

# بررسی تقاطعات لوزوی واگرا و مقایسه آن با تقاطعات شبدری به وسیله نرم افزار شبیه سازی ترافیکی AIMSUN

رضا مؤید فر<sup>۱</sup>، شکوفه امیرخانی<sup>۲</sup>، سینا پرسته<sup>۳</sup>

۱- استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه اراک

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده فنی و مهندسی

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده فنی و مهندسی

## چکیده

رشد صنعت حمل و نقل و جمعیت بررسی ترافیک در نقاط گره ای را بسیار حیاتی نموده است. در این راستا یکی از راه های کاهش اتلاف سرمایه و افزایش سرویس دهی، غیر همسطح کردن تقاطع بوده است. تقاطعات لوزوی یکی از انواع این تقاطعات غیر همسطح است. با این حال تاکنون اقدامی جهت مقایسه این نوع تقاطع و تقاطع چراغ دار و تقاطع معمول شبدری صورت نگرفته که در این تحقیق سعی بر مقایسه این سه مدل تقاطع شده است و برای این منظور از نرم افزار AIMSUN و آماربرداری میدانی استفاده شده است. براساس مقایسه نتایج حاصل از این شبیه سازی ها، تقاطع لوزوی واگرا به عنوان بهترین و مناسب ترین گزینه از لحاظ بهبود عملکرد ترافیکی و اقتصادی (هزینه های ساخت، تملک اراضی و مصرف سوخت) در محدوده تقاطعات شهری انتخاب گردید. شبیه سازی انجام گرفته مشخص نموده است که در صورت وجود تقاطع موجود در یک سال هزینه ای بالغ بر ۱۸۴ میلیارد ریال اتلاف زمان و انرژی خواهیم داشت. در صورت احداث تقاطع شبدری این هزینه به ۶ میلیارد ریال کاهش خواهد یافت. اما هزینه احداث و آزاد سازی سنگینی خواهد داشت. تقاطع لوزوی با ۱۷ میلیارد ریال اتلاف سرمایه و هزینه احداث و کمترین آزادسازی بهترین گزینه برای تقاطعات شهری خواهد بود.

**کلید واژه:** تقاطع، لوزوی، شبدری، شبیه سازی ترافیکی میکروسکوپی، هزینه

## ۱- مقدمه

طراحی تقاطعات نیازمند داشتن دانش در هر دو زمینه ترافیک و مهندسی راه است. نحوه عملکرد تقاطع به میزان ظرفیت، طول صف و تاخیرات، جلوگیری از تصادفات و کنترل ترافیک بستگی دارد. نتیجه تلاقی دو مسیر در یک نقطه تقاطع خواهد بود که نوع تقاطع بستگی به فاکتورهای بی شماری از قبیل قیمت، تاثیرات محیطی، کارایی و .. خواهد داشت [۳].

## ۲- تعریف مسأله و اهداف تحقیق

رشد و گسترش شبکه های حمل و نقل چه از لحاظ کیفی و چه از لحاظ کمی، مدیون مطالعات وسیعی است که در این زمینه صورت گرفته است. وجود سازمان های مطالعاتی بزرگ مرتبط با این امر، در کشورهایی که دارای شبکه های حمل و نقل وسیعی هستند، بیانگر اهمیت پژوهش در رشد و پیشرفت شبکه حمل و نقل این کشورها است. به طوری که سازمان دهی به امور حمل و نقل امروزه به صورت یک علم با اهمیت درآمده و کشورهای مختلف با توجه به نیازشان مطالعات مختلفی در این زمینه انجام داده اند [۴].

امروزه اهمیت و تاثیر متقابل زیر ساخت های حمل و نقل به ویژه حمل و نقل زمینی و توسعه اقتصادی برکسی پوشیده نیست. به همین دلیل در شرایط فعلی ساختن راه و راه آهن، آن گونه که در گذشته مطرح بوده است، دیگر کفایت نمی کند و بررسی و تحلیل گسترده تر به منظور سرمایه گذاری صحیح و بجا امری ضروری می باشد [۱]. منظور از ایجاد تقاطع ها یا انشعابات، ایجاد سطوحی است در محل تقاطع دو راهی، که وسایل نقلیه بتوانند با استفاده از این سطوح، در جهات مختلف و بدون برخورد با وسایل نقلیه دیگر حرکت نمایند. با بررسی میزان و نوع ترافیک در محل تقاطع و حل هندسی آن ها می توان دبی عبور و مرور در این محل-ها را به حداکثر ممکن افزایش داده و خطرات ناشی از تصادف وسایل نقلیه را به حداقل رساند. تقاطع ها به اشکال مختلف ایجاد می شوند و به دو گروه اصلی تقاطع غیر همسطح<sup>۴</sup> و تبادلی یا تقاطع هم سطح<sup>۵</sup> تقسیم می گردند [۲].

1- R-moayedfar@araku.ac.ir

2- Amirkhani.shokoofeh@yahoo.com

3- Sparasteh1969@gmail.com

4- Grade Separation and interchange (Echangeur)

5- At- Grade Intersections

## ۳- ادبیات موضوع

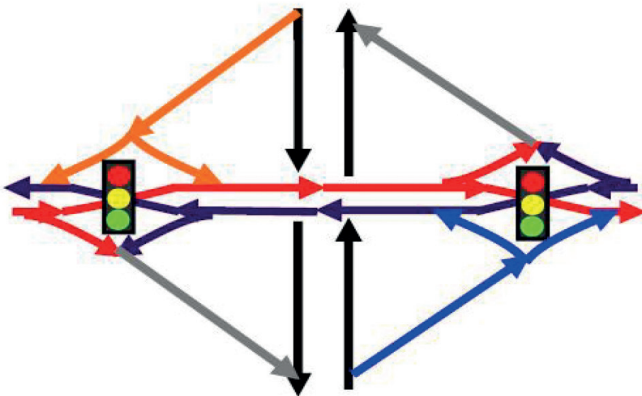
### ۳-۱- تبادل لوزوی

تبادلات لوزوی در انواع مختلف، معمولاً در تقاطعات تسهیلات کوچک و بزرگ، هر دو محیط شهری و برون شهری بکار می روند. یک تقاطع لوزوی استاندارد شامل دو تقاطع چراغدار، با رنج فاصله نرمال بین ۶۰ تا ۳۰۰ متر است و در بین این فاصله اتومبیل‌ها در جهت عکس جهت معمول حرکت می کنند تا به جای استفاده از لوپ از رمپ برای گردش استفاده کنند [۵].

