بررسی اولویت دهی خودروهای همگانی در تقاطعات چراغدار (مطالعه موردی: خط ۱۰ BRT، تهران)

سید احسان سید ابریشمی، استادیار گروه مهندسی و برنامه ریزی حمل ونقل، دانشکده فنی ومهندسی دانشگاه تربیت مدرس
شیدا گودرزی*، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی راه وترابری، دانشکده فنی ومهندسی، دانشگاه آزاد علوم و تحقیقات
تاریخ ارسال مقاله: فروردین ۹۳ تاریخ پذیرش: تیر ۹۳
sheydagudarzi@gmail.com

چکیده

اولویت دهی به خودروهای همگانی در حمل و نقل (TSP)، یک تکنولوژی کلیدی جهت بهبودکارایی خطوط (BRT) به حساب می آید. امروزه این روش، از اهمیت زیادی برخوردار است چراکه این روش با داشتن توجیه اقتصادی مناسب و فراهم آوردن امکان سرویس دهی هر چه بیشتر به مسافران با همان تعداد ناوگان موجود باعث بهبود عملکرد سیستم حمل ونقل همگانی می شود. این مقاله روی طراحی و ارزیابی شبیه سازی اولویت دهی به اتوبوس های تندرو در تقاطعات چراغدار تمرکز دارد. با در نظر گرفتن خط ۱۰ تهران به عنوان مطالعه موردی، سناریوهای مختلف اولویت دهی برای تقاطعات چراغدار در امتداد مسیر بررسی شده است.این مطالعه از مدل شبیه سازی میکروسکوپی AIMSUN برای آنالیز تاثیر پارامترهای ترافیک، برای تاثیر اولویت دهی در امتداد کریدورها استفاده می کند. نتایج شبیه سازی نشان داد که خودروهای همگانی به طور معمول از اولویت حمل و نقل از طریق صرفه جویی درزمان سفر و کاهش تأخیر بهره مند شده اند.

کلید واژه: اتوبوس تندرو (BRT)، اولویت دهی(TSP)، شبیه سازی میکروسکوپیک

۱- مقدمه

با وجود گستردگی شبکه اتوبوسرانی در بسیاری از شهرها، خیلی از مردم اتوبوس ها را نامناسب و غیرقابل اعتماد می دانند. یکی از مهم ترین نقاط ضعف سیستم حمل و نقل مسافر با اتوبوس های شهری، کندی تحرک است و عواملی چون عدم ارائه برنامه زمان بندی دقیق برای توقف اتوبوس در ایستگاه، طولانی بودن زمان سفر و پاره ای دیگر از مشکلات باعث عدم استقبال شهروندان از خطوط اتوبوسرانی شده است. اگرچه در چند ساله اخیر با اجرای خطوط تندرو در تهران مانند بسیاری از شهرهای دنیا تاحدزیادی از مشکلات مربوط به اتوبوس های عادی کاسته شده ولی این خطوط نیز با مشکلات و موانعی مواجه هستند که کارایی شان را در مقایسه با دیگر مدهای حمل ونقل همگانی به مخاطره می اندازد. یکی از مهم ترین مشکلات خطوط تندرو با وجود اجرایشان بر روی خطوط مجزا، وجود چراغ های راهنمایی در تقاطعات است. این عامل اثرات منفی زیادی روی عملکرد خطوط دارد و به دلیل متوقف شدن اتوبوس ها در پشت چراغ قرمز آن ها را با تاخیرهای زیادی مواجه می سازد که مهم ترین نتایج منفی آن، عدم پایبندی به جدول زمانبندی و افزایش زمان سفر اتوبوس است. با توجه به به رشد سیستم حمل و نقل هوشمند[1] ITS ، امکان استفاده از این سیستم ها در حمل و نقل همگانی فراهم شده است. این فن آوری ها شامل بکارگیری تکنیک های پیشرفته به منظور افزایش کیفیت خدمات، ایمنی و بهره وری از حمل و نقل همگانی می شود. امروزه فن آوری های زیادی وجود دارد که قابلیت یکپارچه سازی با سیستم BRT را دارند که یکی از مهم ترین آنها، اولویت دهی خودرو در تقاطعات چراغدار است.

