



تحلیل و مقایسه شاخصهای ترافیکی انواع تقاطعات لوزی با استفاده از نرم افزار AIMSUN

محمد خردمند^۱، امیر بری دیزج^۲

۱- کارشناس ارشد عمران- مدیریت ساخت دانشگاه علم و صنعت

۲- کارشناس ارشد عمران- راه و ترابری دانشگاه علم و صنعت

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 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.

کلید واژه: تقاطعات لوزی، زمان تاخیر، نقاط برخورد، نرم افزار AIMSUN

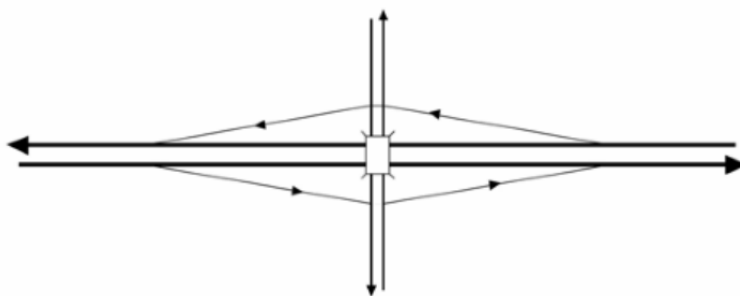
^۱ معاون حمل و نقل و ترافیک شهرداری منطقه ۱۴، ۰۲۱۳۵۲۱۳۳۰۰
^۲ saeid_road@yahoo.com، ۰۰۹۱۲۰۲۹۹۶۵۷



۱- مقدمه

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.

[1]



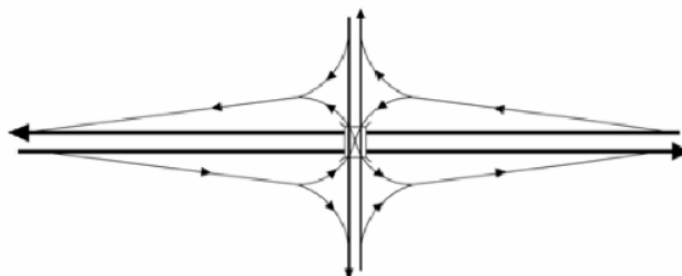
شکل ۱: تقاطع لوزوی ساده

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

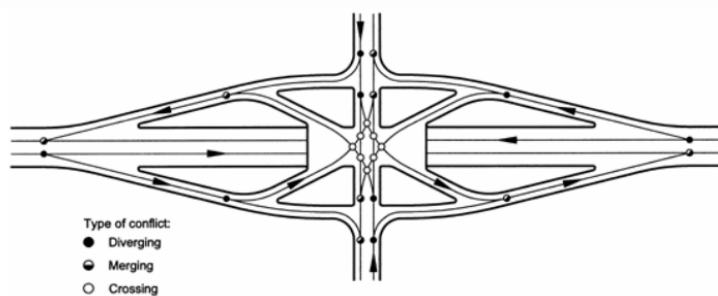
۲-۱- تقاطع لوزوی همگرا

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 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.

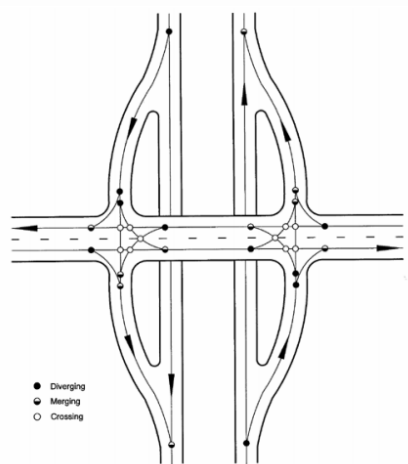


شکل ۲: تقاطع لوزوی همگرا

در شکل ۳ نقاط برخورد تقاطع لوزوی همگرا و در شکل ۴ نقاط برخورد تقاطع لوزوی ساده را می‌توان 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
گردش به چپ	۶	۸
برخورد مستقیم	۴	۰
مجموع	۳۰	۲۴

۲-۲- تقاطع لوزوی 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. [2]



شکل ۵- خصوصیات تقاطع لوزوی میدانی

۲-۳- تقاطع لوزوی 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.