انواع معمول تبادل لوزوی به شرح زیر می باشد:

### ۳-۱-۱- نوع اول:

تقاطع لوزوی شکل، نوع اول تشکیل شده است از یک مسیر اصلی که بدون تداخل از زیر عبور کرده و دو چراغ راهنمایی که جهت حرکت را تغییر داده تا به جای استفاده از لوپ از رمپ استفاده گردد تا فضای اشغال شده کمتر گردد. این نوع از تقاطع معمولاً در مکان هایی استفاده می شود که تنها یک تقاطع با چهارراه موجود باشد. ویژگی های این تقاطع کاهش نقاط برخورد با طرح هندسی و همچنین چون در زمان بهره برداری نیاز به دو فاز چراغ دارد، کاهش تعداد خطوط و طراحی با فضای کمتر را بدست می دهد. [۶].



شکل ۱: تقاطع لوزوی شکل با دو عبور از پایین و دو چراغ قرمز

قسمت عمده این مطالعات در زمینه حمل و نقل درون شهری صورت گرفته است و در بخش های مختلفی نظیر طراحی هندسی راه، سازه راه و مهندسی ترافیک نتایج این مطالعات به صورت دستورالعمل هایی ارائه گردیده است [۴].

از طرفی در بررسی تحولات ساختاری بخش حمل و نقل و ترافیک در سرزمین ایران باید اعتراف نمود به رغم پیشینه طولانی ایران در نظام حمل و نقل و ترافیک جهانی و منطقه ای، حمل و نقل و ترافیک به مفهوم نوین آن در کشور ما، بسیار نوپا و جوان است و نیاز به بررسی های گسترده تر و دقیق تری در این زمینه توسط پژوهشگران و مهندسان ترافیک می باشد [۴].

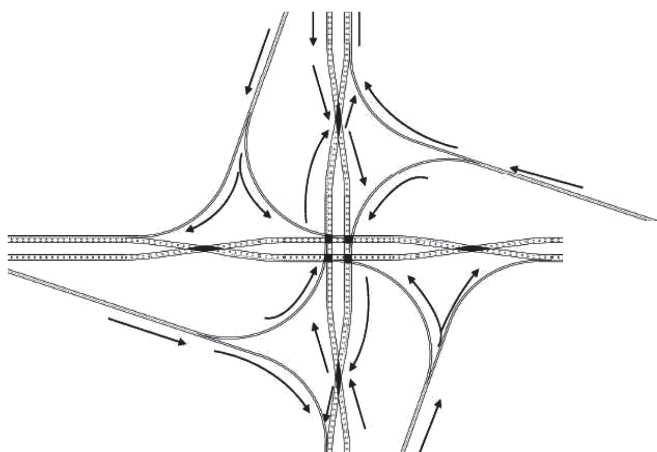
امروزه با رشد روز افزون جمعیت و همچنین با توجه به وجود معضلات زیاد در آزاد سازی ها بخصوص در مناطق شهری امکان استفاده از تقاطعات با فضای اشغال زیاد مانند تقاطعات شبدری فراهم نیست و تقاطعات چراغ دار نیز پاسخگوی حجم ترافیک نیستند. از سوی دیگر اجرای تقاطعات با چند سطح نیز هزینه هنگفتی خواهد داشت. بنابراین همواره جستجو برای یافتن واریانتهای با کمترین هزینه و بیشترین کاربرد مورد نظر بوده است. در این راستا یکی از این نوع تقاطعات تقاطع لوزی شکل است که در این تحقیق سعی در مقایسه میزان هزینه و کارکرد این تقاطع در مقایسه با تقاطع چراغ دار و تقاطع شبدری شده است.

انتخاب مناسب ترین نوع تقاطع به منظور عبور در سطوح مختلف، برای هر محل، اولین و مهم ترین مرحله ی طراحی تقاطع می باشد. به طور کلی در شهرها مهم ترین عامل، تأمین ظرفیت کافی برای بهره برداری از تقاطع بوده، در حالی که در برون شهرها مهم ترین عامل، تناسب تقاطع با جریان ترافیک و سرعت های زیاد روی شاهرا ها می باشد. در انتخاب مناسب ترین نوع تقاطع می بایست عوامل زیر را در نظر گرفت: [۲].

- ۱- موقعیت محلی
  - ۲- خصوصیات ترافیک (حجم، ایمنی، سرعت و...)
  - ۳- مسائل اقتصادی
  - ۴- موقعیت طبیعی و وضعیت توپوگرافی محل
  - ۵- اثر تقاطع بر محیط زیست
  - ۶- طبقه بندی مسیرهای تقاطع (خیابان، راه فرعی، راه اصلی و ...)
  - ۷- امکان تأمین روشنایی لازم در شب
- بنابراین مقایسه و انتخاب بهترین گزینه برای تقاطعات شهری در میان سه مدل تقاطع چراغ دار، شبدری و لوزوی مقایسه گردیده است. در این تحقیق با انتخاب یک تقاطع در شهر تهران، پس از بررسی مبانی تئوری و مدلسازی تقاطعات لوزوی، شبدری و چراغ دار به بررسی و ارزیابی گزینه ها پرداخته و با توجه به نتایج حاصل از شبیه سازی ترافیکی، اولویت احداث این نوع تقاطع ها تعیین می شود.