۲- طرح مساله و اهداف تحقیق

اولویت دهی، یک استراتژی عملیاتی است که حرکت وسایل نقلیه در خدمت حمل و نقل همگانی از جمله اتوبوس ها یا تراموای شهری را از طریق کنترلرهای چراغ راهنمایی در تقاطعات تسهیل می کند. این کار را از طریق کاهش زمانی که وسیله نقلیه در تاخیر ناشی از صف در تقاطعات سپری می کند، انجام می دهد. TSP[2] می تواند تاخیر و زمان سفر حمل و نقل همگانی را کاهش داده و قابلیت اعتماد خدمات و در نتیجه کیفیت خدمات حمل و نقل همگانی را افزایش دهد[۱]. این روش نه تنها اولویت را به وسیله نقلیه همگانی می دهد بلکه همچنین توازن بین تاخیر اتوبوس درتقاطع و اثرات آن بر جریان

1. Intelligent Transportation Systems
2. Transit Signal Priority

ترافیک سایر خودروها را نیز مدیریت می کند.

اجرای اولویت دهی، مزایای زیادی از جمله بهبود قابلیت اعتماد به جدول زمانبندی، کاهش زمان سفر حمل و نقل همگانی، کاهش توقف اتوبوس که در نهایت منجر به کاهش ساییدگی و پارگی تجهیزات اتوبوس، هزینه کمتر برای نگهداری روسازی، کاهش آلودگی و در نهایت افزایش جذابیت حمل و نقل همگانی را به همراه داشته است. اگرچه مزایای استفاده از سیستم اولویت دهی آشکار است، برخی از نگرانی های مقامات ترافیکی در مورد اثرات بالقوه بر روی جریان ترافیک دیگر وسایل نقلیه ناشی از وقفه های مکرر اولویت دهی می باشد. در نتیجه، هدف اصلی این تحقیق، تجزیه و تحلیل کارایی TSP بر شاخص های ترافیکی مانند زمان تاخیر و زمان سفر خودروها و اتوبوس ها در خطوط اتوبوس تندرو شهر تهران با استفاده از شبیه ساز میکروسکوپیک و مقایسه آن با وضعیت موجود می باشد.

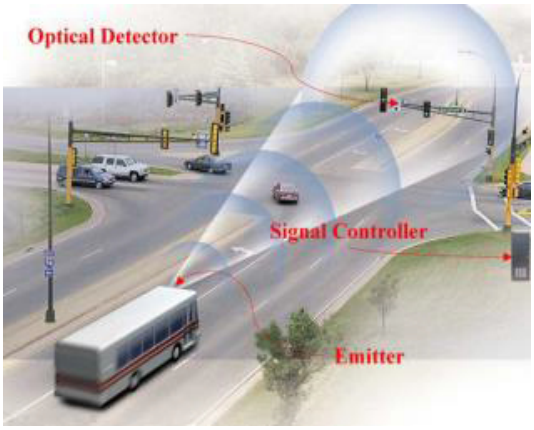
۳- مطالعات پیشین

مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است از جمله، مطالعه چن و همکارانش روی طراحی و ارزیابی شبیه سازی اولویت دهی اتوبوس ها در تقاطعات چراغدار تحت شرایط جریان ترافیک مختلط تمرکز دارد. نتایج شبیه سازی نشان داد که اولویت دهی باعث افزایش پایبندی وسایل نقلیه BRT به برنامه زمانبندی با کمترین اثرات منفی روی کل سیستم شده است[۲]. نگان تاثیرات تعدادی از پارامترهای ترافیک روی کارایی کاربرد TSP بررسی کرد. اولویت دهی در امتداد خیابان گرانویل در ونکوور کانادا، به عنوان یک مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد اولویت دهی تحت شرایط ترافیکی حجم متوسط سنگین در رویکرد اتوبوس، حجم کم و یا عدم وجود گردش به عنوان مانعی برای حرکت اتوبوس، نسبت حجم به ظرفیت کم تا متوسط خیابان مقابل، ایستگاه بعد از تقاطع، برای جریان ترافیک در ساعات اوج، موثرتر خواهد بود[۳]. وانگ و همکارانش برای استراتژی های اولویت دهی در چراغ های زمان ثابت از تکنیک های تشخیص خودرو پیشرفته و پیش بینی زمان ورود استفاده کردند. نتایج نشان می دهد که سناریوی اولویت دهی می تواند منجر به بهبود در تاخیر خودروهای همگانی شود و سناریوی ارائه شده می تواند زمان سفر را به صورت قابل توجهی کاهش دهد [۴].

