

# مروری بر اقدامات ایمنی جهت کاهش تصادفات در تقاطع‌های بدون چراغ

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

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [kayvan.aghabayk@ut.ac.ir](mailto:kayvan.aghabayk@ut.ac.ir)

دریافت: 94/12/01 - پذیرش: 95/03/18

## چکیده

تصادفات وسایل نقلیه همواره دارای تبعات منفی اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی بوده و لذا همیشه کاهش تعداد و شدت آن‌ها از اولویت‌های دولتمردان بوده است. این مقوله با توجه به نرخ بالای تصادفات در کشور ما، ایران، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. بر اساس مطالعات صورت گرفته سهم قابل توجهی از تصادفات در محدوده تقاطع‌ها صورت می‌پذیرد؛ این در حالی است که سهم تقاطع‌ها به وسعت شبکه مقدار ناچیزی است. این مساله در کنار تعداد قابل ملاحظه تقاطع‌های بدون چراغ در سطح کشور، نویسندگان مقاله پیش‌رو را بر آن داشت تا به مرور اقدامات و راهبردهایی بپردازند که جهت ارتقای ایمنی تقاطع‌های بدون چراغ به کار می‌روند. اگرچه ممکن است بسیاری از موارد مطروحه در کشور شناخته شده و در حال اجرا باشد، لیکن این مقاله سعی در خلاصه و مدون نمودن جمیع اقدامات ایمنی مرتبط با تقاطع‌های بدون چراغ دارد تا بدین وسیله ابزاری بسیط در اختیاران متخصصین و مسئولین امر جهت تصمیم‌گیری قرار دهد.

واژه‌های کلیدی: اقدامات ایمنی راه، تقاطع‌های بدون چراغ، ایمنی در ترافیک، تصادفات

## 1- مقدمه

که در تقاطع‌های چراغ‌دار وجود ندارند و علت آن حق تقدم حرکت در مسیر اصلی است. از آنجا که در شبکه راه‌های ایران، این تقاطع‌ها فراوان بوده و نوع خاصی از تصادف در این تقاطع‌ها رخ می‌دهد، تقاطع‌های بدون چراغ به توجه ویژه نیاز دارند. در ادامه به اهداف مورد نظر از ارتقاء ایمنی در تقاطع‌های بدون چراغ پرداخته شده است. اگرچه بسیاری از موارد پیش‌رو در کشور شناخته شده و در حال اجراست، لیکن این مقاله سعی در خلاصه و مدون نمودن جمیع اقدامات ایمنی مرتبط با تقاطع‌های بدون چراغ دارد تا بدین وسیله ابزاری بسیط در اختیاران متخصصین و مسئولین امر جهت تصمیم‌گیری قرار دهد. راهبردهای موجود با توجه به تمام جوانب مهندسی، قانون‌گذاری و آموزشی ارائه شده

تقاطع محل تلاقی دو یا چند مسیر است که یا به هم می‌پیوندند یا همدیگر را قطع می‌کنند. جریان‌های مستقیم و گردش در تقاطع با ایجاد تداخل بین وسایل نقلیه با هم، وسایل نقلیه با عابرین پیاده و یا وسایل نقلیه با دوچرخه، تصادف را ممکن می‌کند. به همین علت تقاطع‌ها می‌توانند یکی از نقاط دارای پتانسیل برای رخ دادن تصادف باشند. مطالعات صورت گرفته توسط کوچمبر و سیریلو (Kuciemba and Cirillo, 1992) نشان داد با اینکه تقاطع‌ها تنها بخش کوچکی از شبکه راه هستند، اما با این وجود بیش از ۵۰ درصد تصادفات در مناطق درون‌شهری و ۳۰ درصد تصادفات در مناطق برون‌شهری در تقاطع‌ها اتفاق افتاده است. تقاطع‌های بدون چراغ پتانسیل خطراتی را دارند

## کاربری‌ها

مدیریت مؤثر دسترسی‌ها در تقاطع بدون چراغ و رویکردهای آن نکته‌ای کلیدی در ارتقاء ایمنی است. نقاط دسترسی که در فاصله ۷۵ متری قبل یا بعد از تقاطع قرار دارند، عملکرد نامناسبی دارند. راهبردهای مؤثر بر کاهش معضلات ایمنی ناشی از مسیر دسترسی در نزدیکی تقاطع بدون چراغ شامل بستن مسیر دسترسی (در صورت وجود مسیر جایگزین) یا جابجایی مسیر دسترسی (در صورت عدم وجود مسیر جایگزین) می‌باشد. بهتر است که نقاط دسترسی از رویکرد اصلی تقاطع به رویکرد فرعی (دور از تقاطع) یا (در صورت امکان) به خیابان دیگر یا کندرو منتقل شود (Gluck et al. 1999 , Glennon et al. 1976).

## 2-2- محدود کردن جریان‌های گردشی در مسیرهای

### دسترسی کاربری‌ها

زمانی که امکان بسته شدن یا جابجایی مسیر دسترسی کاربری‌ها در نزدیکی تقاطع‌های بدون چراغ با حجم ترافیک زیاد وجود نداشته باشد، محدود کردن جریان‌های گردشی راه حل مناسبی است. به عنوان مثال می‌توان ورودی و خروجی مسیر دسترسی فقط به صورت راست‌گرد مجاز کرد و حرکت چپ‌گرد را ممنوع کرد. در حالتی دیگر، می‌توان ورود جریان را به مسیر دسترسی خاصی مجاز کرد، اما خروجی از کاربری به مسیر دیگری انتقال داده می‌شود. علاوه بر این، استفاده از مسیر دسترسی را می‌توان محدود به ساعات خاصی در طول روز کرد. این محدودیت با نصب تابلو، احداث جزایر کانالیزه‌کننده در محلی که دسترسی به خیابان اصلی متصل می‌شود، طراحی مجدد الگوهای گردش در تقاطع، احداث میانه در خیابان اصلی یا ترکیبی از این روش‌ها اعمال می‌شود. (Gluck et al. 1999, Neuman 1985 , Glennon et al. 1976).

## 3- کاهش تعداد تکرار و شدت تداخل‌ها با

### اصلاح هندسی تقاطع

است. اغلب اهداف به اصلاح فیزیکی تقاطع و رویکردهای (شاخه‌های) آن توجه دارد و باقی موارد به انطباق‌پذیری رانندگان مربوط می‌شود. اصلاح فیزیکی شامل اصلاح هندسی و استفاده از ابزارهای کنترل ترافیک مناسب در تقاطع است. این راهبردها در قالب 9 گروه به شرح زیر در این مقاله ارائه می‌گردند.

- ارتقاء و مدیریت دسترسی کاربری‌ها در محدوده تقاطع‌های بدون چراغ
- کاهش تعداد تکرار و شدت تداخل‌ها در تقاطع به وسیله اصلاح هندسی
- ارتقاء مسافت دید در تقاطع‌های بدون چراغ
- تأمین گپ در ترافیک و کمک به راننده در تخمین گپ در تقاطع‌های بدون چراغ
- افزایش آگاهی رانندگان از وجود تقاطع در رویکردهای (شاخه‌های) تقاطع
- انتخاب تجهیزات کنترل ترافیک مناسب در تقاطع‌ها برای کاهش نرخ و شدت تصادفات
- افزایش سازش‌پذیری رانندگان با تجهیزات کنترل ترافیک و قوانین ترافیکی در تقاطع‌ها
- کاهش سرعت عملکردی در رویکردهای (شاخه‌های) تقاطع‌های خاص
- راهنمایی مؤثرتر رانندگان در تقاطع‌های پیچیده این راهبردها که در ذیل گروه‌های فوق در بخش‌های پیش رو ارائه می‌گردند به همراه ارتقاء کیفیت خدمات اورژانس و پزشکی (خدمات پس از وقوع حادثه) شامل 50 اقدام بوده که جهت ارتقای ایمنی و کاهش تعداد و شدت تصادفات در تقاطع‌های بدون چراغ کاربرد خواهند داشت.

## 2- بهبود مدیریت مسیرهای دسترسی در

### نزدیکی تقاطع‌های بدون چراغ

## 2-1- بستن یا جابجایی مسیرهای دسترسی

### 3-1- احداث خط گردش به چپ در تقاطع‌ها

بسیاری از تصادفات در تقاطع‌های بدون چراغ مربوط به جریان‌های چپگرد می‌باشد. یک راهبرد کلیدی برای کاهش این نوع تصادفات احداث خط ویژه گردش به چپ می‌باشد، به ویژه در مسیرهای اصلی پرتردد و دارای سرعت زیاد. چنین خطی، وسایل نقلیه‌ای که منتظر فرصتی برای گردش به چپ هستند را از جریان اصلی ترافیک جدا می‌کند. به همین دلیل احتمال تصادفات از عقب را کاهش می‌دهد. به دلیل اینکه این خطوط مکان امنی را برای رانندگان ایجاد می‌کند تا منتظر گپ ترافیکی در خط مقابل باشند، می‌تواند باعث تشویق رانندگان به انتخاب گپ بهتر برای انجام حرکت گردش به چپ شود. این مسئله می‌تواند باعث کاهش احتمال برخورد بین وسایل نقلیه‌ای که در حال گردش به چپ هستند و جریان ترافیکی که از روبرو می‌آیند شود.

( Harwood et al. 1995, 2000, 2002, Neuman )  
(1985 , Harmelink, 1967).

### 3-2- احداث خط گردش به چپ طولانی‌تر در تقاطع‌ها

طول خط گردش به چپ از مهمترین پارامترهای طراحی است. خط گردش به چپ باید به گونه‌ای طراحی شود که طول لازم برای کاهش سرعت و انباره تأمین شود. طول خط گردش به چپ باید به اندازه‌ای باشد که وسیله نقلیه از جریان اصلی ترافیک جدا شده و سرعت خود را کم کند. در این حالت احتمال تصادف از عقب کاهش می‌یابد. طول خط گردش به چپ شامل سه طول می‌باشد: (1) طول ورودی<sup>1</sup> (لچکی یا قوس معکوس ابتدای خط کاهش سرعت)، (2) طول کاهش سرعت و (3) طول انباره. ضوابط طراحی طول مناسب برای خط گردش به چپ در ضوابط طراحی هندسی در راه‌ها و خیابان‌ها آشتو (AASHTO 2001) آورده شده است. قابل ذکر است این آیین‌نامه از آن جهت حائز اهمیت است که چارچوب آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران (نشریه 415) را تشکیل می‌دهد. به علاوه مطالعات مرتبط و تکمیلی در این زمینه برای ارجاع خواننده جهت

بررسی با جزئیات بیشتر وجود دارد. ( Pline, 1996, )  
(Neuman 1985 , Harmelink, 1967).

