

تحلیل شاخص‌های ترافیکی تقاطعات لوزی با نرم افزار شبیه ساز AIMSUN و مقایسه آنها

علی سعادت‌مند، کارشناس ارشد عمران دانشگاه تهران، تهران، ایران

امیر بری دیزج (مسئول مکاتبات)، کارشناس ارشد عمران-راه و ترابری دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

E-mail: saeid_road@yahoo.com

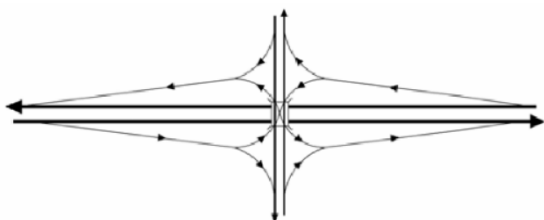
چکیده

رایج ترین و پرکاربردترین طرح هندسی در تقاطع همسطح بزرگراه و راه شریانی اصلی، تقاطع لوزی بوده که دارای حجم عبوری محدودی می باشد. به ویژه هنگامی که تقاطعات نزدیک یکدیگرند و یا مقدار گردشها زیاد باشد. مهندسان ترافیک به منظور حل این مشکلات، تقاطعات لوزی را به اشکال مختلفی گسترش داده اند که عبارتند از: تقاطع لوزی همگرا، تقاطع لوزی میدانی و تقاطع لوزی واگرا. تقاطع لوزی همگرا از دو ترمینال رمپ تشکیل شده است که بطور دلخواه می تواند در سطحی بالاتر یا پایین تر از سطح تراز بزرگراه قرار گیرد. تقاطعات لوزی میدانی جدید با بازدهی قابل کنترل، گردش به چپ های مورد نیاز را در ترمینال رمپ ها ذخیره نمی کند. تقاطع لوزی واگرا یک تقاطع همسطح به وجود می آورد که بدین طریق می توان گردش به چپ و راست را از طریق یک رمپ به بزرگراه انجام داد. در این مقاله به شرح و مقایسه ی فواید و مضرات استفاده از این سه نوع تقاطع لوزی جدید پرداخته می شود. در بخش پایانی مقاله به مطالعه موردی یک تقاطع موجود در منطقه ۱۴ تهران و تبدیل آن به تقاطعات جدید لوزی پرداخته و پارامترهای ترافیکی وضعیت موجود و طرح ارائه شده، با استفاده از مدل کردن در نرم افزار شبیه ساز AIMSUN بیان می شود.

واژه‌های کلیدی: تقاطعات لوزی، زمان تاخیر، نقاط برخورد، نرم افزار AIMSUN

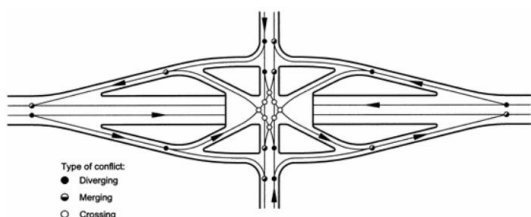
۱. مقدمه

شهید محلاتی - خیابان هفده شهریور در شهر تهران اشاره کرد که بصورت ناقص بوده و گردش به راست در مسیر شمال به جنوب موجود نمی باشد.

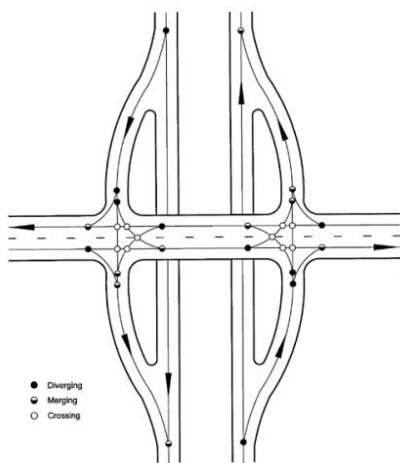


شکل ۲. تقاطع لوزوی همگرا

در شکل ۳ نقاط برخورد تقاطع لوزوی همگرا و در شکل ۴ نقاط برخورد تقاطع لوزوی ساده را می توان مشاهده کرد. مقایسه بین این دو تقاطع از نظر تعداد و نوع برخورد در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۳. نقاط برخورد تقاطع لوزوی همگرا

