

بررسی شاخص‌های جایگزینی تقاطعات چراغ‌دار شهری بوسیله کاربرد دوربرگردان (U-Turn)

دکتر شهریار افندی‌زاده – مهندس رضا گلشن‌خواص
دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده:

امروز معضل ترافیک در بسیاری از شهرهای بزرگ دنیا، بخش عمده‌ای از وقت و سرمایه شهروندان را مصروف خود می‌سازد. در چنین شهرهایی استفاده از راهکارهای مدیریتی در زمینه عرضه و تقاضا، عموماً بعنوان راه‌حل‌های موقت برای مشکلات موجود مطرح می‌باشد. طرح‌های افزایش عرضه سیستم حمل و نقل همچون احداث بزرگراه‌های جدید، تعریض معابر موجود، ایجاد تقاطعات غیر همسطح و ... بعنوان طرح‌های زیربنایی پر هزینه در بیشتر موارد در شبکه حمل و نقل شهری بطور کامل اجرا نشده است. بهره‌مندی از روش‌های کم هزینه و زودبازده سبب می‌شود شبکه معابر شهری تا زمان تکمیل طرح‌های زیربنایی از مزایای طرح‌های کوچکتر در زمانی کوتاه‌تر برخوردار شود.

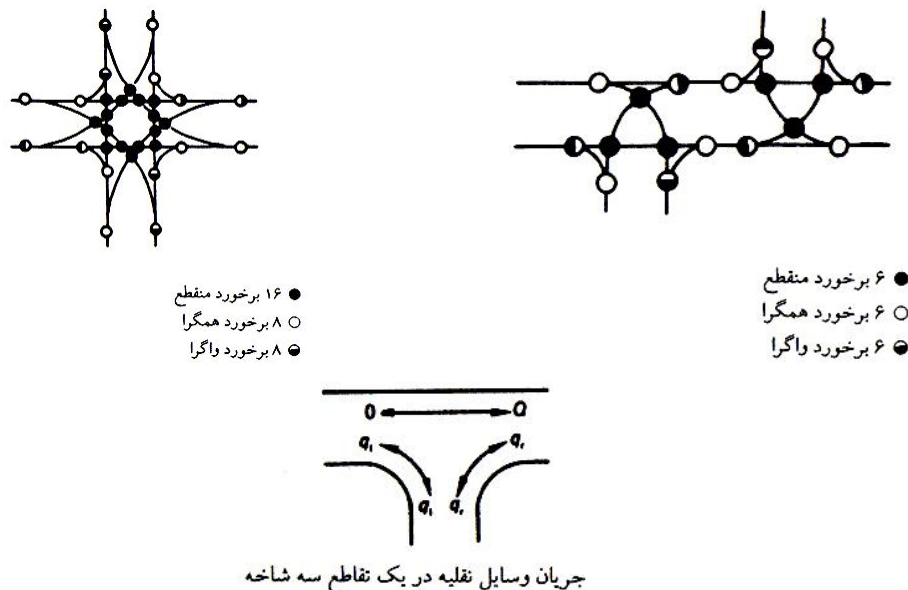
در رعایت سلسله مراتب شبکه معابر، بزرگراه‌ها باید فاقد تقاطعات همسطح باشند. با توجه به وجود تعداد زیادی تقاطع همسطح در شبکه بزرگراهی و عدم وجود بودجه کافی برای غیر همسطح نمودن آنها، یکی از روش‌های مدیریتی دسترسی حذف کلیه حرکتهای چپ‌گرد و نیز حرکت مستقیم مسیر فرعی در محل تقاطع است که با استفاده از دو دوربرگردان در دو سوی محل تقاطع برای تأمین دسترسی‌های محدود شده انجام می‌گیرد. در این تحقیق تلاش شده است تا با مقایسه وضعیت تقاطع، قبل و بعد از احداث دوربرگردان، به ارائه روشی جهت تصمیم‌گیری برای انتخاب نوع کنترل تقاطع بصورت دوربرگردان اقدام شود.

هدف از طراحی تقاطع، کاهش شدت برخوردهای ممکن بین وسایل نقلیه (و نیز عابران پیاده) است در حالی که حداکثر آسایش و سهولت حرکت برای وسایل نقلیه فراهم شود. به طور کلی در طراحی تقاطعهای همسطح چهار عنصر اصلی در نظر گرفته می‌شود:

۱. عوامل انسانی مانند عاداتهای رانندگی و زمانهای تصمیم‌گیری و عکس‌العمل
۲. ملاحظات ترافیکی مانند ظرفیتهای و حرکات گردش، سرعت وسایل نقلیه، ابعاد و توزیع وسایل نقلیه
۳. عناصر فیزیکی مانند ویژگیها و کاربری زمینهای مجاور، فاصله دید و مشخصه‌های هندسی
۴. عوامل اقتصادی مانند هزینه‌ها، سودها و مصرف انرژی [1]

۱-۱- سطوح برخورد در تقاطعها

شکل ۱ جریانهای وسیله نقلیه و مانورهای همگرایی، واگرایی و عبور از عرض را برای تقاطع چهار شاخه ساده و برای یک تقاطع پیچیده تر نشان می‌دهد. در حالتی که یک تقاطع معمولی دوخطی، دوطرفه چهار شاخه مدنظر قرارگیرد، ۱۶ نقطه برخورد عبوری، هشت نقطه برخورد در همگرایی و هشت نقطه دیگر در واگرایی وجود دارد. تقاطع T شکل که در شکل نشان داده شده، تقریباً همان عملکرد تقاطع چهار شاخه را نشان می‌دهد، اما فقط شامل ۶ نقطه برخورد عبوری، سه نقطه برخورد در واگرایی و سه نقطه در همگرایی است. اما این دلیلی بر برتری تقاطع T شکل بر تقاطع چهار شاخه نیست. عوامل متعدد دیگری نیز وجود دارد که نقش مهمی در تصمیم‌گیری درباره مزایای انتخاب نوع یا طرح تقاطع ویژه برای هر محل خاص ایفا می‌کنند. [4]



