

## ارائه مدل سیاست‌گذاری مدیریت تقاضا برای کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی

### در مناطق شهری با بهینه‌سازی مصرف منابع محدود محیط‌زیست

#### (مطالعه موردی: شهر تهران)

مهدی صمدزاد، عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مصطفی ناظم بکائی (مسئول مکاتبات)، کارشناسی ارشد مهندسی محیط‌زیست دانشگاه تهران، تهران، ایران

E-mail: bokaei@ut.ac.ir

#### چکیده

یک مدل سیاست‌گذاری جدید برای مدیریت تقاضا و کاهش تردد وسایل نقلیه در شهر تهران با رویکرد کاهش آلودگی هوا پیشنهاد شده است. سیاست‌هایی که تاکنون مورد توجه بوده‌اند مبنای خود را بر محدودسازی تردد در نواحی مرکزی شهر قرار داده‌اند و از آنجاکه مسئله انتشار آلاینده‌گی در کانون توجه آنها نبوده است به کاهش مؤثر آلودگی هوا نینجامیده‌اند. مدل ارائه شده در پی آن است تا با توجه به نقش محوری موقعیت، شدت و مدت‌زمان آلاینده‌گی وسایل نقلیه، از طریق اختصاص سهمیه آلاینده‌گی به هر شهروند، تقاضای حمل‌ونقل شخصی در شهر را مدیریت نماید. مدل ارائه شده دارای چهار ویژگی مهم است: اولاً به نحو مؤثر تردد وسایل نقلیه شخصی آلاینده از جمله موتورسیکلت‌ها را محدود می‌سازد؛ ثانیاً، با توجه به اختصاص سهمیه یکسان به شهروندان با عدالت اجتماعی هماهنگ است؛ ثالثاً علاوه بر کنترل ترافیک و کاهش آلودگی هوا، بودجه لازم (بدبینانه‌ترین و خوش‌بینانه‌ترین سناریو به ترتیب حدود ۶۴۰ و ۲۸۰۰ میلیارد تومان) برای نوسازی و توسعه ناوگان حمل‌ونقل عمومی و پاک را نیز تأمین خواهد کرد؛ رابعاً، برای انطباق با شرایط اجتماعی، سیاسی و فرهنگی جامعه و جغرافیایی شهر در حین اجرا، انعطاف‌پذیری بالایی دارد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت تقاضا، آلودگی هوا، توسعه پایدار، مدیریت ترافیک و حمل‌ونقل پاک

## ۱. مقدمه

کاهش آلودگی جدید، مردم به سمت استفاده از موتورسیکلت‌های با آلایندگی هوا و خطر بیشتر تشویق شده‌اند؛ بنابراین رویکردهای اتخاذ شده تاکنون نتوانسته است که در مواقع وارونگی و بحرانی آلودگی هوا کارایی لازم را داشته باشد و باعث تعطیلی مکرر مدارس و دانشگاه‌ها و صنایع و نیز اجرای طرح‌های زوج و فرد از درب منزل و عدم تردد وسایل نقلیه اسقاطی شده است. طبق بررسی بر روی سیاست‌گذاری‌های انرژی در شهر تهران طبق بررسی شش سناریو به‌طور متوسط غلظت ذرات معلق ۲,۵ میکرون در سال ۲۰۳۰، ۳۰ درصد افزایش خواهد یافت؛ همچنین بیشتر انتشارات، ناشی از فعالیت‌های صنعتی در سطح شهر است لیکن توزیع منابع انتشار وسایل نقلیه و شرایط جغرافیایی نیز نقش مؤثری در کاهش سطح آلودگی را ایفا می‌کنند.

همان‌گونه که مستحضرید بیش از ۷۰ درصد آلودگی کلان‌شهرها ناشی از تردد وسایل نقلیه است و اگر ما بتوانیم با طراحی یک نظام انگیزشی مناسب و قابل اجرا، انگیزه استفاده از خودرو شخصی یا تردهای تک‌سرنشین را کاهش و تمایل افراد برای استفاده از وسایل نقلیه عمومی را افزایش دهیم، می‌توان امید داشت که حداقل موضوع آلودگی از حالت بحرانی خارج شود.

## ۲. راهکار پیشنهادی و اهداف

با ملاحظه ظرفیت‌های موجود در کشور و برای رعایت عدالت بین اقشار مختلف جامعه و کنترل تردد و آلودگی خودروها و موتورسیکلت‌ها توأم باهم و در نظر گرفتن زمان تولید آلودگی توسط وسایل نقلیه و اعطای امتیازاتی برای افراد استفاده‌کننده از حمل‌ونقل عمومی راهکار تهیه و پیشنهاد شده است. اهداف طرح شامل کنترل آلودگی هوا و افزایش کیفیت هوا، کاهش تردد و ترافیک در کل سطح شهر و کنترل و کاهش استفاده از خودروهای شخصی و موتورسیکلت‌ها می‌باشند.

با پیشرفت صنایع و تکنولوژی، آلودگی محیط‌زیست یکی از مشکلات شایع در جهان امروز است و اکثر کشورها در معرض این خطر می‌باشند؛ طبق آمار اعلامی سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۴ از هر ۸ مورد مرگ در جهان یک مورد به دلیل آلودگی هوا (حدود ۱۲ درصد کل مرگ‌ومیر) در سال ۲۰۱۲ اتفاق افتاده است که با ملاحظه روند کنونی این میزان در حال افزایش است. در تحقیقی که در ۱۲۹ شهر کشور چین انجام شده است، مرگ‌ومیر زودرس ناشی از آلودگی ذرات معلق ۲,۵ میکرون در سال ۲۰۱۵ با ضریب اطمینان ۹۵ درصد ۶۳۱۲۳۰ نفر (۴۲,۸ درصد بیشتر از سال ۲۰۰۶) بوده است. طبق آمار وزارت بهداشت در سال ۱۳۹۴، ۱۲۸۹۷ مرگ مربوط به ذرات معلق بوده و ۴۸۱۰ مرگ متناسب به آلودگی هوا در تهران ثبت شده است. در سال طبق سخنان سرهنگ جهانگیری (رئیس پلیس ترافیک شهری پلیس راهنمایی و رانندگی) هر موتورسیکلت ۸ برابر یک خودرو آلودگی تولید می‌کند. لیکن راهکارهای پیشنهادی مانند طرح ترافیک، زوج و فرد و طرح کاهش ناظر به تردد خودروها و ترافیک بوده و به‌صورت سخت و تحکمی با مردم برخورد شده و نیازمند نیروهای پلیس یا دوربین‌های زیاد برای کنترل بوده که در سال‌های اخیر بخشی از آن محقق شده است. طبق مطالعاتی که در سال ۲۰۱۸ در شهر بندونگ اندونزی بر روی راهکارهای محدوده طرح ترافیک و محدوده زوج و فرد در ساعات اوج تردد مدل‌سازی شده است که اعمال محدوده طرح ترافیک باعث تغییر جریان ترافیک به اطراف و مکان‌های دیگر شده و طرح زوج و فرد باعث خرید وسیله نقلیه دوم، پلاک‌های جعلی و امثالهم شده و کارکرد کاهش ترافیک و آلودگی هوا را از دست خواهند داد. لازم به ذکر است که در این طرح‌ها تردد موتورسیکلت‌ها و وانت‌ها (سهم حدود یک‌چهارمی آلودگی هوای تهران) در نظر گرفته نشده است؛ همچنین با توجه به محدودیت تردد خودروها در محدوده طرح ترافیک یا زوج و فرد قدیم یا طرح