۴-اولویت دهی

۴-۱- اجرا

سیستم اولویت دهی می تواند به صورت دستی توسط راننده یا به صورت اتوماتیک با استفاده از دستگاه های نصب شده روی خودرو اجرا شود و معمولا عامل دوم ترجیح داده می شود. در خیلی از موارد TSP، به صورت اتوماتیک توسط سیستم AVL[1] که به خودرو وصل شده است و فقط در حالتی که اتوبوس از جدول زمانبندی عقب باشد اولویت دهی می کند. شکل ۱ نمایی کلی از عملکرد اولویت دهی در هنگام رسیدن اتوبوس به تقاطع را نمایش می دهد [۱].



شکل ۱-نمایش اجرای اولویت دهی در تقاطع [۱]

۴-۲- روش های اولویت دهی

روش های اولویت دهی به دو دسته تقسیم می شود:

۴-۲-۱- اولویت دهی منفعل

ساده‌ترین حالت TSP یا منفعل، که بر اساس شناخت از مسیر خودروهای همگانی و برنامه زمانبندی مسافران، به طور مداوم اولویت را به اتوبوس ها می دهد. این نوع از اولویت دهی، به سیستم تشخیص خودرو یا فرستادن درخواست اولویت نیاز ندارد و از هیچ نرم افزار یا سخت افزار ویژه ای استفاده نمی کند [۴].

۴-۲-۲- اولویت دهی فعال

این استراتژی محدودیت های استراتژی منفعل را بوسیله تنظیمات چراغ راهنمایی به صورت دینامیکی، حل کرده و زمانبندی چراغ را فقط در موارد ضروری اصلاح می کند. این روش اولویت دهی نسبت به حالت منفعل به زیرساخت های بیشتر، ابزار و تجهیزات تشخیص خودروهای همگانی از بالادست یک تقاطع و کنترلرهای پیشرفته برای بکارگیری این استراتژی ها در اعطای اولویت نیاز دارد[۵].

۴-۳- هزینه

شرکت های ترافیکی دریافته اند که با کاهش زمان سفر اتوبوس و تاخیرات بوجود آمده در زمان سفر هم در هزینه های سرمایه گذاری (به وسیله صرفه جویی یک یا بیشتر اتوبوس در طول یک روز برای فراهم کردن خدمات روی مسیر) و هم در هزینه های عملیاتی (به علت کارایی بیشتر عملکرد اتوبوس) می توان

1. Automatic Vehicle Location

تاحد زیادی صرفه جویی کرد. برای مثال با کاهش ۵ دقیقه ای در زمان سفر از ۶۰ به ۵۵ دقیقه، در یک کریدور با سرفاصله زمانی ۵ دقیقه ای اتوبوس ها، فقط ۱۱ اتوبوس لازم است در حالیکه در زمان سفر ۶۰ دقیقه ای، با همین سرفاصله زمانی، ۱۲ اتوبوس لازم است. خودرو کمتر و هزینه اپراتور کمتر منجر به بازگشت سریع تر سرمایه می شود. و در نهایت کاهش تعداد خودروها منجر به کاهش آلودگی هوا نیز می شود [۶].

۵- روش تحقیق

مراحل روش تحقیق به ترتیب عبارتند از: انتخاب شبکه مورد مطالعه، انتخاب دوره زمانی شبیه سازی، انتخاب نرم افزار شبیه سازی میکروسکوپیک، ارسال تصویر به شبکه و ترسیم مدل شامل خیابان ها و تقاطعات، برداشت حجم و تخصیص آن به نرم افزار، تنظیمات مربوط به چراغ های راهنمایی، تنظیمات پارامترهای مربوط به اولویت دهی، تحلیل شبکه و برداشت خروجی نرم افزار، ارزیابی شاخص های مختلف ترافیکی از جمله زمان سفر و تاخیر خودروها، ارائه نتایج شامل ترسیم جداول و نمودارهای ارزیابی.

۶- مطالعه موردی

کریدور مورد مطالعه مربوط به خط ۱۰ BRT، تهران است که در غرب تهران واقع شده و از پایانه آزادی شروع شده و تا دانشگاه علوم و تحقیقات واقع در منطقه حصارک ادامه می یابد. این کریدور ۱۱/۶کیلومتر طول دارد و دارای یک خط کاربردی در هر جهت است. حجم متوسط مسافران جابه جا شده در این خط در ساعات اوج، بیش از ۹۰،۰۰۰ نفر در روز و ۱۱،۱۰۳ نفر در هر ساعت بیان شده است[۷].

