

# مدلسازی تغییر سهم حمل و نقل غیرهمگانی و میزان انتشار آلاینده‌ها در اثر اجرای سیاست‌های مدیریت تقاضا

مقاله پژوهشی

امیر طیرانی یوسف‌آبادی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی،

واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

علیرضا ماهپور\*، استادیار، دانشکده عمران، آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

حسن جوانشیر، استادیار، گروه صنایع، دانشکده فنی مهندسی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: a\_mahpour@sbu.ac.ir

دریافت: ۹۹/۰۱/۱۹ - پذیرش: ۹۹/۰۶/۱۰

صفحه ۲۱۶-۲۰۳

## چکیده

در سالیان گذشته و با آغاز فصول پاییز و زمستان در تهران، همزمان با به حداکثر رسیدن میزان انتشار آلاینده‌ها و بر اساس مصوبات کمیته اضطرار آلودگی هوای شهر تهران، محدوده طرح ترافیک به محدوده طرح زوج یا فرد گسترش یافته و با اتخاذ این سیاست، بسیاری از شهروندان تهرانی جهت حضور در محدوده مذکور، نحوه تردد خود در این محدوده را تغییر داده و برخی دیگر نیز، با پرداخت بهای آن، مبادرت به تردد در این محدوده با وسایل نقلیه شخصی خود ورزیدند در این پژوهش به منظور بررسی میزان تمایل افراد نسبت به حضور در این محدوده و با استفاده از روشی ابتکاری، درصدهای مختلفی را به مبالغ پایه طرح ترافیک در سال ۱۳۹۵ افزوده و سپس به بررسی میزان افزایش و یا کاهش تمایل شهروندان نسبت به پرداخت مبالغ مذکور پرداخته شده است. هم چنین پس از بررسی نتایج بدست آمده و با استفاده از نرم افزار شبیه ساز Aimsun میزان آلاینده انتشار یافته ناشی از تردد وسایل نقلیه را به هنگام اجرای طرح زوج یا فرد در محدوده خود و هم چنین سناریوهای بدست آمده از اجرای سیاست نرخ‌گذاری در محدوده مذکور، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد در ایده‌آل ترین حالت برای کاهش مقادیر آلاینده در محدوده طرح زوج یا فرد، با افزایش ۴۰ الی ۷۵ درصدی به مبالغ در نظر گرفته برای طرح ترافیک در سال ۱۳۹۵ و اجرای آن در محدوده طرح زوج یا فرد، فراوانی نسبی تردد با وسایل حمل‌ونقل غیر همگانی ۲۱ الی ۲۳ درصد کاهش یافته و به موازات کاهش میزان فراوانی نسبی تردد با وسایل نقلیه غیر همگانی، میزان آلاینده تولید شده برای ۳ نوع آلاینده  $CO$ ،  $HC$  و  $NO_x$ ، ۳۹، ۳۶ و ۳۰ درصد نسبت به حالت معمول اجرای طرح زوج یا فرد در محدوده خود، کاهش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی، میزان تقاضا، طرح زوج یا فرد، طرح ترافیک، میزان آلاینده انتشار یافته

## ۱-مقدمه

و شهرهایی که از ناهنجاری‌های ترافیکی رنج می‌برند کمک کند. به همین جهت این سیستم، به عنوان یکی از معیارهای مدیریت تقاضای حمل‌ونقل در نظر گرفته می‌شود. پذیرش سیاست نرخ‌گذاری می‌تواند به عنوان یک سیاست برای مدیریت منابع محدود، فضای جاده‌ها و هم چنین اهرمی جهت اعمال تغییر رفتار استفاده‌کنندگان از مسیر، در راستای انتخاب بهینه مسیر و مدهای حمل‌ونقلی استفاده کرد. عوارض پرداختی توسط افراد می‌تواند به مسیر طی شده، زمان مشخصی از روز، هفته، فصل و به خصوص، نوع وسیله نقلیه مشخص (بر حسب تعداد اکسل‌های وسیله نقلیه، وزن و نوع سوخت) و کلاس ترافیکی مربوطه بستگی داشته باشد. بر خلاف خیلی از شهرها که تجربه‌های موفقی در اعمال سیاست نرخ‌گذاری داشته‌اند، بسیاری از شهرها نظیر منچستر، در رفراندوم

نرخ‌گذاری ازدحام ترافیکی، به عنوان یکی از راهکارهای مدیریت تقاضای ترافیکی معرفی شده تا اثرات ناشی از ازدحام ترافیک، تصادفات جاده‌ای و آلودگی‌های هوا و صدا را بهبود ببخشد. معنای دقیق ساختار نرخ‌گذاری بر این اساس است که با اعمال مقادیر بر تقاضاهای انتخاب کوتاه مدت، سفر کنندگان را ترغیب به آن نماییم تا انتخاب آنان به مدهای حمل‌ونقلی کم اثر بر ساختارهای جاده‌ای حرکت کرده و باعث ایجاد ساختار پایدار سیستم‌های حمل و نقلی گردد. اگر چه بحران‌های به وجود آمده نظیر آلودگی‌های صوتی و آلودگی‌های ناشی از احتراق موتور خودروها بر روی کلیت جامعه اثر می‌گذارد، اما ازدحام و صدمات ترافیکی، به طور مستقیم بر روی استفاده‌کنندگان مسیر اثر می‌گذارد. پذیرش سیاست‌های نرخ‌گذاری می‌تواند به رفع مسائل و معضلات موجود در کشورها

همگانی و کلیه تسهیلات سیستم حمل و نقل در سطح شهر انجام شود.

#### ۲- نرخ گذاری بر تسهیلات:

در این روش، برخی از تسهیلات شبکه، مانند آزادراه‌های خصوصی، برخی پل‌ها و یا تونل‌ها نرخ گذاری شوند. این دسته از تسهیلات، اغلب دارای موقعیت خاصی در شبکه هستند که با نرخ گذاری بر آن‌ها، کنترل تراکم در محدوده ای از شبکه امکان پذیر می‌گردد. در سایر موارد، نرخ گذاری بر تسهیلات با هدف تامین هزینه صورت می‌گیرد.

#### ۳- نرخ گذاری بر کمان های شبکه:

در این روش، کمان‌های شبکه (خیابان‌ها) نرخ گذاری می‌شوند. البته این روش بدون استفاده از سیستم‌های خودکار شناسایی دقیق وسایل نقلیه در سطح شبکه امکان پذیر نیست.

#### ۴- نرخ گذاری بر محدوده ای مشخص از شبکه:

در این روش، گرداگرد محدوده‌ای مشخص از شبکه، کمربندی فرضی کشیده می‌شود که برخی از کمان‌های این شبکه را قطع می‌کند. استفاده کنندگان برای ورود به محدوده و گذر از این کمربند، موظف به پرداخت عوارض وضع شده هستند. در این روش، ممکن است از یک یا چند محدوده با کمربندهای مشترک و یا مجزا و یا تودرتو (کمربند چند لایه) در سطح شهر استفاده شود.

#### ۵- نرخ گذاری ترکیبی:

در این روش، دو یا چند روش از روش‌های نام برده در بالا به طور همزمان بر شبکه اعمال می‌شود [Lindsey, 2003].

اجرای هر یک از اقدامات فوق الذکر، می‌تواند تاثیر به سزایی در میزان حجم تردد و نواحی مختلف شهری گذاشته و موجب کاهش میزان آلاینده گردد.