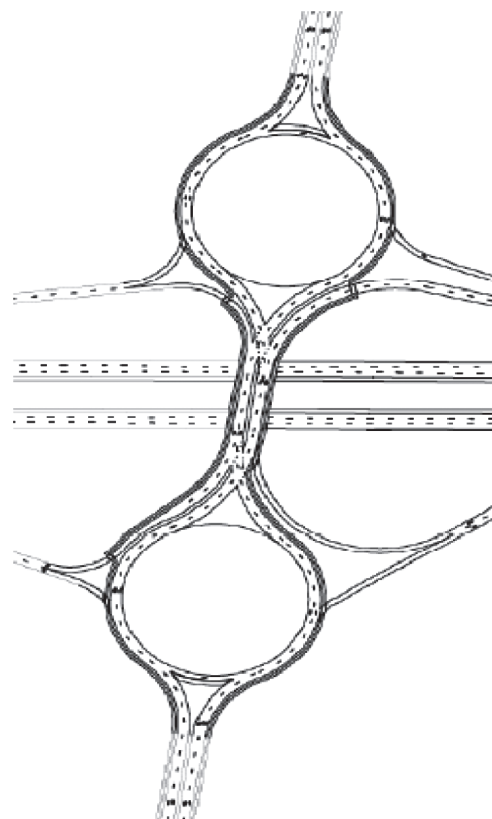
### ۳-۱-۲- نوع دوم:

در صورتی که دو تقاطع در نزدیکی هم قرار داشته باشند و یا در صورتی که بخواهیم از چراغ راهنمایی استفاده نکنیم، می توان از دو میدان برای جایجا کردن خطوط استفاده کرد، که از ویژگی های بسیار خوب این تقاطع این نکته است که در ترافیک کم میزان تداخل ها کاهش پیدا کرده و جریان بدون قطع شدگی و تاخیر و با یکپارچگی انجام می گیرد [۶].



شکل ۳: تقاطع لوزوی شکل با تغییر مسیر حرکت در هر دو جهت

نقاط برخورد در یک تقاطع لوزوی واگرا به طور قابل توجهی کمتر از تقاطعات دیگر است که این امر باعث ایمنی بیشتر این نوع تقاطعات در مقایسه با انواع دیگر می شود [۷]. Shuxin Jin در سال ۲۰۱۳، مطالعه ای بر ساختار ترافیکی تبادل لوزوی از قبیل ساختار ترافیکی ورودی ها و خروجی ها و ساختار ترافیکی پل تبادل لوزوی و ساختار ترافیکی پل تبادل و راه اصلی و تقاطع انجام داده است. او تحقیق و پژوهش در ساختار ترافیکی تبادل لوزوی و ورودی و خروجی اصلی را در حالت انتقال وضعیت ترافیکی غیر اشباع به شرایط ترافیک اشباع شده را، مهم و ضروری دانسته است و به وسیله تحقیق در مورد تبادل لوزوی واقعی و شبیه سازی آن با نرم افزار VISSIM، تایید کرده است که در وهله اول ساختار ترافیکی ورودی و خروجی اصلی در طراحی بسیار مهم و ضروری می باشد. سپس نوع ترافیک غیر اشباع تبادل لوزوی در شرایط ترافیک شلوغ باید مورد توجه قرار گیرد [۸]. G.Barad Joe در سال ۲۰۰۶، بهترین عملکرد شامل بهترین سطح سرویس، تاخیرات کمتر، صف کوتاهتر و بازده بالاتر می باشد. مهمترین عامل موثر در عملکرد تقاطع جریان سنگین یا کاهش تعداد فازهای چرخه چراغ راهنمایی می باشد [۹]. از میان این نوع تقاطع فوق، تقاطع نوع اول (تقاطع لوزوی واگرا) معمول تر بوده، بنابراین در این تحقیق از این نوع از تقاطع استفاده گردیده است.



شکل ۲: تقاطع لوزوی شکل با دو عبور از پایین و دو میدان در دو طرف

### ۳-۱-۳- نوع سوم:

تقاطع لوزوی شکل با حرکت به صورت چرخش، که این نوع تقاطع به این صورت بوده که چهارراهی در مرکز وجود دارد و تماط حرکات یا بصورت همسطح و یا غیر همسطح به این چهارراه می رسند. تنها تفاوت این تقاطع با تقاطع نوع اول به این شکل است که تغییر مسیر حرکتی در هر دو مسیر تقاطع انجام می گیرد که امکان جدا شدن چپ گردها همراه راست گردها را در تقاطع ایجاد خواهد نمود [۶].

## ۴- روش تحقیق

روش تحقیق و شبیه سازی به صورت گام به گام در زیر بیان شده است:

گام ۱- انتخاب نوع تقاطعات مورد مطالعه و سپس انتخاب منطقه مورد مطالعه به عنوان نمونه موردی مورد مطالعه و همچنین انتخاب نرم افزار شبیه سازی ترافیکی با توجه به هدف تحقیق

گام ۲- گردآوری اطلاعات لازم جهت شبیه سازی و دسته بندی اطلاعات

گام ۳- ساخت مدل تقاطع انتخابی در نرم افزار شبیه سازی ترافیکی AIMSUN

گام ۴- ورود اطلاعات به نرم افزار شبیه سازی ترافیکی AIMSUN

گام ۵- انجام فرآیند شبیه سازی در نرم افزار شبیه سازی ترافیکی AIMSUN

گام ۶- استخراج نتایج مورد نیاز جهت تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار شبیه سازی ترافیکی AIMSUN

گام ۷- تجزیه و تحلیل داده های خروجی نرم افزار شبیه سازی ترافیکی AIMSUN و نمایش آنها به صورت جدول و نمودار

گام ۸- برآورد اقتصادی هر یک از گزینه ها و مقایسه آنها با یکدیگر

گام ۹- انتخاب گزینه (طرح تقاطع) برتر از بین گزینه های مطالعه شده

در این تحقیق اطلاعات لازم جهت شبیه سازی ترافیکی توسط آمار برداری به صورت شمارش خودروهای عبوری از محل