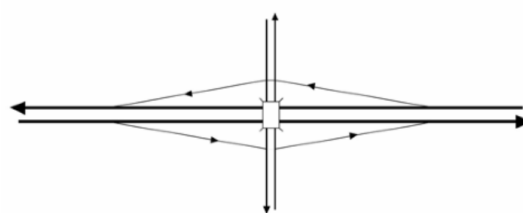


شکل ۴. نقاط برخورد تقاطع لوزوی ساده

جدول ۱. مقایسه نقاط برخورد تقاطع لوزوی ساده و همگرا

نوع برخورد	لوزوی ساده	لوزوی همگرا
برخورد واگرایی یا همگرایی	۲۰	۱۶

اکثر تقاطعات غیر همسطح رایج در شمال کشور آمریکا از نوع لوزوی می باشد این تقاطعات دارای یک رمپ ورودی از بزرگراه یا آزادراه و یک رمپ خروجی به آنها می باشد. شکل (۱) تقاطع لوزوی ساده را نمایش می دهد که در مناطق شهری و یا نواحی حومه شهری (که به علت محدودیت تملک، پلان تقاطع کوچک است) استفاده می شود.



شکل ۱. تقاطع لوزوی ساده

با مقایسه بین این نوع تقاطع و تقاطعات غیرهمسطح دیگر، برای مثال نیمه شبدری و یا جهت دهنده این نکته نمایان می شود که در تقاطع لوزوی و در ترمینال رمپ ها یک حجم محدودی قرار می گیرد علی الخصوص وقتی که خروجی و ورودی رمپ ها در مسیر فرعی به یکدیگر نزدیک شوند و میزان حجم گردش به چپ ها بالا باشند. مهندسان ترافیک به منظور حل این مشکلات تقاطعات لوزوی جدیدی را معرفی کرده اند که عبارتند از: تقاطع لوزوی همگرا، تقاطع لوزوی میدانی و تقاطع لوزوی واگرا.

۲. آشنایی با انواع تقاطعات جدید لوزوی

۲-۱ تقاطع لوزوی همگرا

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، این تقاطع یک پایانه رمپ دارد که گردش به چپ ها را می توان از این طریق کنترل کرد و در یک نقطه به یکدیگر می رسند. تفاوت این نوع تقاطع با لوزوی ساده در این است که تقاطع مرکزی، زمان تاخیر را کاهش می دهد و می توان بر حسب حق تقدم از تابلوی ایست یا چراغ راهنمایی استفاده کرد. این نوع تقاطع بسیار متنوع می باشد و از جمله آن می توان به تقاطع بزرگراه

تحلیل شاخص‌های ترافیکی تقاطعات لوزی با نرم افزار شبیه ساز AIMSUN و مقایسه آن‌ها



شکل ۶. خصوصیات تقاطع لوزی واگرا

تعداد نقاط برخورد و نوع آنها در جدول (۲) بیان شده است.

جدول ۲. نوع نقاط برخورد تقاطع لوزی واگرا

نوع برخورد	لوزی واگرا
برخورد واگرایی	۶
برخورد همگرایی	۶
برخورد عبور از روی یکدیگر	۲
مجموع	۱۴

۴-۲ مقایسه انواع تقاطعات لوزی

جدول (۳) مقایسه بین انواع تقاطعات لوزی را نشان می دهد. این مقایسات بر حسب حجم عبوری ترافیک، ایمنی و هزینه ساخت می باشد.

جدول ۳. مقایسه انواع تقاطعات لوزی

مقایسات	لوزی ساده	لوزی همگرا	لوزی میدانی	لوزی واگرا
حجم عبوری تقاطع	متوسط	زیاد	متوسط/زیاد	زیاد
فاصله تا تقاطع مجاور	متوسط	زیاد	کم	زیاد
عبور وسایل نقلیه از عرض خیابان	متوسط	زیاد	کم	کم
ایمنی	متوسط	متوسط/کم	زیاد	متوسط
هزینه ساخت	متوسط	زیاد	کم	زیاد/کم
هزینه حق تقدم و چراغ راهنمایی	کم	کم	متوسط	متوسط/کم

