

تحلیل و ارزیابی میزان تاثیر محدودیتهای ترافیکی در کاهش آلاینده‌های تولیدی وسایل نقلیه؛ نمونه موردی: بزرگراه شهید حکیم

جمال خداکرمی - عضو هیات علمی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.
علیرضا نوری* - کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.
سعید طولابی - عضو هیئت علمی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

Evaluation of traffic strategies on pollutant emission of vehicles (Case study: Shahid hakim highway)

Abstract:

Pollution crisis has become one of the most complicated problems which outbreaks the urban management in charge groups of the capital Tehran, and many strategies have been used to control this problem. In this case, using simulation is one of the best tools to predict the driver behavior and also the speed and the acceleration of vehicles in the network. As well as using the pollutant emission models combined with traffic simulation software can provide a suitable prediction tool to predict the pollutants produced by urban transportation network. In this research, after studying the vehicle following models based on acceleration and velocity prediction, and beside some bases of instantaneous emission models, an urban highway in the capital Tehran was investigated. In the investigation both odd and even approach and limitation in speed of vehicles approach were supposed. Comparison the results achieved from both approaches with the ordinary conditions of the network, showed that using the odd and even approach can reduce the pollution to 50% in general. But due to the provisional conditions of this strategy some other suggestions are given in this paper.

Keywords: Traffic micro simulation, Pollutants, Speed limitation strategy, Odd or even limitation.

چکیده

بحران آلودگی هوا در سالهای اخیر به یکی از بحرانهای بزرگ پیش‌روی مسئولین شهری تهران مبدل شده است و استراتژیهای بسیاری در مقابله با آن اتخاذ گردیده است. با توجه به اینکه شبیه‌سازی نرم‌افزاری ترافیک می‌تواند یکی از بهترین ابزارها در شناخت رفتار رانندگان و وضعیت سرعت و شتاب در شبکه باشد، مدل‌های تولید آلاینده در کنار نرم‌افزار شبیه‌ساز می‌توانند ابزاری قدرتمند برای پیش‌بینی آلاینده‌های تولید شده در اختیار مهندسين قرار دهند. در این تحقیق پس از مطالعه نحوه مدلسازی سرعت و شتاب در شبکه و نحوه یافتن میزان آلاینده تولید شده بر اساس جدیدترین مدل تولید آلاینده قرار داده شده در یکی از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز ترافیک، بخشی از شبکه بزرگراهی شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت که این بررسی شامل دو استراتژی اصلی اعمال طرح زوج یا فرد و اعمال محدودیت سرعت تردد خودروها می‌باشد. با مقایسه استراتژیهای مذکور با وضعیت عادی شبکه، مشاهده گردید که اعمال طرح زوج یا فرد می‌تواند در شرایط خاص میزان آلودگی تولید شده را به نصف کاهش دهد. اما با توجه به موقتی بودن این استراتژی، پیشنهادهایی جهت کاهش آلاینده‌ها به گونه‌ای پایدار ارائه گردید.
واژگان کلیدی: شبیه‌ساز ترافیک، آلاینده‌ها، طرح محدودیت سرعت، طرح زوج یا فرد.

مقدمه

احاطه شده است. باد غالب منطقه از سمت غرب به شرق می‌وزد و با توجه به قرارگیری بسیاری از مراکز صنعتی در جنوب و جنوب غرب، باد آلودگیهای صنعتی تولید شده را با خود به شهر آورده و در محدوده کوههای ذکر شده به دام می‌اندازد، این در حالی است که در صورت عدم وجود کوهها باد آلودگیهای شهر را به محلی دورتر منتقل می‌نمود و میزان آلودگی شهر کاهش می‌یافت.

(Pour Ahmad; 1998: pp. 38-53)

با توجه به این که عمده منابع آلودگی هوای شهر، آلاینده‌های حاصل از فعالیت خودروها و کارخانجات بوده است، مسئولین شهر با انتقال کارخانجات آلاینده به محلی دورتر از شهر اقدام به کم رنگ تر نمودن نقش کارخانجات در آلودگی شهر نموده‌اند. با وجود موثر بودن استراتژی خروج کارخانجات از فضای شهری و کاهش آلاینده‌های تولید شده توسط آنها، آلودگی تولید شده توسط خودروها افزایش روز افزونی داشته است. با وجود موثر بودن استراتژی خروج کارخانجات از فضای شهری و کاهش آلاینده‌های تولید شده توسط آنها، آلودگی تولید شده توسط خودروها افزایش روز افزونی داشته است. شمار زیاد خودروهایی که در شهر تهران تردد می‌کنند، و افزایش سریع تعداد آنها، موجب شده است که نقش وسایل نقلیه در آلودگی هوای شهر بسیار بالا باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده توسط Zachariadis مدلسازی آلودگی هوای تولید شده شهری می‌تواند تاثیر بسیار چشمگیری را بر توسعه امکانات کاهش دهنده آلاینده‌ها در فضای شهری داشته باشد

(Zachariadis et al, 1997)

تحقیقات گسترده انجام گرفته توسط سایر محققین از جمله «کاردلینو» بر روی مدل‌های حمل و نقل (1998 Cardelino)، و همچنین «آلگرس» (1998 Algers)، نمایانگر اهمیت استفاده از شبیه‌سازی در شبکه‌های شهری است. علاوه بر این، توسعه زیر ساخت‌ها می‌تواند به عملکرد سریع و همزمان مدل‌ها به همراه شبکه منجر شود (Reynolds et al, 2000)

در این تحقیق ابتدا به معرفی ساختار به کار گرفته شده در یکی از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز ترافیک موجود در بازار می‌پردازیم و سپس مدل تولید آلاینده به کار گرفته شده

هر ساله در دنیا عده بسیار زیادی از افراد جان خود را به دلیل استنشاق هوای آلوده به انواع آلاینده‌های شهری از دست می‌دهند. تحقیقات EPA (آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا) نشان داده است که یک ارتباط معنی دار بین مرگ ناگهانی افراد با غلظت ذرات بسیار ریز PM2.5 وجود دارد. این مواد که عمدتاً بر اثر فعالیت موتورهای دیزلی به وجود می‌آیند، به راحتی وارد عمیق‌ترین بخش‌های شش انسان می‌شوند و از طریق جریان خون به ارگانهای حیاتی داخلی رسیده و موجب تخریب آنها می‌گردند (EPA;2011).