ارائه مدل سیاست‌گذاری مدیریت تقاضا برای کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی در مناطق شهری با بهینه‌سازی مصرف منابع محدود

محیط‌زیست (مطالعه موردی: شهر تهران)

### ۳. روش پژوهش

با بررسی زیرساخت‌های موجود در کشور که هم‌اکنون در شهرداری‌ها و نیروی انتظامی موجود و قابل‌دسترس است، مدل اجرایی در دو فاز تهیه و ارائه شده است.

#### ۱-۳ فاز اول

#### ۱-۳-۱ تخصیص سهمیه تردد (تولید آلودگی)

با فرض تخصیص سهمیه به وسایل نقلیه در این طرح علاوه بر محدودیت‌های تردد موجود به‌منظور لحاظ زمان تولید آلودگی، مقدار مجاز تردد برای هر نوع وسیله نقلیه محاسبه و در نظر گرفته می‌شود و از مازاد تردد (تولید آلودگی) مجاز به‌صورت

سالیانه و پلکانی هزینه‌ای به‌عنوان عوارض آلودگی (بخشی از عوارض سالانه خودرو) توسط شهرداری دریافت می‌شود. به دلیل عدم اعمال فشار اجتماعی و اقتصادی ناگهانی به مردم و ایجاد مقاومت و مشکلات اجتماعی، سهمیه اولیه تردد متوسط کیلومتر پیمایش شده توسط وسایل نقلیه مختلف در سال گذشته در نظر گرفته‌شده که هر سال با توجه به شرایط و میزان آلودگی تصحیح و تعیین خواهد شد.

#### ۱-۳-۲ میزان آلودگی سالانه تولیدی وسایل نقلیه (C)

در جدول ۱ میزان تولید آلودگی سالانه وسایل نقلیه با توجه به شرایط ارائه شده است.

جدول ۱. نحوه محاسبه میزان تولید آلودگی هوا توسط وسایل نقلیه

وسيله نقلیه	
بدون معاینه فنی	دارای معاینه فنی
عمر خودرو بیشتر از ۴ سال و موتورسیکلت بیشتر از ۲ سال	عمر خودرو کمتر از ۴ سال و موتورسیکلت کمتر از ۲ سال
بر اساس بیشترین آلاینده ثبت شده از خودرو مشابه در سامانه معاینه فنی یا مقدار آلاینده‌های محاسبه شده توسط ضریب استهلاک، هرکدام بزرگ‌تر باشد در نظر گرفته می‌شود.	فرض تولید آلاینده به اندازه میزان مجاز استاندارد خودروی تولیدی صفر بوده و برحسب ترافیک و کیلومتر پیموده شده (ضریب استهلاک) برای سال‌های بعد مقدار آلاینده‌های تولیدی تعیین و محاسبه می‌شود.

سوخت)، بر اساس مقدار سوخت‌گیری هر وسیله نقلیه تخمینی از میزان تردد به دست می‌آید. چون میزان مصرف بر اساس برچسب مصرف سوخت هر ماشین است لذا ماشین‌های با مصرف سوخت بیشتر تشویق به بهبود مصرف سوخت می‌شوند (زیرا میزان بیشتری از تردد برای آنها در نظر گرفته می‌شود). همچنین به‌منظور تعیین تردد خودروهای دوگانه‌سوز لازم است جایگاه‌های سوخت گاز نیز مجهز به سامانه کارت هوشمند سوخت شوند.

#### ۱-۳-۴ تعیین وسایل نقلیه ترددکننده دائم

روش تعیین وسایل نقلیه ترددکننده دائم یا مستقر عبارت است از:

- پلاک وسیله نقلیه برای همان شهر باشد.

همچنین به‌منظور تعیین میزان آلاینده‌های خودروهای دوگانه‌سوز، لازم است در دو حالت بنزین سوز و گازسوز آلاینده‌ها ثبت و اندازه‌گیری شوند. لازم به ذکر است که معاینه فنی حداکثر یک سال اعتبار داشته و در صورت صلاحدید می‌توان برای برخی از وسایل نقلیه مدت‌زمان اعتبار کمتری (۳ یا ۶ ماه) در نظر گرفت.

#### ۱-۳-۳ مدت‌زمان تولید آلودگی (t)

این مقدار با استفاده از اطلاعات کارت سوخت که زیرساخت‌های آن در کشور موجود است محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه برای هر نوع وسیله نقلیه متوسط مصرف سوخت در هر ۱۰۰ کیلومتر (L) مشخص است (راهنمای مصرف سوخت منتشرشده توسط شرکت بهینه‌سازی مصرف فصلنامه مهندسی ترافیک/ سال بیست و یکم/ شماره ۸۶ / پاییز ۱۴۰۰

نقلیه است.

### ۲-۳ فاز دوم

با یکپارچگی سیستم‌های اطلاعاتی شهرداری و راهنمایی و رانندگی، امکان فروش سهمیه آلودگی برای کلیه شهروندان ساکن (حتی بدون وسیله نقلیه) برای دریافت سهمیه آلودگی می‌تواند به مراکز پلیس ۱۰+ مراجعه و با پرداخت هزینه‌ای کم نسبت به این کار اقدام نموده و در سامانه‌ای به صورت خصوصی یا دولتی (تحت سامانه نیروی انتظامی یا شهرداری) نسبت به خرید و فروش سهمیه مبادرت نمایند. لازم به ذکر است که افراد خریدار با ارائه کد یکتا و ارائه آن در هنگام گرفتن برگ عوارض خودرو تا سقف آن سهمیه مجاز می‌شوند و بیشتر از آن مقدار را به صورت پلکانی پرداخت خواهند کرد. همچنین روش محاسبه میزان آلودگی تولیدی طبق فرمول ذیل برای هر فرد قابل محاسبه است (رابطه ۲).

$$P_{ft}^c = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n C_k^i \frac{100 \times L_{ft}^i}{L_s^i} \quad (2)$$

که در آن  $P_{ft}^c$  غلظت کل تولیدی توسط هر فرد در بازه زمانی  $t$  برحسب میلی‌گرم در لیتر در هر کیلومتر تردد،  $L_{ft}^i$  میزان مصرف سوخت وسیله نقلیه در بازه زمانی  $t$  برحسب لیتر،  $L_s^i$  میزان مصرف سوخت متوسط وسیله نقلیه برحسب لیتر،  $n$  تعداد آلاینده‌های اندازه‌گیری شده وسیله نقلیه و  $m$  تعداد وسیله نقلیه متعلق به هر فرد است.