## ۲- پیشینه تحقیق

در مطالعاتی انجام شده در سال ۲۰۱۴، یک تقاطع جاده‌ای واقعی که در آن یک میدان جایگزین یک سیگنال ترافیک زمان ثابت شده‌است، مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته‌است. بدین منظور در تحقیق انجام شده توسط گاستالدی و دیگران، نرم افزار-Paramics برای استخراج اطلاعات دقیق وسایل نقلیه مورد نیاز به عنوان ورودی مدل‌های انتشار لحظه‌ای در منطقه میرانو از توابع ونیز ایتالیا، مورد استفاده قرار گرفت. پارامترهای مدل میکرو شبیه‌سازی برای بدست آوردن خروجی‌های معتبر از نظر انتشار گازهای آلاینده ترافیک کالبره شدند. انتشار گازهای گلخانه‌ای،  $PM_{10}$ ،  $NO_x$  و کربن کل در نظر گرفته شدند. مشخص شد که این میدان به طور کلی نسبت به سیگنال ترافیک زمان ثابت نسبت به تشعشعات وسایل نقلیه، عملکرد بهتری دارد، اگرچه تفاوت بین دو نوع کنترل از نظر تاثیر محیطی از نظر عملکرد ترافیک عملیاتی کوچک‌تر بود [Gastaldi et al, 2014]. در پژوهشی دیگر در سال ۲۰۱۶، ارزیابی میزان آلاینده تولید شده در محدوده‌ای به مساحت ۹۰۰۰۰ متر مربع در شهر مادرید و در محدوده‌ای با تراکم ترافیکی بالا صورت گرفت. به منظور میکرو شبیه‌سازی این محدوده، از دو مدل نرم افزار شبیه‌سازی استفاده گردید.

سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸، اعمال این سیاست با مخالف صریح مردم روبه‌رو گردید. هم چنین این اتفاق در شهرهای نیویورک در آپریل سال ۲۰۰۸ و در کپنهاگ در سال ۲۰۱۲ نیز به وقوع پیوست. به منظور بالا بردن میزان مقبولیت چنین طرح‌هایی، لازم است تا به موازات اجرای چنین سیاستی، پیشرفت‌هایی نظیر بهبود ازدحام ترافیکی، حمل و نقل عمومی و حمل و نقل جاده‌ای به وضوح قابل مشاهده باشد [Cipriani et al, 2018].

اغلب کشورهای اروپایی با این نظریه موافقت و آن را تجربه کرده اند که در برهه ای از زمان، با افزایش بی رویه وسایل نقلیه موتوری در دهه‌های اخیر، آن هم به شکل ازدحام ترافیکی و معضلات زیست محیطی قابل مشاهده و قابل درک، زندگی شهری به مخاطره افتاده و رشد اقتصادی در این کشورها با مشکلاتی روبه‌رو گردیده است. دلایل استفاده بیش از حد از وسایل نقلیه شخصی، می‌تواند اینگونه تفسیر شود که هزینه‌های پایین سفر، باعث بالارفتن استفاده از آن شده‌است. استفاده کنندگان از وسایل نقلیه شخصی، تنها هزینه‌های مستقلی را برای سفرهای خود پرداخت می‌کنند (نظیر هزینه‌های خودرو، سوخت و بیمه). در کنار این هزینه‌ها، آنان هیچ گونه پرداختی را در قبال هزینه‌های دست سوم ندارند. این هزینه‌ها، شامل ازدحام ترافیکی، آلودگی‌های صدا و هوا می‌شود که وظیفه پرداخت آن‌ها بر عهده کسانی است که مالیات می‌پردازند و افراد استفاده کننده از این وسایل، هیچ گونه تعهدی را در قبال آن، حداقل به صورت پرداخت هزینه را ندارند. به همین جهت اعمال سیاست نرخ گذاری، امروزه در سراسر جهان به عنوان یک سیاست شناخته شده و اجرایی، معرفی شده‌است [De Vos, 2016]. بطور کلی چهار روش برای انواع محدودیت‌های تردد وسایل نقلیه به شرح ذیل مطرح می‌گردند:

۱- اعمال محدودیت‌های ترافیکی توسط کلیه روش‌های فیزیکی و قانونی که اصطلاحاً به روش "جلوگیری از تردد" شناخته شده و وسایل نقلیه تنها ملزم به عبور از مسیرهای مشخص می‌باشند.

۲- اعمال محدودیت‌های ترافیکی توسط تشویق مردم به عدم استفاده از وسایل نقلیه شخصی که این محدودیت بدون ممانعت از سفر انجام می‌شود.

۳- اعمال محدودیت از طریق حذف و یا کاهش عوامل تولید سفر که به روش "اجتناب از تردد" مرسوم می‌باشد.

۴- روش‌های ایجاد ممانعت و یا بازدارندگی تردد که سعی بر اصلاح و تغییر میزان جاذبه استفاده از وسایل نقلیه شخصی را دارد. روش‌های کاهش دهنده سرعت و افزایش هزینه سفر با وسیله نقلیه شخصی و اعمال سیاست‌های پارکینگ از جمله پارکومتر و اخذ عوارض تردد را می‌توان از جمله این روش‌ها در نظر گرفت.

اجرای سیاست نرخ گذاری به عنوان یکی از زیر مجموعه‌های محدودیت‌های تردد، شامل انواع زیر می‌باشند:

#### ۱- نرخ گذاری بر ناحیه‌ای مشخص:

در این روش، ناحیه‌ای به وسعت یک شهر نرخ گذاری می‌شود. در این روش، ممکن است نرخ گذاری بر خیابان‌ها، پارکینگ‌ها، سیستم‌های پارک-سوار-بلیط، سیستم‌های حمل و نقل

دارای ۶۲۰۰ لینک، ۲۵۰۰ گره و یک ماتریس OD با ظرفیت ۲۵۴۰۰۰ سفر در زمان اوج سفر می‌باشد. دیتای برداشت شده توسط سیستم برداشت ترافیک و هم چنین با استفاده از بیش از ۱۰۰۰ سنسور ترافیکی برای آماده سازی ماتریس OD در هر زمان از شبانه روز بوده است. این مدل شبیه سازی تحت ساختار ماکروسکوپیک بوده و براساس مدل تعقیب خودروی گیبس طراحی شده است. نتایج بدست آمده از این تحقیق که در محدوده فاقد سیاست نرخ گذاری اجرا شده است نشان می‌دهد خودروهایی که درای سیستم اکو می‌باشند، می‌توانند میزان آلایندگی تولید شده توسط تک خودروها و یا گروهی از خودروهای دارای این مشخصه، در شرایط آزاد و نرمال ترافیکی در محدوده مذکور را، ۱۰الی ۱۵ درصد کاهش دهند.

اما در شرایط ازدحام ترافیک، ساختار موجود در خودروهای دارای سیستم اکو، به دلیل پایین آمدن سرعت تردد در محدوده مورد مطالعه، نمی‌تواند کمک شایانی به پایین آمدن محسوس میزان آلایندگی نماید.

اما آنچه که قابل ذکر است این است که شرایط ازدحام ترافیک، تنها برای ۸ الی ۱۰ درصد زمانی در روز است و این به معنی است که در طول ۹۰ درصد سایر زمان های روز، ساختار اکو موجود در وسایل نقلیه، می‌تواند کمک شایانی به کاهش آلایندگی CO<sub>2</sub> در محدوده انتخابی نماید [Morello et al, 2016].

سیاست نرخ گذاری معابر شهری، یکی از راهکارهای مدیریت تقاضا است که امروزه در بسیاری از شهرهای پیشرفته دنیا که از وجود ازدحام ترافیکی و عواقب ناشی از آن، من جمله آلودگی هوا و صدا رنج می‌برند، مورد استفاده قرار گرفته است. این چنین اقداماتی می‌تواند به حذف سفرهای غیر ضروری کمک کرده و سیستم های حمل و نقل پایدار را بهبود ببخشد. به طور مثال و در شهر رم ایتالیا، اتخاذ سیاست نرخ گذاری، موجب کاهش میزان تقاضای سفرهای غیر ضروری شده و ارتقا سطح حمل و نقل پایدار به میزان ۲۵ درصد برای نواحی که به طور مستقیم تحت تاثیر سیاست نرخ گذاری هستند، گردد [Cipriani et al, 2018].

