تعیین عوارض بهینه مالکیت و عوارض استفاده از خودرو با رویکرد کمینه کردن هزینه‌های بیرونی: مطالعه موردی شهر تهران

محمود صفارزاده (مسئول مکاتبات)، استاد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
سید مهدی مشکانی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
سید احسان سیدابریشمی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
E-mail: saffar_m@modares.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۱٤ پذیرش: ۱۳۹۲/۰٦/۰٤

چکیده

رشد بی‌رویه وسایل نقلیه در چند سال اخیر باعث افزایش هزینه‌های بیرونی حمل و نقل در معابر شهری شده است. تعیین ساختار بهینه عوارض خودرو یکی از راه‌های افزایش رفاه اجتماعی و کنترل هزینه‌های بیرونی حمل و نقل است. هدف این تحقیق، تعیین بهینه عوارض مالکیت و عوارض استفاده از خودرو به نحوی است که هزینه‌های بیرونی خودروها در معابر شهری کمینه شود. هزینه بیرونی درنظر گرفته شده در این تحقیق، آلودگی هوا شامل آلاینده‌های مختلف بوده و توابع مورد استفاده در مدل بهینه‌سازی تابع انتخاب گسسته لوجیت و تابع برآورد مسافت طی شده خودرو است. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از طریق مراجعه به منابع کتابخانه‌ای و سازمانهای مختلف حاصل شده است. براساس نتایج به دست آمده، عوارض مالکیت و استفاده از خودرو گروه‌های مختلف خودرو براساس حجم موتور، سن خودرو و توع سوخت تعیین شده است. به عنوان مثال، متوسط عوارض مالکیت خودرو خودروهای با حجم کمتر از ۱٤۰۰ سی‌سی با سوخت بنزینی و سن کمتر از پنج سال ۶۶۰۰۰ تومان است، در حالی که متوسط عوارض اخذ شده برای این گروه از خودروها در حال حاضر ۲۰۰۰۰۰ هزار ریال است که نشان می‌دهد اولا خودروهای بنزینی نسبت به خودروهای دوگانه‌سوز با سن مشابه ملزم به پرداخت عوارض مالکیت و هزینه متغیر بیشتری بوده، ثانیاً خودروهای با سن بیشتر نسبت به خودروهای با سن کمتر با سوخت مشابه عوارض بیشتری پرداخت می‌نمایند. همچنین مشخص شد تغییر عوارض مالکیت خودرو بر روی میزان آلایندگی چندان اثرگذار نیست، در حالی که تغییر هزینه متغیر خودرو، میزان آلایندگی را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: عوارض مالکیت خودرو، هزینه متغیر خودرو، هزینه‌های بیرونی، انتخاب گسسته

۱. مقدمه

رشد شتابان اقتصادی و جمعیتی کلانشهرها و افزایش مالکیت خودرو در کنار محدودیت‌های زیرساخت‌های حمل و نقل شهری و ناکارآمدی حمل و نقل همگانی در شهرهای بزرگ، باعث افزایش استفاده از خودرو شخصی در این شهرها شده است. برنامه‌ریزان بخش حمل‌ونقل با درک عوارض نامطلوب این پدیده در زندگی شهری و آثار گسترده اقتصادی- اجتماعی- زیست محیطی آن، استراتژی‌های متنوعی را برای کنترل و تخفیف عوارض ناشی از این وضعیت بکار گرفته‌اند که تحت عنوان مدیریت تقاضای حمل و نقل دسته‌بندی می شود[Shahamat, et al. 2004]. از بین سیستم‌های مختلف حمل و نقلی در جهان، حمل و نقل زمینی سهم قابل توجهی را به خود اختصاص داده است که مهمترین و معمول‌ترین مد آن وسیله نقلیه شخصی است. ویژگی‌های منحصر به فرد این وسیله مانند انعطاف- پذیری در استفاده، در دسترس بودن همیشگی و امکان سفر متصل باعث شده تعداد این وسیله در دهه گذشته در سطح کشور افزایش قابل توجهی یابد. البته دلایل دیگری همچون عدم دسترسی به یک سیستم حمل و نقل عمومی قابل قبول، گسترش بی‌رویه محیط شهر و بخصوص پایین بودن مبلغ عوارض سالیانه نگهداری و استفاده از خودرو در کشور در مقایسه با سایر کشورهای جهان، در این افزایش سهم قابل توجهی داشته‌است [Abbaszade, 2011].

یکی از روش‌های کنترل اثرات مخرب خودروها که به آن هزینه‌های بیرونی خودروها گفته می‌شود، تغییر عوارض سالیانه مالکیت و عوارض استفاده از خودروها است که سیاستگذاران می‌توانند با تغییر آنها، میزان استفاده از خودروها و متعاقبا هزینه‌های بیرونی وارد شده به جامعه را کاهش دهند.

توضیح آن‌که مالکیت وسیله نقلیه هزینه‌هایی دربردارد که در دو بخش هزینه‌های درونی[1] و هزینه‌های بیرونی[2] مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. هزینه‌های درونی هزینه‌هایی است که توسط مالک خودرو و از درآمد وی پرداخت می‌شود، در صورتی که هزینه‌های بیرونی هزینه‌هایی است که براثر استفاده از سیستم حمل و نقلی به جامعه تحمیل می شود. مهم‌ترین هزینه‌های درونی خودروی شخصی عبارتند از هزینه انرژی و سوخت، هزینه تعمیر و نگهداری و هزینه مربوط به بیمه و انواع مختلف عوارض خودرو، در حالی که مهم‌ترین هزینه‌های بیرونی وسایل نقلیه را آلودگی هوای ناشی از تردد خودروها، آلودگی صوتی، ریسک تصادف و تراکم ترافیک تشکیل می‌دهند[Khodapanah, 2011].

پایین بودن مبلغ عوارض سالیانه مالکیت و عدم وجود عوارض استفاده از خودرو در کشور سبب افزایش بی‌رویه میزان مالکیت و همچنین میزان استفاده از خودرو شده است. افزایش مالکیت و استفاده از خودرو به معنی افزایش هزینه‌های بیرونی وارد بر جامعه است، لذا سیاستگذاران می‌توانند با تغییر عوارض ثابت و متغیر خودروها میزان استفاده از خودرو و متعاقبا هزینه‌های بیرونی وارد شده به جامعه را کاهش دهند.

۲. مرور ادبیات تحقیق

بررسی‌های گسترده‌ای بر روی عوارض خودرو و هزینه‌های درونی و بیرونی آن انجام شده است. دسته‌ای از مطالعات به برآورد هزینه‌های بیرونی خودرو (آلودگی هوا، آلودگی صوتی، ریسک تصادف و تراکم) و اثر عوارض بر روی آن پرداخته‌اند، در حالی که دسته دیگر مربوط به تعیین بهینه عوارض خودرو و ارزیابی اثرات رفاهی آن بر جامعه است

از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعه والی‌زاده و همکاران (۱۳۸۷)، کومارسن و همکاران (۲۰۰۹)، سانتوس و همکاران (۲۰۱۰) و پاری (۲۰۱۲) اشاره کرد.

۲-۱ مطالعات انجام شده در زمینه برآورد هزینه‌های بیرونی خودرو

در تحقیقی والی‌زاده معجزی و همکاران به بررسی تأثیر

حذف یارانه انرژی در بخش حمل و نقل بر کاهش انتشار آلاینده‌های منواکسیدکربن و ذرات معلق در کشور طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸٤ پرداخته‌اند[Valizedeh, 2008].

کومارسن و همکاران با استفاده از داده‌های شهر دهلی در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۰٦ به برآورد انواع هزینه‌های بیرونی - از جمله آلودگی هوا، آلودگی صوتی، تصادفات و تراکم- دو گروه وسیله نقلیه شامل سواری و اتوبوس در دو دوره اوج و غیراوج در معابر شهری پرداخته‌اند [Kumar Sen, et al. 2009].