### ۴. محاسبه درآمدهای حاصل از اجرای

#### طرح (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)

۴-۱ محاسبه درآمد حاصل از استفاده از کارت

#### جایگاه داران

فرضیات محاسبات در نظر گرفته شده عبارت‌اند از:

- متوسط مصرف بنزین روزانه شهر تهران ۱۴ میلیون لیتر (فرض ۱۰ میلیون لیتر مصارف وسایل نقلیه شخصی)
- استفاده از کارت جایگاه داران به میزان ۰,۲ درصد

فصلنامه مهندسی ترافیک/ سال بیست و یکم/ شماره ۸۶ / پاییز ۱۴۰۰

- وسیله نقلیه بیش از ۶۰ درصد از سوخت‌گیری‌ها را در آن شهر (محدوده ۱۵۰ کیلومتری اطراف شهر) انجام دهد.
- همچنین می‌توان با کمک دوربین‌های پلاک خوان سطح شهر (شامل ورودی‌های عوارضی، کنترل سرعت، طرح کاهش و طرح ترافیک و امثالهم) نسبت به تدقیق وسایل نقلیه ترددکننده دائم اقدام نمود.

### ۳-۱-۵ خرید و فروش سهمیه آلودگی در شهر

خودروهایی که سهمیه آلودگی خود را به اتمام رسانده‌اند می‌توانند در سامانه عوارض شهرداری یا پلیس ۱۰+ سهمیه باقی‌مانده خود را به خودروهای دارای آلودگی تولیدی بیشتر از سهمیه‌شان بفروشند تا از پرداخت پلکانی عوارض آلودگی معاف شوند.

### ۳-۱-۶ ضمانت اجرای طرح

سناریوی اول: جریمه راهنمایی و رانندگی برای عدم پرداخت عوارض.

سناریوی دوم: ابطال (غیرفعال کردن) کارت سوخت در صورت عدم پرداخت عوارض.

با عنایت به سوابق عدم پرداخت و مشکلات وصول جریمه‌های راهنمایی و رانندگی، پیشنهاد می‌گردد از سناریوی دوم استفاده گردد.

### ۳-۱-۷ محاسبه کل آلودگی ناشی از وسیله نقلیه

پس با عنایت به تعیین اطلاعات میزان آلودگی‌ها و مدت زمان انتشار آن‌ها، می‌توان برای هر وسیله نقلیه مقدار کل آلودگی تولیدی در بازه زمانی  $t$  را محاسبه نمود (رابطه ۱).

$$P_{ft}^i = \sum_{k=1}^n C_k^i \frac{100 \times L_{ft}^i}{L_s^i} \quad (1)$$

که در آن  $P_{ft}^i$  غلظت کل تولیدی توسط وسیله نقلیه در بازه زمانی  $t$  برحسب میلی‌گرم در لیتر در هر کیلومتر تردد و وسیله نقلیه،  $L_{ft}^i$  میزان مصرف سوخت وسیله نقلیه در بازه زمانی  $t$  برحسب لیتر،  $L_s^i$  میزان مصرف سوخت متوسط وسیله نقلیه برحسب لیتر و  $n$  تعداد آلاینده‌های اندازه‌گیری شده وسیله

ارائه مدل سیاست گذاری مدیریت تقاضا برای کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی در مناطق شهری با بهینه سازی مصرف منابع محدود

محیط زیست (مطالعه موردی: شهر تهران)

- قیمت سوخت کارت جایگاه داران ۱۹۰۰ تومان استفاده از جایگاه داران ارائه شده است.
- در جدول ۲ محاسبه درآمد حاصل از افزایش قیمت

جدول ۲. محاسبه درآمد ناشی از جریمه کارت جایگاه داران

فرض درصد سوخت گیری با کارت جایگاه داران	میزان سوخت گیری سالانه (میلیون لیتر)	میزان هزینه استفاده از کارت جایگاه داران به ازای هر لیتر (تومان)	درآمد کل سالانه (میلیارد تومان)
۰,۲ درصد	۷,۳	۹۰۰	۶,۵۷

۴-۳ محاسبه درآمد حاصل از معاینه فنی

- فرضیات محاسبه در نظر گرفته شده عبارت اند از:
- مراجعه حدود ۷۵ درصدی کلیه وسایل نقلیه به مراکز معاینه فنی
  - مراجعه ۳ میلیون خودرو (هر خودرو حداقل ۳۷۰۰۰ تومان)
  - مراجعه ۲,۵ میلیون موتورسیکلت (هر موتورسیکلت ۱۰۰۰۰ تومان)
  - مراجعه ۶۰ هزار تاکسی (۴۰ درصد بنزینی و ۶۰ درصد دوگانه سوز)
- در جدول ۳ درآمد حاصل از انجام معاینه فنی وسایل نقلیه محاسبه شده است.

۴-۲ محاسبه درآمد حاصل از ارائه خدمات

- فرضیات محاسبه درآمدهای حاصل از ثبت نام و فروش سهمیه کارت سوخت وسایل نقلیه و یا فرد عبارت اند از:
- حداقل ۷,۵ میلیون وسیله نقلیه در تهران
  - بیش از ۸,۷۴ میلیون نفر ساکن در شهر تهران طبق سرشماری سال ۱۳۹۵
  - ارائه خدمات ۲۰۰۰ تومان برای هر کارت سوخت
  - ارائه خدمات ۴۰۰۰ تومان برای هر فرد
- بنابراین درآمد حدود ۱۵ میلیارد تومانی حاصل از کارت های سوخت در فاز اول و درآمد حداقل حدود ۳۵ میلیارد تومانی حاصل از افراد ساکن در شهر تهران قابل حصول است.