نرخ گذاری راه یک ابزار اقتصادی است که هزینه های خارجی رانندگی را کاهش می‌دهد و می‌تواند به یک جاده کارآمد و کارآمد و در عین حال بهبود محیط زیست و ایجاد درآمد کمک کند. مدلی که سالاس و دیگران در مطالعه خود در سال ۲۰۱۳ مورد استفاده قرار دادند، بر اساس تئوری اقتصادی هزینه کل اجتماعی می‌باشد که برای ارزیابی تغییرات کلی در عدالت اجتماعی از طریق شاخص های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نتایج نشان می‌دهند که اگر میزان تقاضا به اندازه ۱۰ درصد کاهش یابد، تغییر مطلوبی در عدالت اجتماعی اتفاق می‌افتد که به اندازه ۹۶ درصد بیشتر است از هنگامی که تقاضا فقط به اندازه ۵ درصد کاهش یابد. اگرچه اگر میزان تقاضا به اندازه ۱۵ درصد کاهش یابد، تغییر در عدالت اجتماعی به اندازه ۲۱ درصد در مقایسه با سناریوی کاهش ۱۰ درصدی تقاضا افزایش می‌یابد [Salas et al, 2013]. در مطالعاتی که در سال ۲۰۱۶ صورت پذیرفته است، محققین به دنبال راهکارهایی بودند تا با ارائه یک مدل نرخ گذاری دو سطحی، مقدار آلایندگی CO<sub>2</sub> منتشر شده را به حداقل میزان خود

(۱) نرم افزار Vissim به منظور بررسی و شبیه سازی حجم ترافیک در محدوده مورد نظر و محاسبه رابطه بین سرعت زمان. (۲) نرم افزار Versit به منظور استفاده از خروجی های بدست آمده از نرم افزار Vissim، و محاسبه میزان آلایندگی تولید شده. در این مطالعه، دوازده شبیه سازی (سناریو)، در روز های و ساعت های مختلف هفته، برای محاسبه میزان ذرات آلایندگی های PM<sub>10</sub> و NO<sub>x</sub> مورد استفاده قرار گرفت [Quaassdorff et al, 2016].

بزرگراه های شهری، به عنوان ستون فقرات شبکه حمل و نقل شهری، برای کاهش تراکم ترافیک و بهبود کارایی حمل و نقل کل شبکه حیاتی هستند. تخمین حالت های ترافیکی و انتشار گازهای گلخانه ای برای بزرگراه های شهری نیازمند تامین اطلاعات مسافر و سیستم مدیریت ترافیک می‌باشد. جیانگ و دیگران در مقاله خود، از سیستم برداشت اطلاعات ماهواره ای (GPS) و سیستم برداشت اطلاعات و مقادیر ترافیکی در لوپ های بزرگراه ها به منظور بررسی و تخمین میزان آلایندگی تولید شده در شبکه بزرگراهی استفاده نمودند. این الگوریتم در یک مطالعه موردی واقعی برای یک شاهراه شهری در پکن، چین به کار می‌رود. نتایج عددی آنان نشان می‌دهند که ترکیب داده با استفاده از الگوریتم پیشنهادی می‌تواند استفاده بهتری از داده های ناهمگن داشته باشد و دقت تخمین زمان سفر و تشعشعات را افزایش دهد [Jiang et al, 2017].

ترافیک جاده ای اثرات مخرب محلی و جهانی قابل توجهی دارد. آلایندگی های انتشار یافته ناشی از آن، نظیر NO<sub>x</sub> و ذرات معلق، اثر سوئی بر سلامت انسان ها دارند، من جمله بیماری های قلبی و عروقی. بنابراین تخمین دقیق انتشار ترافیک مرتبط با ترافیک برای ارزیابی تحولات طی چند سال و کمی کردن اثرات زیست محیطی سیاست های حمل و نقل پایدار مانند مناطق کم انتشار و راهبردهای تنظیم ترافیک ضروری است. در پژوهشی دیگر که توسط لجری و دیگران در سال ۲۰۱۸ انجام گرفته است، به منظور بررسی میزان آلایندگی تولید شده در شرایط دارای ترافیک های پر حجم، از مدل های تخمین میزان آلایندگی استفاده گردید. دو مدلی که برای اندازه گیری میزان انتشار از آن استفاده گردید عبارتند از: (۱)

#### PHEM v11 (۲) COPERT IV

محاسبات انجام شده، برای محدوده ای از شهر پاریس، با بازه زمانی ۶ دقیقه و فضایی به وسعت ۳ کیلومتر مربع صورت پذیرفت. در نهایت میزان سوخت مصرف شده و میزان NO<sub>x</sub> تولید شده مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و سپس مقایسه می‌شوند. این مقاله ۲ مسئله را مشخص می‌سازد: (۱) میزان حساسیت نرم افزار COPERT به سرعت های تعریف شده در آن و (۲) معادلات مورد نظر در نرم افزار COPERT چگونه می‌تواند با حجم دینامیکی ترافیک در فضای پر حجم، وفق پذیری داشته باشند. در نهایت، میزان انتشار آلایندگی مورد نظر از طریق مدل انتشار لحظه ای PHEM بدست می‌آید [Lejri et al, 2018].

در مطالعاتی دیگر که در سال ۲۰۱۶ صورت پذیرفته است، محققین تولید و انتشار آلایندگی CO<sub>2</sub> را برای خودرو های دارای سیستم اکو و سایر خودروها در ۳ وضعیت شرایط ترافیکی آزاد، نرمال و پر ازدحام موجود در شهر تورین ایتالیا، بررسی کرده اند. این شبکه

راهکار موثر در ایجاد حمل و نقل پایدار استفاده نمود. هم چنین لازم به ذکر است با اخذ عوارض در زمان اوج ترافیک از وسایل حمل و نقل بار، می‌توان آن‌ها را به این مسئله راغب کرد که زمان تردد خود را از زمان اخذ عوارض، به زمانی تغییر دهند که در آن مجبور به پرداخت وجوه و یا عوارض نباشند. اما این مسئله نمی‌تواند به راحتی انجام پذیرد، زیرا که زمان تحویل بار به مشتریان توسط این وسایل، می‌تواند محدودیت‌هایی را برای آنان ایجاد کند [Chen et al, 2018].

در کنار بحث نرخ‌گذاری مناطق دارای ازدحام ترافیکی، بحث رعایت عدالت اجتماعی نیز حائز اهمیت بالایی می‌باشد. به طور مشخص، افرادی که در مناطق پر ازدحام قرار دارند، نباید صرفاً به جهت حضور و زندگی در این ناحیه، عوارضی را پرداخت نمایند که استفاده بالایی از وسایل نقلیه موتوری جهت حضور در این ناحیه ندارند و افرادی که استفاده بالاتری دارند، در سایر مناطق شهر باشند که از درآمد و سطح رفاه اجتماعی بالاتری برخوردارند. در مقاله‌ای که در سال ۲۰۱۶ به چاپ رسیده‌است، نویسندگان و محققین این موضوع و معضل را برای ناحیه‌ای مشخص از شهر پکن مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در کنار این موضوع، مسئله دیگری که باید به آن نیز اشاره کرد، این است که اکثر وسایل نقلیه موتوری که در شهر پکن تردد دارند و در این محدوده رانندگی می‌کنند، در حال انجام مأموریت‌های کاری و دولتی هستند و آنان وظیفه پرداخت این مبالغ را ندارند. در این پژوهش، تنها ۶ درصد افراد برای انجام خدمات کاری خود، از وسایل نقلیه دولتی استفاده می‌کنند، در حالی که سایرین از وسایل شخصی خود برای انجام این امور بهره می‌برند [Linn et al, 2016].

### ۳-روش تحقیق

در این پژوهش و در ابتدا، با استفاده از اطلاعات بدست آمده از شرکت کنترل ترافیک، یک روز مشخص به هنگام اجرای طرح زوج یا فرد و روز مشابه آن به هنگام اجرای طرح ترافیک در محدوده مذکور، به منظور بدست آوردن میزان آلاینده انتشار یافته، در نرم افزار Aimsun شبیه‌سازی شده‌اند. در مرحله بعدی، به منظور بررسی نحوه تردد افراد در محدوده طرح زوج یا فرد، از آنان درخواست گردید تا نحوه تردد فعلی خود در محدوده مذکور را بر اساس سؤالات پرسشنامه توزیع شده مطرح نمایند و هم چنین خواسته شد که با توجه به فرضیات ایجاد شده، نحوه تردد خود را در این محدوده و با مبالغ جدید انتخاب نمایند. در ادامه و بر اساس نتایج بدست آمده از پرسشنامه‌های مذکور، شبیه‌سازی نهایی جهت ارائه مطلوب‌ترین حالت نرخ گذاری با هدف کمینه نمودن میزان آلاینده انتشار یافته، ارائه گردید.