### 3-3- احداث خط انحراف برای جریان چپگرد<sup>2</sup>

یکی از مشکلاتی که اختصاص خط گردش به چپ می‌تواند ایجاد کند، کور شدن دید رانندگان در این خط توسط وسایل نقلیه در خط مقابل خط گردش به چپ است. این موضوع می‌تواند باعث تصادف بین وسایل نقلیه در حال گردش به چپ از مسیر اصلی و وسایل نقلیه در رویکرد مقابل شود. برای کاهش احتمال وقوع این تصادفات، می‌توان خط گردش به چپ را به صورت عرضی جابجا کرد تا وسایل نقلیه خط مقابل مانع دید نشوند. به دو روش این جابجایی عرضی را می‌توان انجام داد جابجایی به موازات خط گردش به چپ و جابجایی مورب. این روش‌ها در تحقیقات مورد ارزیابی قرار گرفته ( Harwood et al., )  
(1995) و در ضوابط طراحی هندسی مسیر آشتو (AASHTO 2001) قید شده است. گرچه انحراف خط گردش به چپ به طور ویژه در تقاطع‌های چراغ‌دار استفاده می‌شود، استفاده از آن‌ها در تقاطع‌های بدون چراغ نیز می‌تواند مفید باشد. منابع بیشتر جهت کسب اطلاعات بیشتر در ارتباط با این راهبرد وجود دارد ( Harwood et al. )  
(1995, McCoy et al. 1992 , Joshua and Saka, 1992).

### 3-4- احداث خطوط کنارگذر در شانه مسیر در

#### تقاطع‌های T شکل

در تقاطع‌های سه‌راه با مسیرهای دوخطه، احداث خط کنارگذر در شانه راه می‌تواند جایگزین مناسبی در مکان‌هایی باشد که امکان ساخت خط گردش به چپ از نظر اقتصادی ممکن نیست. به جای احداث خط گردش به چپ برای رانندگانی که قصد گردش به چپ از مسیر اصلی را دارند، می‌توان بخشی از شانه راه را به عنوان مسیر اضافی در نظر

(Harwood et al. 2000, 2002, Neuman 1985).

### 3-7- احداث خط گردش به راست طولانی تر

تأمین خط گردش به راست انحصاری تصادفات مربوط به حرکات گردش را به ویژه در مسیرهای اصلی با سرعت و حجم ترافیک زیاد کاهش می‌دهد. اما اگر طول خط گردش به راست کافی نباشد، وسایل نقلیه‌ای که منتظر گردش به راست هستند، ممکن است از مسیر جریان مستقیم برای انجام حرکت گردش استفاده کرده و باعث افزایش احتمال تصادف از عقب شوند. اگر طول این خط به اندازه کافی بلند باشد، محل امنی برای رانندگانی که در حال کاهش سرعت هستند یا برای گردش به راست توقف کرده‌اند، ایجاد می‌شود (Neuman, 1985). طول خط گردش به راست از سه جزء تشکیل شده است: 1) طول ورودی (لجکی یا قوس معکوس ابتدای خط کاهش سرعت)، 2) طول کاهش سرعت و 3) طول انبار. ضوابط طراحی انتخاب طول مناسب برای خط گردش به راست در ضوابط طراحی هندسی در راه‌ها و خیابان‌ها آشتو (AASHTO 2001) به بعد آورده شده است.

### 3-8- احداث خط انحراف برای جریان راستگرد

یکی از مشکلات احتمالی در احداث خط گردش به راست این است که جریان راستگرد در مسیر اصلی می‌تواند مانع دید رانندگان در مسیر فرعی شود. این مسئله ممکن است باعث تصادف بین جریان چپگرد، جریان راستگرد یا جریان مستقیم مسیر فرعی با جریان مستقیم مسیر اصلی شود. برای کاهش احتمال تصادفات از این نوع، با جابجا کردن جانبی خط گردش به راست، وسایل نقلیه موجود در این خط دیگر مانعی برای دید رانندگان در مسیر فرعی نخواهند بود (AASHTO 2001).

### 3-9- احداث خطوط افزایش سرعت برای جریان‌های

#### راستگرد در تقاطع

رانندگان در حال گردش به مسیر غیرمترکم تا زمان

گرفت تا رانندگانی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کنند، تشویق شوند از آن استفاده کرده و از کنار وسایل نقلیه‌ای که برای گردش متوقف شده‌اند عبور کنند. این راه‌حل به مراتب هزینه کمتری نسبت به احداث خط گردش به چپ متداول دارد و در تقاطع‌هایی که حجم تردد کم است، می‌تواند به همان میزان مؤثر باشد. (Preston and Schoenecker 1999a, Harwood and Hoban 1987, Sebastian and Pusey 1982).

### 3-5- احداث خط افزایش سرعت چپگرد در تقاطع‌ها در

#### مسیرهای تفکیک‌شده

رانندگان در حال انجام حرکت چپگرد تا زمان رسیدن به سرعت دلخواه، شتاب وسیله نقلیه را افزایش می‌دهند. زمانی که این شتابگیری با جریان ورودی ترافیک هم‌مسیر شوند، در جریان ترافیک اختلال ایجاد خواهد شد. برای کم کردن این مسئله عملکردی که به دلیل گردش به چپ وسایل نقلیه در مسیرهای تفکیک‌شده اتفاق می‌افتد، می‌توان از خط افزایش سرعت در میانه استفاده کرد. این خط، خط کمکی یا تغییر سرعت است که مورد استفاده وسیله‌نقلیه قبل از ورود به خطوط اصلی مسیر قرار می‌گیرد. خط تغییر سرعت باید دارای طول مناسب باشد تا امکان تنظیم سرعت وسایل نقلیه برای دو جریان مستقیم و جریان ورودی فراهم شده و بنابراین راننده بتواند با تشخیص گپ در جریان مستقیم قبل از رسیدن به انتهای خط تغییر سرعت، وارد مسیر اصلی شود. (ITE 1985, Harwood et al. 1995).

### 3-6- احداث خط گردش به راست در تقاطع‌ها

بسیاری از تصادفات در تقاطع‌های بدون چراغ مربوط به جریان راستگرد است. راهبرد کلیدی برای کاهش چنین تصادفاتی ایجاد خط گردش به راست مجزا، به ویژه در رویکردهای اصلی با ترافیک و سرعت زیاد در تقاطع‌ها می‌باشد. خط راستگرد، وسایل نقلیه با سرعت کم که در حال کاهش شتاب هستند را از جریان مستقیم جدا می‌کند، به همین علت احتمال تصادف از عقب را کاهش می‌دهد.

Harwood et al. 2000, Bauer and Harwood (1996).

### 3-11- محدود یا ممنوع کردن جریان‌های گردش با

#### نصب تابلو

با ایجاد محدودیت در جریان‌های گردش بالاخص جریان چپگرد در ساعات خاصی از روز (به طور مثال ساعت اوج ترافیک) یا ممنوع کردن جریان‌های گردش به‌طور کلی می‌توان ایمنی را در برخی از تقاطع‌ها افزایش داد. ممنوعیت یا محدودیت جریان‌های گردش با نصب تابلو اعلام می‌شود. (MUTCD 2000)

### 3-12- محدود یا ممنوع کردن جریان‌های گردش

#### با کانالیزه کردن تقاطع یا بستن بازشدگی در میانه‌های

#### مسیرهای منتهی به تقاطع

در برخی تقاطع‌های بدون چراغ می‌توان با اعمال ممنوعیت یا محدودیت در تعدادی از جریان‌های گردش با کانالیزه کردن یا بستن بازشدگی در میانه ایمنی را افزایش داد. هدف این راهبرد تقاطع‌های بدون چراغی است که دارای الگوهای تصادف مرتبط با جریان گردش در تقاطع بوده و کاهش تصادفات با تأمین مسافت دید یا خط ویژه چپگرد یا خط کنارگذر شانه راه غیرعملی است. (Gluck et al. 1999, Harwood et al. 1995)

### 3-13- بستن یا جابجایی تقاطع‌های پرخطر

در برخی تقاطع‌های بدون چراغ که دارای سابقه تصادفات هستند، بهترین روش برای ارتقاء ایمنی می‌تواند این باشد که تقاطع بسته یا جابجا شود. این روش برای ارتقاء ایمنی روشی غایی بوده و تنها در شرایطی باید آن را مدنظر قرار داد که روش‌هایی که محدودیت کمتری دارند را قبلاً امتحان کرده و بی‌نتیجه بوده‌اند. جابجایی تقاطع می‌تواند با جابجا کردن رویکردهای مسیر فرعی به مکانی دیگر یا تغییر زاویه ورود آن انجام شود. بستن تقاطع می‌تواند با بستن یا با تغییر

رسیدن به سرعت دلخواه، شتاب وسیله نقلیه را افزایش می‌دهند. زمانی که این شتابگیری با جریان ورودی ترافیک هم‌مسیر شوند، در جریان ترافیک اختلال ایجاد خواهد شد. برای کم کردن این مشکل عملکردی ناشی از ورود جریان گردش به مسیر تفکیک‌شده تقاطع، می‌توان از خط تغییر سرعت راستگرد استفاده کرد. این خط، خط کمکی یا تغییر سرعت قبل از رسیدن به خطوط اصلی مسیر است. خط تغییر سرعت باید دارای طول مناسب باشد تا امکان تنظیم سرعت وسایل نقلیه برای دو جریان مستقیم و جریان ورودی فراهم شده و بنابراین راننده بتواند با تشخیص گپ در جریان مستقیم قبل از رسیدن به انتهای خط تغییر سرعت، وارد جریان اصلی شود. (Harwood et al. 1995, Neuman 1985).

### 3-10- احداث شانه کاملاً روسازی شده در محدوده

#### تقاطع‌ها

طراحی و نگهداری مناسب شانه‌های راه در تقاطع، مزایای زیر را دارند:

- فضایی برای ممانعت از وقوع تصادف یا کاهش شدت تصادف،
  - افزایش فضا برای جابجایی جانبی وسیله نقلیه و تأمین سطح مناسب برای زمانی که وسیله نقلیه از مسیر خارج می‌شود،
  - تأمین فضا برای تردد عابران پیاده و دوچرخه سواران،
  - تأمین فضایی خارج از سطح سواره‌رو برای خودروهای از کار افتاده و متوقف.
- علاوه بر این موارد، باز شدن فضا به‌خاطر وجود شانه با عرض مناسب در راننده احساس آزادی عمل بیشتری را بوجود می‌آورد. در نهایت شانه با عرض کامل، می‌تواند محلی به عنوان انباره موقت برف‌های جاروب شده از سطح راه در زمان بارش‌های سنگین باشد، در نتیجه وسیله نقلیه می‌تواند از تمام سطح مسیر استفاده کند و کاهش دید ناشی از برف جاروب شده به حداقل برسد. (Downs and Wallace 1982, Zegeer and Deacon 1987,

(et al. 1976 , MUTCD 2000).