در تحقیقی دیگر گیبلین و همکاران به بررسی اثر عوارض بر هزینه‌های بیرونی پرداخته اند. در این تحقیق ضمن بررسی اثرات عوارض خودرو بر میزان انتشار دی‌اکسیدکربن، مدل انتخاب خودرو براساس ویژگی‌های آن جهت تغییر در سیستم عوارض و قیمت سوخت را ارایه کرده و اثر تغییراتی را بر درآمد مالیاتی ناشی از خرید خودروهای بنزینی و دیزلی دولت ایرلند پیش‌بینی می‌کند[Giblin, et al. 2009].

همچنین سانتوس و همکاران در مقاله‌ای مروری به بررسی هزینه‌های بیرونی خودرو و سیاست‌های اقتصادی به منظور کنترل آن پرداخته اند. در این تحقیق هزینه‌های بیرونی اصلی حمل و نقل به طور خلاصه بیان شده که عبارتند از تصادف، خسارت‌های جاده‌ای، خسارت‌های زیست محیطی و تراکم. همچنین به منظور حل مشکلات ناشی از این هزینه‌ها دو ابزار معرفی شده است که اولی، سیاست کنترلی- دستوری و دومی سیاست تشویقی است. سیاست اولی عبارت است از قوانین دولتی به منظور تغییر رفتار مصرف‌کننده و تولید کننده در حالی که سیاست دومی با اعمال تشویق‌های مالی برای مصرف‌کننده و تولیدکننده، سعی در تغییر رفتار آنها دارد[Santos, et al, 2010].

ایان پاری (۲۰۱۲) در تحقیقی به بررسی اصلاح سیستم عوارض به منظور بهبود اهداف زیست محیطی در جزیره موریس پرداخته است. در این تحقیق گزینه‌های مختلف جهت اصلاح عوارض خودرو با اهداف زیست‌محیطی و درآمدی بررسی شده و قدمی در جهت اخد عوارض بر مبنای استفاده از خودرو به منظور بهبود تراکم برداشته شده است[Parry, 2012].

۲-۲ مطالعات انجام شده در زمینه تعیین عوارض بهینه و ارزیابی اثرات رفاهی آن

دسته دیگر مطالعات مربوط به تعیین عوارض خودرو و ارزیابی اثرات رفاهی آن بر جامعه است. از جمله مطالعات در این زمینه می‌توان به مطالعه دی‌بورگر (۱۹۹٦) اشاره کرد.

دی‌بورگر و همکاران درتحقیقی با استفاده از مدل Neste CES [۳] (کشش جانشینی ثابت) برای تقاضا به قیمت‌گذاری حمل و نقل بار و مسافر در معابر شهری و غیرشهری در دوره اوج و غیراوج پرداخته اند. نتایج این تحقیق نشان داد که هزینه خارجی برآورد شده در تعادل فعلی، عددی قابل استناد برای اصلاح عوارض حمل و نقلی نخواهد بود، زیرا وقتی عوارض بالاتری اعمال می‌شود، حجم ترافیک و سطح تراکم کاهش خواهد یافت و متعاقبا هزینه نهایی خارجی به طور عمده‌ای تغییر خواهد کرد. همچنین محدودیت رفاه نسبی در صورت عدم تمایز ابزارهای قیمت‌گذاری هنگام استفاده از جاده در زمان اوج و غیراوج از دیگر نتایج این تحقیق است [De Borger, et al, 1997].

همچنین دی‌بورگر در تحقیقی دیگر به تحلیل بهینه عوارض دو بخشی با در نظرگیری هزینه‌های بیرونی از طریق مدل انتخاب گسسته پرداخت. در این تحقیق او از طریق یک مدل رفاه اجتماعی تحت محدودیت بودجه عوارض بهینه مالکیت خودرو و عوارض استفاده از خودرو را به منظور اصلاح هزینه‌های بیرونی تعیین کرد[De Borger, et al, 2000].

در تحقیق دیگری، پیتر رومیلی رفاه عمومی را با توجه به ظرفیت فشرده جاده‌ها ارزیابی و میزان خالص فایده اجتماعی[٤] (NSB) را محاسبه کرده است. در این تحقیق تابع تقاضای سفر با خودروی شخصی و اتوبوس، همچنین هزینه‌های بیرونی در موقعیت‌های مختلف اوج و غیراوج مورد تخمین و ارزیابی قرار گرفته است که نتایج حاصل از

شبیه‌سازی نشان می‌دهد که تحت قیمت‌گذاری بهینه برای شرایط ترافیک شهری با محدودیت ظرفیت جاده، مدل‌های هزینه- فایده استاندارد، سود خالص را دست بالا گرفته و مقدار آن را تا ۲٤٪ نشان می‌دهد[Romilly, 2004].

دی‌بورگر و همکاران در مطالعه‌ای، ساختار بهینه عوارض ثابت و متغیر را برای خودروهای دیزلی و بنزینی بررسی کرده‌اند. ابتدا با استفاده از مدل بهینه عددی انتخاب کاربران برای داشتن خودروهای مختلف و همچنین میزان تقاضای آنها برای مسافت طی شده بررسی شده سپس با ساختن سناریوهای مختلف و مقایسه آنها با هم بهترین سناریو به عنوان ساختار بهینه عوارض انتخاب شده است. آنها ابتدا با استفاده از مدل انتخاب گسسته لوجیت انتخاب کاربران برای استفاده از خودرو شخصی یا حمل و نقل عمومی، استفاده از خودرو بنزینی یا دیزلی، استفاده از وسیله نقلیه شخصی در ساعت اوج یا غیراوج را بررسی کردند؛ سپس با ارایه مدل استفاده از خودرو و ساختن سناریوهای مختلف و مقایسه آنها با هم، بهترین سناریو را طوری انتخاب کردند که ضمن بهینگی عوارض ثابت و متغیر رفاه اجتماعی بیشینه شود. [De Borger, et al, 2006].

در مطالعه دیگری، ایان پاری و همکاران با ارایه مدل مطلوبیت خانوار به بررسی و ارزیابی چگونگی اصلاح قیمت‌های حمل و نقل شهری و اثر آنها بر رفاه عمومی مسافران در شهر مکزیکوسیتی پرداخته‌اند. مدل معرفی شده برای شهر مکزیکوسیتی شامل سیستم حمل‌ونقل شهری به تفکیک خودرو شخصی، مینی‌بوس، اتوبوس و حمل‌ونقل ریلی با درنظر گرفتن هزینه‌های بیرونی خودروها است[Parry, et al, 2010].

موتوکریشنان (۲۰۱۰)، در تحقیقی مدلی را جهت تابع مطلوبیتی جهت مطالعه اثر تبدیل عوارض مالکیت به عوارض استفاده از خودرو بر روی رفاه جامعه ارایه نموده است. هدف این مدل حداکثرکردن مسافت طی شده با وسیله شخصی تحت محدودیت بودجه فرد است که در حالت اول دو نوع عوارض که عبارتند از عوارض مالکیت و عوارض استفاده از خودرو، در مسئله موجود بوده و در حالت دوم عوارض سالیانه حذف و تبدیل به عوارض استفاده از خودرو می‌شود. پس از حل مسئله برای شهر سنگاپور مشاهده شد که در حالتی که عوارض سالیانه حذف شده است میزان مسافت طی شده توسط فرد کمتر از حالتی است که عوارض سالیانه مالکیت وجود داشته و در عوض میزان استفاده از سایر کالاها افزایش یافته یعنی مطلوبیت فرد کاهش یافته است[Muthukrishnan, 2010].

