

## ارزیابی اثرات کنترل تقاطع‌های با زمان‌بندی ثابت و هوشمند بر جریان ترافیک و آلودگی هوای شبکه ترافیکی درون شهری با استفاده از شبیه‌سازی

منصور حاجی حسینلو، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی<sup>1</sup>  
سید علی قائمی، کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر  
الدین طوسی<sup>2</sup>

عماد سخاوتی، کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین  
طوسی

<sup>1</sup>[mansour@kntu.ac.ir](mailto:mansour@kntu.ac.ir)

<sup>2</sup>[Ghaemiali66@yahoo.com](mailto:Ghaemiali66@yahoo.com)

### چکیده

امروزه افزایش غلظت آلاینده‌های زیست محیطی در شهرها، سلامتی افراد جامعه را با مشکلات جدی روبرو کرده است. در مناطق درون شهری، جریان ترافیک مهمترین منبع آلودگی هوا به شمار می‌رود، لذا با مدیریت ترافیک درون شهری می‌توان میزان آلاینده‌ها را بطور چشمگیری کاهش داد. با توجه به پیچیده بودن رابطه جریان ترافیک و میزان انتشار آلاینده‌ها، استفاده از نرم افزارهای شبیه‌سازی ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش به بررسی وضعیت جریان ترافیک و آلودگی هوای یک شبکه ترافیکی در منطقه 7 شهرداری تهران پرداخته است. شبکه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار AIMSUN شبیه سازی و میزان انتشار غلظت آلاینده‌های مختلف، زمان تأخیر، زمان توقف و میانگین سرعت جریان ترافیک تحت زمان‌بندی‌های ثابت و هوشمند چراغ‌های راهنمایی و رانندگی مورد ارزیابی قرار گرفت. از نتایج این تحقیق می‌توان به کاهش 6 و 8 درصدی غلظت آلاینده‌های CO<sub>2</sub> و NO<sub>x</sub> و 14 درصدی نرخ زمان توقف در شبکه تحت تغییر زمان‌بندی ثابت به هوشمند چراغ‌های راهنمایی و رانندگی اشاره نمود. از نتایج دیگر هوشمند نمودن زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و رانندگی می‌توان از کاهش میانگین زمان سفر برای هر خودرو، میزان تاخیر و مجموع مصرف سوخت در شبکه نام برد.

**کلید واژه:** شبیه‌سازی ترافیکی، آلودگی هوا، مدیریت ترافیک، جریان ترافیک، زمان بندی چراغ‌های راهنمایی و رانندگی.



در سال‌های اخیر، در کشورهای در حال توسعه استفاده از خودرو به بطور کم سابقه‌ای افزایش یافته، در صورتی که عملکرد زیست محیطی، رشد اقتصادی و توسعه زیرساخت‌های شهری در این کشورها پیشرفت چندانی نداشته است، که این امر موجب ایجاد مشکلاتی گردیده است که از آن جمله می‌توان به مشکلات اقتصادی دولت‌ها در تأمین سوخت خودروها، جان باختن هزاران نفر در تصادفات جاده‌ای و اتلاف وقت اشاره نمود. یکی دیگر از پیامدهای حمل و نقل، افزایش مصرف انرژی در این بخش است که خود موجب خسارت‌های زیست محیطی بسیاری می‌گردد، که می‌توان مواردی را مانند از بین رفتن زمین‌های با ارزش، دگرگون شدن آب و هوای کره زمین و آلودگی هوای مناطق شهری نام برد. از آنجا که رشد ترافیک عمدتاً در مناطق شهری متمرکز است، باعث افزایش تولید و انتشار گازهای آلاینده با غلظت‌های بالاتر در این مناطق گردیده است و سبب شده تا اندیشمندان جوامع بشری، در جستجوی راه حلی برای مشکلات رو به افزایش حمل و نقل باشند.

طبق آمار منتشر شده از ترازنامه انرژی کشور در سال 1388، 97 درصد منواکسید کربن و 79 درصد هیدروکربن‌های منتشر شده در کشور مربوط به بخش حمل و نقل است [1]. به طور خاص شهر تهران به دلیل رشد سریع جمعیت، ناوگان فرسوده خودروها، تعداد زیاد واحدهای صنعتی، عوامل جغرافیایی و هواشناسی منطقه با کاهش شدید کیفیت هوا روبرو گردیده است، که گاهاً سطح بالای آلاینده‌ها مسئولین را مجبور به تعطیلی مدارس و تحمیل محدودیت‌های ترافیکی کرده است [2].

