



## بررسی نقش چراغ‌های هوشمند به عنوان ابزاری بهینه برای حذف دوربرگردان‌ها با کالیبراسیون نرم‌افزار Aimsun

سعید آقاجانی نژاد<sup>۱</sup>، علی اسدی نیا<sup>۲</sup>، امیررضا مهدوی<sup>۳</sup>، سپهر شاکری<sup>۴</sup> و صالح شریف طهرانی<sup>۵</sup>

۱-۲-۳ - دانشجوی مقطع کارشناسی مهندسی عمران دانشگاه خوارزمی تهران

۴- کارشناس مهندسی عمران دانشگاه خوارزمی تهران

۵- استادیار هیات علمی دانشگاه خوارزمی تهران

### چکیده

حمل و نقل یکی از ضروری‌ترین نیازهای جامعه امروز می‌باشد و کاهش زمان سفر به دلیل اهمیت روز افزون زمان در جوامع مدرن امری ضروری می‌باشد. بخش زیادی از زمان در طول سفرهای درون شهری مردم در کلان شهرها، به علت کندی عبور و مرور اتلاف می‌گردد. یکی از عوامل کندی عبور و مرور، تقاطع‌ها می‌باشند که اگر به درستی طراحی و کنترل نگردند، باعث افزایش تاخیر، افزایش زمان سفر، کاهش ایمنی و افزایش آلودگی هوا می‌شوند. در این تحقیق با استفاده از کالیبراسیون نرم‌افزار Aimsun و داده‌های ترافیکی دو تقاطع در شهر کرج، به بررسی نقش پارامترهای مختلف در طراحی تقاطع‌ها پرداخته شده است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که تقاطع دارای چراغ هوشمند و فاز انحصاری گردش به چپ با خط عبور انحصاری گردش به چپ نسبت به سایر طرح‌های پیشنهادی دارای پارامترهای بهتری همچون تاخیر کمتر، آلودگی کمتر، سرعت بیشتر و ایمنی بیشتر می‌باشد.

**کلید واژه:** سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل، چراغ هوشمند، دوربرگردان، تقاطع، گردش به چپ، کالیبراسیون، Aimsun

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی، [Saeed14493@yahoo.com](mailto:Saeed14493@yahoo.com) (۰۹۳۶۶۹۱۸۳۱۹)

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی، [Aliasadinia10@gmail.com](mailto:Aliasadinia10@gmail.com) (۰۹۳۵۶۲۱۴۲۴۴)

<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی، [Armahdavi1992@yahoo.com](mailto:Armahdavi1992@yahoo.com) (۰۹۱۲۵۷۷۱۳۰۴)

<sup>۴</sup> کارشناس عمران، [Sepehr.7763@yahoo.com](mailto:Sepehr.7763@yahoo.com)

<sup>۵</sup> هیئت علمی دانشگاه خوارزمی، [Shariftehrani@khu.ac.ir](mailto:Shariftehrani@khu.ac.ir)



## ۱- مقدمه

زمان یکی از با ارزش ترین هدیه های الهی است و استفاده بهینه از آن امری ضروری می باشد. بخش زیادی از زمان سفر درون شهری مردم در کلان شهرها، به علت کندی عبور و مرور اتلاف می گردد. افزایش زمان سفر موجب افزایش مصرف سوخت، ازدیاد آلاینده های هوا و تحمیل هزینه های گزاف بر اقتصاد کشور می گردد. به طور کلی عوامل موثر در کندی عبور و مرور به دو گروه رفتارهای نامناسب ترافیکی مردم و طراحی و برنامه ریزی نامناسب سیستم های حمل و نقل تقسیم می شوند. در این تحقیق مطالعه موردی در رابطه با دو چهارراه در شهر کرج صورت گرفته شد، که به جای گردش به چپ در تقاطع از دوربرگردان جایگزین گردش به چپ استفاده شده است. هدف از این مطالعه ارائه یک طرح مناسب با حداقل زمان سفر و تاخیر می باشد.

حجازی و میربخش در سال ۱۳۹۳ به ارزیابی کارکرد دوربرگردانها در مقایسه با تقاطعها در بهبود ترافیک بزرگراه های شهری پرداختند. نتایج مطالعات آنها نشان داد که دوربرگردانهای جانشین تقاطع، عملکرد مناسبی نداشته و نه تنها باعث کاهش زمان سفر نمی گردد بلکه باعث افزایش آن و حتی بالا رفتن میزان مصرف سوخت و احتمال بروز تصادفات می گردد [۱].

ایمنی در سال ۱۳۸۵ به بررسی و ارزیابی دوربرگردان های شهر تهران پرداخت. نتایج حاصل از مطالعات ایشان نشان می دهد که دوربرگردانها باعث افزایش زمان سفر، کاهش ایمنی، افزایش وسیله نقلیه کیلومتر - پیموده، افزایش مصرف سوخت، کاهش سطح خدمت راه، ایجاد اختلال در جریان ترافیکی و غیره می شود [۲].

افندی زاده و همکاران در سال ۱۳۹۲ بر روی اثر سنجی پارکینگ حاشیه ای بر زمان تاخیر در محل تقاطعات چراغدار با استفاده از نرم افزار AIMSUN همراه با کالیبراسیون مدل برای یک تقاطع در شهر تهران کار نمودند. نتایج بدست آمده نشان می دهد که پارک حاشیه ای در محل تقاطعات موجب افزایش پارامتر زمان تاخیر و زمان سفر کل می شود که بالا رفتن این پارامترها نشان دهنده کاهش روانی ترافیک و تلف شدن مقدار بسیاری انرژی و زمان می باشد. از نتایج مهم دیگر تحقیق می توان به این اشاره کرد که حذف بخشی از پارک حاشیه ای تفاوت محسوسی با حذف کامل پارک حاشیه ای دارا نمی باشد، لذا برای بهبود عملکرد تقاطعات با توجه به کمبود پارکینگ های غیر خیابانی، حذف بخشی از پارک حاشیه ای گزینه ای بهتر و اجرایی تر می باشد [۳].

Pan Lui و همکارانش در سال ۲۰۰۷ به بررسی تاثیرات فاصله جدایی بین مسیرهای خروجی و محل دوربرگردان ها بر ایمنی پرداختند. نتایج به دست آمده از کار آنها حاکی از آن است که فاصله جدایی، نقش مهمی را در ایمنی قسمتی از خیابان که مابین مسیرهای خروجی و دوربرگردان پایین دست قرار دارد، ایفا می کند. آنها نشان دادند اگر فاصله جدایی ۱۰٪ افزایش یابد، ۳/۵٪ از تصادفات کل رخ داده و ۴/۵٪ از تصادفات مربوط به گردش به راستی که از دوربرگردان استفاده می کنند می کاهد [۴].