جدول ۳. پیش بینی درآمد حاصل از اجرای طرح برای معاینه فنی

معاینه فنی	خودروی سواری	تاکسی ها		موتورسیکلت	جمع کل (میلیارد تومان)
		بنزین سوز	دوگانه سوز		
فرض تعداد مراجعه کننده	۳۰۰۰۰۰	۲۴۰۰۰	۳۶۰۰۰	۲۵۰۰۰۰۰	
قیمت برای هر وسیله نقلیه	۳۷۰۰۰	۳۷۰۰۰	۵۹۰۰۰	۱۰۰۰۰	
درآمد (میلیارد تومان)	۱۱۱	۰,۸۸۸	۲,۱۲۴	۲۵	۱۳۹,۰۱۲

۴-۴ محاسبه عوارض وسایل نقلیه

- به منظور رعایت عدالت و ایجاد انگیزه برای استفاده کمتر از وسایل نقلیه شخصی بر اساس کیلومتر تردد شده وسایل نقلیه عوارض سالانه محاسبه و اخذ می شود. فرضیات محاسبه در نظر گرفته شده عبارت اند از:
- حدود ۴ میلیون خودروی سواری و ۳,۵ میلیون موتورسیکلت در شهر تهران
- فصلنامه مهندسی ترافیک / سال بیست و یکم / شماره ۸۶ / پاییز ۱۴۰۰

- خودروهای سواری
- عوارض خودرو به ازای هر کیلومتر ۱ تومان برای موتورسیکلت‌ها
- محاسبه درآمد حاصل از عوارض وسایل نقلیه شخصی در سه حالت عدم تأثیر بر مقدار تردد وسایل نقلیه، کاهش ۱۰ درصدی تردد و کاهش ۲۰ درصدی تردد انجام گرفته است.
- ۴-۴-۱ عوارض وسایل نقلیه در حالت عدم تفاوت تردد وسایل نقلیه
- در جدول ۴ درآمد حاصل از اخذ عوارض سالانه وسایل نقلیه در حالت عدم کاهش تردد محاسبه شده است.

جدول ۴. محاسبه درآمد عوارض حاصل از اجرای طرح (عدم کاهش تردد)

	موتورسیکلت	خودروی سواری	عوارض سالیانه
جمع کل	۱	۲	قیمت عوارض به ازای هر کیلومتر پیمایش (تومان)
(میلیارد تومان)	۴۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	متوسط کیلومتر پیموده شده سالیانه (کیلومتر)
	۳۵۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰۰	تعداد در شهر تهران
۳۰۰	۱۴۰	۱۶۰	درآمد (میلیارد تومان)

۴-۴-۲ عوارض وسایل نقلیه در حالت کاهش ۱۰ درصدی تردد محاسبه شده است.

درصدی تردد وسایل نقلیه

در جدول ۵ درآمد حاصل از اخذ عوارض سالانه وسایل نقلیه

جدول ۵. محاسبه درآمد عوارض حاصل از اجرای طرح (کاهش ۱۰ درصدی تردد)

	موتورسیکلت	خودروی سواری	عوارض سالیانه
جمع کل	۱	۲	قیمت عوارض به ازای هر کیلومتر پیمایش (تومان)
(میلیارد تومان)	۳۶۰۰۰	۱۸۰۰۰	متوسط کیلومتر پیموده شده سالیانه (کیلومتر)
	۳۵۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰۰	تعداد در شهر تهران
۲۷۰	۱۲۶	۱۴۴	درآمد (میلیارد تومان)

ارائه مدل سیاست گذاری مدیریت تقاضا برای کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی در مناطق شهری با بهینه سازی مصرف منابع محدود

محیط زیست (مطالعه موردی: شهر تهران)

۴-۳- عوارض وسایل نقلیه در حالت کاهش ۲۰ در جدول ۶ درآمد حاصل از اخذ عوارض سالانه وسایل نقلیه درصدی تردد وسایل نقلیه در حالت کاهش ۱۰ درصدی تردد محاسبه شده است.

جدول ۶. محاسبه درآمد عوارض حاصل از اجرای طرح (کاهش ۲۰ درصدی تردد)

جمع کل	موتورسیکلت	خودروی سواری	عوارض سالانه
(میلیارد تومان)	۱	۲	قیمت عوارض به ازای هر کیلومتر پیمایش (تومان)
	۳۲۰۰۰	۱۶۰۰۰	متوسط کیلومتر پیموده شده سالانه (کیلومتر)
	۳۵۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰۰	تعداد در شهر تهران
۲۴۰	۱۱۲	۱۲۸	درآمد (میلیارد تومان)

گرفته شده است. به منظور عدم افزایش بی رویه قیمت کرایه ها و کسب و کارهای سامانه های حمل و نقل مانند اسنپ، تپ سی و امثالهم، فرض می شود که اگر وسیله نقلیه ای بیشتر از ۲۰۰۰ سرویس در سال انجام دهد شغل اصلی اش کار در این سامانه ها است و به ازای هر تعداد بیشتر از این تا سقف ۲۰ درصد سهمیه آلودگی افزایش و یا تخفیف در عوارض خودرو در نظر گرفته شده است. محاسبه درآمد حاصل از عوارض سبز در سه حالت عدم تأثیر بر مقدار تردد وسایل نقلیه، کاهش ۱۰ درصدی تردد و کاهش ۲۰ درصدی تردد انجام گرفته است.

#### ۴-۵- عوارض سبز در حالت عدم تفاوت تردد وسایل

##### نقلیه

با لحاظ تعداد وسایل نقلیه شامل خودروها و موتورسیکلت های شخصی و متوسط پیمایش به ترتیب ۲۰ هزار و ۴۰ هزار کیلومتر برای هر کدام انجام شده است. (جدول ۷ و جدول ۸)

#### ۴-۵- محاسبه عوارض سبز

فرضیات محاسبه در نظر گرفته شده عبارت اند از:

- متوسط مصرف بنزین روزانه شهر تهران ۱۴ میلیون لیتر (فرض ۱۰ میلیون لیتر مصارف وسایل نقلیه شخصی)
- متوسط مصرف سوخت خودرو به ازای هر ۱۰۰ کیلومتر ۸ لیتر (در هر ۱۲,۵ کیلومتر ۱ لیتر)
- متوسط مصرف سوخت موتورسیکلت به ازای هر ۱۰۰ کیلومتر ۲ لیتر (در هر ۵۰ کیلومتر ۱ لیتر)
- حدود ۴ میلیون خودروی سواری و ۳,۵ میلیون موتورسیکلت در تهران
- فرض توزیع نرمال

همچنین به منظور تشویق خودروهای دوگانه سوز به استفاده از سوخت گاز به ازای تردد بیشتر از ۷۰ درصد توسط سوخت گاز، به ازای هر ۳ درصد، یک درصد تا سقف ۱۰ درصد سهمیه آلودگی افزایش و یا تخفیف در عوارض خودرو در نظر