ترافیک درون‌شهری یکی از اصلی‌ترین منابع آلاینده‌هایی است که برای سلامتی انسان زیان آور است و همچنین اثرات زیست محیطی بسیاری را موجب می‌گردد که به طور خلاصه می‌توان به آلودگی هوای ناشی از ترافیک و تأثیر آن بر سلامت عابران پیاده و دوچرخه سوارها اشاره نمود، لذا یافتن عوامل ترافیکی مؤثر بر آلودگی هوا و بررسی میزان تأثیر آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد [3]. در ادامه می‌توان به بحث مدیریت ترافیک پرداخت که شامل اقدامات استراتژیک برای افزایش ایمنی، بهبود کیفیت جریان ترافیک و همچنین کاهش راهبندان‌های شبکه‌های درون‌شهری می‌باشد، که در پاسخ به مسائل آلودگی هوا نیز مؤثر عمل کرده است. در چند دهه گذشته در شهرهای سراسر دنیا از اقدامات مدیریت ترافیک در جهت کاستن غلظت آلاینده‌های ناشی از خودروها استفاده گردیده است. تحقیقات صورت گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که مدیریت ترافیک به طور چشمگیری در بهبود کیفیت هوا مؤثر بوده است.

امروزه شبیه‌سازی یکی از قوی‌ترین و قابل قبول‌ترین ابزارهای تحقیق در عملیات و تحلیل سیستم‌ها بوده است. شبیه‌سازی را می‌توان به عنوان فرایند طراحی یک مدل از دید یک سیستم واقعی و کاربرد آن به منظور درک سیستم و یا ارزیابی اقدامات مختلف بر عملکرد سیستم تعریف نمود. پیشرفت‌های



اخیر در فناوری‌های رایانه‌ای و تئوری جریان ترافیک سبب شده است که مهندسی ترافیک و برنامه ریزان حمل و نقل به طور گسترده‌ای از مدل‌های شبیه‌سازی شده در برنامه ریزی، بهره برداری و طراحی تسهیلات حمل و نقل استفاده نمایند. علاوه بر سودمندی شبیه‌سازی ترافیکی در تحلیل شرایط موجود و هزینه کمتر نسبت به آزمایشات محلی، بیشتر مدل‌های شبیه‌سازی ترافیکی شامل قابلیت نمایش دیداری عملیات ترافیکی می‌باشند، در صورتی که در گذشته شرایط ترافیکی فقط در قالب اعداد و کلمات توصیف می‌شدند [4].