#### ۳-۱-اطلاعات محدوده انتخابی شبیه‌سازی

محدوده منتخب جهت انجام پژوهش، از شمال به خیابان خرمشهر (تقاطع خرمشهر-سهروردی، خرمشهر-مرغاب، خرمشهر-صابونچی و خرمشهر-قنبرزاده)، از شرق به خیابان شریعی (تقاطع مطهری-شریعی، پلیس-شریعی، بهار شیراز-شریعی و بهشتی-شریعی)، از جنوب به خیابان مطهری و از غرب نیز به

رسانده و مدت زمان سفر انجام‌شده را حداقل نمایند. در این پژوهش، از مدل لوجیت برای شبیه‌سازی انتخاب افراد در مسیرها و زمان‌های سفر مختلف استفاده گردید. نتایج بدست‌آمده از مدل لوجیت در این تحقیق، نشان‌دهنده آن است که از میان جمعیت کثیری از افراد، درصدی از آنان وجود دارند که همواره یک مسیر مشخص را جهت پیمایش انتخاب می‌کنند و مجموع تمامی انتخاب‌های افراد در تمامی مسیرها برابر با ۱ می‌باشد. روند کار در این پژوهش بر این اساس بوده‌است که در مرحله نخست، عوارض جاده برای تمامی زمان‌ها مقدار ثابت در نظر گرفته شده‌است (۱/۵، ۳ و ۵ پوند). مرحله دوم شامل عوارضی می‌شود که به صورت پلکانی در مقطعی از زمان و روز از ۰ آغاز و به ۵ پوند خواهد رسید. در در مقطعی از روز نیز مجدداً به صفر خواهد رسید. در مرحله سوم نیز عوارض به گونه دریافت می‌شوند که مقادیر ۰، ۱/۵، ۳ و ۵ پوند در بازه زمانی مشخصی در روز از افراد اخذ می‌گردد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که بهینه‌ترین حالت درآمدزایی از دریافت عوارض در حالات فوق، اخذ عوارض ۵ پوندی در حالت عوارض پلکانی و با وجود ۱۰ سرور دریافت عوارض بوده‌است که توانسته در طول روز حداقل ۴۰ هزار پوند عواید داشته‌باشد. از دیگر نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان به این مسئله اشاره کرد که به موازات کاهش مقدار آلاینده CO<sub>2</sub> منتشر شده، زمان سفر نیز کاهش می‌یابد و این مستلزم آن است که سرورهای دریافت وجوه و عوارض از سفرکنندگان افزایش یابد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که با افزایش تعداد سرورها، میزان آلاینده تولید شده کاهش یافته است [Wen and Eglese, 2016].

در مطالعاتی که در سال ۲۰۱۸ صورت پذیرفته است، محققین به دنبال این مسئله بودند که:

- ۱- اعمال سیاست نرخ‌گذاری چگونه می‌تواند بر حجم ترافیک، سرعت سفر و میزان آلاینده در بازه‌های زمانی مختلف، برای ۲ نوع ساختار ترافیکی حمل و نقل بار و سفرهای خانه مینا اثرگذار باشد؟
- ۲- یک ساختار نرخ‌گذاری چگونه می‌تواند به عنوان یک راهکار درجه اول و یا درجه دوم برای تغییر بازه زمانی حجم ترافیک ناشی از انتقال بار ارائه شود؟

در این پژوهش سه راهکار نرخ‌گذاری (بدون عوارض، راهکار درجه اول و راهکار درجه دوم) مورد مطالعه قرار گرفته‌است. راهکار نرخ‌گذاری درجه اول، همان سیاست نرخ‌گذاری مارژینال است که در آن میزان کرایه حمل و نقل عمومی برابر است با کسر مقدار هزینه مارژینال از میانگین هزینه‌های کاربر. راهکار قیمت گذاری درجه دوم، مربوط به سناریوهایی می‌باشد که در آن، بخش‌هایی از شبکه حمل و نقل شهری، به دلیل برخی از ملاحظات فنی و یا سیاسی، شامل عوارض نمی‌شود. بر اساس این پژوهش، جریان تمامی لینک‌های متصل به هر جفت ماتریس OD برابر است با حجم ترافیک ماتریس OD در هر بازه زمانی و حجم ترافیک مجموع برای حمل و نقل بار و سفرهای خانه مینا برابرند با همان جفت ماتریس OD. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که بر خلاف سیاست فاقد نرخ‌گذاری، راهکارهای نرخ‌گذاری درجه اول و درجه دوم نتایج بهتری را در کنترل میزان آلاینده تولید شده نشان می‌دهد که در واقع این مسئله بیان می‌کند چنانچه سیاست نرخ‌گذاری اجرایی گردد، می‌توان از آن به عنوان یک

و در نرم افزار Aimsun پیاده‌سازی گردید.

خیابان ولیعصر (عج) محدود می‌شود. پس از مشخص شدن محدوده مورد نظر، تصویر این ناحیه از Google Maps استخراج



شکل ۱. محدوده انتخابی جهت انجام پژوهش

### ۳-۲- داده‌های ترافیکی

دریافت احجام ورودی به شبکه، میزان پلاک‌گذاری‌های انجام شده توسط پلیس راهور ناجا، تحت عنوان نو شماره در سال ۱۳۹۵ و هم چنین میزان انتشار میزان آلاینده‌گی ۵ تیپ خودروی دارای بیشترین میزان پلاک‌گذاری در سال ۱۳۹۵، از شرکت بازرسی کیفیت‌واستاندارد ایران دریافت گردیدند.

به منظور بررسی میزان آلاینده تولید شده در محدوده مورد مطالعه، نیاز به دریافت اطلاعات احجام ورودی به شبکه وجود داشته است. بدین منظور، حجم وسایل نقلیه ورودی به این محدوده، در طول ۲۴ ساعت و بازه‌های زمانی ۱۵ دقیقه‌ای و به مدت ۲ روز (سه شنبه مورخ آبان ۱۳۹۵ و سه شنبه مورخ ۲۵ آبان ۱۳۹۵)، از شرکت حمل‌ونقل و ترافیک دریافت گردید. پس از

جدول ۱. درصد وسایل نقلیه پلاک‌گذاری شده در شهر تهران در سال ۱۳۹۵

رتبه	وسيله نقلیه	سهم	رتبه	وسيله نقلیه	سهم
۱	پژو	۲۰.۶	۶	تیبا	۵
۲	پژو پارس	۲۰	۷	تیبا ۲	۴
۳	پراید	۲۰	۸	ساینا	۲
۴	سمند	۱۱	۹	برلیانس	۱
۵	تندر	۹.۰	۱۰	پژو ۲۰۷	۱

### ۳-۳- اطلاعات تقاضا

۳-۴- میزان آلاینده انتشار یافته به هنگام اجرای طرح زوج یا فرد

با توجه به سناریوهای تعریف شده در این پژوهش که شامل ۲ مدل سناریو شبیه‌سازی با رویکرد طرح زوج یا فرد و طرح ترافیک و سناریوهای مختلف نرخ‌گذاری می باشند، در ابتدا روند تولید میزان آلاینده در خصوص سناریوی نخست شبیه‌سازی بیان گردیده است. سناریو اول شبیه‌سازی‌های تعریف شده در این بخش، مربوط به روز سه‌شنبه در هفته اجرای طرح زوج یا فرد بوده است. در روز اجرای این طرح، وسایل نقلیه موظف بوده‌اند که بسته به اولین شماره سمت راست پلاک وسیله خود، در این محدوده حضور پیدا کنند. در جدول شماره ۳، نتایج میزان آلاینده انتشار یافته در این روز مشخص، آورده شده است.