شکل ۶- خصوصیات تقاطع لوزوی واگرا

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

جدول ۲- نوع نقاط برخورد تقاطع لوزوی واگرا

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

۲-۴- مقایسه انواع تقاطعات لوزوی

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



جدول ۳- مقایسه انواع تقاطعات لوزوی [3]

مقیاسات	لوزوی ساده	لوزوی همگرا	لوزوی میدانی	لوزوی 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

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 چپ‌ها در ترمینال رمپها بالاست. ($300\text{pcu} <$)
- تقاطعات چراغدار مجاور، نزدیک باشد.

لوزوی میدانی:

- گردش به چپ‌ها 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 چپ‌ها در ترمینال رمپها بالاست. ($300\text{pcu} <$)
- هزینه ساخت پل پایین می‌باشد. (عرض پل کم است). [4]

۳- تعریف مسأله و اهداف تحقیق

معمولا تقاطع معابر شریانی درجه ۱ با شریانی‌های درجه ۲ به صورت غیر همسطح می‌باشد. حرکات چپگرد در این تقاطع‌ها یا به صورت مستقیم توسط رمپ‌های گردش به چپ و یا از طریق تقاطع‌های غیرهمسطح دو شریانی درجه ۱ در دو طرف این تقاطع صورت می‌گیرد. چندفازه بودن چراغ‌گاهی اوقات باعث تاخیر زیاد و ایجاد صف‌های طولانی در این گونه تقاطعات می‌باشد. یکی از دغدغه‌های برنامه ریزان ترافیک در این مواقع امکان



سنجی احداث تقاطع غیرهمسطح به منظور کاهش تاخیر و افزایش حجم عبوری تقاطع می باشد. در این مقاله به صورت موردی تقاطع بزرگراه شهید محلاتی و خیابان دهم فروردین در شهر تهران مورد مطالعه و بررسی قرار می گیرد و با توجه به مشکلات وضع موجود راهکارهایی جهت بهبود وضعیت ترافیکی تقاطع ارائه می گردد.

• 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 می باشد. 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 می پذیرد. 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 می باشد.

۳-۱- شبیه سازی تقاطع

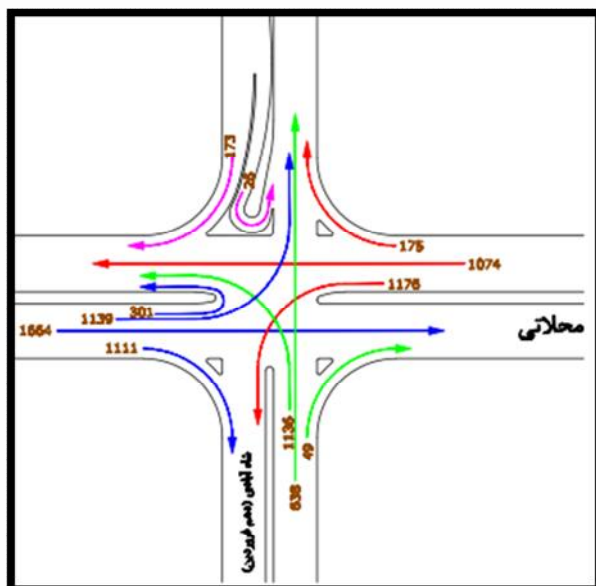
برای هر وسیله نقلیه با توجه به فضائی که از تقاطع و معابر اشغال می نماید و نحوه عملکردش (در شتاب گیری و کاهش شتاب) ضرایبی برای همسنگ نمودن آن وسیله با سواری به کار می رود. براساس جلد چهارم ملاک عمل معاونت و سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، ضرایب همسنگ سواری بر اساس انواع وسایل نقلیه در معابر در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



جدول ۴ - ضرایب همسنگ سواری بر اساس انواع وسایل نقلیه در معابر [5]