طبق بررسی‌ها در ایالت کالیفرنیا حدود ۹۰۰۰ نفر در اثر افزایش غلظت ذرات بسیار ریز در هوای محیط، در هر سال جان خود را از دست می‌دهند. موارد ذکر شده تنها پاره‌ای از عوارض ناشی از حضور یکی از آلاینده‌های هوا را نشان می‌دهد. توجه به این امر که بر اساس گزارش EPA ۱۸۸ نوع آلاینده هوا وجود دارد، لزوم توجه به آلودگی هوا را پررنگ‌تر می‌سازد. بحران آلودگی هوا در بسیاری از کلان‌شهرهای دنیا مطرح است و توجه بسیاری از مسئولین شهری را به خود معطوف نموده است (EPA;2011). در شهر تهران که یکی از آلوده‌ترین شهرهای ایران می‌باشد، بحران آلودگی هوا پدیده جدیدی نیست. در دهه‌های ۵۰، ۶۰ و ۷۰ همراه با رشد چشمگیر شهر تهران، شمار وسایل نقلیه موجود افزایش بسیار چشمگیری داشت. در همین زمان تعداد بسیار زیادی از کارخانه‌ها در حومه شهر به وجود آمدند که بسیاری از آنها در جنوب، غرب و جنوب غربی شهر گسترده بودند. گسترش شهر در کنار وضعیت خاص جغرافیایی تهران موجب گردیده است که حل مشکل آلودگی هوای شهر تهران بسیار دشوار گردد و عملاً در برخی از روزهای سال به بحرانی جدی فراروی مسئولین شهر مبدل شود. پور احمد در سال ۱۳۷۷ نشان داد که مشخصات جغرافیایی تهران از جمله جهت وزش باد، میزان بارش، پدیده وارونگی و توپولوژی منطقه از عوامل موثر بر کیفیت هوای تهران می‌باشد. شمال تهران توسط رشته کوه البرز و بخش‌های شرقی و جنوبی آن توسط برخی کوه‌های با ارتفاع پایینتر همانند کوه بی‌بی شهربانو



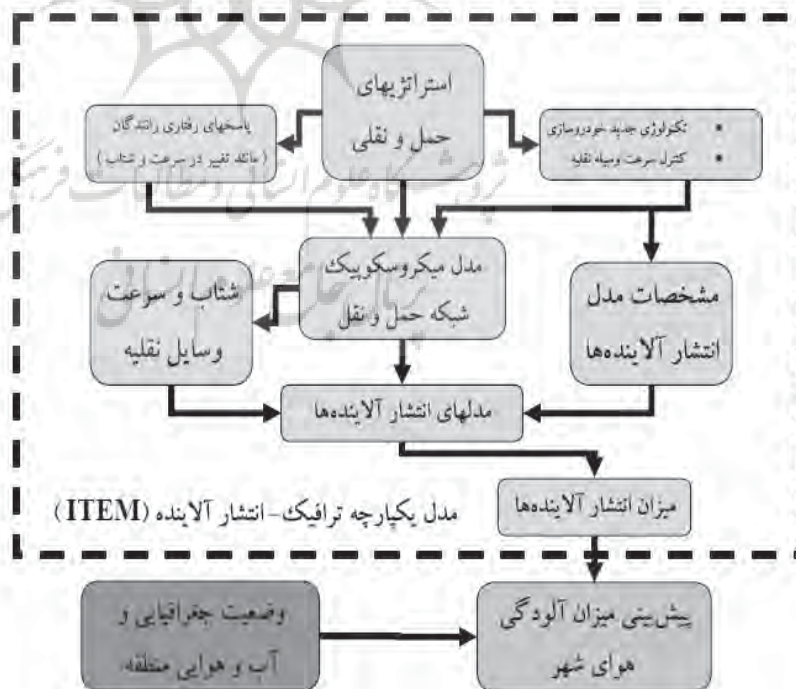
در تحقیق مورد بررسی قرار خواهد گرفت. پس از معرفی زیرساختها، دو استراتژی قابل به کارگیری در شبکه مورد بررسی قرار می‌گیرد که شامل اعمال محدودیت سرعت در شبکه و اعمال محدودیت تردد بر اساس آخرین شماره موجود در پلاک خودرو است که به طرح زوج یا فرد موسوم می‌باشد. با بررسی نتایج به دست آمده از شبیه سازی بخشی از شبکه بزرگراهی شهر تهران در کنار اعمال استراتژیهای مذکور می‌توان اعمال این استراتژیها را اثر سنجی کرد و با مقایسه آنها با وضعیت شبکه بدون اعمال استراتژیها بهترین گزینه را مشخص نمود.

مدل یکپارچه شبیه سازی ترافیک - آلاینده

به منظور مدلسازی فرآیند تولید آلاینده‌ها در یک شبکه حمل و نقل شهری معمولاً از مدل‌هایی استفاده می‌گردد که از سویی شتاب و مشخصات دینامیکی خودروها و از سوی دیگر تغییرات تولید آلاینده بر اساس مدل‌های تولید آلاینده را در محاسبات خود منظور نمایند. این سیستم‌های دوبرخی، در کنار یکدیگر «مدل یکپارچه شبیه سازی ترافیک آلاینده» یا به اختصار (ITEM) را

تشکیل می‌دهند. با توجه به این که پایه سیستم (ITEM) بر اساس مدل شبیه سازی ترافیک نهاده شده است، لذا در ابتدا به تشریح نحوه محاسبه شتاب و شتاب کاهنده در مدل پرداخته و سپس به بررسی معادلات آلاینده‌ها خواهیم پرداخت.

با توجه به اینکه شبیه سازی بر اساس یک مدل based Time صورت پذیرفته است، در هر گام زمانی از شبیه سازی فرمول Panis برای یافتن میزان آلاینده تولید شده هر یک از خودروها در آن گام زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که با وجود یکسان بودن فرمول برای تک تک خودروها، ضرایب موجود در فرمول برای انواع مختلف خودروها با انواع سوختها، مقادیر متفاوتی را به خود اختصاص می‌دهد. این مدل تحت نام مدل انتشار آنی آلاینده (instantaneous emission model) نام گرفته است که پارامترهای خروجی آن میزان دی اکسید کربن (CO_2)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x)، ترکیبات فرار آلی (VOC) و ذرات معلق (PM) می‌باشد. در شکل شماره ۱ مدل یکپارچه ترافیک - انتشار آلاینده (ITEM) نمایش



نمودار ۱. اجزاء مدل یکپارچه ترافیک - انتشار آلاینده؛ ماخذ: نگارندگان.

نرم افزار مورد استفاده پیش از این پروژه در بسیاری از نقاط جهان به کار گرفته شده و ارزیابی شده است. در کشور اسپانیا بیش از ۱۰ پروژه بزرگ توسط این نرم افزار به انجام رسیده است. در مطالعه‌ای که توسط Jones و همکارانش در سال ۲۰۰۴ در مرکز تحقیقات حمل و نقل آلاباما صورت پذیرفت، از نرم افزار AIMSUN استفاده شد که بر اساس آن نرم افزار برای راه‌های امریکایی کارکرد خوبی را از خود نشان داده است و نسبت به سایر نرم افزارهای هم رده خود ارجحیت دارد (Jones; 2004). در سال ۲۰۰۷ Winyoopadit تحقیقاتی را در دانشگاه Queensland انجام داد که شیوه کنترل رمپ ALINEA را بررسی می نمود (Winyoopadit; 2007). در سال ۱۳۸۹، اسکندری و همکاران در دانشگاه تربیت مدرس تهران توسط نرم افزار AIMSUN به بررسی بکارگیری همزمان کنترل رمپ و محدودیت سرعت متغیر بر جریان و زمان سفر کل در بزرگراه نیایش تهران پرداختند (اسکندری، ۱۳۸۹)؛ همانگونه که Barcelo و همکارانش در سال ۱۹۹۶ به آن اشاره نموده اند، شبیه سازی میکروسکوپی ترافیک قابلیت ارزیابی شرایط رانندگی به صورت لحظه به لحظه و آمار برداری از سرعت و شتاب خودروها را در تمامی بازه‌های شبیه سازی دارا می باشد (Barcelo; 1996).