با بررسی مطالعات داخلی و خارجی انجام شده در زمینه عوارض مشخص می‌شود هیچ کدام از مطالعات داخلی به بررسی اثر هزینه‌های مختلف خودرو بر رفاه اجتماعی نپرداخته است. همچنین مطالعات خارجی انجام شده در زمینه عوارض خودرو با رویکرد بیشینه کردن ارزیابی رفاه اجتماعی بوده و تحقیقی با رویکرد کمینه کردن بررسی هزینه‌های بیرونی خودروها صورت نگرفته است؛ بنابراین، این تحقیق به برآورد ارزیابی هزینه‌های بیرونی خودروها می‌پردازدخواهد پرداخت. در واقع هدف این تحقیق تعیین بهینه عوارض سالیانه مالکیت و استفاده از خودرو به نحوی است که هزینه‌های بیرونی وارد بر جامعه کمینه گردد. به این منظور مدل بهینه‌سازی طراحی شده، سپس با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک حل می‌شود.

۳. روش‌شناسی پژوهش

در این بخش ساختار مدل بهینه‌سازی جهت تعیین بهینه عوارض مالکیت و عوارض استفاده از خودرو معرفی خواهد شد. همان‌طور که در بخش مقدمه بیان شد، هدف کلی مدل بهینه‌سازی ساخته شده در این بخش تعیین مقدار عوارض سالیانه مالکیت و هزینه استفاده از خودرو به نحوی است که هزینه‌های بیرونی ناشی از عبور و مرور وسایل نقلیه حداقل شود. هزینه‌های بیرونی ناشی از وسایل نقلیه وارد بر جامعه عبارتند از آلودگی هوا، آلودگی صوتی، ریسک تصادف،

تراکم ترافیک و خرابی روسازی.

از بین هزینه‌های مختلف بیرونی تنها آلودگی هوا به تفکیک سه نوع آلاینده در نظر گرفته شده است. توضیح آن‌که از ریسک تصادف به دلیل نداشتن امکان دسترسی به داده‌های مربوط به تصادفات - به تفکیک نوع خودرو و شدت تصادف- در شهر تهران و از آلودگی صوتی به علت فقدان داده‌های مربوط به شدت صدای خودروها در ایران صرفنظر شده است. همچنین با انجام محاسباتی مشخص شد که اثر خرابی روسازی ناشی از خودروهای سواری تقریبا یکسان و مقداری بسیار کوچک است که می‌توان از آن چشم پوشی کرد.

پس از بررسی انواع مختلف آلاینده‌ها و مراجعه به سازمانهای مربوطه مانند شرکت کنترل کیفیت هوا و سازمان معاینه فنی خودروها مشخص شد که آلاینده‌های اصلی موجود در هوای شهر تهران عبارتند از: منوکسیدکربن ، اکسیدهای نیتروژن ، ذرات معلق ، دی‌اکسید کربن ، اکسیدهای گوگرد ، سرب و ازن ، که از بین آلاینده‌های مذکور سهم چهار آلاینده ذرات معلق، دی‌اکسید کربن، منوکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن در آلودگی هوای شهر تهران، بیشتر از بقیه آلاینده‌ها است. به دلیل دسترسی نداشتن به میزان انتشار آلاینده ذرات معلق توسط هر خودرو، نهایتا آلاینده‌های دی‌اکسید کربن، منوکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن در این پژوهش در نظر گرفته شده اند که با توجه به محدودیت اطلاعات در مدل بهینه‌سازی ساخته شده در این پژوهش تنها آلودگی هوا شامل آلاینده‌های دی‌اکسید کربن، اکسید نیتروژن و منوکسید کربن، دیده شده است.

در این پژوهش به منظور تعیین عوارض، خودروهای مختل ف در چند گروه دسته‌بندی خواهند شد. به منظور طبقه‌بندی خودروها به نظر می‌رسد پارامتر حجم موتور جهت تفکیک کلی خودروها پارامتری مناسب باشد، زیرا می‌توان خودروهای شخصی را به سه دسته کوچک، متوسط و بزرگ تقسیم‌بندی کرد، به طوری‌که خودروهایی مانند پراید در دسته اول، سمند در دسته دوم و تویوتاپرادو در دسته سوم جای خواهند گرفت. همچنین از آنجا که از جمله پارامترهای تأثیرگذار در آلایندگی خودروها می‌توان به نوع سوخت و سن خودرو اشاره کرد، بنابراین سعی شده است تا خودروها براساس این پارامترها دسته‌بندی شوند. بنابراین عوارض مالکیت و استفاده از خودرو براساس حجم موتور، سن خودرو و نوع سوخت تعیین خواهند شد.

از آنجا که خانوارها در جامعه دارای سطح درآمد متفاوتی هستند، بنابراین میزان مسافت سالیانه طی شده آنها توسط خودروی شخصی نیز متفاوت خواهد بود. از این رو، خانوارهای مالک خودرو در شهر تهران از لحاظ درآمدی در سه دسته طبقه‌بندی خواهند شد. توضیح آن که این طبقه‌بندی براساس داده‌های هزینه- درآمد خانوار در سال ۱۳۸۸ صورت گرفته است که در آن خانوارها به لحاظ درآمدی در ده دهک قرار داده شده‌اند. سه دهک اول در گروه۱، چهار دهک دوم در گروه ۲ و ۳ دهک آخر هم در گروه ۳ جای گرفته‌اند. خانوارهای مالک خودرو در جامعه دارای سطح درآمد متفاوتی هستند که میزان مسافت سالیانه طی شده با خودرو از گروه خاص توسط خانوارهای با سطح درآمدی متفاوت، مختلف است.

همچنین این مسأله محدودیت‌هایی را جهت تعیین بهینه عوارض در نظر گرفته است. محدودیت اول حداقل میزان درآمد حاصله از عوارض را بیان می‌کند و محدودیت دوم خودروهای بزرگ‌تر را ملزم به پرداخت عوارض بیشتری می‌کند. در ادامه اجزای مختلف مدل بهینه‌سازی ساخته شده به تفصیل شرح داده خواهد شد.

۳-۱ متغیرهای تصمیم

متغیرهای تصمیم این مساله عبارتند از P_i-C_i که عبارت است از عوارض استفاده از خودرو بر واحد مسافت طی شده برای خودرو گروه i بر حسب تومان/کیلومتر و F_i که عبارت است از عوارض سالیانه مالکیت خودرو برای خودرو گروه i بر حسب تومان.

عوارض استفاده از خودرو عوارضی است که مربوط به حرکت خودرو بوده و هر چقدر میزان استفاده از خودرو بیشتر باشد، عوارض بیشتری به مالک خودرو تعلق می‌گیرد. عوارض استفاده از خودرو اختلاف هزینه متغیر خودرو در واحد کیلومتر(P_i) با هزینه تعمیر و نگهداری در واحد کیلومتر (C_i) است. دلیل محاسبه اختلاف هزینه متغیر از هزینه تعمیر و نگهداری این است که هزینه متغیر خودرو شامل عوارض سوخت، هزینه بیمه و هزینه تعمیرو نگهداری است که از میان این سه هزینه، عوارض سوخت و هزینه بیمه مربوط به بخش دولتی است، در حالی که هزینه تعمیر و نگهداری خودرو به بخش خصوصی مربوط می‌شود؛ بنابراین با برداشتن هزینه تعمیر و نگهداری عوارض استفاده از خودرو حاصل می‌شود و سیاستگذار می‌تواند درآمد حاصل از آن را برای بهبود معابر شهری هزینه کند.

عوارض سالیانه مالکیت خودرو، عوارض ثابت خودرو را تشکیل می‌دهد که به میزان استفاده از خودرو ارتباطی نداشته و به تمامی مالکین خودرو تعلق می‌گیرد.