نوع برخورد	لوزی ساده	لوزی همگرا
گردش به چپ	۶	۸
برخورد مستقیم	۴	۰
مجموع	۳۰	۲۴

۲-۲ تقاطع لوزی میدانی

در این تقاطع، در ترمینال رمپها میدان هایی ساخته می شود. نمونه ای از آن در شکل ۵ نمایش داده شده است. این نوع تقاطع در خیلی از ایالات آمریکا اجرا شده است. شکل (۵) تقاطع بزرگراه درون ایالتی ۸۰ و خیابان ۸۹ جنوبی را در Truckee ایالت کالیفرنیا نشان می دهد که خصوصیات این تقاطع در شکل نشان داده شده است.



شکل ۵. خصوصیات تقاطع لوزی میدانی

۳-۲ تقاطع لوزی واگرا

در این تقاطع، وسایل نقلیه به مسیرهای مخالف هدایت می شوند که این تغییر مسیر در بین ترمینال رمپها صورت می گیرد. در محل تغییر مسیرها تقاطعات همسطحی به وجود می آید که توسط چراغ راهنمایی کنترل می گردد. با تغییر مسیر به وجود آمده، گردش به راست و چپ از طریق یک رمپ به بزرگراه یا آزاد راه صورت می گیرد. یکی از انواع این تقاطع در Albuquerque ایالت مکزیکوسیتی اجرا شده که تقاطع بزرگراه ۴۰ درون ایالتی و بلوار San Mateo می باشد. جزئیات این تقاطع در شکل (۶) نشان داده شده است.

خیابان دهم فروردین در شهر تهران مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد و با توجه به مشکلات وضع موجود راهکارهایی جهت بهبود وضعیت ترافیکی تقاطع ارائه می‌گردد.

۱-۳ تبیین محدوده مورد مطالعه

تقاطع مورد مطالعه در شمال غربی ناحیه ۵ منطقه ۱۴ شهرداری تهران واقع شده است. بزرگراه شهید محلاتی یک شریانی درجه ۱ و بلوار دهم فروردین یک شریانی درجه ۲ می‌باشد. در شکل (۷) تصویر هوایی تقاطع مذکور نشان داده شده است.



شکل ۷. تصویر هوایی تقاطع محلاتی - دهم فروردین

تقاطع فوق دارای چراغ راهنمایی زماندار به صورت سه فازه است. حرکات شرق به غرب و شرق به جنوب در یک فاز، حرکات غرب به شرق و غرب به شمال در فاز بعدی و حرکات جنوب به شمال و جنوب به غرب در فاز انتهایی صورت می‌پذیرد. مهمترین مشکل موجود در تقاطع، تاخیر زیاد وسایل نقلیه در ساعات اوج به دلیل سه فازه بودن و بالا بودن زمان سیکل در ساعات اوج است که این موضوع به دلیل احجام تردد بالا در هر سه رویکرد می‌باشد.

۲-۳ شبیه سازی تقاطع

برای هر وسیله نقلیه با توجه به فضائی که از تقاطع و معابر اشغال می‌نماید و نحوه عملکردش (در شتاب گیری و کاهش شتاب) ضرایبی برای همسنگ نمودن آن وسیله با سواری به کار می‌رود. براساس جلد چهارم ملاک عمل معاونت و سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، ضرایب همسنگ سواری بر اساس انواع وسایل نقلیه در معابر در جدول ۴ ارائه شده است.

استفاده از این تقاطعات نقاط برخورد را کاهش داده و ایمنی را بالا می‌برد، فقط تنها نگرانی که در مورد لوزوی واگرا وجود دارد این است که احتمال انتخاب مسیر اشتباه در تقاطع همسطح وجود دارد. جهت انتخاب نوع تقاطع لوزوی می‌توان از مواردی که در ادامه بیان می‌شود بهره برد.

لوزوی همگرا:

- گردش به چپ ها در ترمینال رمپها بالاست. ($300\text{pcu} <$)

- تقاطعات چراغدار مجاور، نزدیک باشد.

لوزوی میدانی:

- گردش به چپ ها در ترمینال رمپها پایین است. ($300\text{pcu} >$)

- هزینه ساخت پل پایین می‌باشد. (عرض پل کم می‌باشد).