هر یک از نرم افزارهای شبیه سازی ترافیک از اجزاء اولیه و زیرساختهایی تشکیل شده اند که نحوه رفتار رانندگان در مدل را کنترل می کند و آن را با رفتار واقعی رانندگان منطبق می سازد. از مهمترین این اجزاء مدل‌هایی تحت نام (Car following models) یا مدل‌های تعقیب هستند که مشخص می سازند که یک راننده چگونه راننده جلویی را تعقیب می کند و سرعت خود را با او مطابقت می دهد که نهایتاً سرعت و شتاب هر وسیله در هنگام تردد در شبکه، از این مدل به دست می آید. نرم افزار AIMSUN از مدل تعقیب Gipps استفاده می کند که اطلاعات سرعت، شتاب و شتاب کاهنده را فراهم می سازد و از دو جزء اصلی شتاب و شتاب کاهنده تشکیل شده است. (Gipps; 1986:p102-120)

شتاب گیری با تعریف یک سرعت مطلوب برای رانندگان انجام می شود که هر راننده تلاش می کند به سرعت

داده شده است. با وجود پیچیدگی ظاهری، این مدل از دو بخش کلی نرم افزار شبیه ساز و مدل انتشار آلاینده تشکیل شده است که این دو در کنار یکدیگر امکان پیش بینی و تخمین دقیق مقدار آلاینده تولید شده در شبکه را به وجود می آورند؛ همانگونه که در شکل شماره ۱ مشاهده می گردد، ابتدا در بخش اول، پس از اعمال استراتژی حمل و نقلی مورد نظر، با توجه به رفتار ترافیکی تک تک خودروها میزان آلاینده تولید شده در شبکه حمل و نقل به صورت تقریبی و وابسته به میزان دقت پارامترهای ورودی به شبیه ساز به دست می آید. پس از پیش بینی میزان آلاینده تولید شده توسط شبکه حمل و نقلی، بر اساس وضعیت جغرافیایی و آب و هوای منطقه می توان میزان آلودگی هوای شهر را برآورد نموده و بر اساس آن عملکرد استراتژی مذکور را سنجید. اما این امر کاملاً به دو بخش اصلی ذکر شده در مدل یکپارچه یعنی «مدل شبیه سازی ترافیک» و «مدل انتشار آلاینده‌ها» بستگی دارد.

نرم افزار بکار گرفته شده در این مقاله نرم افزار شبیه ساز ترافیک AIMSUN می باشد که از پیشرفته ترین نسخه موجود در بازار جهانی (نسخه ۶.۰۱) برای انجام این پروژه استفاده گردیده است که نسبت به نسخه های Getram و AIMSUN NG قابلیت های بیشتری را دارا می باشد. یک مدل شبیه سازی مصرف سوخت و دو مدل تولید آلاینده در این نسخه از نرم افزار قرار دارد که یکی از مدل های تولید آلاینده بر اساس پروژه QUARTET و دیگری مدل توسعه یافته ای است که میزان دی اکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن، ذرات معلق و ترکیبات آلی فرار تولید شده در شبکه را محاسبه می کند. میزان این گازها به طور کلی بر اساس میزان سرعت لحظه ای و شتاب خودرو و از فرمول Panis و همکارانش محاسبه می گردد. کاربرد با تنظیم مدل ترافیکی برای منطقه بررسی و اختصاص پارامترهای برداشت شده از شبکه واقعی به مدل می تواند مقدار آلاینده تولید شده توسط تک تک خودروها را بدست آورده و نهایتاً با در نظر گرفتن مجموع آلاینده های تولید شده توسط تمامی خودروها مقدار آن را برای تمامی شبکه یا بخش خاصی از شبکه به دست آورد.

مطلوب تعریف شده برای خود دست یابد. در هر گام (Olstam)

در مورد هر یک از خودروها سرعت نهایی لحاظ شده برای خودروی n در مدل در بازه زمانی $(t, t+T)$ از فرمول شماره (۳) به دست می‌آید (Noory; 2011):

$$V(n, t + T) = \min\{V_a(n, t + T), V_b(n, t + T)\} \quad (۳)$$

سپس محل قرارگیری خودرو در مدل توسط فرمول شماره ۴ محاسبه گردیده و به روز رسانی می‌شود:

$$x(n, t + T) = x(n, t) + V(n, t + T)T \quad (۴)$$

$$V_a(n, t + T) = V(n, t) + 2.5a(n)T \left(1 - \frac{V(n, t)}{V^*(n)}\right) \sqrt{0.025 + \frac{V(n, t)}{V^*(n)}}$$

(۱)

که در آن:

$V(n, t)$: سرعت وسیله نقلیه n در زمان t

$V^*(n)$: سرعت مطلوب وسیله نقلیه n برای مقطعی از راه

که در آن قرار دارد

a (n): شتاب بیشینه برای وسیله

T : زمان عکس العمل (Olstam)

از سوی دیگر، بیشینه سرعتی که وسیله نقلیه شماره n در

همان بازه زمانی بیان شده در فرمول (۱) ولی این بار با

حضور یک خودرو در مقابل آن (خودروی شماره $n-1$) و

در همان لین و در بازه زمانی $(t, t+T)$ می‌تواند به آن برسد،

بر اساس مشخصات خودروها از فرمول شماره (۲) به

دست می‌آید:

(۲)

$$\sqrt{d(n)^2 T^2 - d(n) \left[2 \left\{ \frac{x(n-1, t) - s(n-1)}{-x(n, t)} \right\} - V(n, t)T - \frac{V(n-1, t)^2}{d'(n-1)} \right]}$$

که در آن:

$d(n) (< 0)$: بیشینه شتاب کاهنده مطلوب برای وسیله

نقلیه n

$x(n, t)$: محل قرارگیری وسیله نقلیه n در زمان t

$x(n-1, t)$: محل قرارگیری وسیله نقلیه مقابل $(n-1)$ در

زمان t

$s(n-1)$: طول موثر مسیله نقلیه $n-1$

$d'(n-1)$: تخمین از شتاب کاهنده وسیله نقلیه $n-1$

بر اساس تحقیقات Easa و Mehmood در سال ۲۰۰۹، زمان عکس العمل در هنگام تعقیب خودروی جلویی عبارت است از زمانی که خودروی عقبی صرف می‌کند تا نسبت به تغییر در عملکرد راننده جلویی عکس العمل نشان دهد. در نرم افزار دو نوع زمان عکس العمل در حال توقف و زمان عکس العمل در حال حرکت قابل تعریف می‌باشد (Mehmood; 2009).