Richardson و Foody در سال ۱۹۷۳ [۵]، Lacy در سال ۱۹۷۲ [۶]، Dale در سال ۱۹۷۳ [۷]، Parker و همکاران در سال ۱۹۸۳ [۸] و Gluck و همکاران در سال ۱۹۹۹ [۹] نشان دادند که خط عبوری گردش به چپ در کاهش پتانسیل تصادفات تاثیر گذار است [۱۰].

در تقاطع‌ها دارای گردش به چپ، گردش به چپ‌ها به سه دسته کاملاً محافظت شده، کاملاً مجاز و حالت بینابینی محافظت شده-مجاز تقسیم می‌شوند. در حالت کاملاً محافظت شده یک فاز انحصاری به گردش به چپ اختصاص داده می‌شود که فقط وقتی علامت گردش به چپ به رنگ سبز نشان داده می‌شود، خودروها مجاز هستند تا گردش به چپ کنند. در حالت مجاز یک فاز انحصاری به گردش به چپ اختصاص داده نمی‌شود و خودروها در طول چراغ سبز وقتی که خودروهای سمت مخالف و عابران پیاده از تقاطع عبور نمی‌کنند، می‌توانند گردش به چپ کنند. در حالت بینابینی خودروها می‌توانند هم در هنگام فاز انحصاری گردش به چپ و هم در هنگام چراغ سبز وقتی خودروهای مخالف و عابران پیاده از تقاطع استفاده نمی‌کنند گردش به چپ را انجام دهند [۱۱].

Li Chen و همکاران در سال ۲۰۱۴ بر روی انواع فازهای گردش به چپ کار نموده‌اند. نتایج حاصل از مطالعات آنها حاکی از آن است که گردش به چپ با فاز کاملاً محافظت شده می‌تواند بر کاهش تصادفات گردش به چپ و تصادفات عابران پیاده موثر باشد. بنابراین در محیط‌های شهری متراکم که دارای تعداد زیادی تصادف گردش به چپ و عابرپیاده می‌باشد، گردش به چپ با فاز محافظت شده موثر می‌باشد. هرچند که این مدل می‌تواند به علت افزایش انواع دیگر تصادفات و تاخیر در تقاطع‌ها مورد نقد قرار گیرد [۱۱].

اختصاص یک فاز در سیکل چراغ به گردش به چپ موجب روان شدن ترافیک گردش به چپ و بهبود ایمنی حرکت‌های گردش به چپ در تقاطعات می‌گردد [۱۲]. از سوی دیگر اضافه کردن یک فاز گردش به چپ محافظت شده معمولاً باعث کاهش زمان سبز ممکن برای ترافیک سرتاسری و طولانی‌تر شدن سیکل کل چراغ می‌شود که این امر باعث کاهش ظرفیت تقاطع به واسطه افزایش توقف و تاخیر خواهد شد. گاهی اوقات برای کاهش تاخیر و افزایش ظرفیت تقاطع به جای حالت کاملاً محافظت برای گردش به چپ از حالت مجاز برای گردش به چپ استفاده می‌کنند [۱۳]. در عمل تصمیم‌گیری در رابطه با این که فاز گردش به چپ از چه نوعی باشد، شدیداً به بافت محلی تقاطع بستگی دارد [۱۴] و [۱۵]. در تقاطعاتی که ایمنی کم می‌باشد استفاده از گردش به چپ کاملاً محافظت شده یا حالت محافظت شده - مجاز مورد علاقه مهندسان ترافیک می‌باشد [۱۶]. به عنوان مثال در فلوریدا جنوبی علاقمندی به استفاده از گردش به چپ محافظت شده بیشتر از گردش به چپ مجاز می‌باشد که در اکثر تقاطعات از آن استفاده شده است [۱۷].

با توجه به مطالب فوق، به منظور بررسی نقش پارامترهای مختلف طرح تقاطع بر عملکرد و ایمنی، این تحقیق به ارزیابی و مدل‌سازی ترافیک با استفاده از نرم افزار Aimsun می‌پردازد.

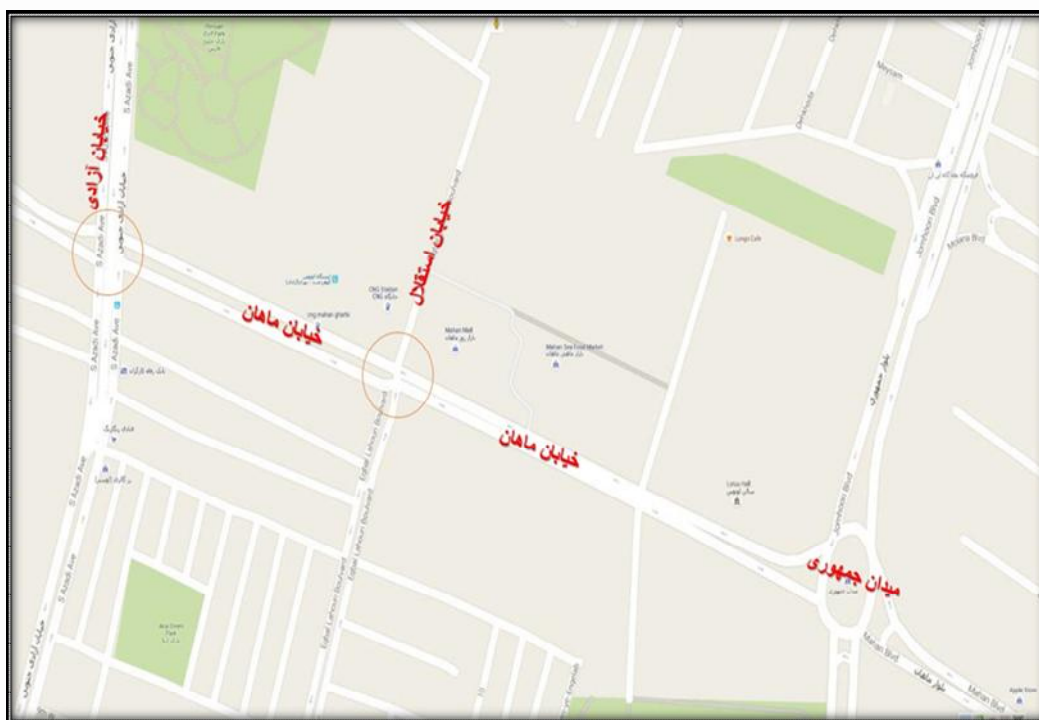


## ۲- داده ها و نتایج پژوهش

این بخش از مقاله جمع آوری اطلاعات، بررسی داده ها و نتایج تحقیق را نشان می دهد.