خودروهای شخصی در این مساله براساس حجم موتور، سن خودرو و نوع سوخت مصرفی در ۱۰ گروه طبقه‌بندی شده‌اند. در جدول ۱ گروه‌های مختلف خودرو آورده شده است.

۳-۲ تابع هدف

چارچوب کلی تابع هدف این پژوهش که تابع هزینه آلایندگی ناشی از تردد خودروها است، برگرفته از پژوهش دی‌بورگر و مایرز، ۲۰۰۷ است که در آن تابع هزینه بیرونی ساخته شده شامل دو گروه خودرو بنزینی و دیزلی بوده و هزینه مربوط به آلودگی و تصادف در نظر گرفته شده است. در پژوهش حاضر سعی شده است تابع هدف با توجه به شرایط موجود در کشور تغییر داده شود، به طوری که تقسیم‌بندی خودروها براساس حجم موتور، نوع سوخت موتور و سن خودروها مدنظر قرار داده شده است.

جدول ۱. طبقه‌بندی خودروها براساس حجم موتور، سن خودرو و نوع سوخت گروه‌های مختلف خودرو

حجم موتور (سی‌سی)	i	حجم موتور(سی‌سی)	سن خودرو نوع موتور
V<۱۴۰۰	۱	۵ سال و کمتر	معمولی
	۲	۵ سال و کمتر	دوگانه سوز
	۳	بیشتر ار ۵سال	معمولی
	٤	بیشتر ار ۵ سال	دوگانه سوز
۲۰۰۰>V>۱٤۰۰	۵	۵ سال و کمتر	معمولی
	٦	۵ سال و کمتر	دوگانه سوز
	۷	بیشتر ار ۵سال	معمولی
	۸	بیشتر ار ۵ سال	دوگانه سوز
V>۲۰۰۰	۹	۵ سال و کمتر	معمولی
	۱۰	بیشتر ار ۵ سال	معمولی

همان‌طور که قبلا بیان شد این مسأله به دنبال کمینه کردن هزینه‌های بیرونی وارد بر جامعه است. تابع هدف بکار رفته در این مدل از حاصلضرب چندین جمله حاصل شده است که هر جمله معنا و مفهوم خاصی داشته و حاصلضرب این جملات مفهومی واحد را بیان می کند. در ادامه پس از معرفی تابع هدف و پارامترهای آن به تشریح این جملات پرداخته خواهد شد.

$$Min\sum_j\sum_i n.Pr_j(i).D_{ij}.(\gamma_i\times A_i+\theta_i\times Bi+\sigma_i\times C_i) \qquad (۱)$$

که در این رابطه j متوسط سطح درآمدی خانوار (۱و۲و۳)، n تعداد خانوارهای جامعه، $Pr_j(i)$ احتمال انتخاب خودرو گروه i توسط خانوار با سطح درآمد j، D_{ij} برآورد متوسط مسافت سالیانه طی شده خودرو برای خودرو گروه i توسط خانوار با سطح درآمدی j بر حسب کیلومتر طی شده، A_i میزان انتشار آلاینده CO_2 خودرو از گروه i بر حسب گرم/ کیلومتر، B_i میزان انتشار آلاینده NOx خودرو از گروه i بر حسب گرم/ کیلومتر، C_i میزان انتشار آلاینده CO خودرو از گروه i بر حسب گرم/ کیلومتر و $\gamma_i,\theta_i,\sigma_i$ هزینه انتشار آلاینده‌های خودرو از گروه i بر حسب تومان/گرم.

از حاصلضرب تعداد خانوار مالک خودرو جامعه (n) در تابع احتمال انتخاب خودرو i توسط خانوار با سطح درآمد $(Pr_j(i).)$ ، تعداد خانوارهای با سطح درآمد j که خودرو از گروه i را برمی‌گزینند مشخص خواهد شد $((n.Pr_j(i))$. از حاصلضرب متوسط مسافتی که خانوارهای با درآمد j با خودرو از گروه i طی می‌کنند در تعداد این خانوارها $(n.Pr_j(i).D_{ij})$، مسافت طی شده کل این خانوارها به دست می‌آید که واحد آن کیلومتر است. عبارت داخل پرانتز $(\gamma_i\times A_i+\theta_i\times B_i+\sigma_i\times C_i)$ حاصلضرب میزان انتشار آلاینده‌های مختلف بر حسب گرم بر کیلومتر در هزینه انتشار آلاینده‌ها بر حسب ریال بر گرم است که نهایتا ریال بر کیلومتر حاصل می‌شود. حال ضرب مسافت طی شده خانوارها بر حسب کیلومتر در هزینه وارد شده بر حسب ریال بر کیلومتر$(n.Pr_j(i).D_{ij}.(\gamma_i\times A_i+\theta_i\times B_i+\sigma_i\times C_i)$، هزینه آلایندگی خانوار با درآمد j که از خودروی گروه i استفاده می‌کنند حاصل می‌شود و مجموع این هزینه‌ها، هزینه‌ی آلایندگی وارد شده بر کل جامعه را برآورد خواهد کرد.

۳-۳ محدودیت‌ها

در این مسأله سه نوع محدودیت وجود دارد؛ محدودیت نوع اول حداقل درآمد ناشی از عوارض است. محدودیت نوع دوم خودروهای بزرگتر را ملزم به پرداخت عوارض بیشتری کرده و محدودیت نوع سوم به معرفی مدل‌های استفاده از خودرو و مدل انتخاب گسسته لوجیت می‌پردازد.

۳-۳-۱ محدودیت نوع اول

سیاستگذار در مقابل هزینه‌های بیرونی وارد شده به معابر شهری ناشی از عبور و مرور وسایل نقلیه موظف به پرداخت مخارجی جهت مصارف تعمیر و نگهداری و بهبود کیفیت معابر است که در این راستا اقداماتی مانند ایجاد فضای سبز جهت زیبایی معابر، کاهش آلودگی هوا، عملیات ترمیم و نگهداری روسازی به هنگام خرابی روسازی، نصب دیوارهای صوتی در بزرگراه‌ها و ایجاد زیرساخت‌های جدید انجام می‌شود. ازهمین‌رو سعی بر آن است تا حداقل درآمد از طریق دریافت عوارض حاصل شود.

$$\Sigma^{۱۰}_{i=۱}\Sigma^{۳}_{j=۱} n.Pr_j(i)i))P_i-C_i(D_{ij}+F_i(\geq B \qquad (۲)$$

از حاصلضرب تعداد خانوار جامعه در تابع احتمال انتخاب خودرو توسط خانوار $(n.Pr_j(i).)$، تعداد خانوارهای با درآمد j که خودرو از گروه i را برمی‌گزینند مشخص خواهد شد. همچنین ابتدا عوارض متغیر(P_i-C_i) بر حسب ریال بر کیلومتر در متوسط مسافت سالیانه طی شده خودرو بر حسب کیلومتر ضرب شده که حاصل آن هزینه متغیر پرداختی کاربران بر حسب ریال است$((P_i-C_i)\ D_{ij})$. در ادامه این هزینه با عوارض مالکیت خودرو جمع شده $((P_i-C_i)\ D_{ij}+F_i))$ و در تعداد خانوار ضرب می‌شود $(n.Pr_j(i)((P_i-C_i)\ D_{ij}+F_i)$ که هزینه کل پرداختی برای گروه

خودرو i با سطح درآمدی j حاصل خواهد شد. نهایتا این هزینه پرداختی برای خانوارهای با سطح درآمدی متفاوت که گروه‌های مختلف خودرو را برمی‌گزینند محاسبه و از جمع آنها عوارض کل پرداختی حاصل خواهد شد که باید با حداقل درآمد مورد نظر سیاستگذار برابر باشد. توضیح آن‌که حداقل درآمد دریافتی از عوارض خودرو، یک تصمیم مدیریتی بوده که باید توسط کارشناسان و مدیران ارگان سیاستگذار تعیین شود.

