Archive of SID

بررسی رفتار رانندگان در پذیرش فواصل عبوری قابل قبول بحرانی درتقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی در ایران و تأثیر آن در میزان تاخیر این تقاطعات به روش پیشنهادی HCM2000

محمود عامری، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
محمود کرم‌رودی، کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
E-mail: ameri@iust.ac.ir

چکیده:

مقدار ظرفیت و تأخیر در تقاطع‌ها بخش مهمی از ارزیابی عملکرد شبکه‌های خیابانی است که معمولاً در ساماندهی تقاطع‌ها و همچنین در مدل‌های تخصیص ترافیک کاربرد فراوان دارند. کنترل و ارزیابی مقادیر ظرفیت و تأخیر در تقاطع‌های بدون چراغ به دلیل وابستگی شدید این پارامترها به نوع رفتار رانندگان و نحوه رعایت قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی سخت و دشوار است. اصولاً مدل‌های تعیین ظرفیت و تأخیر تقاطع‌های بدون چراغ بر پایه سه روش عمده تقسیم‌بندی می‌شوند: ۱) مدل‌های وابسته به سرفاصله عبوری قابل قبول رانندگان که در کشورهای آمریکایی و اروپایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ۲) مدل‌های رگرسیون تجربی که بر پایه پردازش داده‌های میدانی تقاطع‌ها استوار بوده که به طور عمده در مرکز تحقیقات کشور انگلستان ارایه شده است. ۳) مدل‌های تداخلی که بر پایه تداخل حرکات عبور کننده از تقاطع بنیان نهاده شده و در کشورهایی همانند اندونزی وآلمان ارایه شده‌اند. هدف از این تحقیق ارزیابی جدیدترین الگوریتم ساخته شده در کشور آمریکا (HCM2000)، بر پایه نوع رفتار رانندگان در پذیرش فواصل عبوری قابل قبول است که براساس اطلاعات گردآوری شده از چند تقاطع بدون چراغ راهنمایی شهر تهران به منظور تخمین مقادیر ظرفیت و تأخیردر تقاطع‌های بدون چراغ شهر تهران کالیبره شده است.

واژهای کلیدی: رفتار رانندگان، ظرفیت، تأخیر، تقاطع‌های بدون چراغ

۱. مقدمه

امروزه، در علم مهندسی ترافیک، تحلیل و سنجش عملکرد تقاطع‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا دست‌یابی به مناسب‌ترین روش و الگوی ترافیکی در تحلیل انواع تقاطع‌ها، با توجه به مواردی همچون ابزارهای کنترل ترافیک، قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی، سطح آموزش فرهنگ رانندگی، نوع رفتار رانندگان و همچنین پارامترهای عرضه و تقاضا، بسیار حایز اهمیت است. در این بین ارزیابی عملکرد و سطح سرویس‌دهی تقاطع‌ها به دو قسمت عمده تقسیم می‌شوند.

۱) تقاطع‌های کنترل شونده با چراغ راهنمایی.
۲) تقاطع‌های کنترل شونده بدون چراغ راهنمایی.

منظور از تقاطع‌های کنترل شونده با چراغ راهنمایی، تقاطع‌هایی هستند که عموماً برای کنترل آنها، به دلیل تقاضای عبوری زیاد وسایل نقلیه از تقاطع و همچنین کانالیزه کردن و کاهش تداخل حرکات مختلف، از چراغ راهنمایی و اعمال مقررات استفاده می‌شود. در این نوع تقاطع‌ها، ارزیابی پارامترهای ترافیکی همچون مقادیر تأخیر، ظرفیت و طول صف حرکات مختلف با توجه به

*تاریخ دریافت: ۸۵/۷/۱۲ – تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۱/۱۷

www.SID.ir

Archive of SID

این موضوع که مقررات ترافیکی و زمان‌بندی و فازبندی عبور حرکت‌های مختلف از یک انسجام کلی برخوردار بوده و کمتر بستگی به نوع رفتار و تصمیم‌گیری رانندگان دارد، از اصول و قواعد ترافیکی بسیار مشخص و آشکاری برخوردار است. اما منظور از تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی، تقاطع‌هایی هستند که برای کنترل آنها، به دلیل تقاضای عبوری کمتر وسایل نقلیه، از قوانین کنترل‌کننده نامحسوس‌تری نسبت به تقاطع‌های چراغ‌دار استفاده می‌شود. در بیشتر کشورهای دنیا، کنترل این نوع تقاطع‌ها توسط تابلوهای ایست، رعایت حق‌تقدم و احتیاط انجام می‌شود. بنابراین تحلیل و بررسی این دسته از تقاطع‌ها تا حدود بسیار زیادی وابسته به تصمیم و نوع رفتار رانندگان در احترام به قوانین رانندگی، سطح فرهنگ و آموزش مقررات و همچنین ویژگی‌های عرضه و تقاضای ترافیکی است. در کشور ایران، کنترل تقاطع‌های بدون چراغ عموماً در معابر اصلی و مهم شهرها توسط چراغ‌های راهنمایی چشمک‌زن و در تقاطع معابر فرعی توسط تابلوهای ایست و رعایت احتیاط انجام می‌شود.در حال حاضر با توجه به تعداد فراوان تقاطعات بدون چراغ در سطح کشور، بخصوص در سطح کلان شهرها، تحلیل و بررسی میزان خدمت‌دهی این دسته از تقاطع‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.در همین راستا تحقیقات انجام شده بر روی تقاطعات بدون چراغ در چند دهه اخیر پیشرفت چشمگیری داشته است. آیین‌نامه‌ها و روش‌های پیشنهادی مختلفی از سوی کشورهایی مانند آلمان، استرالیا، انگلستان، آمریکا و کشورهای در حال توسعه همانند اندونزی انجام گرفته است. در اکثر این آیین‌نامه‌ها و روش‌ها به ویژه در کشورهای پیشرفته، تحلیل بر اساس دو اصل مراتب حق تقدم و فاصله عبور قابل قبول است[۱]. متأسفانه تمامی این الگوهای پیشنهادی در کشور ایران با توجه به رفتار رانندگان که ریشه در نوع آموزش‌ها و سطح آگاهی و فرهنگ اقشار مردم دارد، در طیف وسیعی دارای نقایص و کاستی‌هایی است. از سوی دیگر تحلیل و بررسی تقاطعات بدون چراغ و تعیین سطح خدمت‌دهی آنها از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است. شاخص‌هایی همانند ایمنی، تأخیر، سهولت رانندگان و پارامترهای هندسی در تعیین درجه‌بندی و میزان سرویس‌دهی این تقاطعات، دارای اهمیت‌اند. در این میان شاخص تأخیر، اصلی‌ترین شاخص در تعیین این درجه‌بندی است. میزان تأخیر تقاطعات بدون چراغ از دو جنبه قابل بررسی است:

۱-۱ مقایسه میزان تأخیر در حالات گوناگون یک تقاطع بدون چراغ

امروزه با توجه به روند روز افزون رشد تعداد وسایل نقلیه و افزایش میزان جریان ترافیک در معابر، به ویژه تقاطعات بدون چراغ، ساماندهی این تقاطعات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. این موضوع بخصوص در کشور ایران با توجه به رشد بی‌رویه میزان جمعیت، تولید روزافزون خودرو، عدم فرهنگ‌سازی رانندگان در رعایت قوانین، از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. از این رو پیش‌بینی میزان تأخیر در تقاطعات بدون چراغ راهنمایی در اثر تغییر میزان تقاضاهای عبوری وسایل نقلیه با توجه به طرح‌های ترافیکی، پیش‌بینی تغییر نحوه کنترل تقاطع همانند چراغ‌دار کردن تقاطع، مسدود کردن تقاطع و احداث دوربرگردان‌ها[۱] و همچنین تغییر جهات و کنترل دسترسی‌های عبوری از تقاطع، نیازمند یک الگو و روش مناسب است . در کشور ایران نبود رعایت قوانین حق تقدم توسط رانندگان در محاسبه مقدار تأخیر از طریق روابط، الگوها و نرم‌افزارهای ترافیکی کشورهای پیشرفته که براساس جزییات و قوانین رعایت حق‌تقدم است، باعث تخمین بسیار فراتر مقادیر تأخیر توسط این الگوها از وضعیت موجود در تقاطع‌های کشور ایران می‌شود.