### ۲-۱- نمایش تقاطع و بررسی وضعیت تقاطع در ساعت اوج

تقاطع مورد بررسی در این پژوهش، محل تلاقی خیابان های ماهان-استقلال و ماهان-آزادی در شهر کرج می باشد. در شکل ۱ می توان تصویر تقاطع را مشاهده نمود. در شکل ۲ کاربری های موجود در خیابان ماهان حد فاصل میدان جمهوری تا تقاطع آزادی مشخص شده است.

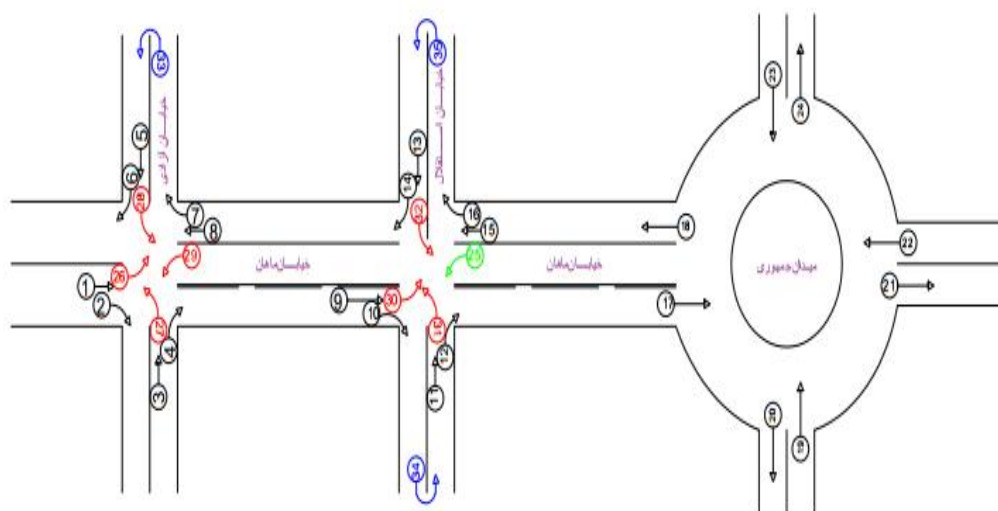


شکل ۱- تصویر خیابان ماهان حدفاصل میدان جمهوری تا خیابان آزادی



شکل ۲- کاربری های موجود

به صورت شماتیک مدل خیابان ماهان حد فاصل میدان جمهوری تا تقاطع ماهان-آزادی در شکل ۳ نمایش داده شده است که تمامی حرکت ها و گردش های خودروها اعم از مجاز و غیر مجاز در آن مشخص گردیده است.



شکل ۳: مدل شماتیک خیابان ماهان

همان طور که در شکل فوق مشخص گردیده، در تقاطع ماهان-استقلال به غیر از یک گردش به چپ تمامی گردش به چپ ها غیر مجاز می باشند (گردش به چپ مجاز با رنگ سبز مشخص شده است) و برای گردش به چپ خودرو

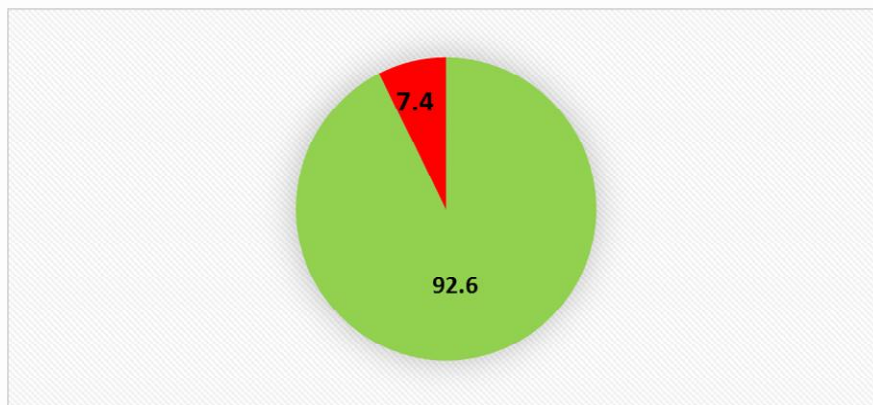


ها باید از دوربرگردان استفاده کنند. در تقاطع ماهان-آزادی تمام گردش به چپ ها غیر مجاز هستند. همچنین لازم به ذکر است که گردش به چپ مجاز در تقاطع ماهان-استقلال دارای فاز انحصاری مجزا نبوده و به صورت گردش به چپ مجاز می باشد که این امر می تواند باعث کاهش ایمنی تقاطع گردد.

## ۲-۲- گردآوری و بررسی احجام جریان ترافیک در تقاطع ها

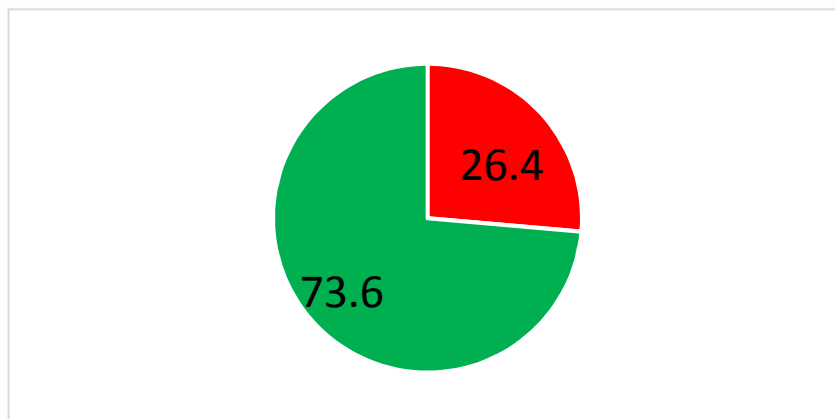
به منظور شمارش خودروها و بدست آوردن احجام جریان ترافیک در تقاطع های مورد نظر در دو نوبت ظهر ( ۱۲:۳۰ الی ۱۳:۳۰ ) و عصر ( ۱۸:۴۵ الی ۲۱:۳۰ ) از تقاطع ها و دوربرگردان ها فیلم برداری شده و سپس خودروها به تفکیک مسیر حرکت و نوع خودرو در بازه های زمانی ۱۵ دقیقه ای شمارش شده اند. بدین طریق حجم ترافیک ۱۵ دقیقه بحرانی و ۱ ساعت بحرانی برای هر تقاطع محاسبه شده است. تحلیل اولیه بر روی نتایج بدست آمده از احجام جریان ترافیک به شرح زیر می باشد:

در هر ورودی تقاطع خودرو می توانند سه مدل حرکت داشته باشند: ۱- حرکت مستقیم ۲- گردش به راست ۳- گردش به چپ .