در پژوهش جاری، به منظور معرفی مقادیر تقاضا به نرم افزار و با توجه به در دست داشتن اطلاعات تمامی تقاطعات، از جمله میزان گردش در تقاطعات و هم چنین زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و از پارامتر اطلاعات مقادیر ترافیکی استفاده گردید. در مجموع، ۳۶۰۰ زیر مجموعه مقادیر ترافیکی، برای ۵ تیپ خودرو، به مدت ۲ روز، هر روز ۲۴ ساعت و برای ۱۵ تقاطع در نرم افزار ایجاد شد. سناریوهای در نظر گرفته شده، بر اساس مصوبه کمیته اضطرار آلودگی هوای شهر تهران، به ۲ سناریو شبیه‌سازی اولیه زیر تقسیم بندی شدند.

نظر گرفته شده توسط سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، بهای حضور در این ناحیه را پرداخت نمایند. در جدول شماره ۴، نتایج میزان آلاینده انتشار یافته در این روز مشخص آورده شده است. در ادامه و در جدول شماره ۵ نیز، مقایسه نتایج میزان آلاینده انتشار یافته در سناریوهای اول و دوم آورده شده است.

### ۳-۵- میزان آلاینده انتشار یافته به هنگام اجرای طرح ترافیک در محدوده طرح زوج یا فرد

سناریوی دوم شبیه سازی تعریف شده در این بخش، مربوط به اولین روز سه شنبه در هفته اجرای طرح ترافیک در محدوده طرح زوج یا فرد بوده است. در روز اجرای این طرح، دارندگان وسایل نقلیه شخصی موظف بوده اند که با توجه به جدول نرخ گذاری در

جدول ۲. سناریوهای تعریف شده به منظور ساخت مدل در نرم افزار

سناریوها	تاریخ	توضیحات
سناریو اول	۱۸ آبان ۱۳۹۵	اجرای طرح زوج یا فرد در محدوده خود
سناریو دوم	۲۵ آبان ۱۳۹۵	گسترش محدوده طرح ترافیک به محدوده طرح زوج یا فرد

جدول ۳. آلاینده انتشار یافته در روز سه شنبه ۱۸ آبان ۱۳۹۵

نوع آلاینده	میزان آلاینده انتشار یافته
آلاینده CO (کیلوگرم)	۲۱۵۲۱/۱۰
آلاینده HC (کیلوگرم)	۳۹۸۸/۴۶
آلاینده NO <sub>x</sub> (کیلوگرم)	۱۷۴۶/۲۰

جدول ۴. آلاینده انتشار یافته در روز سه شنبه ۲۵ آبان ۱۳۹۵

نوع آلاینده	میزان آلاینده انتشار یافته
آلاینده CO (کیلوگرم)	۱۹۱۹۰/۴۲
آلاینده HC (کیلوگرم)	۳۵۳۴/۵۵
آلاینده NO <sub>x</sub> (کیلوگرم)	۱۵۴۶/۰۱

جدول ۵. مقایسه میزان آلاینده انتشار یافته در روزهای ۱۷ و ۲۵ آبان ۱۳۹۵

نوع آلاینده	میزان تغییرات به درصد
آلاینده CO (کیلوگرم)	-۱۰/۸۲
آلاینده HC (کیلوگرم)	-۱۱/۳۸
آلاینده NO <sub>x</sub> (کیلوگرم)	-۱۱/۴۶

یابد، در مبالغ و سناریوها مطرح شده، کدام یک از وسایل حمل و نقلی زیر را جهت تردد خود انتخاب می نمایند. این سناریوها بر اساس مبالغ طرح ترافیک در سال ۱۳۹۵ که در زیر به آن اشاره می شود، و بر اساس روشی ابتکاری، طراحی گردید.

### ۳-۷- حجم نمونه

با استفاده از اطلاعات دریافتی، میزان احجام ترافیکی وارد شونده به محدوده مورد نظر که در ۱۵ تقاطع تعریف شده اند، حداقل ۲۳۲،۲۳۸ وسیله نقلیه و حداکثر ۲۷۳،۱۴۱ وسیله نقلیه در طول ۲۴

### ۳-۶- مطالعات آماری

به منظور بررسی میزان تمایل افراد به پرداخت وجوه مختلف جهت حضور در محدوده طرح زوج یا فرد، پرسشنامه های در بین افراد حاضر طرح زوج یا فرد توزیع گردید. در این پرسشنامه ها از مصاحبه شوندگان درخواست گردید که ابتدا نحوه تردد خود در محدوده طرح زوج یا فرد را مشخص نمایند. در ادامه، فرضیه مطرح شده بر این اساس مطرح گردید که چنانچه محدوده طرح ترافیک، بر اثر آلودگی هوا به محدوده طرح زوج یا فرد گسترش

است و محدوده طرح ترافیک به محدوده طرح زوج یا فرد گسترش یافته است، نوع وسیله نقلیه مورد نظر خود و یا نحوه تردد خود در محدوده مذکور را تعیین نمایند. پس از بررسی و تحلیل نتایج بدست آمده از نمونه‌گیری پایلوت انجام شده، درصدهای قطعی اضافه شده به مبالغ پایه، به شرح جدول شماره ۷ می‌باشند.

#### ۴- نتایج تحقیق

در بخش نخست از پرسشنامه توزیع شده، از افراد درخواست گردید تا نحوه تردد سفر فعلی خود در محدوده طرح زوج یا فرد مشخص نمایند. نتایج بدست آمده از آن، در جدول شماره ۸ آمده است. همان‌گونه که در این جدول آورده شده است، تمامی مدهای حمل و نقلی، اعم از شخصی، شبه همگانی و همگانی آورده شده و هم چنین برخی از مدها نیز به صورت ترکیبی بیان گردیده‌اند. علت ایجاد چنین ترکیباتی، این بوده است که نتایج قابل قبولی را از پرسشنامه و با تمام حالات تردد بدست آورد.

ساعت بوده‌اند و بدین ترتیب میزان حداقل و حداکثر تردد در هر ساعت، برابر با ۹۹۲۶ الی ۱۱۳۸۰ وسیله نقلیه بوده است. بدین ترتیب و با استفاده از فرمول کوکران و با توجه به مشخص بودن جامعه آماری و با در نظر گرفتن میزان حاشیه خطای ۵ درصد، سطح اطمینان ۹۵ درصد و با قراردادن میزان حداکثر حجم وسیله نقلیه عبوری در طول ۲۴ ساعت در فرمول مربوطه، نتیجه حاصل شده برابر با ۳۸۳،۶۲۰ نمونه بدست می‌آید که بدین ترتیب تعداد پرسشنامه مورد نظر جهت توزیع، ۳۸۴ عدد خواهند بود.

#### ۸-۳- سناریوی نرخ‌گذاری طراحی شده

با در نظر گرفتن مبالغ طرح ترافیک سال ۱۳۹۵، و با استفاده از روشی ابتکاری، درصدهای ۴۰، ۲۰، ۱۰ و ۹۰ درصد به مبالغ پایه طرح ترافیک در سال ۱۳۹۵ اضافه شده و میزان حساسیت افراد جهت پرداخت این مبالغ، مورد ارزیابی قرار گرفته است. در ابتدا و با استفاده از درصدهای تعیین شده، از افراد درخواست گردید که با فرض این مسئله که شرایط آلودگی هوا ناسالم گزارش شده

جدول ۶. مقادیر طرح ترافیک در سال ۱۳۹۵

نرخ (ریال)	انواع مجوزهای ورود به طرح
۳۱۲/۰۰۰	نوع ۱ (ورود از ساعت ۶:۳۰ صبح)
۲۳۴/۰۰۰	نوع ۲ (ورود از ساعت ۱۰ صبح)
۱۵۰/۰۰۰	نوع ۳ (ورود از ساعت ۱۴ بعد از ظهر)
۱/۰۰۰/۰۰۰	مجوز هفتگی (ورود در تمام ساعات روز)