۱-۲ استفاده از میزان تأخیر تقاطعات بدون چراغ در ارزیابی یک شبکه و مدل‌ها و شبیه‌سازی‌ها

وابستگی شدید زمان تأخیر در تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی به حجم ترافیک تمام خیابان‌های ورودی به تقاطع، نه تنها کار ساخت مدل‌های زمان تأخیر را دشوار ساخته، بلکه مسأله تخصیص ترافیک را نیز مشکل می‌سازد. در واقع در مسأله تخصیص ترافیک تا وقتی که توابع عملکرد کمان‌ها (توابع زمان سفر- حجم، کمان‌ها و توابع زمان تأخیر در تقاطع‌ها) تنها تابعی از حجم ترافیک در خود آن کمان‌ها باشند، می‌توان نشان داد که مسأله، قابل تبدیل به یک مسأله بهینه‌سازی محدب است که روش‌های مناسبی برای حل آن وجود دارد، ولی اگر توابع زمان سفر- حجم، کمان‌ها و یا توابع زمان تأخیر در تقاطع‌ها به حجم ترافیک سایر کمان‌ها وابسته باشد، در این صورت مسأله تخصیص ترافیک قابل تبدیل به یک مسأله بهینه‌سازی محدب نیست و حل آن مشکل می‌شود. از این رو در تمام نرم افزارهای

www.SID.ir

Archive of SID

موجود برای تخصیص ترافیک، فرض بر آن است که تابع عملکرد هر کمان تنها به حجم ترافیک در خود آن کمان وابسته است. به عبارت دیگر برای تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی، تابع زمان تأخیر باید به صورت تابعی از حجم جریان ترافیک کلیه خیابان‌های ورودی به تقاطع در نظر گرفت. ولی همان طور که اشاره شد ساخت چنین توابعی مشکل، و از طرف دیگر در نظرگیری این گونه توابع در تخصیص ترافیک بسیار مشکل تر است. از این رو، در اکثر مواقع به جای در نظر گیرفتن توابع مناسب برای برآورد تأخیر در این نوع از تقاطع‌ها از یک مقدار ثابت به عنوان این تأخیر استفاده می‌شود. در واقع در تقاطع‌های بدون چراغ، معمولاً حجم ترافیک در برخی از خیابان‌های ورودی به تقاطع کم است و در نتیجه میزان تأخیر پایین است، ولی در طراحی و توسعه شبکه‌های حمل‌ونقل که هنوز برآوردی از حجم جریان ترافیک در شبکه در دست نیست، محل تقاطع‌های با حجم ترافیک بالا هم مشخص نیستند. از آنجا که برای دستیابی به یک برآورد خوب از میزان جریان ترافیک در خیابان‌های شبکه باید برآورد قابل قبولی از میزان تأخیر در تقاطع‌ها داشت، لازم است برای تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی هم تابع زمان تأخیری که وابسته به حجم جریان ترافیک باشند در دست داشت. در نهایت چون اکثر این توابع به حجم ترافیک خیابان ورودی وابستگی دارند می‌توان از آن در نرم افزارهای موجود تخصیص ترافیک نظیر EMME/2 [۲] استفاده کرد. از این رو با توجه به موارد فوق، ساخت یک الگو یا تطبیق یک مدل مناسب برای ارزیابی به دست آوردن میزان تأخیر با توجه به نوع رفتار رانندگان، قوانین راهنمایی و رانندگی، نوع کنترل و همچنین ویژگی‌های ترافیکی تقاطع‌های بدون چراغ در کشور ایران، گامی مهم در تحلیل این دسته از تقاطع‌ها است.

۱-۳ بررسی مطالعات انجام شده

در زمینه تحلیل و بررسی میزان ظرفیت و تأخیر تقاطع‌های بدون چراغ، دراکثر کشورهای دنیا پژوهش‌های مختلفی انجام شده است. در این قسمت با توجه به وابستگی شدید پارامترهای تحلیل تقاطع‌های بدون چراغ اعم از میزان ظرفیت، مقدار تأخیر و همچنین سطح عملکرد این دسته از تقاطع‌ها، به نوع رفتار رانندگان، مقررات راهنمایی و رانندگی، و همچنین نحوه کنترل رعایت این مقررات، مدل‌های تعیین ظرفیت و تأخیر بر پایه سه روش عمده تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱) مدل‌های وابسته به سرفاصله عبوری قابل قبول[۳] و زمان دنباله‌روی وسایل نقلیه[٤] که در کشورهای آمریکایی و اروپایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲) مدل‌های رگرسیون تجربی بر پایه پردازش داده‌های میدانی تقاطع‌ها بوده که به طور عمده در مرکز تحقیقات کشور انگلستان ارایه شده است.

۳) مدل‌های تداخلی که بر پایه تداخل حرکت‌های متداخل ایجاد شده است.

به طور مثال در مطالعاتی که بلاندن در سال ۱۹۸۷ انجام داد[۱] ، ظرفیت خیابان فرعی تابعی از زمان فواصل عبوری قابل قبول و زمان دنباله‌روی وسایل نقلیه برای خیابان فرعی معرفی شد که پایه و اساس روش‌های مطالعه شده در راهنمای HCM است. در مطالعه دیگری لووکنت لال [۲] برای محاسبه زمان تأخیر وسایل نقلیه خیابان فرعی ورودی به تقاطع تابعی را ارایه کردند که این تابع متأثر از دو بخش ساخته شده است. بخش اول شامل زمان انتظار و در صف ماندن وسایل نقلیه جهت رسیدن به تقاطع و بخش دوم زمان تأخیر، از لحاظ رسیدن به تقاطع تا موقع خروج از آن است. العمری و بنگهال [۳] نیز بر پایه مطالعه HCM موفق به ساخت تابعی شده‌اند که کل زمان تأخیر حرکت‌های خیابان فرعی را با توجه به میزان حجم ترافیک حرکت‌های برخورد کننده با حرکت‌های خیابان فرعی و نرخ رسیدن وسایل نقلیه خیابان فرعی به تقاطع محاسبه می‌کند. کیت و همکاران [۱] نیز با استفاده از پردازش داده‌های میدانی مدلی به منظور محاسبه کل تأخیر خیابان فرعی ارایه کردند که تابعی از کل حجم خیابان اصلی و خیابان فرعی است. در مطالعه و تحقیقی که در سال ۲۰۰٤ میلادی در دانشگاه بوخوم کشور آلمان توسط بریلون و میلتنر انجام شد[٤]، با توجه به نوع رفتار رانندگان در رعایت نکردن حق‌تقدم اولویت‌های عبوری، مدلی نو بر پایه ماتریس سختی تداخل ارایه شد که باعث تغییر نحوه محاسبه ظرفیت در روش HCM شد. در آیین‌نامه‌های تحلیل تقاطع‌های بدون چراغ در کشورهای مختلف همانند استرالیا[۵]، با توجه به میزان تقاطع‌های عبوری کم وسایل نقلیه در تقاطع‌های بدون چراغ، رفتار رانندگان با فرضیات بکار رفته تطابق بیشتری دارد. اما با توجه به اساس تحلیل تقاطع‌های بدون چراغ در این کشور که بر پایه فواصل عبوری قابل قبول است، استفاده از این متد در کشورهایی که تقاضای عبوری وسایل نقلیه از تقاطع‌های

www.SID.ir

Archive of SID

بدون چراغ در حد اشباع بوده، قابل توجه نیست. از سوی دیگر، در متد ارایه شده از سوی کشورهایی همانند اندونزی [٦] که تقاضای عبوری وسایل نقلیه و وسایل نقلیه غیرموتوری زیاد است، رفتار رانندگان در عبور از تقاطع، از یک بی‌نظمی کامل تبعیت کرده و تا حدود زیادی مقادیر تأخیر و ظرفیت، تابع رفتار رانندگان و تصمیم آنها برای عبور از تقاطع است. در این راستا بررسی‌های گذشته نشان داده که استفاده از متد کشورهایی که دارای رفتارهای ترافیکی مشابه هستند دارای نتایج مناسب‌تری است. در راستای مطالعات انجام شده در کشور ایران، پژوهشکده دانشگاه صنعتی شریف [٨] در مطالعه‌ای که بر روی تعدادی از تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی در ایران انجام داد (مطالعات مشهد و اصفهان) موفق به ساخت تابعی شده است که میزان کل زمان تأخیر را برای هر یک از ورودی‌های تقاطع، هم برای خیابان اصلی و هم برای خیابان فرعی، با توجه به کل حجم ترافیک خیابان ورودی و مشخصات فیزیکی تقاطع و خیابان ورودی محاسبه می‌کند.

همچنین در پایان‌نامه‌ای که در دانشگاه صنعتی شریف در سال ١٣٨١ بر روی مدل‌های تأخیر تقاطع‌های سه راهی بدون چراغ شهر تهران انجام شد[٩]، با الهام از مدل لوولال و مدل ساخته شده توسط پژوهشکده شریف، اقدام به ساخت دو مدل با در نظر گرفتن عواملی همچون حجم خیابان‌های فرعی و اصلی، حجم حرکت موردنظر و مقدار سختی هر حرکت شد.