جدول ۷. محاسبه درآمدهای حاصل از اخذ عوارض سبز برای خودروهای سواری (بدون کاهش تردد)

قیمت نهایی (میلیارد تومان)	متوسط قیمت عوارض سبز	تعداد خودرو	درصد فراوانی خودرو	کیلومتر پیمایش شده در سال
۰	۰	۵۲۰۰	۰,۱۳	تا ۵۰۰۰
۰	۰	۸۶۰۰۰	۲,۱۵	۵۰۰۱ الی ۱۰۰۰۰
۰	۰	۵۴۳۶۰۰	۱۳,۵۹	۱۰۰۰۱ الی ۱۵۰۰۰
۰	۰	۱۳۶۵۲۰۰	۳۴,۱۳	۱۵۰۰۱ الی ۲۰۰۰۰
۳۴,۱۳	هر کیلومتر ۱۰ تومان	۱۳۶۵۲۰۰	۳۴,۱۳	۲۰۰۰۱ الی ۲۵۰۰۰

کیلومتر پیمایش شده در سال	درصد فراوانی خودرو	تعداد خودرو	متوسط قیمت عوارض سبز	قیمت نهایی (میلیارد تومان)
۳۰۰۰۰ الی ۲۵۰۰۱	۱۳,۵۹	۵۴۳۶۰۰	هر کیلومتر ۲۰ تومان	۵۴,۳۶
۳۵۰۰۰ الی ۳۰۰۰۱	۲,۱۵	۸۶۰۰۰	هر کیلومتر ۳۰ تومان	۱۹,۳۵
بیش از ۳۵۰۰۰	۰,۱۳	۵۲۰۰	هر کیلومتر ۴۰ تومان	۲,۰۸
جمع کل				۱۰۹,۹۲

جدول ۸. محاسبه درآمدهای حاصل از اخذ عوارض سبز برای موتورسیکلت‌ها (بدون کاهش تردد)

کیلومتر پیمایش شده در سال	درصد فراوانی موتورسیکلت	تعداد موتورسیکلت	متوسط قیمت عوارض سبز	قیمت نهایی (میلیارد تومان)
تا ۱۰۰۰۰	۰,۱۳	۴۵۵۰	۰	۰
۱۰۰۰۱ الی ۲۰۰۰۰	۲,۱۵	۷۵۲۵۰	۰	۰
۲۰۰۰۱ الی ۳۰۰۰۰	۱۳,۵۹	۴۷۵۶۵۰	۰	۰
۳۰۰۰۱ الی ۴۰۰۰۰	۳۴,۱۳	۱۱۹۴۵۵۰	۰	۰
۴۰۰۰۱ الی ۵۰۰۰۰	۳۴,۱۳	۱۱۹۴۵۵۰	هر کیلومتر ۴ تومان	۲۳,۸۹۱
۵۰۰۰۱ الی ۶۰۰۰۰	۱۳,۵۹	۴۷۵۶۵۰	هر کیلومتر ۶ تومان	۳۳,۲۹۵۵
۶۰۰۰۱ الی ۷۰۰۰۰	۲,۱۵	۷۵۲۵۰	هر کیلومتر ۸ تومان	۱۰,۵۳۵
بیش از ۷۰۰۰۰	۰,۱۳	۴۵۵۰	هر کیلومتر ۱۰ تومان	۱,۰۴۶۵
جمع کل				۶۸,۷۶۸

کیلومتر و ۱۰ درصد کاهش تردد کمتر از متوسط در نظر گرفته شده است و محاسبات عوارض انجام شده است (جدول ۹ و جدول ۱۰).

۴-۵-۲ عوارض سبز در حالت کاهش ۱۰ درصدی تردد وسایل نقلیه  
با لحاظ تعداد وسایل نقلیه شامل خودروها و موتورسیکلت‌های شخصی و متوسط پیمایش به ترتیب ۲۰ هزار و ۴۰ هزار

جدول ۹. محاسبه درآمدهای حاصل از اخذ عوارض سبز برای خودروهای سواری (کاهش ۱۰ درصدی تردد)

کیلومتر پیمایش شده در سال	درصد فراوانی خودرو	تعداد خودرو	متوسط قیمت عوارض سبز	قیمت نهایی (میلیارد تومان)
تا ۵۰۰۰	۰,۱۶	۶۴۰۰	۰	۰
۱۰۰۰۱ الی ۱۰۰۰۰	۲,۵۸	۱۰۳۲۰۰	۰	۰
۱۰۰۰۱ الی ۱۵۰۰۰	۱۶,۳۱	۶۵۲۴۰۰	۰	۰
۱۵۰۰۱ الی ۲۰۰۰۰	۴۰,۹۵	۱۶۳۸۰۰۰	۰	۰
۲۰۰۰۱ الی ۲۵۰۰۰	۲۷,۳۱	۱۰۹۲۴۰۰	هر کیلومتر ۱۰ تومان	۲۷,۳۱
۲۵۰۰۱ الی ۳۰۰۰۰	۱۰,۸۷	۴۳۴۸۰۰	هر کیلومتر ۲۰ تومان	۴۳,۴۸
۳۰۰۰۱ الی ۳۵۰۰۰	۱,۷۲	۶۸۸۰۰	هر کیلومتر ۳۰ تومان	۱۵,۴۸

ارائه مدل سیاست گذاری مدیریت تقاضا برای کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی در مناطق شهری با بهینه سازی مصرف منابع محدود

محیط زیست (مطالعه موردی: شهر تهران)

کیلومتر پیمایش شده در سال	درصد فراوانی خودرو	تعداد خودرو	متوسط قیمت عوارض سبز	قیمت نهایی (میلیارد تومان)
بیش از ۳۵۰۰۰	۰,۱۰	۴۰۰۰	هر کیلومتر ۴۰ تومان	۱,۶۰
جمع کل				۸۷,۸۷

جدول ۱۰. محاسبه درآمدهای حاصل از اخذ عوارض سبز برای موتورسیکلت‌ها (کاهش ۱۰ درصدی تردد)