شکل ۱: جریانهای وسایل نقلیه و حرکات عبوری، همگرایی و واگرایی

۲-۱- انواع کنترل‌های تقاطع:

حداقل شش روش اصلی برای کنترل ترافیک در تقاطعها وجود دارد که هر يك از آنها به نوع تقاطع و حجم ترافیک در هر يك از جریانهاي وسیله نقلیه بستگی دارد: [2]

- تابلوهای توقف
- میادین
- تابلوهای احتیاط
- تقاطعهاي بدون کنترل
- جریانبندی تقاطع
- دستگاه چراغ راهنمایی

۲- مدیریت دسترسی

ساز و کار مدیریت ارتباطات شبکه معابر با کاربریهای مختلف شهری همزمان با ایمنی و کارایی سیستم شبکه معابر تحت عنوان مدیریت دسترسی^۱ نامیده می شود [8]. بکارگیری تکنیکهاي مدیریت دسترسی به فرایند دستیابی به توازن میان حرکت جریان ترافیک و دسترسی به سایر نقاط بوسیله کنترل دقیق موقعیت، نوع و چگونگی طراحی معابر و تقاطعات شهری کمک فراوانی می نماید.

ابزارهای مدیریت دسترسی، کنترل و قاندهمند نمودن طراحی عرض و شکل رفیوژهای میانی، محل و چگونگی بریدگی و بازشدگی رفیوژها، تقاطعات داخل بزرگراهها و نیز علائم ترافیکی و چراغهای راهنمایی می باشد. موارد مورد بحث در مدیریت دسترسی عبارتست از:

- نوع و طراحی جداکنندههای مسیر و بریدگیهای آن
- موقعیت و فضای تقاطعات
- موقعیت، فضا و طراحی اتصالات خیابانهای شریانی و فرعی ها
- موقعیت، طراحی و عملکرد خیابانهای فرعی، نقش مهمی در مدیریت دسترسی ایفا می نماید. تعداد تصادفات و برخوردها در محل اتصال فرعی ها به خیابانهای شریانی نسبت به سایر محلهای طول مسیر، از رقم بالاتری برخوردار است، لذا باید در طراحی و تعیین موقعیت این تقاطعات توجه ویژه ای مبذول شود. [5]

تکنیک های مدیریت دسترسی در قالب ۶ گروه طبقه بندی می شود. در این گروهها سعی بر آنست که فراوانی و شدت برخوردها کاهش یابد:

- محدود کردن نقاط احتمالی برخورد
- جدا کردن محدودههای برخورد
- حذف وسایل نقلیه گردش از حرکت مستقیم
- کاهش تعداد حرکت های گردش کننده
- بهبود عملکرد فرعی ها

¹Access Management

– بهبود عملکرد مسیر اصلی (شریان)

در مجموع، مزایای کاربرد تکنیکهای مدیریت دسترسی به صورت ذیل قابل ذکر است:

- بهبود جریان ترافیک و مصرف سوخت
- افزایش ظرفیت شبکه معابر
- کاهش آلودگی وسایل نقلیه
- کاهش زمان تأخیر شبکه
- افزایش ایمنی شبکه معابر

در مدیریت دسترسی، همانطور که بیان گردید، به بحث نوع تقاطعات و وضعیت رفیوژهای میانی و در شریانهای اصلی به طور خاص پرداخته می شود.

ایجاد تقاطع در هر مسیر بعنوان بخشی از ساز و کار مدیریت دسترسی از لازمه های شبکه معابر می باشد. نوع تقاطع از نظر همسطح یا غیر همسطح بودن، چراغدار بودن یا بدون چراغ بودن، نوع چراغ راهنمایی از نظر زمانبندی و فازبندی مطالبی است که بسته به نوع دسترسی های مورد نظر، نوع مسیرهای تلاقی کننده و حجم وسایل نقلیه عبور کننده مورد توجه قرار می گیرد.

در بزرگراهها و آزادراهها عدم وجود تقاطع به صورت همسطح از گزینه های ضروری طراحی تقاطعات بزرگراه است، لذا در چنین مسیرهایی تقاطعات در غالب موارد به صورت غیر همسطح طراحی می شود. هزینه های بسیار زیاد طراحی و اجرای تقاطعات غیر همسطح از قبیل پلها و زیر گذرها، مدت زمان طولانی اجرای آنها و محدودیت های بودجه ای در بسیاری از موارد باعث شده است که دسترسی کاربریهای دو سوی شریانهای اصلی با مشکل مواجه بوده و یا توسط تقاطعات همسطح چراغدار با زمان ثابت برقراری ارتباط نمایند که این امر با اصول طراحی شریانهای شهری مغایر است.

استفاده از دوربرگردانهای میانی یکی از تکنیک های مدیریت دسترسی است که در طراحی بزرگراهها مورد استفاده واقع شده و ارتباط مسیرهای دو سوی بزرگراه را برقرار می سازد. در صورت طراحی مناسب، دوربرگردانها براحتی می تواند بعنوان جایگزین تقاطعات غیر اصولی و یا مشکلدار موجود در مسیر شریانهای اصلی بکارگیری شود.

دوربرگردان از بازشدگی و بریدگی رفیوژ میانی موجود در مسیر اصلی ایجاد می شود و امکان دسترسی وسایل نقلیه را به مسیر مستقیم سمت مقابل فراهم می سازد.

استفاده از دوربرگردان بخشی از مجموعه تکنیک های مدیریت دسترسی است که بعنوان ابزاری جهت کاهش زمان تأخیر و زمان سفر مجموع تقاطع مورد بهره برداری قرار می گیرد و در ادامه جایگزینی این نوع تقاطع بجای تقاطعات چراغدار موجود مورد ارزیابی قرار می گیرد.