برای تخمین زمان عکس العمل در حالت توقف ۴۰ خودرو مورد بررسی قرار گرفتند. زمان عکس العمل در حالت توقف به عنوان زمان متوسط میان حرکت خودروی جلویی و آغاز حرکت خودروی عقبی در نظر گرفته شد که این مقدار به طور متوسط برابر ۱.۴۵ ثانیه در نظر گرفته شد. پارامتر بسیار مهم دیگری که در تنظیم پارامترهای شبیه‌ساز به کار گرفته شد، پارامتر زمان عکس العمل ترمز گیری (BRT) بود که در برخی از مطالعات پیشین نیز بررسی گردیده بود. زمان عکس العمل ترمزگیری فاصله زمانی بین مشاهده ترمزگیری ماشین جلویی یا عبور خودروی در حال عبور از مسیر مقابل در یک تقاطع و آغاز ترمزگیری توسط خودروی مورد بررسی است.

(Summala; 2000: 195-215)

در این تحقیق نیز عکس العمل ترمزگیری به عنوان فاصله زمانی بین ترمزگرفتن خودرو جلویی و خودروی عقبی در نظر گرفته شده است که عملاً مساوی با فاصله زمانی بین روشن شدن چراغ ترمز خودرو جلویی و روشن شدن

سلامت انسان می‌گذارند و سهم آنها از بار آلاینده‌های مخرب سلامت انسان در حداقل میزان خود فرض می‌گردد. یک تابع کلی برای آلاینده‌های تولید شده در شبکه به صورت ارائه شده در معادله شماره (۵) می‌باشد (Panis;2006:P 270-285):

$$E_n(t) = \text{Max} [E_0, f_1 + f_2 v_n(t) + f_3 v_n(t)^2 + f_4 a_n(t) + f_5 a_n(t)^2 + f_6 v_n(t) a_n(t)] \quad (5)$$

که در آن $v_n(t)$ سرعت لحظه‌ای خودروی n در زمان t است که از معادله (۱) و (۲) به دست می‌آید. پارامتر $a_n(t)$ نمایانگر شتاب وسیله نقلیه n در لحظه t است که از معادله شماره (۶) برای محاسبه آن استفاده می‌گردد.

$$a_n(t + \Delta t) = [v_n(t + \Delta t) - v_n(t)] / \Delta t \quad (6)$$

مقدار Δt برابر با گام زمانی شبیه‌سازی و $v_n(t)$ سرعت وسیله n در زمان t و $v_n(t + \Delta t)$ سرعت وسیله نقلیه پس از سپری شدن یک گام زمانی شبیه‌سازی است (Panis;2006:P 270-285). در معادله شماره (۵) مقدار E_0 حد پایین تولید آلاینده بر حسب (g/s) است که برای هر نوع از وسیله نقلیه و آلاینده به طور مجزا تعریف می‌گردد. مقادیر F_1 تا F_6 ثابتهای لحاظ شده برای هر گروه آلاینده‌ها و وسایل نقلیه می‌باشند که از آنالیز رگرسیونی به دست آمده‌اند. برای برخی از آلاینده‌ها فرم متفاوتی برای شتاب افزایش‌دهنده که به فرم $a_n(t) \geq 0.5 \text{ m/s}^2$ و شتاب کاهنده که به فرم $a_n(t) < 0.5 \text{ m/s}^2$ تعریف می‌شود را می‌توان در مدل وارد نمود. بر اساس سهم بخش حمل و نقل بار و نوع سوخت مصرفی این بخش، ظرفیت موتور و همچنین استاندارد آن تابع متوسطی برای هر یک از

چراغ ترمز خودرو عقبی فرض گردیده است. با مطالعه ۴۰ جفت از خودروها زمان عکس العمل متوسط برابر با ۱ ثانیه فرض گردید (Noory; 2011).

بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط خودروسازهای داخلی و وزن دهی این اطلاعات بر اساس تعداد خودروهای موجود در کشور از هر نوع، مقدار انحراف معیار، میانگین، ماکزیمم و مینیمم برای بیشینه شتابی که خودروها قابلیت دستیابی به آن را دارند به دست آمد. به طور مشابه میزان بیشینه شتاب کاهنده در قالب انحراف معیار، میانگین، ماکزیمم و مینیمم بر حسب متر بر مجذور ثانیه محاسبه گردید. این شتاب کاهنده زمانی اعمال می‌گردد که راننده بخواهد در موقعیتهای اضطراری در کمترین زمان ممکن خودرو را متوقف سازد. برای موقعیت شرایط رانندگی معمولی عمدتاً از پارامتر دیگری به نام شتاب کاهنده معمولی (Deceleration Normal) استفاده می‌گردد. این شتاب کاهنده در سال ۱۳۸۸ توسط سادات حسینی و وزیری در یک بزرگراه بین شهری محاسبه گردیده است که مقدار آن برابر 5 m/s^2 محاسبه گردیده است (Hoseini; 2009: P 226-237). (Sadat مقادیر به دست آمده در جدول شماره (۱) مشاهده می‌شوند.

مدل نوین تخمین میزان انتشار آلاینده‌ها

اکسیدهای نیتروژن (NO_x)، ترکیبات آلی فرار (VOC)، دی اکسید کربن (CO_2) و ذرات معلق (PM) توسط معادله ارائه شده در این بخش مدلسازی می‌گردد. از میان تمامی آلاینده‌های موجود چهار آلاینده فوق بر اساس پتانسیل آنها در ضربه به سلامت انسان انتخاب گردیده‌اند. سایر آلاینده‌ها تاثیرات به مراتب کمتری بر

جدول ۱. مقادیر شتاب افزایش‌دهنده و کاهنده لحاظ شده در مدل

	انحراف معیار	میانگین	کمینه	بیشینه
بیشینه شتاب افزایش‌دهنده	۲/۰۴	۲/۲۵	۱/۵	۴/۳
شتاب کاهنده در شرایط عادی	۰	۵	۵	۵
شتاب کاهنده بیشینه	۲/۳۲	۶/۱	۶/۷	۶/۹

آلاینده‌ها محاسبه می‌گردد. ضرایب معادله شماره (۵) نتایج مطلوبی را در پیش‌بینی مقادیر آلاینده‌ها ارائه بر اساس چهار آلاینده اصلی مورد بررسی، برای خودروهای از نوع سواری، HDV و اتوبوس محاسبه گردیده‌ و در جدول شماره (۲) ارائه شده‌اند. هر تابع برای پیش‌بینی مقدار انتشار آلاینده‌ها در شرایط واقعی توسط Panis و همکارانش به‌کارگرفته شده است و

جدول ۲. ضرایب معادله (۵) (Panis;2006:P 270-285)