- تقاطعات چراغدار مجاور، نزدیک نباشد.

لوزوی واگرا:

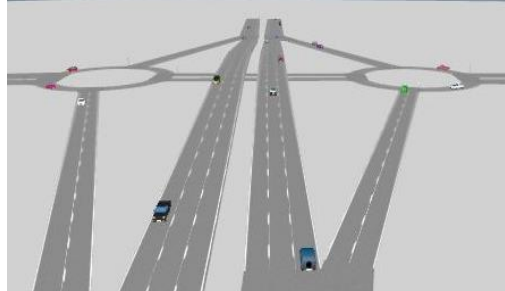
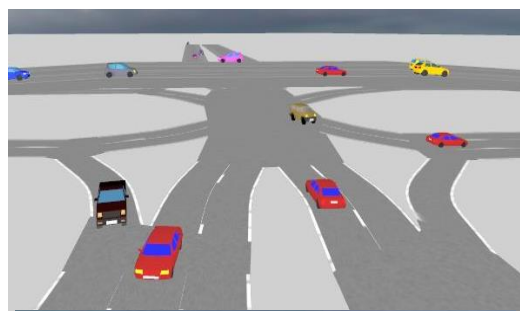
- گردش به چپ ها در ترمینال رمپها بالاست. ($300\text{pcu} <$)

- هزینه ساخت پل پایین می‌باشد. (عرض پل کم است).

۳. تعریف مسأله و اهداف تحقیق

معمولا تقاطع معابر شریانی درجه ۱ با شریانی های درجه ۲ به صورت غیر همسطح می‌باشد. حرکات چپگرد در این تقاطع ها یا به صورت مستقیم توسط رمپ های گردش به چپ و یا از طریق تقاطع های غیرهمسطح دو شریانی درجه ۱ در دو طرف این تقاطع صورت می‌گیرد. چندفازه بودن چراغ گاهی اوقات باعث تاخیر زیاد و ایجاد صف های طولانی در این گونه تقاطعات می‌باشد. یکی از دغدغه های برنامه ریزان ترافیک در این مواقع امکان سنجی احداث تقاطع غیرهمسطح به منظور کاهش تاخیر و افزایش حجم عبوری تقاطع می‌باشد. در این مقاله به صورت موردی تقاطع بزرگراه شهید محلاتی و

تحلیل شاخص‌های ترافیکی تقاطعات لوزی با نرم افزار شبیه ساز AIMSUN و مقایسه آن‌ها



شکل ۹. تصاویری از شبیه سازی سناریوها

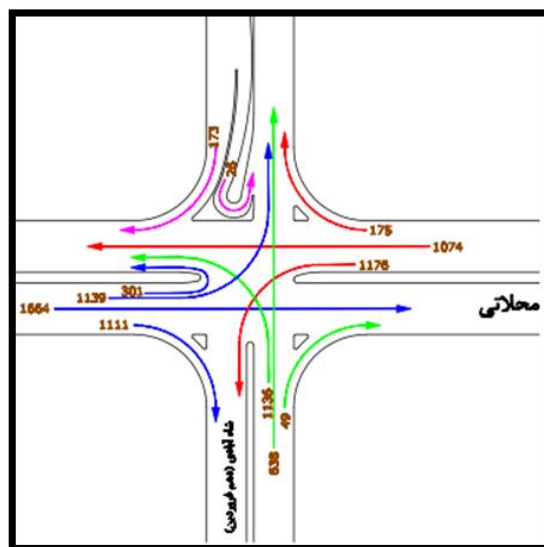
در نرم افزار شبیه ساز ترافیک AIMSUN، شاخص جریان خودروها بیانگر تعداد خودروهایی است که در طول دوره طراحی (معمولاً یک ساعت) موفق به عبور از شبکه شده‌اند. واحد جریان، خودروی معادل در ساعت است و اگر در شبکه مشکلی پیش نیاید (تقاطع‌ها قفل نشوند و جریان متوقف نشود)، این عدد معادل مجموع احجام ورودی به شبکه خواهد بود. خروجی دوم چگالی خودروها است. واحد این عدد خودرو بر کیلومتر است.