### 3-16- تغییر راستای رویکردهای منتهی به تقاطع

به منظور حذف یا کاهش زاویه انحراف (کجی) تقاطع هنگامی که مسیرهای منتهی به تقاطع با زاویه غیرقائم به یکدیگر می‌رسند، ممکن است تقاطع با مسائل زیر مواجه شود:

- ممکن است وسایل نقلیه برای عبور از تقاطع یا انجام حرکت گردشی مسافت بیشتری را طی کنند که این مسئله باعث افزایش مدت زمان در معرض بودن خطر برای وسیله نقلیه می‌شود (تخلیه تقاطع دیرتر انجام می‌شود).
- برای رانندگان مسن‌تر ممکن است چرخاندن سر، گردن یا بالاتنه مشکل باشد و در نتیجه نتوانند زاویه دید مناسبی نسبت به رویکرد تقاطع با زاویه حاده داشته باشند.
- زاویه رانندگان برای دید مناسب نسبت به ترافیک مقابل و عابران پیاده‌ای که از تقاطع عبور می‌کنند کاهش خواهد یافت.
- ممکن است رانندگان برای هم‌راستا کردن وسیله نقلیه هنگام ورود به مسیر تقاطع بعد از انجام گردش به راست یا چپ دچار مشکل بیشتری شوند.
- رانندگانی که در حال گردش به راست در تقاطعی با زاویه حاده هستند، ممکن است وارد خطوط عبوری سمت راست مسیر مستقیم شوند.
- سطح بزرگتر تقاطع ممکن است باعث سردرگمی رانندگان شود و آن‌ها از مسیر در نظر گرفته شده منحرف شوند.
- رانندگانی که در مسیر اصلی قصد گردش به چپ در تقاطعی با زاویه منفرجه را دارند ممکن است با سرعتی بیش از سرعت معمول برای گردش این کار را انجام دهند و خط ترافیک عبوری جاده فرعی را قطع کنند.
- وسایل نقلیه ممکن است مانع دید برای رانندگان در رویکرد با زاویه حاده از سمت راست شوند.

مسیر فرعی به‌گونه‌ای که قبل از رسیدن به محل قبلی تقاطع با مسیر اصلی به بن‌بست برسد انجام شود. (Gluck et al. 1999)

### 3-14- تبدیل تقاطع‌های چهارراه به دو تقاطع T شکل

بهترین روش برای ارتقاء ایمنی برخی چهارراه‌های بدون چراغ که حجم جریان مستقیم کمی دارند، تبدیل تقاطع به دو تقاطع T شکل (سه‌راه) می‌باشد. این تبدیل می‌تواند با جدا کردن رویکردهای متقاطع در فاصله‌ای مناسب در طول مسیر اصلی انجام شود. به این ترتیب عملکرد دو تقاطع T شکل از هم منفک خواهد بود. کلید موفقیت این راهبرد میزان حجم جریان مستقیم از مسیر متقاطع است. چنانچه حجم جریان مستقیم مسیر متقاطع زیاد باشد، بهتر است که تقاطع به همان شکل چهارراه باقی بماند. یکی از مشکلات احتمالی مرتبط با این راهبرد فاصله بین دو تقاطع است. چنانچه فاصله بین دو تقاطع کافی نباشد، دو مشکل به وجود خواهد آمد. اول اینکه فاصله بین دو تقاطع طول انباره کافی برای جریان چپگرد تأمین نکند. دوم اینکه ممکن است عملکرد دو تقاطع با یکدیگر تداخل داشته باشد. (Hanna et al. 1976)

### 3-15- تبدیل تقاطع‌های T شکل نزدیک به هم به تقاطع چهارراه

در برخی از تقاطع‌های T شکل بدون چراغ نزدیک به هم که حجم جریان مستقیم زیادی دارند، بهترین راهبرد برای ارتقاء ایمنی می‌تواند تبدیل دو تقاطع به یک چهارراه باشد. برای انجام این کار می‌توان رویکردهای دو تقاطع T شکل را جابجا کرد تا در یک نقطه در مسیر اصلی به هم برسند و به این ترتیب یک تقاطع چهارراه تشکیل شود. باید توجه داشت که هدف این راهبرد تقاطع‌های بدون چراغی است که دارای دو تقاطع T شکل با فاصله کم از یکدیگر و حجم جریان مستقیم زیادی باشند. نکته کلیدی این راهبرد حجم جریان مستقیم در مسیر متقاطع است. چنانچه حجم جریان مستقیم مسیر متقاطع کم باشد، بهتر است که تقاطع به همان شکل دو تقاطع T شکل با فاصله کم باقی بماند. (Hanna

تغییر زاویه تقاطع جهت کاهش یا حذف زاویه انحراف در تقاطع‌ها می‌تواند در ارتقاء ایمنی تقاطع‌های با زاویه غیرقائم مفید باشد. (McCoy et al. 1994, Harwood et al. 2000, Gattis and Low 1998).

### 3-17- استفاده از مسیرهای غیرمستقیم گردش به چپ

#### برای کاهش تداخل در تقاطع مسیرهای تفکیک شده

بسیاری از مشکلات عملکردی و ایمنی در تقاطع مسیرهای دوخطه و تفکیک‌شده می‌تواند متأثر از تجمع وسایل نقلیه‌ای باشد که قصد گردش به چپ دارند. چنین مسئله‌ای می‌تواند شامل میزان تقاضا و تکرار تقاضا در طول یک مسیر باشد. علاوه بر این، وسایل نقلیه‌ای که در خطوط عبوری، برای گردش به چپ سرعت خود را کم کرده‌اند یا متوقف هستند، باعث افزایش ریسک تصادف از عقب خواهند بود. یک راه حل برای حل این مشکل استفاده از مسیر غیرمستقیم گردش به چپ است. روش گردش به چپ غیرمستقیم شامل استفاده از مسیرهای دسته‌کوزه‌ای<sup>۳</sup>، لوپ گردش به چپ (خروجی بعد از تقاطع) و مسیر هدایت گردش به چپ در میانه<sup>۴</sup> می‌باشد. این راهبرد به رانندگان کمک می‌کند تا در مسیرهای تفکیک‌شده با میانه حتی با میانه کم‌عرض، به راحتی گردش به چپ را انجام دهند (AASHTO, Harwood et al. 1995 2001). انتظار می‌رود که با اجرای این راهبرد اولاً تصادفات از عقب به دلیل تداخل بین وسایل نقلیه‌ای که برای گردش به چپ منتظر موقعیت مناسب هستند و وسایل نقلیه‌ای که از پشت سر می‌آیند و ثانیاً تصادفات با زاویه قائمه که در نتیجه تداخل بین وسایل نقلیه‌ای که در حال گردش به چپ هستند و وسایل نقلیه‌ای که از روبرو می‌آیند، کاهش یابد.

### 3-18- بهبود تسهیلات عابران پیاده و دوچرخه‌سواران

بسیاری از تصادفات با عابران پیاده در محدوده تقاطع رخ می‌دهد. برخی از موارد مربوط به وسایل نقلیه در حال گردش است و برخی دیگر مربوط به عابرانی است که در حال عبور از عرض تقاطع بوده‌اند یا ناگهان مقابل وسیله

نقلیه آمده‌اند که راننده دید مناسب نداشته است. همچنین درصدی از این تصادفات به علت تخلف راننده رخ داده است (به عنوان مثال رعایت نکردن حق تقدم). برخی از بهبود تسهیلات عابران پیاده که می‌تواند تداخل بین وسایل نقلیه موتوری و کاربران غیرموتوری را کاهش داده و موجب کاهش تصادفات شوند، شامل موارد زیر است:

- پیاده‌روهای پیوسته
  - مسیرهای پیاده‌روی با تابلو و خط‌کشی
  - تابلوها، چراغ و خط‌کشی برای عابران پیاده
  - ایجاد فاصله بین پیاده‌رو و خیابان
  - تفکیک مسیر عابران به صورت غیرهمسطح (پل عابر)
  - تأمین روشنایی
- به علاوه به‌طور خاص برخی از مشکلاتی که دوچرخه‌سواران در تقاطع‌ها با آن مواجه می‌شوند شامل حجم و سرعت زیاد ترافیک و همچنین کمبود فضا برای دوچرخه‌سواران است. بهبود این وضعیت شامل موارد زیر می‌باشد:
- تعریض خط بیرونی مسیر یا اضافه کردن مسیر ویژه دوچرخه‌سواری
  - ایجاد میانه‌های ایمن در تقاطع با مسیرهای فرعی
  - ایجاد زیرساخت‌های مستقل برای دوچرخه‌سواران و عابران پیاده در مکان‌های ضروری
  - تعویض دریچه‌های زهکشی نامناسب با دریچه‌های ایمن برای دوچرخه‌سواری
  - ایجاد شانه‌های آسفالت شده و مناسب.
- بهبود تسهیلات ذکر شده منجر به کاهش تکرار تصادفات و وسایل نقلیه با این گروه آسیب‌پذیر در تقاطع‌ها خواهد شد. جزییات بیشتر این اقدامات و تاثیر آن‌ها در گزارش اداره راه فدرال امریکا (FHWA 2000) و سایر مطالعات موجود است.