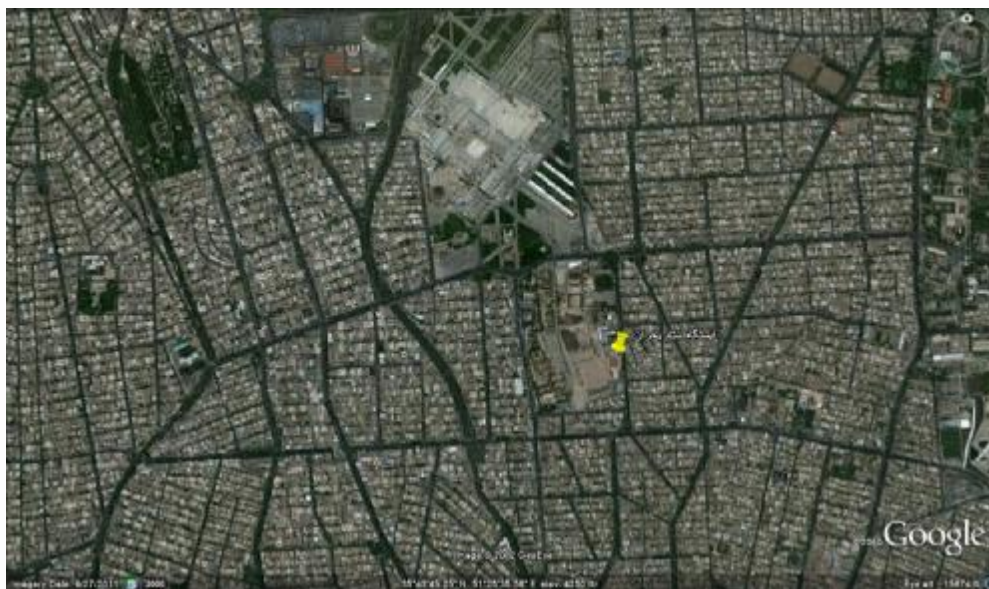
### 2 - روش تحقیق

در این پژوهش تلاش گردیده با انتخاب یک نمونه مطالعاتی مناسب رابطه کیفیت جریان ترافیک و آلودگی هوا با تغییرات زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و رانندگی مشخص گردد. برای گزینش شبکه مورد مطالعه این تحقیق نیاز به محدوده‌ای بود که دارای شرایط ترافیکی گوناگونی بوده و اطلاعات مربوط به حجم خودروها و درصد گردش‌های آنان در تقاطع‌ها در 24 ساعت شبانه‌روز در دسترس باشد.

### 2-1- داده‌های ورودی

#### 2-1-1- مشخصات شبکه مورد مطالعه

این شبکه از سمت شرق به خیابان سهروردی، از سمت غرب به خیابان ولیعصر، از شمال به خیابان خرمشهر و از جنوب به خیابان مطهری محدود می‌گردد و شامل خیابان‌های هویزه، بهستی، اندیشه، صابونچی، مفتح، قائم مقام، میرزای شیرازی و قسمتی از بزرگراه مدرس می‌گردد. این شبکه شامل 20 تقاطع همسطح و 2 تقاطع غیر همسطح می‌باشد که از این تعداد 18 تقاطع، چراغ دار می‌باشند. موقعیت ارتباطی این شبکه به لحاظ فراهم نمودن دسترسی به مناطق مختلف شهر و همچنین وجود کاربری‌های مختلف و خیابان‌های فرعی زیاد، جمع آوری اطلاعات لازم در خصوص پارامترهای ترافیکی و همچنین شبیه‌سازی شبکه را مشکل می‌سازد، لذا سعی شده است فقط خیابان‌های اصلی را، شبیه‌سازی نمود. در گام اول، نقشه محدوده مورد مطالعه از شهرداری تهران در فرمت فایل Auto Cad دریافت گردید. سپس به منظور به روز رسانی نقشه دریافت شده، جزئیات تقاطع‌ها و معابر موجود در شبکه، با عکس‌های هوایی به دست آمده از Google Earth مقایسه گردید، همچنین نقشه-ها با بازدید محلی مورد بررسی قرار گرفتند تا هرگونه تغییر احتمالی در شبکه مورد اصلاح قرار گیرد، شکل 1 محدوده شبکه را نشان می‌دهد.



شکل 1: شبکه ترافیکی مورد مطالعه

## 2-2-2 پارامترهای ترافیکی

یکی از پارامترهای مؤثر بر میزان انتشار آلاینده‌ها از وسایل نقلیه حجم تردد خودروها در معابر شبکه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. بدین منظور از حجم 24 ساعته گروه خط‌های<sup>1</sup> مختلف در تقاطع‌های چراغ دار شبکه که توسط شمارشگرها<sup>2</sup> جمع آوری شده، استفاده گردید. آمار حجم وسایل نقلیه در روز شنبه 1390/12/13 به صورت بازه‌های زمانی یک ساعته در رویکردهای مختلف تقاطع‌های شبکه مطالعاتی از شرکت کنترل ترافیک شهرداری تهران اخذ گردید.

## 3-2-2 مشخصات خودروها

از دیگر اطلاعات مورد نیاز، برای این پژوهش اطلاعات مربوط به مشخصات فیزیکی و همچنین میزان انتشار آلاینده‌ها توسط خودروهای مختلف موجود در ناوگان ترافیکی است، در این پژوهش از اطلاعات مربوط به سه خودرو که بیشترین سهم را در ناوگان ترافیکی شهر تهران به خود اختصاص می‌دهند، استفاده گردیده است.