کیلومتر پیمایش شده در سال	درصد فراوانی موتورسیکلت	تعداد موتورسیکلت	متوسط قیمت عوارض سبز	قیمت نهایی (میلیارد تومان)
تا ۱۰۰۰۰	۰,۱۶	۵۶۰۰	۰	۰
۱۰۰۰۱ الی ۲۰۰۰۰	۲,۵۸	۹۰۳۰۰	۰	۰
۲۰۰۰۱ الی ۳۰۰۰۰	۱۶,۳۱	۵۷۰۸۵۰	۰	۰
۳۰۰۰۱ الی ۴۰۰۰۰	۴۰,۹۵	۱۴۳۳۲۵۰	۰	۰
۴۰۰۰۱ الی ۵۰۰۰۰	۲۷,۳۱	۹۵۵۸۵۰	هر کیلومتر ۴ تومان	۱۹,۱۱۷
۵۰۰۰۱ الی ۶۰۰۰۰	۱۰,۸۷	۳۸۰۴۵۰	هر کیلومتر ۶ تومان	۲۶,۶۳۱۵
۶۰۰۰۱ الی ۷۰۰۰۰	۱,۷۲	۶۰۲۰۰	هر کیلومتر ۸ تومان	۸,۴۲۸
بیش از ۷۰۰۰۰	۰,۱۰	۳۵۰۰	هر کیلومتر ۱۰ تومان	۰,۸۰۵
جمع کل				۵۴,۹۸۱۵

کیلومتر و ۲۰ درصد کاهش تردد کمتر از متوسط در نظر گرفته شده است و محاسبات عوارض انجام شده است (جدول ۱۱ و جدول ۱۲).

۴-۵-۳ عوارض سبز در حالت کاهش ۲۰ درصدی

تردد وسایل نقلیه

با لحاظ تعداد وسایل نقلیه شامل خودروها و موتورسیکلت‌های شخصی و متوسط پیمایش به ترتیب ۲۰ هزار و ۴۰ هزار

جدول ۱۱. محاسبه درآمدهای حاصل از اخذ عوارض سبز برای خودروهای سواری (کاهش ۲۰ درصدی تردد)

کیلومتر پیمایش شده در سال	درصد فراوانی خودرو	تعداد خودرو	متوسط قیمت عوارض سبز	قیمت نهایی (میلیارد تومان)
تا ۵۰۰۰	۰,۱۸	۷۲۰۰	۰	۰
۵۰۰۱ الی ۱۰۰۰۰	۳,۰۱	۱۲۰۴۰۰	۰	۰
۱۰۰۰۱ الی ۱۵۰۰۰	۱۹,۰۳	۷۶۱۲۰۰	۰	۰
۱۵۰۰۱ الی ۲۰۰۰۰	۴۷,۷۸	۱۹۱۱۲۰۰	۰	۰
۲۰۰۰۱ الی ۲۵۰۰۰	۲۰,۴۸	۸۱۹۲۰۰	هر کیلومتر ۱۰ تومان	۲,۴۸
۲۵۰۰۱ الی ۳۰۰۰۰	۸,۱۵	۳۲۶۰۰۰	هر کیلومتر ۲۰ تومان	۳۲,۶۰
۳۰۰۰۱ الی ۳۵۰۰۰	۱,۲۹	۵۱۶۰۰	هر کیلومتر ۳۰ تومان	۱۱,۶۱
بیش از ۳۵۰۰۰	۰,۰۸	۳۲۰۰	هر کیلومتر ۴۰ تومان	۱,۲۸
جمع کل				۶۵,۹۷

فصلنامه مهندسی ترافیک / سال بیست و یکم / شماره ۸۶ / پاییز ۱۴۰۰

جدول ۱۲. محاسبه درآمدهای حاصل از اخذ عوارض سبز برای موتورسیکلت‌ها (کاهش ۲۰ درصدی تردد)

قیمت نهایی (میلیارد تومان)	متوسط قیمت عوارض سبز	تعداد موتورسیکلت	درصد فراوانی موتورسیکلت	کیلومتر پیمایش شده در سال
۰	۰	۶۳۰۰	۰,۱۸	تا ۱۰۰۰۰
۰	۰	۱۰۵۳۵۰	۳,۰۱	۱۰۰۰۱ الی ۲۰۰۰۰
۰	۰	۶۶۶۰۵۰	۱۹,۰۳	۲۰۰۰۱ الی ۳۰۰۰۰
۰	۰	۱۶۷۲۳۰۰	۴۷,۷۸	۳۰۰۰۱ الی ۴۰۰۰۰
۱۴,۳۳۶	هر کیلومتر ۴ تومان	۷۱۶۸۰۰	۲۰,۴۸	۴۰۰۰۱ الی ۵۰۰۰۰
۱۹,۹۶۷۵	هر کیلومتر ۶ تومان	۲۸۵۲۵۰	۸,۱۵	۵۰۰۰۱ الی ۶۰۰۰۰
۶,۳۲۱	هر کیلومتر ۸ تومان	۴۵۱۵۰	۱,۲۹	۶۰۰۰۱ الی ۷۰۰۰۰
۰,۶۴۴	هر کیلومتر ۱۰ تومان	۲۸۰۰	۰,۰۸	بیش از ۷۰۰۰۰
۴۱,۲۶۸۵			جمع کل	

با در نظر گرفتن سه حالت کاهش صفر، ۱۰ و ۲۰ درصدی متوسط کیلومتر پیمایش شده خودروهای سواری و موتورسیکلت‌ها کاهش مصرف سوخت محاسبه شده است. (جدول ۱۳ و جدول ۱۴) برای حالت بدون کاهش تردد که هیچ صرفه‌جویی در مصرف صورت نخواهد گرفت.

#### ۴-۶ میزان کاهش مصرف سوخت حاصل از اجرای طرح

فرضیات محاسبات عبارت‌اند از:

- مصرف متوسط مصرف ۸ لیتر به ازای ۱۰۰ کیلومتر پیمایش برای خودروهای سواری
- مصرف متوسط مصرف ۲ لیتر به ازای ۱۰۰ کیلومتر پیمایش برای موتورسیکلت‌ها

جدول ۱۳. محاسبه میزان کاهش مصرف سوخت سالیانه در کشور (کاهش ۱۰ درصدی تردد)

حالت کاهش ۱۰ درصدی تردد					
نوع وسیله نقلیه	کاهش میانگین مسافت پیموده شده در سال (کیلومتر)	تعداد	کاهش یافته در سال (میلیارد کیلومتر)	میزان کاهش مصرف سوخت در سال (میلیون لیتر)	قیمت بنزین وارداتی
خودروها	۲۰۰۰	۴۰۰۰۰۰۰	۸	۶۴۰	۳۰ سنت (حدود)
موتورسیکلت‌ها	۴۰۰۰	۳۵۰۰۰۰۰	۱۴	۲۸۰	۱۲۶۰ تومان)
جمع کل			۲۲	۹۲۰	۱۱۵۹,۲ میلیارد تومان

ارائه مدل سیاست گذاری مدیریت تقاضا برای کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی در مناطق شهری با بهینه سازی مصرف منابع محدود