۷- شبیه سازی

در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل تاثیر اولویت دهی بر شاخص های مختلف کارایی خطوط BRT شهر تهران از نرم افزار AIMSUN به عنوان ابزارشبیه سازی، استفاده شده است.

۷-۱- طرح اولویت دهی

هنگامی که درخواست اولویت اتوبوس وجود دارد، امکان استفاده از سه حالت اولویت دهی مختلف بررسی شده است:

۷-۱-۱- اولویت دهی ۱

اگر وسیله نقلیه BRT توسط شناساگر تشخیص داده شود و با توجه به زمان تاخیر تعریف شده در هر تقاطع، انتظار می رود تا در این مدت پس از پایان نشانه سبز به تقاطع برسد، زمان سبز اضافی اعطا شده تا قبل از تغییر نشانگر چراغ راهنمایی، به خودروهای همگانی و خودروهای هم مسیر با آن اجازه داده شود از سطح تقاطع پاک شوند. طول مدت نشانه سبز گسترده یافته نمی تواند بیش از حداکثر زمان سبز تعریف شده در این مرحله باشد ولی اگر اتوبوس در هر زمانی از چراغ قرمز به تقاطع برسد هیچ تمهیدات خاصی برای ان در نظر گرفته نمی شود و باید تا پایان نشانه قرمز منتظر بماند.

۷-۱-۲- اولویت دهی ۲

اگر وسیله نقلیه BRT توسط شناساگر تشخیص داده شود و سیستم تشخیص دهد که وسیله نقلیه همگانی پس از پایان نشانه سبز به تقاطع برسد، مانند حالت قبل اولویت دهی می شود و تمام شرایط ذکر شده در حالت اول اینجا نیز رعایت می شود ولی علاوه بر آن ها در صورتی که اتوبوس ها در زمان قرمز هم به تقاطع برسند تمهیدات خاصی برای آن ها در نظر گرفته می شود. روش کار به این ترتیب است با کوتاه سازی زمان قرمز فاز مقابل، هنگام رسیدن اتوبوس به چراغ قرمز این فاز حذف شده و چراغ برای حرکت اتوبوس سبز می شود. نکته قابل توجه این است که برای جلوگیری از بهم ریختگی و آشفتگی در تقاطع و ایجاد اختلال برای جهت مقابل، فقط اگر اتوبوس در ۱۰ ثانیه پایانی چراغ قرمز برسد اولویت به ان اعطا می شود و در غیر اینصورت باید مانند حالت قبلی منتظر بماند.

۷-۱-۳-اولویت دهی ۳

در دو حالت قبلی از روش اول[1] استفاده شده، بدین ترتیب که با رسیدن اتوبوس کلیه فازهای مخالف حذف شده و اولویت دهی به اتوبوس برای حرکت در چراغ سبز اعطا می شود ولی در روش دوم [2]، کلیه فازهای مخالف بر اساس حداقل زمان قرمز تعریف شده، کوتاه می شوند و سپس چراغ راهنمایی سبز می شود.

۷-۲- سناریو

پس از شبیه سازی، نتایج بر اساس شاخص های کارایی ها از فایل های خروجی تحلیل شده اند. بخش های زیر خلاصه ای از نتایج شبیه سازی برای هر سناریو هستند:

۷-۲-۱- سناریو پایه

تاثیر اولویت دهی روی خودروهایBRT، خودرو و جریان کلی ترافیک بررسی شده است. در جدول ۱ تاثیرات اولویت دهی را از نظر زمان سفر و تاخیر در هر سه حالت بررسی شده است. شکل های۲ و۳ مقایسه متوسط زمان سفر برای BRT و خودروها و در شکل ۴ و ۵ نیز تاخیر اتوبوس ها و خودروها نشان داده شده است.

۷-۲-۲- سناریو تراکم

در این بخش اثرات TSP تحت سطوح مختلف تراکم بررسی شده است. برای تعیین کمیت اثرات اولویت دهی در سطوح مختلف تراکم، حجم خیابان اصلی از حالت پایه به میزان ۸۰ دستگاه خودرو در هر ساعت برای هر جهت تا ۳۸۰ خودرو افزایش یافته است. در حجم های ۸۰ و ۲۶۰ متوسط زمان سفر برای BRT کاهش می یابد. شکل های۶ و ۷ مقایسه زمان سفر BRT و خودروها را با و بدون اولویت دهی برای افزایش حجم خیابان را مقایسه کرده اند و در شکل ۸ و ۹ نیز متوسط تاخیر نمایش داده شده است.

