

مروری بر اقدامات ایمنی جهت کاهش تصادفات دوچرخه‌سواران

مقاله پژوهشی

کیوان آقاییک*، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ایران
وحید نوروزی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Kayvan.Aghabayk@ut.ac.ir

دریافت: ۹۷/۱۰/۱۵ - پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۵

صفحه ۱۲-۱

چکیده

دوچرخه سواری از سال‌ها پیش به عنوان یک شیوه حمل نقل مطرح بوده و امروزه نیز به عنوان یک انتخاب مناسب در جهت افزایش سلامتی افراد و کاهش ترافیک در نظر گرفته می‌شود. استفاده از دوچرخه در سال‌های اخیر با نرخ قابل توجهی افزایش یافته است و حتی در بعضی کشورهای اروپایی سهم قابل توجهی از سفرهای روزانه را در برمی‌گیرد. فراهم شدن ایمنی دوچرخه سواران را می‌توان مهم ترین علت در استفاده از آن‌ها برای سفرهای روزانه در نظر گرفت. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در رابطه با ایمنی دوچرخه سواران صورت گرفته و تاکید بر آن بوده است که بسیاری از مشکلات بدون همکاری سه بخش مهندسی، آموزش و اعمال قانون قابل برطرف شدن نمی‌باشد. بنابراین قشرهای مختلف جامعه همچون برنامه‌ریزان، مهندسان، قانون‌گذاران، مربیان و شهروندان باید مشارکت لازم را به عمل آورده تا مشکلات مربوطه با همکاری فی‌مابین حل شود. با این وجود کاهش تعداد و شدت جراحات در تصادفات دوچرخه سواران مستلزم ارائه راهکارهایی است که متناظر با عوامل ایجاد کننده تصادف است. در این مقاله با مرور مطالعاتی که در این حوزه صورت پذیرفته اقداماتی ارائه می‌گردد که به واسطه به کارگیری آن‌ها می‌توان بخش قابل توجهی از تصادفات شامل دوچرخه سواران را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: اقدامات ایمنی، ایمنی راه، دوچرخه، دوچرخه‌سواری، تصادفات

۱- مقدمه

توجهی متفاوت بوده و در خیلی از مواقع ازدحام وسایل حمل نقل موتوری باعث ایجاد شرایطی می‌شود که دوچرخه سواران از سطح ایمنی کمتری بر خوردار باشند (شیرمحمدی و همکاران ۱۳۹۳). کاهش ترافیک در مسیرهای عبوری وسایل نقلیه موتوری، تشویق افراد به ورزش، کاهش آلودگی هوا، هزینه کمتر نسبت به دیگر شیوه‌های حمل نقل و دیگر مزیت‌ها باعث شده است که استفاده از دوچرخه در سفرهای روزانه با

استفاده از دوچرخه در بسیاری از شهرهای دنیا مورد توجه ویژه واقع شده و انتظار می‌رود با برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته با ازدیاد کاربرد این شیوه حمل و نقل به میزان قابل ملاحظه‌ای موجب کاهش هزینه‌ها و آلاینده‌ها گردد (Mason et al., 2015). هرچند تامین ایمنی دوچرخه سواران در موارد بسیاری با حمل نقل موتوری در تضاد می‌باشد. این تضاد از آن‌جا ناشی می‌شود که ویژگی شیوه‌های ذکر شده به طور قابل

گزارش شده تصادفات دوچرخه ۲۳۳ مورد در تقاطع ها صورت گرفته است. بنابراین ارائه راهکارهایی که طی آن بتوان عوامل ایجاد تصادفات دوچرخه در تقاطع را برطرف کرد تاثیر بسزایی در کاهش تصادفات خواهد داشت. در مطالعات پیشین اقدامات ایمنی جهت کاهش تصادفات مربوط به تقاطع‌های بدون چراغ (آقاییک و احمدپور ۱۳۹۵) و تقاطع‌های چراغ‌دار (آقاییک و رضانی ۱۳۹۷) به تفصیل بیان شده است. در اینجا اقدامات خاص مربوط به دوچرخه تصریح می‌گردد.

۲-۱- بهبود قابلیت دید در تقاطع‌ها

دو هدف مهم در بهبود قابلیت دید در تقاطع‌ها به شرح زیر است:

- آگاه کردن رانندگان و دوچرخه‌سواران از نزدیک شدن به تقاطع‌ها تا اینکه بتوانند خودشان را با دستگاه‌های کنترل ترافیک و قوانین راه در تقاطع وفق داده و از آن تبعیت کنند؛
 - فراهم کردن دید بهتر برای رانندگان و دوچرخه‌سواران برای جلوگیری از تصادف احتمالی.
- راهکارهای زیر برای اهداف گفته شده می‌تواند به کار گرفته شود:

- افزایش دید قطعات منتهی به تقاطع تا راننده دید بهتری نسبت به طرح هندسی مسیر و تقاطع داشته باشد؛
- پاکسازی مثلث دید در تقاطع برای دیدن بهتر وسایل نقلیه‌ای که در سمت دیگر تقاطع حرکت می‌کنند؛
- بهبود قابلیت دید تجهیزات کنترل ترافیک که می‌تواند شامل حذف موانع دید آنها همچون درختان و گیاهان و یا بهبود تغییراتی در خود این دستگاه‌ها همانند نصب تابلوهای بزرگ‌تر و لنزهای بزرگ‌تر چراغ و... باشد؛
- بهبود روشنایی تقاطع‌ها.