جدول ۷. نرخ‌گذاری نهایی به منظور انتخاب گزینه‌های سفر افراد

مجوز تردد: مجوز نوع ۱ (مجوز ورود از ساعت ۶:۳۰ صبح)	
۳۴۳/۲۰۰	٪۱۰
۳۷۴/۴۰۰	٪۲۰
۴۰۵/۶۰۰	٪۳۰
۴۶۸/۰۰۰	٪۵۰
مجوز تردد: مجوز نوع ۲ (مجوز ورود از ساعت ۱۰ صبح)	
۲۵۷/۴۰۰	٪۱۰
۲۹۲/۵۰۰	٪۲۵
۳۵۱/۰۰۰	٪۵۰
۴۰۹/۵۰۰	٪۷۵
مجوز تردد: مجوز نوع ۳ (مجوز ورود از ساعت ۱۴)	
۱۶۵/۰۰۰	٪۱۰
۱۸۷/۵۰۰	٪۲۵
۲۲۵/۰۰۰	٪۵۰
۲۶۲/۵۰۰	٪۷۵
۳۰۰/۰۰۰	٪۱۰۰
مجوز تردد: مجوز هفتگی (مجوز ورود در تمام ساعات روز)	

۱/۱۰۰/۰۰۰	%۱۰	مبالغ در نظر گرفته شده:
۱/۲۵۰/۰۰۰	%۲۵	
۱/۵۰۰/۰۰۰	%۵۰	

جدول ۸. نحوه انجام سفر فعلی پرسش شوندگان به محدوده طرح زوج یا فرد

فرآوانی نسبی	فرآوانی مطلق	سفر فعلی در محدوده طرح زوج یا فرد در شهر تهران	
۵۱	۱۹۵	بله	
۱	۳	آژانس	آیا با وسیله نقلیه شخصی سفر خود را انجام دادید؟
۱۲	۴۷	تاکسی	
۱۰	۴۰	مترو	
۳	۱۳	اتوبوس	
۲	۹	موتورسیکلت	
۶	۲۳	تاکسی اینترنتی	
۳	۱۰	تاکسی/پیاده روی	
۸	۳۰	مترو/پیاده روی	
۳	۱۱	اتوبوس/پیاده روی	
۱	۳	پیاده	
۱۰۰	۳۸۴		

شماره ۱۳ و ۱۲، ۱۱، ۱۰ می باشند. به طور مثال و در جدول شماره ۱۰، نتایج بدست آمده پس از توزیع پرسشنامهها نشان می دهد در ۴ رده نرخ گذاری مطرح شده و به ترتیب، میزان استفاده از وسایل حمل و نقلی غیر همگانی، ۲۰ الی ۲۱ درصد کاهش داشته اند. این روند برای تردد با وسایل حمل و نقل همگانی کاملاً متفاوت بوده و از ۶۰ الی ۶۴ درصد و هم زمان با افزایش مبالغ در نظر گرفته شده، استفاده از این وسایل نیز افزایش یافته اند. این روند و توضیحات در مورد جداول شماره ۱۲، ۱۱ و ۱۳ نیز صادق است.

در ادامه و به منظور تفکیک وسایل نقلیه آلاینده از وسایل غیر آلاینده، آلترناتیوهای انتخابی فوق، به ۲ دسته اصلی حمل و نقل غیر همگانی (وسایل نقلیه شخصی و وسایل نقلیه شبه همگانی) و حمل و نقل همگانی تقسیم بندی شدند. علت ایجاد چنین ساختار و تفکیک وسایل نقلیه به ۲ دسته اصلی، به منظور سهولت در بررسی میزان کاهش و یا افزایش استفاده از این گونه وسایل حمل و نقلی و هم چنین آلاینده بودن آنان بوده است. در ادامه، نتایج بدست آمده از نحوه تردد افراد به هنگام ایجاد شرایط ناسالم آلودگی هوا و بر اساس مبالغ مطرح شده در پرسشنامه توزیع شده، به شرح جداول

جدول ۹. تقسیم بندی آلترناتیوهای انتخابی به ۲ دسته همگانی و غیر همگانی

بله	شخصی		حمل و نقل غیر همگانی
موتورسیکلت	شبه همگانی	غیر شخصی (غیر همگانی)	
آژانس			
تاکسی			
تاکسی/پیاده روی			
تاکسی اینترنتی			
مترو	حمل و نقل همگانی		
مترو/پیاده روی			
اتوبوس			
اتوبوس/پیاده روی			
پیاده			



جدول ۱۰. میزان تغییرات در استفاده از وسایل حمل و نقل همگانی و غیرهمگانی (تردد از ساعات ۶:۳۰ صبح)

مجوز تردد نوع ۱: تردد از ساعت ۶:۳۰ صبح		
میزان افزایش نسبی تردد با وسایل نقلیه حمل و نقل همگانی	میزان کاهش فراوانی نسبی تردد با وسایل نقلیه غیر همگانی	مبالغ در نظر گرفته شده (ریال)
+۶۰٪	-۲۰٪	۳۴۳/۲۰۰
+۶۰٪	-۲۰٪	۳۷۴/۴۰۰
+۶۴٪	-۲۱٪	۴۰۵/۶۰۰
+۶۴٪	-۲۱٪	۴۶۸/۰۰۰

جدول ۱۱. میزان تغییرات در استفاده از وسایل حمل و نقل همگانی و غیرهمگانی (تردد از ساعات ۱۰ صبح)

مجوز تردد نوع ۲: تردد از ساعت ۱۰ صبح		
میزان افزایش نسبی تردد با وسایل نقلیه حمل و نقل همگانی	میزان کاهش فراوانی نسبی تردد با وسایل نقلیه غیر همگانی	مبالغ در نظر گرفته شده (ریال)
+۵۶٪	-۱۹٪	۲۵۷/۴۰۰
+۶۴٪	-۲۱٪	۲۹۲/۵۰۰
+۶۸٪	-۲۳٪	۳۵۱/۰۰۰
+۶۸٪	-۲۳٪	۴۰۹/۵۰۰

جدول ۱۲. میزان تغییرات در استفاده از وسایل حمل و نقل همگانی و غیرهمگانی (تردد از ساعات ۱۴)

مجوز تردد نوع ۳: تردد از ساعت ۱۴		
میزان افزایش نسبی تردد با وسایل نقلیه حمل و نقل همگانی	میزان کاهش فراوانی نسبی تردد با وسایل نقلیه غیر همگانی	مبالغ در نظر گرفته شده (ریال)
+۶۴٪	-۲۱٪	۱۶۵/۰۰۰
+۶۴٪	-۲۱٪	۱۸۷/۵۰۰
+۶۸٪	-۲۳٪	۲۲۵/۰۰۰
+۶۸٪	-۲۳٪	۲۶۲/۵۰۰
+۶۸٪	-۲۳٪	۳۰۰/۰۰۰

جدول ۱۳. میزان تغییرات در استفاده از وسایل حمل و نقل همگانی و غیرهمگانی (مجوز تردد هفتگی)

مجوز تردد نوع ۴: مجوز هفتگی (تردد در تمام ساعات روز)		
میزان افزایش نسبی تردد با وسایل نقلیه حمل و نقل همگانی	میزان کاهش فراوانی نسبی تردد با وسایل نقلیه غیر همگانی	مبالغ در نظر گرفته شده (ریال)
+۶۰٪	-۲۰٪	۱/۱۰۰/۰۰۰
+۶۴٪	-۲۱٪	۱/۲۵۰/۰۰۰
+۶۰٪	-۲۰٪	۱/۵۰۰/۰۰۰

روز، یکی از روزهای تردد وسایل نقلیه در سطح محدوده زوج یا فرد و تنها با محدودیت پلاک خودرو می‌باشد. هم چنین لازم به ذکر است، برداشت آمار ترافیکی و حمل‌ونقلی، همه ساله در ماه‌های اردیبهشت و آبان می‌باشد. همانگونه که مشخص است، در جدول شماره ۱۴، با افزایش ۱۵الی ۱۸ درصد به مبلغ پایه طرح ترافیک در سال ۱۳۹۵ و به ترتیب برای مجوزهای نوع ۱ (تردد از ساعت ۶:۳۰)، نوع ۲ (تردد از ساعت ۱۰) و نوع ۳ (تردد از ساعت ۱۴)، میزان استفاده از وسایل نقلیه غیرهمگانی ۲۰ الی ۲۱ درصد کاهش یافته است. نتایج جداول شماره ۱۶، ۱۷ و ۱۸ نیز نشان می‌دهد که با افزایش میزان عوارض در مجوزهای تردد مختلف، میزان استفاده افراد از وسایل نقلیه شخصی کاهش یافته است.