خروجی سوم سرعت متوسط خودروها است که شاخصی برای اندازه گیری روانی جریان ترافیک است. در نرم افزار برای محاسبه سرعت متوسط خودروها در شبکه، میانگین سرعت خودروهای عبوری از شبکه محاسبه می‌شود. برای محاسبه سرعت متوسط هر خودرو، مسافت طی شده خودرو، بر زمان سفر تقسیم می‌شود. خروجی چهارم، تاخیر است که از تفاضل

جدول ۴. ضرایب همسنگ سواری بر اساس انواع وسایل نقلیه در

معیار							
نوع وسیله همسنگ سواری	تاکسی	وانت	موتور بوس	مینی بوس	اتوبوس	کامیون	ون
	۱,۵	۱	۰,۳۳	۲	۳	۲	۱

برای برداشت حجم و ترکیب جریان ترافیک تقاطع مورد مطالعه در این تحقیق (تقاطع محلاتی با دهم فروردین) از آماربرداری میدانی استفاده شده است. این کار در ساعات اوج عصر و به مدت یک ساعت و در روز میانی هفته انجام شده است. در شکل (۸) احجام معادل سواری در تقاطع به تفکیک مسیرهای حرکتی نشان داده شده است.



شکل ۸. احجام معادل سواری برداشت شده در تقاطع

۳-۳ استفاده از نرم افزار شبیه‌ساز AIMSUN

برای بررسی تاثیر سناریوهای پیشنهادی، در شبیه سازی از روش حجم (state) استفاده شده است. انواع تقاطع لوزی مذکور مدل سازی شده و نتایج حاصل از اجرای این طرح های ترافیکی ارائه گردیده است. احجام حرکتی برحسب معادل سواری در تقاطع مشخص گردیده و مقدار دهی شده اند. تصویر شماتیک از شبیه سازی سناریوها در شکل (۹) نشان داده شده است.

شبکه برحسب کیلومتر، خروجی دیگر نرم افزار است که از مجموع مسافت طی شده خودروها بر حسب کیلومتر، بدست می آید.

آخرین خروجی کل زمان سفر ثبت شده توسط کلیه خودروهای عبوری از شبکه می باشد که از مجموع متوسط زمان سفر خودروها بدست می آید، واحد آن ثانیه است.

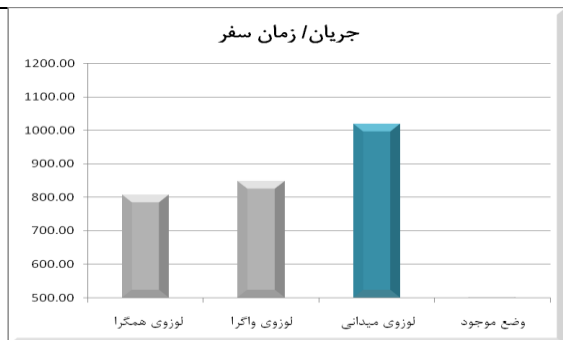
با شبیه سازی کل شبکه به کمک نرم افزار AIMSUN رفتار ترافیکی رانندگان و چگونگی حرکت وسایل نقلیه در تقاطع تحت سناریوها شبیه سازی گردید. نتایج حاصل از شبیه سازی سناریوها در قالب مقادیر فاکتورهای ارزیابی ترافیکی شبکه ارائه شده اند. (جدول ۵)

زمان سفر خودروها با زمان سفر مطلوب آنها محاسبه می شود. پس از تعیین تاخیر احتمالی به هر خودرو، متوسط تاخیر به ازای هر خودرو در شبکه که برابر میانگین تاخیر هر خودرو است محاسبه می شود. واحد تاخیر ثانیه بر کیلومتر به ازای هر خودرو است.