یکی از اقداماتی که باعث کاهش تصادفات دوچرخه می‌شود، فراهم کردن تجهیزاتی برای پارک دوچرخه‌سواران در گوشه خیابان‌ها می‌باشد (Zegeer et al., 1994). این نوع از اقدام

ارزش تلقی شده و در نتیجه تمهیداتی برای فراهم کردن زیر ساخت های لازمه تدارک دیده شود (Zhao et al., 2018). بسیاری از کشورهای اروپایی از جمله هلند و دانمارک به طور کامل به اهمیت موضوع واقف بوده در نتیجه سهم نسبتاً قابل توجهی از سفرهای روزانه در شهرهای این کشورها با دوچرخه صورت می‌پذیرد (The Netherlands Ministry of Transport, 2009). لیکن با وجود تمامی فوایدی که برای دوچرخه سواری بیان شده، دوچرخه سواران به عنوان یکی آسیب پذیرترین کاربران جاده در نظر گرفته شده (Daley et al., 2007) و نسبت به رانندگان وسایل نقلیه موتوری خطر بیشتری آن‌ها را تهدید می‌کند (Watson & Cameron, 2006). در بسیاری از گزارش‌ها، تصادفات شدید جرحی و یا منجر به فوت برای دوچرخه سواران گزارش شده است که می‌تواند از مهم‌ترین عوامل در عدم استفاده عمومی از این شیوه حمل نقل علیرغم مزایای گفته شده باشد (Jacobsen et al., 2009). بنابراین ارائه اقداماتی که طی آن بتوان تصادفات مربوط به دوچرخه را کاهش داد کمک شایانی به استفاده از دوچرخه خواهد داشت. اقداماتی که در این مقاله ارائه می‌شود نتایج سال‌ها مطالعات محققین در این زمینه می‌باشد که در ۳ بخش کلی به شرح ذیل دسته‌بندی می‌گردد.

- کاهش تصادفات دوچرخه سواران در تقاطع‌ها
- کاهش تصادفات دوچرخه سواران در قطعات مسیر
- اقدامات کلی برای کاهش تصادفات شامل دوچرخه

۲- کاهش تصادفات دوچرخه سواران در تقاطع‌ها

تقاطع‌ها نقاط حادثه خیزی برای تصادفات شامل دوچرخه می‌باشد و طبق آمارهای بدست از تصادفات شامل دوچرخه بخش قابل توجهی از تصادفات در تقاطع‌ها (اعم از چراغ‌دار و بدون چراغ) رخ می‌دهد. طبق اطلاعات بدست آمده در آمریکا ۳۲,۶ درصد تصادفات منجر به فوت و ۵۶,۶ درصد تصادفات منجر به جراحت در تقاطع‌ها رخ می‌دهد (NHTSA, 2001). واپل و لویسون (Wachtel & Lewiston, 1994) اطلاعات ۱۰ ساله تصادفات را از سال ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۰ مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که از ۳۱۴ مورد

- در نظر گرفتن یک فاز جداگانه یا پیش فاز برای عبور دوچرخه (تجهیزات برای چراغ جداگانه دوچرخه در نظر گرفته شود)؛
- نصب شناساگرهای حضور دوچرخه (در این حالت ممکن است علامت‌گذاری برای تعیین محل مناسب دوچرخه صورت بگیرد).

۲-۳- بهبود علائم ترافیکی

علائم ترافیکی مربوط به دوچرخه سواران برای محدوده تقاطع‌ها ایجاد شده‌اند تا بتوانند قوانین، هشدارها و راهنمایی‌های لازم را داشته باشند. این اقدام بر روی بهبود قوانین و هشدارهای ذکر شده تمرکز کرده و تلاش دارد تا با تغییراتی آن‌ها را بهبود ببخشد. راهکارهایی برای این منظور در نظر گرفته شده است. به طور کلی می‌توان به اخطار و پیش آگاهی به دوچرخه‌سواران و رانندگان از وجود تقاطع و خطرات احتمالی و به طور خاص به هشدار خط شروع گردش به راست برای دوچرخه سواران اشاره کرد. در تقاطعات با خطوط گردش به راست منحصر به فرد، دوچرخه سواران با خطر مواجه می‌باشند زیرا که وسایل نقلیه موتوری که می‌خواهند گردش به راست داشته باشند ممکن است با دوچرخه سوارانی که قصد حرکت به سمت مستقیم را دارند تداخل داشته و تصادف رخ دهد. مطالعات نشان داده است که به وسیله قرار دادن تابلو هشدار این موضوع، وسایل نقلیه موتوری و دوچرخه سواران را از ناحیه تداخلی احتمالی آگاه کرده و تصادفات ذکر شده را کاهش داد (US DOT 2003). همچنین استفاده از این تابلوها به همراه خط‌کشی‌های مشخص برای تشویق رانندگان وسایل نقلیه موتوری برای تعویض خط در فاصله ای جلوتر از تقاطع تعبیه می‌شود (Hunter et al., 1999). دو مزیت اصلی این اقدام به شرح زیر است:

- جابه‌جایی تداخل‌ها از تقاطع‌ها به سمت فاصله‌ای دورتر از تقاطع‌ها؛
- امکان سبقت به رانندگان به علت تفاوت سرعت بین وسایل نقلیه موتوری و دوچرخه سواران.

در تعداد زیادی از تقاطع‌ها در آلمان اجرا گردید. در نزدیکی این تقاطع‌ها، اتومبیل‌های زیادی اقدام به پارک می‌کردند و لذا قابلیت دید در چهار راه‌ها محدود می‌شد؛ با نصب این تجهیزات به طور فیزیکی از پارک اتومبیل‌ها جلوگیری شده و در نهایت قابلیت دید افزایش یافت. البته شایان ذکر است تحقیقی دیگر که بر اطلاعات به دست آمده از پرسش‌نامه مبتنی است (Lacherez et al., 2013) نشان داد که صرفاً قابلیت دید برای جلوگیری از تصادف کافی نیست و باید انتظارات رانندگان از تصادف احتمالی با دوچرخه سواران افزایش یابد. در این تحقیق مشخص شد در بسیاری از موارد رانندگان با وجود داشتن دید به مسیر، دقت کافی نداشته و در نتیجه تصادف با دوچرخه شکل گرفته است.

۲-۲- بهبود زمان بندی چراغ‌ها و شناساگرها

در طراحی تقاطع‌ها و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی، کنترل فازبندی برای عبور دوچرخه سواران از نکات مهم در کاهش تصادفات شامل دوچرخه می‌باشد. بر اساس تحقیقی (Yan et al., 2011) که در سال ۲۰۱۱ در چین بر مبنای اطلاعات تصادف ۴ ساله انجام شد، معلوم گردید که تعداد تصادف‌ها در تقاطع‌های بدون چراغ بیش‌تر از تقاطع‌های چراغ‌دار بوده که دلیل اصلی آن عدم رعایت حق تقدم توسط رانندگان نسبت به دوچرخه سواران عبوری می‌باشد. با این حال علاوه بر نکات ذکر شده درخصوص بهبود فاصله دید، مسائل مربوط به زمان‌بندی چراغ راهنمایی حائز اهمیت است. مطالعات انجام شده حاکی از کاهش تصادفات دوچرخه سواران پس از فراهم کردن تجهیزات خاص کنترل ترافیک برای آن‌ها در تقاطع‌ها می‌باشد (Korve & Niemeier, 2002).