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

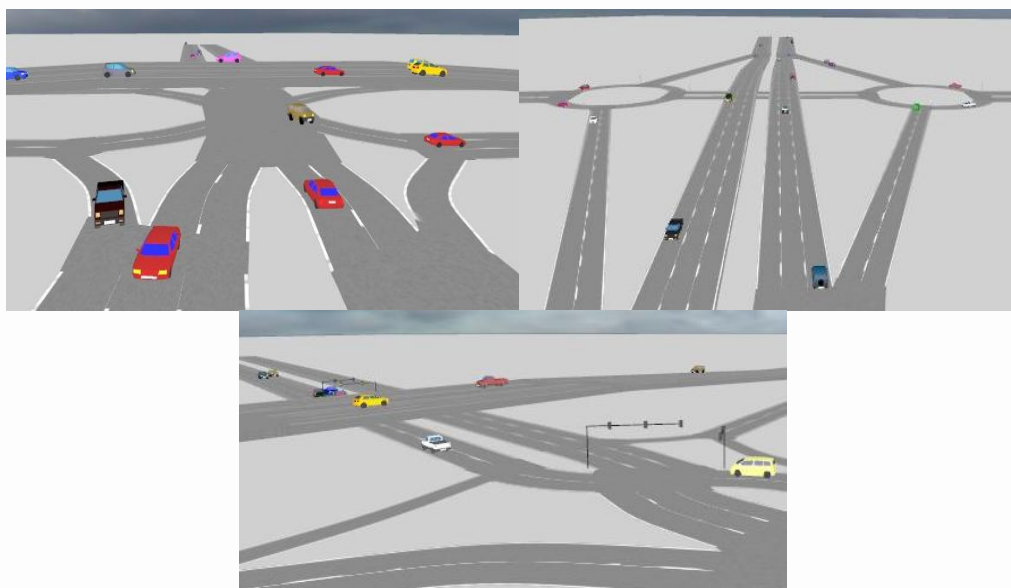
برای برداشت حجم و ترکیب جریان ترافیک تقاطع مورد مطالعه در این تحقیق (تقاطع محلاتی با دهم فروردین) از آماربرداری میدانی استفاده شده است. این کار در ساعات اوج عصر و به مدت یک ساعت و در روز میانی هفته انجام شده است. در شکل (۸) احجام معادل سواری در تقاطع به تفکیک مسیرهای حرکتی نشان داده شده است.



شکل ۸- احجام معادل سواری برداشت شده در تقاطع

- استفاده از نرم افزار شبیه‌ساز AIMSUN

برای بررسی تاثیر سناریوهای پیشنهادی، در شبیه سازی از روش حجم (state) استفاده شده است. انواع تقاطع لوزوی 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.



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 زمان سفر خودروها با زمان سفر مطلوب آنها محاسبه می‌شود. پس از تعیین تاخیر تحمیلی به هر خودرو، متوسط تاخیر به ازای هر خودرو در شبکه که برابر میانگین تاخیر هر خودرو است محاسبه می‌شود. 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 می‌شود. 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 می‌شود. واحد این متغیر، خودرو بر کیلومتر است. کل مسافت طی شده توسط کلیه خودروهای عبوری از شبکه بر حسب کیلومتر، خروجی دیگر نرم افزار است که از مجموع مسافت طی شده خودروها بر حسب کیلومتر، بدست می‌آید.

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



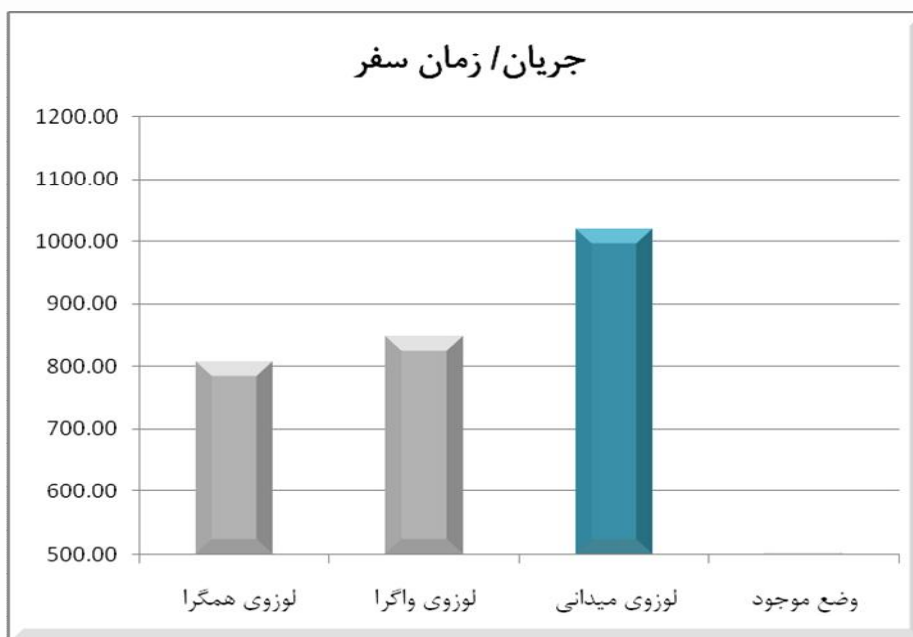
با شبیه سازی کل شبکه به کمک نرم افزار AIMSUN رفتار ترافیکی رانندگان و چگونگی حرکت وسایل نقلیه در تقاطع تحت سناریوها شبیه سازی گردید. نتایج حاصل از شبیه سازی سناریوها در قالب مقادیر فاکتورهای ارزیابی ترافیکی شبکه ارائه شده اند. (جدول ۵)