خروجی پنجم، زمان توقف خودروها است که از تقسیم مجموع زمان توقف هر خودرو بر کل مسافت طی شده خودرو محاسبه می شود. واحد آن ثانیه بر کیلومتر است. خروجی مهم دیگر تعداد توقف است که از تقسیم مجموع توقف های هر خودرو در هر مقطع بر کل مسافت طی شده خودرو محاسبه می شود. واحد این متغیر، خودرو بر کیلومتر است. کل مسافت طی شده توسط کلیه خودروهای عبوری از

جدول ۵. خروجیهای نرم افزار AIMSUN NG

شبکه	کل زمان سفر ثبت شده	کل مسافت طی شده	تعداد توقف	زمان توقف	تأخیر	متوسط زمان سفر	سرعت متوسط	چگالی	جریان
واحد	ثانیه	کیلومتر	تعداد بر کیلومتر	ثانیه بر کیلومتر	ثانیه بر کیلومتر	ثانیه بر کیلومتر هر خودرو	کیلومتر در ساعت	سواری بر کیلومتر	سواری بر ساعت
وضع موجود	۱۶۹	۳۰۷۵	۴,۶	۶۸,۰۷	۱۴۴	۲۱۰	۱۷	۳۷	۷۹۶۷
لوزوی همگرا	۳۹,۷	۲۲۸۲	۰,۱۸	۰,۰۸	۲,۵۴	۶۳,۱۴	۵۷,۵۸	۵	۳۹۰۴
لوزوی واگرا	۴۰,۷۷	۲۴۳۶	۰,۸۵	۱۲,۵۷	۱۶,۶۵	۶۶,۲۲	۶۷	۵	۳۹۳۸
لوزوی میدانی	۳۱,۲۶	۲۲۱۹	۰,۱۶	۰,۰۸	۴,۷	۵۲,۷۹	۷۲,۳۱	۴	۳۸۵۰



شکل ۱۰. رتبه‌بندی سناریوها از نظر نسبت جریان به چگالی

خودروها

۳-۳-۱ مقایسه نسبت جریان به چگالی خودروها در

سناریوها

همانطور که ذکر شد، جریان و چگالی از خروجی‌های نرم افزار در شبکه می باشند. نسبت جریان به چگالی نشان دهنده روانی تردد خودروها در شبکه است. هر چه جریان عبوری شبکه بیشتر باشد، شبکه دارای مطلوبیت بیشتر و عملکرد بهتری است و قابلیت عبور تعداد بیشتری خودرو در هر ساعت را دارد. در شکل ۱۰ رتبه‌بندی سناریوهای پیشنهادی بر اساس نسبت جریان به چگالی آورده شده است.

تحلیل شاخص‌های ترافیکی تقاطعات لوزی با نرم افزار شبیه ساز AIMSUN و مقایسه آن‌ها

۱. همانطور که در نمودارهای مقایسه شاخص‌های ترافیکی مشاهده شد، استفاده از تقاطعات لوزی ابتکاری مذکور موجب بهبود و افزایش قابل ملاحظه مطلوبیت سیستم در زمینه‌های مختلف نسبت به وضعیت کنونی خواهد شد.

۲. لوزی میدانی دارای بیشترین نسبت جریان عبوری به چگالی ثبت شده است و تفاوت زیادی بین لوزی همگرا و واگرا مشاهده نمی‌شود. این نمونه از تقاطع کمترین نسبت زمان سفر را نیز در این ارزیابی نشان می‌دهد.

۳. مطلوبترین سناریو از نظر تاخیر، سناریوی لوزی همگرا است که کمترین میزان را نسبت به بقیه داشته است. البته شایان ذکر است که لوزی واگرا با توجه به وجود چراغ زماندار، زمان تاخیر بیشتری را دارا می‌باشد. و با توجه به ضوابط چراغدار کردن تقاطعات و بالاخص حجم عبوری می‌توان از چراغ دار کردن آن صرف نظر نمود و زمان تغییر آن کاهش می‌یابد. شایان ذکر است که منظور از زمان تاخیر برای مسیر جنوبی- شمالی می‌باشد چرا که مسیر شرقی غربی در هر سه سناریو کمترین تداخل حرکتی را داشته و به صورت بزرگراه ایفای نقش می‌نماید.

۴. با توجه به معیارهای مقایسه‌ای صورت گرفته لوزی میدانی نسبت به دو سناریوی دیگر مطلوب تر بوده و از نظر شاخص‌های ترافیکی برتر است، اما این نکته نیز قابل توجه است که این سناریو با توجه به شکل هندسی نیازمند تملک اراضی بیشتر و در نتیجه هزینه ساخت بالاتری نسبت به سناریوهای دیگر می‌باشد.