آلاینده	نوع وسیله نقلیه	E_0	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6
دی‌اکسید کربن	خودروی بنزین سوز	0	5.53×10^{-1}	1.61×10^{-1}	-2.89×10^{-3}	2.66×10^{-1}	5.11×10^{-1}	1.83×10^{-1}
	خودروی گازوئیل سوز	0	3.24×10^{-1}	8.59×10^{-2}	4.96×10^{-3}	-5.86×10^{-2}	4.48×10^{-1}	2.30×10^{-1}
	خودروی گازسوز (گاز مایع)	0	6.00×10^{-1}	2.19×10^{-1}	-7.74×10^{-3}	3.57×10^{-1}	5.14×10^{-1}	1.70×10^{-1}
	خودروی HDV	0	1.52	1.88	-6.95×10^{-2}	4.71	5.88	2.09
	اتوبوس	0	9.04×10^{-1}	1.13	-4.27×10^{-2}	2.81	3.45	1.22
اکسیدهای نیتروژن	خودروی بنزین سوز ($a \geq -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	6.19×10^{-4}	8.00×10^{-5}	-4.03×10^{-6}	-4.13×10^{-4}	3.80×10^{-4}	1.77×10^{-4}
	خودروی بنزین سوز ($a < -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	2.17×10^{-4}	.	.	.	.	.
	خودروی گازوئیل سوز ($a \geq -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	2.41×10^{-3}	-4.11×10^{-4}	6.73×10^{-5}	-3.07×10^{-3}	2.14×10^{-3}	1.50×10^{-3}
	خودروی گازوئیل سوز ($a < -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	1.68×10^{-3}	-6.62×10^{-5}	9.00×10^{-6}	2.50×10^{-4}	2.91×10^{-4}	1.20×10^{-4}
	خودروی گازسوز (گاز مایع) ($a \geq -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	8.92×10^{-4}	1.61×10^{-5}	-8.06×10^{-7}	-8.23×10^{-5}	7.60×10^{-5}	3.54×10^{-5}
	خودروی گازسوز (گاز مایع) ($a < -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	3.43×10^{-4}	.	.	.	.	.
	خودروی HDV	0	3.56×10^{-2}	9.71×10^{-3}	-2.40×10^{-4}	3.26×10^{-2}	1.33×10^{-2}	1.15×10^{-2}
اتوبوس	0	2.36×10^{-2}	6.51×10^{-3}	-1.70×10^{-4}	2.17×10^{-2}	8.94×10^{-3}	7.57×10^{-3}	
ترکیبات آلی فرار	خودروی بنزین سوز ($a \geq -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	4.47×10^{-3}	7.32×10^{-7}	-2.87×10^{-8}	-3.41×10^{-6}	4.94×10^{-6}	1.66×10^{-6}
	خودروی بنزین سوز ($a < -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	2.63×10^{-3}	.	.	.	.	.
	خودروی گازوئیل سوز ($a \geq -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	9.22×10^{-5}	9.09×10^{-6}	-2.29×10^{-7}	-2.20×10^{-5}	1.69×10^{-5}	3.75×10^{-6}
	خودروی گازوئیل سوز ($a < -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	5.25×10^{-5}	7.22×10^{-6}	-1.87×10^{-7}	0	-1.02×10^{-5}	-4.22×10^{-6}
	خودروی گازسوز (گاز مایع) ($a \geq -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	1.44×10^{-2}	1.74×10^{-7}	-6.82×10^{-9}	-8.11×10^{-7}	1.18×10^{-6}	3.96×10^{-7}
	خودروی گازسوز (گاز مایع) ($a < -0.5 \text{ m/s}^2$)	0	8.42×10^{-3}	.	.	.	.	.
	خودروی HDV	0	1.04×10^{-3}	4.87×10^{-4}	-1.49×10^{-5}	1.27×10^{-3}	2.10×10^{-4}	1.00×10^{-4}
اتوبوس	0	1.55×10^{-3}	8.20×10^{-4}	-2.42×10^{-5}	1.86×10^{-3}	3.21×10^{-4}	1.36×10^{-4}	
ذرات معلق	خودروی بنزین سوز	0	.	1.57×10^{-5}	-9.21×10^{-7}	.	3.75×10^{-5}	1.89×10^{-5}
	خودروی گازوئیل سوز	0	.	3.13×10^{-4}	-1.84×10^{-5}	.	7.50×10^{-4}	3.78×10^{-4}
	خودروی گازسوز (گاز مایع)	0	.	1.57×10^{-5}	-9.21×10^{-7}	.	3.75×10^{-5}	1.89×10^{-5}
	خودروی HDV	0	2.14×10^{-4}	3.35×10^{-4}	-2.22×10^{-5}	2.07×10^{-3}	1.80×10^{-3}	2.27×10^{-4}
	اتوبوس	0	2.23×10^{-4}	3.47×10^{-4}	-2.38×10^{-5}	2.08×10^{-3}	1.76×10^{-3}	2.23×10^{-4}

مدیریت شهری

دو فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۲۸ پاییز و زمستان ۱۳۹۰
No.28 Autumn & Winter

	حکیم غرب	یادگار شمال	شیخ فضل‌اله شمال	حکیم شرق
حکیم غرب	۰	۰	۱۰۰۰	۱۴۰۰
یادگار شمال	۲۰۰	۰	۲۰۰	۰
شیخ فضل‌اله شمال	۲۰۰	۱۰۰	۰	۰
حکیم شرق	۰	۰	۰	۰
شیخ فضل‌اله جنوب	۰	۰	۶۰۰۰	۰
یادگار جنوب	۰	۰	۰	۲۰۰
چمران شمال	۰	۰	۰	۰
چمران جنوب	۰	۰	۰	۰
مجموع	۴۰۰	۱۰۰	۷۲۰۰	۱۶۰۰

روش تحقیق

در این مقاله با ورود اطلاعات مورد نیاز به شبیه‌ساز و آزمایش تعدادی از استراتژی‌های ممکن در شبکه، ابتدا به بررسی حاصل و نتیجه اعمال هر استراتژی بر شبکه اقدام گردیده و سپس بر اساس استراتژی‌های اعمال شده، مقایسه میان نتایج حاصل از شبکه‌های مختلف با هم مقایسه می‌گردد و نهایتاً بر اساس این مقایسه اقدام به نتیجه‌گیری خواهد شد.



دوفصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۲۸ پاییز و زمستان ۱۳۹۰
No.28 Autumn & Winter

۵۴

عملیات اعمال محدودیت سرعت به منظور کاهش تولید آلاینده‌ها

با توجه به نمودارهای مربوط به میزان مصرف سوخت و تولید آلاینده‌های خودروها، سرعتی به نام (Speed Minimum consumption) قابل تعریف است که در آن خودرو کمترین میزان مصرف سوخت و تولید آلاینده را دارا می‌باشد. یکی از راهکارهای کاهش تولید آلاینده از سوی خودروها می‌تواند محدود ساختن خودروها در بازه

منطقه مورد بررسی

این منطقه همانگونه که در شکل شماره ۲ نمایش داده شده است، بخشی از بزرگراه شهید آیه... حکیم حدفاصل بزرگراه یادگار امام (ره) و بزرگراه شهید چمران می‌باشد که به عنوان یکی از شریانهای شرقی غربی و بالعکس در شهر تهران مطرح می‌باشد. با توجه به



شکل ۲. منطقه مورد بررسی در بزرگراه شهید حکیم؛ ماخذ: نگارندگان.