1. Alternative
2. ServeAll

۸- نتایج

در این مطالعه اولویت دهی برای جهت اصلی خیابان بررسی شده و نتایج بدست آمده عبارتند از:

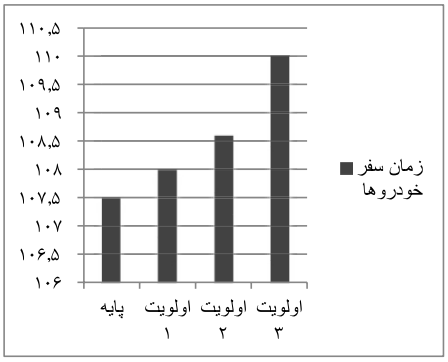
۱- خودروهایBRT از مزایای اولویت دهی از طریق کاهش زمان سفر و تاخیر سود بردند و میزان کاهش زمان سفر در حالت سوم اولویت دهی به ۵/۴ درصد رسیده است.

۲- اثرات منفی روی خودروهای سواری و سایر خودروها مانند اتوبوس های این مسیر نسبتا جزیی بوده است و در حالت سوم اولویت دهی افزایش زمان سفر به ۲/۵ درصد رسیده است.

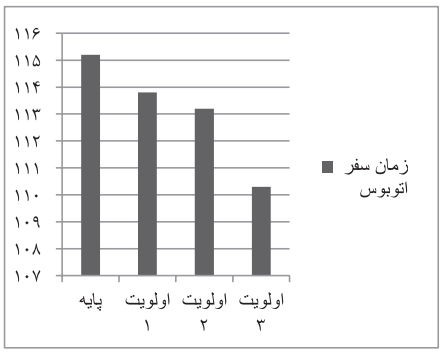
جریان ترافیک	شاخص کارایی	بدون اولویت	اولویت ۱	اولویت ۲	اولویت ۳
خودروها	زمان سفر	۱۰۷/۵	۱۰۸	۱۰۸/۶	۱۱۰
	تاخیر	۳۷/۴	۳۸/۲	۳۸/۱	۴۰/۳
اتوبوس تندرو	زمان سفر	۱۱۵/۲	۱۱۳/۸	۱۱۳/۲	۱۱۰/۳
	تاخیر	۵/۳	۳/۸	۳/۳	۱/۹
سایر خودروها	زمان سفر	۱۰۷/۵	۱۰۸/۲	۱۰۸/۷	۱۱۰/۶
	تاخیر	۳۷/۴	۳۸/۱	۳۸/۵	۴۰/۲

جدول ۱- مقایسه تغییرات شاخص های مختلف کارایی تحت سه حالت مختلف اولویت دهی نسبت به حالت پایه

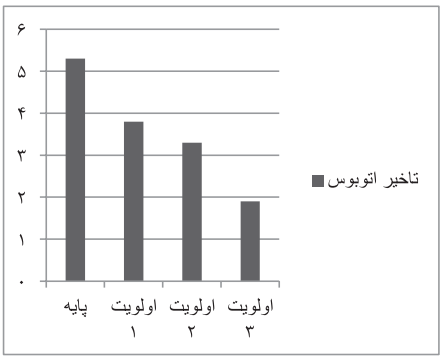
۳- در حالت افزایش تراکم خودروها در خیابان اصلی، برای حجم های مختلفی بررسی شده است در دو حالت اول روند کاهش زمان سفر و تاخیر برای اتوبوس ها بدست آمده است ولی برای حجمهای بالاتر از ۳۸۰، این روند برعکس شده و با وجود اجرای طرح اولویت دهی به علت تراکم بالای خودروهای در گردش تاثیری در کاهش زمان سفر اتوبوس ها نداشته اند.