با توجه به موضوع این مقاله که ارزیابی الگوی پیشنهادی کتاب ظرفیت راه‌های آمریکا (HCM2000) در تحلیل این دسته از تقاطع‌ها است[١٠]، فصل ١٧ از این دستورالعمل به تحلیل و بررسی تقاطع‌های بدون چراغ اختصاص یافته است. در این بخش تقاطع‌های بدون چراغ به سه دسته تقسیم‌بندی شده‌اند: ١) تقاطع‌هایی که دو رویکرد آنها توسط علامت ایست کنترل می‌شوند (TWSC)[٥]، ٢) تقاطع‌هایی که در تمام رویکردهای آنها توسط علامت ایست کنترل می‌شوند (AWSC)[٦]، ٣) میدان .در تقاطع‌هایی که دو رویکرد آنها توسط علامت ایست کنترل می‌شوند (TWSC)، محدوده تقاطع از برخورد خیابان‌های اصلی و فرعی پدید می‌آید، به عبارت ساده‌تر در این تقاطع‌ها یک خیابان به عنوان خیابان اصلی و خیابان دیگر به عنوان خیابان فرعی منظور می‌شود. تشخیص اصلی و فرعی خیابان‌ها با توجه به پارامترهایی مانند عرض ورودی، رده‌بندی عملکردی و سرعت طرح وابسته است، در تحلیل این دسته از تقاطع‌ها جریان‌های رویکردهای خیابان‌های اصلی و فرعی طبق اولویت‌های حق‌تقدم عبوری در ٤ دسته قادر به عبور از تقاطع هستند. طبق این تعریف

حرکات مستقیم و گردش به راست خیابان اصلی در اولویت ١ حق‌تقدم و حرکت گردش به چپ خیابان فرعی در اولویت ٤ حق‌تقدم عبور قرار دارند. طبق این تقسیم‌بندی، وسیله نقلیه حرکت کننده در جریان خیابان فرعی به محض ورود به تقاطع باید متوقف شده سپس با توجه به اولویت‌های عبوری تعیین شده مبادرت به حرکت موردنظر را انجام دهد. در تقاطع‌هایی که تمام رویکردهای آنها توسط علامت ایست کنترل می‌شوند (AWSC)، هر خیابان ورودی به تقاطع، دارای علامت ایست است. در این تقاطع‌ها هر خیابان ورودی به صورت مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرد و خیابان‌های دیگر به نام خیابان‌های مقابل[٧] و خیابان‌های برخورد کننده[٨] معرفی می‌شوند. فرض اساسی در این تقاطع‌ها این است که هر وسیله نقلیه قبل از ورود به تقاطع، توقف کامل می‌کند و با توجه به حجم جریان ترافیک خیابان‌های دیگر، نسبت به عبور از تقاطع تصمیم‌گیری می‌کند. شاخصی که در این تقاطع‌ها برای محاسبه ظرفیت و تأخیر استفاده می‌شود، سرفاصله زمانی بین وسایل نقلیه[٩] است. محاسبه ظرفیت میدان نیز با توجه به ظرفیت رویکردهای ورودی به آن و براساس زمان فاصله عبور قابل‌قبول و زمان‌های دنباله‌روی وسایل‌نقلیه انجام می‌شود. هدف این مقاله ارایه تفاوت رفتار رانندگان در کشور ایران و کشور آمریکا در پذیرش فواصل عبوری قابل قبول و تأثیر آن، در میزان آنالیز ظرفیت و تأخیر تقاطع‌های بدون چراغ توسط الگوی HCM2000 است.

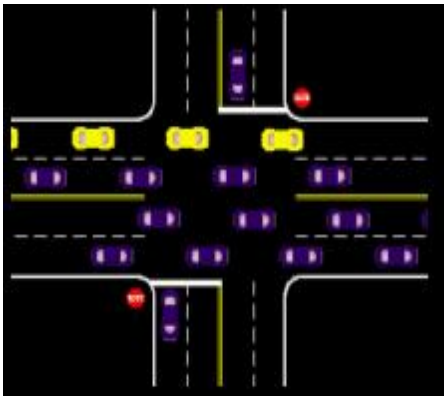
١-٤ اساس مطالعات روش HCM [٨]

با توجه به توضیحات ذکر شده، تحقیق موردنظر در زمینه تقاطع‌هایی انجام شد که دو رویکرد آن توسط علامت ایست کنترل می‌شوند (Twsc) این نوع تقاطعات از برخورد خیابان‌های اصلی و فرعی پدید می‌آید. به عبارت ساده‌تر در این نوع تقاطعات یک خیابان به عنوان خیابان اصلی و خیابان دیگر به عنوان خیابان فرعی منظور می‌شود. در خیابان فرعی راننده وسیله‌نقلیه به منظور عبور از تقاطع باید در پشت خط ایست توقف لازم را انجام داده و سپس با در نظر گرفتن اولویت‌های

www.SID.ir

Archive of SID

عبوری و همچنین فواصل عبوری قابل قبول در خیابان اصلی، حرکت موردنظر را انجام دهد. در شکل (۱)، یک نمونه از این دسته از تقاطع‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱. تقاطع‌های Twsc

در این روش وسایل نقلیه‌ای که درصدد استفاده از یک فاصله عبور مشترک هستند، باید حرکت‌های خود را براساس اولویت‌های مفروض انجام دهند. سلسله مراتب نزولی حق‌تقدم به شرح زیر است :

۱. حرکات مستقیم و گردش به راست خیابان اصلی و حرکات عابرپیاده عبور کننده از عرض خیابان فرعی۲. حرکات گردش به چپ خیابان اصلی و حرکت گردش به راست خیابان فرعی و حرکات عابرپیاده عبورکننده از عرض خیابان اصلی۳. حرکات مستقیم خیابان فرعی ٤. حرکات گردش به چپ خیابان فرعی. در HCM2000 فرضیات زیر برای تحلیل این دسته از تقاطع‌ها در نظر گرفته شده‌اند: ۱) حق‌تقدم حرکات تحت هیچ شرایطی تغییر نمی‌کند. ۲) عملکرد خیابان اصلی تحت تأثیر وسایل نقلیه خیابان فرعی قرار نمی‌گیرد. ۳) میانه فواصل عبور قابل قبول ثابت بوده و با زمان تغییر کند و رانندگان، با زیاد شدن زمان توقف فواصل عبور کوچک‌تری را برای عبور انتخاب نمی‌کنند. ٤) اولویت‌های ۱ عبور کننده شامل حرکات مستقیم و گردش به راست خیابان اصلی بجز در موارد وجود خطوط عبوری مشترک با حرکت گردش به چپ، دچار هیچگونه تأخیری نمی‌شوند.

فرضیات فوق همگی مهم بوده و تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر دقت و روش‌های ارایه شده و تفسیر نتایج حاصل از آنها دارند. اصول تحلیل این دسته از تقاطع‌ها براساس اصل فاصله عبور قابل قبول بوده و به طور آشکار، وابسته به اثر متقابل رفتار رانندگان خیابان‌های فرعی در رویکردهای کنترل شده، با علامت ایست، با رفتار رانندگان در خیابان‌های اصلی است. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده، عمده‌ترین تفاوت بین رفتار رانندگان در کشور ایران و کشور آمریکا تعیین فاصله عبور بحرانی و زمان دنباله‌روی وسایل نقلیه است که به طور مستقیم در ظرفیت هر حرکت تأثیر بسزایی دارد.در روش HCM2000 تعاریف زیر برای فاصله عبور بحرانی و زمان دنباله‌روی وسایل نقلیه ارایه شده است.

۱)**فاصله زمانی عبور بحرانی**: منظور از این فاصله، کمترین فاصله زمانی بین وسایل نقلیه در جریان ترافیک خیابان اصلی است که فرصت لازم برای عبور وسایل نقلیه خیابان فرعی را فراهم می‌کند. تخمین سرفاصله عبور بحرانی با مشاهده مقادیر فاصله‌های عبور پذیرفته نشده و توسط روش‌های ریاضی انجام می‌شود. رانندگان مقید به مقررات باید هر فاصله زمانی بزرگ‌تر یا مساوی با فاصله زمانی عبور بحرانی را استفاده کنند.