محیط زیست (مطالعه موردی: شهر تهران)

جدول ۱۴. محاسبه میزان کاهش مصرف سوخت سالیانه در کشور (کاهش ۲۰ درصدی تردد)

حالت کاهش ۲۰ درصدی تردد					
نوع وسیله نقلیه	کاهش میانگین مسافت پیموده شده در سال (کیلومتر)	تعداد	کاهش یافته در سال (میلیارد کیلومتر)	میزان کاهش مصرف سوخت در سال (میلیون لیتر)	قیمت بنزین وارداتی
موتورسیکلت ها	۸۰۰۰	۳۵۰۰۰۰۰	۲۸	۵۶۰	۱۲۶۰ تومان
جمع کل			۴۴	۱۸۴۰	۲۳۱۸,۴ میلیارد تومان

عبارت اند از:

- متوسط آلاینده‌گی یورو ۴ (میزان مونوکسید کربن، هیدروکربن و ناکس به ترتیب ۱، ۰٫۱ و ۰٫۰۸ گرم در هر کیلومتر)
- میانگین تولید دی‌اکسید کربن برای خودروهای سواری ۱۵۰ گرم به ازای هر کیلومتر
- میانگین تولید دی‌اکسید کربن برای موتورسیکلت‌ها ۴۰ گرم به ازای هر کیلومتر
- آلودگی موتورسیکلت‌ها به میزان ۵ برابر خودرو

#### ۷-۴ میزان کاهش انتشار آلودگی هوا حاصل از

#### اجرای طرح

با توجه به در نظر گرفتن کمترین میزان انتشار آلاینده‌گی توسط وسایل نقلیه (بالاترین استاندارد) کمترین میزان کاهش آلاینده‌گی به دست آمده است. با در نظر گرفتن سه حالت کاهش صفر، ۱۰ و ۲۰ درصدی متوسط کیلومتر پیمایش شده خودروهای سواری و موتورسیکلت‌ها کاهش انتشار آلاینده‌گی محاسبه شده است. (جدول ۱۵ و جدول ۱۶) برای حالت بدون کاهش تردد که کاهش آلودگی هوا میسر نخواهد شد. فرضیات محاسبات

جدول ۱۵. محاسبه کاهش انتشار آلاینده‌های هوا حاصل از اجرای طرح (کاهش ۱۰ درصدی تردد)

حالت کاهش ۱۰ درصدی تردد						
نوع وسیله نقلیه	کاهش میانگین مسافت پیموده شده در سال (کیلومتر)	تعداد وسایل نقلیه (میلیون)	کل پیمایش کاهش یافته در سال (میلیارد کیلومتر)	میزان کاهش مونوکسید کربن (تن در سال)	میزان کاهش هیدروکربن (تن در سال)	میزان کاهش ناکس (تن در سال)
خودروها	۲۰۰۰	۴	۸	۸۰۰۰	۸۰۰	۶۴۰
موتورسیکلت ها	۴۰۰۰	۳,۵	۱۴	۷۰۰۰۰	۷۰۰۰	۵۶۰
جمع کل				۷۸۰۰۰	۷۸۰۰	۶۲۴۰
						۱۲۰۰ (هزار تن در سال)

جدول ۱۶. محاسبه کاهش انتشار آلاینده‌های هوا حاصل از اجرای طرح (کاهش ۲۰ درصدی تردد)

حالت کاهش ۲۰ درصدی تردد							
نوع وسیله نقلیه	کاهش میانگین مسافت پیاده شده در سال (کیلومتر)	تعداد وسایل نقلیه (میلون)	سال (میلیارد کیلومتر)	کل پیمایش کاهش یافته در (تن در سال)	میزان کاهش مونوکسید کربن در سال	میزان کاهش هیدروکربن (تن در سال)	میزان کاهش دی‌اکسید کربن (هزار تن در سال)
خودروها	۴۰۰۰	۴	۱۶	۱۶۰۰۰	۱۶۰۰	۱۲۸۰	۲۴۰۰
موتورسیکلت‌ها	۸۰۰۰	۳,۵	۲۸	۱۴۰۰۰۰	۱۴۰۰۰	۱۱۲۰۰	۱۱۲۰
جمع کل				۱۵۶۰۰۰	۱۵۶۰۰	۱۲۴۸۰	۳۵۲۰

## ۵. نتیجه گیری

- افزایش مراجعه به مراکز معاینه فنی خودرو و تشویق شهروندان به استفاده از سوخت و وسایل نقلیه پاک؛
- برقراری عدالت اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی.

همان‌طور که ملاحظه شد طبق دو سناریوی کاهش ۱۰ و ۲۰ درصدی تردد به ترتیب ۲۲ و ۴۴ میلیارد کیلومتر از تردد وسایل نقلیه شخصی (خودرو و موتورسیکلت) در شهر تهران کاسته شده و به تبع آن نیز انتشار آلاینده‌های هوا صورت نپذیرفته و ترافیک در سطح شهر نیز کاهش و در نهایت سلامتی جسمی و روانی افزایش یافته است.

خلاصه درآمدها و صرفه‌جویی‌های حاصل از اجرای طرح برای سه حالت بدون کاهش، کاهش ۱۰ درصدی و کاهش ۲۰ درصدی تردد محاسبه، در جدول ۱۷ ارائه و در شکل ۱ مقایسه شده است.

مزایا و نتایج حاصل از اجرای سیاست ارائه شده به شرح زیر است،

- کاهش کلی میزان تردد و افزایش تقاضا برای وسایل نقلیه کم‌مصرف‌تر و باکیفیت‌تر؛
- عدم نیاز به افزایش قیمت بنزین و ایجاد تقاضای اجتماعی برای افزایش کیفیت آن؛
- کاهش انتشار آلودگی‌های هوا توسط وسایل نقلیه و به تبع آن کاهش بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا؛
- افزایش درآمد شهرداری‌ها (مؤثر در گسترش و نوسازی ناوگان حمل‌ونقل عمومی)، نیروی انتظامی (راهنمایی و رانندگی)، سازمان محیط‌زیست و سایر دستگاه‌های ذی‌ربط؛
- عدم ایجاد برخورد سلبی با رانندگان و در نتیجه کاهش تبعات اجتماعی ناشی از اجرای طرح؛