در ادامه به جهت اینکه خصوصیات وسایل نقلیه نقش بسزایی در تمامی خصوصیات ترافیکی و زیست محیطی شبکه مورد مطالعه دارند با مراجعه به پایگاه اینترنتی شرکت‌های ایران خودرو<sup>3</sup> و سایپا<sup>4</sup>

<sup>1</sup> . Lane groups

<sup>2</sup> . Detector

<sup>3</sup> . [www.ikco.com](http://www.ikco.com)

<sup>4</sup> . [www.saipacorp.com](http://www.saipacorp.com)

مشخصات فیزیکی مورد نیاز این وسایل نقلیه استخراج گردید، سپس برای مطابقت هر چه بیشتر مدل شبیه‌سازی شده با شرایط واقعی موجود، سهم وسایل نقلیه مختلف شماره گذاری شده در تهران از مرکز شماره گذاری پلیس راهور ناجا دریافت شد که در جدول 1 قابل مشاهده است. در ادامه بر اساس سهم‌های بدست آمده، خودروها در نرم افزار Aimsun شبیه سازی شدند. اطلاعات مربوط به انتشار آلاینده‌های وسایل نقلیه نیز از شرکت بازرسی کیفیت و استاندارد ایران و مرکز تحقیقات و آزمون آلاینده‌های خودرو گرفته شد.

جدول 1: سهم وسایل نقلیه شماره گذاری شده در شهر تهران

نوع وسایل نقلیه	پراید	پژو	پژو 206	پیکان	تندر 90	ریو	سمند	زانتیا
سهم (%)	27	22	19	1	8	6	10	7

### 3 - تجزیه و تحلیل داده‌ها

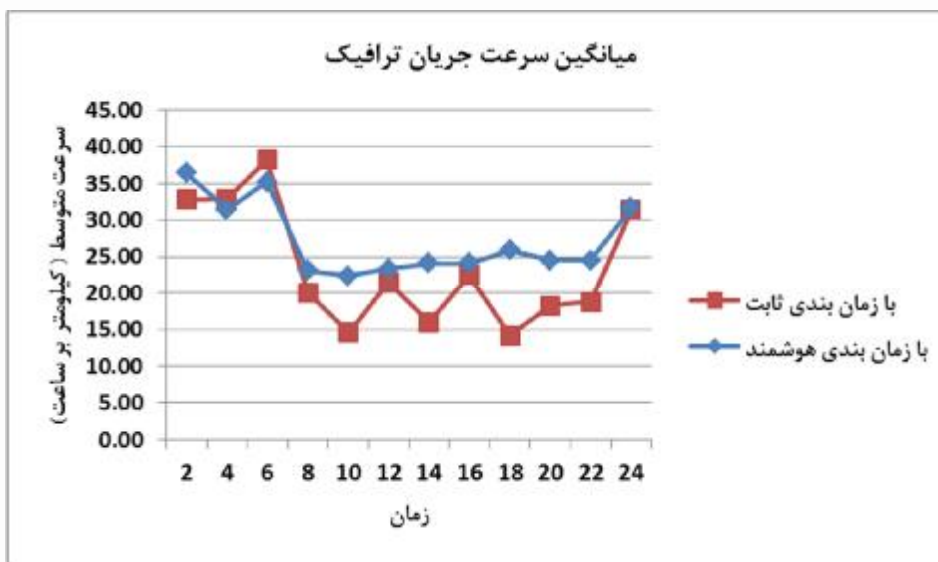
یکی از پارامترهای ترافیکی بسیار مهم در روند جریان ترافیک، نحوه کنترل جریان ترافیک می‌باشد. یکی از شیوه‌های کنترل جریان ترافیک، استفاده از چراغ‌های راهنمایی و رانندگی در تقاطع‌ها می‌باشد [5]. با اعمال تغییرات در چراغ‌های راهنمایی و رانندگی، جریان ترافیک در شبکه باید به گونه‌ای کنترل شود که تردد بهینه به استفاده کنندگان ارایه شود [6]. از دیدگاه انرژی اگر در یک مسیر شریانی و یا در یک شبکه ترافیکی چراغ‌های راهنمایی با هم هماهنگ عمل نمایند، میزان مصرف انرژی کاهش قابل توجهی خواهد داشت [7]. چراغ‌های راهنمایی و رانندگی خود به دو صورت با زمان‌بندی ثابت و هوشمند تعریف می‌گردد. در کشورهای مختلف دنیا پژوهش‌های بسیاری در این زمینه صورت گرفته است [8 و 9]، که نشان می‌دهند با زمان‌بندی مناسب چراغ‌های راهنمایی و رانندگی زمان سفر، تعداد توقف‌ها و زمان تاخیر در شبکه کاهش می‌یابد و سرعت جریان ترافیک افزایش و یکنواخت‌تر می‌شود [10 و 11].

