنی عابرین پیاده در معابر شهری، مهندسان، ماموران قانون، برنامه‌ریزان، شهروندان و آموزگاران همگی نقش دارند.

۷-مراجع

-قیصر، س.، محمدیان یزدی، پ.، نخعی پور، م. و توجهی، ع.، (۱۳۹۴)، "ارزیابی رضایتمندی عابرین پیاده استفاده کننده از زیرگذرهای معابر شهری و ارائه راهکارهای افزایش بهره‌وری زیرگذرها (مورد مطالعه: شهر تهران، چهارراه ولیعصر (عج))"، چهاردهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی

- Gårder, Per. (1989), "Pedestrian Safety at Traffic Signals. Accident Analysis and Prevention. Vol. 21, No. 5, pp. 435-444.
- Gårder, P.E., (2004), "The impact of speed and other variables on pedestrian safety in Maine". Accident Analysis & Prevention, 36(4), pp.533-542.
- Hawley, L., C. Henson, A. Hulse, and R. Brindle, (1992), "Towards Traffic Calming: A Practitioners' Manual of Implemented Local Area Traffic Management and Black spot Devices". Publication No. CR 126. Federal Office of Road Safety. Canberra, Australian Capital Territory, Australia.
- Huang, H., and C. Zegeer, (2000), "The Effects of Pedestrian Countdown Signals in Lake Buena Vista". Prepared for the Florida Department of Transportation, November.
- Hughes, R., H. Huang, C. Zegeer, and M. Cynecki, (2000), "Evaluation of Automated Pedestrian Detection at Signalized Intersections". Report No. FHWA-RD-00-097. Federal Highway Administration, McLean, VA.
- (1999), "Institute of Transportation Engineers, Federal Highway Administration. Traffic Calming: State of the Practice. Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., August 1999.
- (1997), "Insurance Institute for Highway Safety". Three-Second Head Start Gives Pedestrians Advantage at Intersections. Status Report, Vol. 32, No. 7, August 30, p.5.
- Jacquemart, G. NCHRP Synthesis 264: (1998), "Modern Roundabout Practice in the United States". National Cooperative Highway Research Program. Synthesis of Highway Practice 264. TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- Japan Road Association. (1969), "Accident Prevention Effects of Road Safety Devices: Annual Report.
- Knoblauch, R.L., B.H. Tustin, S.A. Smith, and M.T. Pietrucha, (1987), "Investigation of Exposure-Based Pedestrian Accident Areas: Crosswalks, Sidewalks, Local Streets, and
- Brownfield, D.J. (1980), "Environmental Areas: Interim Report on a Before-After Accident Study", Traffic Engineering and Control, Vol. 21, No. 5, May.
- Campbell, B., C. Zegeer, H. Huang, and M. Cynecki. (2002), "A Review of Pedestrian Safety Research in the U.S. Submitted to Federal Highway Administration.
- Cao, Y., Ni, Y. and Li, K., (2017), "Effects of Refuge Island Settings on Pedestrian Safety Perception and Signal Violation at Signalized Intersections 2 (No. 17-04090).
- Carroll, J., and B. Bentzen. "American Council of the Blind Survey of Signalized Intersection Accessibility". The Braille Forum, Volume 38, 1999, pp. 11-15.
- (1986), "Centre D'Études Techniques de l'Équipement de l'Ouest. Evolution de la Sécurité Sur Les Carrefours Giratoires". Centre D'Études Techniques de l'Équipement de l'Ouest, Nantes, France.
- City of Cambridge, MA. (2000), "Preliminary Results: Effects of Columbia Street Traffic Calming Project on Driver Behavior.
- Elvik, R., (2017), "Road safety effects of roundabouts: A meta-analysis". Accident Analysis & Prevention, No.99, pp.364-371.
- (2002), "Federal Highway Administration. Pedestrian Facilities User Guide: Providing Safety and Mobility". Zegeer, C., C. Seiderman, P. Lagerwey, M. Cynecki, M. Ronkin, and R. Schneider. McLean, VA.
- Ferenchak, N.N. and Marshall, W.E., (2017), "Redefining the child pedestrian safety paradigm: identifying high fatality concentrations in urban areas". Injury prevention, 23(6), pp.364-369.
- Freedman, M., M.S. Janoff, B.W. Koth, and W. McCunney, (1975), "Fixed Illumination for Pedestrian Protection". Report No. FHWA-RD-76-8, Federal Highway Administration.