(Hunter et al. 1996, Snyder & Knoblauch 1971, Williams et al. 1998)

### 4- افزایش مسافت دید در تقاطع‌های بدون چراغ

#### 1-4- پاکسازی مثلث دید در رویکردهایی از تقاطع‌ها

که با تابلو ایست یا رعایت حق تقدم کنترل می‌شود داشتن دید مناسب برای رانندگان در رویکردهای دارای تابلو ایست یا رعایت حق تقدم در تقاطع‌های بدون چراغ مدت‌هاست که به عنوان یکی از مهمترین فاکتورهای ایمنی شناخته شده است. تحقیقات هاروود و همکاران (Harwood et al. 1996) برای تأمین مسافت دید مناسب ضوابطی براساس مشخصات راننده و وسیله نقلیه مشخص کرده است. که در گزارش ۳۸۳ NCHRP آمده است. این گزارش برای تأمین مسافت دید در تقاطع‌ها راهنمایی‌هایی در زمینه طراحی تهیه کرده است که در ضوابط طراحی هندسی مسیر از ویرایش سال 2001 به بعد آشتو (AASHTO 2001) لحاظ شده است. گزارش مذکور با ملاک قرار دادن گپ قابل قبول و با توجه به رفتار حقیقی رانندگان در تقاطع‌ها، میزان مسافت دید لازم را محاسبه کرده است. از آنجا که حداقل برای تقاطع‌های با سرعت بالا مسافت دید مورد توصیه شده از مقادیر قبلی کوتاهتر است، به نسبت دستیابی به این مقادیر عملی‌تر است. تأمین مسافت دید معمولاً با هزینه کم و با پاکسازی مثلث دید شامل حذف گیاهانی که مسافت دید را مسدود کرده‌اند، موانع کنار مسیر و سایر اشیا و اجسام طبیعی و مصنوعی امکان‌پذیر است.

#### 2-4- پاکسازی مثلث دید در میانه‌های مسیرهای تفکیک

##### شده در تقاطع

یکی از نگرانی‌های مهم در تقاطع‌هایی که دارای مسیرهای تفکیک‌شده با میانه است، وجود موانع دید در میانه راه است. چنین موانعی می‌تواند مسافت دید رانندگان وسایل نقلیه‌ای که قصد عبور مستقیم از تقاطع را دارند شامل جریان مستقیم مسیر متقاطع و رانندگانی که قصد گردش به چپ به داخل یا خارج از مسیر اصلی را دارند، محدود کند. موانع دید می‌تواند شامل گیاهان، تجهیزات کنار مسیر و موارد طبیعی یا مصنوعی دیگر باشد. با توجه به این که مانع دید در میانه مسیر واقع شده است و، عملاً طبق تعریف، در حوزه حریم

راه قرار می‌گیرد، ادارات راه برای از میان برداشتن آن‌ها اختیار مستقیم خواهند داشت. در صورتی که مانع درختان یا سایر گیاهان بالغ باشد، مسائل محیط زیستی ممکن است بوجود آید. جزییات تکمیلی در مطالعات صورت گرفته توسط هاروود و همکارانش (Harwood et al 1995, 2000) قابل ملاحظه است.

#### 3-4- اصلاح تراز افقی و/یا عمودی رویکردها برای

##### افزایش مسافت دید

راهبردهای قبلی شامل راهبردهایی بود که افزایش مسافت دید را با هزینه‌ای اندک و به کمک پاکسازی مثلث دید از گیاهانی که میدان دید را گرفته‌اند، تجهیزات کنار مسیر و سایر اشیا طبیعی و مصنوعی امکان‌پذیر می‌ساخت. راهبردی که در اینجا به آن پرداخته می‌شود، اصلاحات هندسی است که با هزینه‌های بیشتری انجام می‌شود و شامل تغییر تراز افقی یا عمودی رویکردهای منتهی به تقاطع است. این راهبردها اغلب تنها در تقاطع‌هایی در نظر گرفته می‌شود که در حال حاضر دارای الگوهای تصادفی است که با سایر راهبردهای کم‌هزینه‌تر قابل اصلاح نیست. (Harwood et al 1996, 2000)

#### 4-4- حذف پارک حاشیه که باعث کاهش مسافت دید

##### شده است

هرچند تقاطع ممکن است از نظر هندسی دارای مسافت دید مناسبی باشد، اما پارک‌های حاشیه که در مثلث دید قرار می‌گیرند ممکن است باعث ایجاد محدودیت در میدان دید شوند و به همین علت در این مورد باید توجه ویژه صورت پذیرد؛ اگرچه تأثیرگذاری حذف پارک حاشیه که باعث ایجاد محدودیت در میدان دید شده است، هنوز مورد ارزیابی قرار نگرفته است. لازم است اعمال محدودیت بیشتری بر روی پارک حاشیه موجود صورت گیرد تا اجرای این راهبرد با موفقیت همراه باشد.



می‌شوند. این سیستم همچنین رانندگان در مسیر فرعی را از وجود ترافیک عبوری در مسیر اصلی مطلع می‌کند (Pierowicz et al. 2000, Hanscom 2001).

**5-2- ایجاد علامت‌هایی در حاشیه یا روی مسیر برای کمک به رانندگان در تخمین گپ مناسب برای گردش و یا عبور از تقاطع**

همان‌طور که بیان شد علت برخی از تصادفات تشخیص اشتباه رانندگان از فاصله‌شان با وسایل نقلیه در حال نزدیک شدن و زمان رسیدن آن‌ها است. هدف از راهبرد 5-1- استفاده از سیستم‌های خودکار برای کمک به رانندگان در تشخیص صحیح گپ برای ورود به مسیر اصلی از خیابان فرعی (که دارای تابلو ایست یا رعایت حق تقدم است) بود. راهبرد پیش‌رو شامل استفاده از علائم ثابت در فواصل ثابت از تقاطع برای کمک به رانندگان در تشخیص گپ مناسب است. این علائم می‌تواند در حاشیه یا روی سطح مسیر باشد تا در میدان دید راننده‌ای که جریان ورودی ترافیک را نظاره می‌کند قرار گیرد. به کمک علائم یا آموزش‌های عمومی باید به رانندگان گفته شود تا در صورتی که وسیله نقلیه از این علائم به تقاطع نزدیک‌تر بود، نباید اقدام به ادامه دادن مسیر کنند.

**5-3- تغییر زمانبندی چراغ راهنمایی تقاطع‌های مجاور برای ایجاد گپ مناسب در تقاطع‌های دارای تابلو ایست**

رانندگان در برخی تقاطع‌ها ممکن است به دلیل نبود گپ مناسب، برای گردش کردن دچار مشکل شوند. در نبود گپ مناسب ممکن است برخی رانندگان کم‌تحمل در گپی کمتر از گپ مورد نیاز، گردش کرده و موجب تصادف شوند. در صورتی که امکان ایجاد گپ بیشتر در ترافیک وجود داشته باشد، می‌توان این دست تصادفات را کاهش داد. یک روش برای تأمین گپ بزرگتر، تغییر زمانبندی چراغ‌های راهنمایی در تقاطع‌های مجاور است. تغییر زمانبندی چراغ راهنما می‌تواند شامل تغییر فازبندی آن‌ها نیز باشد. این راهبرد برای تقاطع‌های بدون چراغی قابل اجراست که در نزدیکی

**5- افزایش مقدار گپ و کمک به راننده در**

**تخمین گپ در تقاطع‌های بدون چراغ**

**5-1- فراهم کردن سیستم‌های خودکار آنی جهت آگاه کردن راننده از وجود گپ مناسب برای عبور یا گردش در تقاطع**

نبود مسافت دید مناسب در تقاطع‌های بدون چراغ ممکن است باعث شود راننده نتواند تشخیص مناسبی از وسایل نقلیه‌ای که در حال نزدیک شدن هستند و/یا گپ مناسب جهت گردش و عبور از تقاطع، داشته باشد. حتی در صورتی که مسافت دید مناسب باشد، رانندگان ممکن است به تابلوهای ایست یا رعایت حق تقدم توجه نکنند و در مورد گپ بین وسایل نقلیه دچار اشتباه شوند. به همین دلیل تصادفاتی ممکن است رخ دهد که دلیل آن تشخیص اشتباه رانندگان از فاصله‌شان با وسایل نقلیه در حال نزدیک شدن و زمان رسیدن آن‌ها است. سیستم‌های خودکار می‌تواند برای کمک به رانندگان در تشخیص صحیح گپ برای ورود به مسیر اصلی از خیابان فرعی (که دارای تابلو ایست یا رعایت حق تقدم است) استفاده شوند. این سیستم می‌تواند لوپ‌های شناساگر که در سطح مسیر کار گذاشته می‌شود به همراه چراغ چشمک‌زن و یک الگوریتم کنترلی ساده باشد یا شامل سیستم‌های کنترل کامپیوتری پیچیده‌تری باشد که به صورت آنی عمل می‌کنند. اداره راه میزوری<sup>۵</sup> از یک نمونه ساده این سیستم استفاده کرده است. اداره راه فدرال امریکا از سیستم پیچیده‌تری با نام «سیستم اقدام متقابل تصادف» یا CSS<sup>۶</sup> استفاده کرده است که نه تنها آگاهی راننده را نسبت تقاطع پیش‌رو افزایش می‌دهد بلکه وضعیت ترافیک آنی را نیز نمایش می‌دهد (FHWA 1998). اساس کار این سیستم هشدار دادن به رانندگانی است که به تقاطع نزدیک می‌شوند. رانندگانی که از مسیر اصلی به تقاطع نزدیک می‌شوند بوسیله چراغ چشمک‌زن هوشمندی که روی آن علامت یک ماشین وجود دارد از نزدیک شدن ماشینی در مسیر فرعی به تقاطع آگاه

تقاطعی چراغ‌دار واقع شده باشد که قابلیت زمانبندی مجدد برای ایجاد گپ ترافیکی بیشتر را داشته باشد.

یک مشکل بالقوه در این راهبرد زمانی رخ می‌دهد که تغییرات در زمانبندی چراغ‌ها باعث شود که سطح سرویس و/یا عملکرد مؤثر خیابان اصلی یا مکان‌های دیگر در سیستم به شکلی چشمگیر کاهش یابد. علاوه بر آن، این راهبرد ممکن است باعث شود توزیع گپ در سایر تقاطع‌های بدون چراغ به شکلی منفی تحت تأثیر قرار گیرد. از نظر تئوری ممکن است این مشکل با سایر برنامه‌ها نیز تداخل پیدا کند و سبب تأثیرات ناخواسته‌ای بر تصمیمات مهندسی که قبلاً برای حل مشکلاتی دیگر گرفته شده، داشته باشد. لذا باید مواظب بود که اثرات تغییرات در زمانبندی بر روی سیستم به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرد. ملاک عمل این بررسی‌ها دستورالعمل ابزار کنترل ترافیک MUTCD 2000 می‌باشد.

راهبرد را پیشنهاد کرده است تا شرایط بهتری برای رانندگان مسن فراهم شود. این کتابچه به‌ویژه تابلوهای راهنمایی و اندازه حروف در این تابلوها را از مشکلات کلیدی برای رانندگان مسن عنوان کرده است. تابلوهای هشدار، نظیر تابلو هشدار تقاطع خطرناک نیز می‌تواند رانندگان را از وجود تقاطع آگاه کند. ایجاد انقطاع در خط‌کشی مسیر در تقاطع‌ها نیز می‌تواند به رانندگان در درک تقاطع کمک کند.