با میانگین‌گیری از مبالغ دارای میزان کاهش یکسان استفاده از وسایل حمل‌ونقل غیر همگانی از جداول شماره ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ و هم چنین میانگین‌گیری از میزان درصدهای کاهش آنان، ۴ سناریو جدید نرخ‌گذاری جهت شبیه‌سازی در نرم افزار ایجاد می‌گردد که دو حالت ابتدایی آن مختص به ساعات تردد مختلف در طول روز (مجوز های ۲ و ۳) و دو حالت پایانی، مختص به تردد در تمام ساعات روز (مجوز نوع ۴) می‌باشند. میزان کاهش فراوانی‌های نسبی تردد با وسایل نقلیه غیرهمگانی، همگی از احجام تردد مختص به روز ۱۸ آبان ۱۳۹۵ کاسته شده‌اند. علت انتخاب این روز، مقارن بودن با روز سه‌شنبه و یکی از پر حجم‌ترین روزهای تردد در شهر تهران بوده و هم‌چنین این

جدول ۱۵. سناریو شماره ۲ شبیه‌سازی حاصل از نتایج پرسشنامه

میزان کاهش فراوانی نسبی تردد با وسایل نقلیه غیر همگانی	مبالغ در نظر گرفته شده جهت تردد (نسبت به مبلغ پایه طرح)		انواع مجوزهای تردد
۲۱-٪	۴۰+٪	۴۳۶/۸۰۰ ریال	مجوز تردد نوع ۱: از ساعت ۶:۳۰ صبح
۲۳-٪	۶۳+٪	۳۸۰/۲۵۰ ریال	مجوز تردد نوع ۲: از ساعت ۱۰ صبح
۲۳-٪	۷۵+٪	۲۶۲/۵۰۰ ریال	مجوز تردد نوع ۳: از ساعت ۱۴

جدول ۱۴. سناریو شماره ۱ شبیه‌سازی حاصل از نتایج پرسشنامه

میزان کاهش فراوانی نسبی تردد با وسایل نقلیه غیر همگانی	مبالغ در نظر گرفته شده جهت تردد (نسبت به مبلغ پایه طرح)		انواع مجوزهای تردد
۲۰-٪	۱۵+٪	۳۵۸/۸۰۰ ریال	مجوز تردد نوع ۱: از ساعت ۶:۳۰ صبح
۲۰-٪	۱۸+٪	۲۷۴/۹۵۰ ریال	مجوز تردد نوع ۲: از ساعت ۱۰ صبح
۲۱-٪	۱۸+٪	۱۷۶/۲۵۰ ریال	مجوز تردد نوع ۳: از ساعت ۱۴

جدول ۱۶. سناریو شماره ۳ شبیه‌سازی حاصل از نتایج پرسشنامه

میزان کاهش فراوانی نسبی تردد با وسایل نقلیه غیر همگانی	مبالغ در نظر گرفته شده جهت تردد (نسبت به مبلغ پایه طرح)		انواع مجوزهای تردد
۲۰-٪	۱۰+٪	۱/۱۰۰/۰۰۰ ریال	مجوز هفتگی (تردد در تمام ساعات روز)

جدول ۱۷. سناریو شماره ۴ شبیه‌سازی حاصل از نتایج پرسشنامه

انواع مجوزهای تردد	مبالغ در نظر گرفته شده جهت تردد (نسبت به مبلغ پایه طرح)	میزان کاهش فراوانی نسبی تردد با وسایل نقلیه غیر همگانی
مجوز هفتگی (تردد در تمام ساعات روز)	۱/۲۵۰/۰۰۰ ریال	٪-۲۱

نتایج میزان آلاینده انتشار یافته در مدل شبیه سازی، و بر اساس سناریوهای ۴ گانه، در جدول شماره ۱۸ آورده شده است. در این جدول تمامی مقادیر میزان آلاینده انتشار یافته بر حسب کیلوگرم بر روز می‌باشد. در ادامه و در جدول شماره ۱۹، مقایسه نتایج سناریوهای ۴ گانه، در جدول شماره ۱۸ آورده شده است. در این جدول تمامی مقادیر میزان آلاینده انتشار یافته بر حسب کیلوگرم بر روز می‌باشد. در ادامه و در جدول شماره ۱۹، مقایسه نتایج سناریوهای ۴ گانه، در جدول شماره ۱۸ آورده شده است. در این جدول تمامی مقادیر میزان آلاینده انتشار یافته بر حسب کیلوگرم بر روز می‌باشد.

جدول ۱۸. نتایج میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از ۴ سناریو جدید تعریف شده

سناریو شماره ۱ حاصل از نتایج پرسشنامه	CO	HC	NO <sub>x</sub>
نتایج پرسشنامه	۱۳۶۵۸	۲۶۳۵/۷۴	۱۲۴۵/۹۶
سناریو شماره ۲ حاصل از نتایج پرسشنامه	CO	HC	NO <sub>x</sub>
نتایج پرسشنامه	۱۳۱۸۳/۶	۲۵۵۰/۰۸	۱۲۱۰/۵۶
سناریو شماره ۳ حاصل از نتایج پرسشنامه	CO	HC	NO <sub>x</sub>
نتایج پرسشنامه	۱۳۹۷۰/۲	۲۶۹۳/۹۳	۱۲۷۱/۶۲
سناریو شماره ۴ حاصل از نتایج پرسشنامه	CO	HC	NO <sub>x</sub>
نتایج پرسشنامه	۱۳۷۲۴/۱	۲۶۴۶/۳۲	۱۲۵۰/۳۸

جدول ۱۹. مقایسه میزان آلاینده انتشار یافته ناشی از سناریوهای ۴ گانه نرخ گذاری طراحی شده با طرح های اجرا شده در سال ۱۳۹۵

سه شنبه ۲۵ آبان ۱۳۹۵ (اجرای طرح ترافیک در محدوده طرح زوج یا فرد)			سه شنبه ۱۸ آبان ۱۳۹۵ (اجرای طرح زوج یا فرد)			مقایسه میزان آلاینده تولید شده
CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>	سناریو شماره ۱ حاصل از نتایج پرسشنامه
٪-۲۸/۸	٪-۲۵/۴	٪-۱۹/۴	٪-۳۶/۵	٪-۳۳/۹	٪-۲۸/۶	نتایج پرسشنامه
CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>	سناریو شماره ۲ حاصل از نتایج پرسشنامه
٪-۳۱/۳	٪-۲۷/۹	٪-۲۱/۷	٪-۳۸/۷	٪-۳۶/۱	٪-۳۰/۷	نتایج پرسشنامه
CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>	سناریو شماره ۳ حاصل از نتایج پرسشنامه
٪-۲۷/۲	٪-۲۳/۸	٪-۱۷/۷	٪-۳۵/۱	٪-۳۲/۵	٪-۲۷/۲	نتایج پرسشنامه
CO	HC	NO <sub>x</sub>	CO	HC	NO <sub>x</sub>	سناریو شماره ۴ حاصل از نتایج پرسشنامه
٪-۲۸/۵	٪-۲۵/۱	٪-۱۹/۱	٪-۳۶/۲	٪-۳۳/۷	٪-۲۸/۴	نتایج پرسشنامه

## ۵- نتیجه گیری

میزان آلاینده‌های CO، HC و NO<sub>x</sub> به میزان ۳۶/۵، ۳۳/۹ و ۲۸/۶ درصد نسبت به زمان اجرای طرح زوج یا فرد در محدوده خود و هم چنین کاهش ۲۸/۸، ۲۵/۴ و ۱۹/۴ درصدی نسبت به زمان اجرای طرح ترافیک در محدوده طرح زوج یا فرد خواهیم بود.

مهم‌ترین نتایج بدست آمده از این پژوهش به ترتیب زیر می‌باشند:  
۱- با افزایش ۱۵ الی ۱۸ درصدی به مبالغ طرح ترافیک در سال ۱۳۹۵ (سناریو شماره ۱ حاصل از نتایج پرسشنامه)، شاهد کاهش

-O/D Matrix (Origin/Destination Matrix)

۸- مراجع

-Barceló, J., (2010), "Fundamentals of traffic simulation", (Vol. 145, p. 439), New York: Springer.