- Nee, J., and M.E Hallenbeck, (2003), "A Motorist and Pedestrian Behavioral Analysis Relating to Pedestrian Safety Improvements. Final Report". Research Project T1803, Task 16 Pedestrian Safety Prepared for the Washington State Transportation Commission by the Washington State Transportation Center.
- Owens, D.A., R.J. (1994), "Antonoff, and E.L. Francis. Biological Motion and Nighttime Pedestrian Conspicuity. Human Factors, Vol. 36, No. 4, 1994, pp. 718, 732.
- Pegrum, B.V. (1972), "The Application of Certain Traffic Management Techniques and Their Effect on Road Safety". National Road Safety Symposium, March.
- Polus, A., and A. Katz, (1978), "An Analysis of Nighttime Pedestrian Accidents at Specially Illuminated Crosswalks. Accident Analysis and Prevention, Vol. 10, No. 3, September.
- Preusser, D.F., and A.K. Lund (1988), "Keep on Looking: A Film To Reduce Pedestrian Crashes Among 9 to 12 Year Olds. Journal of Safety Research, 19(4), pp. 177-195.
- Replogle, Michael, (1992), "Bicycle and Pedestrian Policies and Programs in Asia, Australia, and New Zealand. Case Study 17. National Bicycling and Walking Study. Report No. FHWA-PD-93-016. Federal Highway Administration. Washington, D.C., April.
- Schoon, C., and J. van Minnen, (1994), "The Safety of Roundabouts in the Netherlands. SWOV Institute for Road Safety Research. Traffic Engineering and Control.
- Sisiopiku, V.P. and Akin, D., (2003), Pedestrian behaviors at and perceptions towards various pedestrian facilities: an examination based on observation and survey data. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior, 6(4), pp.249-274.
- Sullivan, J. M., & Flannagan, M. J., (2002), "The role of ambient light level in fatal crashes: Inferences from daylight saving time Major Arterials". Report No. FHWA/RD-87-038. Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- La Torre, F., (2009), "Positive Effects of Road Surface Discontinuities". Roadway Surface Discontinuities on Safety, p.25.
- Lovemark, O. (1974), "Pedestrians in Town Centers: A Summary of Some Research Projects". Pedestrian Safety Project Report No. 27, North American Treaty Organization Committee on the Challenge of Modern Society, National Highway Traffic Safety Administration, March.
- Macbeth, A. Balliol Street. In Traffic Calming (1995), "Proceedings from 21 papers. Ontario Traffic Conference. November.
- Malenfant, L., and R. Van Houten, (1989), "Increasing the Percentage of Drivers Yielding to Pedestrians in Three Canadian Cities with a Multifaceted Safety Program". Health Education Research. Vol.5, pp. 274-279.
- McMahon, P.J., A.J. Khattak, C. Duncan, J.R. Stewart, and C.V. Zegeer, (2002), "An Analysis of Factors Contributing to Walking along Roadway" Crashes: Research Study and Guidelines for Sidewalks and Walkways. Report No. FHWA-RD-01-101. Federal Highway Administration.
- M. Moeinaddini, Z. Asadi-Shekari, Z. Sultan, M. Zaly Shah, (2015), "Analyzing the relationships between the number of deaths in road accidents and the work travel mode choice at the city level, Saf. Sci., 72, pp. 249-254.
- Moore, R.I., and Older, S.J., (1965), "Pedestrians and Motorists are Compatible in Today's World". Traffic Engineering, Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C.
- (2017), "National Center for Statistics and Analysis. Pedestrians," Data (Traffic Safety Facts. Report No. DOT HS 812 375). Washington, D.C. National Highway Traffic Safety Administration.