شکل ۴- میانگین درصد تخلف گردش به چپ نسبت به تعداد خودروهای ورودی به تقاطع همان مسیر

همان طور در شکل ۴ نیز مشخص شده است ، ۷/۴٪ خودروهای ورودی به تقاطع تخلف گردش به چپ غیر مجاز دارند. این آمار زیاد تخلف هم می تواند باعث کاهش ایمنی تقاطع و هم باعث افزایش تاخیر و زمان سفر شود. همچنین این آمار می تواند بیانگر تمایل رانندگان به وجود گردش به چپ مجاز در تقاطع باشد.



شکل ۵- در صد گردش به چپ غیر مجاز به کل گردش به چپ ها در تقاطع ماهان - استقلال

همان طور که در نمودار شکل ۵ مشخص شده است، می توان گفت که تقریباً از هر ۴ خودرو که گردش به چپ می کنند یک خودرو گردش به چپ غیر مجاز می کند که این آمار تخلف می تواند باعث کاهش ایمنی و افزایش تاخیر تقاطع شود.

همچنین در هر دو نوبت ظهر و عصر شمارش در تقاطع ماهان-استقلال یک تصادف رخ داد که این امر حاکی از ایمنی کم این تقاطع می باشد. علت اصلی هر دو تصادف گردش به چپ بوده و مدل تصادف هم به صورت عقب به جلو بوده است. یکی از تصادفات بر اثر گردش به چپ غیر مجاز رخ داده و دیگر بر اثر گردش به چپ مجاز اتفاق افتاده است. از آنجا که گردش به چپ در تقاطع ماهان-استقلال دارای فاز انحصاری مجزا نبوده ایمنی این تقاطع به نسبت حالت دارای فاز انحصاری گردش به چپ کم می باشد [۱۱ و ۱۲].

### ۲-۳- مدلسازی با نرم افزار ایمنسان

نرم افزار شبیه ساز ترافیک Aimsun دارای ریشه و پشتوانه قوی دانشگاهی، بازرگانی و فنی می باشد. توسعه آن در طول ۲۰ سال تحقیق و توسعه، صدها مقاله علمی و بازرگانی که از صدها کاربر که پروژه های مختلفی را در دنیای واقعی انجام می دهند، صورت گرفته است. توانایی Aimsun در ترکیب نمودن رویکردهای استاتیک و دینامیک در یک محیط واحد، ویژگی منحصر به فردی می باشد. کارایی و توانمندی عالی آن این امکان را بوجود آورده است تا مدل های دینامیکی اکثر شهرهای بزرگ دنیا را با آن توسعه دهند. واسط کاربری مستقیم، اجرای منطقی، سادگی کالیبراسیون و مجموعه چشمگیری از خروجی ها و گزارشات نرم افزار منجر به کاهش زمان پروژه ها می گردد.

در این پروژه ما به بررسی و شبیه سازی ۷ طرح پیشنهادی برای بهبود شرایط موجود و کاهش زمان سفر می پردازیم. این ۷ طرح پیشنهادی به شرح زیر می باشد:



- (۱) وضع موجود تقاطع، شامل دو دوربرگردان در شمال و جنوب تقاطع
- (۲) غیر مجاز نمودن تمامی گردش به چپ ها و استفاده از چهار دور برگردان
- (۳) در نظر گرفتن یک خط عبوری مجزا برای دور برگردان با طول ۳۰ متر
- (۴) در نظر گرفتن یک خط عبوری مجزا برای دور برگردان با طول ۴۵ متر
- (۵) حذف دوربرگردان ها و مجاز نمودن گردش به چپ ها دارای چهار فاز برای چهار مسیر ورودی به تقاطع
- (۶) گردش به چپ با خط عبوری گردش به چپ با طول ۳۰ متر با استفاده از چراغ هوشمند
- (۷) گردش به چپ با خط عبوری گردش به چپ با طول ۴۵ متر با استفاده از چراغ هوشمند

#### ۴-۲- کالیبراسون نرم افزار ایمسان

منظور از کالیبراسیون، تنظیم پارامترهای مدل است، به گونه ای که باعث بهبود توانایی مدل در شبیه سازی کردن خصوصیات محلی ترافیک و رفتار رانندگان شود [۱۸]. کالیبراسیون روی قسمت های مختلف مدل اجرا می گردد. فرآیند کامل کالیبراسیون نیازمند حل یک مسئله بهینه سازی ریاضی است که تابع هدف آن حداقل کردن اختلاف بین مقادیر مشاهده شده بعضی پارامترها با مقادیر شبیه سازی است [۱۹].

سازمان حمل و نقل ترافیک شهر تهران پارامترهایی را برای شهر تهران کالیبره کرده است که با بررسی های انجام شده امکان استفاده از این پارامترها در شهر کرج نیز می باشد. پارامترهای کالیبره شده به صورت جدول های زیر می باشد و این مقادیر باید به عنوان مقادیر پایه برای کالیبراسیون شهر در نرم افزار وارد شوند [۱۹].