فازبندی چراغ‌های راهنمایی باید به‌گونه‌ای باشد که تمامی دوچرخه سواران بتوانند با ایمنی کامل از تقاطع عبورکنند. اصول کنترل زمان تخلیه برای دوچرخه سواران بر اساس راهنمای آشتو (AASHTO, 2012) امکان‌پذیر است. راه‌های متفاوتی برای بهبود زمان‌بندی چراغ‌ها وجود دارد که به طور خلاصه در زیر آمده است:

- فراهم کردن بازه زمانی مناسب برای تخلیه تقاطع؛

۲-۴- بهبود خط کشی در تقاطع‌ها

استانداردهای معتبر در دنیا توضیحات جامع پیشنهادهای مختلفی در این زمینه ارائه کرده‌اند. پرچالش‌ترین خط‌کشی‌ها مربوط به تقاطع با خطوط گردش می‌باشد. راهکارهای خلاقانه‌ای برای فائق آمدن به این مشکل ارائه شده است که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود (Nabti & Ridgway, 2002; Hunter et al., 2000; Hunter, 2000a; Hunter, 2000b).

- خطوط توقف پیش‌رفته (یا محوطه دوچرخه)؛
- خط دوچرخه و خط گردش به راست ترکیبی؛
- خطوط رنگی دوچرخه.

خط توقف پیش‌رفته خطی است که در امتداد مسیر دوچرخه در تقاطع محوطه‌ای برای دوچرخه‌سواران ایجاد می‌کند تا در راس صف ترافیکی قرار بگیرند در حالی که تمامی وسایل نقلیه پشت چراغ قرمز متوقف شده‌اند. وضعیت ذکر شده به دوچرخه سواران این اجازه را می‌دهد که پس از سبز شدن چراغ با قابلیت دید بیشتری مسیر خود را دنبال کنند. مهم‌ترین مزیت‌های این راهکار به صورت زیر بیان شده است:

- افزایش قابلیت دید دوچرخه سواران به واسطه قرارگیری آن‌ها در راس صف وسایل نقلیه؛
- ایجاد قابلیت مانور دوچرخه سواران و قرارگیری آن‌ها در بهترین وضعیت ممکن برای گردش در طول مدت زمان چراغ قرمز؛
- عدم افزایش قابل توجه تاخیر وسایل نقلیه موتوری؛
- کاهش تداخلات بین گردش دوچرخه سواران و وسایل نقلیه موتوری؛

• فراهم کردن فضای مناسب بین وسایل نقلیه موتوری و خط کشی عابر پیاده.

خط ترکیبی دوچرخه و گردش به راست یک خط به عرض استاندارد می‌باشد که در سمت چپ خط اختصاص یافته برای گردش

به راست قرار گرفته است. یک خط کشی منقطع سهم دوچرخه و سهم خط گردش به راست را مشخص می‌کند. هدف از این نوع خط کشی تشویق دوچرخه سواران به استفاده از قسمت چپ خطوط گردش به راست است در شرایطی که

فضای کافی برای اختصاص مسیر ویژه دوچرخه در این محدوده در سمت چپ خطوط گردش به راست وجود ندارد. مزایای این روش در زیر ارائه شده است:

- هدایت دوچرخه سواران به موقعیت درست در تقاطع‌ها با خط گردش به راست مشخص؛
- تشویق وسایل نقلیه موتوری به رعایت حق تقدم در هنگام عبور از خط باریک گردش به راست؛
- مستلزم کردن وسایل نقلیه موتوری به کاهش سرعت در هنگام گردش.

خطوط رنگی دوچرخه بخش‌های کوچکی از مسیر دوچرخه هستند که دارای بیش‌ترین تداخل می‌باشند. (مکان‌هایی که وسایل نقلیه موتوری حق عبور از خط دوچرخه را دارند). مزایای استفاده از این راهکار به شرح زیر است:

- بهبود قابلیت دید خطوط دوچرخه در نقاط کلیدی؛
- هشدار به دوچرخه سواران و وسایل نقلیه موتوری از نواحی خطرناک.

۲-۵- بهبود طرح هندسی تقاطع‌ها

مشکلاتی که ناشی از طرح هندسی نامناسب در تقاطع‌ها می‌باشد را می‌توان در موارد خلاصه کرد:

• دوچرخه سواران و موتور سواران ممکن است مسافت طولانی‌تری را در هنگام عبور یا گردش از تقاطع تجربه کنند که در این صورت زمان بیشتری در معرض ترافیک عبوری تقاطع می‌باشند.

• رانندگان کهن سال ممکن است در یک تقاطع برای داشتن دید مناسب نسبت به مسیر دچار مشکل شوند.

• قابلیت دید برای مشاهده ترافیک عبوری دوچرخه سواران و وسایل نقلیه موتوری کاهش می‌یابد.

• فضای تقاطع بزرگ ممکن است که باعث سردرگمی رانندگان و دوچرخه سواران شود.

اقدامات مختلفی برای اصلاح طرح هندسی یک تقاطع در راستای بهبود ایمنی دوچرخه سواران وجود دارد (Harwood et al., 2000; Zegeer et al., 2002; Landis et al., 2003; Eluru et al., 2008) که در ذیل بیان می‌شود:

- کاهش فاصله عبور برای دوچرخه سواران؛

۲-۶- تعبیه محل عبور برای دوچرخه سواران در

میدان ها

طبق تحقیق به عمل آمده اگرچه ایجاد میدان در شرایطی می تواند اقدامی جهت ارتقای ایمنی خودروها باشد لیکن بدون تمهیدات ویژه برای دوچرخه سواران باعث کاهش ایمنی آنها بوده و بر اساس پرسش گری معلوم شده است که ایشان میدان را بسیار بیشتر از دیگر تقاطع ها خطر آفرین می دانند به ویژه وقتی که ترافیک سنگین در میدان وجود داشته باشد (Shen et al., 2000)؛ هر چند مطالعات نشان داده است که در صورت تعبیه مسیر مناسب برای دوچرخه سواران در میدان ها تصادفات وسیله نقلیه موتوری با دوچرخه سواران به طور محسوسی کاهش می یابد (Preusser et al, 1982). اقدامات مختلفی برای کاهش تصادفات در میدان ها ارائه شده که به شرح زیر است (Thomas & DeRobertis, 2013; Robinson et al, 2000):