- Zhang, Y., Mamun, S.A., Ivan, J.N., Ravishanker, N. and Haque, K., 2015. Safety effects of exclusive and concurrent signal phasing for pedestrian crossing. *Accident Analysis & Prevention*, 83, pp.26-36.
- Zhuang, X., Wu, C. and Ma, S., (2018), "Cross or wait? Pedestrian decision making during clearance phase at signalized intersections". *Accident Analysis & Prevention*, 111, pp.115-124.
- Zegeer, C., J.H. Havens, and R. Deen, (1978), "Speed Reductions in School Zones. Transportation Research Record 597". TRB, National Research Council, Washington, D.C. pp. 39-40.
- Zegeer, C.V., J.R. Stewart, H.F. Huang, and P.A. Lagerwey, (2002), "Safety Effects of Marked vs". Unmarked Crosswalks at Uncontrolled Locations - Executive Summary and Recommended Guidelines. Report No. FHWA-RD-01-075. Federal Highway Administration, McLean, VA, March, http://www.walkinginfo.org/pdf/r&d/crosswalk_021302.pdf.
- Zegeer, C.V., and M.J. Cynecki, (1986), "Methods of Increasing Pedestrian Safety at Right-Turn-on-Red Intersections", Final Report. Report No. FHWA/IP-86/10, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Zegeer, C.V., K.S. Opiela, and M.J. (1982), "Cynecki. Effect of Pedestrian Signals and Signal Timing on Pedestrian Accidents". Transportation Research Record 847, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 62-72.
- Zegeer, C.V., K.S. Opiela, and M.J. Cynecki. Pedestrian Signalization Alternatives. Report No. FHWA/RD-83/102. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1983.
- transitions. *Accident Analysis and Prevention*, 34(4), pp.487-498.
- Troutbeck, R.J. (1993), "Capacity and Design of Roundabouts in Australia. Transportation Research Record 1398. TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 68-74.
- Van Houten, R., J. Malenfant, J. Van Houten, and R. Retting. Using Auditory Pedestrian Signals to Reduce Pedestrian and Vehicle Conflicts. Transportation Research Record 1578. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1997.
- Van Houten, R., D. McCusker, S. Huybers, J.E.L. Malenfant, and D. Rice-Smith. Advance Yield Markings and Fluorescent Yellow Green Ra 4 Signs at Crosswalks with Uncontrolled Approaches. Transportation Research Record 1818. TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2003, pp. 119-124.
- Van Houten, R., and Malenfant, J.E.L. ITS Animated LED Signals Alert Drivers to Pedestrian Threats. *ITE Journal*, 71, 2001, pp. 42-47.
- Van Houten, R., R.A. Retting, J. Van Houten, C.M. Farmer, and J.E.L. (1999b), "Malignant Use of Animation in LED Pedestrian Signals to Improve Pedestrian Safety". *ITE Journal*, Vol. 69, pp. 30-38.
- Walter, C. E. (1995), "Suburban Residential Traffic Calming". *ITE Journal*, Vol. 65, No. 9, September, pp. 44-48.
- Wood, J. M., Tyrrell, R. A., Chaparro, A., Marszalek, R., Carberry, T. R., & Chu, B. S. (2010), "Modest visual impairments and headlamp glare reduce pedestrian visibility at night". Transportation Research Board Annual Meeting.
- Xu, J., Ge, Y., Qu, W., Sun, X. and Zhang, K., (2018), "The mediating effect of traffic safety climate between pedestrian inconvenience and pedestrian behavior". *Accident Analysis & Prevention*, 119, pp.155-161.