در این پژوهش ابتدا شبکه ترافیکی مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار Aimsun شبیه سازی و اطلاعات مربوط به خودروها و معابر شبکه وارد نرم افزار گردید. سپس به منظور بررسی تأثیر نوع زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و رانندگی (ثابت و هوشمند) بر کیفیت جریان ترافیک و میزان انتشار آلاینده‌ها، شبکه ترافیکی مورد مطالعه یک بار تحت کنترل با زمان‌بندی ثابت و بار دیگر تحت کنترل با زمان‌بندی هوشمند، شبیه سازی گردید. پس از اتمام مراحل شبیه سازی و تعریف سناریو، شبکه توسط نرم افزار مورد تجزیه و تحلیل گرفته و منجر به ارائه خروجی‌ها و نتایجی می‌گردد که در ادامه ارزیابی می‌شوند.





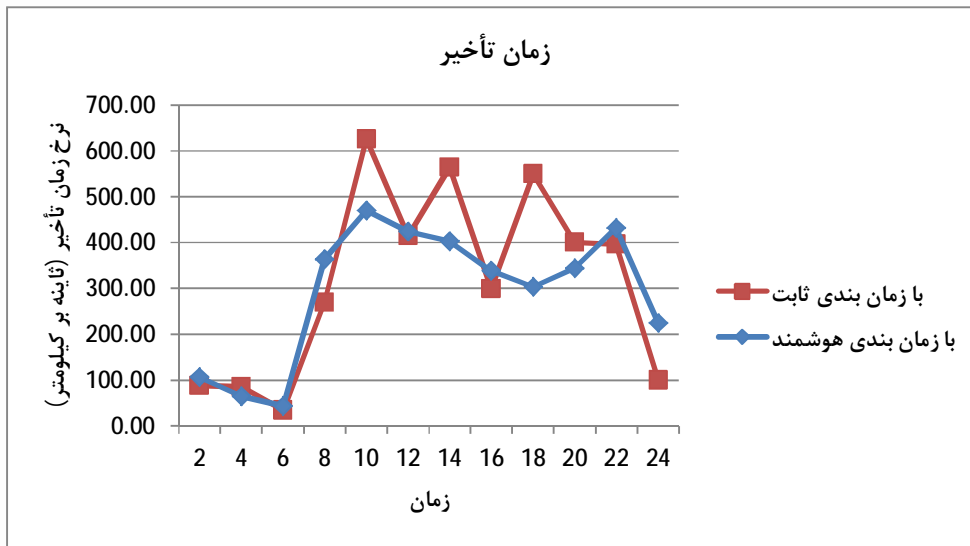
در شکل 2 مشاهده می‌شود با تغییر زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی از ثابت به هوشمند از مقدار میانگین سرعت شبکه کاسته شده است، که این امر موجب کاهش انتشار آلاینده‌ها از جریان ترافیک می‌گردد. علاوه بر میانگین سرعت یکی دیگر از دلایل تولید آلاینده‌ها، افزایش و کاهش سرعت می‌باشد، مانند جریان ترافیک از نوع توقف - حرکت که در مقایسه با جریان روان و یکنواخت ترافیک دارای نرخ انتشار بیشتری می‌باشد. بنابراین جریان ترافیک را با دو عامل میانگین سرعت و تغییرات سرعت می‌توان شناخت که در اصطلاح پویایی ترافیک<sup>1</sup> گفته می‌شود، یعنی ترافیک‌هایی که بصورت متراکم و توقف - حرکت می‌باشند، دارای پویایی بالا و ترافیک‌هایی که به صورت روان و شناور می‌باشند دارای پویایی پایینی هستند [13]. در این پژوهش نیز مشاهده گردید زمانی که چراغ‌های راهنمایی با زمان‌بندی هوشمند عمل می‌کنند، از دامنه تغییرات میانگین سرعت شبکه و پویایی جریان کاسته شده و جریان ترافیک پایدارتر می‌شود (شکل 2).