۳- مشخصات اساسی دور برگردانها:

دوربرگردان، نوع تکمیل شده باز شدگی رفیوژ میانی^۱ مسیرهای شریانی یا بزرگراهی می باشد که امکان دسترسی وسایل نقلیه در حال حرکت در یک مسیر را به مسیر مقابل فراهم می سازد [6]. دور برگردانها را از لحاظ هندسی می توان به دو دسته تقسیم نمود:

- دوربرگردانهای ساده (بریدگی رفیوژ میانی)

- دوربرگردانهای توسعه یافته

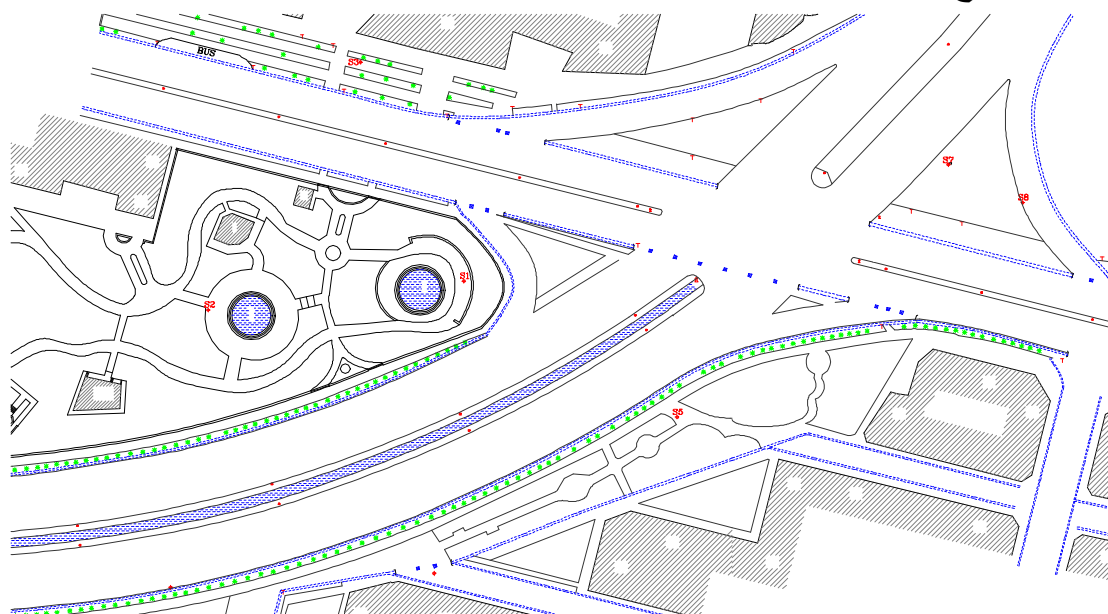
دوربرگردانهای ساده، در عمل همان بازشدگی یا بریدگی رفیوژ میانی مسیرهای اصلی می باشد که در اکثر موارد دورزدن در آنها با مشکل مواجه بوده و وسایل نقلیه در حالتی غیر ایمن گردش می نمایند. در این دوربرگردانها، وسیله نقلیه گردش کننده پیش از ورود به مسیر پایین دست حتماً باید سرعت خود را به صفر رسانده و توقف نماید و پس از یافتن سرفاصله^۲ مناسب، میان حرکت وسایل نقلیه در حال حرکت در خط سرعت آن مسیر اقدام به گردش نماید. از این حالت تنها برای ایجاد دسترسی های با حجم تقاضای کم و بسیار کم استفاده می شود و استفاده از آن در معابری پیشنهاد می شود که فضای لازم برای تعریض معبر موجود نبوده و یا حجم تردد وسایل نقلیه در مسیرهای بالادست و پایین دست به اندازه ای است که امکان اختصاص بخشی از عرض موجود مسیر سواره رو به محدوده دوربرگردان توسعه یافته میسر نباشد. البته در همه حال باید تقاضای گردش وسایل نقلیه در محل دوربرگردان تعیین شده و تأثیر احداث آن بر ترافیک عبوری مسیرهای بالادست و پایین دست مطالعه و بررسی گردد [6]. نمایی از يك تقاطع همسطح که توسط دو دوربرگردان در دو سوی محل تقاطع جایگزین شده است در شکلهاي (۲) و (۳) نشان داده شده است. دوربرگردانهای توسعه یافته از توسعه رفیوژ میانی موجود در محل احداث دوربرگردان حاصل می شود. در صورتی تأمین دوربرگردان بدون کاهش ایمنی و نیز کاهش ظرفیت مسیر امکان پذیر است که خط مخصوص حرکت واگرد خروجی از مسیر بالادست تأمین گردد و این خط بتواند ترافیک دوربرگردان را نیز عبور دهد. امکان حرکت دوربرگردان برای انواع خودروها بدون نیاز به عقب و جلو کردن وجود داشته باشد و حرکت واگرد وسایل نقلیه مستلزم عبور از میان جریان عابرین پیاده نباشد. وجود تقاطع و تأمین تمامی حرکات گردشی آن در شریانهای شهری موجب در نظر گرفتن تدابیر خاصی در طراحی دوربرگردانها شده است.