۳-۳-۲ محدودیت نوع دوم

همان‌طور که قبلا اشاره شد، خودروهای شخصی دارای اندازه‌های متفاوتی هستند. خودروهای بزرگ تر حجم بیشتری از معابر شهری را اشغال می‌کنند بنابراین باید ملزم به پرداخت عوارض مالکیت بیشتری نسبت به خودروهای کوچک تر باشند که این محدودیت دررابطه ۳ و رابطه ٤ گنجانده شده است.

$$F_{i=10,9} \geq F_{i=5,6,7,8} \qquad (3)$$

$$F_{i=5,6,7,8} \geq F_{i=1,2,3,4} \qquad (4)$$

۳-۳-۳ محدودیت نوع سوم

این نوع محدودیت، به تعریف توابع بکار رفته در بخش‌های مختلف مدل می‌پردازد.

۳-۳-۳-۱ تابع تقاضای خانوار جهت برآورد میزان استفاده از خودرو [De Jong, 1990]

تابع تقاضای خانوار جهت تعیین میزان استفاده از خودرو موسوم به مدل مطلوبیت غیرمستقیم است که توسط دی‌یانگ در سال ۱۹۹۰ ارایه شده است. لازم به ذکر است که مطلوبیت مستقیم تابعی از میزان مصرف کالا است در حالی که مطلوبیت غیرمستقیم تابعی از هزینه و درآمد است. از جمله دلایل استفاده از این مدل می‌توان به غیرهمفزون بودن مدل، قابلیت درنظر گرفتن هزینه-های ثابت و متغیر به طور همزمان اشاره کرد.

$$D_{ij}=(Y_j-F_i)^{\alpha}.\exp(\delta-\beta P_i) \qquad (5)$$

که در آن D_{ij} برآورد متوسط مسافت سالیانه طی شده خودرو برای خودرو گروه i توسط خانوار با سطح درآمدی j برحسب کیلومتر طی شده، Y_j درآمد خانوار با سطح درآمدی j و α,β,δ پارامترهای مدل است.

۳-۳-۳-۲ تابع انتخاب گسسته لوجیت [Ben-Akiva. and Ler-man, 1985]

$$(Pr_j(i)=\exp V_{ij}/\Sigma(\exp(V_{ij}) \qquad (6)$$

که در آن $Pr_j(i)$ مدل انتخاب گسسته لوجیت[5] (احتمال انتخاب خودرو گروه i توسط خانوار با سطح درآمد j) و V_{ij} مطلوبیت غیر مستقیم[6] (مطلوبیت خودرو کلاس i برای خانوار با سطح درآمد j) است که طبق رابطه ۷ تعریف می‌شود [De Jong, G. C. 1990].

$$V_{ij}=1/\beta\, e^{(-\beta P_i+\delta)}+1/(1-\alpha)\,(Y_j-F_i)^{(1-\alpha)} \qquad (7)$$

و در نهایت محدودیت بزرگ‌تر مساوی برای متغیرهای هزینه متغیر خودرو و عوارض سالیانه مالکیت.

$$0 \leq P_i \qquad (8)$$

$$0 \leq F_i \qquad (9)$$

اطلاعات مورد نیاز بکار رفته در این تحقیق از طریق مراجعه به منابع کتابخانه‌ای و سازمانهای مختلف حاصل شده است. این اطلاعات شامل هزینه آلاینده‌های CO_2، NOx و CO [Khaksari, et al, 2010]، تأثیر سن خودرو بر میزان آلاینده‌ها درشهر تهران [Tehran Urban Planning &Research Center, 2012]، مقایسه آلایندگی سوخت CNG نسبت به بنزین [Iranian Fuel Conservation Com-pany, 2001]، میزان انتشار آلاینده‌های مختلف در شهر تهران [Tehran Urban Planning &Research Center, 2012]، و مشخصات اقتصادی اجتماعی خانوار شامل تعداد خانوار و درآمد خانوار در تهران [http://statistics.tehran.ir] است.

از آنجا که مسأله بهینه‌سازی ساخته شده در این تحقیق از نوع مسائل غیرخطی بوده و متغیرهای بکار رفته در آن دارای محدوده جواب هستند، جهت حل آن از روش فراابتکاری الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود. به منظور حل مسائل به این روش نیاز به تعیین محدوده جواب است که با توجه به اینکه متغیرهای تصمیم مساله هزینه متغیر و عوارض مالکیت خودرو هستند؛ برای این دو متغیر باید محدوده جواب تعیین گردد. محدوده جواب عوارض مالکیت خودرو با مراجعه به پژوهش انجام شده توسط مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران حاصل شده که از ۵۰,۰۰۰ تومان تا ۱۲۰,۰۰۰ تومان است. همچنین با انجام پرسشگری، محدوده هزینه متغیر خودرو ۸۰۰ ریال/ کیلومتر تا ۱۵۰۰ ریال/کیلومتر تعیین شده است.

به منظور تعیین عدد سمت راست محدودیت اول، از نظرات خبرگان و کارشناسان ارگان سیاستگذار بهره گرفته شده و فرض شده است که سیاستگذار در نظر دارد درآمد سالیانه حاصل از عوارض ثابت و متغیر به ۲۰۰ میلیارد تومان برساند.درنظر گرفته شد.

لازم به ذکر است در این مساله از پرداخت تابع برآورد متوسط مسافت سالیانه طی شده مورد استفاده در این تحقیق به دلیل حجم سنگین داده مورد نیاز صرف‌نظر شده و از مدل کالیبره شده برای کشور بلژیک توسط دی‌یانگ (۱۹۹۰) استفاده شده است که در آن ضرایب α، β و δ به ترتیب عبارتند از ۰/۴۹، ۰/۰۰۸ و ۱/۱۶ است.

٤. تعیین ضرایب آلایندگی در مدل بهینه‌سازی

به منظور تعیین ضرایب آلایندگی برای گروه‌های مختلف خودرو، از تمامی استانداردهای یورو با توجه به حجم موتور، خودروهای مختلف و میزان انتشار آلاینده‌های آنها انتخاب شده، سپس با توجه به تعداد خودروها، میانگین وزنی آلاینده‌ها برای حجم‌های مختلف موتور محاسبه می شود. لازم به ذکر است که برای خودروهای دوگانه‌سوز، این میانگین در ضریب کاهش آلایندگی ضرب شده است. ضرایب کاهش آلایندگی از گزارش سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، (۱۳۸۰) تحت عنوان "طرح مطالعاتی تعویض خودروهای فرسوده" برداشت شده است که در آن ضرایب کاهش آلایندگی خودروهای دوگانه‌سوز نسبت به خودروهای بنزینی به تفکیک آلاینده‌های مختلف موجود است. به عنوان مثال برای حجم کمتر از ۱٤۰۰ سی‌سی میانگین میزان انتشار آلاینده‌ی CO_2 برای خودروهای بنزینی (۱۵٦/۸۸ gr/km) در ضریب کاهش آلاینده CO_2 (۰/۸) ضرب شده که حاصل آن ۱۲۵/۵۰ gr/km است. ضریب سن خودرو فقط برای آلاینده CO مطرح است؛ بنابراین، از ضریب افزایش این آلاینده برای خودروهای با سن ۱ تا ۵ سال و همچنین خودروهای با سن ۵ تا ۱۰ سال میانگین گرفته و در میزان انتشار CO اعمال می‌شود.