۲)**زمان دنباله‌روی**: منظور از این فاصله، کمترین فاصله زمانی بین اولین وسیله نقلیه در خیابان فرعی و وسیله نقلیه دومین در این خیابان است، به نحوی که دومین وسیله نقلیه بتواند، در صورت نبود اولویت عبوری بالاتر، به همراه وسیله نقلیه اولین، از یک فاصله زمانی عبور مشترک در خیابان اصلی استفاده کند. مقادیر پایه، زمان عبور قابل قبول بحرانی و زمان دنباله‌روی در جدول (۱) ارایه شده است. مقادیر ارایه شده در این جدول مختص مطالعات انجام شده در کشور آمریکا بوده و دامنه تغییرات آن برای شرایط آن مطالعات بوده است. همچنین توصیه شده است، این مقادیر برای تقاطعاتی که خیابان اصلی آن دارای ٦ خط عبوری است همانند خیابان اصلی که دارای ٤ خط عبوری است در نظر گرفته شود. [۷]

جدول۱. مقادیر پایه فاصله عبور قابل قبول و زمان دنباله روی در تقاطع‌های Twsc الگوی HCM

نوع حرکت وسایل نقلیه	مقادیر پایه سر فاصله عبوری قابل قبول(ثانیه)		مقادیر پایه زمان دنباله روی
	خیابان اصلی دارای ۲ خط عبوری	خیابان اصلی دارای ٤ خط عبوری	
گردش به چپ از خیابان اصلی	٤/۱	٤/۱	۲/۲
گردش به راست از خیابان فرعی	٦/۲	٦/۹	۳/۳
مستقیم از خیابان فرعی	٦/٥	٦/٥	٤
گردش به چپ از خیابان فرعی	۷/۱	۷/٥	۳/٥

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین به منظور در نظر گرفتن تـأثیر عـواملی همچـون درصـد وسایل نقلیه سنگین، شیب طولی، شکل هندسی تقاطع‌هـا اعـم از سه راهی یا چهار راه و همچنین شرایط سرفاصـله عبـور وسـایل نقلیه اعم از یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای بودن، مقدار پایه فاصله عبوری قابل قبول توسط روابط (۱) و (۲) تعدیل شده‌اند. لازم به ذکر است که سرفاصله عبوری قابل قبول بحرانی برای هر حرکت در خیابان فرعی محاسبه می‌شود[۷].

$$t_{c,X} = t_{c,bace} + t_{c,HV} \times \rho_{HV} + t_{c,G} \times G - t_{c,T} - t_{3,LT} \quad (۱)$$

که در آن : $t_{c,X}$: فاصله عبور برای هر حرکت (X)

$t_{c,bace}$: مقدار پایه فاصله عبور بحرانی در جدول (۱)

$t_{c,HV}$: (ضریب تعدیل برای وسایل نقلیه سنگین)

ρ_{HV}: درصد وسایل نقلیه سنگین برای حرکات خیابان فرعی

$t_{c,G}$: (ضریب تعدیل شیب طولی)

G: میزان درصد شیب

$t_{c,T}$: ضریب تعدیل برای هر مرحله فاصلهٔ عبور قابل قبول

$t_{3,LT}$: ضریب تعدیل هندسی تقاطع، است.

همچنین زمان دنباله روی برای هر حرکت خیابان فرعی توسـط معادله (۲) محاسبه شده و توسط ضـریب درصـد وسـایل نقلیـه سنگین تعدیل شده است.

$$t_{f,X} = t_{f,bace} + t_{f,HV} \times \rho_{HV} \quad (۲)$$

که در آن :

$t_{f,X}$: زمـان دنبالـه روی بـرای هـر حرکـت خیابـان فرعـی

$t_{f,bace}$: مقادیر پایه برای زمان دنباله روی

$t_{f,HV}$: ضریب تعدیل وسایل نقلیه سنگین

ρ_{HV}: درصد وسایل نقلیه سنگین برای حرکـات وسـایل نقلیـه خیابان فرعی است.

۲. گردآوری اطلاعات

به منظور مقایسه و کـالیبره کـردن الگـوریتم راهنمـای HCM و همچنین دستیابی به مناسـب تـرین روش در راسـتای بـه دسـت آوردن میزان تاخیر و ظرفیت در تقاطعهای بدون چراغ راهنمایی، اطلاعات زمان سفر و حجم وسایل نقلیه در تعـدادی از تقاطعهـا مورد نیاز است. این اطلاعات باید به گونه‌ای جمع‌آوری شوند که در هر دوره زمانی(در ایـن مطالعـه ۵ دقیقـه‌ای) بـه تعـداد کـافی مشاهدات زمان سفر برای حرکتهای مختلف در تقـاطع برداشـت شوند و به علاوه حجم ترافیک در تمام حرکتها به تفکیک وسایل نقلیه در همان دوره زمانی پرداخت شود. به منظور مطالعـه زمـان تـأخیر در تقاطعهـای بـدون چـراغ راهنمـایی، سـه تقـاطع بـا خصوصیات ترافیکی همـسان در سـطح شـهر تهـران انتخـاب و آمارگیری مورد نیاز برای آنها انجام شد. در انتخاب ایـن تقاطعهـا سعی شد که نخست این تقاطعها از لحاظ وضعیت هندسی شـبیه بـه یکـدیگر بـوده و از نظـر نـوع و تعـداد خیابانهـای ورودی و عملکرد ترافیکی آنها مشابه به هم باشند. دوم، به منظور ایـن کـه بتوانیم الگو و یا شبیه ساز مورد نظر را به خوبی کـالیبره کنـیم از تقاطع‌ها با حجم ترافیک متوسط تا شلوغ انتخاب شـدند و سـوم تقاطعهای انتخاب شده بیشتر از همه در شبکه شهر تهران وجود داشـته و همچنـین از حیـث بررسـی حالتهـای مختلـف کنتـرل تقاطع‌های بدون چراغ دارای ارزش باشند.

پس از انجام بررسی‌های مختلف و امکانـات موجـود تقاطعهـای گلبرگ- مـدائن، داود آبـادی- نبـرد، بختیـاری- جانبـازان بـرای آمـارگیری انتخـاب شـدند. در ایـن مطالعـه دو نـوع اطلاعـات گردآوری شده است. یک دسـته از اطلاعـات مربـوط بـه تعـداد وسایل نقلیه عبوری از تقاطع به تفکیک نوع حرکت و نوع وسیله نقلیه، و دیگری زمان سفر حرکتهای مختلف عبور از تقاطع بـرای نمونه‌ای از وسایل نقلیه حرکت مورد نظربود، به این منظـور از ۲ گروه آمارگیر استفاده شده بود. هر دو گروه داده‌هـای مربـوط بـه خود را که مربـوط بـه آمـار حجـم وسـایل نقلیـه و زمـان سـفر نمونه‌های مختلف رویکردهای تقاطع است توسـط دوربـین‌هـای فیلم برداری برداشت کردند. یک گروه فیلم برداری در تمام مدت آمارگیری از کل حرکتهایی که در تقاطع انجام می‌شـد فـیلم تهیـه می‌کرد، همچنین نحوه تهیه این فیلم به صورتی بود کـه محـدوده کل تقاطع را پوشش داده بود، به نحوی که در مدت فیلم بـرداری همه حرکتها قابل رویت باشند و به وسـیله آن توانـایی شـمارش حجم یکایک حرکتهای موجود در تقاطع را در دوره‌هـای زمـانی مورد نظر داشته باشیم، همچنین این دوربین در محلی مستقر بـود که علاوه بر شمارش وسایل نقلیه، نحوه خروج هر یک از وسایل

www.SID.ir

Archive of SID

نقلیه در تقاطع را فیلم برداری کند. در این مطالعه حجم وسایل نقلیه به تفکیک سواری شخصی، تاکسی، موتور و دوچرخه، مینی‌بوس، اتوبوس واحد، اتوبوس غیر واحد، وانت و وسایل‌نقلیه سنگین گردآوری شده است.همچنین با استفاده از ضرایب همسنگ سواری برای وسایل نقلیه مختلف، که در جدول(۲) ارایه شده‌اند، حجم ترافیک همسنگ سواری برای هر حرکت محاسبه شد. از آنجا که در پیاده‌سازی اطلاعات شمارش حجم، تفکیک سواری و مسافرکش تقریباً عملی نبود، با فرض این که ۲۵ درصد از سواری‌ها مسافرکش هستند از ضریب ۱/۲۵ استفاده شد.