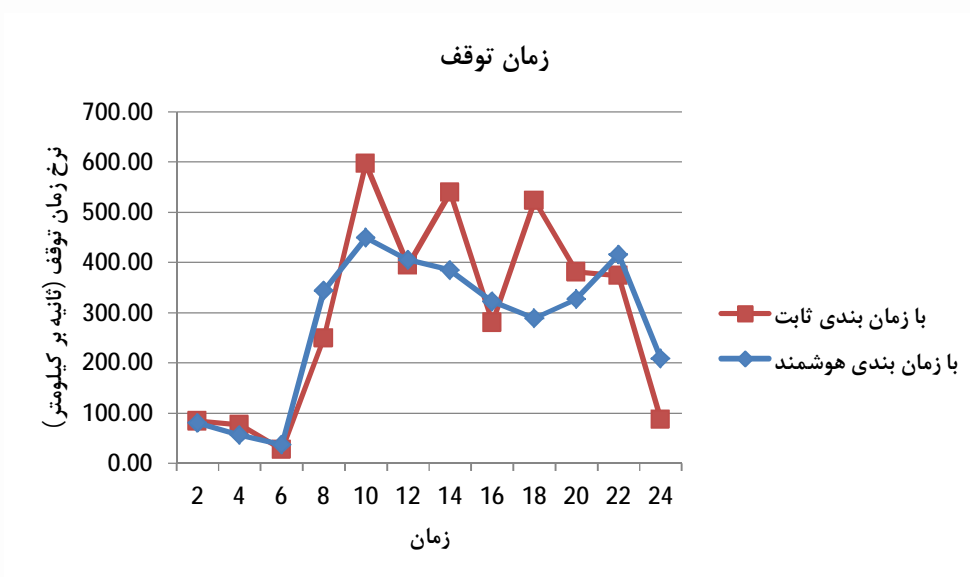
شکل 2: مقایسه میانگین سرعت در تقاطع‌های با زمان‌بندی ثابت و هوشمند

همچنین از دیگر نتایج این تغییر می‌توان به کاهش زمان توقف و زمان تأخیر شبکه اشاره کرد. روند تغییرات زمان تأخیر و زمان توقف در شکل‌های 3 و 4 نشان داده است، این نمودارها نیز بهبود کیفیت جریان ترافیک کنترل شده با چراغ‌های راهنمایی هوشمند را در مقایسه با چراغ‌های راهنمایی با زمان‌بندی ثابت نشان می‌دهند. به عبارت دیگر می‌توان گفت کنترل تقاطع‌ها با زمان‌بندی هوشمند منجر به افزایش کیفیت جریان می‌گردد.