و همچنین خودروهای مانده در پشت چراغ راهنمایی جمع آوری شده است. تقاطع مورد مطالعه نیز، تقاطع چهارراه سرو در محدوده سعادت آباد می باشد. همچنین نرم افزار مورد استفاده در این تحقیق، نرم افزار AIMSUN می باشد که نام آن برگرفته از (Urban and none-urban Networks Advanced Interactive Simulator for) است، محصولی از شرکت TTS اسپانیا می باشد که فضایی یکپارچه برای شبیه سازی ترافیک را فراهم می سازد. به ادعای شرکت TSS این نرم افزار تنها نرم افزار موجود در بازار می باشد که توانایی بکارگیری سه مدل حمل و نقلی تخصصی استاتیک جریان، مدل سازی مزوسکوپیک جریان و مدل سازی میکروسکوپیک جریان را دارا می باشد. نرم افزار پیشینه ای قوی از نظر دانشگاهی، تجاری و فنی دارد که با کمک هزاران کاربر در اقصی نقاط جهان و در طی بیش از ۲۰ سال تحقیق و پژوهش به دست آمده است. با توجه به شمار زیاد کاربران در ۵۴ کشور مختلف در اقصی نقاط جهان، این نرم افزار توانسته است تاثیر مطلوبی بر راهها و شبکه های حمل و نقلی در سطح جهان داشته باشد [۱۰].

## ۵- جمع آوری اطلاعات

با توجه به این مطلب که اولین قدم در ارائه راه حل، داشتن اطلاعات دقیق از مسئله است، نیاز به آمار برداری از یک مکان برای مطالعه پایلوت بود. در این راستا میدان سرو در محدوده سعادت آباد برای این آمار برداری انتخاب گردید و وضعیت موجود تقاطع با توجه به وجود چراغ راهنمایی و همچنین ترافیک بالا و تأخیرات زیاد مشاهده گردید. شکل زیر محدوده تقاطع را مشخص می نماید.



شکل وضعیت فعلی تقاطع (برگرفته از تصاویر هوایی)

شکل ماتریس مبدأ - مقصد استخراج می شود. در زیر جدول ربع ساعت اوج به صورت نمونه آمده است:

آماربرداری در طول یک روز به صورت شمارش بصری انجام گرفت و نتایج شمارش برای ۲۴ ربع ساعت بدست آمد و به

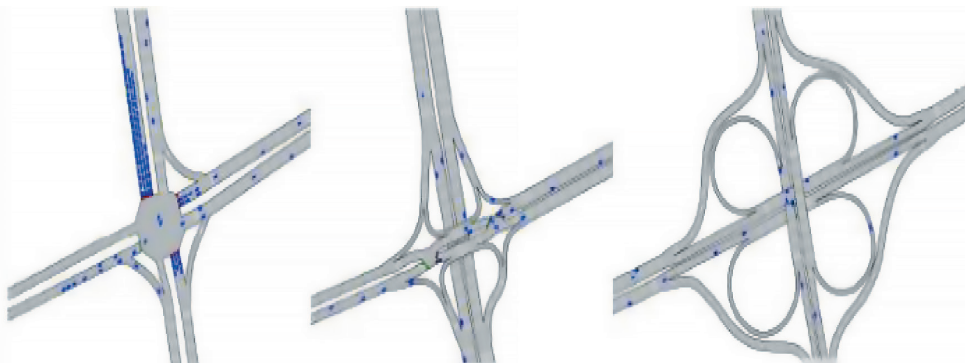
AM	شمال (شهرک مخابرات)	غرب (فرحزاد)	جنوب (چهارراه دریا)	شرق (میدان کاج)	کل
شمال (شهرک مخابرات)	۰	۹۰	۶۷۱	۷۱	۳۳۷
غرب (فرحزاد)	۱۱۹	۰	۴۹	۱۲۷	۳۴۰
جنوب (چهارراه دریا)	۴۹	۴۵	۰	۵۸	۱۵۲
شرق (میدان کاج)	۲۰	۶۴	۵۹	۰	۱۷۹
کل	۱۸۸	۱۹۹	۵۶۳	۲۵۶	۱۰۰۸

جدول ۱: ماتریس OD مربوط به ساعت ۱۷:۱۵ تا ۱۷:۳۰ بعد از ظهر

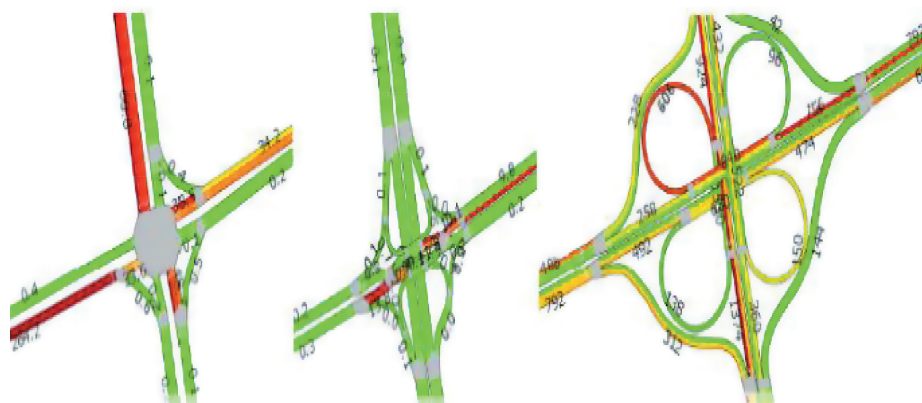
### ۶- شبیه سازی

با توجه به آماربرداری های انجام شده از این تقاطع، برای هر سه حالت ذکر شده در زیر، مدلسازی با استفاده از نرم افزار Aimsun انجام گرفت. این سه حالت عبارتند از: حالت شماره ۱: حالت موجود با چراغ راهنمایی حالت شماره ۲: حالت مورد بررسی به صورت تقاطع لوزی حالت شماره ۳: حالت مورد بررسی به صورت تقاطع شبدری