جدول ۲. ضرایب همسنگ سواری برای انواع وسایل نقلیه

نوع وسیله	سواری و مسافرکش	تاکسی	وانت	موتور و دوچرخه	مینی‌بوس	اتوبوس		باری سنگین
						واحد	غیرواحد	
ضریب	۱/۲۵	۲	۱	۰/۵	۲/۵	۵	۲/۵	۲/۵

اطلاعات زمان سفر به این ترتیب جمع آوری شد که در هر رویکرد منتهی به تقاطع یک گروه فیلم برداری دو نفره، در محل ورودی خیابان مورد نظر به تقاطع (در محلی به اندازه کافی دور ازتشکیل صف تقاطع) مستقر شده و لحظه عبور وسایل نقلیه از خط رنگی مشخص شده (زرد رنگ) بر روی عرض سواره رو که به اندازه مکانی مشخص از محدوده تقاطع رسم شده است را فیلم برداری می‌کردند. نکته قابل توجه این موضوع است که در هر گروه فیلم برداری یک نفر مسؤول کنترل نحوه فیلم برداری از تقاطع و نفر دیگر مسئول هماهنگی بین امکانات لازم است.موضوع بسیار مهم در این حیث، زمان هماهنگی شروع بین دوربین فیلم‌برداری در محدوده تقاطع و دوربین واقع شده در محدوده هر ورودی تقاطع است. به این منظور قبل از شروع عملیات فیلم‌برداری، ساعت ثبت زمان بین تمامی‌گروههای فیلم برداری کنترل و مقرر شد تمامی گروههای فیلم بردار در یک لحظه مشخص کار فیلم برداری را شروع کنند. در این آمارگیری نحوه انتخاب وسایل نقلیه برای ثبت اطلاعات زمان سفر از اهمیت خاصی برخوردار بود. از بین وسایلی که از تقاطع عبور می‌کردند بهتر بود تمامی وسایل نقلیه انتخاب شوند. از سوی دیگر باید مقادیر تأخیر وسایل نقلیه سنگین نیز برداشت می‌شد، زیرا با توجه به الگوریتم راهنمای (CM2000) مقادیر فاصله عبور قابل قبول و همچنین زمان دنباله روی وسایل نقلیه سنگین با مقادیر وسایل نقلیه عادی فرق می‌کند و همسنگ سازی مقادیر تاخیر این وسایل از طریق همسنگ‌سازی ضرایب معادل انواع وسایل نقلیه سواری امکان‌پذیر نیست. از سوی دیگر چون احتمال توقف تاکسی و مسافر کش در بین راه زیاد است، سعی شد این وسایل نقلیه در نمونه انتخاب نشوند، به همین دلیل تا حد امکان از انتخاب «پیکان» خودداری شد، زیرا مسافر کش‌ها عمدتاً از این نوع هستند و بالاخره، انتخاب وسایل نقلیه برای ثبت زمان سفر باید به نحوی باشد که تعداد وسایل نقلیه مشترک در هر گروه فیلم برداری (تقاطع و رویکردها) بیشترین تعداد ممکن باشد. برای این منظور در اکثر رویکردها بیشتر وسایل نقلیه رنگی انتخاب شدند. این انتخاب را می‌توان در طول مدت آمارگیری که حجم جریان ترافیک تغییر می‌کند، متناسب با حجم ترافیک تغییر داد. همچنین در هنگام پردازش داده‌ها، از پردازش زمان سفرهای وسایل نقلیه نمونه‌ای که بیشتر از حد معمول بوده و به نوعی زمان سفر این وسایل نقلیه به وضعیت خود تقاطع و حجم‌های ورودی و خروجی ارتباط نداشته باشد، اجتناب شده است. به منظور محاسبه مدت زمان تأخیر وسایل نقلیه، مدت زمان سفر آزاد عبور از تقاطع از آن کم شد. مدت زمان سفر با انتخاب سرعت ٦٠، ٥٠ و ٤٠ کیلومتر به ترتیب برای خیابان‌هایی از نوع شریانی درجه ۱ و شریانی درجه ۲ و جمع و پخش کننده محاسبه شد[۱۱]. در نهایت برای هر حرکت در تقاطع، متوسط زمان عبور از تقاطع در بازه‌های زمانی ۵ دقیقه‌ای تعیین شد.

۲-۱ بررسی رفتار رانندگان در تقاطعات بدون چراغ

به منظور بررسی نوع رفتار رانندگان در تقاطعات بدون چراغ علاوه بر بررسی سه تقاطع خیابانهای بختیاری – جانبازان، داود آبادی – نبرد، مدائن – گلبرگ، که مقادیر حجم و تأخیر وسایل نقلیه توسط روش فیلم برداری بررسی شد، ۸ تقاطع دیگر به منظور بررسی رفتار رانندگان در سطح شهر تهران انتخاب شدند. در این تقاطع‌ها رفتار و خصوصیات رانندگان توسط فرمهای ارزشیابی و پرسشنامه مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. در انتخاب این تقاطع‌ها سعی بر این بود که موقعیت آنها با توجه به کاربری‌های اطراف و ویژگیهای فرهنگی و اقتصادی اقشار مردم در مناطق مختلف شهر مورد ارزیابی قرار گیرد. همچنین هدف از بررسی رفتار رانندگان، تحلیل دلایل فرهنگی و سطح آموزش و ارزیابی درصد مقدار رانندگان آشنا به قوانین راهنمایی و رانندگی و ارزیابی واکنش آنها در مورد فواصل عبوری قابل قبول و زمان

www.SID.ir

Archive of SID

دنباله روی وسایل نقلیه بود. در انتخاب این تقاطعات، به‌منظور بررسی رفتار گوناگون رانندگان در شرایط یکسان به‌منظور پردازش آنها، سعی بر آن شد که این رفتار تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل توقف‌های متعدد وسایل نقلیه مسافربر، تردد عابرین پیاده و تأثیر تقاطعات اطراف قرار نگیرد. بنابراین در انتخاب این تقاطع‌ها، موارد زیر مورد توجه قرار گرفتند.

الف) نبود شیب طولی زیاد در رویکردها. ب) شکل هندسی تقاطع که به‌صورت چهارراه با زوایای قائمه بود. ج) نبود عوارض کریدور عابرپیاده در مثلث دید رویکردهای فرعی. د) تنوع گوناگون جهات حرکت در رویکردهای تقاطع.

در زیر نام تقاطع‌های مورد مطالعه و موقعیت آنها اشاره شده‌است:

۱)تقاطع خیابانهای دستگردی – نصیری. ۲) تقاطع خیابانهای ستارخان – شهرآرا. ۳) تقاطع خیابانهای هنگام – تکاوران. ٤) تقاطع خیابانهای عدل – نیلوفر. ٥) تقاطع خیابانهای بختیاری– جانبازان. ٦) تقاطع خیابانهای مدائن – گلبرگ. ۷) تقاطع خیابانهای طوس – استادمعین. ۸) تقاطع خیابانهای کمیل – خوش. ۹) تقاطع خیابانهای پنجم نیروهوایی_نهاوندی. ۱۰) تقاطع خیابانهای داودآبادی – نبرد. ۱۱) تقاطع خیابانهای میرفتاح فاطمی– بوعلی.

۲-۱-۱ روش ارزیابی

ارزیابی رفتار رانندگان از راه مشاهده و مطالعات میدانی همراه با مصاحبه حضوری با راننده‌ها انجام شد. درتقاطعات مورد مطالعه سعی بر آن بود که تقاطعات از لحاظ ویژگیهای هندسی و حرکات عبوری متنوع باشند. نحوهٔ ارزیابی رانندگان به این نحو بود که دو نفر در هر رویکرد تقاطع به منظور پر کردن فرم مطالعاتی در نظر گرفته شدند. نحوهٔ ارزیابی رفتار رانندگان از دو بخش تشکیل می‌شد. در بخش اول راننده موردنظر قبل از انجام مانور حرکت خود در تقاطع انتخاب می‌شد. در انتخاب رانندگان وسایل نقلیه سعی بر آن بود که تمام رده‌های سنی در تقسیم بندی آقایان و خانمها مورد نظر قرار گیرند. همچنین با توجه به موقعیت تقاطع، نحوهٔ عملکرد، تقاضای عبوری، کیفیت روشنایی، در ۵ تقاطع ارزیابی رانندگان در دو وقت صبح (ساعت۹ الی۱۱) و عصر ساعت (۱۷الی ۲۱) انجام گرفت. انتخاب تعداد نمونه‌ها با توجه به میزان جریان عبوری، سختی حرکت وسایل نقلیه، پتانسیل توقف رانندگان، انجام شد و سعی بر آن بود که در هر حرکت تعداد ۱۵ الی ۳۰ نمونه مورد ارزیابی قرار گیرند. همچنین انتخاب نوع وسایل نقلیه نیز در این ارزیابی مورد توجه قرار گرفت و سعی بر آن شد که انواع وسایل نقلیه، اعم از سواری شخصی، تاکسی، اتوبوس واحد، وانت موتور و کامیون در نظر گرفته شوند. همچنین در انتخاب وسایل نقلیه شخصی، سعی بر آن بود که خودروهای مختلف با توجه به مدلهای آنها (خودروهای فرسوده و خودروهای نو) و همچنین قیمت آنها مورد بررسی قرار گیرند. در این بخش نحوهٔ استقرار آمار برداران به این صورت بود که رفتار رانندگان را تحت تأثیر قرار ندهند، به نحوی که خودروی موردنظر، قبل از انجام مانور مورد نظر خود انتخاب می‌شد و توسط یک نفر گزینه‌های مربوط به نوع رفتار، مشخصات وسایل نقلیه، نوع حرکت مورد نظر در فرم مربوطه ثبت می‌شد. پس از انجام مانور در خروجی تقاطع از راننده در خواست توقف و انجام مصاحبه صورت می‌گرفت. بدیهی است که تمام وسایل نقلیه انتخاب شده، امکان توقف و انجام مصاحبه مربوطه را نداشتند و همچنین بعضی از رانندگان از انجام مصاحبه و تکمیل فرم خودداری به عمل می‌آوردند. در ذیل ، نمونهٔ فرم مصاحبه و موارد مشخص شده در آن ارایه شده است.