- اجتناب از طراحی خطوط دوچرخه در لبه های بیرونی میدان ها
- نزدیکی مسیر دوچرخه به مسیر خودرو جهت تامین دید بهتر
- ادغام دوچرخه سواران با خودروها در میدان های تک خطه با حجم ترافیک و سرعت کم
- کاهش سرعت وسایل نقلیه موتوری در محدوده میدان

۲-۷- محدودیت گردش به راست در چراغ قرمز

به طور کلی گردش به راست در چراغ قرمز در ایالات متحده آمریکا و بسیاری از کشورهای دیگر به جز در مواردی استثناء مجاز است. کاهش سوخت مصرفی وسایل نقلیه موتوری و تاخیر دلیل اصلی اتخاذ این تصمیم بوده است (Retting et al., 2002). هرچند با در نظر گرفتن امکان گردش به راست برای وسایل نقلیه موتوری در تقاطع ها در زمان قرمز بودن چراغ راهنمایی، میزان تصادفات به طور قابل توجهی افزایش می یابد (Preusser et al., 1982; Zador 1984). لذا جهت کاهش تصادفات در تقاطع ها یک اقدام موثر محدود کردن گردش به راست در زمان قرمز بودن چراغ می باشد. هدف اصلی این اقدام محدود کردن گردش به راست در تمامی تقاطع ها نیست بلکه می خواهد در تقاطع هایی مشخص که تعداد

• طرح مجدد مسیرهای منتهی به تقاطع برای کاهش یا حذف کجی تقاطع؛

• اصلاح طرح هندسی به منظور تسهیل کردن حرکت دوچرخه سواران در ورودی و خروجی رمپ ها؛

• فراهم کردن جزیره و میانه های مرتفع؛

• ایجاد تقاطع غیر همسطح.

کاهش فاصله عبوری می تواند با کاهش عرض خطوط عبوری، خط کشی مجدد و یا ساخت مجدد جداول کنار خیابان به طوری که فاصله فیزیکی جداول کاهش یابد صورت بگیرد. امتداد دادن جداول نیز می تواند شیوه دیگر برای کاهش فاصله عرضی باشد. همچنین اصلاح هندسی تقاطع به منظور از بین بردن کجی و یا انحرافات موجود در تقاطع برای کاهش تصادفات شامل تمام کاربران (دوچرخه سواران، رانندگان، عابران پیاده ...) می تواند نقش بسزایی داشته باشد. جهت کاهش تصادفات در نواحی خروجی رمپ ها دو راهکار ارائه شده است. راهکار اول دوچرخه سوار را به سمت راه اختصاص یافته به دوچرخه سواران در تقاطع ها با زوایای ۹۰ درجه هدایت می کند که در این تقاطع ها حق تقدم با دوچرخه سواران می باشد و وسایل نقلیه موتوری در هنگام عبور باید حق تقدم را رعایت کنند. در راهکار دوم خط کشی اختصاص یافته برای دوچرخه سواران از نقطه ای به بعد قطع می شود تا دوچرخه سواران را از تداخل های احتمالی با وسایل نقلیه موتوری که در مسیر اختصاص یافته خودشان حرکت می کنند آگاه کند. جزیره ها و میانه های بر آمده از دیگر اقداماتی است که می توان به وسیله آنها آسیب پذیری دوچرخه سواران را در مقابل وسایل نقلیه موتوری کاهش داد. در صورت وجود شرایط زیر استفاده از این جزایر توصیه می شود:

• حجم یا سرعت زیاد وسایل نقلیه موتوری شرایط غیر قابل قبولی را برای دوچرخه سواران (یا عابرین) پدید آورده باشد؛

• عرض خیابان برای زمان عبور دوچرخه سواران (یا عابرین) زیاد باشد.

بهبود شانه‌های راه اغلب بهترین روش برای ایجاد فضا برای دوچرخه‌سواران است. این شانه‌ها می‌تواند رفتارهای نامنظم رانندگان را کاهش دهد و همچنین باعث می‌شود تا دوچرخه‌سواران حرکات قابل پیش‌بینی‌تری انجام دهند؛ در نتیجه سطوح راحتی برای هر دو دسته از کاربران جاده افزایش می‌یابد (Harkey et al., 1996). عرض شانه‌ها تابعی از سرعت و حجم وسایل نقلیه، درصد کامیون و اتوبوس و ... می‌باشد. شانه‌های کمتر از ۱,۲ متر نباید به عنوان یک مسیر برای دوچرخه در نظر گرفته شود. بدیهی است که با افزایش پارامترهای ذکر شده عرض شانه باید افزایش یابد.

• سطح رنگی برای روسازی

مسیرهای رنگی در بعضی نقاط می‌تواند برای جدا کردن مسیر دوچرخه از مسیر وسایل نقلیه موتوری به کار گرفته شود. البته همانطور که پیش‌تر اشاره شد روسازی رنگی عمدتاً در تقاطع‌ها و یا نواحی تداخلی مورد استفاده می‌باشد.

۳-۲- فراهم کردن مسیر دوچرخه در جهت عکس

جریان

مسیر دوچرخه در جهت عکس جریان خودروها به دوچرخه سواران این اجازه را می‌دهد که در خلاف جهت حرکت رانندگان در خطوط مشخص حرکت کنند. البته باید توجه شود که عموماً دوچرخه سواران باید همسو با خودروها حرکت کنند و این اقدام تنها ممکن است در برخی از شرایط خاص مانند خیابان‌های یک‌طرفه مفید باشد. در این شرایط مسیر دوچرخه عکس جریان می‌تواند دارای مزیت‌هایی همچون کاهش زمان سفر برای دوچرخه سواران باشد (Pucher et al., 2010). در صورت استفاده از این اقدام باید تمهیداتی در نظر گرفته شود که رانندگان وسایل نقلیه موتوری در حین رانندگی از عبور دوچرخه سواران در مسیر مخالف غافلگیر نشده و در نتیجه بتوان موجب کاهش تصادفات شد. مسیرهای خلاف جریان با تابلوهای مخصوص نمایش داده می‌شود.