با توجه به اطلاعات جمع آوری شده از روش شمارش دستی و با توجه به میزان حجم گردش به چپ این تقاطع چراغ دار در بیشتر زمان ها دارای حجم ترافیکی است که نیاز به زمان زیادی جهت عبور جریان کامل ترافیک دارد. بنابراین همانطور که مشاهده می شود چراغ های قرمز و در واقع زمان تلف شده زیادی بر اتومبیل ها وارد خواهد شد. همچنین با توجه به آماربرداری انجام شده دو زمان سیکل سبز برای حرکت جنوب به شمال دیده شده بود که در شبیه سازی ها لحاظ گردیده است. با توجه به نتایج حاصله در قسمت بعد، شبیه سازی انجام می شود.



شکل ۵: مدلسازی با نرم افزار AIMSUN - سمت چپ: تقاطع چراغ دار (موجود) - وسط: تقاطع لوزی - سمت راست: تقاطع شبدری



شکل ۵: مدلسازی با نرم افزار AIMSUN - سمت چپ: تقاطع چراغ دار (موجود) - وسط: تقاطع لوزوی - سمت راست: تقاطع شبدری

در نهایت نتایج به صورت ربع ساعت به شکل جدول ارائه می گردد، که برای نمونه نتایج ساعت اوج در جدول زیر آمده است:

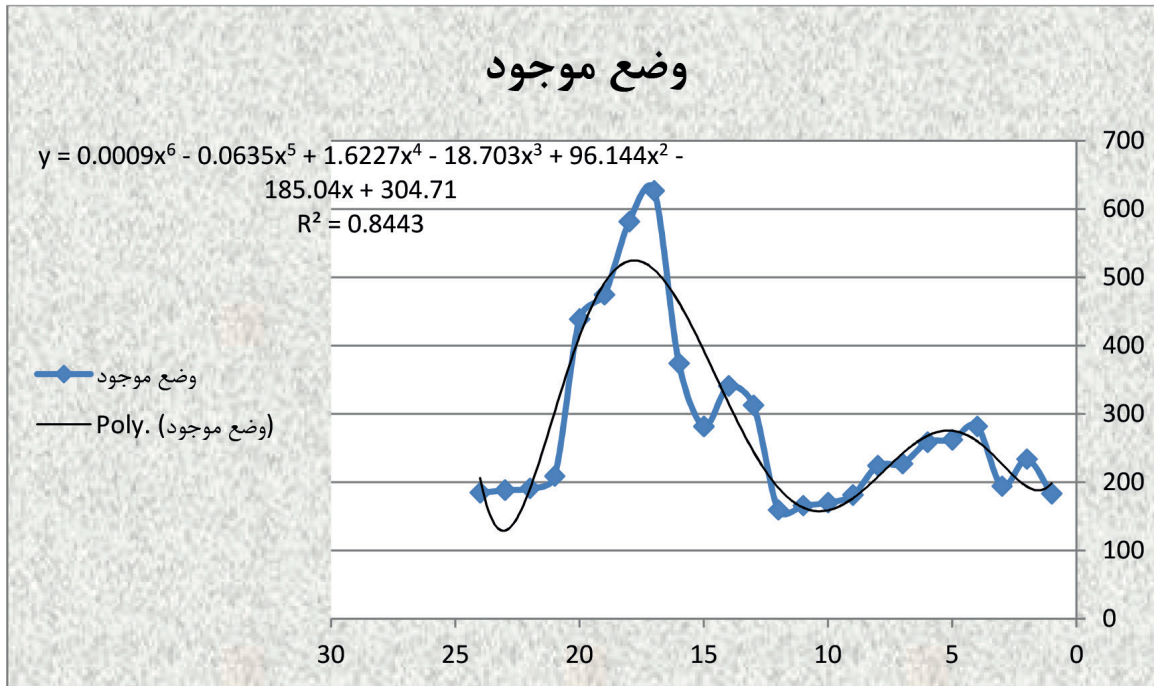
پارامترها	واحد	حالت موجود	تقاطع شبدری	تقاطع لوزوی
زمان تأخیر	sec/km	۵۸۱,۷۴	۱,۱۲	۳۵,۳۲
چگالی	veh/km	۵۵,۸۸	۵,۴۰	۸,۴۴
جریان وسایل نقلیه	veh/h	۳۳۴۴,۶۷	۴۰۷۳,۶۷	۳۹۷۲,۳۳
مصرف سوخت	l	۱۲۸۰,۰۴	۱۴۶,۲۷	۱۶۷
سرعت معمول خودروها	km/h	۹,۲۸	۵۳,۸۴	۳۴,۷۹
بیشترین طول صف خودروها	vehs	۵۱۵,۳۳	۳,۰۰	۳,۶۷
میانگین طول صف خودروها	vehs	۱۰۳,۹۶	۰,۰۲	۸,۹۱
میانگین صف خودروها	vehs	۲۲۵,۰۳	۰,۰۸	۰,۱۰
تعداد توقف ها		۳,۸۸	۰,۲۴	۲۴۶,۸۷
سرعت خودرو	km/h	۱۹,۳۶	۵۴,۱۸	۴۱,۴۵
زمان توقف خودروها	sec/km	۵۶۵,۰۶	۰,۱۸	۲۷,۰۲
کل مسافت پیموده شده توسط هر خودرو	km	۱۱۵۱,۸۴	۱۹۲۴,۶۱	۱۲۰۹,۲۰
کل زمان سفر	h	۲۲۵,۱۵	۳۵,۹۵	۳۵,۹۶
زمان سفر هر خودرو	sec/km	۶۴۷,۸۱	۶۷,۰۲	۱۰۳,۷۹