فرم ارزیابی رفتار رانندگان

تاریخ: **روز:** **ساعت:**

جنس: **سن:**

سطح تحصیلات:

نام تقاطع: **نحوه کنترل تقاطع:** **نوع حرکت:** **نوع رویکرد:**

رعایت نحوه کنترل تقاطع: **بلی** **خیر**

آشنایی با مقررات راهنمایی و رانندگی در تقاطع‌های بدون چراغ:

بلی **خیر** **متوسط**

نوع وسیله نقلیه:

مقدار فاصله عبور قابل قبول در تقاطع ____ ثانیه

تولید فاصله عبور قابل قبول **بلی** **خیر**

رعایت عبور عابر پیاده **بلی** **خیر** **هیچ کدام**

زمان دنباله روی وسیله نقلیه در صورت انجام آن_____

در صورت عدم رعایت حق تقدم و یا عدم رعایت فاصله قابل قبول علت چیست؟

تحمل تأخیر طولانی برای عبور از تقاطع

عجله زیاد برای رسیدن به مقصد

عدم رعایت قانون هماهنگی توسط رانندگان

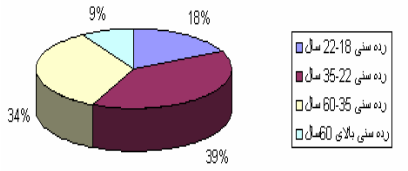
غیره...

www.SID.ir

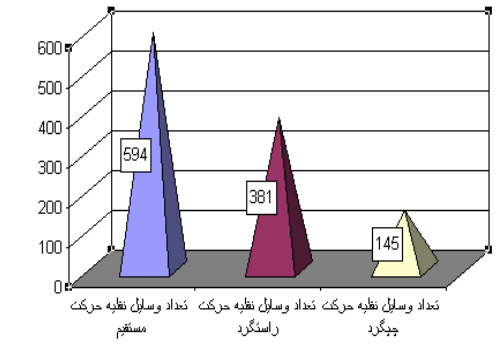
Archive of SID

۲-۱-۲ اطلاعات و آمار مورد ارزیابی

پس از انجام ارزیابی‌های انجام شده و تکمیل فرمهای پرسشنامه، ۱۵۳۷ راننده مورد انتخاب قرار گرفتند. از این تعداد ٤١٤ نمونه (۲۷٪) به دلایلی مانند عدم امکان توقف و یا خودداری رانندگان از انجام مصاحبه، قابل بررسی نبودند. از تعداد نمونه‌های ارزیابی شده در این آمارگیری۱۵۷ نمونه (١٤٪) مربوط به خانمها و ۹٦٥ (۸٦٪) مربوط به آقایان بود. همچنین ۸۰۷ نمونه (۷۲٪) در هنگام صبح و ۳۱۵ نمونه (۲۸٪) در هنگام شب مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین ۷۲ نمونه در حدود(۷٪) نمونه‌ها در روزهای بارانی و شرایط جوی نامساعد مورد ارزیابی قرار گرفتند. از تعداد نمونه‌های ارزیابی شده ٥٩٤ نمونه (٥٣٪) مربوط به حرکات مستقیم، ۳۸۱ (٣٤٪) مربوط به حرکات گردش به راست و ١٤٥ نمونه (۱۳٪) مربوط به حرکات گردش به چپ بودند. از تعداد نمونه‌های ارزیابی ۲۰۱ نمونه (۱۸٪) آمار سنی بین ۱۸ الی ۲۲ سال، ٤٣٧ نمونه (۳۹٪) آمار بین ۲۲ الی ۳۵ سال، ۳۸۱ نمونه (٣٤٪) آمار بین ۳۵ الی ٦٠ ساله و ۱۰۰ نمونه (۹٪) آمار سنی بالای٦٠ سال داشتند. به طور تقریبی ارزیابی هر راننده ۲ الی ۹ دقیقه زمان گرفت و این مطالعه با توجه به هماهنگی بین مسئولان ذیربط، شناسایی منطقه و ارزیابی انجام گرفته در تقاطعات، حدود ۲/۵ ماه به طول انجامید. در شکلهای ۳ و ٤ خصوصیات انواع حرکات و رانندگان مورد مطالعه ارایه شده است.



شکل ۳. تعداد حرکات وسایل نقلیه به تفکیک نوع

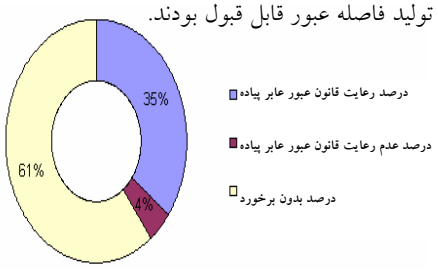


شکل٤. رده سنی رانندگان

۲-۱-۳ نتایج به دست‌آمده از ارزیابی رفتار رانندگان توسط فرمهای ارزشیابی:

پس از ارزیابی به عمل آمده در تمام تقاطعات مورد مطالعه و پردازش داده‌ها، نتایج زیر به دست آمدند:

۱)برای این که رانندگان بتوانند فاصله عبور قابل قبول بحرانی را شناسایی کنند، فاصله دید در تقاطع از اهمیت بسزایی برخوردار است.۲) در تقاطعاتی که خیابان اصلی دارای چند خط عبوری است، رانندگان خیابان فرعی سرفاصله عبوری قابل قبول خود را در چندین مرحله به دست می‌آورند. ۳) در تقاطعاتی که حجم عبوری تقاطع در حد اشباع است، رانندگان خیابان فرعی، با انجام حرکات تدریجی، سرفاصله عبور قابل قبول را خود تولید می‌کنند.٤) در کل نمونه‌های مورد ارزیابی، ۷٦۲ نمونه (٦٨٪) سر فاصلهٔ عبوری قابل قبول را خود با افزایش سرعت و تحمیل توقف و کاهش سرعت در وسایل نقلیه خیابان اصلی، تولید کردند. ٥) در کل نمونه‌های ارزیابی شده، ٤٨٢ (٤٣٪) نمونه، علت عدم رعایت حق‌تقدم و یا عدم رعایت فاصله عبور قابل قبول بحرانی را عدم رعایت قانون همگانی توسط رانندگان و ضعف فرهنگ‌سازی دانسته و ٦٠٥ (٥٤٪) نمونه‌ها، علت را تحمل تأخیر طولانی و تقاضای عبور زیاد وسایل نقلیه عنوان کرده‌اند. ٦) فاصله عبور قابل قبول پذیرفته شده توسط اکثر رانندگان بین ۲ الی۳ ثانیه بود.۷) حرکت گردش به چپ نیازمند فاصله عبورقابل قبول بیشتری (۱ الی۲ ثانیه) نسبت به حرکت مستقیم و گردش به راست بود. ۸) اثرات اختلاف سنی در روز واضح‌تر از شب بوده و رده سنی بین ۲۲ الی۳۵ سال فاصله عبور قابل قبول کمتری را نسبت به سایر گروه‌های سنی می‌پذیرفتند. ۹) فاصله عبور قابل قبول در زنان (۲ الی۳) ثانیه بیشتر از آقایان بود.۱۰) فاصله عبورقابل قبول توسط رانندگان وسایل نقلیه گرانقیمت بیشتر از خودروهای فرسوده (۲ الی ٤ ثانیه) بود، و سرنشینان موتور و وسایل نقلیه سنگین و تاکسی‌ها از شاخصهای عمده تولید فاصله عبور قابل قبول بودند.



شکل ۵. ارزیابی نحوه برخورد رانندگان با عابران پیاده

www.SID.ir

Archive of SID

۱۳) به طورتقریبی وسایل نقلیه سنگین، نیازمند فاصلهٔ عبور قابل قبول بیشتری نسبت به وسایل نقلیه سواری بودند. در حالت کلی یک کامیون ساده به فاصله عبور قابل قبول بحرانی به اندازه ۱ تا ۲ ثانیه بیشتر از وسایل نقلیه سواری نیاز داشت و یک اتوبوس واحد به فاصله عبور قابل قبول بحرانی به اندازه ۱ تا ۲ ثانیه بیشتر از کامیون ساده نیاز داشت. ١٤) در این نمونه‌های مورد ارزیابی ۳۹۹ نمونه (۳۵٪)، قانون رعایت عبور عابرپیاده را رعایت کردند و ۵۰ نمونه (٤/٤٪) این قانون را رعایت نکردند و(٦٠٪) نمونه‌ها نیز در هنگام عبور از تقاطع با عابر پیاده برخورد نکرده‌اند.۱۵) زمان دنباله روی بین وسایل نقلیه خیابان فرعی در حدود(۱ الی۲ ثانیه) بود.