جدول ۳. تعداد خودروهای عبوری در مدل در یک ساعت شبیه سازی؛ ماخذ: نگارندگان.

چمران جنوب	چمران شمال	یادگار جنوب	شیخ فضل اله جنوب
۰	۰	۰	حکیم غرب
۰	۰	۱۰۰۰	یادگار شمال
۰	۰	۱۰۰	شیخ فضل اله شمال
۰	۰	۰	حکیم شرق
۰	۰	۰	شیخ فضل اله جنوب
۰	۰	-	یادگار جنوب
۱۰۰۰	۰	۰	چمران شمال
۰	۱۰۰۰	-	چمران جنوب
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰	مجموع

مدیریت شهری

دو فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۲۸ پاییز و زمستان ۱۳۹۰
No.28 Autumn & Winter

۵۵

مشخصی از سرعت باشد که در صورتی که این بازه به میانگین وزنی (Minimum Consumption Speed) خودروهای عبوری نزدیک باشد می توان تولید آلاینده ها و مصرف سوخت را کاهش داد. در ابتدا شبکه بدون اعمال محدودیت سرعت توسط VSL ها مورد محاسبه و بررسی قرار گرفت و مقادیر مصرف سوخت و تولید آلاینده در شبکه به شرح جدول شماره ۴ به دست آمد. در این بررسی با توجه به آنچه که سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور در رسانه ها اعلام نموده است با استفاده از VSL ها سرعت خودروها به ۹۰ کیلومتر بر ساعت محدود گردید. استفاده از تابلوهای نمایشگر محدودیت سرعت در VSL در سالهای اخیر رواج زیادی یافته است که محدودیت سرعت در این تابلوها هم به صورت دستی و هم به صورت یک برنامه زمان بندی شده در ساعات مختلف شبانه روز سرعت های دلخواه را نمایش می دهد. همچنین امکاناتی فراهم می باشد که به تابلوها این توانایی را می دهد تا از طریق سیگنال های ماهواره ای و تلفن همراه از راه دور نیز قابل تغییر باشد. بعضی کاربردهای VSL به این ترتیب می باشد که به رانندگان این اطمینان داده می شود که اگر با سرعت های بالاتری حرکت کنند شرایط ایمن همچنان برقرار است و این عمل سبب خواهد تا از ازدحام و تراکم جلوگیری

جدول ۴. میزان مصرف سوخت و تولید آلاینده در شبکه در حالت عادی؛ ماخذ: نگارندگان.

مقدار	نوع پارامتر
۱۳۴۱	مصرف سوخت به لیتر
۳۱۵۲۶۱۰	دی اکسید کربن (گرم بر ثانیه)
۱۸۰۷۷۰	دی اکسید کربن (گرم بر کیلومتر)
۸۱۱۴	اکسیدهای نیتروژن (گرم بر ثانیه)
۴۶۵	اکسیدهای نیتروژن (گرم بر کیلومتر)
۳۰۵	ذرات معلق (گرم بر ثانیه)
۱۷	ذرات معلق (گرم بر کیلومتر)
۲۳۲۰	ترکیبات آلی فرار (گرم بر ثانیه)
۱۳۳	ترکیبات آلی فرار (گرم بر کیلومتر)

جدول ۵. میزان مصرف سوخت و تولید آلاینده با اعمال راهکار محدودیت سرعت عبور خودروها؛ ماخذ: نگارندگان.

مقدار	نوع پارامتر
۱۱۷۸	مصرف سوخت به لیتر
۲۵۶۳۳۰	دی اکسید کربن (گرم بر ثانیه)
۱۴۶۹۷۵	دی اکسید کربن (گرم بر کیلومتر)
۶۸۳۶	اکسیدهای نیتروژن (گرم بر ثانیه)
۳۹۲	اکسیدهای نیتروژن (گرم بر کیلومتر)
۲۰۰	ذرات معلق (گرم بر ثانیه)
۱۱	ذرات معلق (گرم بر کیلومتر)
۱۹۳۷	ترکیبات آلی فرار (گرم بر ثانیه)
۱۱۱	ترکیبات آلی فرار (گرم بر کیلومتر)

شود. تابلوهای VSL برای بهبود جریان ترافیک در یک محدوده خاص با فراهم کردن محدودیت سرعت واقع بینانه تر که قادر خواهد ساخت وسایل نقلیه در یک سرعت افزایش یافته حرکت کنند و تاخیر را کاهش دهند، استفاده می شود. با اجرای تابلوهای VSL، مطالعه‌ها نشان می دهد که سرعت متوسط وسایل نقلیه افزایش و زمان سفر کاهش می یابد. این تغییر سرعت می تواند در نرم افزار شبیه ساز به راحتی اعمال گردد و اثر سنجی شود. با تعبیه تابلوهای VSL و بررسی شبکه، جدول شماره ۳ به دست آمده است که نمایانگر تغییراتی کاملاً محسوس در کاهش مصرف سوخت و تولید آلاینده در این بخش از شبکه می باشد.

اساس گرم بر ثانیه هستند در صورتی که این مقادیر را به گرم بر ساعت تبدیل نماییم تاثیر چشمگیر این راهکار را بر کاهش تولید آلاینده‌ها خواهیم دید. جدول شماره ۶ به مقایسه میزان تولید آلاینده‌های شاخص در یک ساعت از تردد خودروها در شبکه مورد بررسی، پرداخته است. همانگونه که در جدول شماره ۴ نمایش داده شده است، مقدار تولید گاز دی اکسید کربن پس از اعمال محدودیت سرعت بیش از ۲۰۰۰ تن کاهش یافته است. همچنین تولید گازهای آلاینده NOx کاهشی در حد ۴/۶ تن بر ساعت را نشان می دهد.

این امر در مورد PMها که ذرات معلق در آلودگی هوا شامل ترکیبی از سوسپانسیون جامد، مایع یا هر دو می باشد کاهشی بیش از ۴۰۰ کیلوگرم داشته است. این امر

مدیریت شهری

دوفصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۲۸ پاییز و زمستان ۱۳۹۰
No.28 Autumn & Winter

۵۶

جدول ۶. تاثیر اعمال محدودیت سرعت بر کاهش آلاینده‌های تولید شده در شبکه؛ ماخذ: نگارندگان.

نوع آلاینده	مقداری که در اثر اعمال عملیات مدیریت سرعت از تولید آن جلوگیری شده است به تن
CO2	۲۱۲۱/۸
NOx	۴/۶
PM	۰/۴
VOC	۱/۴

جدول ۷. مقدار تولید آلاینده‌ها پس از اعمال طرح زوج یا فرد؛ ماخذ: نگارندگان.