جدول ۲: مقایسه برای ساعت ۱۷:۱۵ تا ۱۷:۳۰

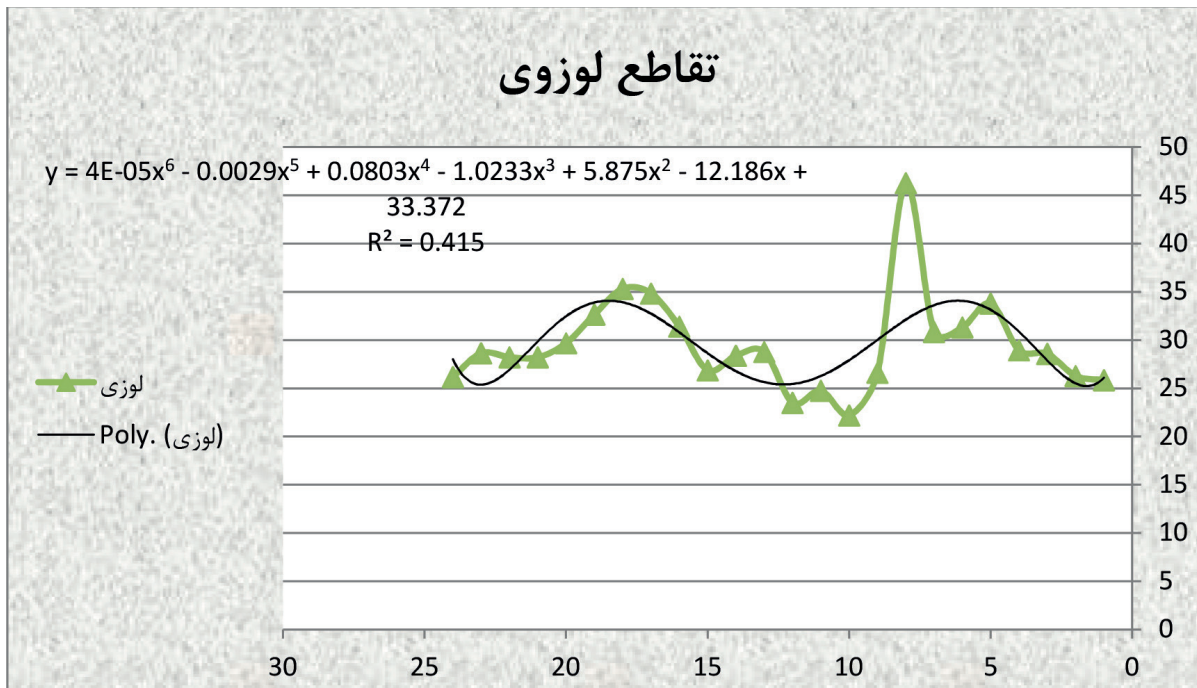
## ۷- تحلیل اطلاعات

اما دو حالت دیگر با زمان تأخیرهای متفاوت اما نزدیک به هم دارند که نشان دهنده کارا بودن هر دو نوع تقاطع در حالت های با تراکم بالا می باشد.

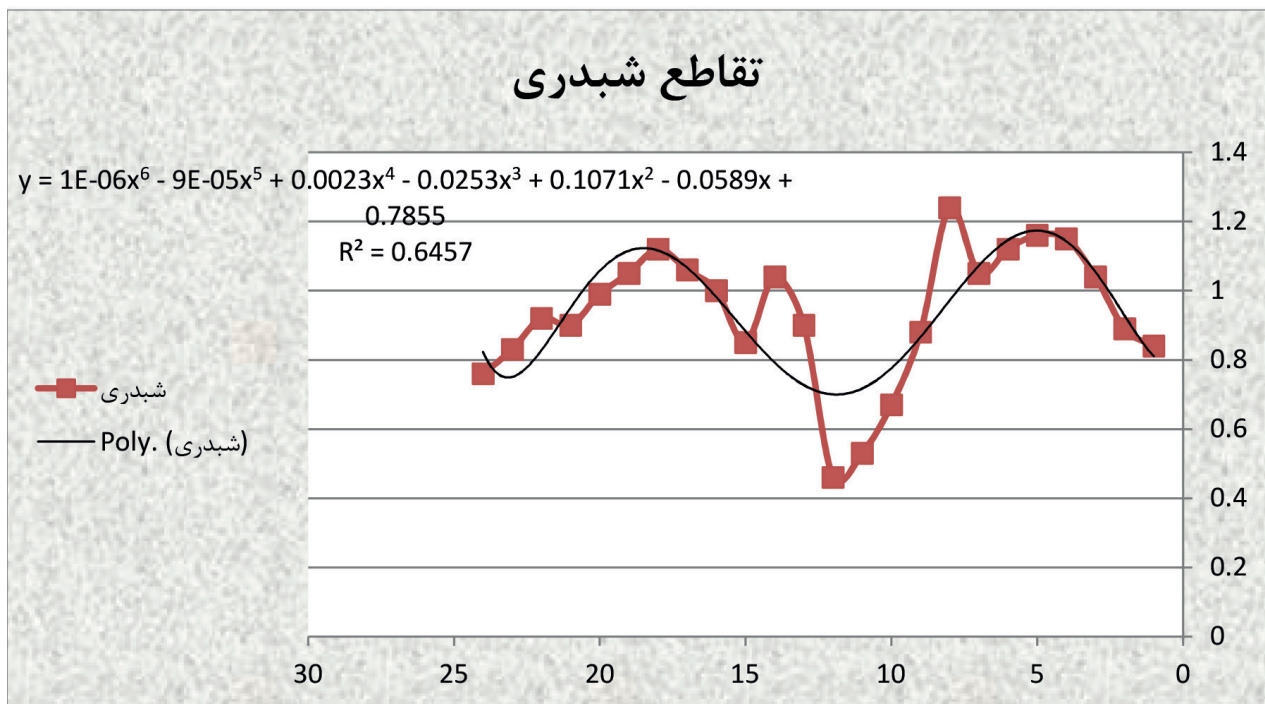
همان طور که از نمودارهای زیر استنتاج می گردد، چراغ راهنمایی در زمان های پیک ترافیک، زمان تأخیرهای بسیار زیادی از خود نشان می دهد و شرایط مناسبی ایجاد نمی کند.