جدول ۵- خروجیهای نرم‌افزار AIMSUN NG

شبکه	کل زمان سفر ثبت شده	کل مسافت طی شده	تعداد توقف	زمان توقف	تاخیر	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	68.07	۱۴۴	۲۱۰	۱۷	۳۷	۷۹۶۷
لوزوی همگرا	39.7	2282	0.18	0.08	2.54	63.14	57.58	5	3904
لوزوی واگرا	40.77	2436	0.85	12.57	16.65	66.22	67	5	3938
لوزوی میدانی	31.26	2219	0.16	0.08	4.7	52.79	72.31	4	3850

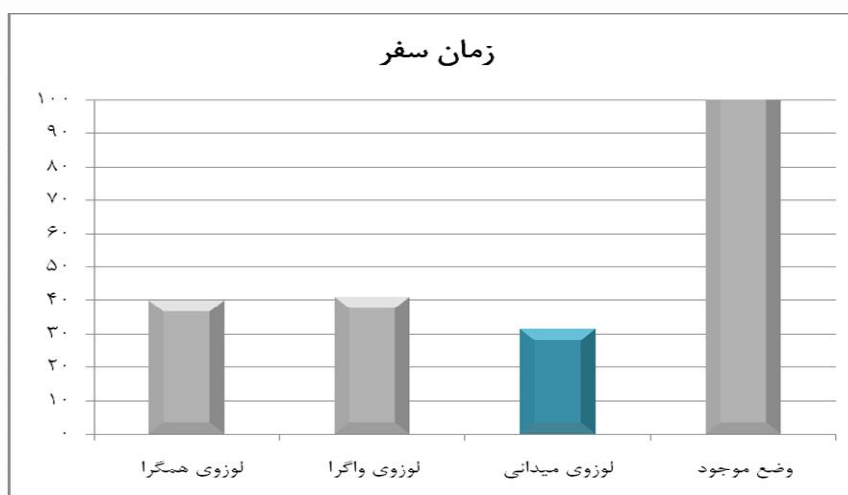
الف- مقایسه نسبت جریان به چگالی خودروها در سناریوها

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.



شکل ۱۰ - رتبه‌بندی سناریوها از نظر نسبت جریان به چگالی خودروها

ب- مقایسه نسبت زمان سفر به جریان خودروها در 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.

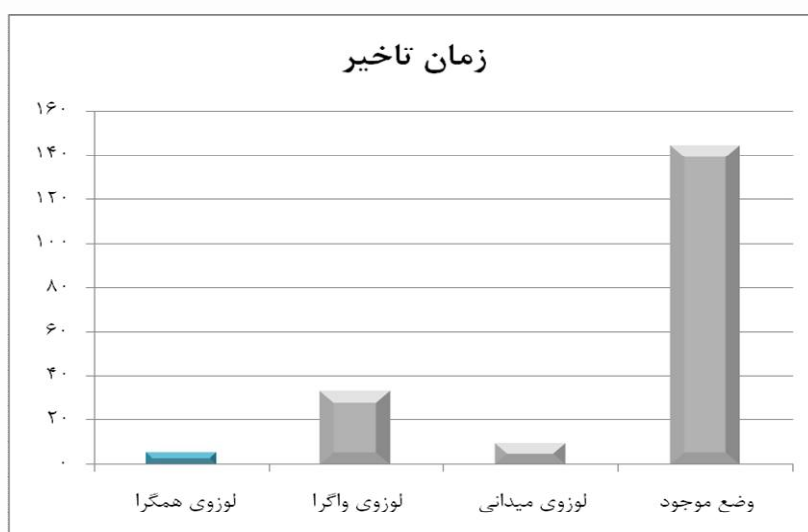


شکل ۱۱ - رتبه‌بندی سناریوها از نظر نسبت زمان سفر به جریان خودروها در شبکه



پ- مقایسه تاخیر خودروها در سناریوها

تأخیر 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 تأخیر تحمیلی بر خودروها است. در شکل (۱۲)، رتبه‌بندی سناریوها از نظر تأخیر تحمیلی به خودروها آورده شده است. طبیعتاً سناریوی با تأخیر کمتر مطلوبتر خواهد بود.