## 6-2- افزایش دید نسبت به تقاطع با تأمین روشنایی

تأمین روشنایی در خود تقاطع و یا تأمین روشنایی به صورت توامان هم در تقاطع و هم در هر رویکردهای آن می‌تواند رانندگان را از وجود تقاطع آگاه کند و از میزان تصادفات شبانه بکاهد. مطالعات قابل ملاحظه‌ای در این خصوص صورت گرفته است.

(Gallagher 1980, Box 1988, Bauer and Harwood 1996, Preston and Schoenecker 1999b).

## 6-3- احداث جزایر جداکننده در مسیر فرعی تقاطع

بسیاری از تقاطع‌ها برای رانندگانی که در حال نزدیک شدن به آن هستند قابل رؤیت نیست. به همین علت ممکن است تصادفاتی رخ دهد که علت آن آگاه نبودن یک یا تعداد بیشتری از رانندگان از وجود تقاطع است. اجرای جزایر جداکننده در مسیرهای فرعی می‌تواند توجه رانندگان را به وجود تقاطع جلب و ترافیک را در تقاطع هدایت کرد. جزیره جداکننده اشاره به جزیره کانالیزه شده‌ای دارد که جریان‌های ترافیکی در مسیرهای مقابل را تفکیک کرده و جریان‌های همگرا یا واگرا را هدایت می‌کند. جزایر جداکننده به ویژه برای تقاطع‌های دارای رویکردهای برون‌محور<sup>۸</sup> (کج) می‌تواند مفید باشد (Neuman, 1985).

## 6-4- اجرای نوار ایست<sup>۹</sup> (یا پهن‌تر کردن نوار ایست)

### در رویکرد فرعی تقاطع

اجرای نوار ایست واضح در رویکردهای فرعی تقاطع‌های

## 6-6- افزایش آگاهی رانندگان از وجود تقاطع در

### رویکردهای تقاطع

## 6-1- افزایش دید نسبت به تقاطع با نصب تابلو و

### آشکارسازی

بسیاری از تقاطع‌های بدون چراغ برای رانندگانی که در رویکرد تقاطع هستند، قابل رؤیت نیست، به‌ویژه رانندگان در رویکرد مسیر اصلی که تابلو ایست یا رعایت حق تقدم ندارد. به همین علت ممکن است تصادفاتی رخ دهد که دلیل آن عدم اطلاع رانندگان از وجود تقاطعی باشد که به آن نزدیک می‌شوند. مشهود بودن تقاطع و در نتیجه درک رانندگان از وجود آن می‌تواند با کمک تابلو و آشکارسازی افزایش یابد. این راهبرد می‌تواند شامل نصب تابلو راهنما، تابلو نام خیابان، تابلو هشدار، اجرای خط‌کشی مسیر و نصب آشکارسازهای پایه‌ای<sup>۷</sup> باشد.

اداره راه فدرال امریکا در کتابچه طراحی مسیر برای رانندگان مسن (Staplin et al. 1998) استفاده از این

بدون چراغ می‌تواند توجه رانندگان را به وجود تقاطع جلب کند. در صورتی که نوار ایست در حال حاضر وجود دارد، پهن‌تر کردن این نوار می‌تواند مدنظر باشد. کلید موفقیت در پیاده‌سازی این راهبرد تشخیص تقاطع‌های مناسبی است که اجرای این راهبرد در رویکرد آن‌ها می‌تواند مفید باشد. انتظار می‌رود که پیاده‌سازی این راهبرد به ویژه در راه‌هایی که خط توقف از فاصله دور برای رانندگان در حال نزدیک شدن قابل مشاهده است دارای تأثیرگذاری بیشتری باشد. این راهبرد مناسب تقاطع‌هایی است که دارای الگوهای تصادف زاویه‌دار به علت دیده نشدن تابلو «ایست» باشند و رانندگانی که در حال نزدیک شدن به تقاطع هستند از وجود آن تا زمانی که دیگر دیر شده است، مطلع نباشند. (MUTCD 2000).

**6-5- نصب علائم و تابلوهای هشدار بزرگتر در تقاطع‌ها**  
وضوح محل تقاطع و در نتیجه توانایی رانندگان در تشخیص آن می‌تواند با کمک نصب علائم و تابلوهای هشدار بزرگتر در محل تقاطع افزایش یابد. این نوع راهبرد می‌تواند شامل تابلوهای راهنمای پیش‌آگاهی، تابلو هشدار، خط‌کشی روی مسیر و نصب آشکارسازهای پایه‌ای باشد کلید موفقیت در این راهبرد استفاده مناسب و همزمان از علائم و تابلوهای هشدار است به نوعی که با شرایط موجود در هر تقاطع بدون چراغی همخوانی داشته باشد. همچنین باید توجه داشت که از علائم ترافیکی بیش از مقدار نیاز استفاده نشود، چرا که باعث خواهد شد راننده به وجود آن‌ها عادت کند و در شرایط ضروری عکس‌العمل لازم را نداشته باشد. (MUTCD 2000, Staplin et al. 1998)

**6-6- جلب توجه رانندگان با نصب نوارهای لرزاننده در رویکردهای تقاطع**  
با نصب نوارهای لرزاننده در رویکردهای تقاطع می‌توان

توجه رانندگان را به وجود تقاطع و سایر تجهیزات کنترل ترافیکی جلب کرد. نوارهای لرزاننده به ویژه در تقاطع‌هایی که رویکردهای آن با تابلو ایست کنترل شده و دارای الگوهای تصادف به دلیل عدم توجه رانندگان به تابلو ایست است، کاربرد دارند. استفاده از نوارهای لرزاننده باید بسیار محدود باشد زیرا تأثیر آن‌ها وقتی است که غیرمعمول باشند. نوارهای لرزاننده معمولاً زمانی باید به کار برده شوند که استفاده از دیگر روش‌ها مانند کف‌نویسی روی روسازی، خط‌کشی و چراغ‌های چشمک‌زن در کاهش الگوی تصادف مؤثر نبوده‌اند. نوارهای لرزاننده می‌توانند برای سایر تجهیزات کنترل ترافیک نقش کمکی داشته باشند. به عنوان مثال نوار لرزاننده می‌تواند در محلی قرار گیرد که تجهیزات کنترل ترافیکی دیگری مانند نوشتار «ایست» روی سطح روسازی مستقیماً در دید راننده قرار گیرد. نوارهای لرزاننده همچنین می‌تواند به صورت موقت برای جلب توجه به تجهیزات کنترل ترافیکی که قبلاً در محل وجود نداشته (مانند تابلو ایستی که قبلاً نبوده است) نیز استفاده شود. مروری بر نحوه استفاده مفید از نوارهای لرزاننده را می‌توان در گزارش شماره 191 NCHRP (Harward 1993) مشاهده کرد. نصب نوارهای لرزاننده در مسیر می‌تواند مشکلاتی را ایجاد کند که هنگام تصمیم‌گیری برای اجرا باید به آن‌ها توجه کرد. این موارد شامل ایجاد سر و صدا و امکان ایجاد مزاحمت برای ساکنین نزدیک محل نصب، احتمال از دست دادن کنترل برای موتورسیکلت‌ها و دوچرخه‌سواران، ایجاد مشکل برای عملیات برف‌روبی، احتمال واکنش نامناسب رانندگان به عنوان مثال استفاده از خط مقابل برای عبور نکردن از روی این نوارها می‌باشد. در خصوص نحوه استفاده و اثرگذاری نوارهای لرزاننده مطالعات گسترده‌ای انجام شده است که پایه گزارش شماره 191 NCHRP (Harward 1993) بوده و جهت مطالعه جزئیات بیشتر در دسترس است.

Kermit and Hein 1962, Owens 1967, Taylor 1974, Sumner and Shippey 1977, Pigman and Barclay 1981, Carstens and Woo 1982, Zaidel et al. 1986, Moore 1987

در حرکت هستند. این راهبرد بخصوص مناسب تقاطع‌هایی است که دارای الگوهای تصادف از عقب، تصادف با زاویه قائمه یا تصادفات حین گردش باشد که به علت عدم آگاهی راننده از وجود تقاطع یا تابلو ایست رخ داده است. (MUTCD 2000)

#### 6-7- اجرای خط‌کشی منقطع (ادامه دادن از لبه سمت چپ مسیر) در بریدگی میانی مسیر اصلی در مسیرهای تفکیک شده تقاطع

اجرای خط‌کشی منقطع (در لبه سمت چپ مسیر) برای نشان دادن میانه مسیر در محل تقاطعی که دارای مسیرهای تفکیک شده است، می‌تواند به رانندگان کمک کند تا محل تقاطع را از باقی مسیر تشخیص داده و به این ترتیب توانایی رانندگان را برای آگاهی از وجود تقاطع افزایش دهند. این راهبرد کمک خواهد کرد که تصادفات بین وسایل نقلیه‌ای که از میانه مسیر استفاده می‌کنند با وسایل نقلیه‌ای که در مسیر مستقیم حرکت می‌کنند کاهش یابد. به عنوان مثال خط‌کشی منقطع در میانه مسیر باعث خواهد شد که احتمال اینکه رانندگان به گونه‌ای توقف کنند که بخشی از وسیله نقلیه‌شان وارد مسیر مستقیم شود کاهش یابد. (Harwood et al. 1995)

#### 6-8- نصب تابلو ایست اضافی به صورت بالاسری

بسیاری از تابلوهای ایست در تقاطع‌ها به علت شرایط هندسی مسیر، وجود گیاهان یا سایر اشیا (مانند وسایل نقلیه مرتفع) و لذا دید محدود شده، به خوبی برای رانندگان در حال ورود به تقاطع قابل تشخیص نیست. به همین علت ممکن است تصادفاتی رخ دهد که دلیل آن عدم آگاهی رانندگان از وجود تابلو ایست در تقاطع است. قابل دید بودن تابلو ایست و در نتیجه توانایی رانندگان در تشخیص آن می‌تواند با نصب تابلو ایست اضافی به صورت بالاسری افزایش یابد. هدف این راهبرد باید تابلوهای ایست در تقاطع‌هایی باشد که برای رانندگان وسایل نقلیه به خوبی قابل تشخیص نیست، به ویژه رانندگانی که در مسیر فرعی

#### 6-9- اجرای خط‌کشی با کف‌نویسی تکمیلی مثل هشدار

ایست<sup>۱۰</sup>

تکمیل خط‌کشی با کف‌نویسی کلماتی همچون هشدار ایست روی سطح روسازی می‌تواند باعث هوشیاری بیشتر رانندگان شود و به این ترتیب، توانایی آنان برای تشخیص وجود تقاطع پیش‌رو افزایش یابد. این کف‌نویسی باید از قوانین MUTCD پیروی کند.