در جدول ۲ میزان انتشار آلاینده‌های خودروهای با حجم کمتر از ۱٤۰۰ سی‌سی تعیین شده است.

جدول ۲. میزان انتشار آلاینده ها برای خودروهای با حجم کمتر از۱٤۰۰ سی‌سی

	نام خودرو	تعداد	میزان انتشار CO_2 (gr/Km)	میزان انتشار NOx (gr/Km)	میزان انتشار CO (gr/Km) بدون اعمال ضریب سن	میزان انتشار CO (gr /Km) برای خودروهای کمتر از ۵ سال	میزان انتشار CO (gr /Km) برای خودروهای ۵تا ۱۰ سال
V<۱٤۰۰	رنو پی‌کی	۵۳۵٤۸	۱٦۵	۱/٦٦۸	۸/۰۹۳	۱٤/۳۵٦	۵۱/۲۷۷
	Opel Astra	۹۸۳	۱۸۳/۳	۰/۲۹۷	۱/۰۷۸	۱/۹۱۲	٦/۸۳۰
	پراید صبا زیمنس	۲٦۳۷٤۲	۱٦۱	۰/۱۲	۰/۹۷	۱/۷۲۰	٦/۱٤۵
	پژو ۲۰٦ – ۱٤۰۰	۷۲۵٤٦٤	۱۵۵	۰/۰۷۲	۰/۸۵۸	۱/۵۲۲	۵/٤۳٦
	FIAT SIENA	۳۳٦٤	۱٤۹	۰/۰۳۹	۰/٦٤۷	۱/۱٤۷	٤/۰۹۹
	TOYOTA Yaris ۱۳۰۰	۹٤۲۸	۱٤۱	۰/۰۲۱	۰/٤۷۱	۰/۸۳۵	۲/۹۸٤
	میانگین وزنی میزان انتشار آلاینده‌ها برای خودروهای بنزینی	–	۱۵٦/۸۸٦	۰/۱٦٤	۱/۲٤۸	۲/۲۱۵	۷/۹۱۱
	میانگین میزان انتشار آلاینده‌ها برای خودروهای دوگانه‌سوز	–	۱۲۵/۵۱۰	۰/۰۵۷	۰/۳۷٤	۰/٦٦٤	۲/۳۷۳

جدول ۳. ضرایب مربوط به میزان انتشار گروه‌های مختلف خودرو

i	A(gr/km)CO۲	B(gr/km)NOx	C(gr/km)CO
۱	۸۸/۱۵٦	۰/۱٦٤	۲/۲۱۵
۲	۵۰/۱۲۵	۰/۰۵۷	۰/٦٦٤
۳	۸۸/۱۵٦	۰/۱٦٤	۷/۹۱۲
٤	۱۲۵/۵۰	۰/۰۵۷	۲/۳۷۳
۵	۲۰۷/۰٤	۰/۳۳۵	۱/۲٤۵
٦	۱٦۵/٦۳	۰/۱۱۷	۰/۳۷۳
۷	۲۰۷/۰٤	۰/۳۳۵	٤/٤٤۹
۸	۱٦۵/٦۳	۰/۱۱۷	۱/۳۳۵
۹	۲۵۵/۱۳	۰/۲۵۲	۰/۷۹۸
۱۰	۲۵۵/۱۳	۰/۲۵۲	۲/۸۵۱

با توجه به هزینه آلاینده‌ها در سال ۱۳۹۰، هزینه آلایندگی گروه‌های مختلف خودرو مطابق جدول ٤ است.

جدول ٤. هزینه آلایندگی گروه‌های مختلف خودرو

حجم موتور(سی‌سی)	*i*	سن خودرو	نوع موتور	هزینه آلایندگی (ریال/گرم)
V<۱٤۰۰	۱	۵ سال و کمتر	معمولی	۳۸
	۲	۵ سال و کمتر	دوگانه سوز	۲٦/۷۹
	۳	۵ تا ۱۰ سال	معمولی	۵۷/٤۷
	٤	۵ تا ۱۰ سال	دوگانه سوز	۳۱/٦٤
۲۰۰۰>V>۱٤۰۰	۵	۵ سال و کمتر	معمولی	٤۵/٦۹
	٦	۵ سال و کمتر	دوگانه سوز	۳۲/۷۷
	۷	۵ تا ۱۰ سال	معمولی	۵٦/٦۵
	۸	۵ تا ۱۰ سال	دوگانه سوز	۳٦/۰٦
V>۲۰۰۰	۹	۵ سال و کمتر	معمولی	۵۲/۰۲
	۱۰	۵ تا ۱۰ سال	معمولی	۵۹/۰۵

٤.حل مساله و تفسیر نتایج

مدل بهینه‌سازی ساخته شده پس از تعیین ضرایب، با استفاده از الگوریتم ژنتیک توسط نرم افزار MATLAB حل شده است. نتایج حاصل از نرم افزار براساس جدول ۵ است.

جدول ۵. نتایج حاصل از حل مساله بهینه‌سازی

حجم موتور(سی‌سی)	i	سن خودرو	نوع موتور	هزینه متغیر خودرو(تومان/ کیلومتر)	عوارض سالیانه مالکیت خودرو (تومان)
V<۱٤۰۰	۱	۵ سال و کمتر	معمولی	۹٦	٦٦۰۰۰
	۲	۵ سال و کمتر	دوگانه سوز	۸۸	۵۰۰۰۰
	۳	۵ تا ۱۰ سال	معمولی	۱۰٤	۷٤۰۰۰
	٤	۵ تا ۱۰ سال	دوگانه سوز	۹٦	۵۸۰۰۰
۲۰۰۰>V>۱٤۰۰	۵	۵ سال و کمتر	معمولی	۱۲۸	۹۸۰۰۰
	٦	۵ سال و کمتر	دوگانه سوز	۱۱۲	۸۲۰۰۰
	۷	۵ تا ۱۰ سال	معمولی	۱۳٦	۱۰٦۰۰۰
	۸	۵ تا ۱۰ سال	دوگانه سوز	۱۲۸	۸۲۰۰۰
V>۲۰۰۰	۹	۵ سال و کمتر	معمولی	۱۵۲	۱۱٤۰۰۰
	۱۰	۵ تا ۱۰ سال	معمولی	۱۵۲	۱۲۲۰۰۰

همچنین مقدار تابع هدف که میزان آلایندگی نهایی هزینه بیرونی خودروها است ۸۸,۷۱۳,۵۵۵,۹۷۵ تومان بوده و درآمد حاصل از عوارض متغیر و مالکیت خودرو ۲۰۸,۳٦۷,۹۵۱,٦٤۲ تومان است.

همان‌طور که از جدول ۱۰ مشخص است

عوارض مالکیت و استفاده از خودرو برای گروه‌های مختلف خودرو در جدول ۵ تعیین شده است. همان‌طور که از این جدول مشخص است، برای خودروهای کمتر از ۱٤۰۰ سی‌سی (گروه ۱ تا ٤)، عوارض مالکیت و هزینه استفاده از خودرو برای خودروهای دوگانه‌سوز کمتر از خودروهای بنزینی بوده و همچنین عوارض مالکیت و هزینه متغیر خودروهای با سن کمتر از ۵ سال، کمتر از خودروهای با سن ۵ تا ۱۰ سال با سوخت مشابه است.

این مسئله را می‌توان چنین تفسیر کرد که هزینه آلایندگی ناشی از خودروهای بنزینی بیشتر از خودروهای دوگانه‌سوز با سن مشابه بوده و همچنین هزینه آلایندگی ناشی از خودروهای ۵ تا ۱۰ سال بیشتر از خودروهای کمتر از ۵ سال با سوخت مشابه است؛ بنابراین با اختصاص دادن عوارض مالکیت و هزینه استفاده بیشتر به خودروهای بنزینی با سن مشابه و خودروهای ۵ تا ۱۰ سال با سوخت مشابه، میزان مسافت طی شده خودرو و همچنین احتمال انتخاب این خودروها کمتر شده و هزینه آلایندگی کل کاهش می‌یابد.