نظر به ویژگی خاص عملکردی آذراهها، طراحی و اجرای کلیه تقاطعها به صورت غیرهمسطح بوده و حرکات گردشی در محدوده تقاطع توسط رمپ و لوپها صورت می گیرد [3]. با آنکه در مسیر بزرگراهها، وجود تقاطعات همسطح پیشنهاد نمی گردد اما برخی از بزرگراههای شهری و معابر منتهی به آنها بصورت همسطح متقاطع بوده و کنترل تقاطع نیز در بسیاری موارد توسط چراغهای زماندار صوت می گیرد و این امر باعث می گردد روانی حرکت در برخی از بزرگراههای درون شهری از کیفیت قابل قبولی

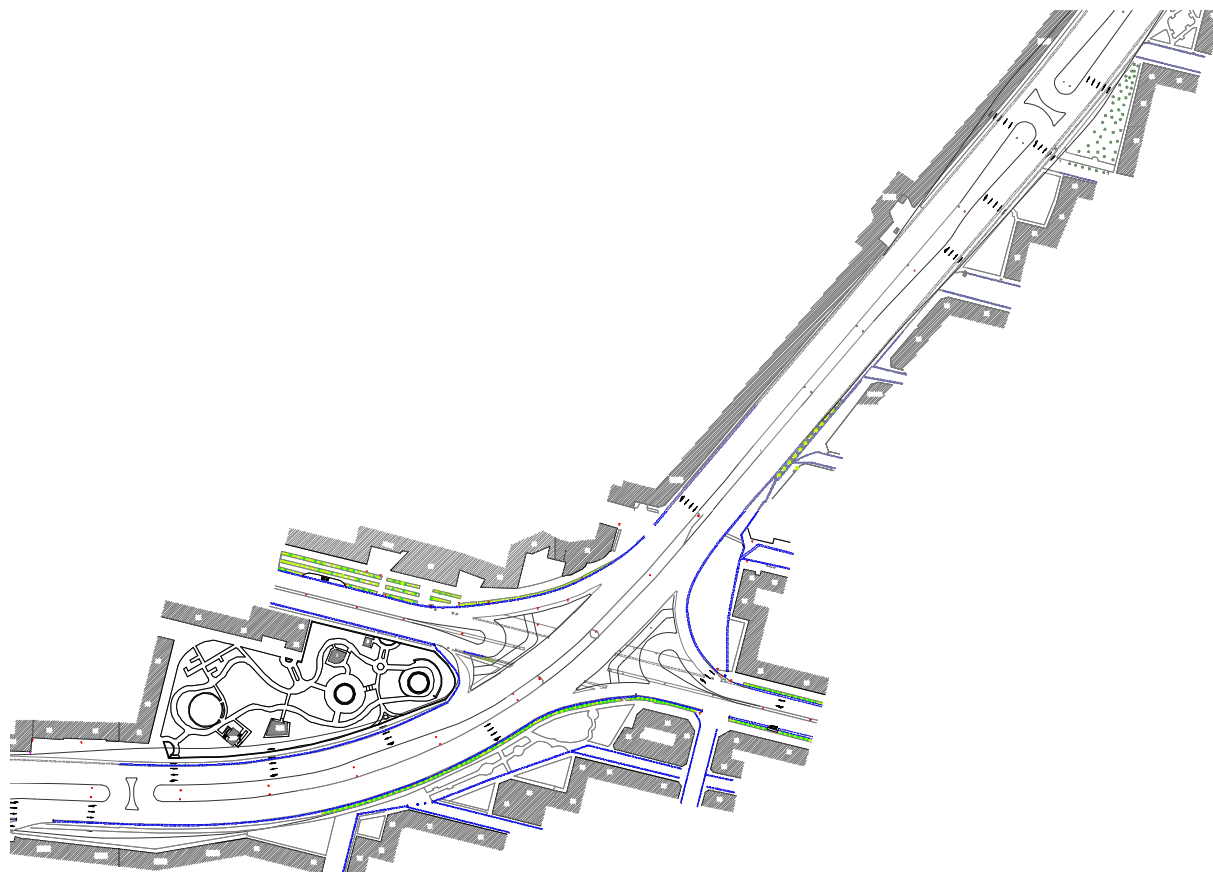
¹ Median Opening

² Gap

برخوردار نبوده و باعث کندی حرکت، افزایش زمان سفر و ایجاد بار روانی منفی ناشی از قطع جریان روان بزرگراهی در محل تقاطع گردد.



شکل (۲): نمایی تقاطع همسطح



شکل (۳): نمایی تقاطع همسطح جایگزین شده با دو دوربرگردان

از عمده مشکلات یک تقاطع همسطح در مسیر بزرگراه، تأمین حرکت های گردش به چپ ایمن می باشد که برای تأمین این مهم، ایجاد دو دوربرگردان در فاصله ای مناسب با امکان مسدود نمودن محور بزرگراه در مرکز تقاطع توصیه می شود. این امر باعث روانی حرکت و افزایش سطح سرویس در مسیر بزرگراه می شود. در هر حال مکانیابی صحیح دوربرگردان و تأمین خطوط کاهش و افزایش سرعت قبل و بعد از محل انجام واگردها از نکات ضروری کاربرد دوربرگردان است.

با این عمل حرکات گردش به چپ کلیه بازوهای تقاطع و حرکات مستقیم مسیر فرعی تبدیل به حرکات گردش به راست می شود تا خطوط عبوری مسیر مستقیم کارایی خود را حفظ نموده و حرکت روان وسایل نقلیه در آنها انجام پذیرد.[6]

۴- شبیه سازی و مقایسه:

با توجه به خصوصیات متفاوت مربوط به دو روش اساسی ایجاد دسترسی (۱- تقاطع چراغدار ۲- جایگزینی تقاطع با استفاده از دوربرگردان) و به منظور بررسی جداگانه هر یک از آنها، حالت خاصی از یک تقاطع به منظور بررسی وضعیتهای مشابه حجمی بر روی دو روش مورد بحث، در نظر گرفته شد. به این منظور در این تحقیق تقاطعی که از برخورد دو خیابان اصلی و فرعی تشکیل شده بود تحت تأثیر ترکیب حجمهای متفاوتی قرار گرفت.