شکل ۱۲- رتبه‌بندی سناریوها از نظر تأخیر تحمیلی به خودروها

۴- نتیجه‌گیری

- همانطور که در نمودارهای مقایسه شاخص‌های ترافیکی مشاهده شد، استفاده از تقاطعات لوزوی ابتکاری مذکور موجب بهبود و افزایش قابل ملاحظه مطلوبیت سیستم در زمینه‌های مختلف نسبت به وضعیت کنونی خواهد شد.
- لوزوی میدانی دارای بیشترین نسبت جریان عبوری به چگالی ثبت شده است و تفاوت زیادی بین لوزوی همگرا و واگرا مشاهده نمی‌شود. این نمونه از تقاطع کمترین نسبت زمان سفر را نیز در این ارزیابی نشان می‌دهد.
- مطلوبترین سناریو از نظر تأخیر، سناریوی لوزوی همگرا است که کمترین میزان را نسبت به بقیه داشته است. البته شایان ذکر است که لوزوی واگرا با توجه به وجود چراغ زماندار، زمان تأخیر 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 می باشد چرا که مسیر شرقی غربی در هر سه سناریو کمترین تداخل حرکتی را داشته و به صورت بزرگراه ایفای نقش می نماید.

۴. با توجه به معیارهای مقایسه ای صورت گرفته لوزوی میدانی نسبت به دو سناریوی دیگر مطلوب تر بوده و از نظر شاخص های 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 می باشد.



۵- مراجع

- 1) American Association of State Highway and Transportation Officials. 2004" A Policy on Geometric Design of Highways and Street", .
- 2) California Department of Transportation. ۲۰۰۷ " Highway Design Manual", Chapter 500
- 3) Urban Transportation Monitor. April 14, 2006 "Missouri DOT Plans First "Diverging Diamond "Interchange in U.S." Volume 20, Number 7 .
- 4) Edara, Praveen K., Joe G. Bared, and Ramanujan Jagannathan. Diverging Diamond Interchange and Double Crossover Intersection – Vehicle and Pedestrian Performance ,Proceedings of TRB International
- ۵) 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 تقاطع های چشمک زن"
- 6) Symposium on Highway Geometric Design, ۲۰۰۵ Chicago .
- 7) Innovative Diamond Interchange Designs, David Stanek, P.E.
- ۸) تجزیه و تحلیل مسایل مهندسی ترافیک، ۱۳۸۰. پروفیسور حمید بهبهانی- دانشگاه علم و صنعت ایران، نشر اردکان
- ۹) مهندسی ترافیک، ۱۳۸۵ دکتر مهیار عربانی- انتشارات دانشگاه گیلان



Comparative analysis of various traffic parameters in innovative and simple diamond interchanges by using traffic simulation software, AIMSUN

Mohammad Kheradmand¹, Amir Barry Dizaj²

1- M.Sc in civil engineering, Iran univ. of science and technology

2-M.Sc in road & transportation engineering, Iran univ. of science and technology

Abstract

Congestion at a freeway interchange is often a critical bottleneck for an arterial corridor. The most common design – the diamond interchange – has a limited capacity at the ramp terminal intersections, especially when the intersections are close together and the turning volumes are high. To solve these problems, traffic engineers have developed the following innovative diamond interchange designs: the single-point interchange, roundabouts at the ramp terminal intersections, and the diverging diamond interchange. The single point interchange combines the two ramp terminal intersections for a standard diamond interchange into a single intersection that is located typically at the freeway overcrossing or undercrossing. Modern roundabouts with yield control reduce the need for left- turn storage at the ramp terminal intersections. The diverging diamond interchange provides a crossover for the local street through traffic so that both left and right turns onto the freeway on-ramps do not cross opposing through traffic. With these three designs, the interchange would nearly maintain its existing footprint so that the right-of-way impact is reduced compared to typical high volume configurations such as the partial cloverleaf interchange or interchanges with direct connector ramps. This paper compares and contrasts the advantages and disadvantages of the three innovative diamond interchange designs according to traffic operations, traffic safety, and construction cost. Using a case study, the three innovative designs are applied to demonstrate these advantages and disadvantages.