برای خودروهای با حجم ۱٤۰۰ تا ۲۰۰۰ سی‌سی تفسیری مشابه خودروهای با حجم کمتر از ۱٤۰۰ سی‌سی صادق است. همچنین عوارض مالکیت خودرو برای خودروهای با حجم بین ۱٤۰۰ تا ۲۰۰۰ سی‌سی، همان‌طور که در محدودیت‌ها عنوان شده است، به جهت اینکه فضای بیشتری از معابر شهری اشغال می‌کند از دسته اول بیشتر است.

خودروهای با حجم بیشتر از ۲۰۰۰ سی‌سی، تک سوز (بنزینی) هستند از همین رو تنها بر اساس سن دسته بندی شده‌اند. از آنجایی که خودروهای با سن کمتر از ۵ سال، هزینه آلایندگی کمتری ایجاد می‌کنند، عوارض کمتری به این گروه تعلق گرفته است.

۵. تحلیل حساسیت

پس از حل مساله و تعیین مقدار عوارض گروه‌های مختلف خودرو، به منظور بررسی اعتبار سنجی مدل و درستی نتایج،

به انجام تحلیل حساسیت پرداخته می‌شود که در آن اثر تغییرات عوارض سالیانه خودرو، عوارض متغیر خودرو و همچنین تغییرات محدوده جواب عوارض مالکیت خودرو بر میزان آلایندگی کل هزینه بیرونی خودروها و درآمد حاصل از عوارض بررسی می‌شود.

۵-۱. اثر تغییر عوارض مالکیت خودرو بر روی میزان آلایندگی و درآمد حاصل از عوارض

اگر عوارض سالیانه گروه سوم از ۷٤۰۰۰ تومان به ٦٦۰۰۰ تومان تغییر یابد با فرض ثابت نگاه داشتن سایر عوارض و هزینه‌ها، میزان آلایندگی هزینه بیرونی کل از ۸۸,۷۱۳,۵۵۵,۹۷۵ به ۸۸,۷۱۹,۳٦۸,٤۸٦ تغییر خواهد کرد یعنی ۰/۰۰٦۵ درصد افزایش می‌یابد. درآمد حاصل از عوارض هم از ۲,۰۸۳,٦۷۹,۵۱٦,٤۲۱ به ۲,۰۸۱,۷۹۷,۳۵۵,۳٦۳ تغییر یافته یعنی ۰/۰۹ درصد کاهش خواهد یافت. از مقایسه مقادیر به دست آمده مشخص می‌شود که با افزایش یا کاهش عوارض مالکیت، تغییری بسیار اندک در میزان آلایندگی هزینه بیرونی خودروها مشاهده می‌شود که می‌توان از آن صرف‌نظر کرد.

۵-۲ اثر تغییر هزینه متغیر خودرو بر روی میزان آلایندگی و درآمد حاصل از عوارض

در این بخش با ثابت نگه داشتن عوارض مالکیت خودرو، اثر هزینه متغیر خودرو بر روی میزان آلایندگی هزینه بیرونی خودروها و همچنین درآمد حاصل از عوارض بررسی می‌شود. اگر هزینه متغیر گروه اول خودروها را از مقدار ۹٦ تومان/کیلومتر به ۸۸ تومان/کیلومتر کاهش دهیم با فرض ثابت نگه داشتن بقیه هزینه‌ها و عوارض، میزان هزینه بیرونی خودروهاآلایندگی کل از ۸۸,۷۱۳,۵۵۵,۹۷۵ به ۸۹,۳۸۱,٤۵۹,۹۱٦ تغییر یافته یعنی ۰/۷۵ درصد افزایش می‌یابد. همچنین درآمد حاصل از عوارض از ۲,۰۸۳,٦۷۹,۵۱٦,٤۲۱ به ۲,۰۷۳,۰۷۵,۸۳٤,۲۸۷ تغییر یافته یعنی ۰/۵۱ درصد کاهش یافته است.

با توجه به مقادیر به دست آمده مشخص می‌شود که میزان هزینه بیرونی خودروها آلایندگی کل و درآمد حاصل از عوارض با تغییر هزینه متغیر خودرو نسبت به عوارض سالیانه خودرو، به شدت تغییر می‌کند، بنابراین می‌تواند ابزاری موثر و مناسب برای سیاستگذار جهت کاهش میزان آلایندگی و تغییر درآمد باشد.

۵-۳ اثر تغییرات محدوده جواب عوارض مالکیت خودرو بر میزان آلایندگی کل و درآمد حاصل از عوارض

در این بخش با ثابت نگه داشتن هزینه متغیر خودرو، اثر محدوده جواب فعلی عوارض مالکیت خودرو در کشور که براساس یک به هزار قیمت خودرو است – با محدوده جواب استفاده شده در این تحقیق– که براساس میزان انتشار آلاینده‌های خودرو بوده و از پژوهش انجام شده توسط مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران گرفته شده است– مقایسه می‌شود.

محدوده جواب فعلی عوارض مالکیت خودرو از ۷۵۰۰ تومان برای خودرو پراید تا ۲۲۹۰۰۰ تومان برای خودرو پورشه پانوراما است (میزان عوراض تا سن ۱۰ سال ثابت است). اما از آنجایی که بیش از ۹۰ درصد خودروهای شهر تهران را خودروهایی تشکیل می‌دهند که عوارض فعلی آنها از ۷۵۰۰ تومان تا حداکثر ۳۵۰۰۰ تومان است [مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران]، بنابراین محدوده عوارض گروه خودروهای ۱ تا ۱۰، ۷۵۰۰ تومان تا ۳۵۰۰۰ تومان در نظر گرفته می‌شود. با ثابت نگه داشتن هزینه متغیر خودرو، مقدار تابع هدف یعنی هزینه آلودگی کلبیرونی به ۸۸,۷۵٦,٦۸٦,۹۱۸ تومان و درآمد حاصل از عوارض به ۱,۹۳۷,۱٦۵,۷۰۲,۵۲۲ تومان خواهد رسید.

از مقایسه دو محدوده جواب مشخص می‌شود که با تغییر محدوده عوارض فعلی مالکیت خودرو به محدوده مورد استفاده در این تحقیق، مقدار تابع هدف مساله یعنی میزان آلایندگی کل، ۰/۰٤۸ درصد کاهش و درآمد حاصل از عوارض به میزان ۷/۵ درصد افزایش می‌یابد؛ یعنی تغییر محدوده عوارض مالکیت خودرو بیش از آنکه بر روی

کاهش هزینه بیرونی آلایندگی موثر باشد بر روی افزایش درآمد حاصل از عوارض موثر است بنابراین ابزاری کارآمد جهت کاهش میزان آلایندگی هزینه بیرونی وارد شده بر جامعه محسوب نمی‌شود.

٦. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

افزایش بی‌رویه تعداد وسایل نقلیه موجب افزایش هزینه‌های بیرونی در معابر شهری شده است. استفاده از ابزارهای مالیاتی بر مالکیت و استفاده از خودروها یکی از راه‌های کاهش هزینه‌های بیرونی ناشی از حمل و نقل است. در این تحقیق مدل بهینه‌سازی به منظور تعیین بهینه عوارض سالیانه مالکیت و عوارض متغیر خودرو با هدف کمینه‌کردن هزینه‌های بیرونی ناشی از تردد خودروهای شخصی در معابر شهری ساخته شد. از بین هزینه‌های مختلف بیرونی تنها آلودگی هوا شامل آلاینده‌های دی‌اکسید کربن، منواکسید کربن و اکسید نیتروژن دیده شده است. پس از حل مساله به خودروهای دوگانه سوز نسبت به خودروهای بنزینی با سن مشابه عوارض مالکیت و هزینه متغیر کمتری اختصاص یافت و خودروهای با سن ۱ تا ۵ سال نیز نسبت به خودروهای با سن ۵ تا ۱۰ سال با سوخت مشابه ملزم به پرداخت عوارض کمتری شدند.