#### 6-10- تعمیر و نگهداری تابلوهای ایست

نگهداری از تابلوهای ایست باید از درجه بالایی از استاندارد برخوردار باشد تا تأثیرگذاری آن‌ها حاصل شود. براساس شاخص‌های MUTCD، تابلوهای ایست باید در موقعیتی مناسب، تمیز و قابل رؤیت در تمامی اوقات (روز و شب) نگهداری شود. تابلوهای آسیب‌دیده باید بدون هیچ تعللی جایگزین شود. برای اطمینان از این که این تابلوها در شرایط مناسبی نگهداری می‌شود، باید برای بازدیدهای دوره‌ای از تابلوها برنامه‌ریزی دقیقی صورت گیرد. کارکنان بزرگراه‌ها، پلیس و سایر کارکنان دولتی که شغل آنان ایجاب می‌کند در طول راه‌ها رفت و آمد داشته باشند، باید تشویق شوند که هرگونه تابلو آسیب‌دیده یا غیرقابل خواندن را در اولین فرصت گزارش دهند. توجه ویژه و کارهای ضروری لازم است صورت گیرد تا درختان، بوته‌ها و کارهای ساختمانی باعث محدودیت دید تابلوهای ایست نشوند و اطمینان حاصل شود که این تابلوها دارای بازتابش مناسبی هستند.

#### 6-11- نصب چراغ‌های چشمک‌زن در تقاطع‌های دارای

## علامت ایست

است؛ البته برخی تقاطع‌ها دارای آن‌چنان ترافیک شدیدی است که نصب چراغ راهنمایی در آن‌ها الزامی خواهد بود. روش‌های جایگزین استفاده از تابلو ایست در تمامی رویکردهای تقاطع، اجرای میدان<sup>۱۱</sup>، ایجاد محدودیت در گردش (به عنوان مثال محدود کردن جریان گردش به راست به داخل یا خارج از مسیر)، گردش به چپ غیرمستقیم (مسیر دسته‌کوزه‌ای، لوپ، مسیر هدایت گردش به چپ در میانه) و روگذر یا سایر تفکیک‌سازی‌های غیرهمسطح است. (Harwood et al. 1995, 2000, MUTCD 2000, )

(Robinson et al 2000)

## 7-2- نصب تابلو ایست در تمام مسیرهای ورودی به

### تقاطع

استفاده از تابلو ایست در تمام ورودی‌های تقاطع بدون چراغ با ایجاد نظم بیشتر در حرکات وسایل نقلیه، با کاهش سرعت جریان مستقیم یا در حال گردش و همچنین کاهش اثرات منفی نبود میدان دید کافی، می‌تواند میزان تصادفات با زاویه قائمه و تصادفات حین گردش را کاهش دهد؛ هرچند استفاده از تابلو ایست در ورودی‌ها تنها مناسب استفاده در تقاطع‌هایی با ترافیک متوسط و نسبتاً متعادل است. در سایر شرایط استفاده از تابلو ایست در تمام ورودی‌ها ممکن است باعث ایجاد وقفه غیرضروری و رانندگی پرخطرانه شود (به عنوان مثال عدم توجه عمده به تابلو ایست). (Harwood et al. 2000, MUTCD 2000)

## 7-3- احداث میدان در مکان‌های مناسب

میدان‌ها جایگزین بسیار مهمی برای تقاطع‌های چراغ‌دار یا تقاطع‌های دارای تابلو ایست در تمامی مسیرها می‌باشند. میدان‌های جدید با دواير ترافیکی قدیمی که در آن ترافیک ورودی به میدان باید حق تقدم را به وسیله‌ای که در میدان در حال گردش است، می‌داد متفاوت است (Jacquemart 1998). میدان‌ها می‌توانند ترافیک‌های با حجم متوسط را با تأخیری کمتر نسبت به تقاطع‌های

چراغ‌های چشمک‌زن بالاسری در تقاطع‌های کنترل شده با تابلو ایست برای جلب توجه رانندگان به تابلو ایست و تکمیل اختطار می‌تواند استفاده شود. هدف از نصب چراغ‌های چشمک‌زن افزایش توجه رانندگان به تابلوی ایست و کاهش الگوهای تصادف با زاویه قائمه که به علت عدم توجه به تابلو ایست رخ داده می‌باشد. در تقاطعی که تابلو ایست برای هر دو مسیر متقاطع نصب شده است، چراغ چشمک‌زن قرمز در رویکرد دارای تابلوی ایست (مسیر فرعی) و چراغ چشمک‌زن زرد در رویکرد فاقد تابلو ایست (مسیر اصلی) نصب می‌شود. در تقاطع‌هایی که تابلو ایست در تمام رویکردها نصب شده، چراغ چشمک‌زن قرمز در تمام رویکردها استفاده می‌شود. استفاده از چراغ چشمک‌زن بالاسری می‌تواند به افزایش دید راننده در حال ورود به تقاطع کمک کند، به همین علت این راهبرد مکمل راهبرد نصب تابلو و آشکارسازی در تقاطع‌ها است که پیشتر به آن اشاره شد. چراغ‌های چشمک‌زن در ورودی تقاطع‌ها همچنین می‌تواند به عنوان مکملی جهت جلب توجه رانندگان به تابلو ایست یا کف‌نوشته هشدار ایست، استفاده شود.

(Hammer and Tye 1987, Pant et al. 1992, MUTCD 2000).

## 7- انتخاب تجهیزات کنترل ترافیک مناسب در

### تقاطع‌ها برای کاهش نرخ و شدت تصادفات

#### 7-1- اجتناب از تقاطع چراغ‌دار در طول مسیر

چراغ‌دار کردن تقاطع‌های بدون چراغ اغلب منجر به افزایش نرخ تصادفات در مسیر اصلی خواهد شد. چراغ‌های راهنمایی باعث ایجاد ازدحام و افزایش تصادفات در مسیر مستقیم تقاطع خواهند شد که در گذشته با ایمنی و بدون ترافیک عمل می‌کردند. به همین علت نکته کلیدی در کاهش میزان تصادفات اجتناب از چراغ‌دار کردن تقاطع تا حد امکان

چراغ‌دار یا دارای تابلو ایست در تمامی مسیرها پشتیبانی کنند. چرا که حرکت وسایل نقلیه، بدون توقف از میدان انجام می‌شود. راهنماهای طراحی میدان در مستندات اداره راه فدرال امریکا موجود است (Robinson et al., 2000). تاثیر مثبت احداث میادین بر ایمنی در مطالعات پیشین بررسی شده است (Persaud et al 2000, 2001).

## 8- افزایش سازش‌پذیری رانندگان با تجهیزات کنترل ترافیک و قوانین ترافیکی در تقاطع‌ها

### 8-1- استفاده هدفمند از اعمال قانون برای کاهش تخطی از تابلوی ایست

استفاده از روش‌های اعمال قانون (به عنوان مثال نیروی پلیس) روشی بالقوه برای مقابله با رفتارهای غیرقانونی و نایمن رانندگان در تقاطع‌ها است. مطالعات نشان داده است که با استفاده از روش‌های اعمال قانون تخطی از قوانین ترافیکی کاهش خواهد یافت (Pline 1999). ادارات اعمال قوانین ترافیکی اغلب نقاطی را به طور هدفمند انتخاب می‌کنند که تصادفات، نقل‌قول‌ها و سایر منابع اطلاعاتی گویای آن است که آن ناحیه به شدت نایمن است و دلیل آن رعایت نکردن قوانین راهنمایی است. شیوه‌های اعمال قوانین ترافیکی بسته به برنامه‌های اجرایی متفاوت خواهد بود (Blackburn and Gilbert 1995).

## 8-2- اطلاع‌رسانی و آموزش عمومی در مورد مسائل ایمنی در تقاطع‌های خاص

اطلاع‌رسانی و آموزش‌های عمومی در مورد مشکلات ایمنی در یک تقاطع خاص اقدامی پیشگیرانه است که می‌تواند به پیروی رانندگان از تجهیزات و قوانین کنترل ترافیکی در تقاطع‌ها کمک کند. بر اساس مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌توان گفت که برنامه‌های اطلاع‌رسانی و آموزش‌های عمومی اغلب به تأثیر برنامه‌های اعمال قانون هدفمند نیز کمک می‌کند.

(Hingson et al. 1990, Larsen 1991, Tyrrell & Patton 1998, Karr 2000, Johnson 2000)

## 9- کاهش سرعت عملکردی در رویکردهای

### خاص تقاطع‌ها

#### 9-1- اعمال قانون با هدف کنترل سرعت

اعمال قانون به عنوان بخش مهمی از تأمین ایمنی تقاطع‌ها شناخته می‌شوند. هرچند کمبود منابع نظیر پرسنل و منابع مالی، باعث محدود شدن تلاش پلیس در اعمال قانون با هدف کنترل سرعت می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد اختطار سرعت و اعمال قانون باعث کاهش سرعت متوسط می‌شود، به دنبال آن در تصادفاتی که دلیل اصلی آن سرعت بوده است، تعداد مجروحان، فوتی‌ها و تصادفات خسارتی کاهش خواهد یافت. مؤثر بودن این راهبرد در چندین مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. بهترین نحوه اعمال قانون متوقف کردن متخلف و نوشتن برگ جریمه است، برخلاف سیستم‌های اتوماتیک اعمال قانون که در آن جریمه‌ها براساس شماره پلاک وسیله نقلیه برای صاحب آن پست می‌شود. ادارات اعمال قوانین ترافیکی دریافته‌اند که تأثیر افزایش اعمال قانون در یک نقطه خاص کوتاه‌مدت بوده و تأثیر آن به جای چند ماه یا چند سال، در حد چند روز یا چند هفته معلوم خواهد بود. نکته مهم داشتن تعامل با سیستم‌های قضایی در حوزه استحضاطی است به نحوی که سیستم قضایی در جریان اهداف برنامه و حامی آن باشد.