۲-۲ استخراج مقادیر فواصل قابل عبور بحرانی و زمان دنباله‌روی با استفاده از روش فیلم برداری

در این بخش به منظور بررسی علمی رفتار رانندگان در قبول فواصل عبور بحرانی و زمانهای دنباله روی فیلمهای‌گرفته‌شده ازتقاطع‌خیابانهای بختیاری- جانبازان، داودآبادی - نبرد، مدائن- گلبرگ مورد ارزیابی قرار گرفتند. هدف از انجام این مطالعه میدانی تعیین فاصله عبور قابل قبول در خیابان اصلی که توسط رانندهٔ خیابان فرعی پذیرفته یا رد شده و همچنین زمان دنباله روی وسایل نقلیه در خیابان فرعی بود. پایه و اساس روش مطالعه در این قسمت، مطالعاتی است که در سال ۱۹۹۹ توسط آقای Harwood انجام شد[۸]. هدف از انجام این مطالعه اصلاح فاصله دید در تقاطعات بدون چراغ براساس روش فاصله عبوری قابل قبول بود.

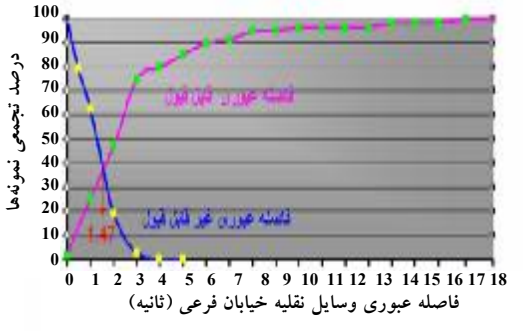
۲-۲-۱ نحوهٔ استخراج مقادیر فواصل عبور قابل قبول و زمان دنباله‌روی

در این قسمت برای به دست آوردن مقادیر فواصل عبور قابل قبول با توجه به نوع رفتار رانندگان در شهرتهران، فیلم‌های تقاطعات مورد بازبینی قرار گرفتند. داده‌های میدانی شامل مقادیر gap و lag بودند که توسط راننده پذیرفته یا رد می‌شد. منظور از(gap) سر فاصله زمانی بین دو وسیله در خیابان اصلی است که وسیله نقلیه در خیابان فرعی برای انجام حرکت موردنظر خود انتخاب یا رد می‌کند و منظور از lag زمان باقی مانده از (gap) است؛ هنگامی که وسیله نقلیه در خیابان فرعی به خط ایست می‌رسد و یا شروع به حرکت به داخل خیابان اصلی می‌کند. طول زمان (gap) هم برابر است با زمان سپری شده بین دو وسیله نقلیه متوالی در خیابان اصلی، هنگامی که از خط مرکزی تقاطع عبور می‌کنند. پذیرش یا رد مقادیرgap وlag به این صورت ارزیابی شد که هنگامی که یک وسیله در خیابان فرعی به خط ایست می‌رسد، مقدار lag موجود را ارزیابی می‌کند، اگر راننده lag اولیه را بپذیرد و مانور خود را انجام دهد، این lag ثبت می‌شود واگر lag اولیه را رد کند، این lag به عنوان lag رد شده ثبت می‌شود و بعد از آن راننده مقادیر (gap)های دیگر را بررسی می‌کند. اگر راننده یک (gap) خاص را رد کند، طول آن (gap) به عنوان یک (gap) رد شده، یادداشت می‌شود و اگر راننده یک (gap) را قبول کند، طول آن (gap) به عنوان یک gap پذیرفته شده در نظر گرفته می‌شود. در این استخراج مانورهایی در خیابان فرعی در نظر گرفته شدند که تنها به طور مستقیم تحت تأثیر حرکت وسایل نقلیه در خیابان اصلی بودند، به عنوان مثال اگر وسیله نقلیه در خیابان فرعی، حرکت گردش به راست را انجام می‌داد و وسیله نقلیه در خیابان اصلی به جای حرکت مستقیم، حرکت گردش به راست یا چپ انجام می‌داد، آن نمونه در خیابان فرعی در نظر گرفته نمی‌شد و یا اگر انجام حرکت در خیابان فرعی به صورت محافظت شده توسط حرکت دیگری در خیابان فرعی انجام می‌شد، آن نمونه نیز در نظر گرفته نمی‌شد. همچنین فواصل عبوری قابل قبول بالاتر از ۱۸ ثانیه در این مطالعه حذف شدند. برای پردازش و به دست آوردن اطلاعات و مقادیر فواصل عبور قابل قبول، در هر سه تقاطع فیلم‌برداری شده، با توجه به روش توضیح داده شده، تمام نمونه‌های واجد شرایط مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای هر تقاطع ۳ نوع حرکت، مستقیم، گردش به راست و گردش به چپ بررسی شدند. در پایان با توجه به تعداد نمونه‌های واجد شرایط مقادیر فاصله عبور قابل قبول برای هر حرکت تقاطع توسط نمودار Raff به دست آمد که در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ مشخص شده است. در این نمودارها که اولین بار توسط Raff بنیان نهاده شد، نوع رفتار رانندگان در پذیرش و عدم پذیرش فواصل عبوری و همچنین مقدار پذیرش و عدم پذیرش این فاصله بر حسب ثانیه برای هر نمونه و رسم هیستوگرام جامعه آماری بر اساس درصد فراوان تجمعی و به دست آوردن محل برخورد و تعیین فاصله عبور قابل قبول بحرانی ارایه شده است.

www.SID.ir

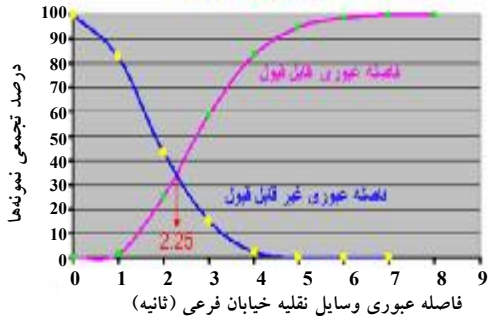
Archive of SID

فاصله عبور قابل قبول بحرانی برای حرکت گردش به راست خیابان فرعی کلیه تقاطعات توسط روش RAFF



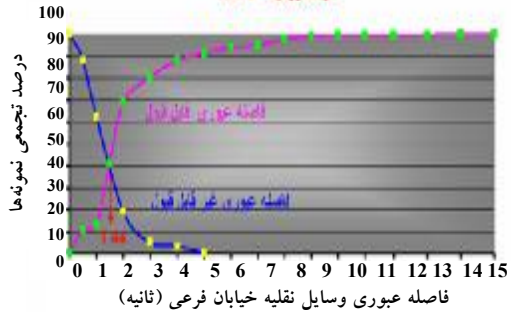
نمودار۱. مدل Raff برای حرکت راستگرد کل تقاطعات

فاصله عبور قابل قبول بحرانی حرکت گردش به چپ خیابان فرعی کلیه تقاطعات توسط روش RAFF



نمودار ۲. مدل Raff برای حرکت چپگرد کل

فاصله عبور قابل قبول بحرانی حرکت مستقیم خیابان فرعی کلیه تقاطعات توسط روش RAFF



نمودار۳. مدل Raff برای حرکت مستقیم کل تقاطعات

درمجموع ٦٥٦ نمونه با توجه به نوع پذیرش و طبقه‌بندی ذکر شده درمورد فواصل عبوری قابل قبول تقاطعات، مورد ارزیابی قرار گرفتندکه ١٦٠ نمونه مربوط به حرکت‌های گردش به راست ٣٧٠ نمونه مربوط به حرکت‌های مستقیم و ١٢٦ نمونه مربوط به حرکت گردش به چپ بودند. در نهایت با برازش منحنی‌های Raff و به دست آوردن محل برخورد نقطه بحرانی، مقادیر فواصل عبوری قابل قبول بحرانی و همچنین میانگین فواصل دنباله‌روی برای حرکت‌های مختلف وسایل نقلیه خیابان فرعی و با توجه به رفتار رانندگان به دست آمده در جدول (٣) ارایه شده است:

جدول۳. مقادیر فواصل عبوری قابل قبول بحرانی و زمان دنباله‌روی برای تقاطعات مورد مطالعه شهر تهران

نوع حرکت	فاصله عبوری قابل قبول بحرانی (ثانیه)	زمان دنباله‌روی بحرانی (ثانیه)
گردش به راست خیابان فرعی	١/٤٧	١/٢٥
مستقیم خیابان فرعی	١/٤٤	١/١
گردش به چپ خیابان فرعی	٢/٢٥	١/٦

٣. بررسی ارزش علمی مطالعات انجام شده

با توجه به رفتار رانندگان، میزان فواصل عبوری قابل قبول در تقاطعات مورد مطالعه اصلاح شد و برای تمام تقاطع‌ها در بازه‌های زمانی ١٥ دقیقه با مقادیر مشاهده شده،مقایسه انجام شد. در جدول ٤ مقایسه مقادیر تأخیر تقاطعات مورد مطالعه ارایه شده است.