۳-۳- بهبود علائم ترافیکی راه

علائم در طول مسیر برای اعلام قوانین، هشدار و راهنمایی برای کاربران راه از جمله دوچرخه سواران به کار می‌رود.

تصادفات گزارش شده زیاد است در ساعاتی از شبانه روز این اقدام به کار گرفته شود.

۳- کاهش تصادفات دوچرخه سواران در

قطعات مسیر

درصد قابل توجهی از تصادفات دوچرخه با وسایل نقلیه موتوری در قطعات مسیر اتفاق می‌افتد (Hunter et al., 1996). بنابراین ارائه راهکارهایی که باعث بهبود تعامل دوچرخه سواران و رانندگان وسیله نقلیه موتوری در مسیرهای موازی هم شود، می‌تواند تاثیر قابل توجهی در کاهش تصادفات آن‌ها داشته باشد. این اقدامات در ادامه شرح داده می‌شوند.

۳-۱- فراهم کردن تسهیلات ایمن در قطعات

• خطوط دوچرخه علامت‌گذاری شده

خطوطی که در طول قطعات به طور اختصاصی برای دوچرخه سواران در نظر گرفته شده و مشخص شده‌اند می‌تواند باعث انجام حرکات پیش‌بینی شده بیش‌تری شود. این راهکار وقتی فضای مناسب در مسیر وجود داشته باشد توصیه می‌شود. همچنین توصیه می‌شود این خطوط یک‌طرفه در نظر گرفته شود (AASHTO 2012).

• خطوط مشترک علامت‌گذاری شده

خطوط مشترک علامت‌گذاری شده همانند خطوط دوچرخه علامت‌گذاری شده می‌باشد با این تفاوت که در این اقدام خط ویژه برای دوچرخه سواران در نظر گرفته نشده ولی تمهیداتی فراهم شده که درب خودروها در در حالت کاملاً باز نیز مزاحمتی برای دوچرخه سواران ایجاد نکند. این اقدام باعث آگاهی کاربران مسیر از حریم حرکتی خود می‌شود. این خطوط عمدتاً در مسیرهایی استفاده می‌شود که خطوط عبور باریک هستند. تحقیقات نشان داده که تسهیلات ذکر شده می‌تواند تصادفات را تا ۶۰٪ کاهش دهد (Hamann & Asa, 2013).

• شانه‌های روسازی شده

شانه‌های روسازی شده مشابهت زیادی با خطوط ویژه دوچرخه داشته و می‌تواند به همان منظور استفاده شود. ایجاد یا

علائم ترافیکی به کار رفته در راه به شرح زیر می‌باشد.

• **علائم مسیر مشترک**

این علائم به نوعی حضور قانونی دوچرخه سواران در مسیر را بیان می‌کند. بعضی از کارشناسان عقیده دارند که این علائم تنها در شرایطی می‌تواند مناسب باشد که در قطعه راه امکان تامین فضای کافی برای دوچرخه سواران و وسایل نقلیه موتوری فراهم نیست. علائم مسیر مشترک به طور عموم شامل علائمی با رنگ زرد با نوشته‌ای حاکی از اشتراک مسیر است.

• **علائم ویژه دوچرخه**

همچون علائم مسیر مشترک علائمی وجود دارد که مختص به دوچرخه می‌باشد. این علائم برای آگاهی بخشی بیشتر رانندگان و دوچرخه سواران وضع شده است. به طور مثال تابلوی « در مسیر دوچرخه پارک نکنید » برای آگاهی بخشی رانندگان از وجود مسیر دوچرخه در نظر گرفته شده است. علائم بازدارنده‌ای همچون حق تقدم، ایست و یا محدودیت های گردش توجه رانندگان را نسبت به وجود خطوط دوچرخه افزایش می‌دهد.

• **علائم مسیر دوچرخه**

با تامین علائم مسیر ویژه دوچرخه و اطلاع‌رسانی، دوچرخه سواران می‌توانند مسیرهای رسمی دوچرخه را رهایی کرده و مسیرهایی را انتخاب کنند که دارای تسهیلات بهتری باشند. علائم مسیر دوچرخه اطلاع‌رسانی می‌کند که مسیر خاص دوچرخه است و اولین مقصد این راه کجاست.

۳-۴- **فراهم کردن نوارهای لرزاننده مناسب دوچرخه**

در شانه راه

این نوارها که برای دوچرخه مناسب هستند باعث کاهش ارتعاشات برای دوچرخه سواران می‌شود؛ این در حالی است که برعکس برای رانندگان وسایل نقلیه موتوری باعث افزایش ارتعاشات شده تا از بی‌توجهی یا خواب آلودگی رانندگان جلوگیری کند. البته بر اساس مطالعه انجام شده (Elefteriadou et al, 2000) معلوم شد که نوارهایی که بیش‌ترین راحتی برای دوچرخه سواران ایجاد می‌کنند کمترین

میزان ارتعاش را نیز برای رانندگان ایجاد می‌نمایند و برعکس. بنابراین باید بین راحتی دوچرخه سواران و میزان ارتعاش برای رانندگان تعادل ایجاد گردد. در همین راستا دوچرخه سواران نیز ترجیح می‌دهند که میزان استفاده از این نوارها را در سطح شهر و حومه شهر کاهش یابد زیرا علاوه بر مشکلات حرکت، گاهی اوقات وجود این نوارها باعث از دست رفتن تعادل دوچرخه می‌شود.

۴- **اقدامات کلی برای کاهش تصادفات شامل**

دوچرخه

بهبود تصادفات شامل دوچرخه منحصر به اقدامات ذکر شده در قسمت‌های قبل نمی‌شود و می‌توان با ارائه راهکارهایی همچون کاهش سرعت وسایل نقلیه، مدیریت دسترسی‌های اختصاصی، ارتقاء رفتارهای ایمنی و به کارگیری تجهیزات ایمنی به نتایج مطلوبی رسید. در ذیل به این موارد اشاره می‌شود.