۴-۱- مشخصات هندسی تقاطع چراغدار شبیه سازی شده:

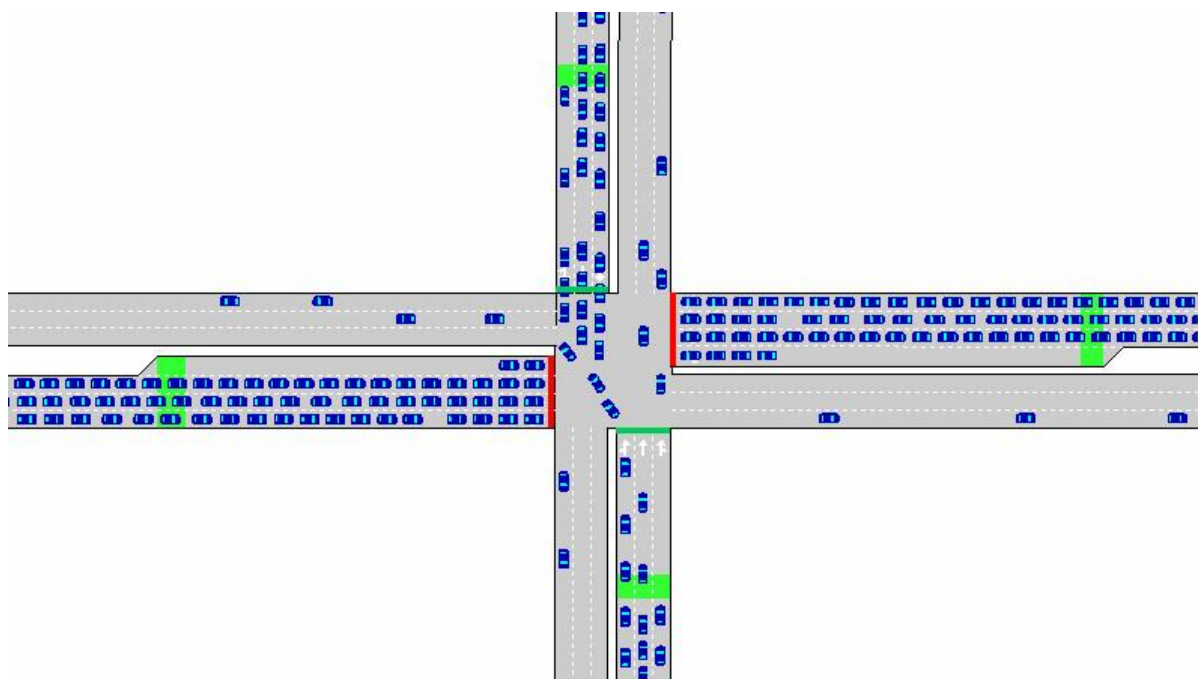
در حالت اول، تقاطع چراغدار در نظر گرفته شد. به این علت که مقایسه دو حالت تا حد امکان مشابه مدنظر بود تقاطع بصورت هوشمند^۱ با فرض قرارگیری چهار شناسگر^۲ در شاخه های تقاطع فرض گردید و حداکثر سیکل تقاطع ۱۲۰ ثانیه در نظر گرفته شد[2]. با توجه به فرض اصلی و فرعی بودن شاخه ها، حداکثر فاز مسیر اصلی برابر ۷۰ ثانیه و حداکثر فاز مسیر فرعی ۵۰ ثانیه و حداقل زمان فاز هر دو حالت برابر ۱۵ ثانیه منظور گردید. با توجه به بررسی های انجام شده در بیشترین حالتها، این زمان بندی کمترین تأخیر را نتیجه داد. برای هر کدام از شاخه های تقاطع سه خط عبوری به عرض ۳/۵ متر در نظر گرفته شد [5] و برای مسیر اصلی، در محل تقاطع خط ویژه چپگرد لحاظ شد. شکل (۴) نمایشگر این حالت مورد مطالعه می باشد.

۴-۲- مشخصات هندسی حالت دوربرگردان شبیه سازی شده:

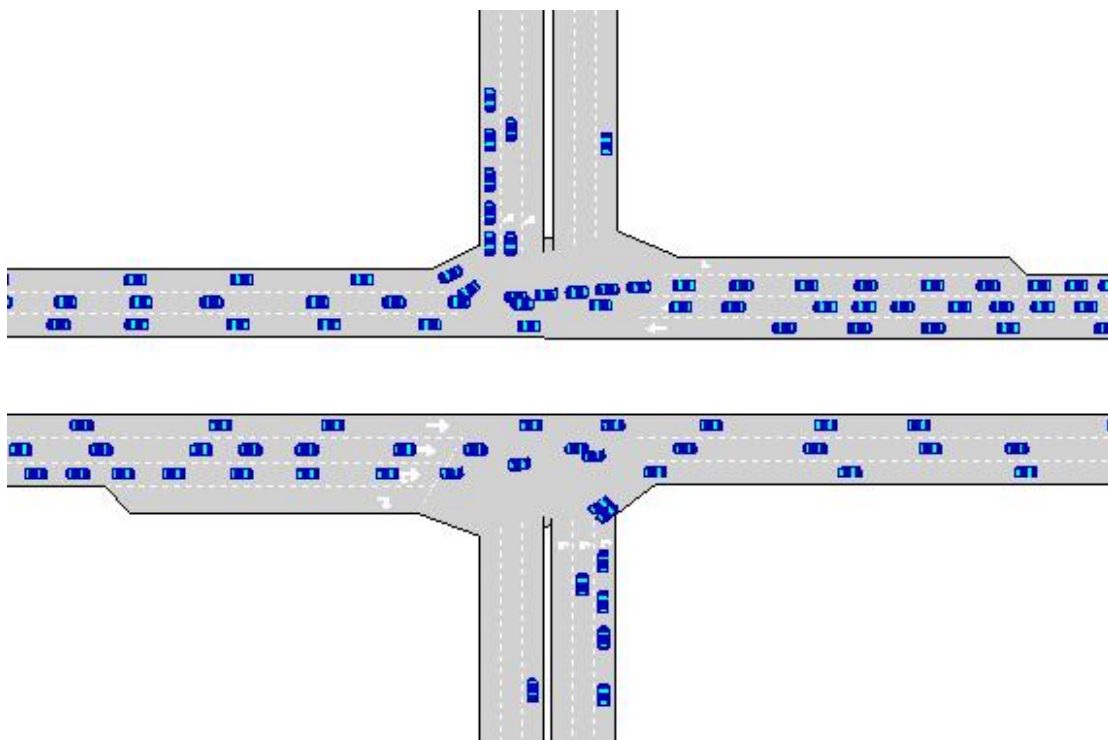
¹ Actuated

² Detector

در حالت دوم تقاطع مورد نظر حذف گردید و دسترسی مسیر شمال-جنوب (مسیر فرعی) از طریق دو دوربرگردان به فاصله ۳۰۰ متری از محل تقاطع واقع در دو سوی آن برقرار گردید. تعداد و عرض خطوط عبوری در هر دو مسیر اصلی و فرعی (بجز در محل دوربرگردان ها) حفظ گردید. دوربرگردانهای در نظر گرفته شده دارای شعاع داخلی ۶/۵ متر و شعاع خارجی ۱۳ متر و عرض بااند گردش ۷ متر بوده و تعداد خطوط عبوری مسیر مستقیم (۳ خط) در دو سوی کناره های محل دوربرگردان حفظ شده است. شکل (۵) وضعیت محل تقاطع را در این حالت نمایش می دهد و همانطور که مشخص است هیچ حرکت چپگردی در محل تقاطع اتفاق نمی افتد و این حرکتهای چپگرد به همراه حرکت مستقیم مسیر فرعی تبدیل به حرکت گردش به راست شده اند. نمای کلی دوربرگردانها در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل (۴): نمای تقاطع چراغدار هوشمند مدل شده تحت اعمال حجم تردد



شکل (۵): نمایی مرکز تقاطع در حالت جایگزینی با دو دوربرگردان

۳-۴- شبیه سازی:

حجمهای عبوری مسیر اصلی برابر ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰ و ۳۰۰۰ وسیله نقلیه معادل سواری با فرض اینکه در هر حال ۵ درصد این وسایل گردش به راست نمایند منظور گردید. در هر مورد فرض شد بترتیب ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد مجموع حجمهای مسیر اصلی به فرعی ها گردش به چپ می نمایند. حجم مسیرهای فرعی نیز با فرض ۵ درصد گردش به راست برای خودروهای در حال حرکت در آنها برابر ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد حجم مسیر اصلی متناظر با آن با درصد گردش به چپهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد حجم فرعی ها منظور گردید و در مجموع ۳۶۰ حالت متفاوت حجمی مورد ارزیابی قرار گرفت.

نرم افزاری که به منظور شبیه سازی حالتی ذکر شده مورد استفاده قرار گرفته، نرم افزار Getram می باشد. این نرم افزار از دو قسمت TEDI و AIMSUN تشکیل یافته که در قسمت اول مدلی که شبیه سازی آن مدنظر است از لحاظ هندسی و نوع ارتباطات شبکه ایجاد می شود و در قسمت دوم مدل ساخته شده تحت تأثیر حجم وسایل نقلیه مورد نظر قرار می گیرد و نتایج اجرای مدل ارائه می شود. پس از انجام شبیه سازی و ساخت مدل توسط بخش TEDI این نرم افزار، در بخش AIMSUN ترکیبات مختلف حجم تردد فوق الذکر به مدل ساخته شده اعمال گردید.

پس از پایان فرایند مدل سازی و مشخص شدن عملکرد تقاطع مدل شده توسط نرم افزار شبیه ساز در حجمهای متفاوت، مشخص شد دو حالت تقاطع مورد نظر با افزایش درصد گردش به چپها رفتارهای متفاوتی از خود بروز می دهند. فراز و فرودهای قابل مشاهده در نمودارهای حاصل از شبیه سازی وضعیت تقاطع

در حالت جایگزینی با دوربرگردان و نیز روالهای تقریباً یکنواخت افزایش زمان سفر در حالت شبیه‌سازی وضعیت تقاطع بصورت چراغ دار هوشمند، بیانگر واقعیاتی است که به آن اشاره می‌شود.

در حالت تقاطع هوشمند چراغدار، با افزایش نسبت گردش به چپهای مسیر اصلی و فرعی، میزان زمان سفر متوسط هر وسیله به صورت معنی داری افزایش می‌یابد. در صورتیکه در حجمهای متناظر آنها در حالت دوربرگردان، این عدد با افزایش نسبت گردش به چپ کاهش می‌یابد. میزان این کاهش تا زمانی است که ظرفیت خطوط عبوری حد فاصل محل دوربرگردان تا تقاطع بعنوان عامل کنترل‌کننده وارد عمل نشده باشد. در این مدل در تمامی ترکیب حجمهایی که ترافیکی بیش از میزان ۴۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت را بر این بخش از شریان (حداصل دوربرگردان تا محل تقاطع در مسیر اصلی پایین‌دست) تحمیل می‌نمایند به علت عدم کفایت ظرفیت شریان، افزایش ناگهانی تأخیر وارده به سیستم شبکه قابل رؤیت است. در نتیجه محدوده ظرفیتی ۴۰۰۰ وسیله نقلیه بعنوان مرز مطلوبیت و عدم مطلوبیت استفاده از دوربرگردان در محدوده تقاطع مدل شده مطرح می‌شود. در ترکیب حجمهایی که کمتر از ۴۰۰۰ وسیله نقلیه را مجبور به استفاده از شریان اصلی بنماید استفاده از دوربرگردان و حذف گردش به چپها و نیز حرکت مستقیم مسیر فرعی نسبت به وضعیت عادی تقاطع توصیه می‌شود. هرگاه استفاده از دوربرگردان در این تقاطع سبب تحمیل جریانی با حجم بیش از ۴۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت به مسیر اصلی شود با توجه به اینکه ظرفیت شریان اصلی نقش کنترل‌کننده حجم عبوری وسایل نقلیه عبوری را بر عهده دارد تأخیر بسیار زیادی به وسایل نقلیه در حریم تقاطع وارد می‌شود.