پس از انجام تحلیل حساسیت مشخص شد که اولا افزایش عوارض مالکیت خودرو چندان در کاهش میزان آلایندگی موثر نبوده و صرفا درآمد حاصل از عوارض افزایش می‌یابد. دوم اینکه، تابع هزینه بیرونی تولید شده به هزینه متغیر خودرو به شدت حساس است، به طوری که تغییر اندک در هزینه متغیر هر یک از گروههای خودرو، میزان هزینه بیرونی را به شدت تغییر می‌دهد.

یکی از دغدغه‌های مدیران شهرداری بحث تأمین درآمد از طریق عوارض است که در این پژوهش اثر تغییر عوارض مالکیت و عوارض استفاده از خودرو بر درآمد شهرداری بررسی شده و میزان درآمد دریافتی شهرداری از شیوه جدید اخذ عوارض با نحوه فعلی مقایسه شده است. مدیران قسمت‌های مربوط با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش درمی‌یابند که افزایش عوارض مالکیت خودرو چندان در تغییر الگوی سفر کاربران و کاهش هزینه‌های بیرونی خودروها اثرگذار نبوده و صرفا می‌تواند ابزاری جهت افزایش درآمد شهرداری محسوب گردد. همچنین، اینکه به منظور تغییر رفتار سفر کاربران به لحاظ میزان استفاده از خودرو می‌توانند تغییراتی را در هزینه استفاده از خودرو منظور کنند تا شبکه حمل و نقلی به بهترین کارآیی دست یابد.

با توجه به اینکه مدل‌های مالکیت خودرو مطلوبیت غیرمستقیم و مدل انتخاب گسسته لوجیت مورد استفاده در این تحقیق کالیبره نشدند پیشنهاد می‌شود این دو مدل برای شهر تهران پرداخت شده یا مدل‌های جدیدی ساخته شوند. در صورت پرداخت یا ایجاد این مدل‌ها می‌-توان رفاه اجتماعی در شهر تهران را با تعریف سناریوهای مختلف و ارزیابی آنها برآورد کرده و نهایتا بهترین سناریو را انتخاب و در صورت امکان با در نظر گرفتن ملاحظات اجتماعی که به تشخیص کارشناسان صورت می‌گیرد اجرا کرد.

همچنین در این تحقیق به دلیل عدم دسترسی به اطلاعات مورد نیاز، عوارض تنها براساس آلودگی هوا تعیین شده است بنابراین پیشنهاد می‌شود در صورت امکان و دسترسی به اطلاعات لازم سایر هزینه‌های بیرونی نیز در تعیین عوارض در نظر گرفته شوند.

۷. سپاسگزاری

از پژوهشکده حمل و نقل طراحان پارسه که داده‌های مورد نیاز را در اختیار پژوهشگران قرار دادند، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

۸. پی نوشت‌ها

1- Internal cost
2-Externality cost
3-Constant elasticity of substitution

4-Net Social Benefit
5- Logit Discrete Choice Model
6-Indirect Utility

۹. مراجع

- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (۱۳۸۸). "نتایج بررسی بودجه خانوار در مناطق شهری ایران".

- خاکساری، علی،. موسوی، میرحسین، محمودزاده، محمود و رضایی، عبدالرضا(۱۳۸۹) "برآورد قیمت سایه ای آلاینده های زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش حمل و نقل"، همایش ابعاد اقتصادی اقتصاد حمل و نقل شهری.

- خداپناه، مسعود. (۱۳۸۹) "پیامدهای حمل و نقل با خودروی شخصی در شهر تهران و هزینه های اجتماعی آن"، پایان نامه دکترای دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی.

- سازمان بهینه سازی مصرف سوخت (۱۳۸۰) "طرح مطالعاتی تعویض خودروهای فرسوده، گزارش دوم راهکارهای از رده خارج کردن خودروهای فرسوده (سواری) و فرایند بازیابی"، تهران: سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور

- شهامت، جعفر، زیاری، حسن، و احمدی‌نژاد، محمود (۱۳۸٤) "مدیریت تقاضا در حمل و نقل شهری"، دوازدهمین کنفرانس سراسری دانشجویان مهندسی عمران.

- عباس زاده، عبدالرضاء. (۱۳۹۰). تعرفه عوارض بهای خدمات و سایر درآمدهای شهرداریها، معاونت آموزشی پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداریها و دهیاریهای کشور، انتشارات امید مهر، چاپ دوم.
مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران (۱۳۹۱) "مطالعه و تعیین نظام محاسبه تعرفه بهینه و متناسب عوارض مالکیت خودرو در تهران بزرگ". تهران: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران

- والی‌زاده معجزی، فرناز و حسامی، زهره (۱۳۸۷) "تاثیر حذف یارانه انرژی در بخش حمل و نقل بر کاهش انتشار آلاینده‌های منواکسید کربن و ذرات معلق در کشور ایران"، هشتمین کنفرانس ترافیک و حمل و نقل.

- Ben-Akiva, M. and Lerman, S. (1985) “ Discrete choice analysis: theory and application to travel demand”, MIT press.

- De Borger, B., Ochelen, S. Proost, S. and Swysen, D. (1997) "Alternative transport pricing and regulation policies: a welfare analysis for Belgium in 2005", Transportation Research, Part D: Transport and Environment, Vol. 2, No. 3, pp. 177-198.

- De Borger, B. (2001) "Discrete choice models and optimal two-part tariffs in the presence of externalities: optimal taxation of cars", Regional Science and Urban Economics,No 31, pp. 471–504

- De Borger, B. and Mayeres, I. (2007) "Optimal taxation of car ownership, car use and public transport: Insights derived from a discrete choice numerical optimization model", European Economic Review, Vol. 51, No. 5, pp. 1177-1204.

- De Jong, G. C. (1990) "An indirect utility model of car ownership and private car use." European Economic Review Vol. 34, No.5, pp. 971-985.

- Giblin, S., and McNabola, A. (2009) "Modelling the impacts of a carbon emission-differentiated vehicle tax system on CO2 emissions intensity from new vehicle purchases in Ireland", Energy Policy, No. 37, pp. 1404-1411.

- KumarSen, A., Tiwari, G. and Upadhyay, V. (2010) "Estimating marginal external costs of transport in Delhi", Transport Policy, No. 17, pp. 27-37.

- Muthukrishnan, S. (2010) "Vehicle ownership and usage charges", Transport Policy, Vol. 17, No.6, pp. 398-408.

- Parry, I. W. H., and Timilsina, G. R. (2010) "How should passenger travel in Mexico City be priced?", Journal of Urban Economics, Vol. 68, No. 2, pp. 167-182.

- Parry, I. W. H. (2012) " Reforming the tax system to promote environmental objectives: An application to Mauritius", Ecological Economics, No 77, pp. 103-112.

- Romilly, P. (2004). "Welfare evaluation with a road capacity constraint", Transportation Research Part A: Policy and Practice,Vol. 38, No. 4, pp. 287-303.

- Santos, G., Behrendt, H. Maconi, L. Shirvani, T. and Teytelboym, A. (2010) " Externalities and economic policies in road transport", Research in Transportation Economics, No. 28, pp. 2-45.http:// statistics.tehran.ir/.