<sup>1</sup>. Traffic Daynamic

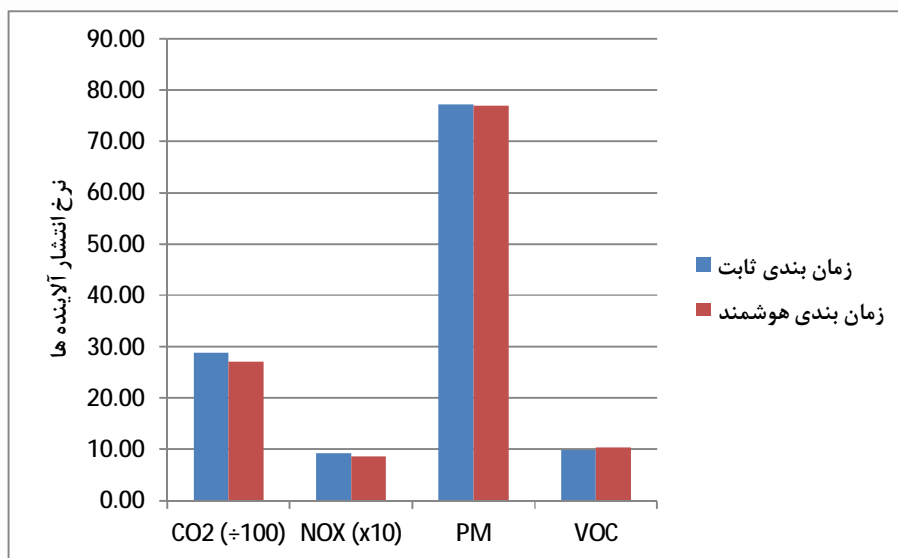


شکل 3: مقایسه زمان تأخیر در تقاطع‌های با زمان‌بندی ثابت و هوشمند



شکل 4: مقایسه زمان توقف در تقاطع‌های با زمان‌بندی ثابت و هوشمند

همانطور که از شکل 5 مشخص است با تغییر چراغ‌های راهنمایی با زمان‌بندی ثابت به زمان‌بندی هوشمند، میزان انتشار آلاینده‌های  $CO_2$ ،  $NO_x$  به ترتیب 6، 8 درصد کاهش یافته و میزان انتشار آلاینده‌ی PM تغییر محسوسی نداشته است.



شکل 5: مقایسه نرخ انتشار آلاینده‌ها در تقاطع‌های با زمان‌بندی ثابت و هوشمند

در این پژوهش تأثیر زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در میزان مصرف سوخت و پارامترهای ترافیکی از جمله زمان سفر، طول کل سفرهای صورت گرفته در شبکه و پویایی جریان ترافیک نیز مورد مطالعه قرار گرفته است که نتایج کلی این پژوهش در جدول 2 ارائه گردیده است.

جدول 2: نتایج 24 ساعت شبیه‌سازی محدوده مورد نظر با تغییر زمان‌بندی چراغ راهنمایی

معیارهای سنجش نحوه عملکرد	زمان بندی ثابت	زمان بندی هوشمند	درصد تغییرات
نرخ میزان تاخیر در شبکه (ثانیه بر کیلومتر)	244/11	209/85	-14
نرخ میزان توقف در شبکه (ثانیه بر کیلومتر)	228/69	195/59	-14
میانگین زمان سفر برای هر خودرو (ثانیه)	461/09	394/03	-15
زمان کل سفرها در شبکه (ساعت)	33694/34	30781/68	-9
طول کل سفرها در شبکه (کیلومتر)	364912/47	398541/95	9
میانگین سرعت در شبکه (کیلومتر بر ساعت)	24/86	28/88	16
مجموع مصرف سوخت در شبکه (لیتر)	76649/17	73811/15	-4
مجموع انتشار آلاینده HC (کیلوگرم)	19425/06	17695/84	-9
میانگین نرخ انتشار آلاینده CO2 (گرم بر کیلومتر)	2880/31	2713/21	-6
میانگین نرخ انتشار آلاینده NOX (گرم بر کیلومتر)	0/93	86/86	-8
میانگین نرخ انتشار آلاینده PM (گرم بر ثانیه)	77/21	77/02	0
میانگین نرخ انتشار آلاینده VOC (گرم بر کیلومتر)	9/88	10/3	4



#### 4 - نتیجه گیری

- به طور کلی می توان نتایج پژوهش حاضر را به صورت زیر بیان نمود:
1. با تغییر زمان بندی ثابت چراغ های راهنمایی و رانندگی به زمان بندی هوشمند، جریان ترافیک روان تر شده و میانگین سرعت جریان ترافیک 16 درصد افزایش و دامنه تغییرات سرعت کاهش یافته است. همچنین از میانگین زمان سفر برای هر خودرو 15% کاسته شده است.
  2. با تغییر زمان بندی چراغ های راهنمایی و رانندگی از ثابت به هوشمند، میزان انتشار آلاینده های  $CO_2$  و  $NO_x$  به ترتیب 6 و 8 درصد کاهش پیدا کرد. همچنین از میزان مجموع مصرف سوخت در شبکه 4% کاسته شد.
  3. با هوشمند نمودن زمان بندی چراغ های راهنمایی و رانندگی، نرخ زمان سفر، میزان تأخیر و زمان توقف در شبکه به ترتیب 9%، 14% و 14% کاهش یافت. که به طور کلی بیانگر بهبود کیفیت جریان ترافیک شبکه درون شهری می باشد.