نکته قابل توجه آن است که ظرفیت هر خط در شریان مدل شده ۱۵۰۰ وسیله در نظر گرفته شده که در نتیجه ظرفیتی حدود ۴۵۰۰ وسیله را تأمین می‌نماید، ولی در مدل مشاهده می‌شود که ظرفیت حداکثر ۴۰۰۰ وسیله در مسیر شریانی حاصل می‌گردد که حدود ۸۵٪ ظرفیت اسمی شریان مدل شده می‌باشد. این کاهش ظرفیت بدلیل تداخلهای ناشی از تغییر خط خودروهای گردش استفاده‌کننده از دوربرگردان می‌باشد.

آنچه از نتایج مدلسازی تقاطع مفروض حاصل می‌شود آن است که در شرایطی که وضعیت فیزیکی دو مسیر متقاطع شریانی و فرعی مطابق فرض انجام شده در این تحقیق باشد، در محدوده ای از حجمها که مجموع حجمهای تلاقی‌کننده نسبت به ظرفیت اسمی گزیده شریان، بسیار کم یا بسیار زیاد باشد استفاده از کنترل چراغ راهنمایی از لحاظ نتایج برتری دارد.

در حجمهای بسیار کم، حداقل زمان اختصاص یافته و تعریف شده برای هر فاز در سیستم هوشمند بر میزان تأخیر وارده به تقاطع تأثیرگذاری مستقیم دارد چنانچه این حداقل زمان بصورت بهینه انتخاب شده و به سیستم معرفی شده باشد عملکرد سیستم کنترل تقاطع بهینه خواهد بود. در این حالت در صورت حذف تقاطع و جایگزینی آن با دو دوربرگردان تعبیه شده در فاصله بهینه از دو سوی محل تقاطع، زمان سفر مشخصی که حاصل پیمودن دو مسیر رفت و برگشت از محل اتصال فرعی به شریان تا محل دوربرگردان است به همه

وسایل نقلیه تحمیل می شود که به یقین از مدت زمانی که خودروها پشت چراغ قرمز تقاطع هوشمند متوقف می شوند بسیار بیشتر می باشد. در نتیجه در این حالت تأخیر بسیار زیادی به خودروها اعمال می شود.

در حجمهای زیاد طول صف در شاخه ها بدلیل محدودیت ظرفیت گزردهی تقاطع بصورت چشمگیری افزایش می یابد. در این حالت در صورتی که برای انجام حرکات گردشی از سیستم قطع کننده چراغ استفاده نشود بدلیل عدم ایجاد سرفاصله های زمانی مناسب برای تغییر خط وسایل نقلیه ای که قصد گردش دارند، حالت قفل شدگی ترافیک در محدوده مورد نظر ایجاد می شود در مدل بررسی شده در این تحقیق با وضعیت هندسی ذکر شده، جدول (۱) برای انتخاب سیستم کنترل این تقاطع نتیجه گیری شده است.

در مدلسازی انجام شده توسط نرم افزار نیز، عدم توانایی گزردهی وسایل نقلیه در ترکیب حجمهای زیاد بدلیل عدم ایجاد حداقل سرفاصله های زمانی مورد نیاز جهت تغییر خطوط وسایل نقلیه در حالت دوربرگردان کاملاً مشهود است. به همین دلیل کنترل تقاطع بصورت چراغ دار سیستم مناسبی برای این محدوده می باشد. چرا که در هر فاز از چراغ اگر چه صف در شاخه ها کاملاً از بین نمی رود ولی تقاطع قفل نشده و با حداکثر زمان اختصاص یافته به هر فاز، حرکت در شاخه ها امکان پذیر می شود.

بر خلاف وضعیت اشاره شده در حجمهای کم و حجمهای زیاد، نتایج بدست آمده از مدلسازی انجام شده نشان می دهد که در ترکیب حجمهای متوسط تا قبل از رسیدن حجمها به ظرفیت گزردهی مسیر شریانی عملکرد دوربرگردانها از لحاظ شاخص زمان سفر کل نسبت به استفاده از کنترل هوشمند تقاطع از وضعیت بهتری برخوردار است.

نتیجه دیگر حاصل از این مدل آن است که در صورت افزایش درصد گردش به چپ مسیر اصلی به میزانی بیش از ۱۵ درصد و یا درصد گردش به چپ مسیر فرعی به بیش از ۲۵ درصد، در بسیاری از موارد توجیه استفاده از دوربرگردان قابل قبول تر می گردد، در نتیجه استفاده از دوربرگردان در حجمهای متوسط و بالاتر از آن در زمان زیاد بودن درصد گردش به چپها توصیه میشود. در شرایط مساوی زمان سفر متوسط از بین دو حالت تقاطع چراغدار و دوربرگردان، بعلت بار روانی منفی توقف پشت چراغ قرمز برای رانندگان، استفاده از دوربرگردان که روانی ترافیک را به همراه دارد پیشنهاد می شود.