مقدار	نوع پارامتر
۷۶۶/۷	مصرف سوخت به لیتر
۱۶۸۶۵۸۰	دی‌اکسید کربن (گرم بر ثانیه)
۹۶۷۰۸	دی‌اکسید کربن (گرم بر کیلومتر)
۴۷۰۷/۲	اکسیدهای نیتروژن (گرم بر ثانیه)
۲۶۹/۹	اکسیدهای نیتروژن (گرم بر کیلومتر)
۹۴/۹	ذرات معلق (گرم بر ثانیه)
۵/۴	ذرات معلق (گرم بر کیلومتر)
۱۳۱۹/۹	ترکیبات آلی فرار (گرم بر ثانیه)
۷۵/۷	ترکیبات آلی فرار (گرم بر کیلومتر)

در مورد ترکیبات آلی فرار به حدود ۱.۴ تن کاهش می‌رسد. بررسی فوق نشانگر کاهش میزان تولید آلاینده تنها در یک بخش از بزرگراه‌های کلانشهر تهران و تنها در یک ساعت تردد عادی خودروها می‌باشد. به منظور بررسی سایر نقاط شهر و سنجش میزان مناسب بودن این راهکار می‌توان پیش از اعمال، این عملیات را اثرسنجی نمود.

خودروها و تقاضای سفر به ۷۰٪ مقدار خود می‌رسد، می‌توانیم با شبیه‌سازی وضع مذکور به میزان تاثیرگذاری آن بر کاهش سطح آلاینده‌ها در یک ساعت پی ببریم. جدول شماره ۷ از شبیه‌سازی وضعیت اعمال طرح زوج یا فرد در شبکه به دست آمده است و با مقایسه آن دو حالت پیشین در جدول شماره ۸ می‌توان بهبود نسبی وضعیت شبکه را مشاهده نمود. با توجه به جدول ۸ بهترین راهکار مدیریت شبکه از دیدگاه کاهش آلاینده‌های ذکر شده است، اعمال طرح زوج یا فرد می‌باشد که آلاینده‌های تولید شده در شبکه را به نحو چشمگیری کاهش داده است.

عملیات اعمال محدودیت زوج و فرد به منظور کاهش آلاینده‌ها

در صورتی که مدیران سیستم بخواهند با اعمال سراسری محدودیت تردد به صورت زوج یا فرد در سطح شهر (همانگونه که در سال ۱۳۸۹ اجرا گردید) از راهکار کاهش تقاضا و کاهش شمار خودروهای تک سرنشین برای کنترل تولید آلاینده‌ها استفاده نمایند، با فرض این امر که تعداد

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی همانگونه که مشاهده گردید شبیه‌سازی نرم‌افزاری آلاینده‌های تولید شده در شبکه می‌تواند یکی از بهترین ابزارها در شناخت راهکار مدیریتی برتر در زمان بحران و یا

جدول ۸. مقایسه آلاینده‌های تولید شده در سه حالت مدیریتی بدون محدودیت، اعمال محدودیت سرعت و اعمال محدودیت زوج یا فرد در شبکه؛ ماخذ: نگارندگان.

زوج و فرد	محدودیت سرعت	بدون محدودیت	نوع پارامتر
۷۶۶/۷۲	۱۱۷۸	۱۳۴۱	مصرف سوخت به لیتر
۱۶۸۶۵۸۰	۲۵۶۳۳۳۰	۳۱۵۲۶۱۰	دی‌اکسید کربن (گرم بر ثانیه)
۹۶۷۰۸	۱۴۶۹۷۵	۱۸۰۷۷۰	دی‌اکسید کربن (گرم بر کیلومتر)
۴۷۰۷/۱۶	۶۸۳۶	۸۱۱۴	اکسیدهای نیتروژن (گرم بر ثانیه)
۲۶۹/۹۱	۳۹۲	۴۶۵	اکسیدهای نیتروژن (گرم بر کیلومتر)
۹۴/۹۴	۲۰۰	۳۰۵	ذرات معلق (گرم بر ثانیه)
۵/۴۴	۱۱	۱۷	ذرات معلق (گرم بر کیلومتر)
۱۳۱۹/۸۵	۱۹۳۷	۲۳۳۰	ترکیبات آلی فرار (گرم بر ثانیه)

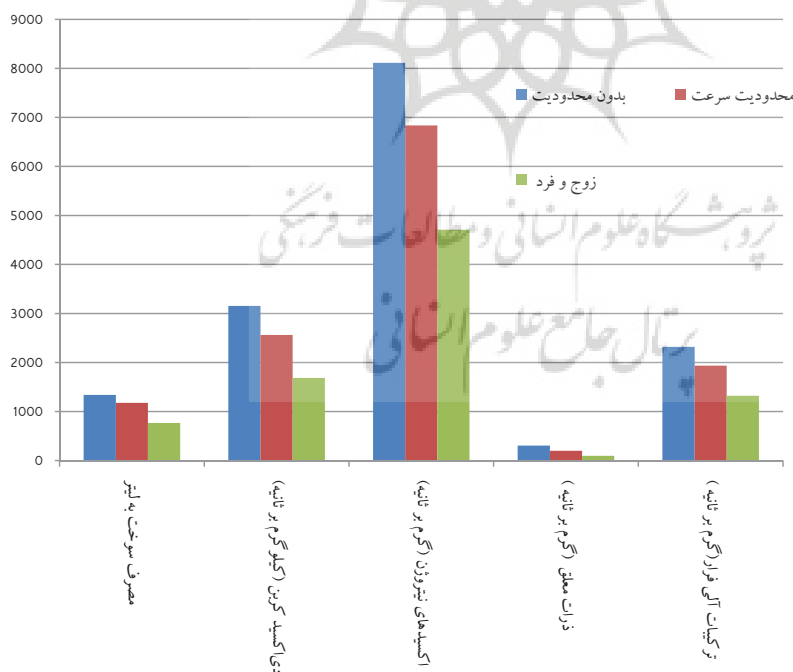


دو فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۲۸ پاییز و زمستان ۱۳۹۰
No.28 Autumn & Winter

پیش از وقوع بحران و به منظور جلوگیری از رخداد آن به شمار آید و مدیران سیستم را در ارزیابی اینکه عملیات در واقعیت به چه صورت عمل می‌نماید، یاری کند. مدل‌های پیشین بکار گرفته شده در نرم‌افزار شبیه ساز مورد استفاده کاملاً محدود بودند و تنها این موضوع که خودرو دارای شتاب می‌باشد یا خیر در آنها مطرح بود. اما در مدل‌های جدید، میزان شتاب افزایش یافته و مدل همچنین سرعت وسیله نقلیه اهمیت یافته است و مدل بسیار به واقعیت محیطی نزدیک شده است. همچنین درصد خودروهایی که از هر نوع سوخت استفاده می‌کنند قابل تعریف است. شتاب و سرعت توسط مدل شبیه‌سازی ترافیک برای تک تک خودروها در هنگام طی مسیر به دست می‌آید و بر اساس آن میزان تولید آلاینده و مصرف سوخت هر خودرو در کل شبکه مشخص می‌شود. این روش با توجه به انعطاف پذیری و قابلیت تعریف رفتار رانندگان برای هر کشور و هر محیطی قابل استفاده می‌باشد.