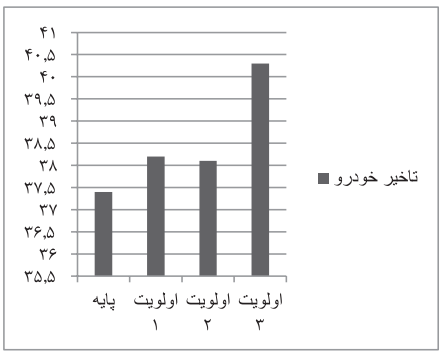
شکل ۲- مقایسه تغییرات زمان سفر خودروها



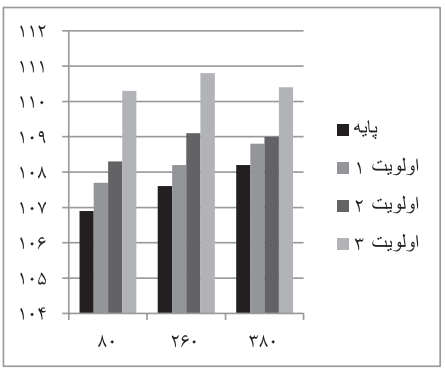
شکل ۳- مقایسه تغییرات زمان سفر اتوبوسها



شکل ۴- مقایسه تغییرات تاخیر خودروها



شکل ۵- مقایسه تغییرات تاخیر اتوبوس ها



شکل ۶- مقایسه تغییرات زمان سفر خودروها

منابع

1. Albright, E., Figliozzi, M. (2012)"Factors Influencing Effectiveness of Transit Signal Priority and Late-Bus Recovery at Signalized-Intersection Level". Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. VOL. 2311, PP.186-194.

2. Chen X, Yu L, Zhu L, and Guo J.(2008). "Microscopic Simulation Approach toEffectiveness Analysis of Transit SignalPriority For Bus Rapid Transit". Transportation Research Record (TRR), PP. 64-76.

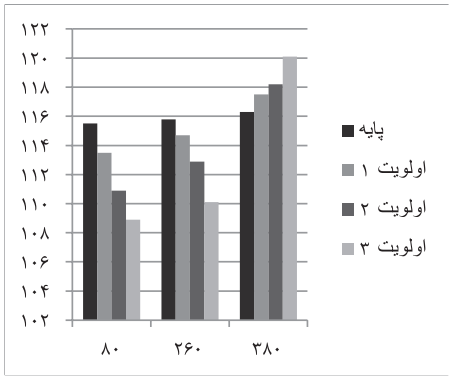
3. Ngan, V., T. Sayed, and A. Adbelfatah. (2004). "Impacts of Various TrafficParameters on Transit Signal Priority Effectiveness". Journal of PublicTransportation, Vol. 7, No. 3, PP.71– 93.

4. Jie Li, Wei Wang, Henk J. van Zuylen, N. N. Sze, Xuewu Chen, (2012). "Predictive Strategy for Transit Signal Priority at Fixed-Time Signalized Intersections" Transportation Research Record:, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., No. 2311. PP. 124–131.

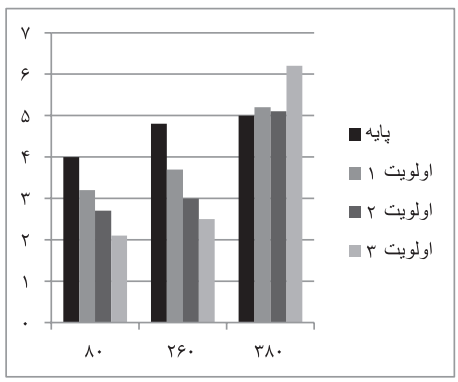
5. "An Overview of Transit Signal Priority" (2002). Prepared by the Advanced Traffic Management Systems and Advanced Public Transportation Systems Committee of the Intelligent Transportation Society of America (ITS America) DRAFT April

۶- گزیده آمار حمل و نقل ترافیک تهران، ۱۳۹۰

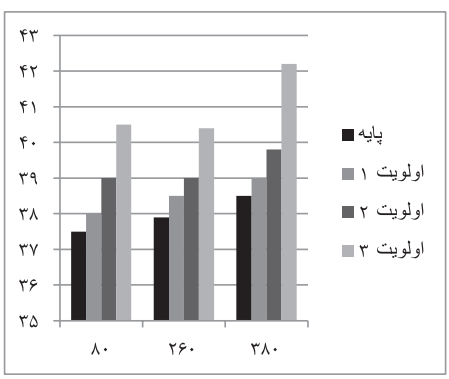
7. Liu, H, Skabardonis, A, Li, M. (2006)."Simulation of Transit Signal Priority Using the NTCIP Architecture". Journal of Public Transportation, No. 3, pp. 184–203.



شکل ۷-مقایسه تغییرات زمان سفر اتوبوس ها



شکل ۸- مقایسه تغییرات تاخیر خودروها



شکل ۹- مقایسه تغییرات تأخیر اتوبوس ها