#### 5 - قدردانی

در انتها از شرکت کنترل ترافیک شهرداری تهران به ویژه جناب آقای مهندس کمالیان، همچنین شرکت بازرسی کیفیت و استاندارد ایران و مرکز تحقیقات و آزمون آلاینده گی خودرو که در جمع آوری اطلاعات این پژوهش همکاری صمیمانه ای داشتند و زحمات زیادی متقبل شدند، تشکر و قدردانی به عمل می آید.



- [1] 1. ترازنامه‌ی انرژی، وزارت نیرو، 1388
- [2] Cities, 2007, The deterioration of urban environments in developing countries: Mitigating the air pollution crisis in Tehran, Iran, Vol. 24, No. 6, p. 399-409.
- [3] Preventive Medicine, 2009, Air Pollution and Activity During Transportation by Car, Subway, and Walking, Vol. 37, No. 1, p. 72-77.
- [4] J. Barceló, 2004, Dynamic network simulation with AIMSUN. Congress on Dept. of Statistics and Operations Research, Universitat Politècnica de Catalunya Pau Gargallo 5, Barcelona, Spain.
- [5] Atmospheric Environment, 2011, Traffic flow pattern and meteorology at two distinct urban junctions with impacts on air quality, Vol. 45, No. 1, p. 1830-1841.
- [6] Transportation systems engineering and information technology, 2009, Assessing Effect of Traffic Signal Control Strategies on Vehicle Emissions, Vol. 9, Issue 1.
- [7] Atmospheric Environment, 2009, Assessment of traffic-related air pollution in the urban streets before and during the 2008 Beijing Olympic Games traffic control period, Vol. 43, No. 1, p. 5682-5690.
- [8] Transportation Research Part D, 2004, Signal timing of intersections using integrated optimization of traffic quality, emissions and fuel consumption , Vol. 9, No. 5, p. 401-407.
- [9] Atmospheric Environment, 2005, A methodology for modeling and measuring traffic and emission performance of speed control traffic signals, Vol. 39, No. 23, p. 67-76.
- [10] Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2007, Microscopic traffic-emission simulation and case study for evaluation of traffic control strategies, Vol. 7, No. 1, p. 93-100.
- [11] Transportation Engineering, 2004, Evaluation of potential transit signal priority benefits along a fixed-time signalized arterial, Vol. 1, No. 30, p. 294-303.
- [12] Hallmark S L, Fomunung I, Guensler R, et al. 2000, Assessing impacts of improved signal timing as a transportation control measure using an activity-specific modeling approach", Transportation Research Record 1738, TRB, National Research Council, Washington, D.C, pp. 49-55.
- [13] Transportation Research Part D, 2009, A field evaluation case study of the environmental and energy impacts of traffic calming, No. 14, p. 411-422.



## Evaluation The Effects of Signal timing of Intersections on Traffic Quality and air Pollution in Traffic Networks by Using Simulation

Mansour Hadji Hosseinlou, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran

seyed Ali Ghaemi, M.Sc., Department of Civil Engineering, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran

Emad Sekhavati, M.Sc., Department of Civil Engineering, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran

### Abstract

Nowadays, air pollution in metropolitan areas is threatening people's health. Considering severe decrease in cities' air quality and dangers of such pollution for people's health, to recognize the aspects of this problem is of great importance. Within urban areas, congestion flow is the most important factor in air pollution. Therefore, management of urban traffic network can impressively reduce environment contaminants. With regard to the significance of this problem and the complexity of relationship between traffic and emissions, traditional tools of traffic engineering cannot analyze traffic network flow. This research investigates the flow of traffic and the air pollution made by one of the traffic networks in the 7th region of Tehran municipality. Using AIMSUN software, this network is simulated and the effects of Traffic Signal Control Strategies on the emission concentration, travel time, delay time, stop time and average speed of traffic flow are analyzed and recorded. The results show that the average reduction rate of  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  and  $\text{VOC}$  are respectively 6%, 8% and -4%. Furthermore, travel time, delay time, stop time and fuel consumption are reduced due to alter of fixed time of traffic lights with actuated timing.

**Keywords:** Simulation, Air pollution, Traffic management, Traffic flow, Travel time, AIMSUN Software



انجمن مهندسان حمل و نقل و ترافیک ایران