جدول ۱: مقادیر توصیه شده برای پارامتر زمان راه دادن در نرم افزار Aimsun

بیشترین	کمترین	انحراف معیار	متوسط	پارامترهای مرتبط با بیشترین زمان راه دادن
۱۵	۵	۲/۵۰	۱۰	مقادیر پایه در نرم افزار
۲۰	۳	۳/۳۰	۹/۵	اندازه توصیه شده در تقاطعات با حجم ترافیک زیاد
۱۵	۲	۲/۸۵	۷/۱۵	اندازه توصیه شده در تقاطعات با حجم ترافیک کم





جدول ۲: پارامترهای ترافیکی محاسبه شده در تقاطعات شهر تهران

پارامتر تقاطع	واحد	میانگین	کمینه	بیشینه	انحراف معیار
نرخ جریان اشباع	وسیله نقلیه بر ساعت	۱۸۴۵/۶	۱۴۲۳	۲۴۰۰	۲۵۷/۴
سرفاصله زمانی اشباع	ثانیه	۱/۹۵	۱/۵	۲/۵۳	۰/۲۷
زمان از دست رفته	ثانیه	۵/۰۲۷	۲/۳۲	۹/۵۲	۱/۸۸
فاصله بین وسایل نقلیه	متر	۱/۳۹	۰/۲۴۱	۴/۰۴۷	۰/۶۲

جدول ۳: مقادیر زمان های ناحیه مسافتی

ناحیه	مقدار متوسط
ناحیه فاصله ای یک	۱۳/۷۴ ثانیه
ناحیه فاصله ای دو	۴/۴ ثانیه
ناحیه فاصله ای سه	۷/۱ ثانیه

جدول ۴: مشخصات خودروی سواری معادل

میانگین	وزن (کیلوگرم)	طول (میلیمتر)	عرض (میلیمتر)	بیشینه سرعت (کیلومتر بر ساعت)	بیشینه شتاب (متر بر مجذور ثانیه)
۱۰۴۴/۵۵	۴۱۴۱/۸۲	۱۶۵۶/۸۵	۱۶۴/۵۳	۱/۹۲۷	
۹۳۴	۳۸۳۵	۱۶۰۵	۱۴۰	۱/۴۶	
۱۲۶۴	۴۵۲۴	۱۷۵۵	۲۰۰	۲/۷۲	
۱۰۴/۱۲۲	۲۸۰/۶۵	۴۷/۰۱	۲۱/۵	۰/۴۱	
۲۹/۳	۱۴/۷۶	۳۵/۲	۷/۶۵	۴/۷	

با توجه به تحقیقات سازمان ترافیک شهر تهران پارامترهای تاثیر گذار در کالیبراسیون تقاطع های چراغدار به شهر زیر است [۱۹]:



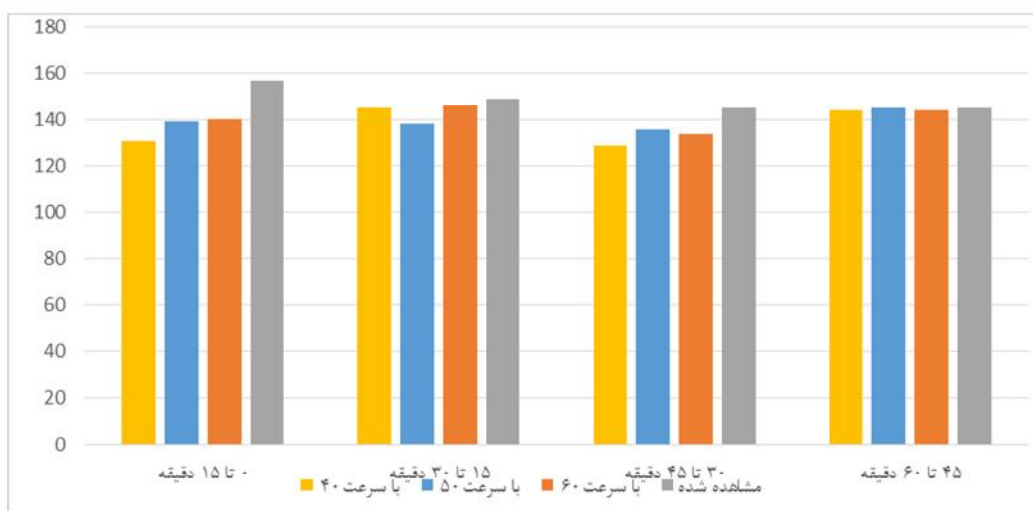
جدول ۵: پارامترهای تاثیرگذار به منظور کالیبره کردن تقاطعات چراغدار در نرم افزار Aimsun

شاخص	متغیرهای تاثیرگذار به ترتیب اولویت
طول صف	زمان عکس العمل، پذیرش سرعت، زمان عکس العمل در حالت توقف، زمان انتظار، درصد سبقت، حداقل فاصله بین خودروها، درصد تغییر خط های خطرناک
حجم	زمان عکس العمل، پذیرش سرعت، زمان عکس العمل در حالت توقف، پارامترهای حساسیت، حداقل فاصله بین خودروها

در بین عوامل فوق به کالیبراسیون سرعت در تقاطع پرداخته شده است. زمان عکس العمل در حالت توقف برابر با ۱/۳۵ و نیز ضریب پذیرش سرعت برابر با ۱ می باشد. حداقل فاصله بین خودروها نیز در جدول ۲ ذکر شده است.

#### ۵-۲- کالیبراسیون سرعت در تقاطع

برای کالیبراسیون سرعت در تقاطع، ابتدا مدل را برای اطلاعات ۱ ساعته، سرعت مقطع ۵۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته می شود. سپس برای بازه های ۱۵ دقیقه ای به تغییر سرعت از ۵۰ کیلومتر بر ساعت به ۴۰ کیلومتر بر ساعت پرداخته شد. داده ها نشان می داد که میزان خودروهای عبوری کمتر از مشاهدات عینی می باشد. سپس سرعت از ۵۰ کیلومتر بر ساعت به ۶۰ کیلومتر بر ساعت تغییر داده شده است و به تطبیق داده ها با مشاهدات عینی پرداخته شد. همان طور که در شکل ۵ مشاهده می شود با در نظر گرفتن سرعت ۶۰ کیلومتر بر ساعت، داده های خروجی با مشاهدات عینی تقریباً تطابق دارند. بنابراین سرعت مقطع ۶۰ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته می شود.