نمودار ۲: زمان تأخیر - چگالی تقاطع لوزی



نمودار ۲: زمان تأخیر - چگالی تقاطع لوزی



نمودار ۳: زمان تأخیر- چگالی تقاطع شبدری

بسیار زیادی خواهد داشت. در ادامه برای مقایسه دقیق تر میزان صرفه جویی در یک سال برای مصرف سوخت و زمان تلف شده برای هر نفر با برآورد انجام این پروژه ها با هم مقایسه می گردد. هزینه آزاد سازی این منطقه متر مربعی ۵,۰۰۰,۰۰۰ میلیون ریال و هر قسمت ۳ طبقه به طور متوسط در نظر گرفته شده است.

با توجه به آمار ارائه شده و نتایج بدست آمده از جداول بالا تقاطع شبدری از لحاظ ترافیکی بسیار مناسب بوده است، زیرا جریان ترافیک را به صورت یکپارچه منتقل می نماید و زمان تأخیر را برای وسایل نقلیه کاهش می دهد. اما همانطور که مشاهده می شود طراحی تقاطع شبدری با شعاع مناسب (در این تقاطع با شعاع ۳۰ متر) برای لوپ ها نیاز به آزادسازی

تقاطع	مسیر	ابنیه فنی	دیوار	آزادسازی	کل
لوزوی	۲۲,۶۲۱,۱۷۷,۰۸۲	۶۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۲,۸۳۵,۸۴۶,۹۵۸	.	۸۵,۴۵۷,۰۲۴,۰۴۰
شبدری	۲۶,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۶۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۵,۳۱۷,۲۱۳,۰۴۶	۳,۷۰۳,۸۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۳,۷۹۵,۱۱۷,۲۱۳,۰۴۶

اعداد ذکر شده در جدول فوق به ریال می باشد.

جدول ۳: هزینه اجرای هر مسیر در سال ۱۳۹۳

حال اگر قیمت تمام شده سوخت براساس فوب خلیج فارس برابر با ۲۱۰۰ تومان برای سال ۱۳۹۳ باشد، برای یک سال هزینه استفاده از این میزان سوخت برابر خواهد بود با:

لوزوی	شبدری	موجود
۸,۰۷۷,۷۳۰,۷۶۰	۶,۵۹۶,۶۱۶,۹۲۰	۶۱,۱۰۳,۰۲۱,۵۴۰
هزینه مصرف سوخت در سال		

اعداد ذکر شده در جدول فوق به ریال می باشد.

جدول ۴: هزینه مصرف سوخت در هر حالت

زمان تلف شده برای یک سال را هم با توجه به زمان های تلف شده از Aimsun خواهیم داشت. طبق قانون کار برای هر ساعت ۳۰۰۰ تومان هزینه هر نفر را محاسبه می کنیم. بنابراین کل هزینه زمان تلف شده برای هر حالت مطابق جدول زیر خواهد بود.

لوزوی	شبدری	موجود
۹,۱۱۹,۸۱۷,۰۰۰	۲۴۴,۴۰۴,۰۰۰	۱۲۳,۵۷۱,۸۴۵,۰۰۰
هزینه زمان تلف شده		

اعداد ذکر شده در جدول فوق به ریال می باشد.

جدول ۵: هزینه زمان تلف شده برای یک سال

بنابراین در عرض یک سال میزان صرفه جویی در هزینه با احداث تقاطع لوزوی در مقابل وضعیت موجود و شبدری به صورت زیر خواهد بود.

هزینه	هزینه یک سال وضعیت موجود	هزینه یک سال با احداث تقاطع لوزوی	هزینه یکسال با احداث تقاطع شبدری
تلف شده	۱۸۴,۶۷۴,۸۶۶,۵۴۰	۱۷,۱۹۷,۵۴۷,۷۶۰	۶,۸۴۱,۰۲۰,۲۹۰
ساخت	۰	۸۵,۴۵۷,۰۲۴,۰۴۰	۳,۷۹۵,۱۱۷,۲۱۳,۰۴۶
کل	۱۸۴,۶۷۴,۸۶۶,۵۴۰	۱۰۲,۶۵۴,۵۷۱,۸۰۰	۳,۸۰۱,۷۵۸,۲۳۳,۹۶۶

اعداد ذکر شده در جدول فوق به ریال می باشد.

جدول ۶: هزینه احداث و بازگشت سرمایه در هر کدام از حالت ها

• هزینه احداث و بازگشت سرمایه در تقاطع لوزوی بسیار کمتر از تقاطع شبدری می باشد.

با توجه به مطالعات و بررسی های انجام شده در یک محدوده شهری با هزینه آزاد سازی زیاد یکی از بهترین تقاطع هایی که امکان استفاده خواهد داشت، تقاطع لوزوی می باشد. اما در آینده می بایست این نوع تقاطع با انواع دیگر تقاطع ها مورد مقایسه قرار گرفته و همچنین آنالیز حساسیت برای این موارد صورت گیرد که تا چه زمانی و با چه هزینه آزاد سازی تقاطع شبدری و تقاطع لوزوی هم قیمت خواهند بود تا در نهایت بهترین گزینه همواره نسبت به هر منطقه انتخاب گردد.