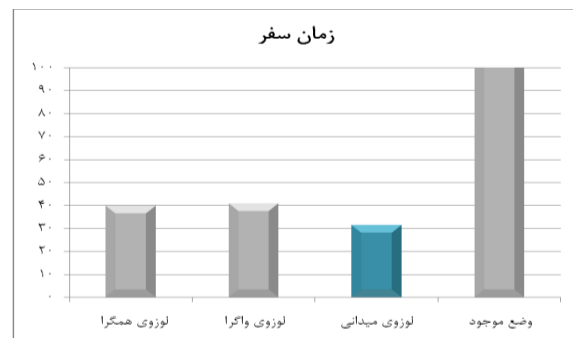
۵. مراجع

- جلد چهارم ملاک عمل معاونت و سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، زمستان ۱۳۹۱، "ضوابط تبدیل تقاطعات کنترل شونده توسط علائم افقی و عمودی به تقاطع‌های چشمک زن".

۳-۲ مقایسه نسبت زمان سفر به جریان خودروها در سناریوها

سناریوها

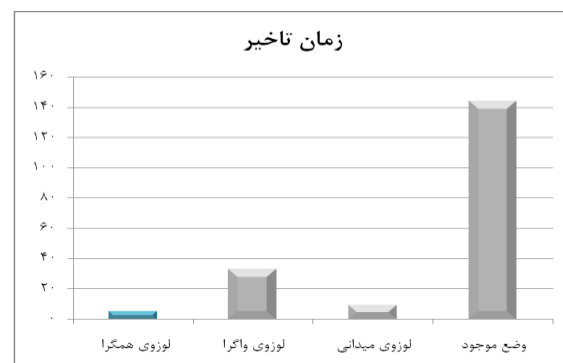
در شکل ۱۱ رتبه‌بندی سناریوهای پیشنهادی از نظر نسبت زمان سفر به جریان خودروها در شبکه آورده شده است. از لحاظ تئوری هر شبکه‌ای که خودروها در آن زمان سفر کمتری داشته باشد، از نظر ترافیکی مطلوبتر است.



شکل ۱۱. رتبه‌بندی سناریوها از نظر نسبت زمان سفر به جریان خودروها در شبکه

۳-۳-۳ مقایسه تاخیر خودروها در سناریوها

تاخیر یکی از ناخوشایندترین پیامدهای ترافیک است که به دلیل اتلاف زمان و وقت مسافران، دارای اثرات منفی روحی، روانی متعددی برای آنان خواهد شد. لذا یکی دیگر از متغیرهای تصمیم‌گیری در ارزیابی سناریوهای پیشنهادی تاخیر تحمیلی بر خودروها است. در شکل (۱۲)، رتبه‌بندی سناریوها از نظر تاخیر تحمیلی بر خودروها آورده شده است. طبیعتاً سناریوی با تاخیر کمتر مطلوبتر خواهد بود.



شکل ۱۲. رتبه‌بندی سناریوها از نظر تاخیر تحمیلی بر خودروها

۴. نتیجه‌گیری

- تجزیه و تحلیل مسایل مهندسی ترافیک، ۱۳۸۰. پروفیسور
حمید بهبهانی- دانشگاه علم و صنعت ایران ، نشر اردکان
مهندسی ترافیک، ۱۳۸۵ دکتر مهیار عربانی- انتشارات دانشگاه
گیلان.

- American Association of State Highway and
Transportation Officials. 2004" A Policy on
Geometric Design of Highways and Street".

- California Department of Transportation.
2007 " Highway Design Manual", Chapter
500.

- Urban Transportation Monitor. April 14,
2006 "Missouri DOT Plans First "Diverging
Diamond" Interchange in U.S." Volume 20,
Number 7.

- Edara, Praveen K., Joe G. Bared, and
Ramanujan Jagannathan. Diverging Diamond
Interchange and Double Crossover Intersection
– Vehicle and Pedestrian Performance,
Proceedings of TRB International.

- Symposium on Highway Geometric Design,
2005 Chicago.

- Innovative Diamond Interchange Designs,
David Stanek, P.E.