شکل ۵- بررسی تعداد خودروها در مسیر جنوب به شمال به عنوان نمونه



## ۲-۶- بررسی طرح های پیشنهادی

طرح های پیشنهادی ما به دو دسته‌ی کلی استفاده از دور برگردان جایگزین گردش به چپ در تقاطع و حذف دوربرگردان و استفاده از گردش به چپ با چراغ هوشمند تقسیم می شوند. تمامی دوربرگردان‌ها در تمامی طرح‌های پیشنهادی در فاصله ۱۵۰ متری از تقاطع واقع شده‌اند. همچنین در طرح پیشنهادی شماره ۵ برای آزاد سازی گردش به چپ ها، طرح هندسی موجود تقاطع بدون تغییر باقی مانده و از چراغ دارای سیکل ۹۰ ثانیه‌ای چهار فازی استفاده شده است. بدین ترتیب چراغ برای هر مسیر ورودی به تقاطع یک زمان سبز اختصاص می دهد و خودروهای آن مسیر می توانند گردش به چپ، حرکت مستقیم، یا گردش به راست را انجام دهند. همچنین برای طرح های پیشنهادی ۶ و ۷ از چراغ هوشمند دارای چهار فاز ( یک فاز برای مسیر شمالی-جنوبی، یک فاز برای مسیر شرقی-غربی، یک فاز برای گردش به چپ خیابان شرقی-غربی و یک فاز برای گردش به چپ خیابان شمالی-جنوبی ) می باشد . سیکل این چراغ نیز ۹۰ ثانیه در نظر گرفته شده است. نتایج آنالیز داده ها برای سیکل چراغ ۹۰ ثانیه ای در حالت استفاده از دوربرگردان در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶: آنالیز داده ها در حالت های دارای دوربرگردان جایگزین گردش به چپ

پارامتر	وضع موجود (سناریو ۱)	طرح پیشنهادی ۲	طرح پیشنهادی ۳	طرح پیشنهادی ۴
زمان سفر (ثانیه)	۲۶۱/۷	۲۱۷	۲۱۹/۹	۲۱۱/۲
مسافت پیموده شده (کیلومتر)	۳۲۴۷/۷	۳۸۶۳/۷	۳۸۵۰	۳۸۵۲
سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۲۳/۹	۲۷/۶	۲۷/۳	۲۷/۹
تاخیر (ثانیه)	۲۲۸	۱۵۰	۱۵۱/۳	۱۴۳/۳
چگالی (وسیله نقلیه بر کیلومتر)	۳۹/۳	۲۸/۳	۲۸/۴	۲۶/۹
حجم جریان (وسیله نقلیه بر ساعت)	۳۹۹۶	۴۵۹۳	۴۵۶۹	۴۵۷۲

همچنین نتایج حاصل از آنالیز داده ها برای حالت استفاده از گردش به چپ با چراغ هوشمند با سیکل ۹۰ ثانیه ای برای ساعات اوج ترافیک در جدول ۷ آمده است.



جدول ۷: آنالیز داده ها در حالت های دارای چراغ هوشمند و گردش به چپ در تقاطع

پارامتر	وضع موجود (سناریو ۱)	طرح پیشنهادی ۵	طرح پیشنهادی ۶	طرح پیشنهادی ۷
زمان سفر (ثانیه)	۲۶۱/۷	۴۲۰	۲۳۷	۲۳۱
مسافت پیموده شده (کیلومتر)	۳۲۴۷/۷	۲۱۱۹/۹	۳۰۱۵	۳۰۵۷
سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۲۳/۹	۸/۳	۲۶/۵	۲۷/۱
تاخیر (ثانیه)	۲۲۸	۶۶۸	۱۵۷	۱۵۱
چگالی (وسیله نقلیه بر کیلومتر)	۳۹/۳	۶۵	۲۹/۷	۲۹/۱
حجم جریان (وسیله نقلیه بر ساعت)	۳۹۹۶	۲۵۶۲	۴۲۹۸	۴۳۴۷

### ۳- تحلیل نتایج

ابتدا به بررسی نتایج هر کدام از دسته های فوق پرداخته و در هر گروه بهترین راهکار پیشنهاد شده، سپس بهترین پیشنهاد هر گروه با هم مقایسه شده است. نتایج مقایسه گروه یک ( طرح های پیشنهادی ۲ الی ۴ ) با وضع موجود تقاطع در جدول ۸ آمده است :

جدول ۸: مقایسه پارامترهای طرح های پیشنهادی ۲ الی ۴ با وضع موجود تقاطع

پارامتر	وضع موجود (سناریو ۱)	مقایسه طرح پیشنهادی ۲ با وضع موجود	مقایسه طرح پیشنهادی ۳ با وضع موجود	مقایسه طرح پیشنهادی ۴ با وضع موجود
زمان سفر (ثانیه)	۲۶۱/۷	٪-۱۷/۱	٪-۱۶	٪-۱۹/۳
مسافت پیموده شده (کیلومتر)	۳۲۴۷/۷	۱۹٪	٪۱۸/۵	٪۱۸/۶
سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۲۳/۹	٪۱۵/۶	٪۱۴/۲	٪۱۶/۷
تاخیر (ثانیه)	۲۲۸	٪-۳۴/۲	٪-۳۳/۶	-۳۷/۱
چگالی (وسیله نقلیه بر کیلومتر)	۳۹/۳	٪-۲۸	٪-۲۷/۷	٪-۳۱/۶
حجم جریان (وسیله نقلیه بر ساعت)	۳۹۹۶	٪۱۴/۹	٪۱۴/۳	٪۱۴/۴

۱) همان طور که در جدول فوق مشاهده می کنید تمامی طرح های پیشنهادی ۲ الی ۴ مسافت پیموده شده را افزایش داده اند که این مورد پارامتر مطلوبی محسوب نمی شود چون افزایش مسافت پیموده شده باعث افزایش آلودگی هوا خواهد شد. مسافت پیموده شده برای هر دو حالتی که دوربرگردان یک عبوری



انحصاری دارد ( طرح پیشنهادی ۳ و ۴ ) حدود ۱۴ کیلومتر کمتر از حالتی است که دوربرگردان خط عبوری انحصاری ندارد .

(۲) در بین سه طرح پیشنهادی فوق طرح شماره چهار یعنی چهارراه با چهار دوربرگردان جایگزین گردش به چپ بهترین پارامترها را دارا می باشد که می تواند بهترین طرح پیشنهادی برای تقاطع با استفاده از دوربرگردان جایگزین گردش به چپ باشد.