۴-۱- **کاهش سرعت وسایل نقلیه**

جهت کاهش سرعت وسایل نقلیه موتوری دو اقدام کلی قابل استفاده است. اقدام اول به کارگیری روش‌های آرام سازی ترافیک و دیگری به کارگیری قوانین محدودیت سرعت وسایل نقلیه می‌باشد. آرام‌سازی ترافیک به روش‌های فنی و مدیریتی گفته می‌شود که برای بهبود ایمنی کاربران جاده به کاربرده می‌شود. آرام سازی ترافیک برای کاهش سرعت وسایل نقلیه، کاهش حجم ترافیک و یا هر دوی آن‌ها می‌باشد. کاهش سرعت وسایل نقلیه به طور همزمان می‌تواند باعث کاهش تعداد و شدت تصادفات شامل دوچرخه شود و همچنین کاهش حجم ترافیک، میزان در معرض برخورد قرار گرفتن دوچرخه سواران را کاهش می‌دهد. روش‌های متعددی برای آرام کردن ترافیک وجود دارد که به تفصیل در مطالعات مربوط به کاهش تصادفات عابر پیاده (آقاییک و همکاران ۱۳۹۷) ارائه شده است. با کارگیری قوانین محدودیت سرعت وسایل نقلیه و اعمال قانون نیز سرعت وسایل نقلیه کاهش یافته و بنابراین تصادفات

دوچرخه سواران آموزش دیده می‌توانند با مهارت در معابر حرکت کرده و تعامل بهتری با جاده و رانندگان داشته باشند. برنامه‌های آموزشی برای دوچرخه سواران ممکن است در سطوح مختلفی همچون توزیع بروشورها تا نمایش فیلم‌های آموزشی و یا آموزش کودکان صورت بگیرد. این برنامه‌ها حسب نیاز می‌تواند بخش‌های مختلف سنی جامعه از کودکان تا افراد کهنسال را در بر بگیرد (Thomas et al., 2005).

در کنار رویکردهای آموزشی و مهندسی برای بهبود ایمنی دوچرخه سواران، اجرای قوانین ترافیکی نیز نقش موثری در فراهم کردن فضای ایمن برای تردد دوچرخه سواران فراهم می‌کند. در اکثر موارد برنامه‌هایی که برای اجرای قوانین در نظر گرفته می‌شود باید به طور همزمان برای دوچرخه سواران و رانندگان وسایل نقلیه موتوری اجرا گردد تا کارایی مناسب به دست آید. (Pucher & Buehler, 2008) از جمله قوانین مربوط به دوچرخه سواران می‌توان به تردد در جهت مخالف ترافیک، حرکت ماریپیچ بین خودروها، نادیده گرفتن تابلوی حق تقدم و رانندگی بدون داشتن چراغ مناسب در شب اشاره کرد.

۴-۴- به کارگیری تجهیزات ایمنی

استفاده از کلاه ایمنی دوچرخه به میزان قابل توجهی جراحات شامل دوچرخه سواران را کاهش می‌دهد. به عنوان نمونه در استرالیا استفاده دائم از کلاه ایمنی برای دوچرخه سواران بر اساس قانون اجباری گردیده است و با توجه به تحقیق انجام شده میزان شدت جراحات از ۲۹ تا ۵۰ درصد کاهش داشته است (Olivier et al., 2013). البته کاهش تعداد تصادفات دوچرخه باید همچنان مورد بررسی قرار بگیرد. علیرغم اثبات کارایی استفاده از کلاه ایمنی در جلوگیری از تصادفات سر، درصد کمی از کلاه ایمنی در سفرهای روزانه خود استفاده می‌کنند (Cycling Promotion Fund, 2011).

استفاده از چراغ سر و چراغ عقب به همراه لباس های بازتابنده نیز از تجهیزات کاربردی برای کاهش شدت تصادفات می‌باشد. یک مطالعه که توسط مدسان و همکاران (Madsen et al., 2011) انجام شد کاهش ۱۹٪ درصد تصادفات شامل دوچرخه در دوچرخه سوارانی که از چراغ دائم روشن در سفرهای خود استفاده می‌کنند، بدست آمد. در مطالعه دیگری

شامل دوچرخه کاهش می‌یابد. کلید موفقیت در این برنامه‌ها شناسایی نقاط حادثه خیز و به کارگیری برنامه‌ها در آن نقاط می‌باشد. در این راستا اطلاعات افسران گشت پلیس می‌تواند برای شناسایی محل‌ها مناسب بسیار مفید باشد.

شایان ذکر است سرعت دوچرخه سواران به ویژه در نزدیکی تقاطع‌ها و یا در محل‌هایی که مسیرهای جداگانه برای دوچرخه در نظر گرفته نشده است نیز اهمیت زیادی پیدا می‌کند. بنابر تحقیقی اخیراً صورت گرفته است (Robartes & Chen, 2017) مشخص شد که به ازای افزایش هر ۱۰ کیلومتر بر سرعت احتمال تصادف منجر به فوت ۱۲٫۸٪ و تصادف منجر به جراحت ۵٫۸٪ افزایش می‌یابد.

۴-۲- مدیریت دسترسی‌های اختصاصی

طراحی دسترسی اختصاصی نواحی مسکونی به خیابان‌های اصلی نقش مهمی در کاهش تصادفات دوچرخه دارد (Schultz et al., 2007) مثال‌هایی از اقدامات جهت بهبود دسترسی اختصاصی به شرح زیر است:

- استفاده از شعاع قوس کوچک اما استاندارد در دسترسی‌ها جهت کاهش سرعت وسایل نقلیه
- گذر پیاده واضح و نشانگر حق تقدم عابرین برای دوچرخه‌سواران و رانندگان
- تامین روسازی مناسب برای دسترسی‌ها به جای روسازی خاکی / شنی جهت اجتناب از ورود شن‌ریزه در مسیر دوچرخه
- محوطه عاری از موانع دید همچون شاخ برگ درختان در محدوده دسترسی‌ها
- خط‌کشی و کف‌نویسی جهت اطلاع به دوچرخه‌سواران مبنی بر احتمال گردش خودروها در محل دسترسی‌ها

۴-۳- ارتقاء رفتارهای ایمنی

با توجه به اینکه بسیاری از تصادفات ناشی از عدم آگاهی افراد می‌باشد، افزایش آموزش رفتارهای ایمن می‌تواند نقش بسزایی در کاهش تصادفات داشته باشد (Hunter et al., 1996). فراهم کردن آموزش برای دوچرخه سواران و بهبود اجرای قوانین مرتبط با دوچرخه سواران دو رویکرد کلی به کار گرفته شده در ارتقاء رفتارهای ایمنی می‌باشد.