جدول ٤. مقایسه میزان تأخیر تقاطع‌های مورد مطالعه

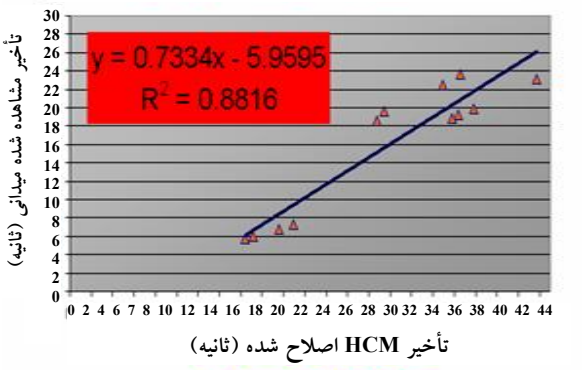
نام تقاطع / رویکرد		رویکرد (EB)	رویکرد (EB)	رویکرد (EB)	رویکرد (EB)	محل تقاطع
بختیاری جانبازان	تاخیر میدانی (ثانیه)	١٧/٨٦	٢٧/٣٨	٢١		٣١/٨٩
	تاخیرHCM	٠	٣/٨٦	٦٥٠٠٣/٧	–	٢٧٢٨٦
	تاخیرHCM اصلاح‌شده	٠	١	١١٢/٣	–	٣٢/٧
مدائن گلبرگ	تاخیر میدانی (ثانیه)	٤/٤٨	١١/٨٨	٨/٠٨	–	٦/٦١
	تاخیرHCM	٠/٥٤	/٥ ١٩٠٦	٤٩٧٧/٨٠	–	/٣ ١٢٤٧
	تاخیرHCM اصلاح‌شده	٠/٥	٤٤/٥	٥٦/٤٣	–	١٨/٥٤
داوود آبادی نبرد	تاخیر میدانی (ثانیه)	٣٢/٦٨		٢١/٤٣	١٠/١٥	/٦٠٨ ٢٠
	تاخیرHCM	٣٢٠٧٩	–	٧/٨٤	٢/٦٤	٧٠٤٢
	تاخیرHCM اصلاح‌شده	١٦٩/٩	–	١	٢/٥	٣٤/٨٩

www.SID.ir

Archive of SID

همان طور که مشاهده می‌شود با انجام تغییرات در مقادیر پارامترهای فواصل عبوری قابل قبول و زمان دنباله‌روی، ضریب برازش اصلاح و تأثیر آن در مقدار تأخیر تقاطعات مورد مطالعه (R^2 = ۰/۸۸) است، که بسیار قابل توجه بوده و در نمودار (٤) نشان داده شده است.

نمودار مقایسه مقدار تأخیرHCM اصلاحی و تأخیر مشاهده شده



نمودار٤. مقایسه مقدار تأخیر HCM اصلاحی و تأخیر مطالعه شده

٤. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

به منظور استفاده ازدستور العمل تحلیل تقاطعات بدون چراغ کشور آمریکا (HCM)و تطبیق آن با شرایط رفتار رانندگان در کشور ایران ۱۱ تقاطع مورد انتخاب قرار گرفتند. در۳ تقاطع آمارگیری حجم ترافیک وزمان سفرو مقادیر فواصل عبور قابل قبول بحرانی توسط رانندگان با روش فیلم برداری پردازش شد، و در ۸ تقاطع نحوه رفتار رانندگان در عبور از تقاطع توسط پرسشنامه مورد ارزیابی قرار گرفت. با به دست آوردن مقادیر فواصل عبور قابل قبول بحرانی توسط روشهای ریاضی برای هر حرکت با توجه به رفتار رانندگان در تقاطعات مورد مطالعه و اصلاح این مقادیر در دستور العمل(HCM) و مقایسه مقادیر تأخیر اصلاح شده با تأخیر اولیه از این دستور العمل با ضریب برازش (R^2 = ۰/۸۸) باتوجه به ناهمفزونی اطلاعات و احتمالی بودن زمان تأخیر در حد قابل قبولی است. همچنین با توجه به بهبود فاصله بین مقادیر تأخیر میدانی و روش HCM اصلاح شده توسط فواصل عبوری قابل قبول بحرانی به دست آمده، اهمیت تصمیم و نوع رفتار رانندگان بیشتر از موارد دیگر آشکار می‌شود. در پایان با توجه به الگوریتم HCM که برای خیابان اصلی بجز در موارد خطوط عبوری مشترک تأخیر برای گروه اول اولویت عبوری در نظر نمی‌گیرد، می‌توان برای این حرکات نیز همانند حرکت‌های دیگر، گروه‌های دارای اولویت عبوری ظرفیت پتانسیل و اثرات بازدارندگی متقابل را با توجه به حجم پیشنهادی در نظر گرفت و با توجه به مقادیر تعدیل، مقدار تأخیر را حساب کرد. ب) با توجه به نوع رفتار رانندگان در کشور ایران و با توجه به نوع این رفتار در زمان‌های همسان روی وسایل نقلیه و تولید فاصله عبور قابل قبول توسط وسایل نقلیه خیابان فرعی و با توجه به الگوریتم‌های تکمیلی و نامساویهای تغییری که قابل شبیه سازی توسط نرم افزارهای شبیه ساز(ARENA)، می‌توان اقدام به ساخت برنامه شبیه سازی نحوه عبور رانندگان در تقاطعهای بدون چراغ کرد.

٥. مراجع

1. Kyte, M. C., Clemow, N., Mahfood, B.K., Lall, B. and Khisty, C. J. (1990) "Capacity and delay characteristics of two-way stop–controlled intersection", TRR 1320.Transportation Research Board Washington, D. C.

2. Lu, J. and Lall, B. "Empirical analysis of traffic characteristicts of two–way stop controlled intersections", Journal of Transportation Research Record 1995, "Transportation controlled intersection", TRR 1320, Transportation ResearchBoard, Washington, D. C. pp. 49-56

3. Al- Omrin, B.H and Benekhal, R.F. (1999) "Hybrid dealy models for unsaturated two-way stop controlled intersections" Journal of Transportation Engineering, Vol.125.

4. Trout Beck, R.J. (1992) "Estimating the critical acceptance gap from traffic movements: Research. Report No. 92-5, Queensland University of Technology. Bir Lone, Queensland, Australia.

5. National Association of Australian State Road Authorities (1988) "Intersections at grade; Guide to traffic engineering practice", Australia: NAASRA.

6. Torstem, Bergh and Dardak, Herman (1994) "Capacity of unsignalised intersections and weaving areas in Indonesia", Proceedings of the Second Iinternational Symposium on Highway Capacity.

www.SID.ir

Archive of SID

7. Transportation Reseearch Board. National Research Council (2000) "Highway capacity manual", Washington D.C. TRB.

8. Harwood, W., Mason, John M. and Brydia, Robert E. (1999) "Design policies for right distance at stop–controlled intersection based on gap acceptance", Transportation Research Board, A33., No. 199-216.

۹. مرکز مطالعات حمل‌ونقل. دانشگاه صنعتی شریف. (۱۳۷۵) "تابع زمان تأخیر در تقاطع‌ها بدون چراغ راهنمایی"، مطالعات جامع حمل‌ونقل مشهد، گزارش ۰٤-۷۵، تهران: مرکز مطالعات حمل‌ونقل، دانشگاه صنعتی شریف.

۱۰. شهپر، امیر حسین (۱۳۸۱) " تابع تأخیر تقاطعات بدون چراغ راهنما (پایان نامه) دانشگاه صنعتی شریف"، ۱۳۸۱.

۱۱. شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران (۱۳۷٤) " مطالعات تابع زمان سفر – حجم"، گزارش شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، ۱۱.

پانویس‌ها

1- U - Turn

2- Equilabre Multimodal ، Multimodal Eqiuilibaium/2

3- Gap acceptance

4- Follow- up time

5- Two- way stop controlled

6- All - way stop controlled

7- Opposing Approach

8- Conflicting Approach

9- Head way

www.SID.ir