(۳) از مقایسه طرح پیشنهادی ۳ ( چهارراه با چهار دوربرگردان جایگزین گردش به چپ ، طول خط عبوری انحصاری گردش به چپ برابر با ۳۰ متر ) با طرح شماره ۴ ( چهارراه با چهار دوربرگردان جایگزین گردش به چپ، طول خط عبوری انحصاری گردش به چپ برابر با ۴۵ متر ) مشخص می شود در صورتی که ۵۰٪ طول خط عبوری انحصاری دوربرگردان افزایش یابد، ۵/۳٪ تاخیر و ۴٪ زمان سفر کاهش می یابد هر چند که افزایش طول خط عبوری انحصاری دوربرگردان باعث افزایش نه چندان زیاد مسافت پیموده می شود. ( حدود ۰/۱٪ )

نتایج مقایسه گروه ۲ ( طرح پیشنهادی ۵ الی ۷ ) با وضع موجود در جدول ۹ آمده است :

جدول ۹: مقایسه پارامترهای طرح های پیشنهادی ۵ الی ۷ با وضع موجود تقاطع

مقایسه طرح پیشنهادی ۷ با وضع موجود	مقایسه طرح پیشنهادی ۶ با وضع موجود	مقایسه طرح پیشنهادی ۵ با وضع موجود	وضع موجود (سناریو ۱)	پارامتر
٪-۱۱/۷	٪-۹/۴	۶۰٪/۵	۲۶۱/۷	زمان سفر ( ثانیه )
٪-۵/۹	٪-۷/۲	٪-۳۴/۷	۳۲۴۷/۷	مسافت پیموده شده ( کیلومتر )
٪۱۳/۴	٪۱۰/۹	٪-۶۵/۳	۲۳/۹	سرعت ( کیلومتر بر ساعت )
٪-۳۳/۸	٪-۳۳/۱	٪۱۹۳	۲۲۸	تاخیر ( ثانیه )
٪-۲۶	٪-۲۴/۴	٪۶۵/۴	۳۹/۳	چگالی (وسیله نقلیه بر کیلومتر)
٪۸/۸	٪۷/۶	٪-۳۵/۹	۳۹۹۶	حجم جریان (وسیله نقلیه بر ساعت)

(۴) همان طور که در جدول فوق مشاهده می کنید هر چند که طرح پیشنهادی ۵ دارای بهترین پارامتر مسافت پیموده شده می باشد اما سایر پارامترهای این طرح پیشنهادی وضعیت مطلوبی ندارند.

(۵) بهترین طرح پیشنهادی برای حالتی که گردش به چپ ها در تقاطع مجاز می باشد، طرح پیشنهادی ۷ گردش به چپ با خط عبوری گردش به چپ با طول ۴۵ متر با استفاده از چراغ هوشمند ( می باشد.



۶) از مقایسه طرح پیشنهادی ۶ با ۷، مشاهده می‌شود که افزایش ۵۰ درصدی طول خط عبوری انحصاری گردش به چپ باعث کاهش ۲/۵٪ زمان سفر و کاهش ۳/۸٪ زمان تاخیر می‌شود اما باعث افزایش ۱/۴٪ مسافت پیموده شده می‌شود.

نتایج بهترین طرح پیشنهادی برای تقاطع با دور برگردان و بهترین طرح پیشنهادی برای تقاطع با گردش به چپ مجاز با چراغ هوشمند در جدول ۱۰ آورده شده است.

جدول ۱۰: مقایسه پارامترهای بهترین طرح پیشنهادی

طرح پیشنهادی ۷	طرح پیشنهادی ۴	پارامتر
۲۳۱	۲۱۱/۲	زمان سفر (ثانیه)
۳۰۵۷	۳۸۵۲	مسافت پیموده شده (کیلومتر)
۲۷/۱	۲۷/۹	سرعت (کیلومتر بر ساعت)
۱۵۱	۱۴۳/۳	تأخیر (ثانیه)
۲۹/۱	۲۶/۹	چگالی (وسیله نقلیه بر کیلومتر)
۴۳۴۷	۴۵۷۲	حجم جریان (وسیله نقلیه بر ساعت)

میزان مصرف سوخت خودروهای مختلف در حالت سکون و در حرکت و همچنین میزان تولید گاز CO<sub>2</sub> آنها، در جدول شماره ۱۱ آورده شده است [۲].

جدول ۱۱: مصرف سوخت خودروها

میزان تولید گاز CO <sub>2</sub> (گرم)	مصرف سوخت در حرکت (لیتر بر کیلومتر)	مصرف سوخت در حالت سکون (لیتر بر ثانیه)	خودرو
۹۰۰*(لیتر مصرفی)	۰/۰۹۹	۰/۰۰۰۴۲	پراید نسیم ۱
۹۱۹*(لیتر مصرفی)	۰/۰۹	۰/۰۰۰۴۶	پژو ۲۰۶ - ۱۶۰۰ سی سی
۹۴۵*(لیتر مصرفی)	۰/۱۲	۰/۰۰۰۵	سمند LX
۹۲۱*(لیتر مصرفی)	۰/۱۰۳	۰/۰۰۰۴۶	میانگین

با استفاده از جدول فوق می‌توان مقدار مصرف سوخت خودروها را در هر دو طرح پیشنهادی بررسی کرد. با توجه به اینکه سیکل چراغ در ساعات اوج و غیر اوج متفاوت می‌باشد و با توجه به اینکه سیکل چراغ‌ها ۹۰ ثانیه می‌باشد به صورت میانگین برای طرح پیشنهادی ۴ زمان توقف را ۳۵ ثانیه و برای طرح پیشنهادی ۷ زمان توقف را ۵۵



ثانیه در نظر می‌گیریم. همان طور که قبلاً نیز گفته شده است فاصله دوربرگردان‌های جایگزین تقاطع در ۱۵۰ متری تقاطع قرار دارد.

جدول ۱۲: میزان آلودگی تولید شده در هر طرح پیشنهادی

میزان تولید گاز CO <sub>2</sub> (گرم) در یک ساعت	مصرف سوخت در حرکت (لیتر بر کیلومتر)	مصرف سوخت در حالت سکون (لتیر بر ثانیه)	تعداد خودروها (گردش به چپ)	طرح پیشنهادی
۴۳/۳	۰/۰۳۰۹ = ۰/۱۰۳*۰/۳	۰/۰۱۶۱ = ۰/۰۰۰۴۶*۳۵	۳۸۵	۴
۲۳/۳	۰	۰/۰۲۵۳ = ۰/۰۰۰۴۶*۵۵	۳۸۵	۷

۷) همان طور که در جدول بالا مشخص شده است، طرح پیشنهادی ۷ از لحاظ زیست محیطی و تولید آلاینده‌های هوا وضعیت بهتری نسبت طرح پیشنهادی شماره ۴ دارد.