-شیرمحمدی، ح. مظاهری، م. و امدادیان قانع، م. (۱۳۹۳)، "بهبود شرایط زیست محیطی و ترافیکی شهری با بهره گیری از سیستم دوچرخه سواری"، همایش ملی معماری، عمران و توسعه نوین شهری، تبریز، ایران.

- American Association of State Highway and Transportation Officials, (2012), "Guide for the Development of Bicycle Facilities". Washington, DC.

-Daley, M., Rissel, C., & Lloyd, B. (2007), "All dressed up and nowhere to go? A qualitative research study of the barriers and enablers to cycling in inner Sydney". Road and Transport Research, 16, pp.42-52.

-Elefteriadou, L., El-Gindy, M., Torbic, D., Garvey, P., Homan, A., Jiang, Z., Pecheux, B., and Tallon, R. (2000), "Bicycle-Tolerable Shoulder Rumble Strip". Report Number: PTI 2K15. Pennsylvania State University, the Pennsylvania Transportation Institute.

-Eluru, N., Bhat, C., Hensher, D., (2008), "A mixed generalized ordered response model for examining pedestrian and bicyclist injury severity level in traffic crashes". Accident Analysis and Prevention 40 (3), pp.1033-1054.

-Hagel, B. E., Romanow, N. T. R., Morgunov, N., Embree, T., Couperthwaite, A. B., Voaklander, D., & Rowe, B. H. (2014), "The relationship between visibility aid use and motor vehicle related injuries among bicyclists presenting to emergency departments". Accident Analysis & Prevention, 65, pp.85-96.

-Hamann, C., Peek-Asa, C., (2013), "On-road bicycle facilities and bicycle crashes in Iowa, 2007-2010". Accident Analysis & Prevention, 56, pp.103-109.

-Harkey, D. L., Mekemsom, J., Chen, M. C., and Krull, K. (1999), "Pedestrian and Bicycle Crash Analysis Tool". Product no. FHWA-RD-

توسط هاگل و همکاران (Hagel et al., 2014) در سال ۲۰۱۴ انجام گرفت مشخص شد که پوشیدن لباس سفید یا روشن در طول روز و پوشیدن لباس‌هایی به رنگ قرمز نارنجی و زرد بهترین انتخاب‌ها برای افزایش قابلیت دید و در نتیجه کاهش تصادف می‌باشد.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله اهمیت استفاده از دوچرخه به عنوان یک شیوه حمل نقل موثر تبیین گردید و بیان شد که برای استفاده از این شیوه به صورت گسترده تر لازم است زیرساخت‌های ایمنی آن به طور کامل فراهم گردد تا کاربرانی که قصد استفاده از دوچرخه در سفرهای روزانه را دارند بتوانند با اطمینان سفرهای خود را انجام دهند. در همین راستا و به منظور ارتقای ایمنی دوچرخه سواران مجموعه اقدامات در سه مجموعه مختلف دسته بندی گردید و زیر مجموعه‌های مختلف با توجه به مطالعات انجام شده در سطح دنیا ارائه گردید. قابل ذکر است در این بین فقط تعداد بسیار اندکی از اقدامات ذکر شده در کشور ما به کار گرفته شده که در صورت فراهم شدن زیرساخت‌ها و به کارگیری اقدامات ذکر شده به صورت گسترده تر می‌توان به نتایج ثمر بخشی دست یافت.

۶- مراجع

-آقاییک، ک. و احمدپور، ط.، (۱۳۹۵)، "مروری بر اقدامات ایمنی جهت کاهش تصادفات در تقاطع‌های بدون چراغ"، نشریه جاده، دوره ۲۴، شماره ۸۶، ص. ۱۱-۳۰.

-آقاییک، ک. و رضانی، م.، (۱۳۹۷)، "مروری بر اقدامات ایمنی جهت کاهش تصادفات در تقاطع‌های چراغدار، نشریه جاده، دوره ۲۶، شماره ۹۶.

-آقاییک، ک. و رضانی، م. (۱۳۹۷)، "مروری بر اقدامات ایمنی جهت کاهش تصادفات مربوط به عابرین پیاده"، نشریه جاده، دوره ۲۶، شماره ۹۷.

- Jacobsen, P. L., Racioppi, F., & Rutter, H. (2009), "Who owns the roads? How motorized traffic discourages walking and bicycling". *Injury Prevention*, 15, pp.369-373.
- Korve, M. J., and Niemeier, D. A. (2002), "Benefit-Cost Analysis of Added Bicycle Phase at Existing Signalized Intersection". *Journal of Transportation Engineering*. 128(1), pp.40-48.
- Lacherez, P., Wood, J. M., Marszalek, R. P., & King, M. J. (2013), "Visibility-related characteristics of crashes involving bicyclists and motor vehicles-Responses from an online questionnaire study". *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 20, pp.52-58.
- Landis, B., Vattikuti, V., Ottenberg, R., Petritsch, T., Guttenplan, M., & Crider, L. (2003), "Intersection level of service for the bicycle through movement". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1828), pp.101-106.
- Madsen, J. C. O., Andersen, T., & Lahrmann, H. S. (2013), "Safety effects of permanent running lights for bicycles: A controlled experiment". *Accident Analysis and Prevention*, 50, pp.820-829.
- Mason, J., Fulton, L., & McDonald, Z. (2015), "A global high shift cycling scenario: The potential for dramatically increasing bicycle and e-bike use in cities around the world, with estimated energy, CO₂, and cost impacts". Available on <https://merritt.cdlib.org/d/ark:%252F13030%252Fm5x38230/1/producer%252FUCD-ITS-RP-15-29.pdf>
- Nabti, J. M., and Ridgway, M. D. (2002), "Innovative Bicycle Treatments: An Informational Report of the Institute of Transportation Engineers (ITE) and the ITE Pedestrian and Bicycle Council". Washington, DC: Institute of Transportation Engineers.
- 099-192. Washington, DC: Federal Highway Administration.
- Harwood, D. W., Council, F. M., Hauer, E., Hughes, W. E., and Vogt, A. (2000), "Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highway". Report No. FHWA-99-207. Available at <http://www.tfhrc.gov/safety/pubs/99207.pdf>.
- Hunter, W. W., Stutts, J. C., Pein, W. E., and Cox, C. L. (1996), "Pedestrian and Bicycle Crash Types of the Early 1990's". Report FHWA-RD-95-163. McLean, VA: Office of Safety and Traffic Operations Research & Development, Federal Highway Administration.
- Hunter, W. W., Stewart, J. R., Stutts, J. C., Huang, H. H., and Pein, W. E. (1999), "A Comparative Analysis of Bicycle Lanes versus Wide Curb Lanes: Final Report. Report FHWA-RD-99-034". Washington, DC: Federal Highway Administration. Available at <http://www.fhwa.dot.gov/tfhrc/safety/pubs/99034/99034.pdf>.
- Hunter, W. W., Harkey, D. L., Stewart, J. R., and Birk, M. L. (2000), "Evaluation of the Blue Bike Lane Treatment Used in Bicycle/Motor Vehicle Conflict Areas in Portland, Oregon". Report No. FHWA-RD-00-150. Washington, DC: Federal Highway Administration. Available at <http://www.walkinginfo.org/pdf/r&d/bluelane.PDF>.
- Hunter, W. W. (2000a), "Evaluation of a combined bicycle lane/right turn lane in Eugene, Oregon (No. FHWA-RD-00-151.)", http://www.walkinginfo.org/pdf/r&d/blue_box_combined.pdf
- Hunter, W. W. (2000b), "Evaluation of an innovative application of the bike box (No. FHWA-RD-00-141.)", <http://www.walkinginfo.org/pdf/r&d/bikebox.pdf>.