-Chen, D., Ignatius, J., Sun, D., Goh, M., & Zhan, transport", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 118, S., (2018), "Impact of congestion pricing schemes on emissions and temporal shift of freight", pp.77-105.

-Cipriani, E., Mannini, L., Montemarani, B., Nigro, M., & Petrelli, M., (2018), "Congestion pricing policies: Design and assessment for the city of Rome, Italy", *Transport Policy*.

-De Vos, J., (2016), "Road pricing in a polycentric urban region: Analyzing a pilot project in Belgium", *Transport Policy*, 52, pp.134-142.

-Dion, F., Sivakumaran, K., & Ban, X. J., (2012), "Evaluation of traffic simulation model use in the development of Corridor System Management Plans (CSMPs) (No. UCB-ITS-PRR-2012-2)".

-Gastaldi, M., Meneguzzo, C., Rossi, R., Della Lucia, L., & Gecchele, G., (2014), "Evaluation of air pollution impacts of a signal control to roundabout conversion using microsimulation", *Transportation research procedia*, 3, pp.1031-1040.

-Jiang, Z., Chen, X. M., & Ouyang, Y., (2017), "Traffic state and emission estimation for urban expressways based on heterogeneous data", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 53, pp.440-453.

-Lejri, D., Can, A., Schiper, N., & Leclercq, L., (2018), "Accounting for traffic speed dynamics when calculating COPERT and PHEM pollutant emissions at the urban scale", *Transportation research part D: Transport and Environment*, 63, pp.588-603.

۲- میزان آلاینده انتشار یافته در دومین حالت از سناریو شبیه‌سازی شده، نتایج مناسب‌تری نسبت به سایر حالت‌های شبیه‌سازی بدست آمده‌است. در این حالت، درصد افزایش مقادیر به نرخ پایه طرح ترافیک در سال ۱۳۹۵ دارای بیشترین مقدار در پژوهش جاری بوده و نتایج مطلوب‌تری نسبت به سایر حالت‌ها ایجاد شده‌است.

۳- در سناریوهای شماره ۳ و ۴، با فرض ثابت بودن میزان تردد در طول هفته و در روزهای کاری (شنبه الی چهارشنبه)، سناریوهای مجوز تردد نوع ۴ (مجوز هفتگی و اجازه تردد در تمام ساعات روز)، با روزهای سه‌شنبه ۱۸ و ۲۵ آبان ماه ۱۳۹۵ مقایسه شده‌اند. بدین ترتیب، نتایج مدل شبیه‌سازی شماره ۲ برای یک روز مشخص در طول هفته و مدل شبیه‌سازی شماره ۴، برای مجوز هفتگی و اجازه تردد در تمام ساعات روز، به عنوان مطلوب‌ترین حالات، به منظور کاهش بیشترین مقدار آلاینده تولید شده ناشی از تردد وسایل نقلیه معرفی می‌گردند.

۴- با اجرای سیاست نرخ‌گذاری طراحی شده در پژوهش جاری نسبت به سیاست نرخ‌گذاری اجرا شده در سال ۱۳۹۵، نتایج نشان می‌دهد با افزایش میزان عوارض پرداختی، میزان کاهش آلاینده از بیشینه مقدار خود که در حدود ۱۲ درصد بوده است، به عدد ۳۹ درصد کاهش در سناریو شماره ۲ حاصل از نتایج پرسشنامه رسیده است و این مسئله نشان می‌دهد اجرای سیاست نرخ‌گذاری در شهر تهران و به طور مشخص در محدوده مورد مطالعه، می‌تواند به عنوان یکی از ساختارهای مدیریت تقاضا مورد استفاده قرار گیرد تا به طور مشخص از میزان ازدحام ترافیک در مناطق مرکزی شهر بکاهد و هم چنین موجب بهبود شرایط آلودگی هوا شود. با توجه به پراکندگی ازدحام ترافیکی در اکثر مناطق برخی کالاشهرها نظیر شهر تهران در ساعات و مناطق مختلف در طول روز، مطالعاتی از این قبیل به جهت بررسی میزان تمایل آنان به پرداخت جهت تردد با وسایل نقلیه غیرهمگانی در خیابان‌ها، اتوبان‌ها و یا حتی تونل‌ها و پل‌های شهری می‌تواند موضوعی قابل توجه تلقی گردد.

۶- سیاست‌گذاری

در پایان، نهایت‌قدردانی و سپاس صمیمانه خود را از پلیس راهور ناجا، شهرداری تهران، شرکت کنترل ترافیک شهر تهران و شرکت بازرسی کیفیت و استاندارد ایران، به جهت در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات مورد نیاز و هم چنین اساتید گرانقدری که در انجام این پژوهش کمک کردند، را اعلام می‌داریم.

۷- پی‌نوشت‌ها

-SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) Traffic States.

-Quaassdorff, C., Borge, R., Pérez, J., Lumbreras, J., de la Paz, D., & de Andrés, J. M., (2016), "Microscale traffic simulation and emission estimation in a heavily trafficked roundabout in Madrid (Spain)", *Science of the Total Environment*, 566, pp.416-427.

-Salas R, M., Robusté A, F., & Saurí M, S., (2009), "Impact of two-part pricing scheme on social welfare for congested metropolitan expressway networks", *Transportation Research Record*, 2115(1), pp.102-109.

-Wen, L., & Eglese, R., (2016), "Minimizing CO<sub>2e</sub> emissions by setting a road toll", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 44, pp.1-13.

-Lindsey, R., (2003), "Road pricing issues and experiences in the US and Canada", In *Europe fourth seminar implementing pricing policies in transport*, Katholieke University of Leuven, Belgium.

-Linn, J., Wang, Z., & Xie, L., (2016), "Who will be affected by a congestion pricing scheme in Beijing?", *Transport Policy*, 47, pp.34-40.

-Morello, E., Toffolo, S., & Magra, G., (2016), "Impact analysis of Eco driving behavior using suitable simulation platform (ICT-EMISSIONS project)", *Transportation Research Procedia*, 14, pp.3119-3128.

# Modeling Share Change of Non-Public Vehicles and the Rate of Emissions due to the Implementation of Demand Management Policies

*Amir Tayarani Yousefabadi, M.Sc. Grad., Faculty of Civil Engineering, Architecture and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

*Alireza Mahpour, Assistant Professor, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.*

*Hasan Javanshir, Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Southern Tehran, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

*E-mail: a\_mahpour@sbu.ac.ir*

Received: February 2020-Accepted: June 2020

## ABSTRACT

In the past years and with the start of Autumn and Winter seasons in Tehran, when vehicle emission rates reached their maximum amount in Tehran and According to the approved plan of the emergency committee for air pollution in Tehran, traffic congestion zone was extended to the Odd-Even plan area and many of the citizens changed their way of access to the area and other citizens paid the tolls to travel inside the zone with their private vehicles. In this research, first, the interviewees were asked to determine how they have traveled to the Odd-Even plan area. In the following, the proposed hypothesis was based on this assumption that if the traffic congestion zone due to the air pollution problem, is extended to Odd-Even plan area, According to the different scenarios, which travelling means they choose. After reviewing the results obtained from the questionnaire and using the Aimsun simulation software, the amount of emissions produced by the movement of vehicles when implementing the Odd-Even plan area within their range and the above scenarios have been investigated and evaluated. the results of this study show that the most ideal mode for reduction of pollutant values in the Odd-Even plan area, was with an increase of 40-75 % of the money allocated for the traffic congestion zone in the year of 2016 and with extending of that in the Odd-Even plan area, The relative abundance of travelling with non - public transport means, caused to reduce 21-23% and in parallel of reduction of travelling with non - public transport means, the amount of produced cars emissions for the CO, HC and NO<sub>x</sub> pollutants has been decreased 39, 36 and 30 percent in relation to the usual mode of implementation of the Odd-Even plan within its range, it will be reduced.

**Keywords:** Simulation, Rate of Demand, Odd-Even Plan Range, Traffic Congestion Zone