## ۹- پیشنهادات تحقیق برای آینده

با توجه به نتایج تحقیق می توان موارد زیر را برای تحقیق در آینده پیشنهاد نمود:

- شبیه سازی تقاطعات فوق با نرم افزارهای شبیه ساز ترافیکی دیگر و مقایسه نتایج بدست آمده از آنها با نتایج این تحقیق.
- مطالعه انواع دیگر تقاطعات و مقایسه آنها با تقاطع لوزوی واگرا
- مطالعه رفتار عابرین پیاده و مشکلات آنها برای عبور از تقاطع لوزوی واگرا و شبیه سازی آن با نرم افزار ترافیکی AIMSUN و یا نرم افزارهای دیگر که قابلیت این کار را دارند.
- مطالعه بهترین مسیر پیاده رو ویژه عابرین پیاده در تقاطعات لوزوی
- مطالعه بهترین مسیر ویژه دوچرخه سواران (دوچرخه شهری) در تقاطعات لوزوی
- بررسی میزان آلودگی هوا در انواع مختلف تقاطع و مقایسه با تقاطع لوزوی
- یکی از مشکلات تقاطعات پارک های حاشیه ای بوده که امکان شبیه سازی این حالت با توجه به شبیه سازی های موجود امکان پذیر نیست. شاید کالیبره کردن نرم افزار برای امکان پارک های حاشیه ای یکی از بهترین و کارآمدترین و در عین حال امکان دقیق ترین شبیه سازی را برای ما فراهم نماید.
- زمانی که تبادل لوزوی نزدیک به تقاطع است، تعارضات به احتمال زیاد در فاصله درون آن متمرکز است، نه در خروجی خود تقاطع. بنابراین، تعیین فاصله مناسب از خروجی تبادل لوزوی نیاز به تحقیقات بیشتر در وضعیت های مختلف تقاضای ترافیک دارد.
- بررسی انواع دیگر تقاطع لوزوی و مقایسه آنها با یکدیگر
- بررسی اثرات حین ساخت تقاطعات لوزوی واگرا بر رفتار رانندگان عبوری

همان گونه که مشاهده می شود هزینه یک سال احداث تقاطع لوزوی به همراه میزان زمان و سوخت تلف شده، کمتر از میزان هزینه ای است که در صورت احداث نکردن چنین تقاطعی بر سرمایه ملی وارد می-آید. بنابراین تقاطع لوزوی کم هزینه ترین و بهترین تقاطع برای این محل بشمار خواهد آمد.

## ۸- نتیجه گیری

با توجه به تجزیه و تحلیل داده های خروجی شبیه سازی و مقایسه اقتصادی گزینه های مطرح شده نتایج زیر به دست آمد:

- کل زمان سفر هر دو تقاطع لوزوی و شبدری بسیار کمتر از تقاطع موجود (چراغ دار) می باشد، (حدود یک سوم کاهش داشته)، تقاطع لوزوی کاهش بیشتری نسبت به تقاطع شبدری داشته است.
- زمان تاخیر هر دو تقاطع لوزوی و شبدری بسیار کمتر از تقاطع موجود (چراغ دار) می باشد، تقاطع شبدری به میزان ناچیزی کاهش بیشتری نسبت به تقاطع لوزوی داشته است.
- چگالی هر دو تقاطع لوزوی و شبدری بسیار کمتر از تقاطع موجود (چراغ دار) می باشد، تقاطع شبدری به میزان ناچیزی کاهش بیشتری نسبت به تقاطع لوزوی داشته است.
- مصرف سوخت هر دو تقاطع لوزوی و شبدری بسیار کمتر از تقاطع موجود (چراغ دار) می-باشد، تقاطع شبدری به میزان ناچیزی کاهش بیشتری نسبت به تقاطع لوزوی داشته است.
- سرعت معمول خودورها در هر دو تقاطع لوزوی و شبدری ۳ تا ۴ برابر افزایش داشته است، تقاطع شبدری به میزان کمی، افزایش بیشتری نسبت به تقاطع لوزوی داشته است.
- زمان توقف خودورها هر دو تقاطع لوزوی و شبدری بسیار کمتر از تقاطع موجود (چراغ دار) می-باشد، تقاطع شبدری به میزان ناچیزی کاهش بیشتری نسبت به تقاطع لوزوی داشته است.
- هزینه اجرای مسیر و تملک اراضی در تقاطع لوزوی بسیار کمتر از تقاطع شبدری می باشد.
- هزینه مصرف سوخت هر دو تقاطع لوزوی و شبدری بسیار کمتر از تقاطع موجود (چراغ دار) می باشد، تقاطع شبدری به میزان ناچیزی کاهش بیشتری نسبت به تقاطع لوزوی داشته است.
- هزینه زمان تلف شده هر دو تقاطع لوزوی و شبدری بسیار کمتر از تقاطع موجود (چراغ دار) می باشد، تقاطع شبدری به میزان ناچیزی کاهش بیشتری نسبت به تقاطع لوزوی داشته است.

## ۱۰- مراجع

۱- مهندسی راه و تحلیل ترافیکی، ۱۳۸۱، قهرمانی، حسین، حسینقلیان، محسن، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

۲- طرح هندسی راه، ۱۳۸۹، نریمانی، گرشاسب، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

3- Geometric design Guide. 1991. McFadden, Peter. University of Connecticut School of Engineering.

۴- پنبه کار، ا. برنامه کامپیوتری برای آنالیز ظرفیت معابر و تقاطع ها، ۱۳۷۷، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

5- Science Direct, 2012. comparison of operation performance of diamond interchanges between china and U.S.A. hongqiao song, xiaokuan yang.

6- CHLEWICKI, GILBERT, 2010, Variation of diverging Diamond Interchange. ITE.

7- Missouri's experience with a diverging diamond interchange 2010. www.modot.org. May.

8- Science Direct, 2013. The study in Diamond Interchange Traffic Organization, shuxin Jin, Jianjun Wang, Jiannan Jiao.

9- Joe G. Bared, Praveen K. Edara, Ramanujan jaganathan, 2006. Design and Operational Performance of Double Crossover Intersection and Diverging Diamond Interchange.

۱۰. کاربرد کامپیوتر در مهندسی ترافیک، ۱۳۹۱، دهناد، محمد حسین، نوری، علیرضا، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، تهران.