(De Waard & Rooijers 1994, Blackburn & Gilbert 1995, Oei 1996, Dougherty, 1977, Pline 1999)

## 9-2- آرام‌سازی جریان ترافیک در رویکردهای تقاطع با استفاده همزمان از طراحی هندسی مسیر و تجهیزات کنترل ترافیک

اهداف آرام کردن ترافیک معمولاً کاهش سرعت وسایل نقلیه، حجم ترافیک یا هردو آن‌ها است. روش‌های کنترل

حجم با ایجاد محدودیت در دسترسی وسایل نقلیه صورت می‌گیرد. این روش‌ها شامل انسداد کامل خیابان، انسداد نیمه، منحرف‌کننده‌های قطری (ایجاد مانع در تقاطع به شکل مورب)، موانع در میانه مسیر و ایجاد جزایری برای گردش اجباری است.

روش‌های کنترل سرعت به سه دسته تقسیم می‌شوند: افقی، عمودی و باریک شدن. کنترل سرعت به صورت عمودی شامل استفاده از سرعت‌گیر<sup>۱۲</sup> شامل دست‌اندازهای سهمی شکل، دایره‌ای و سینوسی و نیز سرعت‌کا<sup>۱۳</sup> (سرعت‌گیرهای معمولی با سطح فوقانی مسطح) می‌باشد. ابزارهای کنترل سرعت به صورت افقی اغلب باعث می‌شوند که وسایل نقلیه تغییر جهت دهند. متداول‌ترین نوع آن‌ها دواير ترافیکی (میدان) است. همچنین باریک کردن مسیر با کاهش فضای حرکت ماشین‌ها باعث کنترل سرعت می‌شود. علی‌رغم رشد فزاینده استفاده از روش‌های آرام‌سازی راهنماهای اندکی در مورد نحوه ساخت آن‌ها در کشور منتشر شده است. هرچند، طراحی تنها یکی از عوامل موفقیت یا شکست نهایی در روش‌های آرام‌سازی ترافیک است. سایر موارد حایز اهمیت شامل این موارد می‌شود (۱) برنامه‌ریزی دقیق جهت تشخیص این که آیا روش به کار رفته آیا در مجموع باعث افزایش ایمنی و تحرک خواهد شد، (۲) تعیین تأثیرات احتمالی این روش بر نگهداری خیابان و وسایل نقلیه اضطراری، (۳) مشخص کردن این که آیا روش به کار رفته منجر به پیروی خود رانندگان می‌شود (نیازی به نیروی پلیس نخواهد داشت) و (۴) تخمین این که روش به کار رفته چه تأثیری بر خیابان‌های اطراف و محله‌های اطراف خواهد داشت. تمام این مسائل قبل از پیاده‌سازی راهبرد باید به گونه‌ای حل شوند. مشارکت دادن صاحبان املاک مجاور، گروه‌های محلی و ادارات شهری مرتبط در مراحل اولیه و استمرار آن ضروری است. (Knapp 2000 , Kallberg & Ranta 2000 )

### 9-3- اعلام محدودیت سرعت در رویکردهای تقاطع

از سرعت اغلب به عنوان یکی از عوامل اصلی در تصادفات نام برده می‌شود. الزاماً سرعت مطلق که یک وسیله نقلیه با آن در حرکت است باعث تصادف نمی‌شود، بلکه اختلاف (واریانس) سرعت مهمتر است. با توجه به تعداد تصادفات مرتبط با سرعت، مهم است که ادارات متولی راه محدودیت سرعت مناسبی را در رویکردهای منتهی به تقاطع نصب کنند تا شامل پیام یکسانی برای رانندگان باشد. نشان دادن محدودیت سرعت مناسب در یک رویکرد ممکن است شامل کاهش محدوده سرعت در نزدیکی تقاطع‌ها یا نشان دادن سرعت توصیه شده باشد (Waller 2002).

### 10- راهنمایی مؤثرتر رانندگان در تقاطع‌های

#### پیچیده

#### 10-1- اجرای خط‌کشی برای مسیرهای گردش

در اغلب تقاطع‌ها خط‌کشی روی سطح مسیر اجرا شده است، اما این خط‌کشی تا نزدیکی خط ایست رسم شده است. به ندرت اتفاق می‌افتد که خط‌کشی روی سطح مسیر به سطح تقاطع ادامه یابد یا در طول آن ادامه داشته باشد. در تقاطع‌های پیچیده، ارائه اطلاعات اضافی برای رانندگان می‌تواند مفید باشد و به آن‌ها در جاگیری وسیله نقلیه در امتداد تقاطع کمک کند. به ویژه در تقاطع‌هایی با رویکردهای دارای فاصله از یکدیگر<sup>۱۴</sup>، دارای زاویه انحراف، دارای چند خط گردش یا دارای ورودی رمپ، ادامه‌دادن خط‌کشی روی سطح روسازی در امتداد تقاطع‌ها می‌تواند مفید باشد. این راهبرد به ویژه برای تعیین مسیر گردش وسایل نقلیه در امتداد تقاطع مفید خواهد بود. MUTCD راهنمایی را برای خط‌کشی سطح روسازی در امتداد تقاطع‌ها منتشر کرده است.

## 10-2- اجرای خط وسط زردرنگ در بازشدگی

### میانہ در تقاطع‌ها با مسیرهای تفکیک شده

در بازشدگی میانہ مسیرهای تفکیک‌شده، اغلب رفتارهای غلط رانندگی رخ می‌دهد. انواع متداول این رفتارهای غلط در زیر قید شده است:

- صف کشیدن پهلو به پهلو در میانہ راه توسط وسایلی که قصد حرکت در یک جهت را دارند،
- توقف زاویه‌دار در میانہ مسیر،
- تجاوز به مسیر جریان مستقیم در مسیرهای تفکیک‌شده. این راهبرد با هدف کاهش دو رفتار اول (توقف پهلو به پهلو و توقف زاویه‌دار) مطرح شده است. توقف پهلو به پهلو زمانی رخ می‌دهد که وسیله نقلیه‌ای که در میانہ توقف کرده و منتظر فرصت مناسب برای گردش یا ورود به مسیر دیگری است، وسیله نقلیه دیگری برسد و به جای این که پشت‌سر وسیله اول توقف کند، در کنار آن توقف کند. توقف پهلو به پهلو می‌تواند باعث گمراهی رانندگان در تعیین این که کدام وسیله اول باید اقدام به گردش کند، شود و همین موضوع می‌تواند به طور بالقوه باعث ایجاد تداخل شود. توقف زاویه‌دار زمانی رخ می‌دهد که یک وسیله نقلیه در میانہ مسیر با زاویه‌ای غیر از زاویه قائمه بر مسیر مستقیم توقف کند. توقف با زاویه غیر معمول به این دلیل نامطلوب است که ممکن است وسیله نقلیه از جهت‌های مختلف مورد تصادف قرار گیرد و همچنین باعث می‌شود که رانندگان دیگر در مورد مسیر مورد نظر وسیله نقلیه گمراه شوند.

رسم خط دابل زردرنگ در بازشدگی میانہ می‌تواند کمک کند که وسیله نقلیه مسیر خود را بهتر تعیین کند. خط دابل زردرنگ در بازشدگی میانہ باعث ایجاد پیوستگی بصری با خط مرکزی رویکردهای تقاطع می‌شود و به تعیین مسیر مناسب برای رانندگان کمک می‌کند. وجود دو خط زردرنگ در خط مرکزی مسیر باعث کاهش تمایل رانندگان برای ایستادن پهلو به پهلو یا قیچی کردن مسیر سمت چپ میانہ مسیر و توقف با زاویه مایل هنگام گردش به چپ خواهد شد (Harwood et al. 1995).

## 10-3- تعیین خط و علامت‌گذاری در تقاطع‌های پیچیده

گاهی، رانندگان هنگامی که به تقاطع پیچیده نزدیک می‌شوند، در انتخاب خط مناسب برای انجام گردش مورد نظرشان دچار مشکل می‌شوند. این موضوع باعث می‌شود که رانندگان نتوانند تصمیم‌گیری قاطعی داشته باشند و در نتیجه گردش از خط‌هایی انجام شود که غیرقابل پیش‌بینی است. این گردش‌ها می‌تواند به طور بالقوه باعث تصادف شود. الگوهای تصادفی که مربوط به عدم تصمیم‌گیری راننده در استفاده از یک خط ویژه است، شامل تصادف از عقب و تصادف پهلو به پهلو در رویکردهای تقاطع‌ها است. همچنین هنگامی که راننده اقدام به حرکتی ناگهانی از خطی نامناسب می‌کند، می‌تواند به طور بالقوه عامل تصادف زاویه‌دار باشد. تعیین خط و علامت‌گذاری جهت راهنمایی رانندگان در تقاطع‌های پیچیده می‌تواند سبب کاهش گمراهی و در نتیجه شرایط رانندگی ایمن‌تر شود. کف‌نویسی روی سطح مسیر اغلب به عنوان شیوه کمکی در این خصوص به کار می‌رود (MUTCD 2000).

## 11- نتیجه‌گیری

این مقاله با بیان اهمیت پرداختن به موضوع ارتقای ایمنی در تقاطع‌های بدون چراغ به بیان راهکارهای این اقدام پرداخت. راهبردهای موجود با توجه به تمام جوانب مهندسی، قانون‌گذاری و آموزشی تشریح و ارائه شد. رویکرد اصلی این راهکارهای مشتعل بر مدیریت دسترسی‌ها، اصلاح هندسه تقاطع و بهبود فاصله دید، کمک به راننده جهت انتخاب و دستیابی به گپ مناسب و همچنین مسیر و خط مناسب، افزایش آگاهی رانندگان از وجود تقاطع، استفاده از ابزارهای کنترل ترافیک برای افزایش سازش‌پذیری رانندگان، اعمال قانون و کاهش سرعت بود. جزئیات اقدامات در حد یک مقاله بیان و برای هر مورد منابع مرتبط جهت دستیابی به جزئیات بیشتر ارائه گردید. هرچند بسیاری از این اقدامات در حال حاضر در کشور در حال اجراست، لیکن امید است این مقاله بتواند با مدون نمودن مجموعه اقدامات ممکن گامی در جهت بهبود ایمنی



Warrants for Rumble Strips on Rural Highways, Report No. HR-235, Iowa Highway Research Board, June.

جاده‌های کشور بردارد.

## 12-پی‌نوشت‌ها

-De Waard, D., and T. Rooijers, (1994), "An Experimental Study to Evaluate the Effectiveness of Different Methods and Intensities of Law Enforcement on Driving Speed on Motorways," Accident Analysis and Prevention, Volume 126, Issue 6.

-Dougherty, D. A., (1977), Selective Traffic Enforcement Program Champaign—Interim Evaluation Report, Illinois Department of Transportation, May.