- and Jacquemart, G. (2000), -Roundabouts: An Informational Guide. Report No. FHWA-RD-000-067. Available at: <http://www.tfhrc.gov/safety/00068.htm>.
- Schultz, G., Lewis, J., & Boschert, T. (2007), "Safety impacts of access management techniques in Utah. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board", (1994), pp.35-42.
- Shen, L. D., Elbadrawi, H. R., and Ospina, D. I. (2000), "Bicycle and Pedestrian Considerations at Roundabouts". Tallahassee, FL: Florida Department of Transportation.
- The Netherlands Ministry of Transport, Public Works and Water Management Directorate-General for Passenger Transport, (2009), "Cycling in the Netherlands, Ministry of Transport, Public Works and Water Management Directorate-General for Passenger Transport, The Hague, and Netherlands".
- Thomas, L., Masten, S. V., and Stutts, J. C. (2005), "Impact of School-Based, Hands-On Bicycle Safety Education Approaches for School-Aged Children: An Evaluation of School Based Bicycle Safety Education Programs Incorporating On Bike Instruction". National Highway Traffic Safety Administration, U.S. Department of Transportation.
- Thomas, B., DeRobertis, M., (2013), "The safety of urban cycle tracks: a review of the literature". Accident Analysis and Prevention 52, pp.219-227.
- U.S. Department of Transportation and Federal Highway Administration (2003), "Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways". Washington, DC. Available at: <http://mutcd.fhwa.dot.gov/kno-2003.htm>.
- National Highway Safety Administration (NHSA), (2001), "Traffic Safety Facts 2000: A Compilation of Motor Vehicle Crash Data from the Fatalities". Analysis Reporting System and the General Estimates System. US Department of Transportation, Washington, DC.
- Olivier, J., Walter, S.R., Grzebieta, R.H., (2013), "Long term bicycle related head injury trends for New South Wales", Australia following mandatory helmet legislation. Accident Analysis and Prevention 50, pp.1128-1134.
- Preusser, D. F., Leaf, W. A., DeBartolo, K. B., Blomberg, R. D., and Levy, M. M. (1982). "The Effect of Right-Turn-on-Red on Pedestrian and Bicyclist Accidents". Journal of Safety Research. 13(2): pp.45-55.
- Pucher, J., & Buehler, R. (2008), "Cycling for everyone: lessons from Europe". Transportation research record, 2074(1), pp.58-65.
- Pucher, J., Dill, J., & Handy, S. (2010), "Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: an international review". Preventive medicine, 50, S106-S125.
- Retting, R. A., Nitzburg, M. S., Farmer, C. M., and Knoblauch, R. L. (2002), "Field Evaluation of Two Methods for Restricting Right Turn on Red to Promote Pedestrian Safety". ITE Journal. 72(1).
- Robartes, E., Chen, T.D., (2017), "The effect of crash characteristics on cyclist injuries: an analysis of Virginia automobile-bicycle crash data". Accident Anal. Prev. 104, pp.165-173.
- Robinson, B. W., Rodegerdts, L., Scarborough, W., Kittelson, W., Troutbeck, R., Brilon, W., Bondzio, L., Courage, K., Kyte, M., Mason, J., Flannery, A., Myers, E., Bunker, J.,

Tour for Pedestrian and Bicyclist Safety in England, Germany, and the Netherlands. Report No. FHWA-PL-95-006. Available at: <http://ntl.bts.gov/DOCS/bikeped.html>.

-Zegeer, C. V., Stewart, J. R., Huang, H. H., and Lagerway, P. A. (2002), "Safety Effects of Marked vs. Unmarked Crosswalks at Uncontrolled Locations: Executive Summary and Recommended Guidelines. Report No". FHWA-RD-01-075. Available online at http://www.walkinginfo.org/pdf/r&d/crosswalk_021302.pdf.

-Zhao, C., Carstensen, T. A., Nielsen, T. A. S., & Olafsson, A. S. (2018), "Bicycle-friendly infrastructure planning in Beijing and Copenhagen-between adapting design solutions and learning local planning cultures". *Journal of Transport Geography*, 68, pp.149-159.

-Wachtel, A., Lewiston, D., (1994), "Risk factors for bicycle-motor vehicle Collisions at intersections". *ITE J.* 64 (9), pp.30-35

-Watson, L., & Cameron, M. (2006), "Bicycle and motor vehicle crash characteristics. Melbourne: Monash University Accident Research Centre".

-Yan, X., Ma, M., Huang, H., Abdel-Aty, M., Wu, C., (2011), "Motor vehicle-bicycle crashes in Beijing: irregular maneuvers, crash patterns, and injury severity". *Accident Analysis and Prevention* 43 (5), pp.1751-1758.

-Zador, P. L. (1984), "Right-turn-on-red laws and motor vehicle crashes: A review of the literature. *Accident Analysis & Prevention*", 16(4), pp.241-245.

-Zegeer, C. V., Cynecki, M., Fegan, J., Gilleran, B., Lagerway, P., Tan, C., and Works, R. (1994), Summary Report on FHWA Study