#### ۴- جمع بندی و نتیجه گیری

ارائه یک طرح بهینه که دارای کمترین زمان سفر، کمترین تاخیر، کمترین میزان تولید آلاینده‌ها، بیشترین سرعت عبور و مرور، و بیشترین امنیت باشد، کاری بس دشوار است. هر یک از طرح‌های پیشنهادی که تاکنون توسط مهندسين و محققين ارائه شده است دارای نقاط ضعف و قوتی می‌باشد. انتخاب طرح بهینه برای یک تقاطع به عوامل زیادی همچون زمان سفر، ایمنی، تاخیر، میزان تولید آلاینده‌ها و... بستگی دارد. برای شهر کرج به خاطر آلودگی هوای موجود میزان تولید آلاینده‌ها می‌تواند پارامتری تاثیرگذار در انتخاب نوع تقاطع باشد. از آنجایی که طرح پیشنهادی ۴ و ۷ از لحاظ تاخیر و زمان سفر اختلاف چندانی ندارند ولی از نظر میزان تولید آلاینده‌ها طرح پیشنهادی ۷ آلاینده کمتری تولید می‌کند، می‌توان گفت استفاده از چراغ هوشمند و خط عبوری انحصاری گردش به چپ حالت بهتر و بهینه تری برای این تقاطع می‌باشد.

#### ۵- قدردانی

در انتها لازم می‌دانیم از جناب آقای دکتر نوری به خاطر آموزش نرم افزار Aimsun و همچنین از آقایان مهندس معین غفاری، مهندس شایان داوودی، مهندس بابک کشت پور به خاطر کمک در جمع آوری داده‌ها و شمارش ترافیک قدردانی نماییم.

## ۶- مراجع

- [۱] حجازی، م. و میربخش، ا.، ارزیابی کارکرد دوربرگردانها در مقایسه با تقاطعها در بهبود ترافیک بزرگراههای شهری، از طریق شبیه سازی با نرم افزار Aimsun ، ۱۳۹۳ ، پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور، دانشگاه ارومیه
- [۲] امینی، ب. ، بررسی و ارزیابی دوربرگردان های شهر تهران، ۱۳۸۵ ، دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران
- [۳] افندی زاده، ش. ، آبگون، ا. ، دهقان، ن. ، اثر سنجی پارکینگ حاشیه ای بر زمان تاخیر در محل تقاطعات چراغدار با استفاده از نرم افزار AIMSUN همراه با کالیبراسیون مدل برای یک تقاطع در شهر تهران، ۱۳۹۲ ، سیزدهمین کنفرانس بین المللی حمل و نقل و ترافیک ، تهران
- [4] P. Liu, J. John Lu, H. Chen, 2007, Safety effects of the separation distances between driveway exits and downstream U-turn locations, Accident Analysis and Prevention 40 (2008) 760–767.
- [5] Foody, T.J, Richardson,W.C, 1973. Evaluation of Left Turn Lanes as a Traffic Control Device. Ohio Department Transportation.
- [6] Lacy, J.D., 1972. Traffic operations program to increase capacity and safety. Traffic Q 26 (3), 327–340.
- [7] Dale, C.W., 1973. Cost-Effectiveness of Safety Improvement Project. Federal Highway Administration, Washington, DC.
- [8] Parker, M.R., Flak, M.A., Tsuchiyama, K.H., Wadenstorer, S.C., Hutcherson, F., 1983. Geometric Treatments for Reducing Passing Accidents at Rural Intersections on Two-Lane Rural Highways: vol. I—Final Report, Publication FHWA-RD-83-074, Federal Highway Administration.
- [9] Gluck, J., Levinson, H.S., Stover, V., 1999. Impacts of Access Management Techniques. NCHRP Report 420, Transportation Research Board.
- [10] D.G. Kim, S. Washington, The significance of endogeneity problems in crash models: An examination of left-turn lanes in intersection crash models, Accident Analysis and Prevention 38 (2006) 1094–1100.
- [11] L. Chen, C. Chen and R Ewing, 2015. Left-turn phase: Permissive, protected, or both? A quasi-experimental design in New York City Left-turn phase: Permissive, protected, or both? A quasi-experimental design in New York City, Journal of Accident Analysis and Prevention, Vol 76, 102–109.
- [12] Agent, K.R., Deen, R.C., 1979. Warrants for left-turn signal phasing. Transportation research record. J. Transp. Res. Board 737, 1–10.
- [13] Agent, K.R., 1987. Guidelines for the use of protected/permissive left-turn phasing. ITE J. (Inst. Transp. Eng.) 57 (7).
- [14] Lalani, N., Cronin, D., Hattan, D., Scarls, T., 1986. A summary of warrants for the



installation of left-turn phasing at signalized intersections. ITE J. 4, 57–59.

[15] Zhang, L., Prevedouros, P.D., Li, H., 2008. Warrants for protected left-turn phasing. 10th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation, ASCE, Athens.

[16] Federal Highway Administration, (2009) “Permissive/Protected Left-Turn Phasing Can Improve Safety at Signalized Intersections.

[17] Ewing, R. (2011). Discussion of left turn phase.

[18] Federal Highway administration (FHWA),”Traffic analysis toolbox, volume (3) : Guidelines for applying traffic microsimulation modeling software” , Publication NO.FHWA-HRT-04040,(2004).

مروری بر روند [۱۹] کالیبره نمودن نرم افزارهای مهندسی ترافیک بر اساس شرایط ترافیکی شهر تهران، جلد پنجم: انجام مطالعات کالیبراسیون نرم افزارهای شبیه ساز ترافیک در شهر تهران، تهیه و تدوین معاونت و سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.



## Study of the Role of Intelligent Traffic Lights as a Tool for Removing U-Turns Using Calibrated AIMSUN Outputs

Saeed Aghajani Nejad, Ali Asadi Nia, Amir Reza Mahdavi, Sepehr Shakeri and Saleh Sharif Tehrani

1-2-3- Civil Engineering Undergraduate Student, Kharazmi University

4-Civil Engineer, Kharazmi University

5-Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Kharazmi University

### Abstract

Transporation is one of the most essential needs of society and decreasing travel time due to the high value of time in modern societies is vital. A significant amount of time is lost in cities due to the slow movement of vehicles in urban area. An important reason for slow movement of vehicles is intersections and if intersections are not well designed and controled, they could result in delays, increased travel time, lower level of safety and air pollution. Using Aimsun with calibrated values for Iran and traffic volumes of two major intersections in City of Karaj, design parameters of intersections were evaluated. Results indicated that intelligent intersections with protected left turns with separate left turn lanes results in smaller values of delay and air pollution, and increased travel speed and safety.

**Key words:** *Intelligent Transportation Systems (ITS), Intelligent Traffic Light, U-turn, Intersection, Left Turn, Calibration, AIMSUN*