جدول (۱) : پیشنهاد نوع کنترل تقاطعات

نوع کنترل	حجم مسیر فرعی	درصد گردش به چپ مسیر اصلی	حجم مسیر اصلی (شریان)
بدون چراغ	$v < 300$	۵	۱۵۰۰
چراغ هوشمند	$v > 300$		
بدون چراغ	$v < 300$	۱۰	
چراغ هوشمند	$v > 300$		
بدون چراغ	$v < 300$	۱۵	
چراغ هوشمند	$300 < v < 1200$		
دوربرگردان	$v > 1200$		
چراغ هوشمند	$v < 1200$	۵	۲۰۰۰
دوربرگردان	$v > 1200$		
چراغ هوشمند	$v < 1200$	۱۰	
دوربرگردان	$v > 1200$		
چراغ هوشمند	$v < 1200$	۱۵	
دوربرگردان	$v > 1200$		
دوربرگردان	$v < 1500$	۵	۲۵۰۰
چراغ هوشمند	$v > 1500$		
دوربرگردان	$v < 1500$	۱۰	
چراغ هوشمند	$v > 1500$		

	۱۵	-	دوربرگردان
۳۰۰۰	۵	$v < 600$	دوربرگردان
		$v > 600$	چراغ هوشمند
	۱۰	$v < 1200$	دوربرگردان
		$v > 1200$	چراغ هوشمند
	۱۵	$v < 1800$	دوربرگردان
		$v > 1800$	چراغ هوشمند

۵- جمع بندی و ارائه پیشنهاد

از آنجا که این تحقیق یکی از نخستین ارزیابی های نرم افزاری حاصل از شبیه سازی است که کاربرد دوربرگردان ها را به عنوان ابزاری جهت روانی ترافیک بزرگراهی و حذف تقاطعات چراغدار بررسی می نماید بکارگیری روش تحقیق ذکر شده در آن با استفاده از اطلاعات عملی و میدانی می تواند به ارزیابی مؤثری در خصوص عملکرد این روش مدیریت دسترسی منجر شود. در این تحقیق ۳۶۰ حالت مختلف حجمی و کنترلی تقاطع مورد ارزیابی قرار گرفته است که بدیهی است این حجم اطلاعات معتبر در مورد پروژه های اجرا شده موجود نمی باشد.

به هر حال، آنچه مسلم است با استناد به نتایج این تحقیق؛ ترکیب حجمی که استفاده از دوربرگردان در آن توصیه می شود محدوده حجمی متوسط (نسبت به ظرفیت شریان) با درصد بالای حرکات گردش به چپ نسبت به حجمی کل عبوری از تقاطع است. نکته قابل توجه آن است که در صورت کنترل تقاطع به صورت در نظر گرفتن فاز اختصاصی گردش به چپ حمایت شده و انجام تحقیقی مشابه آنچه ذکر شد می تواند نتایج تحقیق حاضر را بهبود بخشیده و کامل نماید. در حجمی کم و بسیار کم، استفاده از دوربرگردان سبب تحمیل زمان سفر رفت و برگشت از محل تقاطع تا محل دوربرگردان و بالعکس می باشد که نسبت به زمان تأخیر ناشی از حالت چراغدار بیشتر می باشد که این امر استفاده از دوربرگردان و حذف تقاطع را در این بازه حجمی غیر منطقی می نماید.

در حجمی زیاد و خیلی زیاد؛ بدلیل احتمال قفل شدگی محل تقاطع به علت ایجاد سرفاصله های زمانی لازم به منظور تغییر خط خودروهای گردش، استفاده از چراغ راهنمایی و قطع یک جریان امکان عبور و انجام حرکت را به جریان دیگر می دهد و از ایجاد پدیده قفل شدگی تقاطع جلوگیری می نماید. در ادامه این تحقیق یکی از مواردی که می تواند مورد کنکاش بیشتر علاقمندان قرار گیرد مطالعه در خصوص بدست آوردن رابطه ای برای تعیین فاصله بهینه قرارگیری دوربرگردان در دو سوی تقاطع حذف شده است. بدیهی است که ترکیب حجمها و نسبت گردشها و نیز شرایط هندسی شاخه های تقاطع در تعیین این فاصله تأثیرگذار خواهد بود. [7]

مطلب دیگری که می تواند مورد مذاقه بیشتر علاقمندان قرارگیرد بدین شرح است که همانطور که در این تحقیق اشاره شد؛ در بازه هایی از حجمی متقاطع که زمان سفر کل در دو حالت تقاطع چراغدار و در شرایط حذف تقاطع و جایگزینی دوربرگردان تقریباً یکسان است استفاده از دوربرگردان به علت روانی جریان ترافیک ایجاد شده از آن به علت حذف چراغ قرمز تقاطع برتری دارد. در صورتی که این زمان سفر کل برای حالت دوربرگردان، مقداری نیز نسبت به حالت تقاطع چراغدار بیشتر باشد باز به علت بار روانی منفی که چراغ قرمز و توقف خودروها بر رانندگان ایجاد می کند باز هم استفاده از دوربرگردان و حذف تقاطع توصیه می شود. بدست آوردن بازه ای از زمان سفر کل که در آن محدوده، با بیشتر بودن زمان سفر نسبت به زمان سفر کل تقاطع در حالت چراغدار باز هم استفاده از دوربرگردان توصیه می شود موضوعی

است که مطالعات روانشناسی دقیق و بدست آوردن آستانه تحمل رانندگان را می‌طلبد و می‌تواند موضوعی برای تحقیق و بررسی بیشتر علاقمندان باشد.

مراجع

- ۱- افندي زاده، شهریار و امیر مسعود رحیمی، " اصول مهندسی ترابری"، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۸۰
- ۲- شاهی، جلیل، " مهندسی ترافیک"، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران ، ۱۳۷۹
- ۳- صفارزاده، محمود ، " مهندسی ترابری"، مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۳۸۱
- ۴- قهرمانی، حسین و محسن حسینقلیان ، " اصول مهندسی راه و تحلیل ترافیکی"، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۸۱

5. " Manual of American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)",1985
6. Lu, J. and Dissanayake, S. "Operational Evaluation of Right Turns Followed by U-Turns as an Alternative to Direct Left Turns", Florida Department of Transportation, USA, 2001
7. Zhou ,H. and Hsu, P. "Optimal Location of U-turn Median Openings on Roadway", Transportation Research Board 82nd Annual Meeting CD-ROM, Washington DC, USA, 2003.

8. Mcshane, William R., " Traffic Engineering ",(3rd Ed.), Pearson Education Inc., New Jersey, USA, 2004