-Downs, H. G., Jr., and D. W. Wallace, (1982), NCHRP Report 254: Shoulder Geometrics and Use Guidelines, Transportation Research Board of the National Academies.

-Federal Highway Administration, (1998), Collision Countermeasure System (CCS). Brochure provided by Paul Pisano, October.

-Federal Highway Administration, (2000), Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD), Washington, D.C.

-Federal Highway Administration, (2000), Pedestrian & Bicycle Crash Analysis Tool. TechBrief. Report No. FHWA-RD-00-095, June .

-Gallagher, V. P., (1980), "New Directions in Roadway Lighting", Report No. FHWA-TS-80-223, Illuminating Engineering Society.

-Gattis, J. L., and S. T. Low, "Intersection Angle Geometry and the Driver's Field of View," Transportation Research Record 1612, Transportation Research Board of the National Academies, 1998.

1. Entering Taper
2. Offset left-turn lane
3. Jug-handle
4. Directional median crossovers
5. Missouri DOT
6. Collision Countermeasure System
7. Post-mounted delineator
8. Skewed intersections
9. Stop Bar
- 10 STOP AHEAD
11. Roundabout
12. Speed hump
13. Speed table
14. Offset

## 13-مراجع

- "آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران"، نشریه 415، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، (1391).

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

-Bauer, K. M., and D. W. Harwood, (1999), Statistical Models of At-Grade Intersection Accidents. Report No. FHWA-RD-96-125, Federal Highway Administration. November.

-Blackburn, R. R., and D. T. Gilbert, NCHRP (1995), "Synthesis of Highway Practice 219: Photographic Enforcement of Traffic Laws, Transportation Research Board of the National Academies.

-Box, P. C., (1988), "Major Road Accident Reduction by Illumination," Transportation Research Record 1247, Transportation Research Board of the National Academies.

-Carstens, R. L., and R. Y. Woo, (1982),

207, Federal Highway Administration.

–Harwood, D. W., and C. J. Hoban, (1987), “Low-Cost Methods for Improving Traffic Operations on Two-Lane Roads”, Report No. FHWA-IP-87-2, Federal Highway Administration.

–Harwood, D. W., J. M. Mason, R. E. Brydia, M. T. Pietrucha, and G. L. Gittings, NCHRP Report 383: (1996), “Intersection Sight Distance, Transportation Research Board of the National Academies”.

–Harwood, D. W., M. T. Pietrucha, M. D. (1995), Wooldridge, R. E. Brydia, and K. Fitzpatrick, NCHRP Report 375: Median Intersection Design, Transportation Research Board of the National Academies.

–Hingson, R. H., J. Howland, T. Schiavone, and M. Damiaata, (1990), “The Massachusetts Saving Lives Program: Six Cities Widening the Focus from Drunk Driving to Speeding, Reckless Driving, and Failure to Wear Safety Belts,” *Journal of Traffic Medicine*, Vol. 18, No. 3.

–Hunter, W. H., J. C. Stutts, W. E. Pein, and C. L. Cox, (1996), Pedestrian and Bicycle Crash Types of the Early 1990s, Report No. FHWA-RD-95-163, Federal Highway Administration.

–Institute of Transportation Engineers (ITE), (1985), “Effectiveness of Median Storage and Acceleration Lanes for Left-Turning Vehicles,” *ITE Journal*, Vol. 55, No. 3.

–Jacquemart, G., NCHRP (1998), “Synthesis of Highway Practice 264: Modern Roundabout Practice in the United States, Transportation Research Board of the National Academies.

–Johnson, K., (2000), “Aggressive Driving: One City’s Solution,” *Traffic Safety Journal*, Issue No. 4, National Safety Council, July.

–Glennon, J. C., J. J. Valenta, B. A. Thorson, and J. A. Azzeh, (1976), Technical Guidelines for Direct Access Control to Arterial Highways, Report No. FHWA-RD-76-87, Federal Highway Administration. August.

–Gluck, J., H. S. Levinson, and V. Stover, (1999), NCHRP Report 420: “Impacts of Access Management Techniques”, Transportation Research Board of the National Academies.

–Hammer, J. B., and E. J. Tye, (1987), Overhead Yellow-Red Flashing Beacons, Report No. FHWA/CA/TE-87/01, Federal Highway Administration.

–Hanna, J. T., T. E. Flynn, and W. L. Tyler, (1976), “Characteristics of Intersection Accidents in Rural Municipalities,” *Transportation Research Record* 601, Transportation Research Board of the National Academies.

–Hanscom, F. (2001), “Evaluation of the Prince William County Collision Countermeasure System, Virginia Transportation Research Council, VTRC 01-CR5.

–Harmelink, M. D., (1967), “Volume Warrants for Left-Turn Storage Lanes at Unsignalized Grade Intersections,” *Highway Research Record* 211, Highway Research Board of the National Academies.

–Harwood, D. W., (1993), “NCHRP Synthesis of Highway Practice 191: Use of Rumble Strips to Enhance Safety”, Transportation Research Board of the National Academies.

–Harwood, D. W., K. M. Bauer, I. B. Potts, D. J. Torbic, K. R. Richard, E. R. Kohlman Rabbani, E. Hauer, and L. Elefteriadou, (2002), Safety Effectiveness of Intersection Left- and Right-Turn Lanes, Report No. FHWA-RD-02-089, Federal Highway Administration.

–Harwood, D. W., F. M. Council, E. Hauer, W. E. Hughes, and A. Vogt, (2000), “Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways”, Report No. FHWA-RD-99-

Guidelines for Realignment of Skewed Intersections: Final Report, Nebraska Department of Roads, November 1994.

–Moore, A. F., (1987), “Evaluation of Experimental Rumble Strips”, Report No. FHWA-LA-86-186, Louisiana Transportation Research Center.

–Neuman, T. R., NCHRP Report 279: (1985), “Intersection Channelization Design Guide, Transportation Research Board of the National Academies”.

–Oei, H. L., (1996), “Automatic Speed Management in the Netherlands,” Transportation Research Record 1560, Transportation Research Board of the National Academies.

–Owens, R. D., (1967), “Effect of Rumble Strip at Rural Stop Locations on Traffic Operation,” Highway Research Record 170, Highway Research Board of the National Academies.

–Tyrrell, R. A., and C. W. Patton, (1998), “The Effectiveness of Educating Pedestrians About Their Own Nighttime Visibility”, Human Factors and Ergonomics Society 42nd Annual Meeting, Proceedings.

–Waller, P. F., (2002), Transportation Quarterly, Vol. 56, No. 3, “Speed Limits: How Should They Be Determined.

–Williams, J., B. Burgess, P. Moe, and B. Wilkinson, (1998), Implementing Bicycle Improvements at the Local Level. Report No. FHWA-RD-98-105, Federal Highway Administration.

–Zaidel, D., A. S. Hakkert, and R. Barkan, (1986), “Rumble Strips and Paint Stripes at a

–Joshua, S. C., and A. A. Saka., (1992), “Mitigation of Sight Distance Problem for Unprotected Left-Turning Traffic at Intersections,” Transportation Research Record 1356, Transportation Research Board of the National Academies.

–Kallberg, V. P., and S. Ranta, (2000), “Impacts of Urban Speed-Reducing Measures,” 2nd International Symposium on Highway Geometric Design, Proceedings.

–Karr, A., (2000), “DOT Launches Campaign to Curb Drunk Driving Deaths,” Traffic Safety Journal, Issue No. 3, National Safety Council, May.

–Kermit, M. L., and T. C. Hein, (1962), “Effect of Rumble Strips on Traffic Control and Behavior, Proceedings, Highway Research Board of the National Academies, Vol. 41, 1962.

–Knapp, K. K. (2000), “Traffic-Calming Basics,” Civil Engineering, Vol. 70, No. 1.

–Kuciemba, S. R., and J. A. Cirillo. Safety (1992), Effectiveness of Highway Design Features, Volume V: Intersections, Report No. FHWA-RD-91-048, Federal Highway Administration, November.

–Larsen, J. H., (1991), “Develop Your Own In-House Public Relations Program,” ITE Journal, Vol. 61, No. 1, January.

–McCoy, P. T., U. R. Navarro, and W. E. Witt, (1992), “Guidelines for Offsetting Opposing Left-Turn Lanes on Four-Lane Divided Roadways,” Transportation Research Record 1356, Transportation Research Board of the National Academies.

–McCoy, P. T., E. J. Tripi, and J. A. Bonneson,

-Zegeer, C. V., and J. A. Deacon, (1987), "TRB State-of-the-Art Report 6: Effect of Lane Width, Shoulder Width, and Shoulder Type on Highway Safety", Transportation Research Board of the National Academies.

Rural Intersection," Transportation Research Record 1069, Transportation Research Board of the National Academies.

# **Review of Safety Measures to Decrease Unsignalized Intersection Collisions**

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

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

*E-mail: [Kayvan.Aghabayk@ut.ac.ir](mailto:Kayvan.Aghabayk@ut.ac.ir)*

## **ABSTRACT**

Motor vehicle collisions normally have negative consequences, especially in the economic, social and even political era. Therefore, reducing the number of occurrences and severity of them becomes the priority for the policymakers. Due to the high rate of motor vehicle collisions in Iran, it has become an important issue in our country as well. According to the literature, most of the traffic collisions occur within the intersection areas while these intersections assigned limited area to themselves among the wide range of properties in the road transportation network. Furthermore, with attention to the considerable number of unsignalized intersections in this country, the authors of this paper motivated to review the countermeasures and strategies to increase the safety of these intersections. Although, many of the mentioned approaches might be recognized and applied currently in Iran's road transport network, this study aims to summarize and framed all related safety measures related to unsignalized intersections to provide an extended framework which can help specialists, engineers and policy makers to choose better decisions.

**Keywords:** Road Safety Measures, Unsignalized Intersections, Safety in Traffic, Collisions

- 
- <sup>1</sup> Entering Taper
  - <sup>2</sup> Offset left-turn lane
  - <sup>3</sup> Jug-handle
  - <sup>4</sup> Directional median crossovers
  - <sup>5</sup> Missouri DOT
  - <sup>6</sup> Collision Countermeasure System
  - <sup>7</sup> Post-mounted delineator
  - <sup>8</sup> Skewed intersections
  - <sup>9</sup> Stop Bar
  - <sup>10</sup> STOP AHEAD
  - <sup>11</sup> Roundabout
  - <sup>12</sup> Speed hump
  - <sup>13</sup> Speed table
  - <sup>14</sup> Offset