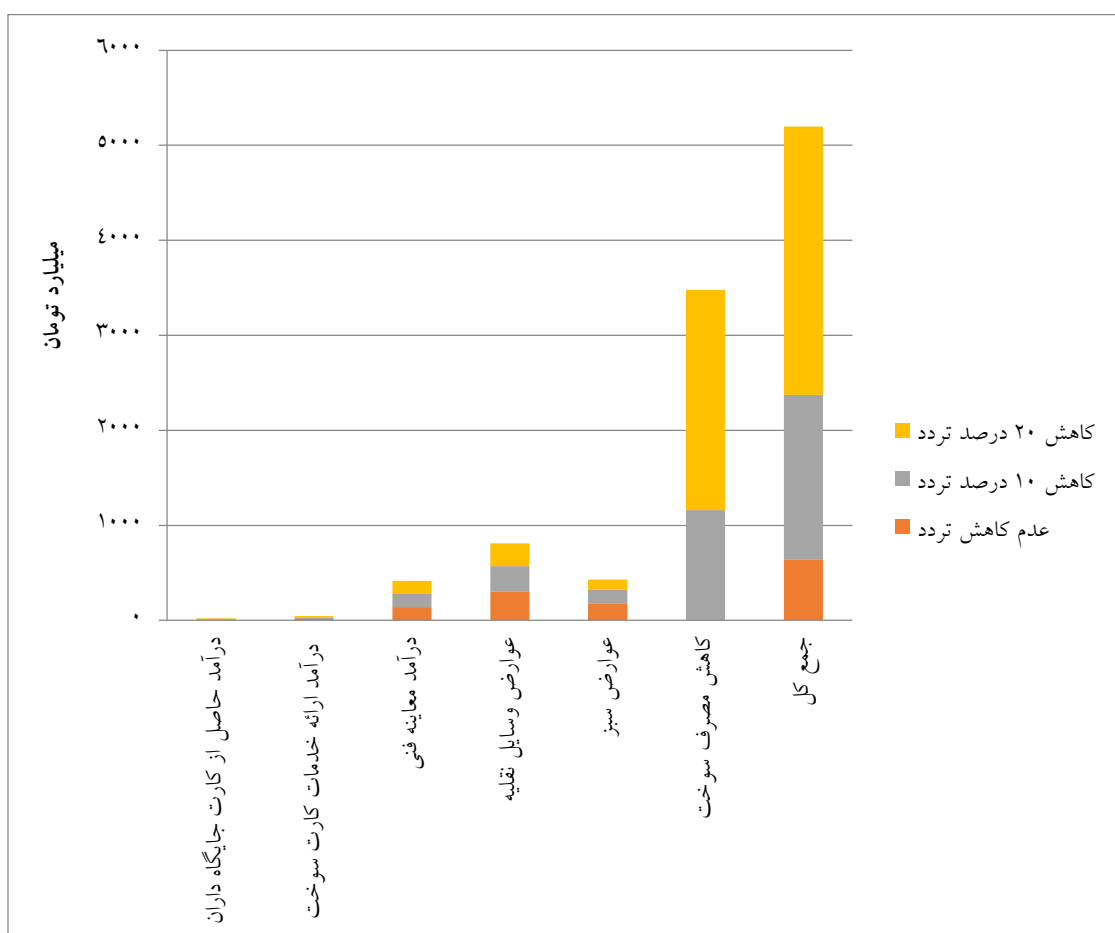
جدول ۱۷. خلاصه محاسبات درآمد کل و کاهش مصرف سوخت حاصل از اجرای طرح (میلیارد ریال)

عنوان	عدم کاهش تردد	۱۰ درصد کاهش تردد	۲۰ درصد کاهش تردد
درآمد حاصل از استفاده از کارت جایگاه داران		۶,۶	
درآمد ارائه خدمات کارت سوخت		۱۵,۰	
درآمد معاینه فنی		۱۳۹,۰	

ارائه مدل سیاست گذاری مدیریت تقاضا برای کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی در مناطق شهری با بهینه سازی مصرف منابع محدود

محیط زیست (مطالعه موردی: شهر تهران)

عنوان	عدم کاهش تردد	۱۰ درصد کاهش تردد	۲۰ درصد کاهش تردد
عوارض وسایل نقلیه	۳۰۰,۰	۲۷۰,۰	۲۴۰,۰
عوارض سبز	۱۷۸,۷	۱۴۲,۸	۱۰۷,۲
جمع کل درآمد	۶۳۹,۳	۵۱۳,۴	۵۰۷,۸
کاهش مصرف سوخت	۰,۰	۱۱۵۹,۲	۲۳۱۸,۴
جمع کل درآمد و کاهش مصرف سوخت	۶۳۹,۳	۱۷۳۲,۶	۲۸۲۶,۲



شکل ۱. نمودار درآمدها و کاهش مصرف سوخت حاصل از اجرای طرح

سیاست ارائه شده، سازوکاری مؤثر و از نظر اعتباری خودگردان برای مدیریت تقاضا و تشویق رانندگان به استفاده از وسایل نقلیه بهینه را فراهم می کند. این سیاست برای اولین بار مسئله میزان آلاینده‌گی وسایل نقلیه را در کانون توجه قرار داده است و با برخورداری از یک نگاه سیستمی دستگاه‌های دست‌اندرکار، از همکاری میان آنها بهره می برد.

همان‌طور که ملاحظه می شود در بدبینانه ترین حالت از اجرای سیاست ارائه شده حداقل درآمدی بالغ بر حدود ۶۴۰ میلیارد تومان حاصل خواهد شد؛ از درآمدهای حاصله می توان در مواردی مانند گسترش و نوسازی ناوگان حمل و نقل عمومی (شامل مترو، اتوبوس و تاکسی)، دادن تسهیلات برای نوسازی خودروهای فرسوده شخصی و هزینه های بهداشت و درمان ناشی از آلودگی هوا در کلان شهر تهران بهره برد. در نهایت

فصلنامه مهندسی ترافیک/ سال بیست و یکم/ شماره ۸۶ / پاییز ۱۴۰۰

## ۶. مراجع

- WHO, www.who.int, 2014, <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>
- G. Zhu et al., 2019, Health burdens of ambient PM2.5 pollution across Chinese cities during 2006–2015, *Journal of Environmental Management*, vol. 243, pp. 250-256.
- www.khabaronline.ir, 1396, <https://www.khabaronline.ir/news/739632/>
- <https://www.asriran.com/fa>, 1394, <https://www.asriran.com/fa/news/442255>.
- M. Farda, C. Balijepalli, 2018, Exploring the effectiveness of demand management policy in reducing traffic congestion and environmental pollution: Car-free day and odd-even plate measures for Bandung city in Indonesia, *Case Studies on Transport Policy*, vol. 6, p. 577–590.
- F. Taksibi, H. Khajehpour, Y. Saboohi, 2020, On the environmental effectiveness analysis of energy policies: A case study of air pollution in the megacity of Tehran, *Science of the Total Environment*, vol. 705.
- <https://www.amar.org.ir/1395>.