بر اساس مدل تولید آلاینده موجود در نرم افزار، استفاده از تفکیک خودروها بر اساس آخرین رقم پلاک به شیوه زوج یا فرد می‌تواند به نحو بسیار مطلوبی میزان تولید آلاینده‌ها را کاهش داده و تولید برخی از آلاینده‌ها را حتی به نصف برساند. در این حالت شبکه کمترین مصرف سوخت را در بین سه سناریوی بررسی شده دارد. در نگاه اول و با معیار کاهش مصرف سوخت و تولید آلاینده‌گزینه اعمال محدودیت تردد زوج یا فرد بهترین گزینه موجود می‌باشد. اما در دیدگاه مهندسی و با رویکرد استفاده بهینه از شبکه، عبور دادن تعداد خودروی بیشتر و با عوارض کمتر می‌تواند گزینه مناسب تری باشد.

با وجود اینکه استفاده از راهکار محدودیت تردد زوج یا فرد می‌تواند موجب کاهش آلودگی، تا حد دو برابر بیشتر از محدودیت سرعت شود، اما به نوبه خود شمار زیادی از شهروندان را مجبور می‌سازد که خودروی شخصی خود را مورد استفاده قرار ندهند که این موضوع برخی عدم



نمودار ۳. مقایسه آلاینده‌های تولید شده در سه حالت مدیریتی بدون محدودیت، اعمال محدودیت سرعت و اعمال محدودیت زوج یا فرد در شبکه

, Department of Civil and Environmental Engineering ,The University of Alabama at Birmingham Birmingham, Alabama, UTCA Report 02217(2004)

6) A. Mehmood and Easa, S. M.: Modeling Reaction Time in Car-Following Behavior Based on Human Factors, International Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 5, No. 2. (2009).

7) A. R. Noory, F. Golbabaei, A Microscopic Analysis of Speed Deviation impacts on Lane-changing Behavior, Transportation research Journal, under review.

8) J. Olstam and A. Tapani: Comparison of Car following models, Swedish National Road Administration, SE-58195 Linköping Sweden, VTI meddelande 960A

9) L. I. Panis , S. Broekx, R. Liu : Modeling instantaneous traffic emission and the influence of traffic speed limits, Science of the Total Environment 371, (2006),p 270–285

10) A. Pour Ahmad: The role of climate and the geographic structure on the air pollution of Tehran city, Geography Research Quarterly, No. 34 (1998), pp. 38-53.

11) P. Rinelli and N. Feddo : A breath of fresh air ,By combining emissions modeling with traffic simulation, Annual Showcase 2011 ,INFRASTRUCTURE , page 122

12) H. Summala: Brake Reaction Times and Driver Behavior Analysis, Commentary. Transportation Human Factors, 2,(2000),p 195–216.

13) S.M. Sadat Hoseini, M. Vaziri: Estimating Crash Risk Using a Microscopic Traffic Model. Scientia Iranica, Transaction A, Civil Engineering, Vol. 16, No. 3, (2009),pp. 226-237.

14) S. Winyoopadit(2007), Development and Comparative Evaluation of Ramp Metering Algorithms Using Microscopic Traffic Simulation , Journal of transportation systems engineering and information technology , Volume 7 , Issue 5

15) Zachariadis, T., Samaras, Z., 1997, Comparative assessment of European tools to estimate traffic emissions. International Journal of Vehicle Design, Vol. 18

16) Cardelino, C., 1998, Daily variability of motor vehicle emissions derived from traffic counter data. Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 48(7), pp. 637-645.

رضایت‌های اجتماعی را در پی خواهد داشت و این استراتژی را به یک استراتژی مقطعی مبدل می‌نماید که تنها چند روز از سال و در زمان وقوع بحران قابل اجرا است. در حالی که استفاده از محدودیت سرعت امکان اجرا در تمامی طول ماههایی که در آن احتمال رخداد بحران می‌رود را دارا است و با توجه به اینکه بر اساس تحقیق موجود هر دو ساعت از اعمال طرح محدودیت سرعت تقریباً معادل یک ساعت اعمال طرح محدودیت زوج یا فرد اثر بخش بوده است، اعمال طرح محدودیت سرعت در شبکه بزرگراهی شهر می‌تواند در کاهش میزان آلاینده‌های تولید شده در شبکه نقش اساسی داشته باشد و حتی اعمال آن موجب پیشگیری از وقوع بحران در شهر گردد.

تقدیر و تشکر

در پایان بر خود لازم می‌دانیم که از حمایت‌های بی‌دریغ استاد فرهیخته و بزرگوار جناب آقای دکتر فریدون مقدس نژاد که زمینه بکارگیری ابزار شبیه‌سازی و ترویج هر چه بیشتر آن را فراهم ساختند تشکر و قدردانی نماییم.

منابع و کتاب شناسی

۱) ح. اسکندری، ن. فرخ‌نیا (۱۳۸۷) ارزیابی اثر همزمان کنترل رمپ و محدودیت سرعت متغیر بر جریان و زمان سفر کل بزرگراه نیایش با رویکرد شبیه‌سازی میکروسکوپی، دهمین کنفرانس بین‌المللی حمل و نقل و ترافیک

2) EPA official website , May 2011 <http://www.epa.gov/ttn/oarpg/naaqsfm/pmhealth.html>

3) J. Barcelo, J. Casas, E. Codina, A. Fernandez, J.L. Ferrer, D. Garcia, R. Grau, 1996. PETRI: A parallel environment for a real-time traffic management and information system. In, Proceedings of the 3rd World Congress on ITS (CD-ROM), Orlando, Florida.

4) P. G.Gipps: A model for the structure of lane-changing decisions, Transportation Research - Part B, 5,p 403–414. Transport. Res. 20B, (1986), p107–120.

5) L. S. Jones, A. J. Sullivan, N. Cheekoti , Traffic Simulation Software Comparison Study

مدیریت شهری

دو فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۲۸ پاییز و زمستان ۱۳۹۰
No.28 Autumn & Winter

- 17) Algers, S., Bernauer, E., Boero, M., Breheret, L, Di Taranto, C., Dougherty, M., 1998, Review of Micro-Simulation Models. Institute of Transport Studies, Leeds, UK.
- 18) Reynolds, A.W., Broderick, B.M., 2000. Development of an emission inventory model for mobile sources. Transportation Research, Vol. 5D (2), pp. 77-101.



شروېشگاه علوم انساني و مطالعات فرهنگي
پرتال جامع علوم انساني

مدیریت شهری

دو فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management

شماره ۲۸ پاییز و زمستان ۱۳۹۰
No.28 Autumn & Winter

■ ۶۰ ■